

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# Учёный

международный научный журнал



16+

1  
2016  
Часть II



ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 1 (105) / 2016

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](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 1.02.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

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».

#### **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)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

**Ответственный редактор:** Осянина Екатерина Игоревна

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Владимир Григорьевич Шухов (1853–1939) — русский инженер, архитектор, изобретатель, учёный.

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.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Амиров А. Ж., Султанова Б. К., Шаханов Д. Ж.**  
История развития криптологии. Этапы ..... 115
- Андреев Д. В., Петров Н. В., Борисов А. И., Рожин И. И., Старостин К. В., Петров С. В.**  
Экспериментальный стенд для исследования автомобильного биогазового ДВС..... 118
- Белоусова А. И., Абликов В. А., Белоусов С. В.**  
Механизация уборки капусты..... 121
- Белоусова А. И., Абликов В. А., Белоусов С. В.**  
Механизация уборки лука ..... 125
- Бородина М. В., Болдина А. А., Сокол Н. В.**  
Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе рисовой муки..... 128
- Бровко А. М.**  
Моделирование Si MOSFET с n-индуцированным каналом ..... 131
- Васенин А. С., Шумков А. Г.**  
Роботизация поста мойки автомобилей..... 136
- Васильев А. В., Одноров Е. П.**  
Влияние микроклимата на производительность труда рабочих в РМЦ ..... 138
- Воронов Д. С.**  
Обзор требований безопасности для криптографических модулей..... 141
- Джумаев З. Ф., Хамроев Х. Х., Наботов С. И.**  
Распространение поверхностных волн в теле с цилиндрическими границами ..... 143
- Джумаев З. Ф., Хамроев Х. Х., Фатиллоев С. З.**  
Исследование дисперсионного уравнения двухслойного цилиндра с жидкостью, находящегося в упругой среде ..... 146
- Емельянова Д. К.**  
Обзор методов решения задачи удовлетворения ограничений..... 149
- Исмаева М. М., Валиева З. Ф., Казакова Д. Э.**  
Исследование физико-механических свойств сырья, полученного при различных условиях первичной обработки хлопка..... 154
- Карташов С. С., Головяшкин А. А., Головяшкин А. Н., Беспалов Е. С., Мартынов А. В.**  
Анализ сегнетоэлектрических пленок, моделирование гистерезиса МДП-структур на основе сегнетоэлектрических пленок ..... 158
- Кириченко И. С., Алексахин А. В., Бабаян П. Д.**  
Особенности и проблемы заготовки и транспортировки металлолома Арктики ..... 160
- Колмыков М. А., Борко Н. А., Альхамова Г. К., Нургазезова А. Н., Канарейкина С. Г.**  
Компьютерная оптимизация рецептуры молочного мороженого ..... 165
- Колосова Г. С., Егорова Е. С., Иоскевич В. В.**  
Расчёт фундаментных плит методом конечных элементов ..... 169
- Красовский Н. С.**  
Моделирование процессов литья под давлением..... 174
- Лебедев В. А., Дресвянкин В. С., Карабута В. С.**  
Оценка эффективности основных элементов оборудования паросилового цикла тепловой электростанции эксергетическим методом..... 179
- Мейнцер Ф. А., Зубарева Е. К., Сулеймен А. Б., Толеубекова М. Д.**  
Современные методы и средства упаковывания полуфабрикатов ..... 183

<b>Мейнцер Ф. А., Шкаева Н. А., Сулеймен А. Б., Темирбеккызы А.</b> Технологические решения производства полуфабрикатов .....	185	<b>Сельницын А. С.</b> Сравнение солнечных коллекторов, используемых в целях теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого дома в условиях Краснодарского края.....	216
<b>Подлеснов А. В.</b> Обзор видов атак по побочным каналам на криптографические устройства.....	187	<b>Сергеев А. А.</b> Трехмерный тактильный датчик для манипуляционных промышленных роботов .....	219
<b>Подорожный И. В.</b> Обзор аппаратных генераторов случайных чисел .....	190	<b>Сигайлов М. В., Шувакин А. Е., Матвеевцев В. Е.</b> Воздействие внешних факторов на объекты газораспределения и газопотребления в контексте ориентированного подхода при осуществлении производственного контроля.....	222
<b>Поезжаева Е. В., Васенин А. С., Шумков А. Г.</b> Роботизация обслуживания лакокрасочного покрытия .....	194	<b>Таишев С. Р., Крайнова К. Ю.</b> Оптимизация условий поляризации в наноразмерных сегнетоэлектриках с целью дальнейшего применения в датчиках и МЭМС.....	224
<b>Поезжаева Е. В., Иванов Н. К., Шаякбаров И. Э.</b> Роботизирование сельского хозяйства.....	196	<b>Товбоев Б. Х., Юзбоев Р. А., Зафаров О. З.</b> Влияние конструктивных решений на трещиностойкость асфальтобетонных слоев усиления .....	227
<b>Поезжаева Е. В., Поликарпова К. Н., Новикова А. А., Сайкинова В. А.</b> Робот для проверки качества медикаментов на складах фармацевтических предприятий или аптек .....	198	<b>Убайдуллаева Д. Х., Исмадова М. М.</b> Влияние скорости камеры пневмомеханической прядильной машины и числа кручений на качество нити .....	230
<b>Поезжаева Е. В., Поликарпова К. Н., Новикова А. А., Сайкинова В. А.</b> Робот для анализа дорожного покрытия в строительно-дорожных работах.....	200	<b>Чадов Е. В.</b> Изучение вопроса программной модернизации намоточных станков .....	232
<b>Поезжаева Е. В., Поликарпова К. Н., Новикова А. А., Сайкинова В. А.</b> Алгоритм управления шагающего робота при диагностике и ремонте труднодоступных участков жилых и производственных помещений.....	203	<b>Черников В. В.</b> Обзор требований к устройствам обеспечения физической защиты криптографических модулей .....	235
<b>Расулов А. А.</b> Эффективный способ упрочнения обработки поверхностного слоя оборудования легкой промышленности .....	205	<b>Юлдашева М. Т., Исраилова С. М., Эгамбердиев Ф. О., Садиков Ф. С.</b> Влияние смеси различных отходов шелка на неровноту и физико-механические свойства пряжи .....	238
<b>Ревин А. А., Петросян М. С.</b> Средства для испытания манжет главного тормозного цилиндра .....	207	<b>Юнусов К. З., Шумкарова Ш. П., Ядгарова Х. И., Арзикулова Г. С.</b> Изменение качественных показателей тканей для постельного белья с различными поверхностными плотностями.....	243
<b>Саламов И. Х., Алхатова З. Б.</b> Робототехника как инструмент повышения качества освоения образовательных программ по физике .....	209		
<b>Светличный А. Н.</b> Краткий обзор достижений в области гетерогенных вычислений .....	213		



# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## История развития криптологии. Этапы

Амиров Азамат Жанбулатович, доктор PhD;  
Султанова Бахыт Каиркеновна, профессор педагогических наук, доцент;  
Шаханов Данияр Жанатулы, магистрант  
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

### Криптология в Древнем мире

Большинство современных исследователей связывают появление криптографии с появлением письменности, указывая, что эти процессы произошли почти одновременно. Некоторые системы шифрования дошли до нас из глубокой древности. Вероятнее всего, они появились одновременно с письменностью в 4 тысячелетии до нашей эры. Методы секретной переписки были изобретены независимо в различных государствах древнего Востока, таких как Египет, Китай и Шумер, хотя сегодня очень трудно судить об уровне развития криптологии в этих обществах. Клинопись, рисуночное и иероглифическое письмо само по себе было крайне сложно и требовало длительного обучения, так что вопрос о шифровании сообщений часто попросту не поднимался, так как круг грамотных лиц был весьма ограничен. Нельзя судить и о широте распространения различных криптографических систем и тайнописи, так как число дошедших до нас памятников очень невелико. Некоторые системы шифрования дошли до нас из глубокой древности. Вероятнее всего, они появились одновременно с письменностью в 4 тысячелетии до нашей эры. Методы секретной переписки были изобретены во многих древних обществах, таких как Египет, Шумер и Китай, но детальное состояние криптологии в них неизвестно. С развитием фонетического письма письменность резко упростилась. Что послужило стимулом для развития криптографии. Примеры шифровок можно найти даже в Библии. Тексты в ней шифровались простой заменой: вместо первой буквы алфавита писалась последняя, вместо второй — предпоследняя и так далее. В V—VI вв. до н. э. греки применяли специальное шифрующее устройство. По описанию Плутарха, оно состояло из двух палок одинаковой длины и толщины. Одну оставляли себе, а другую отдавали отъезжающему.

Принципиально иной шифр был связан с перестановкой букв сообщения по определенному, известному отправителю и получателю правилу. Для прочтения

шифровки нужно было знать не только систему засекречивания, но и обладать ключом в виде палочки, принятого диаметра. По описанию Плутарха, это специальное шифрующее устройство состояло из двух палок одинаковой длины и толщины. Одну оставляли себе, а другую отдавали отъезжающему. Эти палки называли скиталами. Вырезали длинную и узкую полоску папируса, наматывали ее на свою скиталу. Затем, оставляя папирус на скитале, писали на нем все, что нужно, а написав, снимали полосу и без палки отправляли адресату. Так как буквы на ней разбросаны в беспорядке, то прочитать написанное он мог, только взяв свою скиталу и намотав на нее без пропусков эту полосу.

Существовали и другие способы «механизации» криптографического дела, связанные прежде всего с именем древнегреческого полководца Энея Тактики. Он создал так называемый «диск Энея», получивший в Древней Греции широкое применение. В небольшом диске высверливались отверстия, соответствующие буквам алфавита, через которые продевалась нить, в соответствии с буквами шифруемого текста. Для расшифровки нить вытягивали, получая обратную последовательность букв. Этот крайне примитивный на первый взгляд способ шифрования, был весьма эффективен, так как противнику, перехватившему сообщение было неизвестно, какая буква соответствует каждому отверстию. Существовала также и «линейка Энея», использовавшая тот же принцип, что и диск. Значительным вкладом Энея стал и изобретенный им так называемый «книжный шифр», активно использовавшийся вплоть до XX века. В своем трактате «Об обороне укрепленных мест», Эней предлагал прокалывать малозаметные дырки над буквами текста какой-либо книги. Сложив вместе отмеченные буквы адресат получал исходное сообщение. Римляне усовершенствовали диск Энея, создав первую многодисковую шифрующую систему. На общую ось одедали два диска с хаотичным расположением букв. Каждой букве первого диска соответствовала буква второго, что и составляло шифр.



За два века до нашей эры греческий писатель и историк Полибий изобрел так называемый «полибианский квадрат» размером 5х5, заполненный алфавитом в случайном порядке. Для шифрования на квадрате находили букву текста и вставляли в шифровку нижнюю от нее в том же столбце. Если буква была в нижней строке, то брали верхнюю из того же столбца. Интересно отметить, что полибианский квадрат дожил до наших дней и лег в основу т. н. «тюремного шифра», используемого заключенными при перестукивании.

В I в до н. э. Гай Юлий Цезарь во время войны с галлами, переписываясь со своими друзьями в Риме, заменял в сообщении первую букву латинского алфавита (А) на четвертую (D), вторую (B) — на пятую (E), наконец, последнюю — на третью.

Квадрат Полибия, шифр Цезаря входят в класс шифров, называемых «подстановка» или «простая замена». Это такой шифр, в котором каждой букве алфавита соответствует буква, цифра, символ или какая-нибудь комбинация.

### **Криптология в позднее средневековье и эпоху Возрождения**

В эпоху позднего средневековья, с началом возрождения античного наследия и просвещения, криптография в Европе обретает «второе рождение», прежде всего в среде интеллектуальной элиты того времени. Многие ученые средневекового периода стремились скрыть сделанные ими изобретения и открытия. Развитие криптологии в позднее средневековье и раннее Новое время было напрямую связано с расцветом дипломатии. Неудивительно, что лидерство в области криптографии долгое время принадлежало папской курии, имевшей активные дипломатические связи и привлекавшей к своей работе образованнейших людей того времени. Так старейшим ключом в Западной Европе, дошедшим до нас, является ключ для корреспондентов антипапы Климента VII, изготовленный его секретарем Габриэли Лавинде. Этот ключ является типичным примером номенклатора — криптографической системы, которая до середины XIX века доминировала в Европе. Номенклатор сочетал в себе шифралфавит и кодовые обозначения для отдельных слов или выражений.

Судя по всему, несмотря на упадок в средневековый период, к началу XV века криптология в Европе достигла значительных успехов и сравнялась, если не обогнала арабский уровень. Так в 1401 году в герцогстве Мантуя был создан первый, дошедший до нас шифр многозначной замены, причем по несколько обозначений имели лишь гласные буквы, что может свидетельствовать о знакомстве составителя шифра с методами криптоанализа, основанными на частоте встречающихся в тексте гласных букв.

Во многих европейских государствах, начиная с XVI века, появляется должность «секретаря по шифрам», единственным занятием которого, было создание шифров

для «своих» дипломатических служб и расшифровка «чужих» сообщений. Уже в XV веке закладываются теоретические основы европейской криптологии. Знаменитый итальянский архитектор Леон Батиста Альберти может быть назван «отцом» европейской криптологии. Именно он в своем труде «Трактат о шифрах» впервые предложил шифр многоалфавитной замены, который делал сообщение практически невскрываемым. Этот тип шифра часто называют таблицей Винджера — английского дипломата XVI века, активно применявшего его на практике. Эта криптографическая система была крайне проста, удобна и практически неуязвима для ручного раскодирования, если не знать ключа. Леон Альберти может считаться выдающимся криптографом и потому, что создал первый в европейской истории научный труд по криптологии — «Трактат о шифрах» 1466 года, в котором не только приводились примеры возможных вариантов шифрования, но и обосновывалась целесообразность применения криптографии на практике, как наиболее дешевого и надежного инструмента защиты информации.

Другой, не менее выдающийся труд по криптографии принадлежит германскому аббату Иоганну Трисемусу, внесшему значительный вклад в развитие этой науки. В 1508 году он написал трактат «Полиграфия», где предложил улучшенный вариант «полибианского квадрата». Новшество заключалось в шифровании не каждой буквы, а биграмм — пар букв. Этот тип криптографических систем просуществовал до середины XX века, а наиболее широкое применение получил в английской армии в годы Первой мировой войны. Однако несмотря на свою эффективность, эта криптографическая система не получила в то время широкого распространения и была применена лишь в XIX веке.

Общеввропейскую известность в начале XVI века приобрел венецианский криптоаналитик Джованни Соро, которого многие считают одним из самых успешных криптоаналитиков за всю историю. Он был автором трактата по криптоанализу, заложившего основу дальнейшего развития криптоанализа в Европе. Этот трактат не дошел до нас, но известно, что на протяжении всего XVI века он был «настойной книгой» криптоаналитиков Европы. Соро проработал на своем посту более 40 лет и к концу жизни сумел подготовить несколько учеников, продолживших его дело, он стал первым, кто начал готовить профессиональные кадры для криптографии, так как специальных учебных заведений, где обучали бы криптографической деятельности, в то время не существовало.

XVII век вошел в историю криптоанализа как эра «черных кабинетов», так как в это время начали появляться первые службы дешифровки корреспонденции. Вообще же в XVI—XVII веке криптографические службы складываются практически в каждом европейском государстве, причем в состав этих служб входила научная элита того времени: Франсуа Виет во Франции, Джероламо Кардано в Риме, Джон Валлис и Френсис Бекон в Англии, Лейбниц в Германии. В конце XVII века Френ-



сису Бекону английскому криптологу и мыслителю удалось обобщить все накопленные до него знания в области криптологии и окончательно выделить эту область знаний как самостоятельную научную дисциплину. Именно он впервые предложил и осуществил на практике кодирование букв латинского алфавита с помощью двузначных цифр, и сделать систему числовых обозначений общепринятой (несмотря на то, что арабы использовали подобную систему более пяти веков назад, в Европе об этом практически ничего не знали). В целом же, к концу XVII века криптография окончательно складывается как научная дисциплина.

### «Открытая» криптография

Основы криптографии с открытыми ключами были выдвинуты Уитфилдом Диффи и Мартином Хеллманом, и независимо Ральфом Мерклом. Их вкладом в криптографию было убеждение, что ключи можно использовать парами — ключ шифрования и ключ дешифрования — и что может быть невозможно получить один ключ из другого. Диффи и Хеллман впервые представили эту идею на Национальной компьютерной конференции 1976 г., через несколько месяцев была опубликована их основополагающая работа «Новые направления в криптографии». Первая работа Меркла вышла в 1978 г. С 1976 года было предложено множество криптографических алгоритмов с открытыми ключами. В схеме с открытым ключом имеется два ключа, открытый и секретный, выбранные таким образом, что их последовательное применение к массиву данных оставляет этот массив без изменений. Шифрующая процедура использует открытый ключ, дешифрующая — секретный. Дешифрование кода без знания секретного ключа практически неосуществимо; в частности, практически неразрешима задача вычисления секретного ключа по известному открытому ключу. Основное преимущество криптографии с открытым ключом — упрощенный механизм обмена ключами. При осуществлении коммуникации по каналу связи передается только открытый ключ, что делает возможным использование для этой цели обычного канала и устраняет потребность в специальном защищенном канале для передачи ключа.

### Литература:

1. Криптография с открытым ключом: от теории к стандарту <http://www.straipsniai.lt/ru/Cryptography/page/8154> (19.10.10.)
2. Криптология: точки соприкосновения математики и языкознания <http://revolution.allbest.ru/miscellaneous/d00011344.html> (18.10.10.)
3. Публикации статьи М. Хеллмана и У. Диффи «Новые направления в криптографии» <http://www.securitylab.ru/informer/240713.php> (19.10.10.)
4. Криптология в России <http://www.chhm.net/index.php?articles=13> (19.10.10)
5. Становление науки криптологии <http://www.chhm.net/index.php?articles=11> (18.10.10)
6. История криптологии <http://lomasko.com/load/3-1-0-13> (19.10.10.)
7. История криптографии. Истоки <http://www.technofresh.ru/technology/appearance/cryptography-1.html> (19.10.10.)

В 1978 г. Р. Ривест, А. Шамир и Л. Адлеман создали первую криптосистему с открытым ключом для шифрования и цифровой подписи, получившую название RSA (по первым буквам фамилий авторов). Система описывается в терминах элементарной теории чисел. Ее надежность обуславливается практической неразрешимостью задачи разложения большого натурального числа на простые множители. Система выдержала испытание практикой и является признанным стандартом в промышленной криптографии, а также официальным стандартом ряда международных организаций. С другой стороны, свободное распространение программного обеспечения, основанного на RSA, ограничено тем, что алгоритм RSA защищен в США рядом патентов.

В 1991 г. в США был опубликован проект федерального стандарта цифровой подписи — DSS (Digital Signature Standard), описывающий систему цифровой подписи DSA (Digital Signature Algorithm). Одним из основных критериев при создании проекта была его патентная чистота.

Все действующие сейчас системы опираются на один из следующих трех типов необратимых преобразований: разложение больших чисел на простые множители (RSA); вычисление логарифма в конечном поле (криптосистема Эль-Гамала); вычисление корней алгебраических уравнений (на основе эллиптических уравнений). Криптосистемы с открытым ключом можно использовать в трех назначениях:

- Как самостоятельные средства защиты передаваемых и хранимых данных.
- Как средства для распределения ключей.
- Средства аутентификации пользователей.

Стойкость криптосистемы сегодня оценивается объемами вычислений, которые требуются для ее вскрытия. Считается, что ключ шифрования достаточно стоек, если все известные способы его отыскать настолько сложны, что требуют больше времени, чем простой перебор всех возможных ключей.

Все мы сегодня, иногда даже не подозревая об этом, применяем средства защиты информации. Мы шифруем сообщения электронной почты, пользуемся интеллектуальными банковскими карточками, ведем разговоры по закрытым каналам связи и т. д.

8. Интервью с руководителем российской криптографической науки, вице-президентом Академии криптографии РФ Николаем Николаевичем Андреевым. <http://www.ssl.stu.neva.ru/psw/crypto/Andreev23.html> (19.10.10.)
9. Криптография, ее истоки и место в современном обществе <http://www.enlight.ru/ib/tech/crypto/index.htm> (19.10.10.)

## Экспериментальный стенд для исследования автомобильного биогазового ДВС

Андреев Дмитрий Васильевич, ассистент;  
Петров Николай Вадимович, кандидат технических наук, доцент;  
Борисов Алексей Иванович, ассистент;  
Рожин Илья Ильич, студент;  
Старостин Кирилл Васильевич, студент;  
Петров Сергей Васильевич, студент  
Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

*Приведена принципиальная схема экспериментального стенда для исследования автомобильного биогазового ДВС. Приведено описание измерительных приборов, используемых в данном экспериментальном стенде.*

**Ключевые слова:** биогаз, экспериментальный стенд, датчик, измерительный прибор.

Важным этапом при создании биогазового двигателя является его экспериментальное исследование. На этом этапе проверяется адекватность математических моделей, применяемых для расчётного исследования различных процессов в двигателе, а также основные расчётные результаты, полученные с их помощью. Кроме того, с использованием экспериментального стенда выполняется доводка рабочего процесса биогазового ДВС. Следовательно, создание экспериментального стенда на базе автомобильного биогазового ДВС является наиболее ответственным этапом в его исследовании, и, соответственно — актуальной задачей.

В настоящее время накоплен значительный опыт создания специальных стендов для доводки газовых двигателей [1–3]. Такие стенды оборудованы классическими системами топливоподачи и зажигания, которые дают возможность ручного управления параметрами. Микропроцессорные системы управления, которыми оснащены современные двигатели, не позволяют изменять коэффициент избытка воздуха и УОЗ в ручном режиме. Поэтому поставлена задача дополнительно разработать ряд устройств, которые позволят изменять количество топлива и УОЗ в широком диапазоне, не изменяя характеристических карт микропроцессорной системы управления.

В данной работе поставлена задача создания автоматизированного стенда для исследования рабочего процесса двигателя, который приспособлен для работы на биогазе. Для выбора и обоснования параметров рабочего процесса необходим полный комплекс измерительной аппаратуры, удовлетворяющий следующим требованиям:

возможность работы на бензине и биогазе; возможность управления составом рабочей смеси, как при работе на бензине, так и на биогазе; возможность принудительного управления величиной угла опережения зажигания;

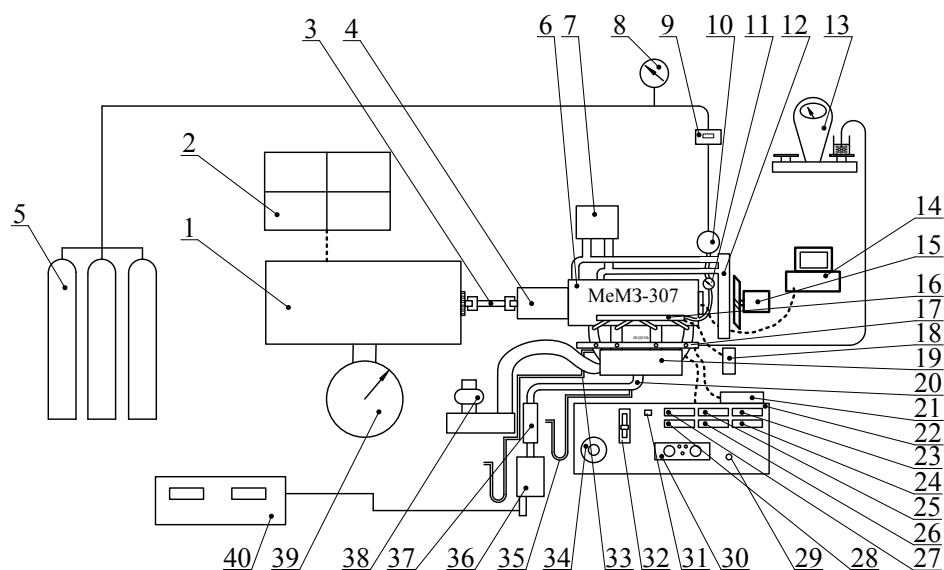
измерение момента сопротивления на валу двигателя во всем диапазоне изменения частоты вращения ( $n = 800 \dots 5590 \text{ мин}^{-1}$ ); регистрация давления в цилиндре двигателя (индикаторная диаграмма) с последующим определением индикаторных показателей; регистрация расхода воздуха и топлива; поддержание стабильного температурного режима двигателя. Кроме того, автоматизированная система исследования должна обеспечивать сбор экспериментальных данных, для оперативной обработки и набора базы данных.

В качестве базы для создания биогазового ДВС был выбран серийно выпускаемый в настоящее время заводом «АвтоЗАЗ-Мотор» ЗАО «ЗАЗ» и устанавливаемый на автомобиле «ZAZ Sens» двигатель MeM3-307 (основное топливо — бензин АИ-95). В серийном исполнении этот двигатель имеет следующие конструктивные и эксплуатационные характеристики: диаметр цилиндра — 75 мм; ход поршня — 73,5 мм; степень сжатия 9,8; эффективная мощность — 51,5 кВт при частоте вращения коленчатого вала  $n = 5200 \text{ мин}^{-1}$ . Микропроцессорная система управления двигателем — «Микас 10.3».

При переводе данного двигателя на биогаз степень сжатия была увеличена до  $\epsilon = 13,5$ .

Структурная схема стенда приведена на рис. 1

Для возможности плавного изменения момента сопротивления на валу двигателя, при проведении испытаний, стенд оборудован электрическим нагрузочным устройством МПБ-1001 (рис. 1). Для передачи мощности от двигателя к балансирной машине используется механическая коробка передач ВАЗ 2103, которая позволяет работать в широком диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя, а также карданной передачи. Стенд оборудован дополнительным воздушным вентилятором 15, а также дополнительным теплообменником 7, при помощи ко-



**Рис. 1. Структурная схема экспериментального стенда на базе автомобильного биогазового ДВС: 1-балансирная машина; 2-набор сопротивлений; 3-карданная передача; 4-коробка передач; 5 — баллоны с биогазом; 6-двигатель MeM3-307; 7-водяной теплообменник; 8-манометр; 9-расходомер газа; 10-двухступенчатый газовый редуктор; 11-манометр; 12-радиатор двигателя; 13-весы для измерения расхода жидкого топлива; 14-измерительно-вычислительный комплекс; 15-вентилятор; 16-газовая рампа с форсунками; 17-бензиновая рампа с форсунками; 18-ЭБУ газовой системы; 19-впускной коллектор; 20-выпускной коллектор; 21-ЭБУ двигателя; 22-пульт управления; 23-прибор для измерения температуры охлаждающей жидкости; 24-прибор для измерения температуры масла; 25-прибор для измерения температуры ОГ; 26-прибор для измерения давления масла в системе смазки; 27-прибор для измерения частоты вращения коленчатого вала; 28-прибор для измерения частоты вращения ротора балансирной машины; 29-замок зажигания; 30-панель приборов автомобиля; 31-переключатель вида топлива; 32-рукоятка для управления дроссельной заслонкой; 33-устройство для изменения сопротивления впускной системы; 34-устройство для управления нагрузкой на ДВС; 35-прибор для измерения сопротивления выпускной системы; 36-глушитель шума; 37-резонатор; 38-расходомер воздуха; 39-весовое устройство для измерения нагрузки; 40-газоанализатор.**

торых можно моделировать температурный режим максимально приближенный к реальным условиям эксплуатации.

Для исследования работы двигателя на альтернативных газообразных видах топлива стенд оборудован газовой системой 4-го поколения, которая включает в себя: каскад баллонов с запасом газа 5, двухступенчатый газовый редуктор 10, магистраль высокого и низкого давления, газовую рампу с форсунками 16, блок управления газовой системой 18. Для выбора вида топлива на панели пульта управления 22 предусмотрен переключатель 31.

Основной задачей системы автоматического сбора данных (САСД) является обеспечение исследования набором данных, характеризующих ход протекания эксперимента. Для экспериментов различного рода необходимо охватить достаточно много параметров. А построение многоканальной измерительной системы, для сигналов различного рода, является трудоемкой и дорогостоящей работой. Задачей измерительного комплекса является регистрация быстротекущих процессов ДВС. В диагностических целях для этого в основном используют

осциллограф, но для исследования ДВС, в особенности на переходных режимах, требуются наборы статистических данных подряд записанных циклов. Кроме того, количество требуемых параметров зачастую превышает количество каналов осциллографов общего применения.

Одним из таких параметров является кривая изменения давления в цилиндре (индикаторная диаграмма), что даёт наглядное представление о протекании параметров состояния рабочего тела в течение цикла. Для обработки индикаторная диаграмма должна сопровождаться различными метками синхронизации, такими как верхняя мертвая точка (ВМТ), нижняя мертвая точка (НМТ), момент зажигания (МЗ) и т.п. Поэтому для разработки измерительного комплекса было решено использовать многоканальное устройство ввода, вывода и обработки аналоговой и цифровой информации в персональных компьютерах на базе платы L-783 (ЗАО «Л — Кард»).

Здесь сигналы штатных датчиков ЭСУД и пьезоэлектрического датчика давления (ПДД) через усилитель заряда поступают на блок согласования, в котором происходит преобразование и нормирование сигналов



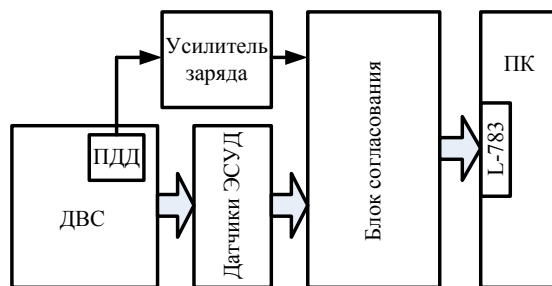


Рис. 2. Структурная схема измерительно-вычислительного комплекса

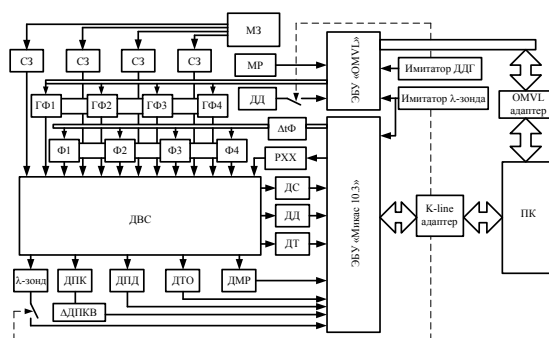


Рис. 3. Система управления биогазовым ДВС на стенде

по уровню, во избежание превышения предельно-допустимых значений по входу устройства ввода-вывода. Далее посредством АЦП сигналы оцифровываются и поступают в компьютер.

Для установки датчика давления в первом цилиндре головки цилиндров был выполнен специальный канал. Обеспечение стабильного температурного режима датчика достигается принудительным водяным охлаждением.

Для работы ДВС на обедненных смесях, а также для доводки параметров рабочего процесса двигателя при работе на газовом топливе, необходимо обеспечить возможность принудительного управления количеством топлива, в составе топливоздушная смеси, и углом опережения зажигания. Для этого на стенде задействована система управления двигателем, приведенная на рис. 3.

Применение ЭБУ не дает возможности управлять бензовоздушной смесью в ручном режиме, а изменение программы блока, во-первых, приводит к нарушению заводских настроек, во-вторых, не позволяет изменять коэффициент избытка воздуха динамически, непосредственно во время эксперимента. Поэтому было разработано устройство, в задачи которого входят, измерение

текущего времени впрыска, динамическое изменение времени впрыска на заданную величину, отображение информации о текущих параметрах. Устройство включено в разрыв цепи управления клапанами форсунок, и обеспечивает дискретное изменение текущего времени впрыска в пределах  $\pm 20\%$ . Для нормального функционирования устройства управления топливоподачей необходимо использовать имитатор датчика кислорода, чтобы исключить коррекцию электронного блока по сигналу обратной связи с датчика кислорода. Имитатор отключает датчик и на вход ЭБУ подает сигнал что коэффициент избытка воздуха находится в пределах 1.

Синхронизация работы двигателя и ЭСУД производится по сигналу датчика положения коленчатого вала (ДПКВ). Из всех управляющих воздействий электронного блока только момент зажигания имеет жесткую привязку к положению КВ. Используя этот фактор разработан вариатор сигнала ДПКВ (ДДПКВ), который включается в разрыв цепи датчика и позволяет смещать сигнал ДПКВ на заданный угол.

#### Литература:

1. Бганцев, В. Н., Левтеров А. М., Мараховский В. П. Газовый двигатель на базе четырехтактного дизеля общего назначения // Техно — plus. — Харьков. — 2003. — № 10. — с. 92.
2. Захарчук, В. І., Сітовський О. П., Козачук І. С. Розрахунково-експериментальні дослідження газового двигуна, переобладнаного з дизеля. // Автомобільний транспорт — Харків: ХНАДУ. — 2005. Вип.. 16. — с. 276–278.

3. Богомолов, В. А., Абрамчук Ф. И., Манойло В. М., Кабанов А. Н., Салдаев С. В. Экспериментальная установка для доводки систем зажигания и управления газовым двигателем с искровым зажиганием 6Ч 13/14 // АвтоГазо-Заправочный комплекс + Альтернативное топливо. — Москва: АГЗК+АТ. — 2005. — № 4 (22). — с. 42–45.
4. Абрамчук, Ф. И., Пойда А. Н., Ефремов А. А., Сивых Д. Г., Проскурин А. В. Новая автоматизированная система исследования и диагностированная автотракторных двигателей // Автомобильный транспорт. Харьков: ХНАДУ. — 2005. — Вып. 17. — с. 28–34.
5. Мунипов, В. М., Зинченко В. П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды // Логос. — 2001. — 35

## Механизация уборки капусты

Белусова Анна Игоревна, студент;  
Абликов Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор;  
Белусов Сергей Витальевич, старший преподаватель, магистр  
Кубанский государственный аграрный университет

*В данной статье рассмотрена механизация технологического процесса уборки капусты применительно к малой механизации и использования ее в различных формах хозяйствования.*

**Ключевые слова:** *удобрение, капуста, уборка капусты, очистка, рабочий орган, энергосбережение, рабочая поверхность, агрегатирование.*

Кубанский государственный аграрный университет всегда славился своими научными разработками в области механизации сельского хозяйства. Факультет механизации сельского хозяйства, а в частности кафедра «Сельскохозяйственных машин» с 1.09.2012 года кафедра «Процессы и машины в агробизнесе» занимает в этом процессе одну из ведущих ролей. На кафедре активно ведется работа по созданию сельскохозяйственных машин для механизации различных технологических процессов [1], [2], [3].

В процессе выращивания сельскохозяйственных культур необходимо соблюдение всех агротехнических требований по выращиванию определенной культуры. Особую роль в этом процессе занимает уборка, а уборка пасленовых овощей всегда стоит и стояла в особым образом в указанном технологическом процессе. Особую роль занимает также и подготовка почвы к посеву семян пасленовых овощей. Она оказывает прямое влияние на развитие корневой системы развитие семян культурных растений [7], [8], [9], [10].

При сплошной уборке средних и поздних сортов капусты капусто-уборочные комбайны должны отделять кочаны от кочерыг и очищать их от зеленых, загрязненных и поврежденных листьев, отделять нестандартные кочаны от стандартных и погружать стандартные в рядом идущий транспорт.

Стандартные кочаны должны быть сформировавшись, плотными, неповрежденными, незагрязненными, с остатками кочерыг длиной не более 3 см и зачищенными до плотно облегающих зеленых или белых листьев. Масса кочана в зачищенном виде — не менее 0,8 кг. Допустимые потери стандартных кочанов — не более 1 % по массе.

Средством малой механизации уборки овощей является прицепная универсальная платформа ПОУ-2 (рис. 1), предназначенная для выборочной и сплошной уборки одновременно созревающих овощей: капусты, томатов, огурцов, кабачков. Состоит из рамы с прицепом, кузова, механизмов подъема и опрокидывания кузова. Платформу обслуживает 8 человек — двое сзади и по трое с боковых бортов [4], [5], [6]. Агрегат движется по междурядьям со скоростью 0,2–1,2 км/ч. Сборщики идут за платформой, срезают кочаны капусты и бросают в кузов, на поворотной полосе кузов платформы при помощи гидравлики поднимается, опрокидывается, и кочаны выгружаются в транспорт.

Навесной транспортер ТН-12 предназначен для сплошной уборки белокочанной капусты средне- и позднеспелых, сортов, а также выборочной уборки ранних сортов. Он состоит из трех секций, средняя секция расположена горизонтально, а две крайние секции соединены со средней шарнирно и могут устанавливаться гидродоцилиндром в различное положение. Во время работы тракторист ведет трактор с транспортером по междурядью. Средняя секция и одна из крайних, опущенная в горизонтальное положение, находится над необработанными рядами. Другую поднимают так, чтобы ее конец мог находиться над кузовом движущегося рядом (по убранному полю) автотранспорта.

Рабочие становятся за агрегатом по одному человеку на рядок капусты. При медленном движении агрегата вдоль рядков рабочие вручную срезают кочаны и складывают их на движущиеся ленты, которые направляют кочаны в кузов автомобиля. Урожай собирают с 12 рядков одновременно.

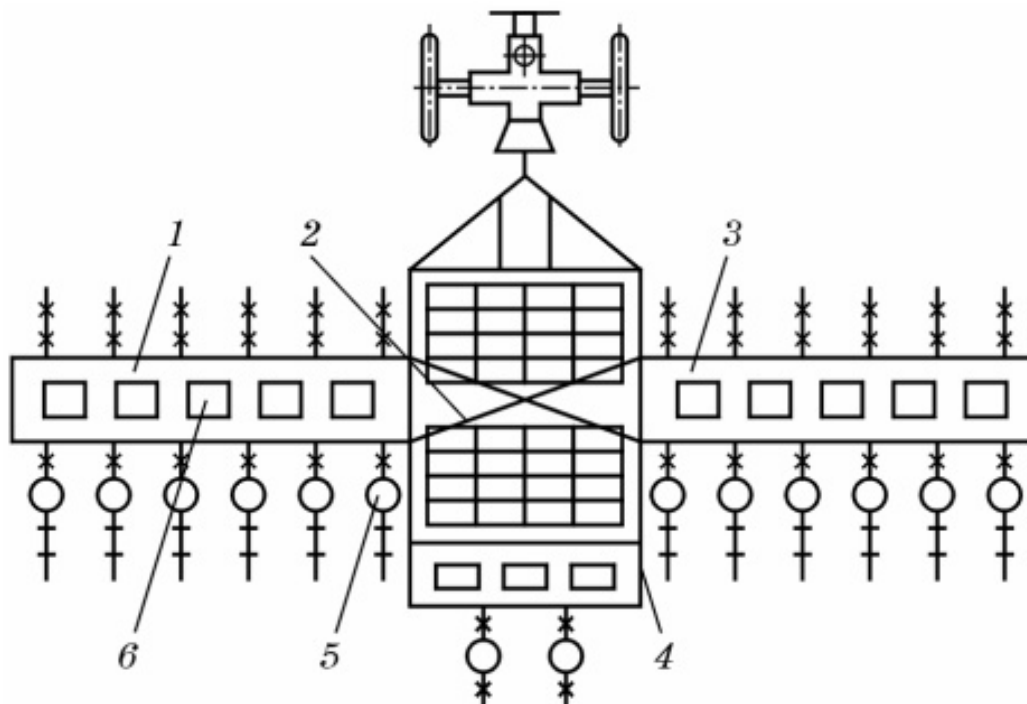


Рис. 1. Схема овощной платформы ПОУ-2: 1 — левая боковая площадка; 2 — ферма с лебедкой и тросами; 3 — правая боковая площадка; 4 — задняя площадка; 5 — рабочие; 6 — тара

Капустоуборочный комбайн МСК-1 служит для механизированной сплошной уборки капусты с доведением ее до товарного вида и погрузкой в рядом идущий транспорт. Агрегируется с тракторами МТЗ-900, 920 и более производительные МТЗ — 1221.

Комбайн состоит из следующих агрегатов: рамы, срезающего устройства, приемного транспортера, листоотделителя, контрольного стола, выгрузного элеватора, прицепного устройства, ходовых колес с управлением, механизма привода в движение рабочих органов и площадки для рабочих [17], [18], [19].

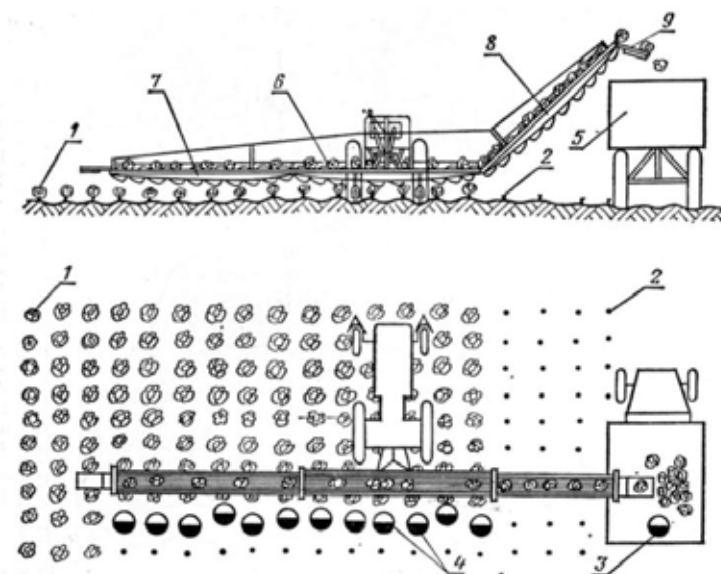


Рис. 2. Схема навесного транспортера ТН-12: 1 — капуста, 2 — убранные кочерышки, 3 — оператор в кузове транспортного средства, 4 — операторы в поле, 5 — кузов транспортного средства, 6 — горизонтальный транспортер, 7 — приемная камера, 8 — наклонный транспортер, 9 — выгрузной транспортер.



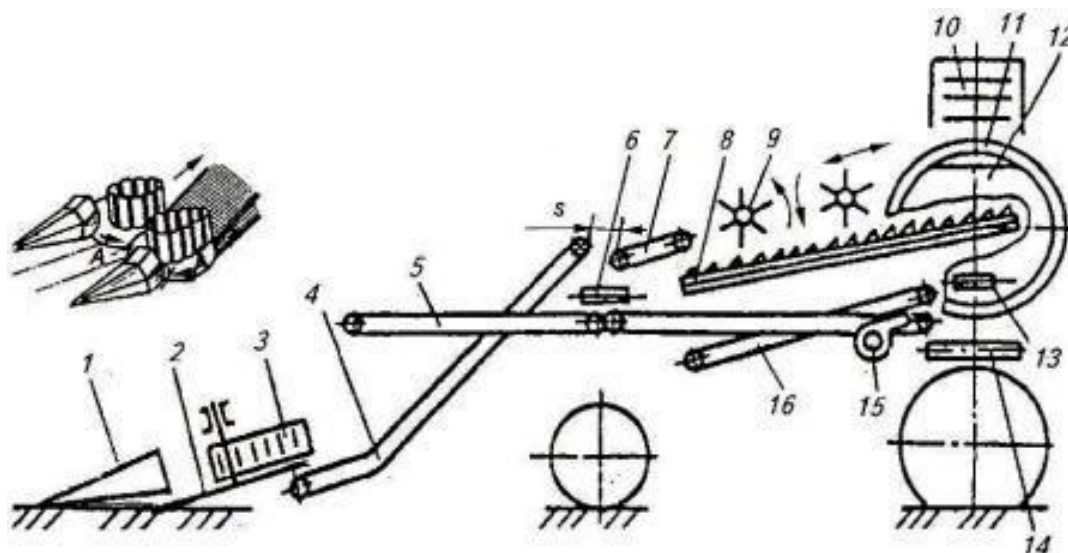


Рис. 3. Схема капустоуборочного комбайна МСК-1: 1 — направляющий конус, 2 — заходный шнек, 4 — дисковый нож, 5 — стропный транспортер, 6 — лоток, 7,8 — транспортеры, 9 — шнековый листоотделитель, 10 — сортировачный стол, 11 — пружина, 12 — клавиши, 13 — стропный барабан, 14 — ножи, 15 — поперечный элеватор.

Срезающее устройство дискового типа предназначено для отделения кочанов от кочерыг. Полотно стропного транспортера выполнено из двух бесконечных втулочно-роликовых цепей, между которыми натянуты эластичные стропы, собранные так, что они образуют сплошную плетеную сетку.

Приемный транспортер служит для подачи срезанных кочанов на листоотделитель и состоит из рамы, ведущего и ведомого валов и пруткового полотна. Рабочее и транспортное положения обеспечиваются гидросистемой комбайна, листоотделитель служит для отделения свободного розе-точного листа, контрольный стол предназначен для проверки кочанов и частичной их доработки, рабочая ширина полотна 600 мм.

Результат окончательного урожая зависит от многих факторов, одним из важных является обработка почвы. Двигатели машин для уборки овощей, оказывают значительное влияние на поверхность почвы, и как следствие, оказывают влияние на конечный результат полученного

урожая. В результате изложенного первоначальная подготовка почвы к посеву является важной без разрывной технологической операцией в цепочке технологий возделывания сельскохозяйственных культур [11], [12], [13], [14], [15], [16], [20], [21], [22].

Как видим, все приведенные машины выпускались более 40 лет назад в нашей стране и на настоящий момент устарели и не актуальны, так как обладают рядом крупных недостатков, а именно огромная энергоемкость процесса уборки, несовершенство конструкции, малая производительность. Все указанное не отвечает современным требованиям уборки капусты и овощей в целом. Наша промышленность в последние годы не сделала больших шагов по интенсификации технологического процесса уборки овощей и не представлена на рынке сельскохозяйственной техники современными образцами продукции. В результате выше сказанного считаем, что работа по проектированию новых рабочих органов для уборки овощей весьма актуальна в условиях импортозамещения в нашей стране.

#### Литература:

1. Связь науки и техники в возделывании сельскохозяйственных культур при проектировании лемешного плуга. Белоусов С. В., Трубилин Е. И., Лепшина А. И. В сборнике: Актуальные вопросы технических наук. Материалы III Международной научной конференции. Пермь, 2015. с. 150–155.
2. Компьютерные технологии в преподавании инженерной графики и моделирования сельскохозяйственной техники. Белоусов С. В., Цыбулевский В. В., Лепшина А. И. В сборнике: Теория и практика образования в современном мире. Материалы VII Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 2015. с. 161–167.
3. Разработка дополнительных рабочих органов лемешного плуга для совершенствования процесса основной обработки почвы с оборотом пласта, а также исследование его тягового сопротивления в составе машинотракторного агрегата. Белоусов С. В., Лепшина А. И. В сборнике: Инновационные технологии в сельском хозяйстве. Материалы Международной научной конференции. Москва, 2015. с. 69–74.

4. Средства малой механизации как основа современного КФХ и ЛПХ в малых формах хозяйствования. Лепшина А. И., Белоусов С. В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 05. с. 392.
5. Связь науки и техники в области разработок машин для основной обработки почвы с оборотом пласта. Белоусов С. В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 05. с. 468.
6. Междурядная обработка почвы инновационным опрыскивателем. Белоусов С. В., Лепшина А. И., Скотников С. В. Молодой учёный. 2015. № 7. с. 1081–1086.
7. Зерноуборочный комбайн. Белоусов С. В., Помеляйко С. А. Молодой учёный. 2015. № 7. с. 1086–1089.
8. Определение тягового сопротивления при обработке дополнительным плоскорезущим рабочим органом. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Молодой учёный. 2015. № 8 (88). с. 194–199.
9. Конструкция комбинированного лемешного плуга и исследование его тягового сопротивления в составе машинотракторного агрегата. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Молодой учёный. 2015. № 5 (85). с. 217–221.
10. Конструкция плоскорезущего рабочего органа для основной обработки почвы. Белоусов С. В. Молодой учёный. 2015. № 11. с. 269–272.
11. Внесение сыпучих материалов при помощи центробежных разбрасывателей. существующие проблемы и пути их решения. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 10. с. 1849.
12. Основная обработка почвы с оборотом пласта в современных условиях работы и устройства для ее осуществления. Трубилин Е. И., Белоусов С. В., Лепшина А. И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 10. с. 1863.
13. Расчет основных параметров разбрасывателя сыпучих материалов. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 10. с. 1884.
14. Экономическая эффективность отвальной обработки почвы разработанным комбинированным лемешным плугом. Трубилин Е. И., Белоусов С. В., Лепшина А. И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 09. с. 654.
15. Результаты экспериментальных исследований определение степени тягового сопротивления лемешного плуга при обработке тяжелых почв. Трубилин Е. И., Белоусов С. В., Лепшина А. И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 09. с. 673.
16. Дисковые бороны и лущильники в системе основной и предпосевной обработки почвы. проблемы и пути их решения. Трубилин Е. И., Сохт К. А., Коновалов В. И., Белоусов С. В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 04. с. 662.
17. Способы уборки сладкого перца и машина МПБ-2 многозадачного действия. Тимофеев М. Н., Абликов В. А. Тракторы и сельхозмашины. 2005. № 1. с. 3.
18. Теоретические основы процесса отделения плодов томатов планетарными вальцами. Абликов В. А., Вдовиченко М. Н., Тимофеев М. Н. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2004. № 6. с. 28–32.
19. Элементы теории процесса проката стеблей томатов планетарными вальцами. Абликов В. А., Вдовиченко М. Н., Тимофеев М. Н. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2004. № 6. с. 33–39.
20. Устройство для уборки овощей. Абликов В. А. патент на изобретение RUS 216343204.08.1999
21. Механико-технологическое обоснование способов и средств механизации многозадачной уборки овощей. Абликов В. А. диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Краснодар, 2000
22. Технология безрассадной культуры перца и баклажана на промышленной основе. Абликов В. А., Гикало Г. С., Гиш Р. А. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 1988. № 282 (310). с. 90–105.

## Механизация уборки лука

Белоусова Анна Игоревна, студент;  
 Абликов Виктор Александрович, доктор технических наук, профессор;  
 Белоусов Сергей Витальевич, старший преподаватель, магистр  
 Кубанский государственный аграрный университет

*В данной статье рассмотрена механизация технологического процесса уборки лука применительно к использованию ее в различных формах хозяйствования и обозначены дальнейшие перспективы развития.*

**Ключевые слова:** лук, уборка лука, очистка, рабочий орган, энергосбережение, рабочая поверхность, агрегатирование.

Кубанский государственный аграрный университет всегда славился своими научными разработками в области механизации сельского хозяйства. Факультет механизации сельского хозяйства, а в частности кафедра «Сельскохозяйственных машин» с 1.09.2012 года кафедра «Процессы и машины в агробизнесе» занимает в этом процессе одну из ведущих ролей. На кафедре активно ведется работа по созданию сельскохозяйственных машин для механизации различных технологических процессов.

В процессе выращивания сельскохозяйственных культур необходимо соблюдение всех агротехнических требований по выращиванию определенной культуры. Особую роль в этом процессе занимает уборка, а уборка пасленовых овощей всегда стоит и стояла в особым образом в указанном технологическом процессе [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8].

Машины для уборки лука должны убирать все сорта лука-репки и лука-севка на ровной поверхности, а также на гребнях и грядах во всех зонах. Лук-репку и лук-севок машины должны подкопать на глубину 8–12 см, выбрать из земли и разложить тонким слоем на поверхности почвы для просушки. После просушки машина должна собрать луковички с поверхности почвы, очистить их от земли и других примесей, подать в бункер

и затем механически перегрузить в транспортное средство [9], [10], [11], [12].

Другие операции по доочистке лука и т. д. выполняются на стационаре.

Луковый грохотный копатель ЛКГ-1,4 (рис. 1) предназначен для уборки лука-репки двухфазным способом. Машина убирает лук-репку, посеянный с междурядьями 45,20 + 50 и 8 + 62 см на различной поверхности поля. Агрега-тируется с тракторами Т-40М и МТЗ-80. Привод от ВОМ трактора.

При движении машины вдоль рядков опорные колеса копируют рельеф и поддерживают требуемую глубину хода лемеха, который подрезает пласт земли вместе с луком и, подает его на решетку колеблющегося грохота. Здесь пласт разрушается, просеивается сквозь решетку, а оставшиеся почвенные комки и лук проходят через баллоны-комкодавители, где комки раздавливаются, а затем отделяются от лука на просеивающем конвейере. Отделенный от почвы лук укладывается в один валок на поверхности поля для просушки. При помощи откидываемого элеватора машина может делать один валок за два прохода, способ движения копателя — вразвал против часовой стрелки по краям загона. Ширина поворотных полос 15 м.

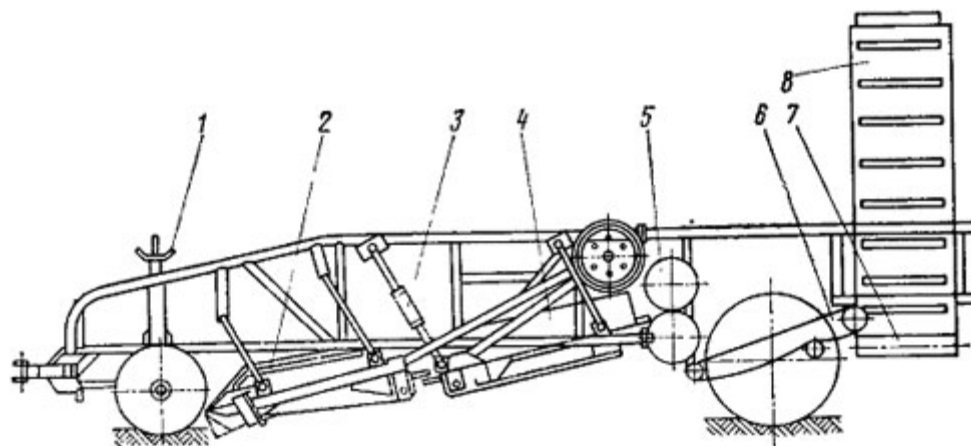


Рис. 1. Схема лукоуборочной машины ЛКГ-1,4: 1 — винтовой механизм регулировки глубины подкапывания; 2 — переднее решето грохота; 3 — регулируемая подвеска; 4 — заднее решето грохота; 5 — комкодавительные баллоны; 6 — продольный элеватор; 7 — поперечный элеватор; 8 — загрузочный транспортер





Рис. 2. Корнеуборочная машина EM-11

Для подбора лука на машину ЛКГ-1,4 навешивают выгрузный конвейер. Лук с конвейера поступает на погружной конвейер и отсюда в рядом идущий транспорт.

В Германии создана лукоуборочная машина теребильного типа на базе корнеуборочной машины EM-11.

Она состоит из ботвоподъемников, которые шарнирно соединены с рамой теребильной секции. Подкапывающая лапа — пассивный лемех плавающего типа, привод в движение от гидроцилиндра. Теребильное устройство — двухсекционное, снабжено клиновыми теребильными ремнями. Щеточный очиститель роторного типа с капроновыми бичами, выравнивающее устройство транспортного типа. Механизм обрезки дискового типа, вы-

грузной транспортер — лопастного типа, поворачивается на 90°.

В Венгрии создана лукоуборочная машина УННМАШ, в которой, как у копателя ЛКГ-1,4, рабочие органы размещены в один ярус. Отличительной особенностью является наличие вальцового очистителя в сочетании с воздушным вентилятором. При этом обеспечена высокая полнота отделения ботвы от луковиц, и дополнительная доочистка не требуется.

В Германии на уборке лука широко используются переоборудованные картофелеуборочные машины: на выкапывании и укладке луковиц в валок — картофелекопатели Е-649; на подборе валков и погрузке лука

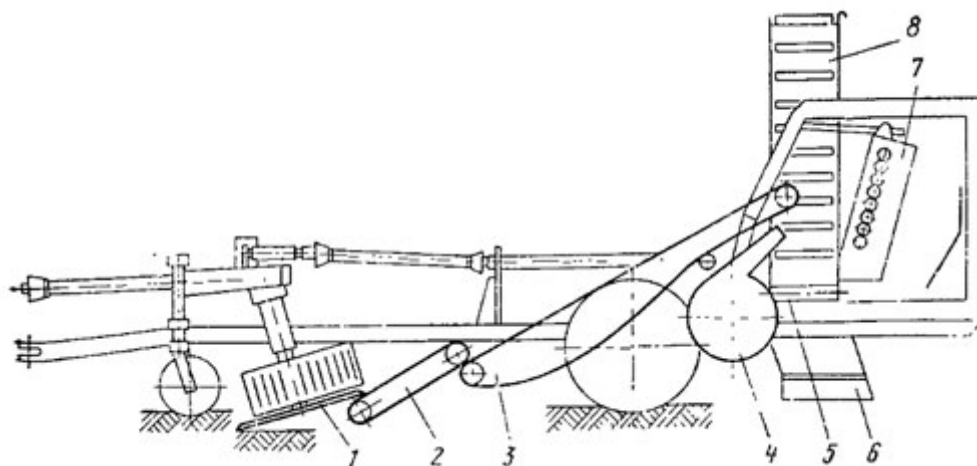


Рис. 3. Схема лукоуборочной машины УННМАШ: 1 — подкапывающие диски; 2 — первый прутковый элеватор; 3 — второй (основной) прутковый элеватор; 4 — вентилятор; 5 — поперечный ленточный транспортер; 6 — скатный лоток; 7 — вальцовый ботвоотделитель; 8 — загрузочный транспортер

в транспортное средство — картофелекомбайны Е-675 или Е-665.

В комплексе машин для уборки лука применяют: очиститель грохотный ОГЛ-6, вальцовый ОВЛ-6, сортировку лука СЛС-7, стол переборочный ленточный СПЛ-6, лукоотминочный пункт ЛПС-6, пункт механизированной обработки лука ПМЛ-6 и различные лукосушилки-хранилища

Как видим, все приведенные машины выпускались давно и не только в нашей стране и на настоящий момент устарели и не актуальны, а если признаться, то они изжили себя морально и обладают рядом серьезных не-

достатков, а именно огромная энергоемкость процесса уборки, несовершенство конструкции, малая производительность. Все указанное не отвечает современным требованиям уборки. Наша промышленность в последние годы не сделала больших шагов по интенсификации технологического процесса уборки овощей и не представлена на рынке сельскохозяйственной техники современными образцами продукции. В результате выше сказанного считаем, что работа по проектированию новых рабочих органов для уборки овощей весьма актуальна в условиях импортозамещения в нашей стране [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22].

#### Литература:

1. Способы уборки сладкого перца и машина МПБ-2 многоразового действия. Тимофеев М. Н., Абликов В. А. Тракторы и сельхозмашины. 2005. № 1. с. 3.
2. Теоретические основы процесса отделения плодов томатов планетарными вальцами. Абликов В. А., Вдовиченко М. Н., Тимофеев М. Н. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2004. № 6. с. 28–32.
3. Элементы теории процесса проката стеблей томатов планетарными вальцами. Абликов В. А., Вдовиченко М. Н., Тимофеев М. Н. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2004. № 6. с. 33–39.
4. Устройство для уборки овощей. Абликов В. А. Патент на изобретение RUS 216343204.08.1999
5. Механико-технологическое обоснование способов и средств механизации многоразовой уборки овощей. Абликов В. А. диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/Краснодар, 2000
6. Технология безрассадной культуры перца и баклажана на промышленной основе. Абликов В. А., Гикало Г. С., Гиш Р. А. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 1988. № 282 (310). с. 90–105.
7. Связь науки и техники в возделывании сельскохозяйственных культур при проектировании лемешного плуга. Белоусов С. В., Трубилин Е. И., Лепшина А. И. В сборнике: Актуальные вопросы технических наук. Материалы III Международной научной конференции. Пермь, 2015. с. 150–155.
8. Компьютерные технологии в преподавании инженерной графики и моделирования сельскохозяйственной техники. Белоусов С. В., Цыбулевский В. В., Лепшина А. И. В сборнике: Теория и практика образования в современном мире. Материалы VII Международной научной конференции. Санкт-Петербург, 2015. с. 161–167.
9. Разработка дополнительных рабочих органов лемешного плуга для совершенствования процесса основной обработки почвы с оборотом пласта, а также исследование его тягового сопротивления в составе тракторного агрегата. Белоусов С. В., Лепшина А. И. В сборнике: Инновационные технологии в сельском хозяйстве. Материалы Международной научной конференции. Москва, 2015. с. 69–74.
10. Средства малой механизации как основа современного кфх и лпх в малых формах хозяйствования. Лепшина А. И., Белоусов С. В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 05. с. 392.
11. Связь науки и техники в области разработок машин для основной обработки почвы с оборотом пласта. Белоусов С. В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 05. с. 468.
12. Междурядная обработка почвы инновационным опрыскивателем. Белоусов С. В., Лепшина А. И., Скотников С. В. Молодой ученый. 2015. № 7. с. 1081–1086.
13. Зерноуборочный комбайн. Белоусов С. В., Помеляйко С. А. Молодой ученый. 2015. № 7. с. 1086–1089.
14. Определение тягового сопротивления при обработке дополнительным плоскорезущим рабочим органом. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 194–199.
15. Конструкция комбинированного лемешного плуга и исследование его тягового сопротивления в составе тракторного агрегата. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Молодой ученый. 2015. № 5 (85). с. 217–221.
16. Конструкция плоскорезущего рабочего органа для основной обработки почвы. Белоусов С. В. Молодой ученый. 2015. № 11. с. 269–272.
17. Внесение сыпучих материалов при помощи центробежных разбрасывателей. существующие проблемы и пути их решения. Белоусов С. В., Лепшина А. И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 10. с. 1849.

18. Основная обработка почвы с оборотом пласта в современных условиях работы и устройства для ее осуществления. Трубилин Е.И., Белоусов С.В., Лепшина А.И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 10. с. 1863.
19. Расчет основных параметров разбрасывателя сыпучих материалов. Белоусов С.В., Лепшина А.И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 10. с. 1884.
20. Экономическая эффективность отвальной обработки почвы разработанным комбинированным лемешным плугом. Трубилин Е.И., Белоусов С.В., Лепшина А.И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 09. с. 654.
21. Результаты экспериментальных исследований определение степени тягового сопротивления лемешного плуга при обработке тяжелых почв. Трубилин Е.И., Белоусов С.В., Лепшина А.И. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 09. с. 673.
22. Дисковые бороны и лушпильники в системе основной и предпосевной обработки почвы. проблемы и пути их решения. Трубилин Е.И., Сохт К.А., Коновалов В.И., Белоусов С.В. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 04. с. 662.

## **Разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе рисовой муки**

Бородина Марина Викторовна, магистрант;  
Болдина Анастасия Андреевна, аспирант;  
Сокол Наталья Викторовна, доктор технических наук, профессор  
Кубанский государственный аграрный университет

*В работе приведены результаты исследования по применению рисовой муки при производстве безглютеновых мучных кондитерских изделий и ее влияния на качественные характеристики печенья. Установлена дозировка рисовой муки в рецептуре, позволяющая достигать оптимальных параметров качества в соответствии с требованиями CODEX STAN 118–1979 и TP TC 027/2012.*

В современных условиях здоровье нации определяется полноценным и сбалансированным питанием населения. Значимость данного фактора подтверждается приоритетным направлением государственной политики Российской Федерации в области улучшения здоровья населения. На правительственном уровне принят ряд документов, в которых предусматривается обеспечение населения качественным, безопасным продовольствием и создание условий, обеспечивающих удовлетворение потребностей различных групп населения в рациональном, здоровом питании [1, 2].

Одним из способов реализации государственной политики в области здорового питания населения РФ является разработка высокоэффективных технологий в перерабатывающих отраслях АПК, поиск новых отечественных сырьевых источников и создание продуктов питания нового поколения, обогащенных эссенциальными микронутриентами [3].

Учитывая значительные объемы производства и переработки зерна риса в Краснодарском крае, особый интерес представляет рисовая мука, которая является ценным источником пищевых функциональных ингреди-

ентов и в настоящее время практически не используется, являясь вторичным продуктом переработки.

Вторичные сырьевые ресурсы переработки зерна риса обладают уникальным химическим составом и могут использоваться в качестве биологически активных добавок. А так как рисовая мука не содержит в своем составе глютен, то может использоваться при изготовлении продуктов для больных целиакией.

В России проблему непереносимости глютена, по сравнению со странами Западной Европы, начали изучать относительно недавно, и ассортимент продуктов, разрешенных при целиакии невелик, и представлен в основном зарубежной продукцией. Поэтому появилась необходимость разработки рецептур новых видов пищевых продуктов специального назначения [4].

На основании выше изложенного была определена цель исследований — разработка рецептуры и технологии безглютенового печенья на основе рисовой муки.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

— выявление оптимальных соотношений рисовой муки, муки кукурузной в композиционных смесях



для производства безглютенового печенья с целью достижения оптимальных параметров качества в соответствии с требованиями CODEX STAN 118–1979 и TP TC 027/2012;

— разработка технологических решений и рецептуры безглютеновых мучных кондитерских изделий.

Основными объектами исследований были: мука кукурузная, рисовая мучка, тесто, мучные кондитерские изделия.

При выборе основного и дополнительного сырья при создании безглютеновых мучных кондитерских изделий учитывали содержание в них глютена и руководствовались требованиями Codex Alimentarius 118 и TP TC 027/2012. В соответствии с этими документами к безглютеновым продуктам относятся продукты с содержанием глютена менее 20 мг/кг продукта. Именно этот показатель и стал «фильтром» при формировании рецептурных смесей. Для отработки рецептуры были составлены смеси на основе разрешенных видов продуктов для аглютеновой диеты: кукурузной муки, рисовой мучки. Дозировка рисовой мучки к основному сырью варьировала от 12,5 до 80 %.

Для отработки рецептуры были составлены смеси на основе кукурузной муки с частичной заменой на рисовую мучку в соотношениях: 80:20, 60:40, 50:50, 40:60, 20:80 соответственно. В качестве контроля использовалось безглютеновое печенье, на основе пшеничной муки.

Качество печенья оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям. В основу построения

профилограмм легли дескрипторы вкуса, аромата, формы изделия, состояние поверхности, цвета и текстуры сахарного печенья.

Результаты органолептической оценки сахарного печенья по всем вариантам эксперимента представлены, в виде профилограммы на рисунке 1.

Из профилограммы, представленной на рисунке 1, видно, что внесение в тесто сахарного печенья муки кукурузной и рисовой мучки существенно улучшает органолептические показатели, и в большей степени вкус и аромат изделий. Контрольный образец, в соответствии со шкалой градации качества мучных кондитерских изделий, где средний балл составил 4,71, уступал образцам печенья на основе кукурузной муки и рисовой мучки.

Из всех вариантов эксперимента, был отмечен, лучший образец по комплексу органолептических показателей из смеси кукурузной муки и рисовой мучки в соотношении 60:40 соответственно.

Физико-химические показатели качества печенья по всем вариантам опыта представлены в таблице 1.

Учитывая полученные результаты, по комплексу органолептических и физико-химических показателей был выбран образец с соотношением 60:40, в котором отмечался приятный вкус, аромат, привлекательный внешний вид и лучшие показатели влажности и намокаемости печенья.

Однако, следует отметить, что и в выбранном варианте, наряду с другими на поверхности печенья присутствовали небольшие трещинки и небольшое расслоение печенья, что, связано с плохой растяжимостью теста. Веро-

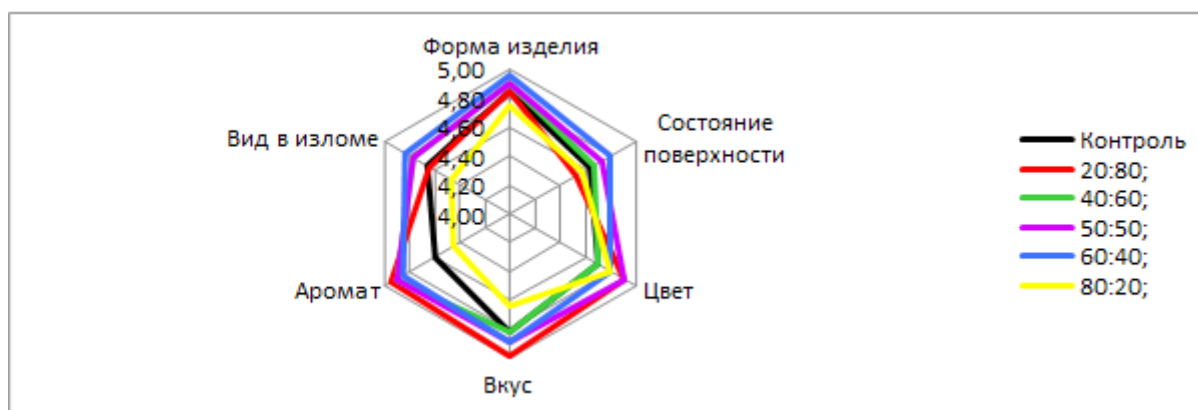


Рис. 1. Профилограмма органолептических показателей безглютенового печенья

Таблица 1. Физико-химические показатели печенья из смеси кукурузной муки и рисовой мучки

Наименование показателя	Контроль	Соотношение кукурузной муки и рисовой мучки, %				
		20:80	40:60	50:50	60:40	80:20
Массовая доля влаги, %	4,99	5,12	5,34	5,46	5,51	5,78
Щелочность, град	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Намокаемость, %	148	150	153	155	158	164
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,83	0,94	0,97	0,99	1,02	1,06

ятно, это вызвано тем, что в тесте нет белков клейковины и, с нашей точки зрения, присутствует повышенное содержание разрыхлителя.

Для устранения дефектов в печенье, нами была проведена работа по снижению дозировки разрыхлителя в рецептуре. Выпечка безглютенового печенья проводилась с внесением гидрокарбоната натрия 20 %, 40 %, 60 %, 80 % по отношению к контрольному образцу.

Влияние дозировки разрыхлителя на органолептические (в виде профилограммы) показатели качества печенья с различной дозировкой разрыхлителя представлены на рисунке 2.

При органолептической оценке качества, было выявлено, что все образцы имеют правильную форму, золотисто-желтый цвет, приятный аромат и вкус. При дозировках 40 и 20 % гидрокарбоната натрия поверхность печенья отмечена как гладкая и без трещин.

Физико-химические показатели качества печенья с различной дозировкой гидрокарбоната натрия представлены в таблице 2.

По результатам оценки качества печенья, был выделен образец безглютенового печенья с дозировкой 40 % гидрокарбоната натрия от общего количества, так как имел лучшие показатели балловой оценки качества печенья и физико-химические показатели.

На основании полученных данных была предложена новая рецептура сахарного безглютенового печенья «Солнышко ясное».

Рецептура печенья «Солнышко ясное» представлена в таблице 3.

С учетом требований CODEXSTAN 118–1979 и ТР ТС 027/2012 во всех образцах печенья определяли содержание глютена, результаты исследований составили менее 2 мг/кг, что позволяет отнести изменения к специализированной пищевой продукции без глютена.

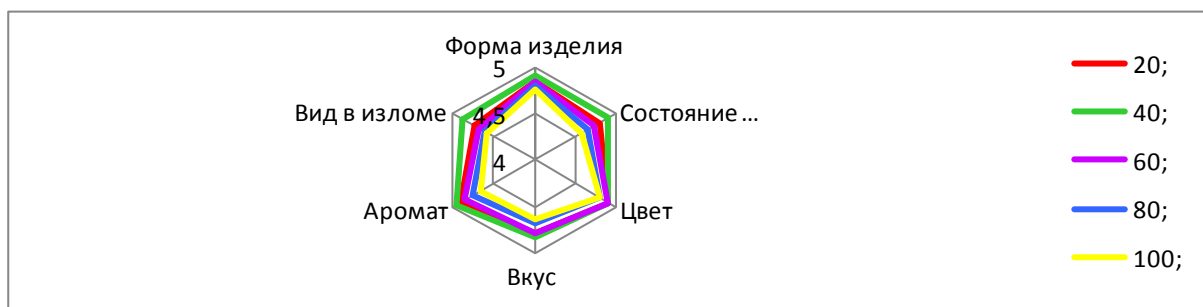


Рис. 2. Профилограмма органолептических показателей печенья с различной дозировкой разрыхлителя

Таблица 2. Физико-химические показатели печенья с различной дозировкой гидрокарбоната натрия

Наименование показателя	Гидрокарбонат натрия %, от количества в рецептуре				
	20	40	60	80	100
Массовая доля влаги, %	5,82	5,74	5,69	5,62	5,51
Щелочность, град	0,5	0,5	0,7	0,8	0,8
Намокаемость, %	195	189	176	164	158

Таблица 3. Рецептура сахарного печенья «Солнышко ясное»

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Нормы расхода, кг на 1 т	
		в натуре	в сухих веществах
Мука кукурузная	86,0	251,97	216,69
Мучка рисовая	89,6	167,64	150,21
Сахарный песок	99,85	167,64	167,39
Маргарин	84,0	352,05	295,7
Яйцо куриное	27,0	58,68	15,84
Соль поваренная пищевая	96,5	1,68	1,63
Гидрокарбонат натрия	50,0	0,335	0,168
Итого	-	1000,00	847,628
Выход	96,0	1000,00	960

Выполненный комплекс экспериментальных исследований позволил научно обосновать и экспериментально подтвердить целесообразность использования рисовой

мучки в производстве безглютеновых мучных кондитерских изделий специализированного назначения.

Литература:

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации на период до 2020г Указ президента РФ от 30 января 2010 г. № 120. Электронный ресурс. 2010. — Режим доступа: <http://graph.Document.kremlin.ru>.
2. Постановление Правительства РФ № 1873-р «Основы государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 года». От 25.10.2010 г.
3. Сокол, Н. В. Как сделать простой продукт функциональным/Н. В. Сокол. Н. С. Храмова, О. П. Гайдукова // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного университета. — 2007. — № 31 — с. 27–38.
4. Сокол, Н. В. Нетрадиционное сырье в производстве хлеба функционального назначения/Н. В. Сокол. Н. С. Храмова, О. П. Гайдукова // хлебопечение России. — 2011. — № 1 — с. 16–18.

## Моделирование Si MOSFET с *n*-индуцированным каналом

Бровко Артём Михайлович, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)  
Технический университет ильменау (Германия)

*Данная статья является частью научно-исследовательской работы и магистерской диссертации, выполненной по плану обучения в магистратуре СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и программы «Два диплома» между СПбГЭТУ «ЛЭТИ» и ТУ Ильменау (Германия) в рамках дисциплины «Междисциплинарный курсовой проект». Данная статья написана в ходе прохождения практики в ТУ Ильменау, в ходе которой были проведены моделирования свойств *n*-канальных MOSFET транзисторов с параметрами, соответствующими данным международной дорожной карты технологии полупроводников. Моделирования и симуляции проводились в программном пакете ATLAS.*

**Ключевые слова:** МДП-транзистор, MOSFET, индуцированный канал, ATLAS, моделирование

Цель работы — создание структур (*n*-канальных MOSFET транзисторов) с топологическими нормами, представленными в дорожной карте развития полупроводниковых технологий, с последующим моделированием их свойств и определением требуемых параметров ( $V_{t,lin}$ ,  $V_{t,sat}$ ,  $I_{on}$ ,  $I_{off}$ ). МДП-транзистор (англ. MOSFET) — разновидность полевого транзистора с изолированным затвором, где затвор отделён от активного слоя слоем диэлектрика (обычно диоксид кремния). Это позволяет избавиться от таких недостатков полевых транзисторов, как захват и рассеивание носителей заряда на границе активного слоя. Управление МДП-транзистором осуществляется с помощью напряжения на затворе. Так, для MOSFET с индуцированным *n*-каналом, приложении положительного напряжения на затворе обедняет *p*-область активного слоя основными носителями, и при превышении порогового значения напряжения создаёт слой с инверсионным слоем проводимости (*n*), который соединит области стока и истока *n*-каналом, по которому и потечет ток. Полевые транзисторы являются основой современной электроники и применяются в раз-

личных устройствах, например таких как сенсоры (подробно описывается в [1]).

В качестве отправных точек были взяты параметры для 2015, 2019, 2023, 2027 годов. По данным дорожной карты было построено 16 структур (четыре типа структур по годам (с индивидуальными значениями толщины оксидной плёнки, длины затвора и канала), для каждой из этих структур ещё по две с вариацией толщины активного слоя, и ещё по две с изменением толщины нижнего слоя оксида).

Построение структур осуществлялось в программном пакете ATLAS.

Для построенных структур создавалась сетка, в узлах которой программа рассчитывала все необходимые параметры. После задания сетки задавались необходимые параметры транзистора (рабочее напряжение, максимальная скорость носителей заряда для модели, которая использовалась при симуляциях (использовалась CVT модель), и т.д.). Затем программа проводила расчеты, и для каждой структуры были получены значения необходимых параметров, а также вид стокзатворных харак-

теристик. Надо отметить, что для более наглядного сравнения исходные параметры транзистора, а именно работа выхода материала затвора, подбирались таким образом, чтобы значение тока  $I_{off}$  было равно 0.1  $\mu A$ .

**Полученные результаты:**

Результаты для всех структур были разбиты на 4 группы: 1) структуры с более толстым активным слоем ( $t_{si} = t_{MG}$ ) и толстым погребенным оксидом ( $t_{box} = 140$  нм). 2) структуры с более толстым активным слоем ( $t_{si} = t_{MG}$ ) и тонким погребенным оксидом ( $t_{box} = t_{box}$  из дорожной карты). 3) структуры с более тонким активным слоем ( $t_{si} = t_{SOI}$ ) и толстым погребенным оксидом ( $t_{box} = 140$  нм). 4) структуры с более тонким активным слоем ( $t_{si} = t_{SOI}$ ) и тонким погребенным оксидом ( $t_{box} = t_{box}$  из дорожной карты).

Для каждой группы структур созданной программой были рассчитаны следующие параметры:  $V_{t_{lin}}$  (значение напряжения при пороговом значении тока (set

$I_{th} = 2.00e-07 / (\$Lgate * 1.0e-03)$ ) при рабочем напряжении (напряжение сток-исток) равном 50 mV),  $V_{t_{sat}}$  (значение напряжения при пороговом значении тока (set  $I_{th} = 2.00e-07 / (\$Lgate * 1.0e-03)$ ) при рабочем напряжении (напряжение сток-исток), равном значению из дорожной карты для данного года (0,83, 0,77, 0,71 или 0,65 В),  $subV_{t_{lin}}$ ,  $subV_{t_{sat}}$  (параметры, характеризующие качество кривизны характеристик (расчёт представлен в демонстрационной программе)), а также  $I_{off}$  и  $I_{on}$  (значения токов при напряжении затвор-исток равно 0 и при напряжении затвор-исток, равному рабочему напряжению соответственно).

Ещё один параметр качества транзистора — DIBL (Drain Induced Barrier Lowering). DIBL характеризует идеальность семейства кривых тока стока от напряжения затвор-исток. Чем ближе значение DIBL, тем «идеальней» транзистор.

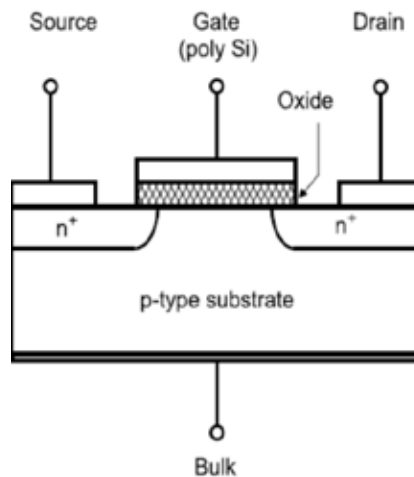


Рис. 1. Типовая структура МДП-транзистора с индуцированным n-каналом [2]

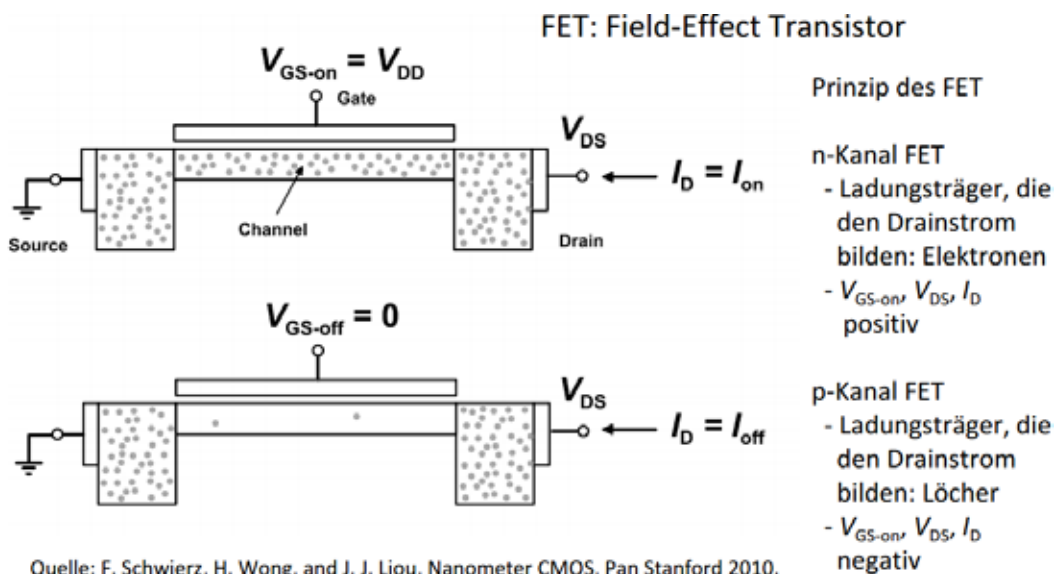


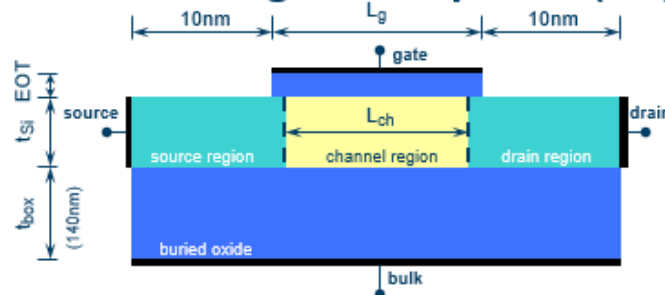
Рис. 2. Принцип работы полевого транзистора [2]



**Анализ результатов:** Полученные данные говорят о том, что только транзисторы с более тонким активным слоем удовлетворяют требуемым параметрам дорожной карты, прежде всего это касается значений параметров DIBL и  $I_{on}$ . Использование толстого активного слоя позво-

ляет приблизиться к необходимому значению параметров транзистора, но только при малых значениях ширины затвора. Поэтому можно сделать вывод о неэффективности потенциального применения транзисторов с толстым активным слоем.

### Simple Device following roadmap 2013 (HP):



Year of production		2015	2017	2019	2021	2023	2025	2027
$L_g$	Physical gate length (nm)	16.7	13.9	11.6	9.7	8.0	6.7	5.6
$L_{ch}$	Effective channel length (nm)	13.4	11.1	9.3	7.8	6.4	5.4	4.5
EOT	Equivalent oxide thickness (nm)	0.73	0.67	0.61	0.56	0.51	0.47	0.43
$t_{si,SOI}$	SOI film thickness (nm)	2.7	2.2	1.9	1.6	1.3	1.1	0.9
$t_{si,MG}$	MG body thickness (nm)	5.3	4.4	3.7	3.1	2.6	2.1	1.8
$t_{box}$	Buried oxide thickness (nm)	13.4	11.1	9.3	7.8	6.4	5.4	4.5
$N_{ch}$	Channel doping ( ... /cm <sup>3</sup> )	1.0 x 10 <sup>17</sup>						
$N_{sd}$	Source/Drain doping ( ... /cm <sup>3</sup> )	2.0 x 10 <sup>20</sup>						

Рис. 3. Данные дорожной карты:  $L_g$  — физическая длина затвора;  $L_{ch}$  — эффективная длина канала; EOT — эквивалентная толщина оксида;  $t_{si, SOI}$  — толщина активного слоя кремния (1-ый вариант);  $t_{si, MG}$  — толщина активного слоя кремния (2-ой вариант);  $t_{box}$  — толщина погребенного оксида (140 нм или вариация);  $N_{ch}$  — уровень легирования канала;  $N_{sd}$  — уровень легирования истока и стока

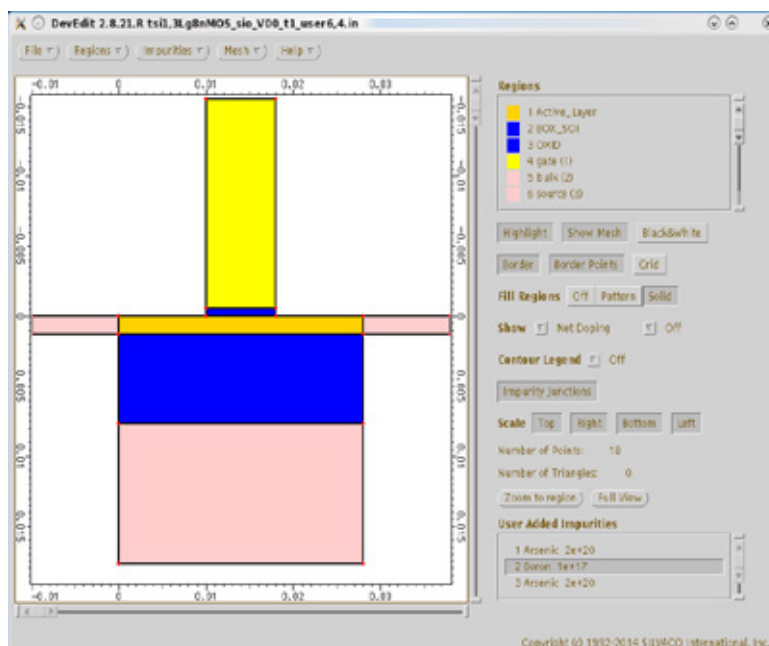


Рис. 4. Типовая структура MOSFET транзистора

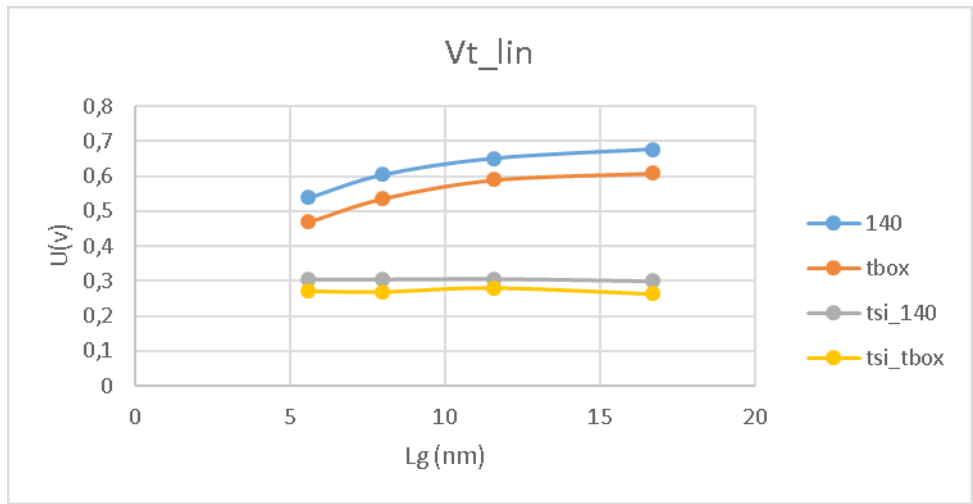


Рис. 5. Зависимость  $V_{t,lin}$  от длины затвора при  $I_{off} = 0,1 \mu A$

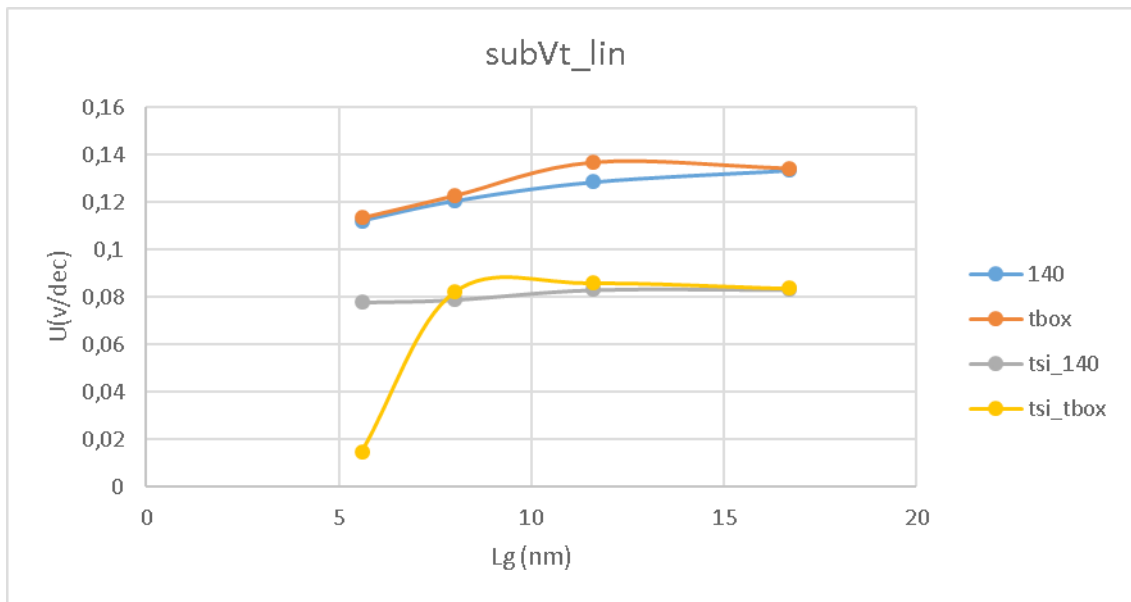


Рис. 6. Зависимость  $subV_{t,lin}$  от длины затвора при  $I_{off} = 0,1 \mu A$

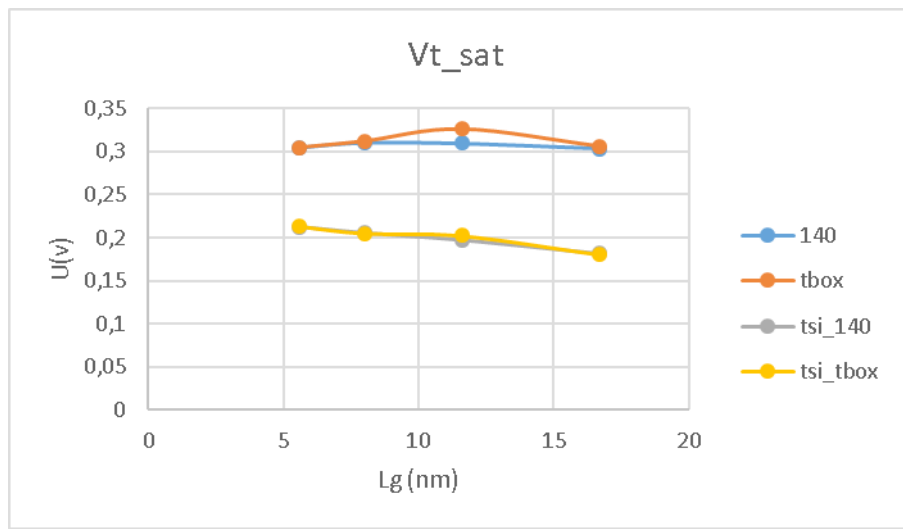


Рис. 7. Зависимость  $V_{t,sat}$  от длины затвора при  $I_{off} = 0,1 \mu A$

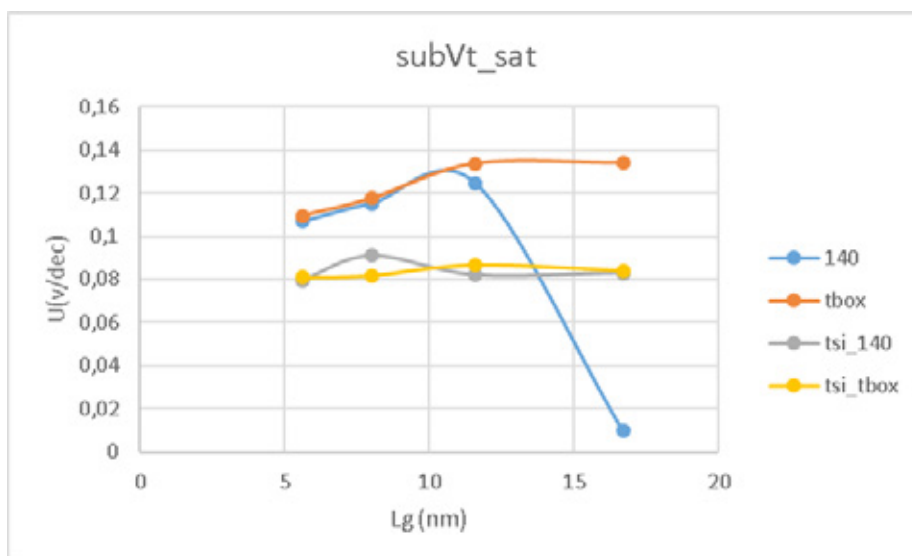


Рис. 8. Зависимость  $subV_{t\_sat}$  от длины затвора при  $I_{off} = 0,1 \mu A$

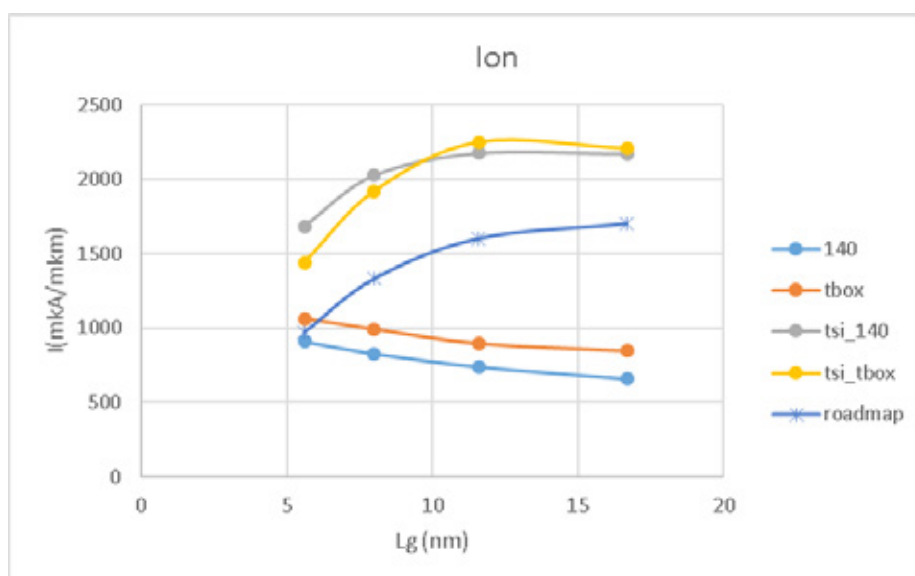


Рис. 9. Зависимость  $I_{on}$  от длины затвора при  $I_{off} = 0,1 \mu A$

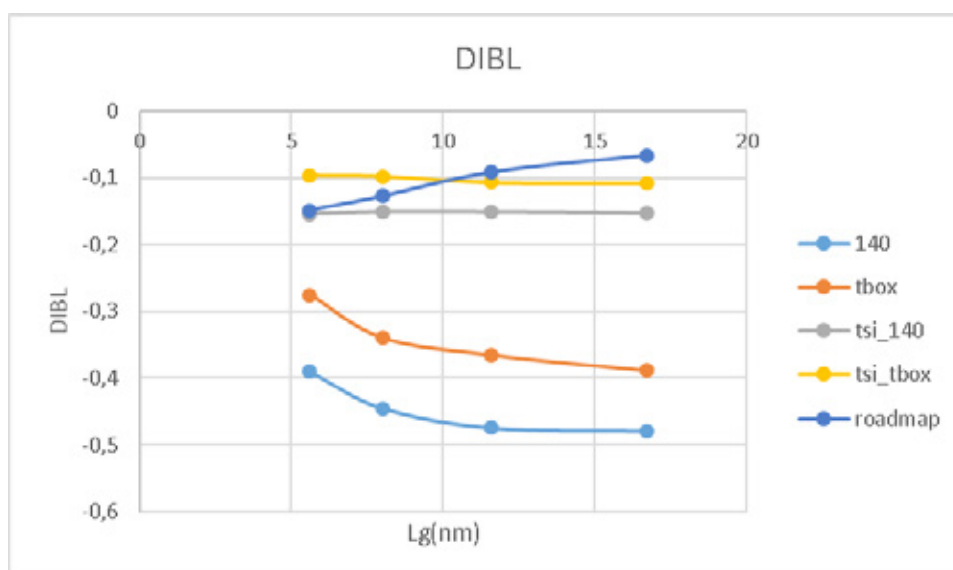


Рис. 10. DIBL смоделированных структур и дорожной карты

**Заключение:** Проведенные симуляции позволяют прогнозировать свойства транзисторов с параметрами и топологическими нормами, которыми должны будут обладать транзисторы в рамках дорожной карты, которая, в свою очередь, базируется на правиле Мура — основном законе развития современной электроники. Такое моделирование поможет оптимизировать и усовершенствовать работу транзисторов в будущем, а также подсказать пра-

вильное направление в выборе материалов и параметров структуры электронных устройств.

Данная работа является подготовительным шагом к написанию магистерской диссертации, в которой будут рассматриваться Junctionless MOSFET, управление свойств которых будет осуществляться с помощью изменения уровня легирования в активном слое кремния.

Литература:

1. Зятьков, И. И., Максимов А. И., Мошников В. А. Сенсоры на основе полевых транзисторов DJVU. Санкт-Петербург, издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2002. — 56 с. Учебное пособие
2. F. Schwierz, H. Wong, J. J. Liou, «Nanometer CMOS», Pan Stanford, Singapore 2010

## Роботизация поста мойки автомобилей

Васенин Александр Сергеевич, студент;

Шумков Арсений Геннадьевич, студент

Научный руководитель Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*С развитием современных технологий и все большим внедрением автоматизированных систем, также возникает вопрос об автоматизации процесса обслуживания автомобилей. Именно эта тема и является рассматриваемым предметом в данной статье. Также в тексте представлено решение, которое позволит автоматизировать обслуживание автомобилей.*

**Ключевые слова:** автоматизированная мойка, автомойка, манипулятор, автомобильная мойка, автоматизированная система.

С каждым годом количество автомобилей становится все больше, пропорционально этому увеличивается количество организаций, занимающихся их обслуживанием. Неотъемлемой частью ухода за личным автомобилем является периодическая мойка [1]. На сегодняшний день данная услуга достаточно распространена и в любом городе можно найти огромное количество автомоек, предлагающих такие услуги как чистка кузова, нанесение защитного покрытия, мытье подкапотного пространства и химчистка салона. Основные критерии автовладельца при выборе автомойки является цена, качество и скорость. Большинство организации используют труд наемного персонала и, в среднем, мойка занимает 20–25 минут, портальные мойки, имеющих достаточно маленький спектр операций, на сегодняшний день встречаются достаточно редко. С целью полной автоматизации процесса мойки автомобилей и сокращению затрачиваемого времени был спроектирован робот [2]. Основой данного робота (рис. 1) два манипулятора, предназначенные для выполнения следующих функций:

- Мойка автомобиля
- Нанесение моющих средств
- Нанесение защитного покрытия «антидождь»
- Сухая чистка салона

— Мытье подкапотного пространства

Некоторые трудности вызывает формирование правильной траектории манипулятора для точного его позиционирования в пространстве.

Задача состоит в том, чтобы переместить схват робота из начального кинематического положения  $H(0)$  в заданное кинематическое положение  $H(t)$  за время  $t$  [3]. Необходимо описать движение схвата манипулятора более детально, чтобы избежать столкновения с предметами, находящимися в рабочей области. Таким образом, определяются промежуточные точки, в которых должно быть найдено кинематическое положение схвата робота.

Для более подробно описанных траекторий должны быть определены значения обобщенной скорости и обобщенного ускорения. Очевидно, чтобы получить изменяющееся во времени кинематическое положение схвата робота  $H(t)$ , необходимо прибегнуть к множеству изменяющихся во времени углов в сочленениях, или, иначе, к зависящему от времени вектору углов в сочленениях  $Q(t)$ , такому, что

$$\theta(t) = (\theta_1, \theta_2 \dots \theta_n)^T$$

где  $\theta(t)$  — не что иное, как зависящее от времени обратная задача кинематики с начальными  $H(0)$  и конечным  $H(t)$  кинематическими положениями схвата робота.



Рассмотрим способы, применяемых для планирования и генерации желаемых векторов углов в сочленениях манипулятора [3].

Простейший и наиболее часто используемый способ определения закона изменения угла в сочленении  $\theta_{i(t)}$  — это определение начального и конечного замера  $\theta_{i(t)}$  и  $\dot{\theta}_{i(t)}$ , которые обычно принимают следующие значения:

$$\theta_{i(0)} = \theta_{i0}; \theta_{i(tf)} = \theta_{if}$$

$$\dot{\theta}_{i(0)} = 0; \dot{\theta}_{i(tf)} = 0$$

где  $t_f$  — конечный момент времени, а к схвату робота предъявляется требование, чтобы он находился в состоянии покоя в начальный момент времени  $t=0$  и достигал состояния покоя в момент времени  $t=t_f$ .

Условиям, поставленным выше могут удовлетворить многочлены третьей степени от времени, т. е.

$$\theta_{i(t)} = \theta_{i0} + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3$$

также, что

$$\theta_{if} = \theta_{i0} + a_1 t_f + a_2 t_f^2 + a_3 t_f^3 = 0$$

$$a_1 t_f = 0; 2a_2 t_f + 3a_3 t_f^2 = 0$$

откуда  $a_2$  и  $a_3$  получаются равными

$$a_2 = 3(\theta_{if} - \theta_{i0})t_f - 2f;$$

Литература:

1. Романькова, Е. В. Организация мобильной автономной мойки // Журнал «Образование. Технология. Сервис». 2014. Т. 1. № 1 (5). с. 223–227.
2. Агеев, Е. В., Щербаков А. В., Пикалов С. В. Особые условия технической эксплуатации и экологическая безопасность автомобилей: учеб. пособие/Е. В. Агеев, А. В. Щербаков, С. В. Пикалов. — Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2015. — 212 с.
3. Медведев, А. Е., Волыков К. П. Разработка микропроцессорной системы автоматизации процесса мойки автомобиля // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 6 (94). с. 152–156.

$$a_3 = 2(\theta_{if} - \theta_{i0})t_f - 3f$$

Если начальная и конечная скорости не равны нулю, как в ситуации с роботом, отслеживающим движение конвейера, коэффициенты полинома получаются из условия выполнения следующих ограничений:

$$\dot{\theta}_{i(0)} = \dot{\theta}_{i0}; \dot{\theta}_{i(tf)} = \dot{\theta}_{if}$$

После этого легко определить коэффициенты в формуле (6):

$$a_1 = \dot{\theta}_{i0}$$

$$a_2 = 3(\dot{\theta}_{if} - \dot{\theta}_{i0})t_f - 2\dot{\theta}_{i0}t_f - 1 - \dot{\theta}_{if}t_f - 1$$

$$a_3 = 2(\dot{\theta}_{if} - \dot{\theta}_{i0})t_f - 3\dot{\theta}_{i0} + \dot{\theta}_{if}$$

Учитывая требования непрерывности положения, скорости и ускорения решены относительно коэффициентов представленных выше. Данные соотношения носят достаточно общий характер, следовательно, могут быть применены к любой промежуточной точке между начальной и конечной точками траектории.

Актуальность темы, затронутой в статье, не вызывает сомнения — внедрение такой автоматизированной системы позволило бы снизить цену на оказываемые услуги, увеличить поток автомобилей. Кроме того, учитывая универсальность приведенных уравнений определения траектории манипуляторов, данный робот может быть использован в качестве базы для создания робота по ремонтной окраске кузова автомобилей или отдельных его частей.

## Влияние микроклимата на производительность труда рабочих в РМЦ

Васильев Александр Владимирович, студент;

Одноров Евгений Павлович, студент

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

*В статье рассмотрено влияние параметров микроклимата производственного помещения на производительность труда сотрудников ремонтно-механического цеха (РМЦ). Выявлена зависимость влияния температуры на трудоспособность персонала, рассмотрена необходимость учёта индекса жары при расчёте оптимальных параметров воздуха помещения, проанализирован ряд других параметров микроклимата помещений, которые необходимо контролировать и регулировать. Также в статье исследован вопрос обеспечения оптимального режима освещения внутри помещения, с одной стороны соответствующего нормативам с другой стороны учитывающий особенности объекта, в том числе динамически изменяющиеся условия освещения. В заключительной части статьи сделан вывод о значимости параметров микроклимата и освещения в процессе трудовой деятельности работников РМЦ, а также сделано предположение о необходимости применения автоматических систем регулирования указанных параметров.*

**Ключевые слова:** производительность, автоматическое управление, микроклимат, освещение, ремонтно-механический цех.

Ремонтно-механический цех — зона повышенной опасности, требующая от работников максимальной собранности и высоких профессиональных навыков. Но не только личные и профессиональные характеристики персонала влияют на безопасность рабочей деятельности. Сложно недооценить важность условий, созданных на рабочем месте. Микроклимат в помещении, уровень освещённости, шума и множество других факторов оказывают значительное влияние не только на работоспособность человека в данный момент, но и на психоэмоциональное состояние в целом, что может отразиться на работе человека в будущем [1]. Кроме непосредственного снижения производительности труда из-за утомления и ухудшения физического состояния стоит учитывать возможность получения травм различной степени тяжести из-за снижения концентрации. Во время работы сотрудникам цеха приходится иметь дело с такими источниками повышенной опасности, как например: станки, оборудование для высокотемпературной обработки изделий, летучие химические соединения. Таким образом, задача поиска оптимальных алгоритмов автоматического управления системами микроклимата и освещения имеет два ключевых аспекта: обеспечение энергоэффективных и ресурсосберегающих режимов работы, а также повышение производительности и безопасности труда на предприятии [2].

**Оценка влияния условий микроклимата и освещения помещений на производительность труда.** Для данной работы в период с 12.03.2014 по 24.02.2015 были проведены наблюдения в ремонтно-механическом цеху завода ЖБИ № 6. В результате исследования за этот период были собраны статистические данные в соответствующих условиях трудовой деятельности сотрудников. В ходе анализа полученных данных, была выявлена зависимость производительности труда персонала от различных параметров микроклимата внутри помещения.

Ниже представлен график, характеризующий зависимость уровня производительности труда рабочих от тем-

пературы воздуха внутри ремонтно-механического цеха, с учётом влияния времени года (Рисунок 1).

Можно наблюдать, что диапазон комфортной температуры для летнего (теплого) периода имеет нижнюю и верхнюю границы 23 °С и 25 °С соответственно. После выхода значения температуры из этого интервала более чем на 5 °С, наблюдается значительное снижение производительности труда рабочих. Аналогичная ситуация наблюдается и в зимний (холодный) период, со смещением графика приблизительно на 4 °С в сторону более низкой температуры, что является следствием адаптации организма к более низкой температуре окружающей среды.

Кроме непосредственного влияния температуры на организм, важно учитывать влажность воздуха. Для этого применяется индекс жары. Он учитывает реальную температуру воздуха и его влажность. В результате получается примерное значение температуры, которое воспринимается организмом человека. К примеру, при реальных 24 °С, в зависимости от влажности человек может ощущать температурный разброс от 18 °С при нулевой влажности, до 27 °С, при стопроцентной. Этот факт свидетельствует о том, что вместе с измерением и регулированием температуры, нельзя забывать о необходимости коррекции уровня влажности воздуха и поддержании его в заданной норме, соответствующей текущей температуре воздуха.

Приведённая таблица наглядно демонстрирует опасность высокой влажности воздуха при значениях температур, незначительно превышающих допустимые ограничения (Рисунок 2)

Также при разработке системы вентиляции и создании управляющего алгоритма, отдельное внимание стоит уделять расчёту скорости потока воздуха в помещении. При превышении нормативных значений (0,2 м/с в летний период и 0,5 м/с в зимний) персонал может подвергаться различным негативным факторам от возникновения ощущения дискомфорта до развития заболеваний.

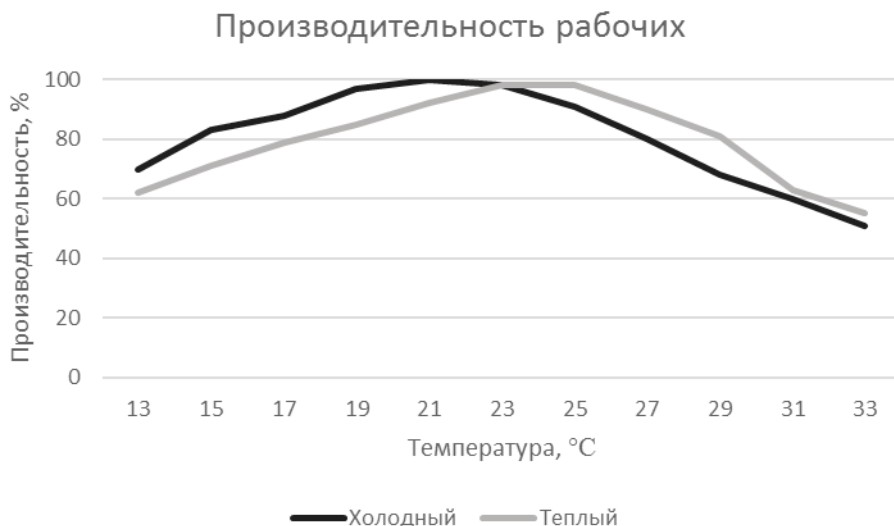


Рис. 1. Зависимость производительности труда от температуры

Не стоит забывать про контроль содержания примесей в воздухе помещения. ПДК вредных веществ, содержащихся в воздухе, должна соответствовать установленным нормативам и регулярно измеряться.

По причине того, что рабочие проводят большую часть времени в помещении цеха, одним из важнейших параме-

тров из работы является уровень освещенности, как всего объема помещения, так и непосредственно на рабочем месте. В ремонтно-механических цехах зачастую обеспечивается совмещенное освещение, предполагающее частичное использование естественного освещения, а при необходимости поддержания заданного уровня освеще-

		Температура (°C)																
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
Относительная влажность (%)	40	27	28	29	30	31	32	34	35	37	39	41	43	46	48	51	54	57
	45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	
	50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58		
	55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59			
	60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59				
	65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59					
	70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58						
	75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58							
	80	30	32	35	38	41	44	48	52	57								
	85	30	33	36	39	43	47	51	55									
	90	31	34	37	41	45	49	54										
	95	31	35	38	42	47	51	57										
100	32	36	40	44	49	54												

Утомление
  Нехорошо
  Тепловой удар
  Опасно!

Рис. 2. Таблица значений индекса жары

щённости — искусственного освещения, как общего, так и местного. Параметры освещения рабочего места определяются в зависимости от разряда выполняемой зрительной работы, условий естественной освещенности, геометрических параметров помещения и иных факторов. Вышеперечисленные факторы могут в течение времени в различной степени изменяться, для компенсации возмущающего воздействия наиболее целесообразно применение автоматических систем управления освещением с обратной связью.

Отдельно необходимо рассмотреть вопрос об идентичности параметров естественного и совмещенного освещения производственных объектов, в том числе и помещений ремонтно-механического цеха. Параметры совмещенного освещения зачастую не идентичны параметрам естественного, таким образом, последующая денатурация освещения негативно сказывается на производительности труда и самочувствии персонала [3, с.

889–891]. Одним из возможных способов решения задачи минимизации негативных эффектов от денатурации совмещенного освещения является применение систем имитации естественного излучения в рамках концепции квази-естественного освещения [4,5]

**Заключение.** На основании изложенного материала можно сделать заключение о том, что параметры микроклимата и освещения помещений оказывают существенное воздействие на производительность труда рабочих ремонтно-механического цеха. Применение систем автоматического управления параметрами микроклимата и освещения позволит достигать наиболее оптимальных параметров, приближенных к параметрам естественного окружения, благоприятного для человека [6], однако прежде чем указанные условия будут созданы, необходима разработка соответствующих алгоритмов и систем управления параметрами окружающей среды в помещении.

#### Литература:

1. Кочетов, О.С. Комфортность рабочей зоны по микроклимату/Кочетов О.С. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук/№ 4–1/2015.
2. Лазаренков, А.М. Влияние параметров микроклимата на работающих в литейных цехах/Лазаренков А.М., Хорева С.А. // Литьё и металлургия/№ 3 (66)/21012.
3. Справочная книга по светотехнике/под ред. Ю.Б. Айзенберга. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Знак, 2006. — 950 с.
4. Беккер, Ю.Л. Актуальность и перспективы концепции квази-естественного освещения./Ю.Л. Беккер, В.А. Завьялов, Р.С. Ульянов, И.А. Шиколенко. // Естественные и технические науки. — 2015. — № 5. — с. 143–145.
5. Беккер, Ю.Л. Выявление ключевых аспектов системы совмещенного освещения с позиции соответствия концепции квази-естественного освещения./Ю.Л. Беккер, В.А. Завьялов, Р.С. Ульянов, И.А. Шиколенко. // Естественные и технические науки. — 2015. — с. 149–151.
6. Беккер, Ю.Л. Перспективы применения систем управления микроклиматом и искусственным освещением в замкнутых изолированных помещениях./Ю.Л. Беккер, Р.С. Ульянов // Научно-технический вестник Поволжья. — 2014. — № 5. — с. 312–314.



## Обзор требований безопасности для криптографических модулей

Воронов Дмитрий Сергеевич, магистрант

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*Данная статья посвящена исследованию основных стандартов, применяемых для криптографических модулей. Рассмотрены отличительные особенности и разделы стандартов. В заключении статьи приведен краткий вывод.*

**Ключевые слова:** криптографический модуль, информационная безопасность, общие критерии, физическая защита, информационная технология, криптографическая безопасность, стандарты.

## Review the security requirements for cryptographic modules

Voronov D. S., Master

Bauman Moscow State Technical University

*This article is devoted to research of basic standards used for cryptographic modules. Features and sections of standards are considered. At the end of the article provides a brief conclusion.*

**Keywords:** Cryptographic module, Information Security, Common Criteria, Physical protection, Information technology, Cryptographic security standards.

### Введение

В последнее время, остро стоит вопрос национальной безопасности и бизнеса в информационной среде. Поэтому все большую актуальность имеет проблема обеспечения защиты информации, хранящей сведения, составляющие государственную тайну, прочую информацию с закрытым доступом. Для этого нужно предотвратить утечку информации по техническим каналам, несанкционированный доступ к ней, специальное воздействие на информацию в целях её получения, уничтожения, искажения и блокирования доступа к ней.

Одним из способов защиты информации является применение специализированных аппаратных модулей защиты информации. С помощью данных модулей можно реализовать систему безопасности, которая будет противодействовать несанкционированному доступу как на программном уровне, так и на физическом.

Для эффективного анализа модулей защиты информации необходимы четкие требования, на соответствие которым модули будут проверяться. Рассмотрим основные стандарты, которые применяются при сертификации криптографических модулей.

### Федеральный стандарт США FIPS 140–2 «Требования безопасности для криптографических модулей»

Федеральный стандарт обработки информации (FIPS) 140–2 используется для аккредитования криптографических модулей. NIST (Национальный институт стандартов и технологий США) Опубликовал стандарт в 2001 году.

Данный стандарт предназначен для определения требований для криптографических модулей, которые включают в себя как аппаратные, так и программные компоненты.

Аспекты оценки охватывают 11 требуемых областей:

- спецификация криптографического модуля (КМ);
- порты и интерфейсы КМ;
- роли, сервисы и аутентификация;
- модель конечного состояния;
- физическая защита;
- операционная среда;
- электромагнитная интерференция;
- электромагнитная совместимость;
- самотестирование;
- обеспечение проектирования;
- уменьшение других атак.

Стандарт FIPS 140–2 определяет четыре уровня безопасности криптографических модулей данные от Уровня 1 до Уровня 4.

Уровень 1 обеспечивает самый низкий уровень безопасности. Основные требования указаны для криптографического модуля (например, хотя бы один утвержденный алгоритм или подтвержденная функция безопасности должна использоваться). Никаких конкретных механизмов обеспечения физической безопасности не требуется. Примером криптографического модуля 1 уровня безопасности может быть плата шифрования для персонального компьютера.

Уровень 2 улучшает физические механизмы безопасности по сравнению с 1 уровнем, требуя функции, которые контролируют несанкционированное вскрытие корпуса и получение доступа к ключам от физической защиты.

Уровень 3 в дополнении к индикации вскрытия физической защиты, пытается предотвратить получение доступа к критическим параметрам безопасности нарушителем. Физические механизмы, требуемые в уровне 3, предназначены для высокой вероятности обнаружения и быстрого реагирования на попытки физического доступа или модификации КМ.

Уровень 4 обеспечивает наивысшую безопасность. На этом уровне, физические механизмы безопасности обеспечивают полный набор защиты КМ с целью обнаружения и реагирования на все попытки несанкционированного доступа на физическом уровне. Уровень 4 также защищает модуль от условий окружающей среды и работы за пределами разрешенных диапазонов напряжения и температуры. Стандарт требует тщательное тестирования на способность обеспечить работу модуля независимо от пределов нормального рабочего диапазона.

#### **ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2002 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий»**

В 1993 году организации по стандартизации и обеспечению безопасности США, Канады совместно с Германией, Францией, Великобританией и Нидерландами объединили свои усилия в рамках создания единых критериев оценки безопасности информационных технологий, которым было дано название «Общие критерии» (Common Criteria).

Международным институтом стандартов (ISO) в 1999 году был принят стандарт ISO/IEC 15408–99 «Общие критерии безопасности информационных технологий» (далее — Общие критерии или ОК).

Общие Критерии — это рамки, в которых пользователи компьютерной системы может указать свои функции безопасности и обеспечение требований безопасности, за счет использования профилей защиты. Другими словами, ОК дает гарантию, что процесс спецификации, реализации и оценки продукта была проведена в строгом и стандартизированном уровне, который соответствует с целевой средой использования.

В России стандарт был подготовлен Совместным техническим комитетом ИСО/МЭК СТК 1 «Информационные технологии», Подкомитет ПК 27 «Методы и средства обеспечения безопасности ИТ» и был принят ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2002 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий», текст которого полностью соответствует стандарту ISO.

Данный стандарт направлен на защиту информации от несанкционированного раскрытия, модификации или потери возможности её использования. ИСО/МЭК 15408 предназначен для использования в качестве ос-

новы при оценке характеристик безопасности продуктов или систем информационных технологий.

Основные понятия:

— Цель оценки — продукт или система, которая является предметом оценки.

— Профиль защиты — это документ, который как правило задается пользователем или определенным классом устройств (например, смарт-карты, сетевые брандмауэры и т.д.), в который является сочетанием угроз, задач безопасности, функциональных требований безопасности.

— Задание по безопасности — документ, который определяется свойства безопасности оценочного продукта.

— Функциональные требования безопасности — указывается отдельные функции безопасности, которые могут быть реализованы продуктом. ОК представляет стандартный каталог таких функций.

ОК непосредственно не предоставляет список требований безопасности продукции или определенных классов продукции. Этот подход был продиктован ITSEC и был источником дебатов по сравнению к подходам других стандартов, таких как TCSEC и FIPS 140–2. Вместо этого он описывает инфраструктуру, в которой потребители могут описать требования, разработчики могут заявить о свойствах безопасности продуктов, а эксперты по безопасности определить, удовлетворяет ли продукт заявленным характеристикам.

#### **CESG Assisted Products Service (CAPS)**

Данный стандарт предназначен для разработки криптографических продуктов для использования в правительстве Великобритании, его агентств и коммерческих предприятий, работающих от имени правительства.

Согласно новой Классификации Правительственной Безопасности (Government Security Classifications) существует 3 уровня:

1. Официальный — базовый уровень безопасности
2. Секретный — повышенная степень безопасности
3. Совершенно секретный — наивысшая степень безопасности.

Для уровня «Официальный» применяется стандарт Commercial Product Assurance (CPA)

Для уровней «Секретный» и «Совершенно секретный» — CESG Assisted Products Service (CAPS)

Во всех продуктах, прошедших сертификацию в CAPS, материал криптографических ключей генерируется органом CESG и безопасным образом передается конечному пользователю, иногда через доверенное третье лицо. Таким образом, все продукты, сертифицируемые по схеме CAPS, применяют криптографические ключи, явно контролируемые CESG. Этот порядок отличается от ситуации на коммерческом рынке, где в большинстве случаев фирма конечного пользователя генерирует свой собственный ключ и управляет им с помощью системы менеджмента, предоставленной продавцом.

### Payment Card Industry Hardware Security Module (PCI HSM)

Данный документ предоставляет список логических и физических требований безопасности, по которым продукция будет оцениваться для получения сертификата Payment Card Industry (PCI).

Согласно PCI у модулей криптографической безопасности есть четкий набор предназначений — обработка широкого ряда платежных операций, выпуска карт и способов идентификации держателя карт.

Процессы, имеющие отношение к полным наборам требований, изложенных в настоящем документе:

- Обработка PIN кодов
- Безопасность 3-D
- Проверка карт
- Выпуск и персонализация карт
- Обмен между банкоматами
- Пополнение карточных счетов наличными
- Целостность данных
- Обработка транзакций на основе чип-карт [стандарт]
- Основные разделы:
- Требования физической безопасности
- Требования логической безопасности
- Требования безопасности во время изготовления устройства

— Требования безопасности устройства между изготовителем и поставщиком начального ключа.

Следует заметить, что роль совета PCI SSC в плане модулей PCI HSM заключается в публикации и поддержке стандартов безопасности и в управлении схемой сертификации в сотрудничестве с независимыми лабораториями. Это позволяет сообществу представителей торговли ИТ представлять модули HSM на утверждение в результате оценки их соответствия стандартам, принятым для PCI HSM.

#### Вывод

В статье были рассмотрены основные стандарты в области информационной безопасности, в частности для криптографических модулей безопасности. Среди них необходимо выделить FIPS 140–2 для криптографических модулей и Общие Критерии для любых безопасных информационных технологий.

Компании во всем мире признают надежность сертификации по стандарту FIPS 140–2, используют его для шифрования своих данных и выбирают в качестве основного стандарта безопасности.

Общие критерии — международный «золотой стандарт» безопасности систем, который гарантирует высокий уровень защиты данных и соответствие всем запросам корпоративного сектора.

#### Литература:

1. FIPS PUB 140–2, Security Requirements For Cryptographic Modules, National Institute of Standards and Technology, May 2001. <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips140-2/fips1402.pdf>
2. Ахадова, З. М. Актуальные вопросы совершенствования стандарта FIPS 140–2, Вопросы защиты информации: сб. статей, апрель 2006, с. 6–11.
3. Matt Keller, Corser Security, Inc., Common criteria for crypto?, ICCS 2012, September 2012.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408–2002. Информационная технология. Методы обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий, ИПК Издательство стандартов, 2002.
5. Common Criteria for Information Technology Security Evaluation, International Standard, September 2012, <https://www.commoncriteriaportal.org/files/ccfiles/CCPART1V3.1R4.pdf>
6. CESA Assisted Products Service (CAPS), The National Technical Authority for Information Assurance, 2015.
7. PCI HSM Security Requirements, PCI Security Standards Council LLC April 2009, [https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI %20HSM %20Security %20Requirements %20v1.0 %20final. pdf](https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI%20HSM%20Security%20Requirements%20v1.0%20final.pdf)

## Распространение поверхностных волн в теле с цилиндрическими границами

Джумаев Зокир Фатиллоевич, кандидат технических наук, доцент;

Хамроев Хамза Хамидович, ассистент;

Наботов Сиёвуш Исмамович, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Из динамической теории упругости известно [1,2], что поверхность волны Рэлея распространяется в полупространстве с прямолинейными границами. Возникает вопрос, возможно ли распространение волны Рэлея в теле с криволинейными границами? Рассмотрено распространение поверхностных волн в цилиндрическом теле. Уравнение движения упругого тела в цилиндрических координатах  $(r, \theta)$ , принимает вид [1]

$$\frac{d^2 u_r}{dt^2} = c_3^2 \frac{d\Delta}{dr} - \frac{2c_2^2}{r} \frac{d\omega_z}{d\theta}; \tag{1}$$

$$\frac{d^2 u_\theta}{dt^2} = \frac{c_3^2}{r} \frac{d\Delta}{d\theta} - 2c_2^2 \frac{d\omega_z}{dr},$$

с помощью известных преобразований, уравнения (1) могут быть приведенных к виду [2]:

$$\frac{d^2 \Delta}{dt^2} = c_3^2 d\Delta; \quad \frac{d^2 \omega_z}{dt^2} = c_2^2 d\omega_z, \tag{2}$$

где

$$\Delta = \frac{du_r}{dr} + \frac{u_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{du_\theta}{d\theta}; \quad \omega_z = \frac{1}{2} \left[ \frac{du_\theta}{dr} + \frac{u_\theta}{r} + \frac{1}{r} \frac{du_r}{d\theta} \right]$$

$$\nabla^2 = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} + \frac{1}{r^2} \frac{d^2}{d\theta^2}; \quad c_3^2 = \frac{E}{\rho(1-\nu^2)}; \quad c_2^2 = \frac{G}{P}$$

E и G — модуль упругости и сдвига, ρ — плотность материала, ν — коэффициент Пуассона. Внешние нагрузки на свободной цилиндрической поверхности r = r<sub>1</sub> отсутствуют, т. е.

$$\left[ \sigma_{rr} \right]_{r=r_1} = \frac{E}{1+\nu} \left[ \frac{1}{1+\nu} \Delta \frac{du_{r_1}}{dr} \right] \Big|_{r=r_1} = 0, \tag{3}$$

$$\left[ \sigma_{r\theta} \right]_{r=r_1} = 2G \left[ \omega_z + \frac{1}{r} \left[ \frac{du_r}{d\theta} - u_\theta \right] \right] \Big|_{r=r_1} = 0.$$

Частное решение уравнения (1) ищем в виде:

$$\Delta = U(r) e^{i(\omega t - P\theta)}, \tag{4}$$

$$\omega_z = V(r) e^{i(\omega t - P\theta)}.$$

Здесь U и V — есть амплитудная функция, зависящая только от r и ω

$$P = \frac{2\pi}{\lambda} r_1; \quad C = \frac{\omega \lambda}{2\pi},$$

λ — длина волн, C — фазовая скорость распространения волн. Подставляя (4) в (2) переходим к уравнения следующего вида:

$$\frac{d^2 U(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dU(r)}{dr} + \left[ \frac{\omega^2}{C^2} - \frac{x^2}{r^2} \right] U(r) = 0. \tag{5}$$

Решение уравнения (5) в зависимости от постановки задач, выражается через цилиндрические функции

$$U(r) = AZ_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] + BY_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right],$$

где

$$\left\{ Y_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right], Z_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \right\} = \begin{cases} \begin{cases} Z_p = J_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \\ Y_p = N_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \end{cases} & \text{- ограниченное тело (диск),} \\ \begin{cases} Z_p = H_p^{(1)} \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \\ Y_p = H_p^{(2)} \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \end{cases} & \text{- цилиндрическая полость в} \\ & \text{безграничной упругой среде} \end{cases}$$



$J_p, N_p$  — функция Бесселя 1-го и 2-го рода  $p$ -го порядка,  $H^{(1),(2)} = J_p \pm iN_p$  — функции Ханкеля 1-го и 2-го рода  $p$ -го порядка.

В качестве примера рассмотрим распространение волн на границе диска (рис.1 а) и цилиндрической полости (рис. 1 б). В первой задаче в центре диска ( $r=0$ ) предполагается, что перемещение ограничено. Во второй задаче ставится условие излучения [3] на бесконечность. С помощью этих условий можно найти выражения  $V$ , которое равно  $V=0$ .

Тогда решение дифференциального уравнения (2) примет вид:

$$\begin{bmatrix} \Delta \\ \omega_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 J_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \\ A_2 H_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] \end{bmatrix} e^{i(\omega t - P\theta)} ;$$

Тогда перемещение среды принимает следующий вид:

$$U_r = \left[ -A \frac{C_3^2}{\omega^2} \frac{dZ_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right]}{dr} - i2D \frac{C_2^2}{r\omega^2} Z_p \left[ \frac{\omega}{C_2} r \right] \right] e^{i(\omega t - p\theta)}$$

$$U_\theta = \left[ -A \frac{C_3^2}{2\omega^2} Z_p \left[ \frac{\omega}{C_3} r \right] - 2D \frac{C_2^2}{\omega^2} \frac{dZ_p \left[ \frac{\omega}{C_2} r \right]}{dr} \right] e^{i(\omega t - p\theta)} ;$$

Подставляя перемещение в граничные условия, получим алгебраические уравнения второго порядка. Нетривиальное решение ( $A \neq 0$ ,

$D \neq 0$ ) существует только при условии, что определитель матрицы системы уравнений равен нулю, т.е

$$\left\{ \left[ \frac{1}{2} \left[ \frac{C}{C_2} \right]^2 - 1 + \frac{1}{P} \right] Z_p \left[ PS \frac{C}{C_2} \right] - \left[ \frac{S}{P} \right] \left[ \frac{C}{C_2} \right] Z_{p+1} \left[ PS \frac{C}{C_2} \right] \right\} \cdot \left\{ \left[ \frac{1}{2} \left[ \frac{C}{C_2} \right]^2 - 1 + \frac{1}{P} \right] Z_p \left[ P \frac{C}{C_2} \right] - \left[ \frac{1}{P} \right] \left[ \frac{C}{C_2} \right] Z_{p+1} \left[ P \frac{C}{C_2} \right] \right\} - \left[ \frac{1}{P} - 1 \right] Z_p \left[ P \frac{C}{C_2} \right] + \left[ \frac{C}{C_2} \right] Z_{p+1} \left[ P \frac{C}{C_2} \right] \right\} = 0, \tag{6}$$

$$\left[ \frac{1}{P} - 1 \right] Z_p \left[ PS \frac{C}{C_2} \right] + S \left[ \frac{C}{C_2} \right] Z_{p+1} \left[ P \frac{C}{C_2} \right] = 0,$$

$$S = C_2 / C_3 = \sqrt{(1 - \nu) / 2}.$$

Трансцендентные уравнения (6) решаются методом Мюллера. Результаты расчетов представлены на рис.1. Для  $\nu=0,33$  исследованы корни трансцендентного уравнения. Одновременно мы определили четыре корня

$$(p = 100) C^{(1)}(100) = 0,91194C_2; C^{(2)}(100) = 1,0321C_2; C^{(3)}(100) = 1,051C_2;$$

Из источников [1,2,3] известно, что при  $P = 98, C^{(1)} = 0,92C_2$ , а скорость волны Рэлея  $C_R = 0,9194C_2$ .

Результаты расчетов представлены в рисунках 1 и 2. Здесь можно сделать следующие выводы. Когда тело ограничено цилиндрическими границами, также существуют поверхностные волны Рэлея.

В отличие от известных, в этом случае кроме скорости волны Рэлея  $C_R^{(1)}$  существует счетное множество скоростей (рис. 1).

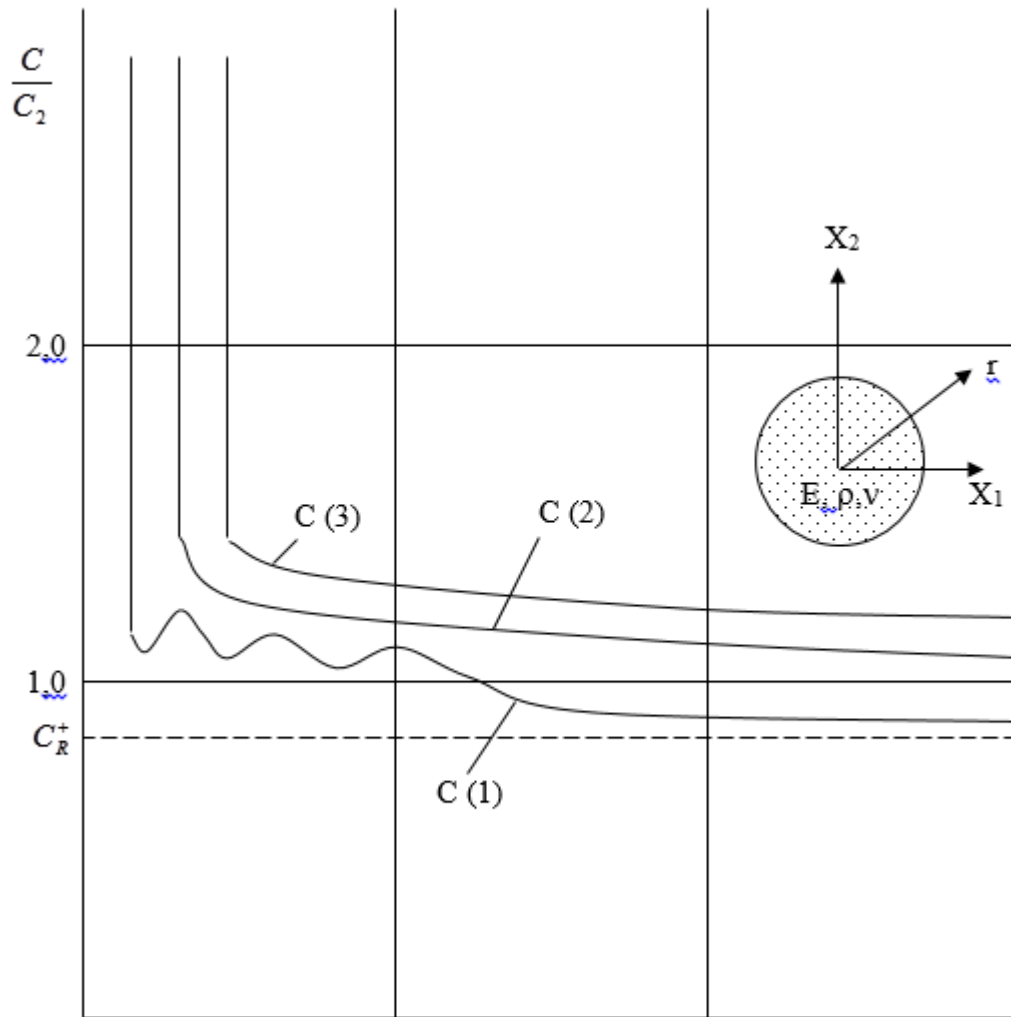


Рис. 1. Зависимости фазовой скорости от длины волн

Литература:

1. Гринченко, В. Т. Малешко В. В. Гармонические колебания и волны в упругих телах. Киев. Наукова думка. 1981, 263 с.
2. Новацкий, В. Теория упругости. М. Мир, 1975, 707 с.
3. Савин, Г.Н. Распределение напряжений около отверстий. Киев. Наукова думка, 1968, 887 с.

### Исследование дисперсионного уравнения двухслойного цилиндра с жидкостью, находящегося в упругой среде

Джумаев Зокир Фатиллоевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Хамроев Хамза Хамидович, ассистент;  
 Фатиллов Сардорбек Зокирович, студент  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Рассмотрим собственные колебания в упругой среде, содержащей двухслойный цилиндр с жидкостью в цилиндрической системе координат  $(r, z, \theta)$ . Обозначим через  $V_{pi}, V_{si}, \rho_i, \mu_i, l_i (i = 0, 1, 2, 3)$  соответственно скорость продольной и поперечной волны, плотность и модуль упругости. Рассмотрим задачу о распространении свободных волн, возникающих в такой системе. Уравнения движения среды для продольных  $\phi_i$  и поперечных  $\psi_i$  потенциалов представляется в виде:

$$\frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial t^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_i}{\partial \tau} + \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial z^2} = \frac{1}{V_{pi}^2} \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial t^2},$$

$$\frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial t^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_i}{\partial \tau} - \frac{\varphi_i}{\tau^2} + \frac{\partial^2 \varphi_i}{\partial z^2} = \frac{1}{V_{ci}^2} \frac{\partial^2 \psi_i}{\partial t^2} \quad (i = 0,1,2,3).$$

В уравнениях (1) следует положить  $\psi_2 = 0$ , если в затрубном пространстве находится жидкость. Соответствующие напряжения  $\sigma_{rr}$ ,  $\tau_{ir}$  и смещения  $u_r$ ,  $u_z$ , определяются через потенциалы  $\varphi$ ,  $\psi$  равенствами

$$\tau_{iz} = 2\mu \left[ \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r \partial z} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right] + \frac{\mu}{V_s^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

$$\tau_{rz} = \frac{\lambda}{V_p^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + 2\mu \frac{\partial^2 \psi}{\partial \tau^2} - 2\mu \frac{\partial^2 \psi}{\partial z \partial r}$$

$$u_r = \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} - \frac{\partial \psi}{\partial z}; \quad u_r = \frac{\partial \varphi}{\partial \tau} + \frac{\partial \psi}{\partial z} + \frac{\psi}{z}.$$

На границах раздела упругой среды с жидкостью выполняются граничные условия непрерывности нормальных составляющих смещений и напряжений, а также равенство нулю касательных напряжений в твердом теле:

$$u_r^{(0)}|_{r=r_3} = u_r^{(3)}|_{r=r_3}; \quad u_r^{(1)}|_{r=r_2} = u_r^{(2)}|_{r=r_2}; \quad u_r^{(2)}|_{r=r_3} = u_r^{(3)}|_{r=r_3};$$

$$\sigma_{rr}^{(0)}|_{r=r_1} = \sigma_{rr}^{(1)}|_{r=r_1}; \quad \sigma_{rr}^{(1)}|_{r=r_2} = \sigma_{rr}^{(2)}|_{r=r_2}; \quad \sigma_{rr}^{(2)}|_{r=r_3} = \sigma_{rr}^{(3)}|_{r=r_3};$$

$$\tau_{rz}^{(1)}|_{r=r_1} = 0; \quad \tau_{rr}^{(1)}|_{r=r_2} = 0; \quad \tau_{rr}^{(2)}|_{r=r_3} = 0.$$

Если жидкость заменена упругой средой, то на контакте двух сред ставятся следующие условия:

$$u_r^{(0)}|_{r=r_1} = u_r^{(1)}|_{r=r_1}; \quad u_r^{(1)}|_{r=r_2} = u_r^{(2)}|_{r=r_2}; \quad u_r^{(2)}|_{r=r_3} = u_r^{(3)}|_{r=r_3};$$

$$\sigma_{rr}^{(0)}|_{r=r_1} = \sigma_{rr}^{(1)}|_{r=r_1}; \quad u_z^{(1)}|_{r=r_2} = u_z^{(2)}|_{r=r_2}; \quad u_z^{(2)}|_{r=r_3} = u_z^{(3)}|_{r=r_3};$$

$$\sigma_{rz}^{(1)}|_{r=r_1} = 0; \quad \sigma_{rr}^{(1)}|_{r=r_2} = \sigma_{rr}^{(2)}|_{r=r_2}; \quad \sigma_{rr}^{(2)}|_{r=r_3} = \sigma_{rz}^{(3)}|_{r=r_3};$$

$$\tau_{rr}^{(1)}|_{r=r_2} = \tau_{rr}^{(2)}|_{r=r_2}; \quad \tau_{rr}^{(2)}|_{r=r_3} = \tau_{rr}^{(3)}|_{r=r_3};$$

Решения уравнений (1), удовлетворяющие условию конечности среды на оси  $r=0$  и условиям убывания на бесконечности, выражаются через модифицированные функции Бесселя.

На границе контакта слоев ( $r = r_2$ ) ставится условие скользящего контакта (непрерывны нормальные составляющие напряжений и смещений, отсутствуют касательные составляющие напряжений) и контакт между внешним слоем и окружающей средой жесткий (непрерывны нормальные и тангенциальные составляющие напряжений и смещений). Дисперсионное уравнение записывается в виде:

$$\Delta(k, \eta) = 0. \tag{4}$$

Оно представимо в виде определителя, у которого элементы  $\delta_{ij}$  ( $1 \leq i \leq 11; 1 \leq j \leq 11$ ), отличные от нуля, имеют следующий вид:

$$\delta_{11} = -\rho_{01} j^2 J_0(x_0); \quad \delta_{31} = -i\alpha_0 J_1(x_0); \quad \delta_{12} = -\rho_1 J_0(x_1) + \frac{2i\alpha_{ij}}{kr_i u_{ij}};$$

$$\delta_{22} = -2i\alpha_1 J_1(x_1); \quad \delta_{32} = i\alpha_1 J_1(x_1); \quad \delta_{42} = \rho_1 J_0(x_2) - \frac{2i_j}{kr_2} J_1 k_2$$

$$\delta_{52} = -2i\alpha_1 J_1(x_2); \quad \delta_{62} = i\alpha_1 J_1(x_2);$$

$$\delta_{13} = -\rho_1 N_1(x_1) + \frac{2i\alpha_1}{kr_1} N_1(x_1); \quad \delta_{32} = -2i\alpha_1 N_1(x_1); \quad \delta_{13} = \alpha_1 N_1(x_1);$$

$$\delta_{43} = -\rho_1 N_0(x_3) - \frac{2i\alpha_1}{kr_2} N_1(x_2); \quad \delta_{63} = i\alpha_1 N_1(x_2);$$

$$\delta_{14} = -2i\beta_1 J_0(y_1) - \frac{2}{kr_1} J_1(y_1); \quad \delta_{24} = \rho_1 J_1(y_1);$$

Остальные элементы также записываются в аналогичном виде. Здесь в двухслойном цилиндре  $V$  определяет скорость обобщенной волны по двухслойному цилиндру.

$$x_0 = -ikr_1 \alpha_0; \quad x_1 = -ikr_1 \alpha_1; \quad x_2 = -ikr_2 \alpha_1; \quad x_3 = -ikr_2 \alpha_2; \quad y_1 = -ikr_1 \beta_1;$$

Фазовая скорость волны определяется величиной реальной части корня, то есть  $V_\phi = \text{Re}V$ ; величины мнимой части корня связаны с затуханием  $\chi$  на единице расстояния зависимостью

$$\chi = \frac{2\pi \text{Im}V}{(\text{Re}V)^2}.$$

Дисперсионное уравнение (4) решается методом Мюллера. Значение левой части на каждой итерации метода Мюллера определяется методом Гаусса с выделением главного элемента. Нами были составлены программы и проведены расчеты дисперсии и затухания волны Лэмба для моделей скважин, описываемых граничными условиями (3a) и (3b). Исходя из физической постановки задачи, будем считать, что поглощением обладают буровая жидкость, цемент, тампонажная смесь, поглощением же в материале колонны и в окружающей среде будем пренебрегать. Переход к системе с поглощением был сделан посредством введения комплексных параметров сред. Численные результаты получены при следующих значениях параметров:

$$\begin{aligned} V_{p0} &= 1500 \text{ м/с}; \quad V_{p0} = 1500 \text{ м/с}; \quad V_{p2} = 1500 \text{ м/с}; \\ V_{p3} &= 5300 \text{ м/с}; \quad V_{s1} = 2900 \text{ м/с}; \quad V_{s2} = 2000 \text{ м/с}; \\ V_{s3} &= 2000 \text{ м/с}; \quad \rho_0 = 1 \text{ г/см}^3; \quad \rho_1 = 8 \text{ г/см}^3; \\ \rho_2 &= 3 \text{ г/см}^3; \quad \rho_4 = 4 \text{ г/см}^3; \quad r_1 = 0,05 \text{ м}; \quad r_2 = 0,06 \text{ м}; \quad r_3 = 0,067 \text{ м}. \end{aligned}$$

Результаты расчетов представлены в табл. 1. Видно, что фазовая скорость слабо зависит от волнового числа.

Таблица 1 Изменение фазовой скорости  $V$  (м/с) в зависимости от волнового числа  $\alpha/a$ .

$\alpha/a$	1	2	3	4	5
1	1450,121	1450,024	1451,01	1456,28	1450,82
2	1456,3	1456,09	1456,013	1456,72	1455,3
3	1462,24	1462,50	1462,03	1462,4	1461,9

Из анализа значений фазовой скорости выявлено, что разница между скоростями осе симметричных и не осе симметричных волн первой моды мала для всех значений волнового числа, кроме близких к нулю (область очень длинных волн), а минимумы части первой моды для всех значений  $p$  совпадают, так что и в данном случае первая резонансная скорость может быть определена из решения соответствующей осе симметричной задачи. Так, при  $\gamma > 250$  получено  $C = 0,31 (3\rho/G)^{\frac{1}{2}}$ . Как показали расчеты,

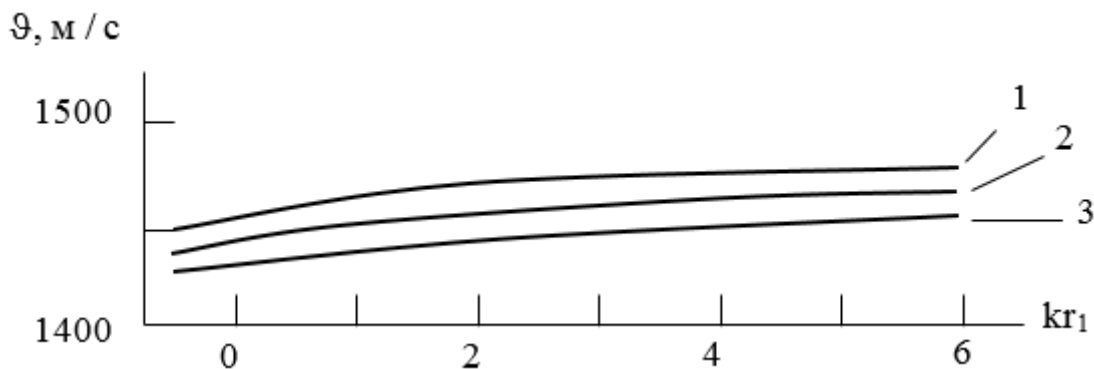


Рис. 1. Зависимости фазовой скорости от волнового числа

Из результатов выясняется, что сжимающие контактные напряжения имеют место в некоторой окрестности приложения каждой силы. С удалением от точки приложения силы по окружности напряжения для всех рассмотренных случаев меняют знак. Это является следствием предположения двухсторонних характеров связи между оболочкой и заполнителем.

Литература:

1. Сафаров, И.И. Колебания и волны в диссипативно неоднородных средах и конструкциях. Ташкент; Фан. 1992 г. 250 с.

## Обзор методов решения задачи удовлетворения ограничений

Емельянова Дарья Константиновна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, задача удовлетворения ограничений, поиск с возвратом, генетический алгоритм, распространение ограничений, алгоритм Вальца, разметка изображений.

По современным научным данным человеческий мозг содержит огромное число нейронов, он производит и обрабатывает огромное количество логически связанных электрохимических импульсов. Результатами этих процессов являются способность адаптироваться к новым ситуациям, способность к обучению на основе опыта, понимание и применение абстрактных концепций и использование своих знаний для управления окружающей средой.

Ученые пытаются приблизить возможности компьютера к уровню развития человеческого мозга, пытаются создать интеллектуальные машины и интеллектуальные компьютерные программы. Искусственный интеллект должен думать и действовать рационально, вести и мыслить, как человек.

Одной из важных задач искусственного интеллекта (ИИ) является задача удовлетворения ограничений (УО) (constraint satisfaction problem). Теория УО предлагает удобный аппарат и простую формальную схему для представления и решения комбинаторных задач ИИ. В искусственном интеллекте парадигма УО признана в качестве удобного и эффективного способа моделирования и решения многих прикладных комбинаторных задач. Важная задача оценки конъюнктивных запросов в теории баз данных может рассматриваться как задача УО. Кроме того, задачи УО привлекают большое внимание в теории сложности, так как различные версии задач УО находятся в середине многих стандартных классов сложности.

Задача УО состоит из множества переменных  $V = \{x_1, \dots, x_n\}$ , множества доменов значений  $D_i$  для каждой переменной  $x_i$ , и множества ограничений и отношений. Каждый домен значений является конечным множеством значений, которые может принимать соответствующая переменная. Состояние задачи определяется путем присваивания значений некоторым или всем этим переменным  $\{X_i = V_i, X_j = V_j, \dots\}$ . Присваивание, ко-

торое не нарушает никаких ограничений, называется совместным, или допустимым присваиванием. Полным называется такое присваивание, в котором участвует каждая переменная, а решением задачи CSP является полное присваивание, которое удовлетворяет всем ограничениям.

Для решения задачи УО применяются различные методы: методы поиска на графах, методы согласования, методы распространения ограничений, генетические методы, итерационные методы и многие другие. В данной статье будут рассмотрены наиболее простые и наиболее широко применяемые методы: метод поиска с возвратом, генетический метод и метод распространения ограничений.

Поиск с возвратом (Backtracking search).

Решение задачи методом поиска с возвратом строится конструктивно последовательным расширением частичного решения. Если на конкретном шаге такое расширение провести не удастся, то происходит возврат к более короткому частичному решению, и попытки его расширить продолжают. Для ускорения перебора с возвратом вычисления всегда стараются организовать так, чтобы была возможность отказаться как можно раньше от как можно большего числа заведомо неподходящих вариантов.

Метод поиска с возвратом является универсальным. Достаточно легко проектировать и программировать алгоритмы решения задач с использованием этого метода. Однако время нахождения решения может быть очень велико даже при небольших размерностях задачи (количестве исходных данных), причём настолько велико, что о практическом применении не может быть и речи.

В качестве примера использования поиска с возвратом возьмем задачу раскраски карты. Формулировка задачи следующая: необходимо раскрасить каждый регион на карте Австралии красным, зеленым или синим цветом таким способом, чтобы ни одна пара соседних регионов не имела одинаковый цвет.





Рис. 1. Задача раскраски карты Австралии

Чтобы сформулировать это задание в виде задачи УО, определим в качестве переменных сокращенные обозначения этих регионов: WA, NT, Q, NSW, V, SA и T. Областью определения каждой переменной является множество цветов {red, green, blue}. Ограничения требуют, чтобы все пары соседних регионов имели разные цвета, например, допустимыми комбинациями для WA и NT являются следующие пары: { {red, green}, {red, blue), {green, red), {green, blue), {blue, red), {blue, green}}

Сначала раскрасим первую область любым цветом, а затем пытаемся раскрасить следующие области так, чтобы соседние регионы не были одинаковых цветов. Если на очередном шаге оказалось, что ограничение не выполняется, возвращаемся на шаг назад и меняем цвет ранее раскрашенной области.

Количество возможных решений достаточно велико; например, одним из таких решений является следующее:

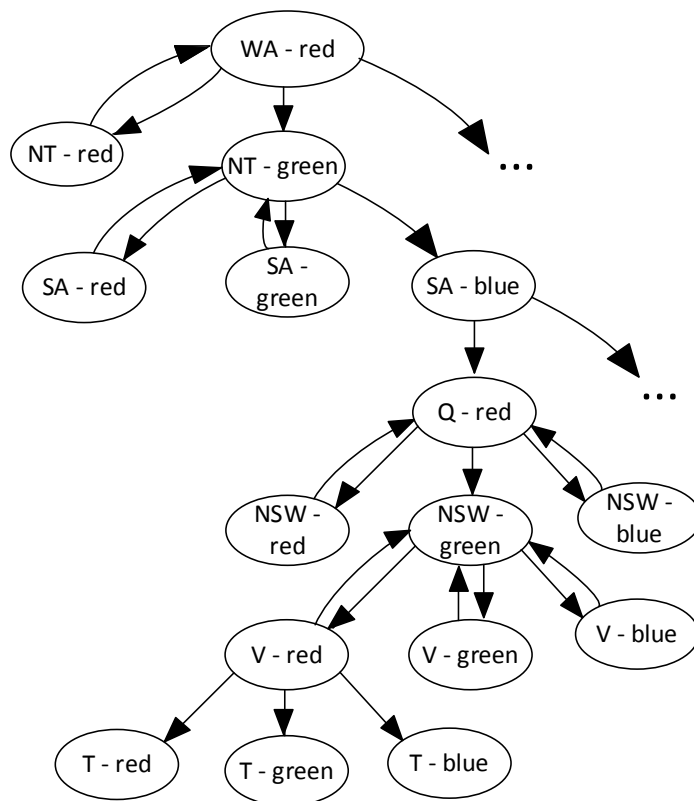


Рис. 2. Граф решения задачи раскраски карты методом поиска с возвратом

{WA=red, NT= green, SA=blue, Q=red, NSW=green, V=red, T=red}.

Генетический метод.

Генетический метод основан на принципах селекции: отбор, скрещивание и мутация. При решении задач проводится аналогия с животным миром. Переменные считаем отдельными особями, а их значения, удовлетворяющие ограничения, полезными генами, которые необходимо передать потомству для получения наилучших особей, т.е. решения поставленной задачи.

В начале решения переменным присваиваются случайные значения. Для того, чтобы узнать, «на сколько особи приспособлены», случайно сгенерированное решение проверяется на удовлетворение ограничения. Следующим шагом «скрещиваем лучших особей» и формируем новое «поколение», заменяя худшие решения. Новый набор решений заново оценивается и формируются следующие «поколения». Важно отметить, что на определенном этапе решение может заикнуться, для исключения заикливания генетический алгоритм предусматривает «мутации». Мутации подразумевают перенимание переменными-потомками свойств переменных-предков с небольшими изменениями.

Рассмотрим применение генетического алгоритма в рамках УО на примере задачи о расстановке N ферзей.

Задача о расстановке N ферзей заключается в том, чтобы расставить на шахматной доске размером N на N клеток фигуры N ферзей так, чтобы они не били друг друга.

Представим в форме ЗУО: переменными являются положения ферзей  $X_{i,j}$ ; областью определения каждой переменной — её координаты на доске; ограничением выступает особенность хода фигуры (королева может ходить по вертикали, горизонтали и по диагонали на любое расстояние):  $\sum_{i,j} X_{i,j} = N$ .

Попробуем применить генетический метод на доске 8x8.

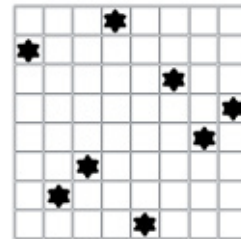


Рис. 3. Задача расстановки N ферзей

В начальный момент времени фигуры расположены в случайном порядке. Проверим, сколько угроз имеет каждая фигура и в следующем «поколении» заменим значения координат фигуры с наибольшим количеством угроз на новые. В нашем случае наибольшее количество угроз приходится на фигуры в третьей и шестой строках, а наименьшее на фигуры во второй и пятой строках. Следующее поколение должно содержать повторяющиеся у родителей наилучшие значения.

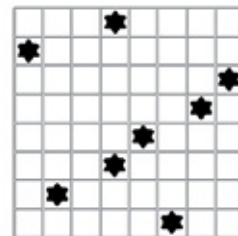
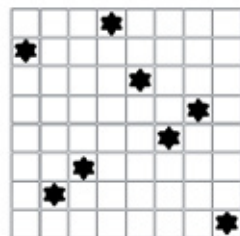


Рис. 4. Задача расстановки N ферзей после 1 и 2х итераций

Продолжая выполнять итерацию за итерацией мы получим следующее решение (одно из 92).

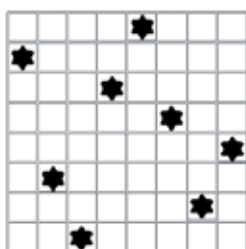


Рис. 5. Решение задачи расстановки N ферзей

Генетический алгоритм, конечно, не может решить задачу, если потребуется найти все её решения, но зато он

существенно увеличивает скорость нахождения решения в сравнении с методами перебора или поиска с возвратом.

Распространение ограничений.

Данный метод находит решение задачи, сужая пространство возможных решений исключением избыточных значений из доменов переменных за счет распространения ограничений.

Исследования по распространению ограничений и алгоритмам совместности были инициированы в работе Вольца, в которой был предложен алгоритм распространения ограничений для задач полиэдральной линейной разметки для систем компьютерного видения. Он показал, что для некоторых многогранных фигур достаточно применить основные алгоритмы распространения для решения этих задач.

Алгоритм помогает решить задачу разметки изображений. Цель задачи состоит в распознавании объектов

3-мерного изображения с помощью интерпретации линий на 2-мерных рисунках. Каждое пересечение является переменной. Соседние пересечения накладывают ограничения друг на друга.

Суть метода: разметить все линии и узлы на рисунке с целью упростить процесс идентификации объекта.

Алгоритм решения задачи:

1. Обозначаем линии на границе рисунка

2. Нумеруем вершины

3. Исследуем каждую вершину в порядке нумерации

Применяются 4 вида обозначений линий: «←», «→», «+» и «-». Стрелками обозначаются линии на границе рисунка. Плюс определяет выпуклость, а минус вогнутость.

Для удобства определения типа фигуры вершины (узлы) фигуры разделяют на 4 типа: L-тип, T-тип, тип Вилка и тип Стрелка.

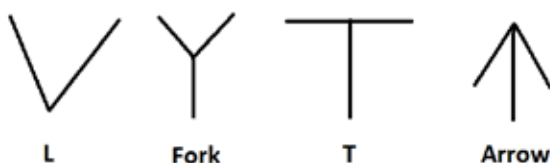


Рис. 6. Типы вершин

В процессе разметки изображения необходимо придерживаться нескольких правил:

1. Стрелки должны быть направлены так, чтобы отметить границы рисунка путем обхода в направлении часовой стрелки;

2. Непрерывные линии должны иметь одинаковые метки на обоих концах;

3. Если вершина типа Вилка не включает границы, то все три линии должны иметь одинаковую метку, т.е.

либо все помечены «-», либо «+»;

4. У вершин типа Стрелка, имеющих на внешних линиях «стрелки» метки границ, ось «стрелки» должна помечаться меткой «+».

Следуя правилам, можно получить некоторые шаблоны для всех типов вершин, которыми будем пользоваться в процессе решения задач. То есть все возможные варианты разметки при узлах.

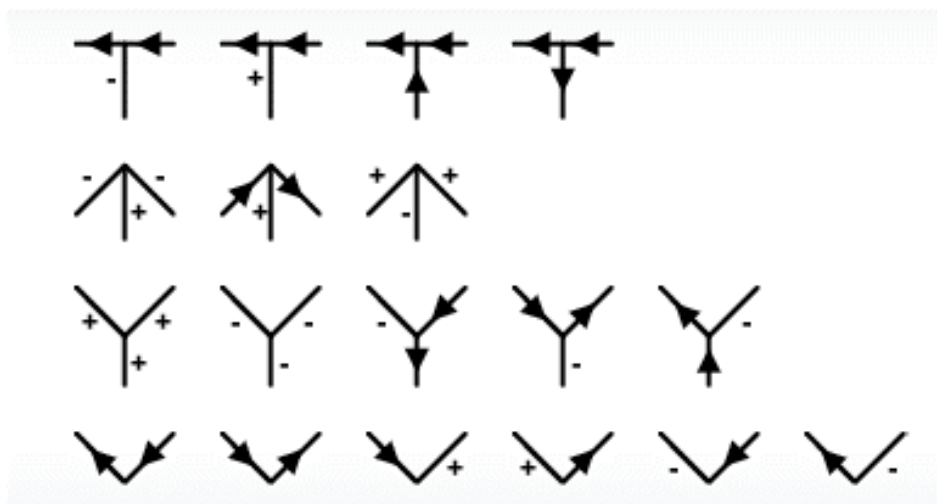


Рис. 7. Варианты разметки

Разберем порядок удовлетворения ограничений на примере конкретной задачи:

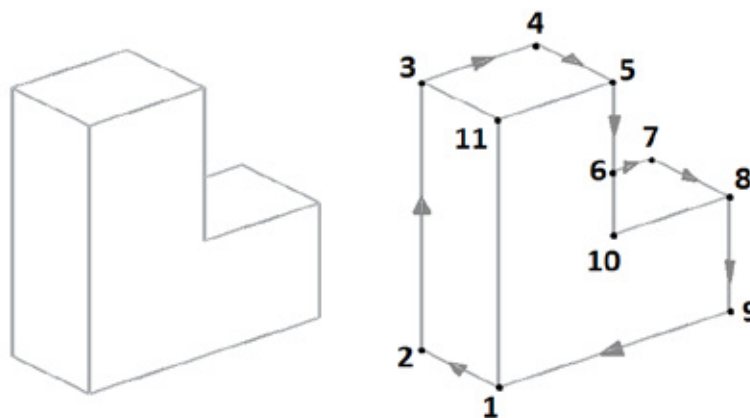


Рис. 7. Пример применения алгоритма Вольца

Сначала обозначим стрелками границы рисунка и пронумеруем узлы. Теперь необходимо обозначить линии внутри рисунка. Для этого проанализируем вершины по порядку. Первая вершина типа Стрелка имеет уже обозначенные два ребра, что накладывает ограничения на выбор метки для третьего ребра. Посмотрев в шаблоны, увидим, что единственной возможной меткой для оставшегося ребра будет «+».

Вторая вершина типа L уже имеет все необходимые метки.

Третья вершина типа Стрелка аналогична вершине первой. Повторяя прошлые шаги, над ребром 3–11 ставим «+».

Дальше необходимо пройти по всем вершинам. Результатом будет являться полностью размеченная фигура.

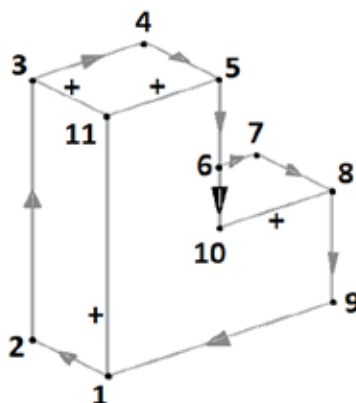


Рис. 8. Решение задачи разметки изображения

Литература:

1. О. А. Щербина Удовлетворение ограничений и программирование в ограничениях
2. Журнал «Интеллектуальные системы» Том 15
3. Лекции Патрика Уинстона (МИТ)

## Исследование физико-механических свойств сырья, полученного при различных условиях первичной обработки хлопка

Исмадова Махсуда Мирзакуловна, старший преподаватель  
Джизакский политехнический институт

Валиева Зулфия Фахритдиновна, ассистент  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Казакова Дилафруз Эркиновна, ассистент  
Джизакский политехнический институт

*Исследовательские работы были проведены на Кизилтепинской хлопкоочистительной фабрике, расположенной в Навоийнской области. Для этого были выбраны широко районизируемый в нашей Республике хлопок промышленного сорта Бухара-6 и переработаны шести различными вариантами для получения хлопкового волокна, при этом в лабораторных условиях были определены физико-механические свойства хлопкового волокна и рекомендован оптимальный вариант технологического процесса для получения качественного сырья.*

**Ключевые слова:** засорённость, процессы сушки и очистки, содержанию пороков и сорных примесей

## Research of physicomechanical properties of raw materials, received under various conditions of the preprocessing clap

Ismatova Maxsuda Mirzaqulovna, the-senior teacher  
Djizakskiy polytechnical institute

Valieva Zulfiya Fahritdinovna, assistant  
Tashkent institute textile and light industry

Kazakova Dilafruz Erkinovna, assistant  
Djizakskiy polytechnical institute

*Research work has been spent in Kiziltepinsky cotton gin located in Navoijsky area. For that wide districts, a clap Buchara-6 of an industrial sort have been chosen for receiving a cotton fibre. It was working out by six different variants and physio-mechanical properties of cotton fibre were investigated in laboratory conditions, and optimal variant of technological process for getting of qualitative raw materials.*

**Keywords:** a contamination, drying and clearing processes, to the maintenance of defects and weed impurity

При переходе на рыночную экономику особое значение приобрело необходимость структурных преобразований в экономике, а также определение конкретных задач в модернизации хлопкоочистительных, текстильных и других отраслей, обновлении устаревших технологических процессов, производство продукции, конкурентоспособных на мировом рынке [1].

Исследовательские работы были проведены на Кизилтепинской хлопкоочистительной фабрике, расположенной в Навоийнской области. Для этого были выбраны широко районизируемые в нашей Республике хлопок промышленного сорта Бухара-6. Испытательные работы были проведены по нижеприведённым вариантам и отобраны образцы:

1-вариант. Первичная обработка сырья по определённой технологии при влажности хлопка-сырца  $W=8-9\%$ , без процессов сушки и прессования;

2-вариант. Первичная обработка сырья по определённой технологии при влажности хлопка-сырца  $W=8-9\%$ , без процесса сушки;

3-вариант. Первичная обработка сырья по определённой технологии при влажности хлопка-сырца  $W=9-10\%$ , без процесса прессования;

4-вариант. Первичная обработка сырья по определённой технологии при влажности хлопка-сырца  $W=9-10\%$ ;

5-вариант. Первичная обработка сырья по определённой технологии при влажности хлопка-сырца  $W=11-12\%$ , без процесса прессования;

6-вариант. Первичная обработка сырья по определённой технологии при влажности хлопка-сырца  $W=11-12\%$ , а также определение засорённости, прочности, линейной плотности и длины хлопкового волокна.

По результатам испытаний выше приведённых вариантов были построены графики: 1-1-вариант, 2-2-вариант, 3-3-вариант, 4-4-вариант, 5-5-вариант, 6-6-вариант.

Приёмка хлопка-сырца на хлопкоочистительные заводы осуществляется согласно установленным стан-



дартам. Если поставляемый с фермерских хозяйств хлопок-сырец имеет влажность выше установленных стандартных норм, перед сдачей такого сырья необходимо провести процессы сушки и очистки. Влажности хлопка-сырца выше нормированной влажности регламентированной в стандарте приводит к ухудшению качества сырья. Из-за влажности количество микроорганизмов увеличивается, что приводит к увеличению влажности и давления в бунтах. В результате, волокно приобретает жёлтый цвет. По этой причине, на складах хлопкоочистительных заводах раскапываются подземные пути. Помимо этого, лаборанты в установленное время контролируют влажность в средней и в нижней части бунта [2].

Наряду с этим, в результате увеличения влажности хлопка-сырца возрастает засорённость сырья. Для решения этой проблемы, на хлопкоочистительных заводах при помощи сушильных барабанов производится сушка хлопка-сырца до установленной влажности.

В настоящее время на хлопкоочистительных заводах нашей Республики проводятся ряд работ, направленных на подготовку качественного сырья. При заводах запускаются прядильные предприятия с сокращённым технологическим процессом.

Для решения данной задачи на Кизилтепинском хлопкоочистительном заводе при установленном режиме и на основе сокращённой технологии были проведены испытательные работы для получения качественного волокна и удовлетворения потребительского спроса.

Полученные результаты испытаний приведены в таблице 1.

Из результатов испытаний видно, что относительно исходных результатов в 1-варианте количество мелкого сора на 7,6%, количество крупного сора на 20,0%, общее количество сорных примесей на 11,6%, во 2-варианте количество мелкого сора на 6,2%, количество крупного сора на 17,9%, общее количество сорных примесей на 9,8%, в 3-варианте количество мелкого сора на 7,3%, количество крупного сора на 20,8%, общее количество сорных примесей на 10,6%, в 4-варианте количество мелкого сора на 8,7%, количество крупного сора на 19,6%, общее количество сорных примесей на 12,1%, в 5-варианте ко-

личество мелкого сора на 8,1%, количество крупного сора на 21,3%, общее количество сорных примесей на 12,2%, в 6-варианте количество мелкого сора на 8,8%, количество крупного сора на 22,5%, общее количество сорных примесей на 13,2% уменьшились. Из результатов испытаний видно, что при большом количестве технологических переходов улучшается степень очистки от засорённости. Помимо этого, при сравнение результатов по количеству битых и повреждённых семян, в 1-варианте на 10,5%, во 2-варианте на 10,6%, в 3-варианте на 12,3%, в 4-варианте на 12,1%, в 5-варианте на 15,9%, в 6-варианте на 17,1% увеличились. Исходя из этого, можно предположить, что у хлопка-сырца, подверженному влиянию многочисленных технологических процессов степень засорённости битыми и повреждёнными семенами увеличивается. Наряду с этим, во всех вариантах по количеству жгутиков и комбинированных жгутиков существенной разницы не наблюдалось.

По полученным результатам испытаний видно, что с одной стороны при увеличении переходов по технологическим процессам улучшается степень очистки от сорных примесей, с другой стороны увеличивается количество содержания битых и повреждённых семян. Поэтому, на хлопкоочистительных заводах устанавливаются оптимальные условия.

Хлопковое волокно по содержанию пороков и сорных примесей согласно стандарту делятся на классы. Поэтому, содержание сорных примесей имеет большое значение. При условии, что на хлопкоочистительных заводах улучшение процесса очистки хлопка-сырца от пороков и сорных примесей является залогом получения более качественной пряжи.

Влажность и технологические процессы на содержание пороков и сорных примесей в хлопковом волокне оказывают существенное влияние. При повышенной влажности процесс очистки от сорных примесей затрудняется. Если наоборот, то количество вредных примесей таких как кожа с волокном и узелки увеличивается. Исходя из этого, на хлопкоочистительных заводах по влажности хлопка-сырца устанавливается оптимальный режим переработки. Одной из основных причин происхождения

Таблица 1. Изменение степени засорённости хлопка-сырца после процесса очистки

Варианты	Влажность Хлопка-сырца $W_{хр}$ , %	Влажность хлопка-сырца после сушки $W_{хр}$ , %	Количество сора, г			Битые или повреждённые семена	Жгутики	Комбинированные жгутики
			Общее	Мелкий	Крупный			
0	8,6	-	7,6	5,2	2,4	0,34	0,04	-
1	8,8	8,5	0,88	0,40	0,48	0,36	0,03	0,01
2	8,3	8,2	0,75	0,32	0,43	0,32	0,03	0,01
3	9,4	8,7	0,88	0,38	0,50	0,42	0,05	0,02
4	9,9	8,8	0,92	0,45	0,47	0,41	0,06	0,02
5	11,4	8,6	0,93	0,42	0,51	0,54	0,05	0,02
6	11,6	8,9	1,00	0,46	0,54	0,58	0,06	0,01

пороков это хранение сырья в бунтах под большим давлением, вторая причина это воздействие переходов технологических процессов, то есть чем больше мы подвергаем очистки хлопок-сырец, тем количество битых и повреждённых семян увеличивается, повышение или уменьшение влажности, приводит к изменению количественного содержания жгутиков и комбинированных жгутиков. Наряду с этим, при низкой влажности хлопка-сырца, в процессе джинирования увеличивается степень повреждённости волокна. Увеличение влажности затрудняет протекание процесса очистки волокна от сорных примесей. Учитывая выше изложенные факторы, были получены образцы различных вариантов и определено количественное содержание пороков и сорных примесей [3].

Содержания количества сорных примесей по вариантам приведены в таблице 2.

По результатам 2-таблицы видно, что по сравнению с исходным вариантом, общее содержание пороков и сорных примесей в 1-варианте на 10,8%, пластики незрелых волокон на 15,0%, количество битых и повреждённых семян на 12,6%, кожица с волокном на 11,8%, количество узелков на 11,0%, во 2-варианте общее содержание пороков и сорных примесей на 10,4%, пластики незрелых волокон на 17,5%, количество битых и повреждённых семян на 11,7%, кожица с волокном на 12,1%, количество узелков на 13,0%, в 3-варианте общее содержание пороков и сорных примесей на 11,7%, пластики незрелых волокон на 13,6%, количество битых и повреждённых семян на 16,0%, кожица с волокном на 15,9%, количество узелков на 16,0%, в 4-варианте общее содержание пороков и сорных примесей на 12,1%, пластики незрелых волокон на 12,5%, количество битых и повреждённых семян на 17,1%, кожица с волокном на 16,5%, количество узелков на 15,0%, в 5-варианте общее содержание пороков и сорных примесей на 13,3%, пластики незрелых волокон на 13,6%, количество битых и повреждённых семян на 18,9%, кожица с волокном на 17,9%, количество узелков на 17,0%, в 6-варианте общее содержание пороков и сорных примесей на 14,2%, пластики незрелых волокон на 18,8%, количество битых и повреждённых

семян на 19,4%, кожица с волокном на 19,7%, количество узелков на 22,0% повышается. Количество жгутиков в 1-варианте на 13,3%, во 2-варианте на 13,3% уменьшилось, в 3-варианте на 20,0%, в 4-варианте на 25,0%, в 5 и 6-вариантах — на 30,0% относительно предварительного варианта увеличилось. Помимо этого, количественное содержание сорных примесей в составе хлопка-сырца по сравнению с нулевым вариантом в 1-варианте на 10,6%, во 2-варианте на 10,9%, в 3-варианте на 11,4%, в 4-варианте на 10,9%, в 5-варианте на 10,6% уменьшается, в 6-варианте на 10,1% увеличивается.

Из анализа результатов испытаний, видно, что при увеличение переходов технологических процессов, в составе хлопкового волокна увеличивается содержание узелков, кожицы с волокном, жгутики, комбинированных жгутиков, общее содержание сорных примесей увеличивается. Недостаточная очистка хлопкового волокна на хлопкоочистительных заводах, приводит к ухудшению качественных показателей пряжи, снижая тем самым потребительский спрос. Поэтому, на хлопкоочистительных заводах для сохранения качественных показателей хлопкового волокна предусмотрены оптимальные условия переработки.

Основными показателями хлопкового волокна являются его физико-механические показатели. По показателям линейной плотности, относительной разрывной нагрузки, штапельной длины, регламентированных в стандарте хлопковое волокно делится на типы. На практике, природные свойства хлопкового волокна по истечению времени, то есть после процессов бунтования, сушки, очистки от сорных примесей, джинирования, прессования не остаются неизменными. Потому что, каждый технологический процесс по-своему оказывает отрицательное влияние на качество хлопкового волокна. Например, из-за возрастания количества механических повреждений по переходам технологических процессов прочность хлопкового волокна уменьшается. Наряду с этим, сушка хлопка-сырца под воздействием высокой температуры приводит к потере прочности сырья. Геометрические свойства хлопкового волокна имеют также немаловажное значение. Чем длиннее хлопковое волокно, тем прочнее, рав-

Таблица 2. Изменение содержания количества пороков и сорных примесей

Варианты	Влажность хлопка-сырца $W_{хр}$ , %	Влажность хлопка-сырца после сушки $W_{хр}$ , %	Общее количество пороков и сорных примесей, %	Содержание пороков и сорных примесей по фракциям, %						
				Жгутики	Комбинированные жгутики	Пластики незрелых волокон	Битые и повреждённые семена	Кожица с волокон	Узелки	Сорные примеси
0	8,6	-	2,4	0,04	-	0,08	0,35	0,34	0,10	1,49
1	8,8	8,5	2,6	0,03	0,02	0,12	0,44	0,40	0,11	1,48
2	8,3	8,2	2,5	0,03	0,02	0,14	0,41	0,41	0,13	1,36
3	9,4	8,7	2,8	0,08	0,04	0,11	0,56	0,54	0,16	1,31
4	9,9	8,8	2,9	0,10	0,03	0,10	0,60	0,56	0,15	1,36
5	11,4	8,6	3,2	0,12	0,05	0,11	0,66	0,61	0,17	1,48
6	11,6	8,9	3,4	0,12	0,06	0,15	0,68	0,67	0,22	1,50

Таблица 3. Физико-механические свойства хлопкового волокна

Варианты	Влажность хлопка-сырца $W_x, \%$	Длина, мм			Прочность волокна, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Линейная плотность волокна, мтекс
		модальная	штапельная	средняя			
0	8,6	28,8	33,6	25,4	4,6	27,1	170
1	8,8	28,6	33,4	25,3	4,6	26,9	171
2	8,3	28,2	33,1	25,8	4,6	26,9	171
3	9,4	28,2	32,8	25,2	4,6	26,9	171
4	9,9	28,1	32,5	25,1	4,6	26,3	171
5	11,4	27,8	32,3	24,3	4,5	26,4	170
6	11,6	27,6	32,1	24,6	4,5	26,3	171

номернее и тоньше получаемая из него пряжа. В результате, уменьшение длины на каждый миллиметр приводит к уменьшению доли удлинения пряжи на 1 км. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Из анализа результатов испытаний видно, что в сравнении с исходным образцом, в 1-варианте штапельная массодлина хлопкового волокна на 0,2 мм, во 2-варианте на 0,5 мм, в 3-варианте на 0,8 мм, в 4-варианте на 1,1 мм, в 5-варианте на 1,3 мм, в 6-варианте на 1,5 мм уменьшаются. Полученные результаты прочности хлопкового волокна с 1- варианта по 4-вариант не изменяются, в 5 и 6-вариантах относительно исходного образца прочность на 0,1 сН уменьшается. Показатели относительной разрывной нагрузки с 1-варианта по 3-вариант не изменяются, в 4-варианте на 10,3%, в 5 и 6-вариантах на 10,3% относительно показателя исходного варианта уменьшается.

Одной из основных причин уменьшения штапельной массодлины хлопкового волокна, во-первых, является применение процесса сушки, во-вторых, процессов очистки, прессования. Помимо этого, продолжительная сушка на сушильном барабане до установленной влажности приводит к структурному изменению хлопкового волокна.

Помимо этого, длительное хранение хлопка-сырца в бунтах под большим давлением приводит к увеличению микроорганизмов, в результате, в нижних слоях бунта влажность увеличивается, волокно желтеет и наблюдается ухудшение структуры волокна. Наряду с этим, большое количество технологических процессов приводит к увеличению количества повреждённых и коротких волокон.

#### ВЫВОДЫ

1. Из результатов испытаний видно, что по сравнению с исходным вариантом во многих вариантах ко-

личество мелкого сора на 6,2–8,8%, содержания крупного сора на 7,9–22,5%, общее количество засорённости на 11,6–13,2% уменьшается. Из полученных результатов испытаний илно, что увеличение переходов технологических процессов улучшает очистку хлопкового волокна от засорённости.

2. Во многих вариантах общее содержание пороков и сорных примесей на 10,4–14,2%, количество битых и повреждённых семян на 11,7–19,4%, содержания кожицы с волокном на 11,8–19,7%, количество узелков на 11,0–22,0% увеличивается.

3. Во многих вариантах штапельная массодлина уменьшается с 0,2 до 1,5 мм. Показатели прочности хлопкового варианта с 1-варианта по 4-вариант не изменяются, 5 и 6-вариантах уменьшается на 0,1 сНга по сравнению с исходным вариантом. Показатели относительной разрывной нагрузки не изменяются с 1-варианта по 3-вариант, в 4-варианте на 10,3%, в 5 и 6-вариантах на 10,3% уменьшаются относительно первоначального варианта.

4. При изучение качественных показателей хлопкового волокна по современной системе HVI 900 SA, во многих вариантах показатели микронейра составляют 4,5–4,6, верхняя средняя длина составляет 1,10–1,15, индекс коротких волокон 3,3–6,7, коэффициент отражения 79,0–81,4, степень желтизны составляет 8,9–9,6.

5. Для сохранения природных свойств хлопкового волокна на хлопкоочистительных заводах влажность хлопка-сырца в бунтах составляет  $W=8-9\%$  и рекомендуется первоначальный оптимальный вариант установленных переходов технологических процессов без процессов сушки и прессования.

#### Литература:

1. Джабаров, Г. Д., Атаматов Л. Т. Первичная обработка хлопка. М.: Гизлегпром, 1978.
2. Салимов, А. М., Ахматов М. А. Пахтага дастлабки ишлов бериш. «Билим», Тошкент, 2005.
3. Бутович, В. М. Новое хлопководстве и первичной обработки хлопка в США (обзор) — УзНИИТИ, Ташкент, 1996, с. 15–25.

## Анализ сегнетоэлектрических пленок, моделирование гистерезиса МДП-структур на основе сегнетоэлектрических пленок

Карташов Сергей Сергеевич, магистрант;  
 Головяшкин Алексей Алексеевич, аспирант;  
 Головяшкин Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Беспалов Евгений Сергеевич, магистрант;  
 Мартынов Алексей Владимирович, магистрант  
 Пензенский государственный университет

Уникальные физические свойства сегнетоэлектрических материалов (высокая диэлектрическая проницаемость, изменяемая под действием внешнего электрического поля) позволяют создавать на их основе новый класс структур металл — диэлектрик — полупроводник (МДП) для устройств хранения и обработки информации, где активным элементом является тонкая сегнетоэлектрическая пленка.

Целью работы является краткий анализ сегнетоэлектрических пленок, методов их получения и моделирование гистерезиса МДП — структур на основе сегнетоэлектрических пленок.

Исключительные свойства тонких сегнетоэлектрических пленок применяются при создании устройств энергонезависимой памяти, динамической памяти с произвольной выборкой, конденсаторов, оптических процессоров, и т. д.

Физические свойства пленки существенно зависят от состояния ее поверхности, стехиометрии, кристалличности, плотности, микроструктуры и кристаллографической ориентации, то есть, в свою очередь, от методов получения пленки. Проблема усложняется также необходимостью высокотемпературного нагрева (~ 600–800° С) для кристаллизации пленок, при наличии в их составе химически активных и летучих компонентов [1].

Методы получения тонких сегнетоэлектрических пленок с каждым днем развиваются всё активнее и постоянно совершенствуются. Методы получения тонких пленок можно разделить на две категории: химические и физические. К химическим относятся метод осаждения из газовой фазы и золь-гель метод. К физическим относят методы, у которых в основе лежит распыление определенной смеси оксидов или более сложное оксидное соединение, так называемые мишени. К химическим методам относят реактивное катодное распыление, жидкофазную эпитаксию, к физическим — термовакуумное напыление, магнетронное распыление, ионно-лучевые методы получения тонких пленок, молекулярно-лучевая эпитаксия, лазерное распыление.

Использование полевых транзисторов (ПТ), изготовленных на основе структур металл-сегнетоэлектрик-полупроводник (МСЭП), было предложено еще в 60-е годы, в настоящее время это направление быстро развивается в связи с растущей потребностью в элементах памяти и успехами технологии.

Одной из принципиальных трудностей создания МСЭП ПТ является деполяризация, т.е. ослабление поляризации в тонких слоях сегнетоэлектрика (СЭ). В полупроводнике заряд, экранирующий поляризацию СЭ, проникает в глубь полупроводника, что приводит к изгибу зон и к появлению поверхностного потенциала  $\psi_{\text{пп}}$ , следовательно, деполяризующего поля  $E_{\text{сэ}}$  в СЭ [2–3]. Уменьшение деполяризации является весьма актуальной задачей, ее решению может помочь моделирование структур МСЭП, позволяющее прогнозировать параметры МДП, где в качестве активного диэлектрика используется сегнетоэлектрические пленки.

В настоящее время при разработке МСЭП ПТ используются главным образом перовскитные полупроводники, технологически совместимые с СЭ. В этих ПТ проводимость канала модулируется без образования инверсионного слоя в полупроводнике.

В данном случае моделирование основано на анализе экспериментальной петли гистерезиса зависимости  $P(E)$ , где  $E$  — электрическое поле, для структуры металл-сегнетоэлектрик-металл (МСЭМ). Эта петля аппроксимируется гиперболическим тангенсом. Далее выполняется интегрирование уравнения Пуассона для структуры МСЭП, из которого определяются ее основные характеристики: зависимости величин  $\psi_{\text{пп}}$ ,  $Q_{\text{пп}}$ ,  $E_{\text{пп}}$ ,  $V_{\text{сэ}}$  и  $P$  от внешнего напряжения  $V$  (здесь  $\psi_{\text{пп}}$  — потенциал поверхности полупроводника,  $Q_{\text{пп}}$  — заряд в полупроводнике,  $E_{\text{пп}}$  — электрическое поле на поверхности полупроводника,  $V_{\text{сэ}}$  — падение напряжения на сегнетоэлектрике) [4–5]. Принимается, что контакт к СЭ образует барьер Шоттки, контакт к полупроводнику — омический, а также что как СЭ, так и полупроводник легированы мелкими акцепторами. Принимается также, что ток через структуру МСЭП мал и не изменяет поляризации.

Для СЭ уравнение Пуассона принимает вид:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0 + \frac{\partial P}{\partial E}}, \quad (1)$$

где  $\psi$  — потенциал,  $\varepsilon_0$  — диэлектрическая проницаемость вакуума,  $\rho$  — плотность объемного заряда.

На границе раздела СЭ — полупроводник выполняется соотношение [6]:

$$\varepsilon_0 \varepsilon_{\text{пп}} E_{\text{пп}} + Q_{\text{SS}} = \varepsilon_0 E_{\text{сэ}} + P. \quad (2)$$

Здесь  $\varepsilon_{\text{пп}}$  — относительная диэлектрическая проницаемость полупроводника,  $Q_{\text{SS}}$  — заряд поверхностных

состояний,  $E_{сэ}$  — электрическое поле в сегнетоэлектрике. Распределение электрического поля и потенциала в СЭ определяется численным интегрированием уравнения Пуассона. Расчеты выполнены для структуры металл — сегнетоэлектрик — полупроводник при возрастании напряжения от значения, соответствующего —  $P_S$  (обогащение поверхности полупроводника,  $P_S$  — спонтанная поляризация), до значений, соответствующих обеднению поверхности полупроводника, а также при обратном ходе напряжения.

Были приняты следующие значения параметров.

а) Для СЭ: спонтанная поляризация  $P_S = 25$  мкКл/см<sup>2</sup>, остаточная поляризация  $P_r = 15$  мкКл/см<sup>2</sup>, коэрцитивное поле  $E_C = 2 \cdot 10^5$  В/см, концентрация мелких акцепторов  $N_{сэ} = 10^{18}$  см<sup>-3</sup>, толщина — 0,1 мкм.

б) Для полупроводника: относительная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_S = 10$ , концентрация мелких акцепторов  $N_{пп} = 10^{15}$  см<sup>-3</sup> и  $10^{19}$  см<sup>-3</sup>, заряд поверхностных состояний  $Q_{SS} = 0$ .

Основные результаты расчетов приведены на рисунке 1 а, б; там же для сравнения приведена насыщенная петля гистерезиса (от  $-P_S$  до  $P_S$  и обратно) для структуры МСЭМ с таким же СЭ, но при отсутствии примесей в СЭ ( $N_{сэ} = 0$ ) — линии 1 и 2. На рисунке  $V_{кпп}$  — контактная разность потенциалов между контактом к сегнетоэлектрику и полупроводником. Потенциал поверх-

ности полупроводника  $\psi_{пп}$  вычисляется как разность между зависимостями 5 ( $V + V_{кпп}$ ) и 6 ( $V_{сэ}$  для восходящей ветви) или зависимостями 5 и 7 ( $V_{сэ}$  для нисходящей ветви).

При обогащении поверхности полупроводника ( $\psi_{пп} < 0$ ) ее свойства приближаются к свойствам металла, поэтому восходящие ветви структур МСЭМ и МСЭП близки (линии 1 и 3 соответственно). Значения электрического поля на поверхности полупроводника  $E_{пп}$  могут достигать нескольких единиц  $10^7$  В/см, однако такие сильные поля существуют лишь в очень тонком слое (порядка нескольких Å), что исключает возможность лавинного пробоя. Переход от обогащения поверхности полупроводника к ее обеднению происходит при  $E \approx E_C$  (точка пересечений линий 5 и 6), где  $E_C$  — коэрцитивное поле.

При обеднении поверхности полупроводника ( $\psi_{пп} > 0$ ) возрастание напряжения  $V$  приводит к увеличению падения напряжения на полупроводнике  $\psi_{пп}$  (разность между линиями 5 и 6); напряжение на СЭ  $V_{сэ}$  (а следовательно, и его поляризация) изменяется мало. Эта закономерность выражена более четко для полупроводников с меньшей концентрацией примеси (ср. ход линий 6 на рисунке а и б). При  $N_{пп} = 10^{18}-10^{19}$  см<sup>-3</sup> и напряжении в несколько вольт значения поля на поверхности полупроводника  $E_{пп}$  могут достигать нескольких единиц  $10^6$  В/см, т.е. в несколько раз превышать электриче-

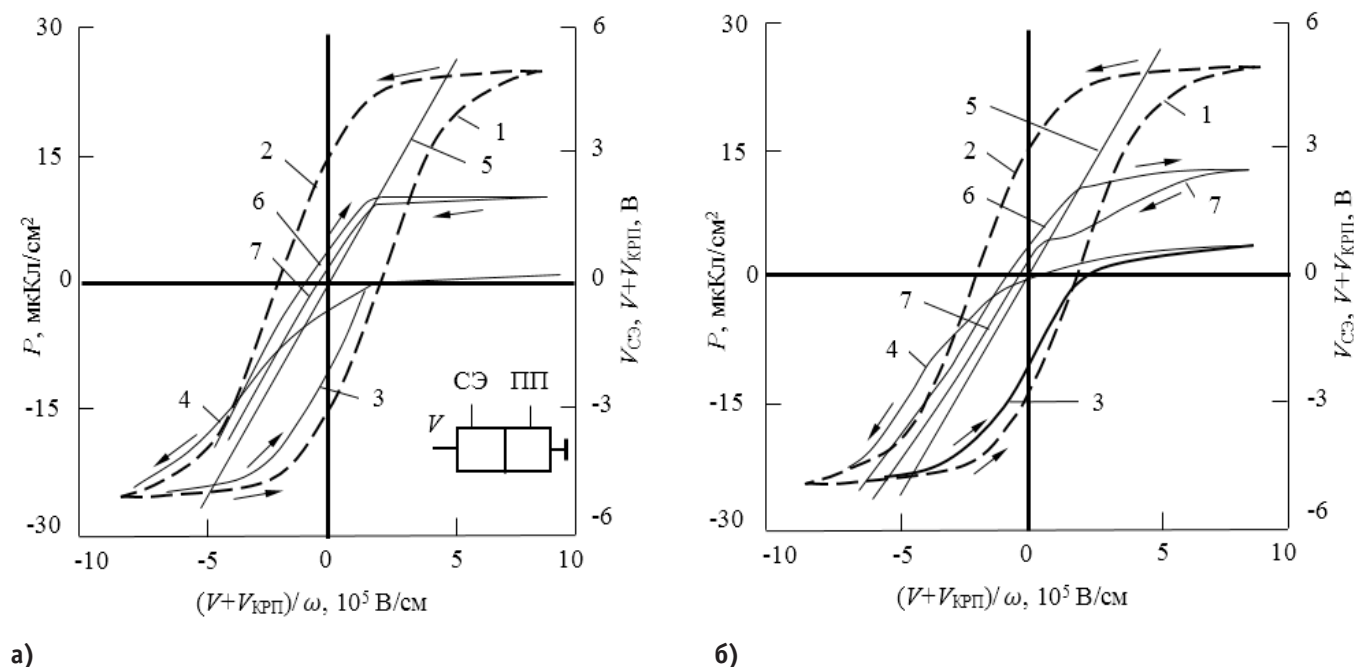


Рис. 1. Петли гистерезиса структур металл-сегнетоэлектрик-металл (МСЭМ) и металл-сегнетоэлектрик-полупроводник (МСЭП). Концентрация мелких акцепторов в полупроводнике  $N_{пп}$ , см<sup>-3</sup>: а —  $10^{15}$ , б —  $10^{19}$ ; остальные параметры одинаковые, толщина сегнетоэлектрика  $\omega = 0,1$  мкм, концентрация мелких акцепторов в сегнетоэлектрике  $N_{сэ} = 10^{18}$  см<sup>-3</sup>,  $\epsilon_{пп} = 10$ ,  $P_S = 25$  мкКл/см<sup>2</sup>,  $P_r = 15$  мкКл/см<sup>2</sup>,  $E_C = 2 \cdot 10^5$  В/см. 1,2 — восходящая и нисходящая ветви петли гистерезиса структуры МСЭМ; 3,4 — восходящая и нисходящая ветви петли гистерезиса структуры МСЭП; 5 —  $V + V_{кпп}$ , 6 и 7 —  $V_{сэ}$  для восходящей и нисходящей ветвей соответственно. На вставке — структура МСЭП: СЭ — сегнетоэлектрик, ПП — полупроводник,  $V$  — напряжение, приложенное к структуре.



ское поле в кремнии при пробое. Однако подвижность носителей тока в перовскитных полупроводниках много меньше, чем в кремнии. Поэтому есть основание предположить, что в перовскитных полупроводниках электроны (или дырки) на длине свободного пробега не приобретут энергии, достаточной для ударной ионизации.

Сравнение значений остаточной поляризации  $-P_r$  и  $P_r$  на восходящей и нисходящей ветвях насыщенной петли гистерезиса структуры МСЭМ с соответствующими зна-

чениями остаточной поляризации структуры МСЭП показывает, что остаточная поляризация уменьшается под воздействием полупроводника.

Таким образом показана модель петли гистерезиса МДП — структуры, где в качестве активного диэлектрика используется тонкая сегнетоэлектрическая пленка. Продемонстрировано, что остаточная поляризация уменьшается в несколько раз за счёт деполяризующего действия полупроводника.

#### Литература:

1. А. С. Сигов, Физика. Сегнетоэлектрические тонкие пленки в микроэлектронике, с. 85, Москва, 1996;
2. Б. М. Вул, Г. М. Гуро, И. И. Иванчик. ФТП, 4, 162 (1970).
3. Б. В. Сандомирский, Ш. С. Хохлов, Е. В. Ченский. ФТП, 16, 440 (1982).
4. И. Е. Тамм. Основы теории электричества (М., Наука, 1989).
5. С. Зи. Физика полупроводниковых приборов (М., Мир, 1981) т. 1.
6. В. М. Фридкин. Фотосегнетоэлектрики (М., Наука, 1979).
7. Берман, Л. С. Моделирование гистерезиса структуры металл-сегнетоэлектрик-полупроводник/Л. С. Берман // Физико-технической институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук. — Спб. с. 200–202

## Особенности и проблемы заготовки и транспортировки металлолома Арктики

Кириченко Илья Сергеевич, инженер-исследователь;

Алексахин Александр Викторович, кандидат экономических наук, доцент  
Национальный исследовательский технологический университет (МИСИС)

Бабаян Петр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент  
Московская государственная академия водного транспорта

*Рассмотрено современное состояние и проблемы заготовки и транспортировки металлолома Арктики, экологические требования. Отмечены особенности технологического оборудования и даны предложения по совершенствованию технологических процессов.*

**Ключевые слова:** металлолом, заготовка, транспортировка, технологии.

После того, как весной 2010 г. Премьер-министр РФ В. В. Путин побывал на Земле Франца-Иосифа и посмотрел на уходящие за горизонт, брошенные бочки, уже вмерзшие в лед, в России была инициирована масштабная программа по очистке.

В июне 2011 г. Правительство РФ утвердило программу мер по снижению и предотвращению негативного воздействия на окружающую среду в арктической зоне. Согласно программе должны быть реализованы меры по очистке территории от накопленного экологического мусора на Земле Франца-Иосифа, Новосибирских островах, архипелаге Шпицберген и о. Врангеля, а также меры для снижения угроз окружающей среде из-за расширения хозяйственной деятельности на континентальном шельфе. Главный элемент загрязнения Арктики — это различный металлолом, скопившийся здесь в огромных количествах во время развития и осуществления различных хозяйственных и военных проектов.

Заготовка лома черных металлов в стране достигла наибольших значений порядка 31 млн. тонн в год в 2004–2006 г. в период массового вывода металлоемких объектов и оборудования, оставшегося еще со строительства советских лет [1]. Излишки лома экспортировались, давая весомые валютные поступления. Максимальные объемы экспорта достигли 12,6 млн. тонн в 2005 году, из которых 10,8 млн. т было экспортировано морем [2, 3]. В настоящее время значительная часть черного лома сталей производства еще советского периода хозяйствования на континенте собрана [4]. Кроме того, происходит ухудшение качественного состава металлолома — снижение доли тяжеловесного лома, при относительном росте заготовки менее ценного легковесного транспортного лома, жести, стружки [5].

Переход отечественной металлургии на более активное использование электрометаллургических процессов, а также вытеснение ими мартеновского производства, предопределяет необходимость поддержания

ломозаготовки в стране на должном уровне [6]. Арктический регион представляется одним из тех резервов, который позволит поддержать падающие валовые объемы ломозаготовки в России.

Сейчас очистка территории Арктики и другие мероприятия российского Правительства по освоению региона проходят в рамках подпрограммы «Освоение и использование Арктики», входящую в целевую программу «Мировой океан», утвержденную Правительством в 1998 г. Несмотря на значительные подвижки, ситуация всё ещё далека от совершенства.

Протекшие, 200-литровые бочки с горюче-смазочными материалами (ГМС), неиспользованное топливо, химреактивы антизамерзающих жидкостей, машины, запчасти, строительные материалы представляют характерный пейзаж Арктики, как на Большой Земле, так и на островах. По далеко не полной оценке, в Арктике оставлено до 12 млн. металлических бочек. Полных из них, по приблизительным подсчётам, около четверти миллиона, в которых хранится от 40 до 60 тысяч тонн различных жидкостей.

Полные бочки в Арктике преимущественно лежат смёрзшимся штабелем, поэтому наличие пустых или заполненных бочек внутри него трудно установить, без угрозы пролива жидкости, хранящейся в бочках. Обычно штабели бочек полностью разбирают непосредственно перед утилизацией, когда есть возможность и условия слива экологически опасных жидкостей в другие исправные емкости.

Бочки соседствуют с брошенными хранилищами топлива, с цистернами, полными и пустыми, между которыми можно даже отыскать остатки трубопроводов, все это постепенно разрушается.

В период холодной войны в Арктике строились аэродромы, военные базы с жилыми городками, пункты ПВО с радиолокационными станциями, станции радиорелейной связи, организовывались склады ГМС и др. С распадом СССР полярники стали покидать Арктику, бросая свои базы со всем оборудованием и складами, начиная от полуразрушенных зданий, автомобилей, и кончая островами не улетевших из-за поломок грузовых самолетов. Однако хотелось бы отметить, что даже в то сложное время, там по-прежнему продолжали активно функционировать буровые комплексы и метеостанции.

Экологические проблемы нашли отражение в «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», утвержденной президентом В. В. Путиным в феврале 2013 г. По результатам проведенного обследования в арктической зоне России было выделено 27 приоритетных районов, из них 11 на суше и 16 в морях,

и прибрежных зонах, где уже наблюдается экологически опасная ситуация [7].

«Подъем Сибири и Дальнего Востока — это наш национальный приоритет на весь XXI век», — подчеркнул Владимир Путин в ежегодном послании Федеральному Собранию.

В наши дни Россия возвращается в Арктику — воссоздается военная база и аэродром на Новосибирских островах, обновляют метеостанции и устанавливают различные виды связи, на архипелаге Новая Земля закончена модернизация взлетно-посадочной полосы на аэродроме двойного базирования «Рогачево» [8]. На архипелаге Новосибирских островов, на острове Котельный ведется строительство военного городка «Звезда», оснащенного всеми необходимыми современными элементами инфраструктуры. На островах Средний, архипелаг Северная Земля, острове Земля Александры, архипелаг Земля Франца-Иосифа, острове Врангеля и мысе Шмидта, в Чукотском автономном округе, и в поселке Рогачево на Южном острове, архипелаг Новая Земля, планируется построить пять стационарных объектов радиолокации и пунктов наведения авиации [9].

В рамках проектов строительства, перед военными стоят задачи по сносу ветхих или разрушенных строений, рекультивации территории, разбору завалов, извлечению металлолома и осуществлению ряда других мероприятий экологического характера.

Соответственно в последние годы число рейсов морских судов со стройматериалами, оборудованием, грузами снабжения строек в Арктику увеличилось в 4–5 раз. В обратном направлении эти суда чаще всего идут пустые и потенциально могут быть загружены ломом. С точки зрения экологов металлолом с территории Арктики выгоднее вывозить и переплавлять, как вторичное сырье, а не опасно захоронять на месте. Повторное использование лома металлов отвечает современным экологическим подходам и концепции устойчивого развития, реализации которой уделяется большое внимание [10].

Однако на данном пути возникает целый ряд технических, технологических и правовых проблем [11]. И хотя заготовка лома в последние несколько лет осуществляется как в рамках экологических мероприятий, финансируемых из бюджета государства, так и военными, при очистке территорий своих возрождаемых гарнизонов, общие объемы вывоза лома не столь высоки и характеризуются данными Табл. 1.

При общей оценке количества лома в Арктике и в промежуточных портах на трассе Севморпути (и непосредственно прилегающих к портам территориях) на уровне 300–350 тыс. тонн, и при таких темпах на заготовки и вы-

Таблица 1. Вывоз металлолома из Арктики морем в каботаже в порты Мурманск и Архангельск

Год	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Объем перевозок, тыс. т	0,5	17,7	10,9	9,1	11,7	11,5

воза лома потребуется порядка 30 лет. За это время бочки успеют проржаветь полностью и горючее из них вытечет.

Интенсификации заготовки лома мешает недостаточная проработанность ряда вопросов:

— Во-первых, зачастую непонятно, кому лом принадлежит. Так, вокруг поселка Амдерма, Ненецкий АО, с населением порядка 500 человек, скопилось приблизительно 60–80 тыс. тонн металлолома хорошего качества, в том числе 993 емкости ГСМ различного объема, 3 остова самолетов, 17 плавсредств, а также строительные металлоконструкции. Однако, так как не выявлен хозяин и его транспортировка по текущим расценкам достаточно дорога, это ценное сырье для металлургов продолжает ржаветь. Военные заготавливают весь лом, который образовался в границах выделенных им территорий. В более широком смысле полной юридической ясности нет.

— Во-вторых, заготовка бочек на лом требует определенного специального технологического оборудования, а для наполненных — дополнительного принятия особых экологических мер безопасности.

Арктическое топливо применяется при работе двигателей при температурах ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ . Температура застывания этого топлива  $-55^{\circ}\text{C}$ . Многие годы в Арктику завозились бочки как с готовым арктическим топливом, так и бочки с реагентами, добавка которого в топливо позволяла существенно повысить его морозостойкость. В 50–60-х годах прошлого века в качестве морозостойкого реагента с высокими диэлектрическими свойствами в масла и арктическое топливо добавляли полихлорированный бифенил (ПХБ) — сильнейший яд. ПХБ входят в группу из 12 химических веществ, определяемых как стойкие органические загрязнители, подпадающие под действие Стокгольмской Конвенции ООН от 2001 г., когда 90 стран мира, таких как США и члены ЕС, приняли решение о сокращении или прекращении производства, использования и/или недопущения утечки ПХБ.

ПХБ представляет угрозу для здоровья человека и окружающей среды даже в самых небольших концентрациях. В частности, рыба может накапливать ПХБ в своих тканях в 740 тысяч раз превышающих содержание этих веществ в воде, в которой она обитает.

Производимое сейчас арктическое топливо и масла не содержит ПХБ. В настоящее время большинство бочек в Арктике настолько заржавели, что на них невозможно различить маркировку. Поэтому полные и частично заполненные бочки вскрывают и тестируют химическими тестами на наличие ПХБ. *В дальнейшем содержимое бочки с химреактивами переливают в емкости, с особыми предосторожностями, и вывозят на материк для централизованного уничтожения.* Утилизация таких материалов осуществляется на установках в высокотемпературной плазме при температуре за  $1000^{\circ}\text{C}$ .

Необходимо отметить, что полные бочки с топливом массово сохранились преимущественно на бывших военных складах, сейчас заготовкой лома на этих территориях занимаются специализированные военные подразделе-

ления армии, снабженные тестами на наличие в жидкости ПХБ.

Вокруг морских портов в Арктике, метеорологических станций, мест ведения геолого-разведочных операций скопились груды преимущественно пустых бочек, ибо топливо на гражданские нужды всегда отпускалось ограничено и лимитировалось. Заготовку лома в таких местах ведут волонтеры или же коммерческие организации.

В связи с этим особую опасность представляют бочки, заполненные отработанным маслом двигателей или остатками старого арктического топлива, которые разбросаны по всему пространству Арктики. Потенциально в отработке содержатся остатки экологически опасных арктических масел. Сжигание на открытом воздухе отработки с ПХБ запрещено из-за ущерба окружающей среде и опасности для заготовителей, поэтому такие бочки должны свозиться в одно место и сливаться отдельно в новые емкости.

На ряде арктических объектов кроме РЛС в свое время были размещены зенитные ракетные комплексы первого эшелона. Жидкостные зенитные ракеты того времени заправлялись ракетным топливом непосредственно перед пуском. Запас топлива хранился в емкостях и в металлических бочках. Кроме того, отдельно завозились и хранились химреактивы — антидетонаторы и реагенты от замерзания топлива. Эти химреактивы представляют наибольшую экологическую опасность и требуют особых мер безопасности при утилизации.

Кроме того, бочки как лом должны быть предварительно подготовлены для морской перевозки. Пустая бочка в среднем весит 20 кг и занимает слишком много места в трюме судна, поэтому их рационально прессовать перед транспортировкой [12, 13]. В спрессованном виде бочки в большей мере отвечают возросшим требованиям электрометаллургии [14]. Бочки со следами топлива из-за их пожароопасности допустимо перевозить только в носовом, обычно самом малом по вместимости, трюме судна, оборудованном специальной системой тушения. В других трюмах эксплуатируемых судов отечественного флота можно перевозить только отоженные внутри бочки, с которых предварительно слили топливо.

Отработанный технологический процесс заготовки и подготовки к транспортировке бочек заключается в следующем:

Бочку прокалывают, вскрывают крышку и сливают остатки топлива в емкость. Рис. 1.

Затем в бочку ставят факел горелки, который ее обжигает. После чего бочка прессуется на мобильном специализированном прессе. Так, например, на мобильном 45-тонном прессе блин высотой 0,15–0,2 м получается за 6 минут, что позволяет уплотнить лом бочек в 4–5 раз. Обычно трюма судна загружают вначале спрессованными бочками, а затем на них ставят пустые отоженные бочки, чтобы полностью использовать вместимость трюмов.

При заготовке тяжеловесного лома, брошенного автотранспорта, строительной техники, маломерных судов



Рис. 1. Прессовка бочек в Арктике (Источник: <http://arctic.ria.ru/chapter4/#7>)

применяют газобаллонную резку. В отношении бывших в употреблении колесных и гусеничных транспортных средств (вездеходов, автомобилей, бульдозеров, прицепов и пр.) в полной мере должны применяться предписываемые экологические меры по предварительному сливу в емкости оставшихся масел, гидравлических жидкостей, антифризов [15]. А при утилизации брошенных малотоннажных судов (буксиров, катеров) — дополнительные меры, предписываемые при разделке судов на лом. [16]. Применяемые при этом технологии, должны отвечать экологическим требованиям [17, 18]. Учитывая высокие требования к морозостойкости ответственные конструкции на ряде объектов в Арктике были изготовлены с широким использованием нержавеющей сталей и цветных ме-

таллов. При ломозаготовке к ним также должны применяться соответствующие технологии [19].

На островах погрузку лома приходится вести на необорудованном берегу. При отсутствии причала порожние стальные «волокуши» при благоприятных погодных условиях — волнении моря, ветре и ледовой обстановке, устанавливают на плашкоут или понтон для техники и буксируют его к берегу, где автокраном погружают в них подготовленный лом. Грузные «волокуши» судовым краном снимают с понтона, а затем лом высыпают в трюм (Рис. 2). После чего порожнюю «волокушу» возвращают за следующей партией лома. Логистика морских перевозок лома в значительной мере предопределяет экономические результаты деятельности по его заготовке [20, 21].



Рис. 2. Выгрузка лома в трюм



При наличии на судне современных гидравлических кранов, грузоподъемностью 24 т и более для транспортировки лома с берега на судно становится эффективным применение специализированных крупнотоннажных контейнеров с открытым верхом соответствующей грузоподъемности [22, 23]. Увеличение массы подъема ведет к сокращению стояночного времени судна под погрузкой.

Ломозаготовку в Арктике ведут в летний навигационный период. Для обслуживания специализированного оборудования, а также учитывая специфику обращения с ПХБ для выполнения работ необходим подготовленный персонал. При работе на островах необходимая техника, а также бытовки для проживания завозятся первым

рейсом судна. С окончанием сезона техника и бригада вывозится на материк. Для производительной работы оборудования и персонала необходимы — стабильное обеспечение автономного энергоснабжения, работа средств связи, бытовые условия проживания.

В целом в российской Арктике имеются значительные резервы лома черных и цветных металлов, однако для его заготовки необходимо специализированное оборудование и технологические процессы, отвечающие экологическим требованиям, а также обученный персонал для его обслуживания. Без применения этих мер, возникшие экологические проблемы данной, столь ранимой, территории не могут быть разрешены.

#### Литература:

1. Кириченко, С. А., Кириченко И. С. Морской экспорт лома // Вторичные металлы. 2012. № 4. с. 35.
2. Кириченко, И. С. Экспорт лома в I полугодии // Вторичные металлы. 2012. № 5. с. 38.
3. Семин, А. Е., Смирнов Н. А. От лома до качественной стали // Электрометаллургия. 2008. № 5. с. 44–46.
4. Кириченко, С. А. Морские порты на службе у ломопереработчиков // Рынок вторичных металлов. 2007. № 3. с. 30–35.
5. Кириченко, И. С. Экспорт лома черных металлов в 2012 году // Вторичные металлы. 2013. № 2. с. 37.
6. Чижиков, А. Г., Семин А. Е., Черноусов П. И. Среднесрочный прогноз ситуации на рынке черных металлов // Вторичные металлы. 2011. № 6. с. 29.
7. Соколов, Ю. И. Арктика: к проблеме накопленного экологического ущерба // Арктика: экология и экономика. 2013. № 2 (10). с. 18–27.
8. Брошенная Арктика [Электронный ресурс]. — URL: <http://russlovo.today/rubricator/obshchestvo/broshennaya-arktika> (дата обращения: 15.12.2014).
9. Юрий Гаврилов. Все объекты военной инфраструктуры в Арктике создадут до конца года [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.rg.ru/2015/05/30/arktika2-site-anons.html> (дата обращения: 30.05.2015).
10. Гагарский, Э. А., Кириченко И. С. Концепция устойчивого развития и новые подходы в сфере рециклинга металлов и техногенного сырья // Вторичные металлы. 2013. № 3. с. 34.
11. Кириченко, С. А. Региональные проблемы экспорта лома // Национальная металлургия. 2002. № 1. с. 17–20.
12. Ефремов, Д. Б., Кириченко И. С. Утилизация брошенной бочкотары // Вторичные металлы. 2012. № 1. с. 48–50.
13. Кириченко, А. С., Сипаро К. А., Букин А. В. Экспорт черного лома и проблемы обеспечения морских перевозок // Вторичные металлы. 2014. № 5. с. 20.
14. Супрун, В. Н., Семин А. Е. Плавление лома и предъявляемые к нему требования // Рынок вторичных металлов. 2007. № 2. с. 24.
15. Серегин, А. Н., Кириченко А. С. Авторециклинг в московском регионе // Вторичные металлы. 2013. № 5. с. 41.
16. Кириченко, А. С., Букин А. В., Алексахин А. В. Прогрессивные технологии и организационные схемы авторециклинга — утилизации строительной техники // Техника и технология: новые перспективы развития. 2014. № XV. с. 135–141.
17. Кириченко, А. С., Серегин А. Н., Чимшир В. И., Бабаян П. Д. Повышение экологических требований к технологии разделки судов на лом // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 252–256.
18. Бобина, М. А., Ермолов В. М. Экологичность — основа современных технологий авторециклинга // Молодой ученый. 2014. № 11. с. 40–44.
19. Кириченко, И. С., Алексахин А. В., Серегин А. Н. Особенности и тенденции рынка лома нержавеющей стали // Молодой ученый. 2015. № 7. с. 148–153.
20. Кириченко, С. А., Полянцев Ю. Д., Цыганкова В. И. Роль логистики в эффективности экспорта лома металлов // Интегрированная логистика. 2015. № 1. с. 13–18.
21. Гагарский, Э. А., Кириченко С. А., Полянцев Ю. Д., Дугин Г. С. Транспортно-технологические системы на основе укрупненных грузовых единиц — главный фактор энергоэффективного инновационного развития транспорта // Интегрированная логистика. 2013. № 6. с. 33–37.
22. Кириченко, С. А., Кириченко А. С. Упущенные возможности при морском экспорте лома // Вторичные металлы. 2009. № 6. с. 21.
23. Кириченко, С. А., Кириченко А. С. Антикризисная контейнеризация // Вторичные металлы. 2009. № 3. с. 70.



## Компьютерная оптимизация рецептуры молочного мороженого

Колмыков Максим Андреевич, магистрант;

Борко Никита Александрович, магистрант;

Альхамова Гузель Кирамовна, кандидат технических наук, преподаватель  
Южно-Уральский государственный университет

Нургазезова Алмагуль Нургазезовна, кандидат технических наук, доцент  
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Канарейкина Светлана Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Башкирский государственный аграрный университет

В настоящее время в России и мире в индустрии питания актуальны разработки функциональных (лечебно-профилактических) продуктов [2, 11]. Такое направление стало популярным ещё в 1980-х гг. в Японии, где собственно и зародилась концепция функционального питания, модернизовавшись сейчас в науку — функциональную нутрициологию. Согласно ГОСТ 52349—2005 под функциональным пищевым продуктом понимается тот, при систематическом употреблении которого снижается риск развития алиментарных заболеваний, сохраняется здоровье за счет содержания в них физиологически функциональных пищевых ингредиентов.

Многолетние научные публикации в области функциональной нутрициологии свидетельствуют, что физиологически функциональными пищевыми ингредиентами являются полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), витамины, антиоксиданты, пищевые волокна, минеральные вещества, пробиотики (препараты живых микроорганизмов, бифидобактерий) и пребиотики (олигозные субстраты, стимулирующие рост и активность нормофлоры в кишечнике человека.) [1, 12, 13]. Чтобы продукт имел функциональное значение, необходимо наличие в его составе функциональных ингредиентов в количестве 10—50% от физиологической суточной потребности.

В обществе сейчас наблюдается модная тенденция на правильное («здоровое») питание [3, 10]. Оно и верно, ведь здоровье человека на 60—70% собственно зависит от питания. А значит, создание мороженого, соответствующего запросам потребителей в области здорового питания, является перспективным направлением в производстве замороженных десертов [14]. Такое направление обуславливает создание и моделирование рецептуры с использованием функциональных ингредиентов [8, 15]. Такими ингредиентами могут служить  $\beta$ -каротин и витамины С, Е, которые вдобавок являются еще и антиоксидантами. Использование антиоксидантов в пище отвечает злободневной проблеме высокой распространенности онкологии среди населения, поскольку они регулируют интенсивность свободно-радикальных реакций в организме. Свободные радикалы являются главными внешними разрушителями здоровых клеток и мутагенами, которые могут провоцировать раковые опухоли.

Дополнительно, сейчас в России реализуется стратегия развития пищевой промышленности, определенная в Концепции государственной политики в области здорового питания Российской Федерации до 2020 г. Это делает разработку молочного мороженого лечебно-профилактического направления сверхактуальной.

Один из эффективных путей оптимизации рецептуры молочного мороженого состоит в обогащении его природными продуктами растительного происхождения — овощами, фруктами, ягодами. В качестве таких продуктов могут служить морковь, содержащая  $\beta$ -каротин, и перец болгарский, имеющий большие запасы витамина С. В рецептурную смесь мороженого данные компоненты могут вводиться в качестве сока свежавыжатого сока или овощного пюре. Морковь предлагается вводить в качестве сока, который одновременно будет иметь функционально-технологическое назначение — натуральным красителем (оранжевый цвет). Болгарский перец добавляется в смесь в качестве свежепротертого пюре. Химический состав овощных функциональных ингредиентов представлен в таблице 1 [7].

Проектируемая рецептура предусматривает также полную замену сахара-песка на фруктозу для повышения потребительских свойств мороженого за счет придания сладости и усиления приятного сливочного вкуса и аромата. Использование фруктозы — самого сладкого из природных сахаров в производстве мороженого очень перспективно, поскольку она имеет меньший молекулярный вес и в большей степени, чем сахароза, снижает точку замерзания и таяния мороженого.

При включении овощных ингредиентов следует определить их содержание в моделируемом продукте. В соответствии с современными представлениями, понятие «моделирование» означает разработку моделей, регламентирующих состав продуктов заданного качества и представляющих, с точки зрения математики, систему линейных алгебраических балансовых уравнений. Наличие данной системы позволяет адекватно решать рецептурную задачу, описывать изменение общехимического, витаминного и других составов разрабатываемых композиций, предоставляя возможность заменить экспериментальные исследования процесса формирования состава продуктов анализом и синтезом его математической модели [4]. Компьютерное моделирование — это эффективный метод изучения сложноконструктивных систем. Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства

Таблица 1. Химический состав морковного сока и пюре из болгарского перца

Нутриент, %, мг %	Сок морковный	Пюре из перца болгарского
Вода	84,6	91
Белки	1,1	1,3
Жиры	0,1	0,1
Углеводы	12,6	4,9
Витамин Е	0,3	0,7
Витамин В <sub>3</sub> (РР)	0,2	0,8
Витамин В <sub>2</sub>	0,02	0,09
Витамин В <sub>1</sub>	0,01	0,08
β-каротин	2,1	1,5
Витамин С	3	200

изучаемого объекта-оригинала, в частности, исследовать отклик моделируемой физической системы на изменения ее параметров и начальных условий. Такими моделями легче и удобнее исследовать и проводить вычислительные эксперименты, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых, физических или временных препятствий [5, 6, 9]. Использование принципов системного моделирования позволяет провести декомпозицию технологической системы производства молочного мороженого на этапе рецептурных расчетов композиционной смеси с помощью линейных моделей. Сущность задач такого вида заключается в том, чтобы из множества возможных рецептурных вариантов выбрать по заданному признаку оптимальный. Для решения поставленной задачи используется фундаментальный закон — закон сохранения массы веществ. Проводят расчет рецептуры без учета потерь ингредиентов в технологической линии производства молочного мороженого. В соответствие с ГОСТ Р 52175–2003 классическое молочное мороженое имеет следующие нормы физико-химических показателей: массовая доля молочного жира — 2,5–4,0%; массовая доля сахарозы (общего сахара за вычетом лактозы) — не менее 15,5%; массовая доля сухих веществ (включает СОМО) — не менее 29%; массовая доля СОМО — не более 11,5%. Эти данные принимаются за опорные значения (свойства), т. е. стандартизируются для моделируемой рецептуры (рисунок 1).

На основании банка данных (количественное соотношение нутриентов используемых ингредиентов) формируются балансовые уравнения мороженого:

$$- 4X_1 + 72,5X_2 + 20X_3 = 4,0 \text{ — баланс по молочному жиру;}$$

$$- 100X_5 = 15,5 \text{ — баланс по сахару (сахарозе);}$$

$$- 8,15X_1 + 2,5X_2 + 6,4X_3 + 95X_4 \leq 11,5 \text{ — баланс по СОМО;}$$

$$- 11,3X_1 + 75X_2 + 27,2X_3 + 95X_4 + 100X_5 + 100X_7 + 100X_8 + 15,4X_9 + 9X_{10} \geq 29 \text{ — баланс по сухим веществам, включая СОМО;}$$

$$- X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 1 \text{ — баланс по массе.}$$

Дополнительные условия и ограничения вводятся для адекватной передачи рецептурного состава разрабатываемого мороженого и его функциональной направленности (содержания в конечном продукте витамина С от 10 до 50 % суточной потребности, установленной в Российской Федерации [6]):

$$- X_1 \geq 0,5 \text{ — содержание молока натурального в смеси должно быть больше 50 %;}$$

$$- X_7 = 0,005 \text{ — содержание стабилизатора Palsgaard;}$$

$$- X_8 = 0,0001 \text{ — содержание ароматизатора;}$$

$$- 40 \geq 1,3X_1 + 0,3X_3 + 4X_4 + 3X_9 + 200X_{10} \geq 8 \text{ — ограничение на содержание витамина С (мг %), источником которого является перец болгарский;}$$

$$- 3000 \geq 10X_1 + 300X_3 + 60X_3 + 2100X_9 + 1500X_{10} \geq 600 \text{ — ограничение на содержание } \beta\text{-каротина (мг %), источником которого является сок морковный;}$$

$$- \text{содержание всех компонентов должно быть больше или равным нулю.}$$

В качестве критерия оптимизации (функционала) выбирается себестоимость, энергетическая ценность и витаминный состав мороженого. В первую очередь, определяется целевая функция как минимизация себестоимости

мороженого, имеющего при этом лечебно-профилактические свойства. В этом случае функция цели запишется в виде:

$$Z(X) = \sum_{i=1}^n Z_i \cdot X_i \rightarrow \min, \tag{1}$$

где  $X_i$  — вектор неизвестных искомым (массовая доля вносимых ингредиентов в рецептурную смесь);

$Z_i$  — цена  $i$ -того ингредиента составляющего продукта, /кг.

С учетом принятых средних цен целевая функция примет выражение:

$$30X_1 + 190X_2 + 120X_3 + 180X_4 + 110X_5 + 0,05X_6 + 4,28X_7 + 250X_8 + 90X_9 + 128X_{10} \rightarrow \min.$$

Аналогично ставились функции по минимизации энергетической ценности и максимизации суммарного количества витаминов в молочном мороженом.

Энергетическая ценность ( $\mathcal{E}$ ) каждого ингредиента в рецептуре продукта рассчитывалась по формуле ( $B$  — белки,  $Ж$  — жиры,  $У$  — углеводы):

$$\mathcal{E} = 4 \cdot B + 9 \cdot Ж + 3,75 \cdot У, \tag{2}$$

Реализация поставленной задачи решалась компьютерным моделированием молочного мороженого функционального назначения в программе Microsoft Excel с надстройкой «Поиск решения» (рисунок 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Банк данных состава ингредиентов для оптимизации рецептуры молочного мороженого функционального назначения (минимизация стоимости)													
2	Ингредиенты	X	Доля	Массовая доля, %										Цена, Р/кг
3				Белок	Жир	Углеводы	Молочный жир	Сахар	СОМО	Сухие вещества	Влага	β-каротин, мкг%	Витамин С, мг%	
4	Молоко натуральное коровье	X1	0,5000	3,0	4,0	4,9	4	0	8,15	11,3	88,7	10	1,3	30
5	Масло сливочное несоленое "Крестьянское"	X2	0,0138	0,8	72,5	1,3	72,5	0	2,5	75	25	300	0	190
6	Сливки из коровьего молока	X3	0,0500	2,5	20	4,0	20	0	6,4	27,2	72,8	60	0,3	120
7	Сухое обезжиренное молоко	X4	0,0433	33,2	0	52,6	0	0	95	95	5	0	4	180
8	Фруктоза	X5	0,1550	0	0	100	0	100	0	100	0	0	0	110
9	Вода	X6	0,0000	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0,05
10	Стабилизатор Palsgaard	X7	0,0050	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	4,28
11	Ароматизатор	X8	0,0001	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	250
12	Сок морковный свежий	X9	0,2000	1,1	0,1	12,6	0	0	0	15,4	84,6	2100	3	90
13	Перец болгарский свежий (море)	X10	0,0328	1,3	0,1	4,9	0	0	0	9	91	1500	200	128
14	СУММА		1,0000											
15	Стандарт продукта (опорные свойства)						4,0	15,5	11,5	29	70,49			
16	Верхняя граница (не более)											3000	40	
17	Нижняя граница (не менее)											600	8	
18	Функция цели (себестоимость, Р/кг)													70,71
19	Балансовые уравнения						4,00	15,50	8,54	31,54	68,46	481,35	8,00	

Рис. 1. Проектирование оптимальной рецептуры при минимизации стоимости продукта

Расчетным путем сформированы композиционные составы рецептурной смеси. В результате оптимизаций по разным целевым функциям получены несколько рецептов, варьирующихся по количественным значениям рецептурных ингредиентов (таблица 2).

Таблица 2. Варианты рецептур молочного мороженого, в зависимости от критерия оптимизации

Ингредиенты	X	Варианты рецептур расхода ингредиентов без учета потерь, г на 100 г.		
		1 (минимизация стоимости)	2 (минимизация энергоценности)	3 (максимизация витаминов)
Молоко натуральное коровье	$X_1$	50	50	50
Масло сливочное несоленое «Крестьянское»	$X_2$	1,38	1,38	1,38
Сливки 20% из коровьего молока	$X_3$	5	5	5
Сухое обезжиренное молоко	$X_4$	4,33	1,65	1,37
Фруктоза	$X_5$	15,5	15,5	15,5
Вода	$X_6$	0	2,63	0
Стабилизатор Palsgaard	$X_7$	0,5	0,5	0,5
Ароматизатор	$X_8$	0,01	0,01	0,01
Сок морковный свежий	$X_9$	20	20	20

Перец болгарский свежий (пюре)	X <sub>10</sub>	3,28	3,33	6,24
Энергетическая ценность, ккал в 100 г		136,28	127,44	127,24
Стоимость, /кг		70,71	65,95	69,17
Массовая доля, %				
молочного жира		4,0	4,0	4,0
сахара		15,5	15,5	15,5
СОМО		8,54	5,99	5,73
сухих веществ		31,54	29,00	29,00
Содержание -каротина, мг % (%сут. потр.)		0,48 (8,02)	0,48 (8,02)	0,53 (8,76)
Содержание витамина С, мг % (%сут. потр.)		8 (10)	8 (10)	13,80 (17,24)
Суммарное содержание витаминов, мг %		9,01	8,92	14,80
Соотношение Б: Ж: У		1: 1,2: 6,9	1: 1,6: 8,9	1: 1,7: 9

Несмотря на минимизацию стоимости по варианту рецептуры 1, дешевле, но полезней получился вариант 3. Однако соотношение белков, жиров, углеводов далеко от идеального (стандарт Б: Ж: У = 1: 1: 4), в последнем отношении наилучший результат у 1 варианта. Во всех случаях имеется функциональный ингредиент — витамин С из болгарского перца (минимум — 10% суточной потребности). Поскольку конструировалось мороженое функционального назначения, приоритетом является рецептура 3 как по суммарному содержанию витаминов, так и антиоксидантным свойствам (витамину С).

Использование растительного сырья как источника антиоксидантов (витамина С, β-каротина), позволяет не только расширить ассортимент мороженого, предназначенного для массового рационального питания, но и оптимизировать технологические приемы производства.

#### Литература:

1. Гаязова, А. О., Ребезов М. Б., Попова М. А., Лукиных С. В. Технология продукции функционального назначения. В сборнике: Технология и продукты здорового питания. Материалы Международной научно-практической конференции. 2014. с. 86–89.
2. Канарейкина, С. Г., Ребезов М. Б., Нургазезова А. Н., Касымов С. К. Методологические основы разработки новых видов молочных продуктов. Алматы, 2015. Сер. Продукты питания животного происхождения
3. Ребезов, М. Б., Богатова О. В., Максимюк Н. Н., Манылов С. В. Научные основы производства молока и молочных продуктов. Оренбург, 2008.
4. Использование экстрактов ягод дикоросов мороженом/Л. А. Текутьева, Ж. П. Павлова, В. И. Бобченко и др. // Молочная промышленность. — 2012. — № 12. — с. 66–67.
5. Лисин, П. А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов. М.: ДеЛи принт, 2007. 102 с.
6. Питание и здоровье в Европе: новая основа для действий/под ред. Aileen Robertson, Cristina Tirado, Tim Lobstein. — Региональные публикации ВОЗ, Европейская серия. № 96. 525 с.
7. Скурихин, И. М., Тутельян В. А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛи принт, 2008. 276 с.
8. Догарева, Н. Г., Ребезов М. Б., Салихова Э. М., Ткачук О. В., Канарейкина С. Г. Основные направления развития исследований по переработке молока. Молодой ученый. 2015. № 14 (94). с. 147–149.
9. Ребезов, М. Б., Богатова О. В., Манылов С. В., Зайцев А. Н. Экономика предприятия молочной промышленности. Оренбург, 2008.
10. Зинина, О. В., Ребезов М. Б., Асенова Б. К. Инновационные технологии переработки сырья животного происхождения. Алматы, 2015. Сер. Продукты питания животного происхождения.
11. Бурцева, Т. И., Ребезов М. Б., Асенова Б. К., Стадникова С. В. Развитие технологий функциональных и специализированных продуктов питания животного происхождения. Алматы, 2015. Сер. Продукты питания животного происхождения.
12. Касымов, С. К., Ребезов М. Б. Разработка функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. Т. 3. № 3. с. 83–91.
13. Лукиных, С. В., Ребезов М. Б., Попова М. А., Гаязова А. О. Разработка функциональных продуктов питания с учетом современных требований. В сборнике: Продовольственная индустрия: безопасность и интеграция: Материалы Международной конференции. Пермь, 2014. с. 31–34.

14. Ребезов, М.Б., Ткачук О.В., Шель И.А. Оценка перспектив инновационного проекта «Десерт фруктовый взбитый замороженный из сыворотки». Актуальные проблемы и перспективы развития экономики: труды конференции. Саки: Предприятие Феникс, 2014. с. 42–45.
15. Ребезов, М.Б., Наумова Н.Л., Альхамова Г.К., Лукин А.А., Хайруллин М.Ф. Экология и питание. проблемы и пути решения. Фундаментальные исследования. 2011. № 8–2. с. 393–396.

## Расчёт фундаментальных плит методом конечных элементов

Колосова Галина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент;  
Егорова Евгения Сергеевна, магистрант  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Иоскевич Василий Владимирович, студент  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

При решении методом конечных элементов (МКЭ) задач изгиба плит на упругом основании встречаются трудности, связанные с тем, что в рамках традиционной процедуры МКЭ можно рассматривать лишь ограниченные области, а применяемые математические модели оснований имеют бесконечное протяжение.

В данной статье излагается способ, позволяющий свести решение указанной задачи к выполнению стандартной схемы МКЭ для ограниченной области основания как «эквивалентный элемент».

В качестве модели основания была выбрана двухпараметрическая модель [1]. Предлагаемый подход предполагает выделение в общей расчётной схеме двух подобластей. Область плиты и часть зоны основания, дополняющая эту область до круговой, составляют внутреннюю подобласть  $\Omega_1$ , внешняя к ней неограниченная подобласть основания —  $\Omega_2$ .

Функционал полной потенциальной энергии системы из двух подобластей записывается в виде:

$$\Pi(\omega, v) = \Phi(\omega) + \frac{1}{2} \int_{\Omega_1} H(\omega) d\Omega + \frac{1}{2} \int_{\Omega_2} H(v) d\Omega \quad (1)$$

При условии, что перемещения, описываемые функцией  $\omega$  во внутренней круговой подобласти  $\Omega_1$  и функцией  $v$  — во внешней неограниченной подобласти  $\Omega_2$ , непрерывны при переходе границы раздела областей. В выражении (1)  $\Phi(\omega)$  обозначает функционал Лагранжа для плиты.

$$H(v) = C_1 \cdot v^2 + C_2 \left[ \left( \frac{\partial v}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial v}{\partial \theta} \right)^2 \right] \quad (2)$$

Потенциальная энергия деформации параметрического основания (внутри подобласти  $\Omega_1$ ) в полярных координатах, записывается в виде [2]:

$$\Pi_0 = \frac{1}{2} \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \left[ C_1 \cdot W^2 + C_2 \left( \left( \frac{\partial W}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial W}{\partial \theta} \right)^2 \right) \right] r dr d\theta, \quad (3)$$

где  $W$  — прогибы точек поверхности основания;  $C_1$  — жёсткость модели основания на сжатие;  $C_2$  — жёсткость модели основания на сдвиг.

Вариационная задача об изгибе плиты на двухпараметрическом основании формулируется как задача определения функций  $\omega$  и  $v$ , доставляющих стационарное значение функционалу  $\Pi(\omega, v)$  при дополнительном условии неразрывности на круговой границе  $\Gamma$  (рис. 1):

$$\omega - v = 0 \quad (4)$$

При приближённом решении поставленной вариационной задачи внутри круга (в области  $\Omega_1$ ) для функции  $\omega$  задаётся количественная аппроксимация:

$$\omega_n = N \cdot q \quad (5)$$

где  $N$  — функция формы;  $q$  — вектор узловых перемещений. Аппроксимация функции  $v$  в области  $\Omega_2$  осуществляется в аналогичной (4) форме:



$$v_n = \sum_{n=0}^n \psi_n \cdot a_n = F \cdot a \tag{6}$$

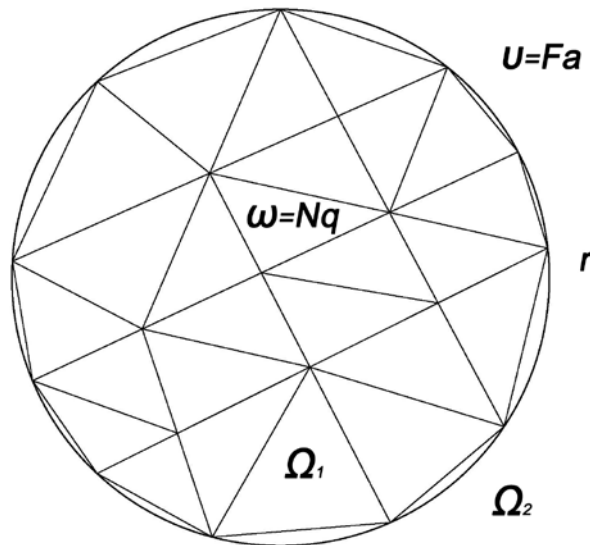


Рис. 1. Схема разделения расчётной области на подобласти  $\Omega_1, \Omega_2$

Но здесь функции  $\Psi_n$  выбираются такими, чтобы они заранее удовлетворяли разрешающему одному уравнению в области  $\Omega_2$  и условиям отсутствия перемещений на бесконечности. Для двухпараметрической модели таким уравнением является следующее:

$$C_1 \cdot v - C_2 \cdot \left( \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right) v = 0.$$

Опираясь на аналитическое решение этого уравнения [2]; систему функций  $\{\Psi_n\}$  можно принять в виде:

$$\left\{ K_n \cdot \left( \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \cdot r \right) \cdot \sin(n\theta), K_n \cdot \left( \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \cdot r \right) \cdot \cos(n\theta) \right\},$$

где  $K_n$  – функция Макдональда с целочисленным индексом. Данная система функции является полной, линейно-независимой, а при фиксированном  $r$  — ортогональной на промежутке  $[0, 2\pi]$ .

Из (3) и (5) следует общее выражение для матрицы жесткости элемента основания:

$$K_0 = \int \int_{\Omega_e} \left[ C_1 \cdot N^T \cdot N + C_2 \cdot \left( N^T, r \cdot \frac{\partial N}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot N^T, \theta \cdot \frac{\partial N}{\partial \theta} \right) \right] r dr d\theta \tag{7}$$

Внешняя расчётная область представляет собой неограниченную мембрану с круговым отверстием на винклеровском основании. Эта зона рассматривается как элемент основания бесконечной протяжённости с узлами по круговой границе. Ниже описываются посторонние матрицы жёсткости этого элемента.

Узлы внутренней и внешней областей считаются общими (рис. 2). Перемещения точек рассматриваемого элемента основания определяются как решение одного уравнения (8) [3]:

Реакция основания для данной модели внутри подобласти  $\Omega_1$ :

$$q(r, \theta) = C_1 \cdot W - C_2 \cdot \left( \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \right) \cdot W \tag{8}$$

Прогибы точек выпираемой части основания:

$$W^+(r, \theta) = \sum_{n \leq 0} (c_n \cdot \sin(n \cdot \theta) + b_n \cdot \cos(n \cdot \theta)) \cdot K_n \cdot \left( \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} \cdot r \right) \tag{9}$$

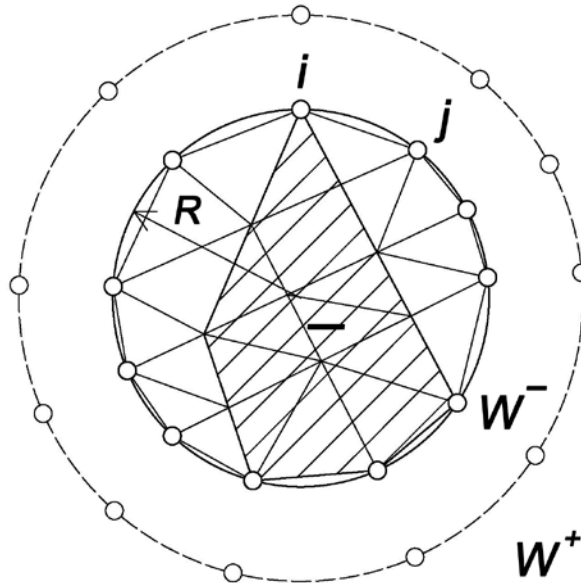


Рис. 2.

Число членов  $p$  разложений ограничивается в соответствии с количеством условий неразрывности перемещений в узлах на границе областей, которые необходимо выполнить. В данной работе для расчёта плит используются несовместные конечные элементы в виде произвольного треугольника кольцевого сектора. Узловыми параметрами

элементов являются прогибы и углы поворота. В первом случае  $-W_i, \left(-\frac{\partial W}{\partial y}\right)_i, \left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)_i$ , во втором —

$W_i, \left(\frac{\partial W}{\partial \theta}\right)_i, \left(\frac{\partial W}{\partial r}\right)_i$ . Совместность прогибов вдоль круговой границы обеспечивается при удовлетворении

следующих условий неразрывности в узлах:

$$W_i^+ = W_i^-, \left(\frac{\partial W}{\partial \theta}\right)_i^+ = \left(\frac{\partial W}{\partial r}\right)_i^-.$$

Следовательно, если число членов в ряде (9) берётся равным удвоенному числу граничных узлов, то неизвестные коэффициенты разложения могут быть выражены через указанные компоненты вектора перемещений граничных узлов:

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ a_1 \\ b_1 \\ \vdots \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_0 & K_1 \cdot \sin(\theta_1) & K_1 \cdot \cos(\theta_1) & K_2 \cdot \sin(2\theta_1) & \dots \\ 0 & K_1 \cdot \cos(\theta_1) & -K_1 \cdot \sin(\theta_1) & 2 \cdot K_2 \cdot \cos(2\theta_1) & \dots \\ K_0 & K_1 \cdot \sin(\theta_2) & K_1 \cdot \cos(\theta_2) & K_2 \cdot \sin(2\theta_2) & \dots \\ \vdots & & \vdots & & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_i \\ (W, \theta)_i \\ W_i \\ \vdots \end{bmatrix} = P \cdot \delta \quad (10)$$

На основании (9) и (10) матрица интерполирующих функций для элемента основания бесконечной протяжённости с узловыми параметрами  $\delta$  имеет вид:

$$N^+(r, \theta) = (K_0 \cdot K_1 \cdot \sin(\theta) \quad K_1 \cdot \cos(\theta) \quad K_2 \cdot \sin(2\theta) \quad \dots) \quad (11)$$

Обращение матрицы  $P$  проводится численно.

В результате выполнения матричных операций и интегрирования по  $\theta$  матрица жёсткости элемента основания может быть записана следующим образом:

$$K_0^\infty = \left\{P^{-1}\right\}^T \cdot A \cdot P^{-1} \quad (12)$$

В силу ортогональности системы  $\{\sin(n\theta), \cos(n\theta)\}$ , где  $n$  — целое на промежутке  $[0, 2\pi]$ , матрица  $A$  — диагональная:

$$A = \text{diag}(2 \cdot A_0, A_1, A_1, A_2, A_2, A_3, \dots)$$

её общий член:

$$A_n = \pi \int_R^\infty \left[ C_1 \cdot K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot r) + C_2 \cdot \left( \left( \frac{d}{dr} \cdot K_n(\sqrt{\lambda} \cdot r) \right)^2 + \frac{n^2}{r^2} \cdot K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot r) \right) \right] r dr$$

где  $\sqrt{\lambda} = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$ . С использованием следующих рекуррентных соотношений для бесселевых функций [5]:

$$\frac{d}{dr} K_n(\sqrt{\lambda} \cdot r) = \sqrt{\lambda} \cdot \left( -K_{n+1}(\sqrt{\lambda} \cdot r) + \frac{n}{\sqrt{\lambda} \cdot r} K_n(\sqrt{\lambda} \cdot r) \right),$$

$$\frac{d}{dr} K_n(\sqrt{\lambda} \cdot r) = \sqrt{\lambda} \cdot \left( -K_{n+1}(\sqrt{\lambda} \cdot r) - \frac{n}{\sqrt{\lambda} \cdot r} K_n(\sqrt{\lambda} \cdot r) \right),$$

$$K_{n+1}(r) = \frac{2n}{r} \cdot K_n(r) + K_{n-1}(r),$$

преобразуется второй подынтегральный член:

$$\left( \frac{d}{dr} K_n(\sqrt{\lambda} \cdot r) \right)^2 + \frac{n^2}{r^2} K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot r) = \frac{C_1}{2 \cdot C_2} \left( K_{n+1}^2(\sqrt{\lambda} \cdot r) + K_{n-1}^2(\sqrt{\lambda} \cdot r) \right).$$

Интегралы от произведений бесселевых функций вычисляются по формуле [5]:

$$\int_R^\infty K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot r) r dr = \frac{R^2}{2} \left[ \left( K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot R) \right)^2 - \left( 1 + \frac{n^2}{\lambda \cdot R^2} \right) \cdot K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot R) \right].$$

Окончательное выражение для общего члена матрицы А:

$$A_n = \frac{\pi R^2}{2} C_1 \cdot \left[ \frac{1}{2} K_{n+1}^2(\sqrt{\lambda} \cdot R) - \frac{1}{2} K_{n-1}^2(\sqrt{\lambda} \cdot R) - \frac{n-1}{\sqrt{\lambda} \cdot R} \cdot K_n^2(\sqrt{\lambda} \cdot R) \cdot \left( K_{n+1}(\sqrt{\lambda} \cdot R) + K_{n-1}(\sqrt{\lambda} \cdot R) \right) \right] \tag{13}$$

При расчёте плит в виде кольца матрица жёсткости элемента внутреннего круга основания может быть построена аналогично (12) и (13), если вместо функций  $K_n$  использовать модифицированные функции Бесселя первого рода  $I_n$  и брать компоненты матрицы А с обратным знаком.

Если проводится расчёт плиты на основании Винклера, т. е. коэффициент  $C_2 = 0$ , то элементы матрицы жёсткости основания бесконечной протяжённости являются нулевыми вследствие  $K_n(r) = 0$ . Это отвечает механической стороне модели основания Винклера, не работающего за пределами площади опирания.

Как было указано выше, в качестве узловых параметров построенного элемента основания рассматривается прогиб  $W_i$  и угол поворота вокруг оси  $r - \left( \frac{\partial W}{\partial \theta} \right)_i$ . При расчёте систем в декартовых координатах необходимо

провести переход к неизвестным  $W_i, \left( -\frac{\partial W}{\partial y} \right)_i, \left( \frac{\partial W}{\partial x} \right)_i$ .

Используя соотношение:

$$\frac{\partial W}{\partial \theta} = R \cdot \left( \frac{\partial W}{\partial x} \cdot \sin(\theta) - \frac{\partial W}{\partial y} \cdot \cos(\theta) \right).$$

Блоки матрицы жёсткости основания пересчитываются следующим образом:

$$K_{ii}^k = H \cdot K_{ii} \cdot H^T,$$

где:  $H = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & R \cdot \sin(\theta_i) \\ 0 & R \cdot \cos(\theta_i) \end{pmatrix}$ .

С использованием построенного элемента основания бесконечной протяжённости была решена следующая задача: круглая плита на основании с двумя упругими характеристиками, нагруженная по внешнему контуру равномерно распределённой нагрузкой (рис.3). Схемы разбивки области на секторные и треугольные конечные элементы изображены на рис. 4 и 5. Результаты расчётов в табл. 1.

Таблица 1

Разбивка	Прогиб центра пластины, мм	
	элемент кольцевого сектора (рис. 4)	треугольный элемент (рис. 5)
а	5,5300	5,9200
б	5,5280	5,6802
в	-	5,6097
Точное решение	5,5279	

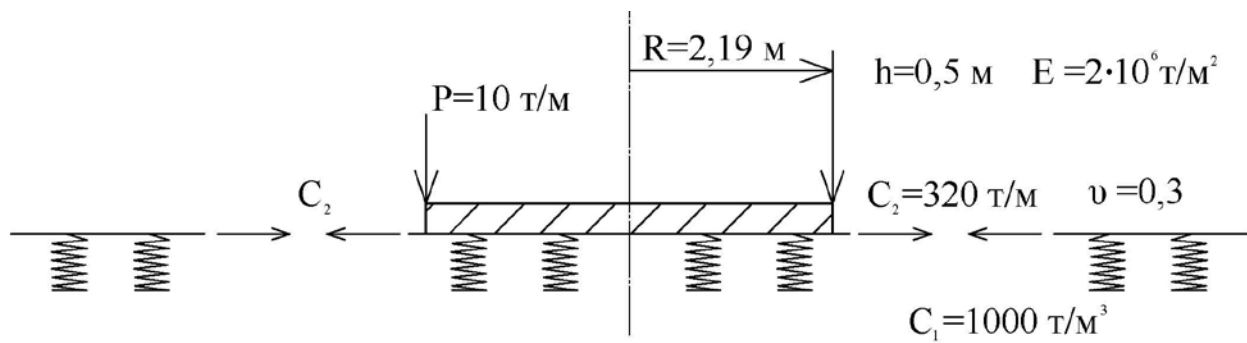


Рис. 3.

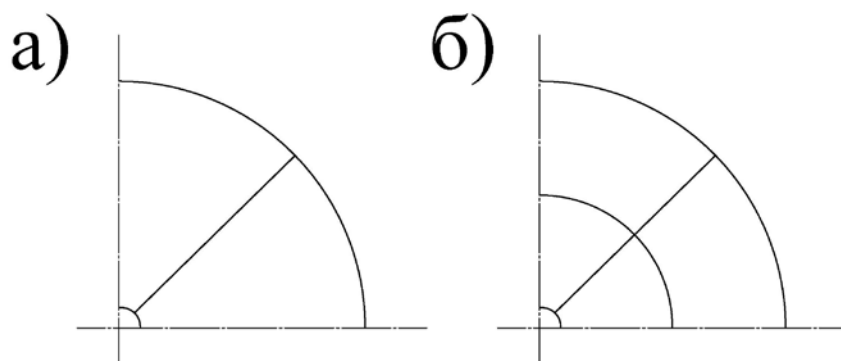


Рис. 4.

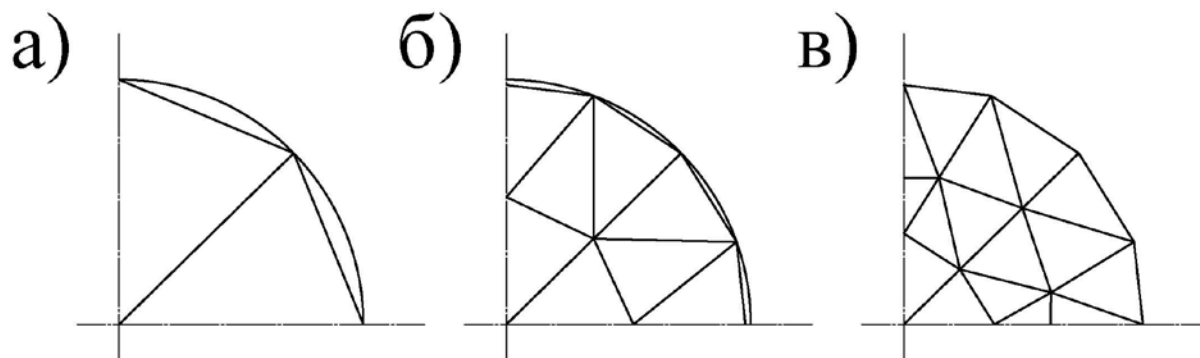


Рис. 5.

## Литература:

1. Филоненко-Бородич, М. М. Некоторые приближенные теории упругого основания // Ученые записки. Москва: МГУ, 1940. Вып. 46. с. 46–54.
2. Корнев, Б. Г. Некоторые задачи теории упругости и теплопроводности, решаемые в бесселевых функциях. М.: Физматгиз, 1960. 458 с.
3. Власов, В. Э., Леонтьев Н. Н. Балки, плиты и оболочки на упругом основании. — М.: Физматгиз, 1960, с. 491.
4. Влоукова, К. П., Сливкер В. И. Некоторые особенности МКЭ при расчёте конструкций на упругом основании. — В кн.: Метод конечных элементов и строительная механика. — Л.: Труды Ленингр. политехн. ин-та. 1976, № 349, с. 69–80.
5. Грей, Э., Мэтьюс Г. Б. Функции Бесселя и их приложения к физике и механике. — М.: И. Л., 1953, с. 371.
6. Пастернак, П. Л. Основы нового метода расчёта фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. М.: Стройиздат, 1954, с. 55.
7. P. Ruge, C. Trinks, S. Witte Time-domain analysis of unbounded media using mixed-variable formulations. Earthquake engineering and structural dynamics. 2001. 30 Pp. 899–925.
8. U. Basu, A. K. Chopra Perfectly matched layers for time-harmonic elastodynamics of unbounded domains: theory and finite-element implementation. Computer methods in applied mechanics and engineering. 2003. 192. Pp. 1337–1375.

## Моделирование процессов литья под давлением

Красовский Николай Сергеевич, аспирант  
Тольяттинский государственный университет (г. Тольятти)

### Актуальность

Литье под давлением пластмасс — один из самых популярных методов изготовления изделий из пластика. В настоящее время сложно представить себе процесс проектирования детали без использования систем инженерного анализа. Кроме экономии времени и снижения финансовых затрат на прототипирование изделий, компьютерный анализ дает возможность избежать потенциальных проблем до старта производства, а также сократить время конструирования изделия, что положительно влияет на процесс появления нового изделия.

Задача данной статьи:

Оценить влияние систем инженерного анализа и необходимость применения их в производстве.

Для крупногабаритных деталей из пластика, основным дефектом является коробление.

Для того чтобы избежать этого дефекта, используют такие конструкторские решения как ребра жесткости или локальное утолщение. Но как мы знаем, чтобы получить качественное изделие необходимо подбирать толщину ребер не более  $1/3$  толщины изделия, чтобы не получить утяжки и тем самым испортить лицевую поверхность.

Рассмотрим поподробнее способы борьбы с короблением.

### Анализ используемых решений

1. Сопряжения и примыкания стенок и ребер жесткости



Сопряжения стенок оказывают влияние на прочность и долговечность деталей, поскольку, образуя разнотолщинности, являются причиной дефектов. Наружные дефекты проявляются в виде коробления, усадочных раковин, образования трещин. Внутренние дефекты проявляются в виде структурной неоднородности термопластов по глубине сопряжения, образования микротрещин, уменьшения усталостной прочности детали. Внутренние дефекты проявляются в процессе эксплуатации. Сопряжения стенок могут иметь разнообразную конфигурацию. При их конструировании следует минимизировать отклонения по толщине сопряженных стенок. Известен метод графического определения размеров зон утолщения (рис. 1).

Возрастание массы узла существенно замедляет процесс затвердевания детали из термопласта и сопровождается образованием внутренних дефектных зон.

### 2. Ребра жесткости

Ребра жесткости широко применяются в конструкциях разнообразных по назначению деталей машин и приборов (зубчатые и червячные колеса, шкивы, корпусные детали и пр.). Они позволяют уменьшить толщину стенок детали при сохранении ее жесткости и прочности, уменьшают или даже исключают коробление, способствуют размерной стабильности изделия. Толщина ребер жесткости всегда является частью толщины стенки  $S$ . Ее значение составляет: для ПЭ, ПП —  $(0,3-0,6) S$ ; для ПА —  $(0,15-0,35) S$ ; для ПС и ПК —  $0,5S$ . Рекомендуемая высота ребер при отсутствии конструктивной необходимости до  $(3-5) S$ . Ребро жесткости ориентируется по направлению течения расплава в форме. Сечение

ребер жесткости должно иметь треугольную или трапециевидальную форму с закругленной вершиной и плавным переходом к основанию (рис. 2).

В качестве примера рассмотрим пластиковую деталь автомобиля LADA «Молдинг передней двери»

Данная деталь изготавливается из материала Agmilen PP SK 15–5MS и имеет габариты 983x107.

В результате остаточной деформации кромки детали перестают плотно прижиматься к поверхности кузова и, следовательно, возникает дефект.

В данной статье результаты анализа были представлены с помощью программного продукта Mold Flow.

Как мы видим из рис. 5, дефект коробления поворачивается на краях детали.

Чтобы уйти от этого дефекты, мы построим ребро жесткости, и повторно проведем анализ, чтобы сравнить результаты.

На рис. 7 мы видим возможные утяжки в местах крепежа молдинга двери.

Значение утяжки не превышает 0,2мм, а, следовательно, не будет визуально заметно.

Результаты анализа после добавления ребра жесткости:

Значение времени заполнения осталось практически неизменно

Благодаря правильно подобранной толщине стенки ребра, нам удалось избежать утяжки на лицевой поверхности детали.

Из рисунка 9 видно, что величина коробления уменьшилась с 23мм до 14мм. В данном случае, улучшить качество детали удалось с помощью изменения конструкции.

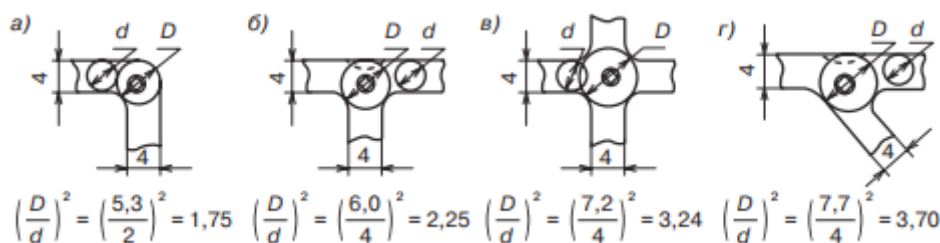


Рис. 1. Графический метод определения зон утолщения сопряжений и увеличения массы полимера в узле: а — на 75%; б — на 125%; в — на 224%; г — на 270

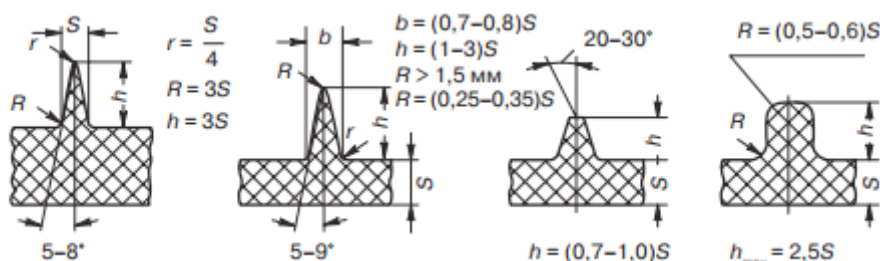


Рис. 2. Рекомендуемые формы сечений ребер жесткости

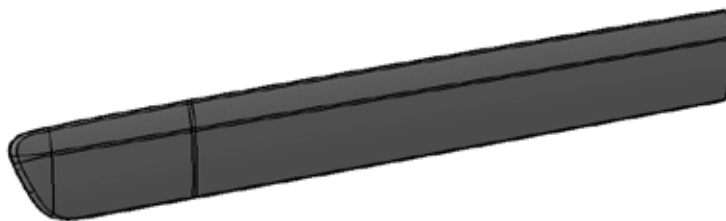


Рис. 3. «Молдинг передней двери» до доработки

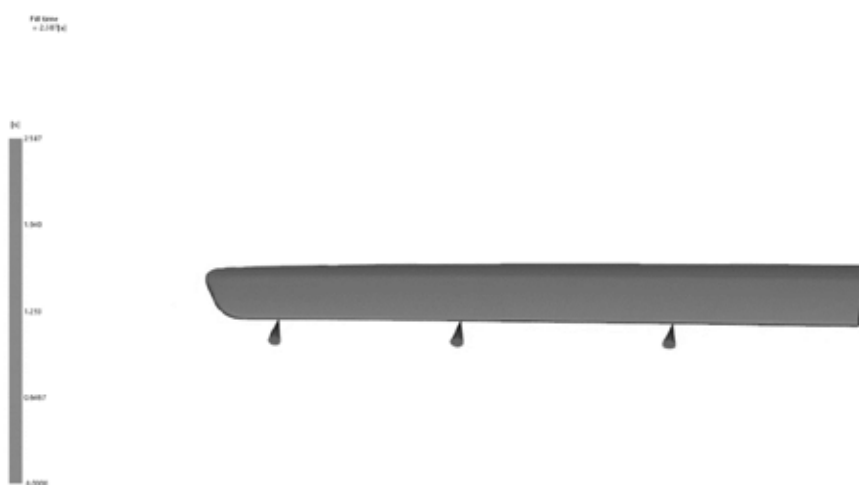


Рис. 4. Время заполнения формы



Рис. 5. Анализ коробления

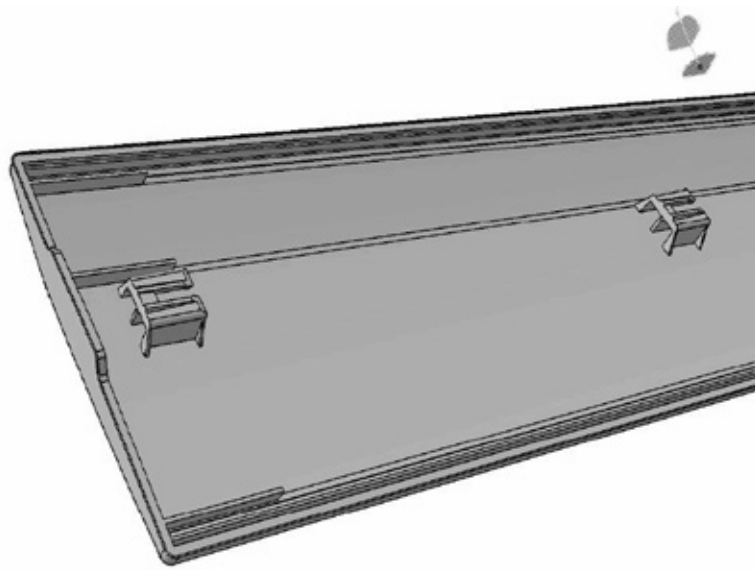


Рис. 6.

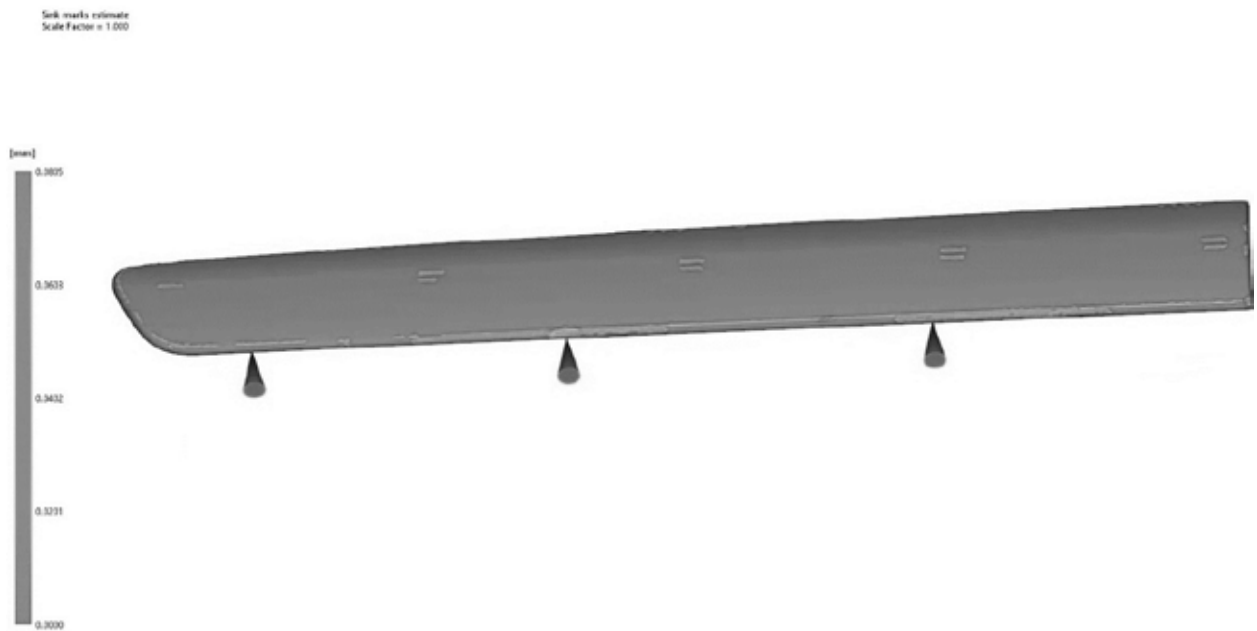


Рис. 7. Места возможных утяжек

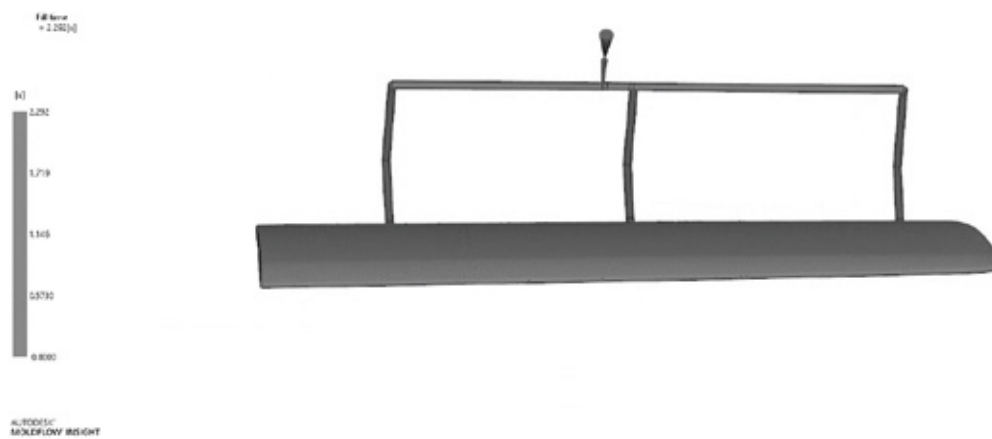


Рис. 8. Время заполнения формы

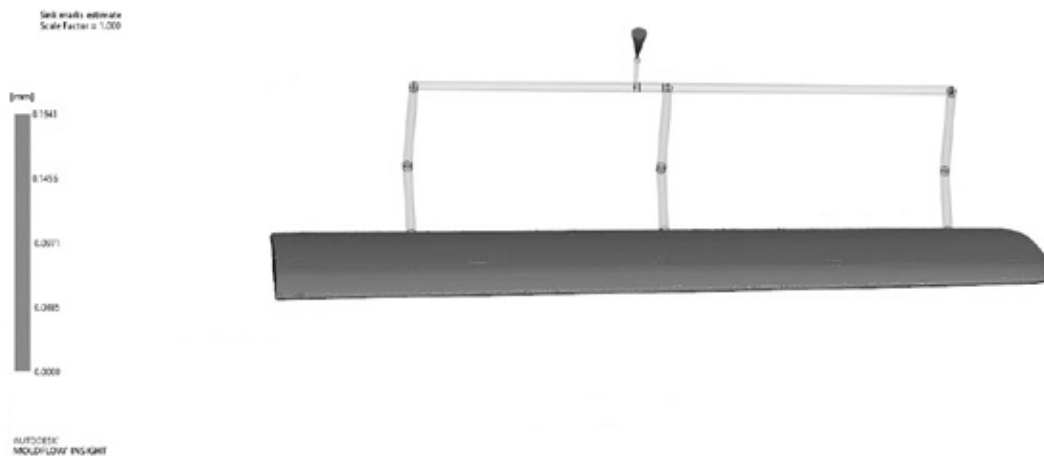


Рис. 9. Места возможных утяжек

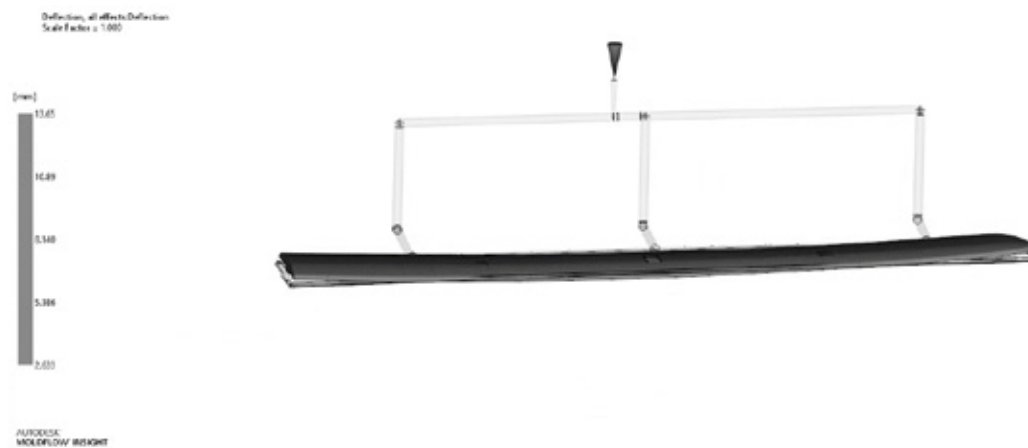


Рис. 10. Анализ коробления

На основании результатов анализа можно сделать вывод:

Вывод:

Использование систем инженерного анализа позволяет значительно сэкономить время выхода готового про-

дукта, устранить дефект на стадии разработки изделия, сократить затраты на прототипирование и доработку пресс форм, что в целом, положительно влияет на процесс появления нового изделия.

Литература:

1. [http://rucadcam.ru/index/cae\\_programmy/0-9](http://rucadcam.ru/index/cae_programmy/0-9)
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Система\\_автоматизированного\\_проектирования](https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования)
3. <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?id=14659053&siteID=871736>
4. <http://www.sapr.ru/article.aspx?id=22756&iid=1045>
5. <http://www.csoft.ru/catalog/soft/autodesk-simulation-moldflow-insight/autodesk-simulation-moldflow-insight-2014.html>
6. <http://reftrend.ru/508803.html>
7. [http://cherch.ru/tehnologiya\\_plastmassi\\_i\\_izgotovlenie\\_izdeliy/osnovnie\\_trebovaniya\\_k\\_konstruirovaniuu\\_detaley\\_iz\\_plastmass.html](http://cherch.ru/tehnologiya_plastmassi_i_izgotovlenie_izdeliy/osnovnie_trebovaniya_k_konstruirovaniuu_detaley_iz_plastmass.html)
8. <http://mebel.townevolution.ru/books/item/f00/s00/z0000000/st025.shtml>

## Оценка эффективности основных элементов оборудования паросилового цикла тепловой электростанции эксергетическим методом

Лебедев Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор;  
 Дресвянкин Валерий Степанович, кандидат технических наук, доцент;  
 Карабута Владислав Сергеевич, аспирант  
 Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

*В статье выполнена оценка эффективности основного оборудования паросиловой электростанции эксергетическим методом, использующим анализ работоспособности потоков теплоты и рабочего тела. Метод позволяет выявить и количественно определить необратимые потери в рабочих процессах каждого элемента энергоустановки. Традиционный метод оценки эффективности элементов теплосилового оборудования основан на вычислениях термического КПД. Результаты анализа приводят к существенному различию тепловых потерь, определенных этими методами. Так, для котлов с высокими параметрами пара, потери энергии, определенные классическим методом, составляют 9%, а эксергетическим — 49%. В главных конденсаторах, где рабочее тело имеет низкие параметры, расчет потерь энергии, определенный традиционным методом, составляет 55%, а эксергетическим — 6,4%. Это объясняется высокопотенциальным характером тепловых процессов в котлоагрегате и, наоборот, низкопотенциальными процессами в конденсаторе.*

Эксергетический метод оценки эффективности энергетических установок позволяет выбрать оптимальные параметры рабочих тел и конструктивные характеристики оборудования на стадии проектирования.

Исследования термодинамической эффективности и выбор разрабатываемого перспективного энергетического паросилового оборудования с учетом потерь в необратимых циклах [1, 3–6] основываются на базе анализа и сравнения термических коэффициентов полезного действия при использовании либо коэффициента заполнения  $T, s$  — диаграммы рассматриваемого цикла и цикла Карно, принимаемого за «эталон», (в том же диапазоне изменения температур и энтропий), либо на величинах средних температур подвода и отвода теплоты в цикле. При расчете данных характеристик эффективности используют метод тепловых балансов, основанный на применении 1-го закона термодинамики.

Уравнение 1-го закона термодинамики:

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + L_{1-2},$$

$$q_{1-2} = \Delta u_{1-2} + l_{1-2}$$

где  $Q_{1-2}$  — теплота, подведенная к рабочему телу при нагревании от состояния 1 до состояния 2;  $\Delta U_{1-2}$  — изменение внутренней энергии рабочего тела так же в процессе 1–2;  $L_{1-2}$  — совершаемая рабочим телом работа в том же процессе, кДж;  $q_{1-2}$ ,  $\Delta u_{1-2}$ ,  $l_{1-2}$  — аналогичные удельные массовые характеристики процесса 1–2, кДж/кг.

Как известно, для характеристики совершенства рассматривают термический КПД  $\zeta_t$  рабочего цикла

$$\zeta_t = (Q_1 - Q_2) / Q_1$$

где  $Q_1$  — теплота, подведенная к рабочему телу от горячего источника, и

$Q_2$  — теплота, отведенная от рабочего тела к холодному источнику, кДж.

В результате на базе технико-экономического анализа рассматривают величины различных КПД, сводимые в конечном счете, к удельному расходу топлива на единицу выработки теплоты, электроэнергии или другого вида выпускаемой продукции, а также учитывают капитальные вложения на строительство установки. Попытки унификации многообразных КПД двигателей, рабочих машин и котлов привели «к 35-и КПД со слабой логической взаимосвязью»

В этих же целях рассматривается энтропийный метод расчета потери работоспособности  $\Delta L$  системы из-за необратимости рабочих процессов цикла.

«Работоспособностью тепла [1], отбираемого от горячего источника с температурой  $T_1$ , называется максимальная полезная работа  $L_{\text{макс. полезн.}}$ , которая может быть получена за счет этого тепла, при условии, что холодным источником является окружающая среда с температурой  $T_0$ .

Расчет  $L_{\text{макс. полезн.}}$  свойственной изолированной системе с обратимыми процессами перехода источника работы из неравновесного (начального) состояния в (конечное) состояние равновесия с окружающей средой выполняют по соотношению [1],



$L_{\text{макс. полезн.}} = (U_1 - U_2) - T_0(S_1 - S_2) - p_0(V_2 - V_1)$ ,  
 где  $U_1, U_2; V_1, V_2; S_1, S_2$ ; — обозначены соответственно, внутренняя энергия, объем и энтропия источника работы в начальном неравновесном состоянии (индекс «1») и в конечном равновесном состоянии в отношении окружающей среды (индекс «2»).

Полезную работу  $L_{\text{полезн}}$  той же изолированной системы в составе источника работы и окружающей среды, в которой рабочие процессы происходят необратимо, рассчитывают по соотношению

$L_{\text{полезн.}} = (U_1 - U_2) - T_0(S_{02} - S_{01}) - p_0(V_2 - V_1)$ ,  
 где  $S_{01}, S_{02}$  — энтропия окружающей среды в состояниях «1» и «2», соответственно.

Очевидно, что  $L_{\text{макс. полезн.}} > L_{\text{полезн}}$ , и разность между ними составит потерю работоспособности  $\Delta L = L_{\text{макс. полезн.}} - L_{\text{полезн}}$  вследствие необратимости рабочих про-

цессов в системе между источником работы и окружающей средой. Величина этой потери работоспособности системы  $\Delta L$ , называемая энергетической потерей, определяется по соотношению

$$\Delta L = \Delta L = T_0 [(S_{02} - S_{01}) - (S_1 - S_2)] = T_0 \Delta S_{\text{сист.}}$$

$$\Delta L = T_0 \Delta S_{\text{сист.}} \text{ — уравнение Гюи-Стодолы,}$$

где  $\Delta S_{\text{сист.}} = [(S_{02} - S_{01}) - (S_1 - S_2)]$  — увеличение энтропии системы.

Уравнение  $\Delta L = T_0 \Delta S_{\text{сист.}}$  установлено французским физиком М. Гюи в 1889 г. Затем это уравнение словацким теплотехником А. Стодолой использовалось в практических расчетах потери работоспособности в элементах энергетического оборудования.

В середине XX века югославским ученым З. Рантом развит эксергетический метод расчета потери работоспособности системы и меры необратимости. Пред-

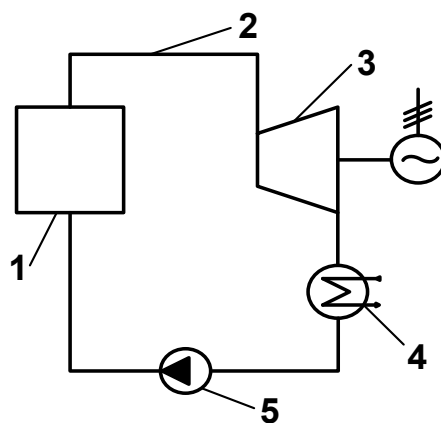


Рис. 1. Принципиальная схема паросиловой установки

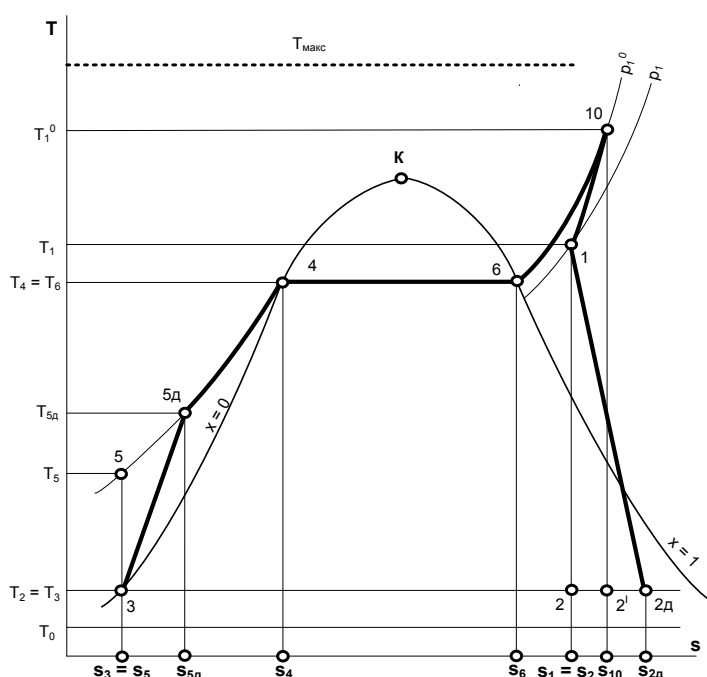


Рис. 2. Тепловая диаграмма «условно реального» цикла паросиловой установки

ложенный З. Рантом метод позволяет количественно определить необратимые потери в рабочих процессах, обусловленных параметрами их осуществления, принять режимные и конструктивные меры для снижения необратимых потерь или их недопущения.

Авторами данного сообщения выполнена расчетная эксергетическая оценка характеристик основного энергетического оборудования паросилового цикла тепловой конденсационной электростанции (ТЭС) с котлом Еп-220–140ГМ ОАО Таганрогского котлостроительного завода «Красный котельщик» и паротурбинной установкой К-200–130. Принципиальная тепловая схема ТЭС представлена на рис. 1 с цифровым обозначением основного оборудования: котельная установка (1), паропровод (2) между котлом и турбиной, турбоэлектрогенератор (3), конденсатор (4) и питательный насос (5).

В таблице 1 представлены параметры и функции состояния рабочего тела в характерных точках цикла.

Результаты оценки термодинамических характеристик основного оборудования эксергетическим методом представлены в таблице 2.

**Выводы**

1. Расчетные соотношения потерь работоспособности изолированной системы, основанные на энтропийном методе более сложны в сравнении с расчетными формулами эксергетического метода. Расчетные соотношения эксергетического метода, на наш взгляд, ближе к инженерной постановке задачи, в сравнении с формулами энтропийного метода.

2. Сравнительный анализ результатов, расчета потерь работоспособности изолированной системы, представленный в [1] издания 1968, 1974, 1982 и 1992 годов на основе энтропийного и эксергетического методов, показывает их хорошую сходимость.

3. Эксергетический метод обеспечивает углубленный анализ потерь работоспособности рабочего тела и потока энергии по каждому элементу энергетической установки.

4. Эксергетический метод оценки эффективности позволяет на стадии проектирования выбрать наилучшие теплотехнические и эксплуатационные параметры для каждого образца оборудования энергетической установки.

**Таблица 1. Термодинамические параметры состояния и свойства рабочего тела в характерных точках цикла Ренкина для конденсационной электрической станции**

Номер точки на диаграмме цикла	Термодинамические параметры состояния и свойства рабочего тела в характерных точках цикла Ренкина							
	p, МПа	t, °C	T, К	$\rho$ , кг/куб. м	v, куб. м/кг	состояние рабочего тела	h, кДж/кг	s, кДж/(кг·К)
точка «10»	14	540	813,15	41,0984	0,02433	перегретый пар	3434,16	6,532
точка «1»	13,5	525,7	798,85	40,5092	0.0247	перегретый пар	3401,13	6,5063
точка «2»	0,0035	26,67	299,82	0,03369	29,686	$x = 0,75219$	1945,43	6,5063
точка «2д»	0,0035	26,67	299,82	0,02997	33,363	$x = 0,84535$	2172,53	7,2637
точка «3 <sub>x=0</sub> »	0,0035	26,67	299,82	996,56	0,001003	Конденсат на левой пограничной кривой, $x = 0$	111,82	0,39061
точка «3 <sub>x=1</sub> » условная точка для сух. нас. пара	0,0035	26,67	299,82	0,02534	39,4663	Сухой насыщ. пар на правой пограничной кривой, $x = 1$	2549,53	8,5211
точка «5»	16,2	27	300,15	1003,62	0,000996	недогретая до насыщения вода	128,02	0,39061
точка «5д»	16,2	27,7	300,85	1003,41	0,000997	недогретая до насыщения вода	130,88	0,4001
точка «4»	15,2	343,2	616,37	599,89	0,001667	Кипящая вода на левой пограничной кривой, $x = 0$	1618,06	3,6958
точка «6»	15,0	342,2	615,31	96,727	0,010338	Сухой насыщ. пар на правой пограничной кривой, $x = 1$	2610,7	5,3106

Таблица 2. Оценка термодинамических характеристик основного оборудования конденсационной электрической станции с котлом Еп-220–140ГМ ОАО Таганрогского котлостроительного завода «Красный котельщик» и паротурбинной установки К-200–130

Основные элементы электростанции	Причины потери эксергии	Потеря эксергии кДж/кг	Доля потери в рассматриваемом элементе КЭС от суммы потерь по всей установке $d_{\text{элемент, i}} / \sum d_{\text{элемент, i}}$	Эксергетический КПД элемента установки
Котлоагрегат	Тепловые потери котла	326	0,1601	0,5089
	Необратимый теплообмен в котле	1244,92	0,6097	
Паропровод	Тепловые потери паропровода	25,92	0,0127	0,9841
Турбогенераторная установка	Необратимость процесса расширения пара в турбине	213,94	0,1048	0,809
	Механические потери в турбине	36,86	0,018	
	Механические и электрические потери в генераторе	23,83	0,0117	
Конденсатор	Необратимый теплообмен в конденсаторе	167,8	0,0822	–
Насос	Необратимость процесса в насосе	2,62	0,0013	0,8625
В целом по паросиловой энергетике $\sum d_{\text{элемент, i}}$		2042	1,000	0,349

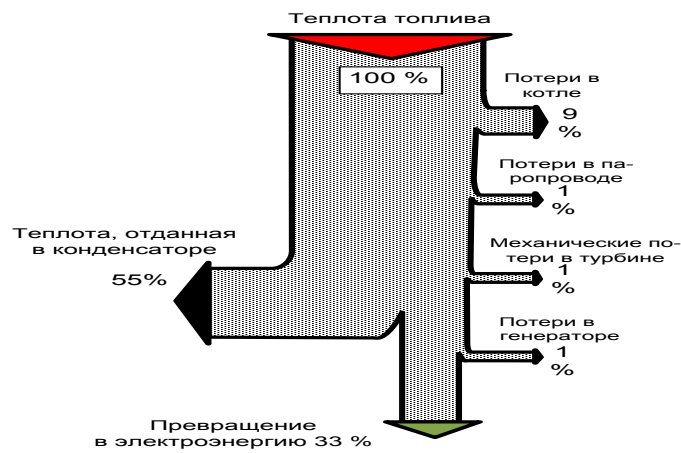


Рис. 3. Диаграмма тепловых потоков в паросиловой установке конденсационной электростанции

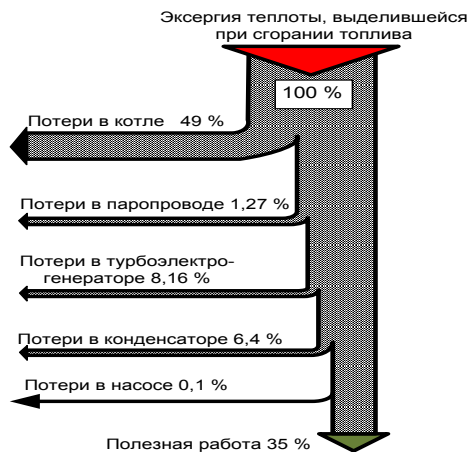


Рис. 4. Диаграмма потоков эксергии в паросиловой установке конденсационной электростанции

## Литература:

1. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика: учебник для вузов/В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд. Дом МЭИ, 2008. — 495 с.: ил.
2. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник/А. А. Александров, Б. А. Григорьев. — М.: Изд. Дом МЭИ, 2006. — 165 с.: ил.
3. Юренев, В. Н. Теплотехнический справочник/под общей редакцией В. Н. Юренева и П. Д. Лебедева. — в 2-х томах, изд. 2-е, перераб. — М.: «Энергия», 1976, 897 с.: ил., т. 2, с. 436.
4. Казаков, В. Г. Эксергетические методы оценки эффективности теплотехнологических установок: учебное пособие для студентов вузов и аспирантов/В. Г. Казаков, П. В. Луканин, О. С. Смирнова. СПб.: изд. Гос. технологического университета растительных полимеров, 2013. — 93 с.: 20 ил.
5. Веретельщик, Т. И. Эксергетический анализ химико-технологических систем. — Черкасск: Гос. технологический университет. Вестник Наука, Образование, Общество, Техника ЧГТУ, 2008 г., № 1, с. 192—195..
6. Ильин, Р. А. Алгоритм оценки эффективности при создании и использовании теплоэнергетических установок различных видов. — Астрахань: Гос. технический университет, Вестник АГТУ, серия «Морская техника и технология», 2010, № 2, с. 79—82.

## Современные методы и средства упаковывания полуфабрикатов

Мейнцер Филипп Александрович, студент;  
Зубарева Евгения Константиновна, преподаватель  
Южно-Уральский государственный университет

Сулеймен Алиман Болаткызы, студент;  
Толеубекова Малика Дулатовна, студент  
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Современный продовольственный рынок представлен множеством пищевых продуктов различных групп, видов, разновидностей, торговых марок и наименований. Товары имеют упаковку, маркировку, представленную потребителям в разном исполнении. К показателям товарного качества относятся характеристики, обеспечивающие удобство реализации продукта, а также признаки и свойства, по которым потребитель составляет первичное суждение о его качестве [9, 10]. Для носителей маркировки используются самые различные материалы, а также виды печати, используемая краска — разных цветов и оттенков, шрифт — разной величины и видов. Производители, используя современные методы исполнения маркировки и самостоятельно расставляя информационные приоритеты, подчас забывают о главной функции — доступности [11, 12]. Даже при исполнении всех требований к содержанию маркировки, она бывает недоступна и нечитаема. В связи с совершенствованием методов торговли особое значение приобретают упаковка, которая должна, прежде всего, обеспечивать качество продукта и сохранность его свойств на всем гарантийном сроке хранения [3, 8].

В настоящее время значение упаковки продуктов питания для сохранения здоровья миллионов людей трудно переоценить. Для упаковки пищевой продукции применяют самые разнообразные материалы: бумагу, картон, целлофан, полимерные и комбинированные материалы,

жесть, алюминий и др. Также существует Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС) «О безопасности упаковки» 005/2011. Кроме того, в связи с ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», требующего указывать на маркировке мясных продуктов срок годности после вскрытия упаковки, остается нераскрытым ряд вопросов. Эти вопросы в основном связаны с протеканием физико-химических, микробиологических и биохимических процессов при хранении продукции до и после вскрытия упаковки [4, 7]. Большое распространение получают удобные лотки для хранения мясных или полуфабрикатов, особенно позволяющие разогреть продукт. Кроме того, при выборе упаковки строго учитывают степень готовности пищевого продукта, например, свежему мясу требуется газопроницаемая упаковка, а кулинарным изделиям — непроницаемая.

В зависимости от различного оборудования продукты можно упаковывать: в вакуумные или термоусадочные вакуумные пакеты; в термоформовочные пленки под вакуум (с термоусадкой и без нее) или в модифицированную газовую атмосферу; в формуемые рукава по технологии флоупак; в трэки (лотки) и др. При упаковывании различного рода пищевых продуктов основным требованием, предъявляемым к упаковке и способу упаковывания, является защита и сохранение качества упакованного продукта в течение определенного времени (до момента его потребления) [5].

Для хранения охлажденных мясных продуктов широко распространено использование тонких растягивающихся однослойных газопроницаемых полимерных пленок. Термоусадочные пакеты из полиэтилена низкой плотности чаще всего применяют для упаковки плиты и мясных отрубов. В целях увеличения срока хранения и предотвращения различного рода загрязнений розничных наборов мясных продуктов, содержащих кости, их фасуют сначала в толстую полимерную термосвариваемую пленку, а затем в тонкую — термоусадочную. Делают это для того, чтобы толстая пленка предохранила от проколов термоусадочную, предотвращая таким образом нарушение целостности упаковки, и предупредила загрязнение продукта. Длительное хранение продуктов животного происхождения и морепродуктов зачастую связано с использованием многослойных газонепроницаемых упаковочных материалов [1]. Использование термоусадочных барьерных пленок обеспечивает защиту упакованного продукта от вредных воздействий окружающей среды и максимально длительное сохранение его потребительских свойств. Благодаря усадочным свойствам упаковочные пленки образуют «вторую кожу» вокруг продукта и выгодно представляют его на витринах. Высокая усадка эффективно препятствует соковыделению из продукта, что способствует сохранению эстетичного внешнего вида и продлению срока хранения [6].

Упаковка по технологии флоупак. Такая упаковка продуктов предусматривает применение горизонтальной или вертикальной вакуумной технологии. Основным преимуществом данной технологии является отсутствие необходимости перенастройки оборудования при упаковке продуктов различных размеров. Упаковка может производиться как под вакуумом, так и с использованием МГ А.

Отличительной особенностью данного вида упаковку является внешний вид: один продольный шов по всей ее длине и два поперечных шва — по краям.

Для данной процедуры применяются флоупак-пленки с особыми свойствами, что обусловлено характером работы промышленного оборудования. Таким образом, для обеспечения надежности упаковки флоупак-пленки должны обладать повышенной прочностью на растяжение

и разрыв, определенной жесткостью и гарантированно легкой свариваемостью [2].

Существуют также полимерные синтетические упаковочные материалы и пленки имеют два существенных недостатка: а) полимерные упаковочные изделия производятся из невозобновляемых природных ресурсов, б) долговечность пластика, которая до недавнего времени считалась главным его достоинством, сегодня является существенным недостатком и представляет в перспективе серьезную угрозу для экологии нашей планеты. Поэтому при создании биоразлагаемой упаковки для мясной и молочной продукции необходимо помнить, что полимерный материал не должен взаимодействовать с продуктом и изменять его качество. Например, для сохранения первоначального качества мясного продукта биополимерная упаковка, так же как и обычная, должна обладать набором оптимальных свойств: иметь достаточную механическую прочность, герметичность, химическую стойкость. Не менее важны оптимальные показатели барьерных свойств: ароматопроницаемость, проницаемость по отношению к газам, воде, парам, жирам и др. Кроме того, при выборе биоразлагаемой упаковки для пищевых продуктов необходимо учитывать сроки реализации, условия хранения и транспортировки непосредственно самой продукции, а также условия и срок разложения используемой в данном случае биополимерной упаковки [1].

В настоящее время в пищевой промышленности большое значение уделяется созданию принципиально новых упаковочных материалов — нетоксичных, легко утилизируемых, способных обеспечить эффективную защиту продуктов от микробных поражений и воздействия кислорода воздуха, предотвратить их усушку в процессе производства и хранения.

Производство мясной и молочной продукции всегда было и до сих пор остается в числе наиболее трудоемких и дорогостоящих отраслей АПК. Мясные и молочные продукты питания обеспечивают потребности человека в животных белках, витаминах, минеральных веществах. Поэтому в процессе технологической обработки и хранения важно сделать так, чтобы потребитель получил качественную продукцию, приготовленную и упакованную по всем нормативным документам РФ.

#### Литература:

1. Гарипов, Р. М. и др. Влияние полимерных упаковочных материалов на сроки хранения полуфабрикатов из мяса птицы // Вестник казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 21. с. 232–235.
2. Губарева, Л. И. Традиции и инновации в упаковке пищевых продуктов, изготовленных с применением нанотехнологий // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2008. с. 113–117
3. Кузьмич, В. В. Влияние различного сырья и технологических режимов его переработки на качественные показатели полуфабриката, используемого для производства упаковки // Наука и техника. 2014. № 4. с. 53–56.
4. Родионова, Н. С. и др. Исследование процесса низкотемпературной тепловой обработки сырья животного происхождения с применением предварительной вакуумной упаковки // Инновации в науке. 2013. № 28. с. 115–121.
5. Белова, А. А. Вторичная упаковка // Мясная индустрия. 2014. № 5. с. 43–44
6. Смурыгин, В. Ю. Упаковочные материалы из мяса птицы // Мясная индустрия. 2013. № 3. с. 9–10.



7. Зинина, О.В., Ребезов М.Б., Асенова Б.К. Инновационные технологии переработки сырья животного происхождения. Алматы, 2015. Сер. Продукты питания животного происхождения.
8. Тарасова, И.В., Ребезов М.Б., Переходова Е.А., Косолапова А.С., Зинина О.В. Оценка показателей качества полуфабрикатов мясных рубленых с биомодифицированным сырьем // Молодой ученый. 2014. № 8. с. 279–281.
9. Зинина, О.В., Ребезов М.Б., Жакслыкова С.А., Солнцева А.А., Чернева А.В. Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сырьем Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. № 3. с. 19–25.
10. Гаврилова, Е.В., Ребезов М.Б. Биомодифицированное коллагенсодержащее сырье в рецептуре полуфабрикатов мясных рубленых. В сборнике: Молодой исследователь материалы 2-й научной выставки-конференции научно-технических и творческих работ студентов. 2015. с. 74–77.
11. Барышникова, Н.И., Зинина О.В., Вайскрובה Е.С. Товароведение, экспертиза и стандартизация. Магнитогорск, 2011.
12. Ткачук, О.В., Прохасько Л.С., Зинина О.В., Касымов С.К., Богатова О.В. Общие признаки идентификации пищевой продукции. Вопросы экономики и управления. 2015. № 1 (1). с. 59–62.

## Технологические решения производства полуфабрикатов

Мейнцер Филипп Александрович, студент;  
Шкаева Наталья Анатольевна, доктор биологических наук, доцент  
Южно-Уральский государственный университет

Сулеймен Алиман Болаткызы, студент;  
Темирбеккызы Айгерим, студент  
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Для переработчиков важной задачей стоит поиск новых технологических решений, связанных с переработкой мяса, и внедрение на предприятиях современных подходов по использованию пищевых ингредиентов [1, 5]. Разрабатываемые продукты должны не только удовлетворять потребителя сбалансированным составом с точки зрения пищевой ценности, но и соответствовать по органолептическим показателям традиционным продуктам из мяса птицы, говядины, свинины [6, 11]. Решение поставленной задачи связано во многом с применением разнообразных пищевых добавок, позволяющих создавать новые пищевые продукты прогнозируемого и гарантированного качества, отвечающие современным технологиям [7, 10]. Это относится не только к колбасам и деликатесам, но и к возрастающему производству полуфабрикатов [8, 9]. Цель работы заключается в предоставлении путей решения проблем расширения ассортимента, улучшения качества и сроков годности, стоящих перед производителями полуфабрикатов в современных условиях.

Рынок полуфабрикатов сегодня, наиболее развивающийся сегмент мясоперерабатывающей отрасли. Предприятия, занимающиеся производством колбасных изделий и деликатесов, не только начинают открывать цеха по изготовлению мясных полуфабрикатов или модернизировать уже существующие и минимизировать риски [12]. Спрос на полуфабрикаты зависит от многих факторов, один из них — сезонность. Зимой и осенью спрос меньше на натуральные полуфабрикаты в маринадах, становятся

востребованными рубленые полуфабрикаты в панировочных сухарях. Весна и лето являются сезоном барбекю и шашлыков. Современным производителям полуфабрикатов есть, что предложить в любой сезон, т. к. в решении этого вопроса важное место занимают функциональные добавки.

В производстве натуральных мясных полуфабрикатов основная сфера применения функциональных препаратов — это рассолы для шприцевания. Рассолы можно подразделять на рассолы, которые включают в состав белки, фосфаты и камеди, на основе цитратов, карбонатов и органических кислот. Наиболее популярны рассолы с фосфатами и камедями. Они позволяют шприцевать мясное сырье от 25 до 50%, улучшают сочность и нежность консистенции готового продукта, способствуют активации мышечных белков и удержанию влаги, стабилизации качества, позволяют улучшить экономические показатели за счет увеличения выхода.

Рассолы на цитратах обладают меньшей функциональностью, чем вещества на базе фосфатов и камедей, уровень шприцевания составляет до 10–25%. Они также разрыхляют соединительную ткань, делают мясо сочнее и мягче, кроме того увеличивают срок годности и сохраняют цвет натуральных и рубленых полуфабрикатов. Такие рассолы используют не только при шприцевании, но и при ручном замешивании и массировании, что наиболее подходит для гипермаркетов с собственным производством [2].

На рынке ингредиентов для мясопереработки маринад является перспективным продуктом, за счет того, что, в отличие от моноспеций, это продукт, предлагающий способы разнообразить ассортимент выпускаемых продуктов.

Производители ингредиентов предлагают новые маринады и комплексные смеси специй с функциональными компонентами. Ведь удовлетворение возрастающих требований потребителей — не единственная задача, решаемая производителями и поставщиками ингредиентов. Существенную роль играет желание помочь производителям мясной продукции предлагать конечному потребителю товар, с улучшенным внешним видом, качеством, а также разнообразить ассортимент продуктов, и в конечном итоге сократить время на приготовление.

Маринады выпускают:

— «базовые» — с легким ароматом, в составе которых рапсовое масло, растительные экстракты паприки или чеснока, или мед. В основном они используются для нанесения на поверхность полуфабрикатов, как самостоятельный компонент или с декоративными специями;

— на основе эмульсии — в составе которых растительные масла, вода, специи, экстракты пряностей и соль. Отличаются ярко выраженным вкусом, цветом и запахом, используются для обработки полуфабрикатов как самостоятельный компонент;

— маринады с выраженным блеском — на основе растительных масел и смесей специй;

— с овощами — основе масла, но могут содержать паприку, грибы, лук, кукурузу, морковь, цветную капусту и другие овощи;

— в сухом виде — маринады в порошке просты в использовании и имеют минимальный расход. Они позволяют получить маринад желаемой консистенции и более низкой стоимости. Для мясопереработчиков они привлекательны своей эффективностью и простотой применения. На первом этапе технологического процесса сухую смесь необходимо развести в воде. Затем следует перемешать

маринад с мясом в массажёре или вручную. Добавление растительного масла на заключительном этапе технологического процесса способствует защите поверхности продукта от заветривания и придаёт ей идеальный блеск [4].

Рубленые мясные полуфабрикаты производятся в широких масштабах. Технология их производства допускает большие замены мясного сырья. Самые значительные доли замен приходится на текстурированную соевую муку, которая на сегодняшний день находится в прямой зависимости от урожая сои. С помощью соевых белков или в сочетании с животными белками можно решить проблемы консистенции, сочности, вызванные некачественным сырьем, за счет использования соевых, животных белков или пищевых волокон. Данные компоненты снижают потери массы при термической обработке, обладают высокой пищевой и биологической ценностью, улучшают органолептические показатели готовой продукции. Не последнюю роль в производстве рубленых полуфабрикатов играют панировочные сухари. Панирование — это метод кулинарной обработки подготовленных к обжариванию мясных, рыбных, овощных и других продуктов. Заключается он в том, что кулинарные изделия обваливают со всех сторон в разнообразных сыпучих продуктах, которые и являются панировкой. Панирование необходимо, чтобы уберечь кулинарное изделие от избыточной потери влаги, а вместе с ней и многих ценных питательных веществ, которые содержатся в продукте. Панировка придаёт изделиям прочность, румяную поджаристую корочку, аппетитный вид и максимально сохраняет сочность готового продукта [3].

В производстве мясных полуфабрикатов используются практически все типы функциональных компонентов. Главное — соблюдать оптимальные дозировки, необходимые для данного вида продукта, качества сырья. Поэтому производители стремятся усовершенствовать выпускаемые ингредиенты, для того, чтобы человеческий фактор не смог повлиять на качество готового продукта.

Литература:

1. Прянишников, В. В., Ильтяков А. В., Касьянов Г. И. Пищевые волокна и белки в мясных технологиях. Краснодар: Экоинвест. 2012.
2. Прянишников, В. В., Старовойт Т. Ф., Колыхалова В. В. Инновационные технологии производства мясных полуфабрикатов // Мясная индустрия. 2013. № 4. с. 52–54.
3. Прянишников, В. В. Свойства и применение препаратов серии «Витацель» в технологии мясных продуктов. Диссерт. на соиск. ...к. т. н. Воронеж: ВГТА, 2007.
4. Прянишников, В. В., Колыхалова В. В., Орехов О. Г. Маринады для мясных полуфабрикатов // Пищевая промышленность. 2013. № 8. с. 24–25.
5. Зинина, О. В., Ребезов М. Б., Жакслыкова С. А., Солнцева А. А., Чернева А. В. Полуфабрикаты мясные рубленые с ферментированным сырьем Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2012. № 3. с. 19–25.
6. Тарасова, И. В., Ребезов М. Б., Переходова Е. А., Косолапова А. С., Зинина О. В. Оценка показателей качества полуфабрикатов мясных рубленых с биомодифицированным сырьем // Молодой ученый. 2014. № 8. с. 279–281.
7. Зинина, О. В., Ребезов М. Б., Асенова Б. К. Инновационные технологии переработки сырья животного происхождения. Алматы, 2015. Сер. Продукты питания животного происхождения.

8. Гаязова, А. О., Ребезов М. Б., Попова М. А., Лукиных С. В. Оценка качества и безопасности разработанного мясорастительного рубленого полуфабриката // Молодой ученый. 2014. № 10 (69). с. 133–136.
9. Гаязова, А. О., Ребезов М. Б., Паульс Е. А., Ахмедьярова Р. А., Косолапова А. С. Перспективные направления развития производства мясных полуфабрикатов // Молодой ученый. 2014. № 9 (68). с. 127–129.
10. Ребезов, М. Б., Зинина О. В., Максимюк Н. Н., Соловьева А. А. Использование животных белков в производстве мясопродуктов // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2014. № 76. с. 51–53.
11. Бурцева, Т. И., Ребезов М. Б., Асенова Б. К., Стадникова С. В. Развитие технологий функциональных и специализированных продуктов питания животного происхождения. Алматы, 2015. Сер. Продукты питания животного происхождения.
12. Губер, Н. Б., Ребезов М. Б., Топурия Г. М. Минимизация рисков при внедрении технологических инноваций в мясной промышленности (на примере Южного Урала) // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. № 2. с. 180–188.

## Обзор видов атак по побочным каналам на криптографические устройства

Подлеснов Александр Владимирович, магистрант  
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*Данная статья посвящена исследованию основных видов атак по сторонним каналам, применяемых для криптографических устройств. Рассмотрены отличительные особенности и способы реализации. В заключение статьи приведен краткий вывод.*

**Ключевые слова:** информационная безопасность, атаки по побочным каналам, криптографическое устройство, эллиптическая кривая.

### Введение

В связи с быстрым ростом мобильных устройств, производятся попытки внедрения новых методов шифрования на замену алгоритмов с открытым ключом, таких как RSA. Это вызвано тем, что ресурсы у мобильных устройств довольно ограничены, а для обеспечения безопасности необходимо постоянно увеличивать длину ключа. Связано это с развитием вычислительной техники и технологии облачных вычислений, способных вычислить ключ. Например, в 1999 году 512-битный ключ был вычислен за семь месяцев, что гораздо меньше срока устаревания секретной информации. На данный момент Лаборатория RSA рекомендует использовать для обычных задач ключи размером 1024 бита, а для особо важных — 2048 бит.

Однако, от длины ключа напрямую зависит время шифрования и расшифровки сообщения, а значит и затрачиваемые вычислительные ресурсы устройства, на котором реализован данный алгоритм. Этот факт ставит разработчика перед выбором между защищенностью и быстродействием устройства. Оптимальным вариантом может стать криптосистема на эллиптических кривых (ЭК).

Преимуществом ECC перед RSA является значительно меньший размер ключа для обеспечения такой же стойкости алгоритма. Также на данный момент не существует алгоритмов решения суб-экспоненциальной сложности для эллиптических кривых над конечными полями, что позволяет гарантировать стойкость алгоритма шифрования.

Стоит заметить, что существуют алгоритмы суб-экспоненциальной сложности для суперсингулярных ЭК, поэтому необходимо обращать внимание на форму ЭК при построении криптосистемы.

Но так как в мире нет ничего идеального, то и у криптосистем на эллиптических кривых есть недостатки. Одним из них является подверженность криптосистем к атакам по сторонним каналам.

Атаками по сторонним каналам (SCA) называются атаки на криптографические устройства, при которых злоумышленник, помимо зашифрованного сообщения и/или открытого ключа, обладает дополнительной информацией, такой как: время выполнения шифрования; потребляемая мощность во время работы; акустические шумы, издаваемые во время работы; электромагнитное излучение, генерируемое устройством и т. д.

### История

Первым упоминанием использования побочных каналов для получения информации стали мемуары Питера Райта, старшего офицера разведки МИ-5 Великобритании. Ему удалось осуществить взлом шифра роторной шифровальной машины, находящейся в посольстве Египта в Лондоне. Для этого он предложил установить микрофон и записывать звуки, издаваемые машиной, при наладке. Это позволило вычислить положение двух из трех роторов, а впоследствии и вскрыть шифр.

На статическую зависимость времени, затрачиваемого криптографическим устройством при вычислении операции возведения в степень, и значением секретного ключа обратил внимание Пол Кохер в своих исследованиях в 1996 году [1]. С тех пор разработчики криптосистем перестали смотреть на аппаратную реализацию устройства, как на «черный ящик».

### Классификация

Существует несколько видов классификации атак по сторонним каналам.

#### 1. По факту вмешательства различают:

а) Пассивные атаки — атаки, производимые без вмешательства в работу криптосистемы.

б) Активные атаки — атаки с активным вмешательством в работу криптосистемы.

#### 2. По характеру воздействия различают:

а) Разрушающие атаки — атаки с вскрытием криптосистемы и непосредственным воздействием на ее составные части.

б) Полу разрушающие атаки — атаки с воздействием на составные части криптосистемы, но без непосредственного контакта с ней (например, использование лазерного луча или температурное воздействие).

в) Неразрушающие атаки — атаки без непосредственного воздействия на криптосистему (подсчет энергопотребления или времени выполнения операций).

#### 3. По способу анализа полученных данных различают:

а) Простые атаки — поиск прямой зависимости между водными данными и информацией, полученной из побочного канала.

б) Дифференцированные атаки — выявление взаимосвязи между водными данными и информацией, полученной из побочного канала, путем статистической обработки большого количества измерений.

### Известные виды атак.

#### Атаки зондированием (Probing Attack).

Атака зондированием является наиболее простой пассивной разрушающей атакой.

Для получения секретной информации криптографическое устройство вскрывается, после чего исследуется при помощи микроскопа, и затем устанавливаются микроскопы на сигнальные проводники. Также с помощью микроскопа есть возможность анализа ячеек памяти устройства. [2] Ячейки памяти под увеличением представлены на рисунке 1.

При проведении анализа, для обеспечения удобства, тактовые частоты работы устройства снижаются.

#### Атаки по времени (Timing attack).

Атаки по времени основаны на том, что различные операции в криптографическом устройстве выполняются за разные промежутки времени. Для выполнения каждой операции в вычислительной технике требуется время, и это время может различаться в зависимости от входных данных [1]. Этот факт означает, что можно выполнив высокоточный замер времени выполнения алгоритма при различных входных данных и после анализа получить секретный ключ. Данный вид атака является пассивным и неразрушающим.

#### Атаки по потребляемой мощности (Power Analysis Attack).

Впервые данный вид атак был предложен Полом Кохером в 1999 году. Он основан на том, что криптографическое устройство потребляет различное количество электроэнергии на разных этапах работы [3]. Из курса физики известно, что элементы КМОП, на которых строится большинство современной вычислительной техники, потребляют энергию только при переключении. Исходя из этого, можно выполнить высокоточный замер потребляемой мощности устройством (например, путем добавления в цепь питания резистора) и провести анализ полученных данных. Данный анализ позволяет определить, какие операции выполнялись в устройстве, а также их параметры. Данный вид атаки является пассивным.

Схематичный вид снятых данных с цепи питания устройства представлен на рисунке 2.

Анализ полученных данных можно проводить двумя способами:

#### 1. Простая атака по потребляемой мощности (SPA).

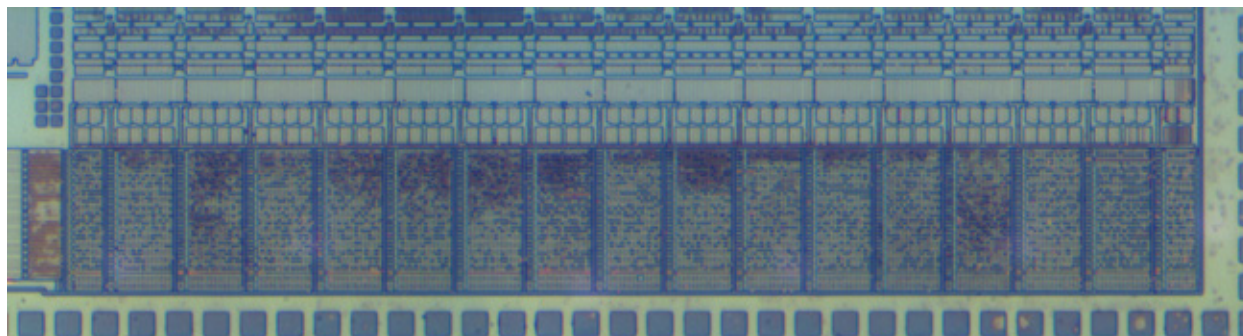


Рис. 1. Ячейки памяти



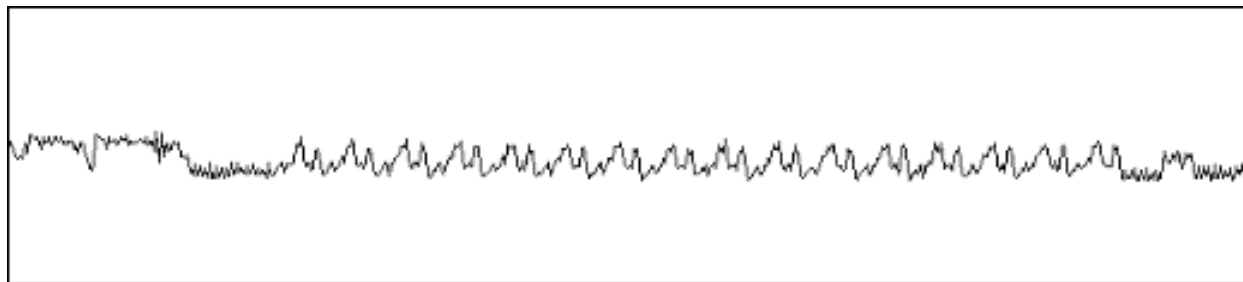


Рис. 2. Схематичный вид снятых данных

Простая атака по потребляемой мощности осуществляется сопоставлением участков временной диаграммы конкретным исполняемым функциям устройства и затем вычисление состояний конкретных регистров системы. Однако для осуществления данной атаки необходимы сведения о внутреннем устройстве криптосистемы.

### 2. Дифференциальная атака по потребляемой мощности (DPA).

Для реализации дифференциальной атаки по потребляемой мощности необходимо провести большое количество замеров, после чего провести статистический анализ. Это позволяет вычислить секретные данные, не зная внутренней структуры криптографического устройства, и даже при наличии помех и шумов.

### Атаки по электромагнитному излучению (Electromagnetic Analysis Attack).

Данный вид атак был известен и применялся в военных кругах достаточно давно. Первые экспериментальные результаты по электромагнитным атакам на криптографические устройства были представлены Квоскватером (Quisquater) и Гандольфи (Gandolfi). Наиболее полным несекретным исследованием атак при помощи электромагнитного излучения на сегодняшний день является работа Агравала (Agrawal). В его работе показано, что электромагнитное излучение может быть использовано не только для атак на криптографические средства, но и для обхода противодействий атакам по мощности [4].

ЕАА основана на электромагнитном излучении, которое генерирует криптографическое устройство. Получив диаграмму электромагнитного поля во время работы, при помощи высокоточных датчиков магнитного поля, можно провести ее анализ.

Атаки по электромагнитному излучению, как и РАА, можно разделить на 2 вида:

1. Простые электромагнитные атаки.
2. Дифференциальные электромагнитные атаки.

### Акустические атаки (Acoustic attack).

Акустическая атака направлена на извлечение секретной информации из звуков, генерируемых устройством во время работы. Изначально она использовалась для взлома электромеханических шифраторов и принтеров ударного действия. Однако он также применим при анализе звуков, издаваемых внутренними компонентами криптосистемы (например, кулером). Данный вид атаки является пассивным и неразрушающим.

Обычно для получения полезной информации по побочным каналам требуется высокочастотный замер, с дискретизацией близкой ко времени выполнения одной операции (порядка ГГц). Но частота приема микрофонов достигает лишь сотен кГц (для ультразвуковых микрофонов), однако даже при помощи таких измерений возможно полное извлечение ключа. [5]

Сложностью данной атаки является сильное влияние внешних воздействий (шумов) на успешность проведения анализа.

### Выводы

На данный момент проанализированы все известные побочные каналы утечки информации из криптографического устройства, однако существует вероятность появления новых видов атак по сторонним каналам. Сложность получения секретного ключа в основном зависит от качества построения самой криптосистемы, поэтому комбинирование полученных методов позволяет получить лучшие результаты.

### Литература:

1. P. Kocher «Timing Attacks on Implementations of Diffie-Hellman, RSA, DSS, and Other Systems», ACM Crypto'96, 1996.
2. S. Skorobogatov. «Side-channel attacks: new directions and horizons», Design and Security of Cryptographic Algorithms and Devices (ECRYPT II), 2011.
3. P. Kocher, J. Jaffe, B. Jun. «Differential power analysis», CRYPTO'99, 1999.
4. D. Agrawal, B. Archambeault, «The EM Side — Channel (s). CHES 2002», 2002.
5. D. Genkin, A. Shamir, E. Tromer, «RSA Key Extraction via Low-Bandwidth Acoustic Cryptanalysis», 2013.



## Обзор аппаратных генераторов случайных чисел

Подорожный Иван Вадимович, магистр  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Данная статья посвящена исследованию основных способов построения аппаратных генераторов случайных чисел. Рассмотрены их схемы и отличительные способности. В заключении статьи приведен краткий вывод.

**Ключевые слова:** генератор случайных чисел, квантовый генератор, тепловой шум.

### Генераторы, использующие физические квантовые случайные процессы

#### Фазовый квантовый шум в лазерном луче

Одним из самых надежных способов получения случайных чисел является ГСЧ, регистрирующий квантовый эффект удара фотонов в зеркало.

На полупрозрачное зеркало направляются фотоны, генерируемые источником одиночных фотонов. Фотон может отразиться, а может пройти через полупрозрачное зеркало с одинаковыми долями вероятности. Выбор, который «делает» фотон, абсолютно случаен. На выходе системы стоят два счетчика фотонов, регистрирующих прошедшие и отраженные фотоны и формирующих выходные электрические сигналы. [1]

Подобные квантовые генераторы имеют высокую скорость выходного потока — до 10–16 Мбит/с, — при которой не наблюдается никаких корреляций и выполняются все статистические тесты. [2]

#### Матрица фотокамеры

Большинство источников света выпускают фотоны в совершенно случайные моменты времени и количество фотонов, выпущенных за единицу времени будет различаться на величину, которая является полностью слу-

чайной. Этот факт лег в основу ГСЧ, построенного на базе светочувствительной КМОП-матрицы обычной фотокамеры группой ученых из Женевского университета во главе с Бруно Сангинетти.

Каждый пиксель матрицы «считает» количество фотонов, попавших на его поверхность за определенный промежуток времени. Эти фотоны конвертируются в электроны, которые затем умножаются на множитель, определенный светочувствительностью матрицы (уровень ISO). Количество электронов за один и тот же период будет отличаться на совершенно случайное число.

На практике процесс генерации таких случайных чисел выглядит довольно просто: матрица фотокамеры засвечивается зеленым светодиодом и делаются два снимка с одинаковой длительностью выдержки. Затем снимки программно обрабатываются для получения случайных чисел.

По словам разработчиков, случайные числа, полученные в результате опытов с использованием светочувствительной матрицы современного мобильного телефона, успешно прошли статистические тесты. Более того, за счет больших размеров матрицы и частоты получения снимков, разработанный ими ГСЧ может генерировать случайные числа с огромной скоростью (до 3 Гбит/с). [3]

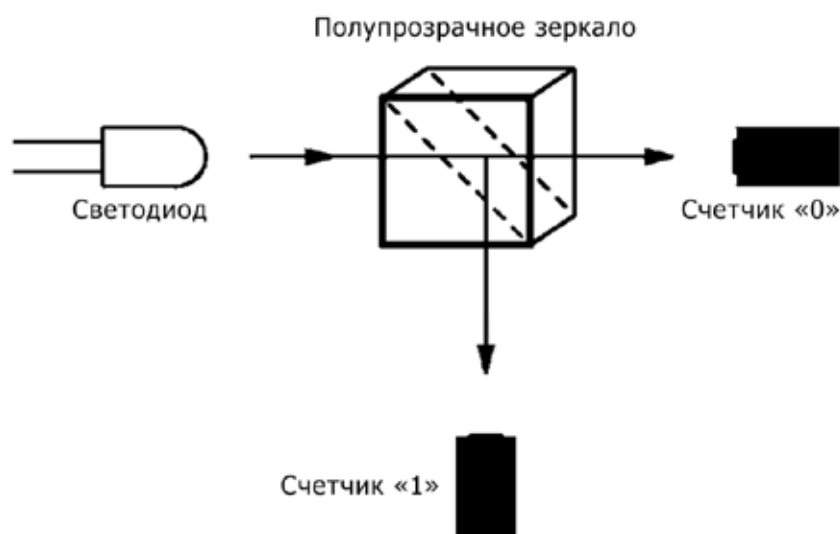


Рис. 1. Схема ГСЧ, построенного на базе фазового квантового шума в лазерном луче

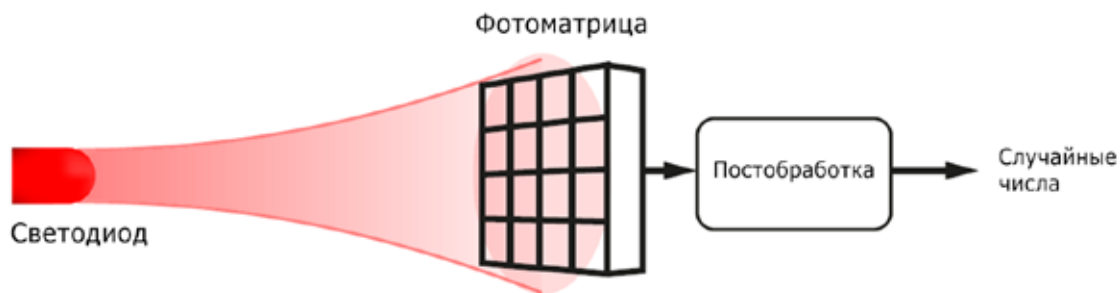


Рис. 2. Схема ГСЧ, построенного на базе фотоматрицы

### Генераторы, использующие другие физические случайные процессы

#### Тепловой шум

Тепловой шум, также называемый шумом Джонсона, генерируется всеми пассивными резистивными элементами электрических цепей. Причина его появления — случайное броуновское движение электронов в резистивной среде. Тепловой шум увеличивается с ростом температуры и сопротивления и часто оказывается самой существенной составляющей шума в прецизионных полупроводниковых преобразователях данных. [4]

Одним из успешных примеров построения ГСЧ на базе теплового шума является генератор, разработанный компанией Intel в 1999 году и используемый в чипсетах Intel 800 серии.

ГСЧ Intel использует последовательности случайных чисел, получаемые с двух тактовых генераторов, частота работы одного из которых превышает частоту другого в 100 раз. Тепловой шум с источника (полупроводнико-

вого резистора) усиливается и используется для управления частотой колебаний медленного генератора.

Случайные числа, полученные в результате дрейфа (погрешности хода) двух генераторов, проходят дальнейшую аппаратную обработку через «корректор Фон Неймана» для получения сбалансированного распределения нулей и единиц.

Среди недостатков данного генератора случайных чисел можно выделить большое энергопотребление (из-за кольцевого генератора, используемого для усиления теплового шума) и относительно небольшую для современных потребностей скорость генерации (порядка 75 Кбит/с после пост-обработки). [5]

#### Цифровая схема с неопределенным состоянием

В 2008 году инженеры компании Intel принялись за разработку нового варианта генератора случайных чисел, который работает исключительно на цифровой основе.

Предложенное ими решение нарушает основное правило цифрового проектирования: схема всегда должна

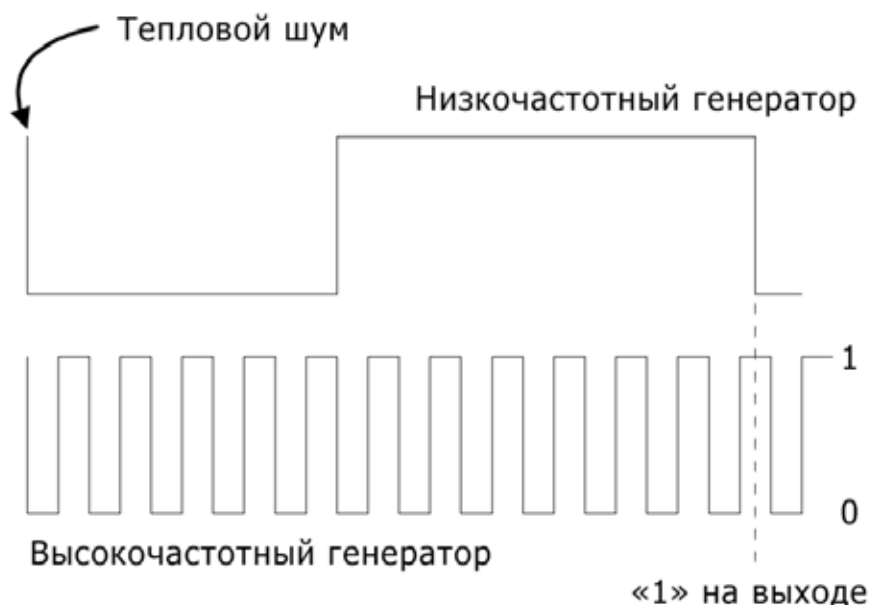


Рис. 3. Временная диаграмма ГСЧ Intel

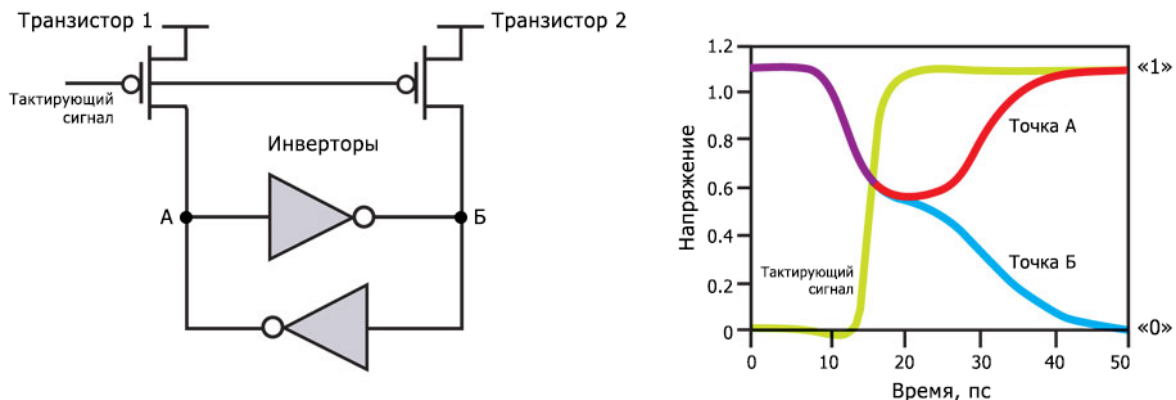


Рис. 4. Современный генератор Intel

быть в одном из двух определенных состояний (логический низкий и логический высокий уровни сигнала).

Схема ГСЧ состоит из пары инверторов, выход каждого из которых подключен к входу другого. Если на выходе у первого инвертора будет логический низкий уровень сигнала, то второй инвертор получит этот уровень на входе и, соответственно, выдаст высокий уровень сигнала на выходе, и наоборот. Дополнительно в цепь добавлены два транзистора, включение которых дает на входе и выходе обоих инверторов логический высокий сигнал. Каждый период тактирующего сигнала, при отключении транзисторов, оба инвертора стремятся принять противоположное положение, т. е. одно из двух устойчивых состояний, генерируя при этом один случайный бит.

Данная разработка позволила избавиться от неудобств аналоговых компонентов предыдущего варианта ГСЧ, значительно уменьшить энергопотребление и увеличить скорость генерации более чем в 30 тысяч раз. [6]

**Лавинный шум (шум лавинного умножения)**

Источниками лавинного шума являются PN-переходы, работающие в режиме обратного пробоя, как это происходит в стабилитронах (зенеровских диодах). Ток, генерируемый во время лавинного пробоя, состоит из случайно распределённых шумовых выбросов, проходящих через обратно смещённый переход. Подобно дробовому шуму, для генерации лавинного шума требуется наличие тока, но обычно он гораздо интенсивнее. [4]

В ГСЧ на базе такого источника случайных чисел обычно используют переход эмиттер-база биполярного NPN транзистора из-за низкого пробойного напряжения. Снятый с перехода шум усиливается и преобразовывается в цифровой сигнал.

Случайные числа с подобных ГСЧ проходят все статистические тесты, однако скорость их генерации крайне мала — менее 10 Кбит/с. [7]

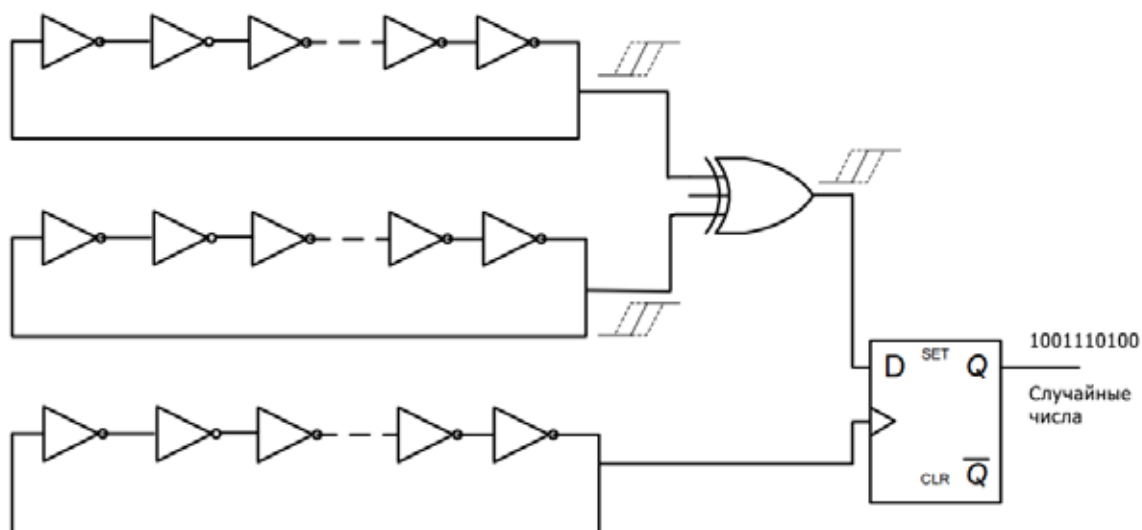


Рис. 5. ГСЧ, построенный на кольцевых генераторах

### Фазовое дрожание в кольцевых генераторах

Фазовое дрожание цифрового сигнала данных (джиттер от англ. jitter) — нежелательные фазовые и/или частотные случайные отклонения передаваемого сигнала. Возникают вследствие нестабильности задающего генератора, изменений параметров линии передачи во времени и различной скорости распространения частотных составляющих одного и того же сигнала. Поскольку фазовое дрожание зависит от различных факторов, некоторые из которых полностью случайны, оно может быть использовано как источник случайных чисел. [8]

В ГСЧ на базе такого явления обычно сравниваются случайные задержки прохождения сигнала через кольцевые генераторы. Простейший кольцевой генератор состоит из нечетного числа инверторов, соединенных последовательно, при этом выход последнего соединен с входом первого инвертора, образуя линию обратной связи. Частота колебания такого генератора определяется суммой

задержек всех его инверторов, это время зависит от множества параметров, включающих в себя тепловой шум в проводниках и полупроводниках и помехи в источниках питания. [9]

Среди минусов такого ГСЧ можно выделить относительно небольшую скорость генерации и большое энергопотребление.

### Заключение

В статье были рассмотрены основные способы построения аппаратных генераторов случайных чисел. Среди них можно выделить один из самых современных и прогрессивных способов — генератор случайных чисел на базе неопределенных состояний, разработанный инженерами компании Intel и обладающий одной из самых высоких скоростей выходного потока (до 3 Гбит/с) и низким энергопотреблением.

### Литература:

1. Задков Виктор, Владимирова Юлия. Классические и квантовые генераторы случайных чисел. URI: [http://www.supercomputers.ru/index.php?id=441&option=com\\_k2&view=item](http://www.supercomputers.ru/index.php?id=441&option=com_k2&view=item) (дата обращения: 17.12.2015).
2. M. Stipčevića, B. Medved Rogina. Quantum random number generator based on photonic emission in semiconductors. URI: [http://www-personal.umich.edu/~andrewcb/DSO/Papers/Random Number Generator/2007-quantum\\_random\\_number\\_generator\\_based\\_on\\_photonic\\_emission.pdf](http://www-personal.umich.edu/~andrewcb/DSO/Papers/Random%20Number%20Generator/2007-quantum_random_number_generator_based_on_photonic_emission.pdf) (дата обращения: 17.12.2015).
3. Anthony Martin, Hugo Zbinden, Nicolas Gisin. Quantum random number generation on a mobile phone. URI: <http://arxiv.org/pdf/1405.0435v1.pdf> (дата обращения: 17.12.2015).
4. Стив Эдвардс. Оптимизация шумовых параметров сигнальных цепей. URI: <http://www.symmetron.ru/articles/noise-reduction-1.pdf> (дата обращения: 17.12.2015).
5. Benjamin Jun, Paul Kocher. The Intel random number generator. URI: <https://www.rambus.com/wp-content/uploads/2015/08/IntelRNG.pdf> (дата обращения: 17.12.2015).
6. Greg Taylor, George Cox. Behind Intel's new random number generator. URI: <http://spectrum.ieee.org/computing/hardware/behind-intels-new-randomnumber-generator> (дата обращения: 17.12.2015).
7. Holden. Random sequence generator based on avalanche noise. URI: <http://holdenc.altervista.org/avalanche/> (дата обращения: 17.12.2015).
8. Vikram Belur Suresh. On-chip true random number generation in nanometer CMOS. URI: <http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1872&context=theses> (дата обращения: 17.12.2015).
9. Прощеряков, А. А., Иванюк А. А. Кольцевой генератор и его неповторимый температурный коэффициент линейной регрессии. URI: [http://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/3312/1/Кольцевой генератор и его неповторимый температурный коэффициент линейной регрессии. PDF](http://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/3312/1/Кольцевой%20генератор%20и%20его%20неповторимый%20температурный%20коэффициент%20линейной%20регрессии.pdf) (дата обращения: 17.12.2015).

## Роботизация обслуживания лакокрасочного покрытия

Поеджаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Васенин Александр Сергеевич, студент;

Шумков Арсений Геннадьевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В современном мире автомобиль считается скорее средством передвижения, чем предметом роскоши, которым он считался в начале прошлого столетия. Несмотря на этот факт, каждый автовладелец уделяет пристальное внимание внешнему виду своего автомобиля. Помимо обычной мойки достаточно популярна услуга по полировке кузова автомобиля. В нижеприведенной статье рассмотрена роботизированная система, которая позволит качественно произвести обслуживание лакокрасочного покрытия.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система, лакокрасочное покрытие, обслуживание кузова автомобиля.

Без исключения каждый автовладелец хочет, чтобы его автомобиль был технически исправным и выделялся из потока аккуратностью своего экстерьера. Но для того, чтобы кузов автомобиля выглядел хорошо, порой недостаточно его мойки, необходимо систематически обслуживать лакокрасочное покрытие (ЛКП), следить за его состоянием. Этот процесс достаточно трудоемкий и на тщательную диагностику кузова может уйти немало времени и средств.

С целью уменьшения временных затрат на выявление неисправностей, повышения качества оценки ЛКП, автоматизации процесса обработки лакокрасочного покрытия была создана роботизированная система [1]. Она позволяет выявлять следующие недостатки:

- Царапины и вмятины
- Сколы и вздутия ЛКП
- Микротрещины и микро царапины
- Неоднородность финишного слоя краски
- Потёки, очаги коррозии

В данной роботизированной системе применены неразрушающие методы контроля: для определения толщины лакокрасочного покрытия использован датчик, применяемый в ультразвуковом толщиномере [1]. Наибольший же интерес вызывает организация управления данной робототехнической системой. Рассмотрим ее подробнее.

Прежде всего, работа двух манипуляторов должна координироваться сенсорной системой, в которую входят система технического зрения, система программирования, иерархическая вычислительная система [2]. Оператор взаимодействует с системой путем подачи команд через модуль управления. Вместе с тем в зоне работы робототехнической системы необходимо осуществлять навигацию манипуляторов, координировать работу всей системы, следить за появлением, распознаванием и разрешением возникающих конфликтов, распознавать препятствия в зоне работы и изменять курс движения манипуляторов при работе [2]. Концепция системы проблемно-ориен-

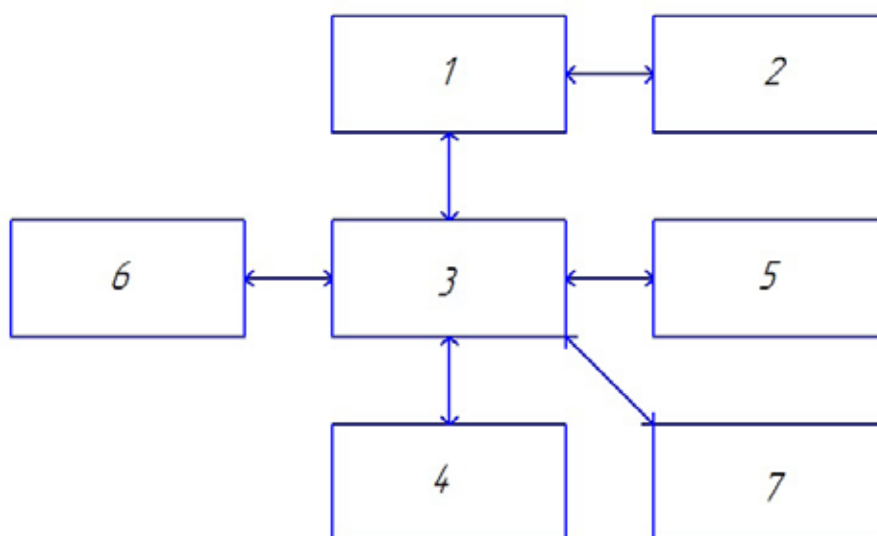


Рис. 1. Схема системы: 1 — модуль САПР; 2 — модель мира; 3 — модуль планирования; 4 — программный интерфейс; 5 — монитор; 6 — модуль языка программирования; 7 — манипулятор





Рис. 2. Манипуляторы для обслуживания кузова

тированного программирования может выглядеть следующим образом (рис. 1).

Модуль САПР — в нем содержится графическая информация о форме обслуживаемых автомобилей. Эта информация используется модулем планирования при идентификации автомобиля.

Модель мира — структурное описание совершаемых манипуляторами операций, которая может содержать информацию о соотношениях между манипуляторами и объектов (автомобилем), использовании сенсоров для различных операций, стандартных процедурах обслуживания автомобилей.

Модуль планирования — модуль служит для описания среды работы манипуляторов и описания стоящей перед робототехнической системой задачи.

Программный интерфейс — служит для постановки стоящей перед роботом задачи и ее оперативного ввода

пользователем.

Монитор — часть системы, контролирующая работу схватов в процессе работы и сопоставляющая их траектории с реальностью посредством системы технического зрения

Модуль языка программирования — модуль отвечает за задание программы робототехнической системе.

Манипулятор — устройство, которое обслуживает и диагностирует лакокрасочное покрытие (рис. 2). Он оборудован датчиками близости, датчиком неразрушающего контроля лакокрасочного покрытия; камерой, которая предоставляет информацию системе технического зрения [3].

В данной статье рассмотрен подход организации функционирования робототехнической системы для обслуживания лакокрасочного покрытия автомобиля, а также приведена схема организации управления системой.

#### Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учеб. пособие: в 3ч./Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. гос. тех. ун-та, 2009. — Ч. 2. — 185 с.
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.

## 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:** коптер, робот, сельское хозяйство.

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

**Keywords:** copter, robot, agriculture.

Внедрение роботов является достаточно серьезным вопросом в наши дни. Агропромышленный комплекс является весьма перспективным направлением развития промышленности. В сельском хозяйстве наиболее распространенным трудом является уход за посадками, а именно их поливка и распыление удобрений и химикатов против насекомых-вредителей. Сейчас это делают люди, но это занимает большое количество времени и затрат человеческой силы. Поэтому в перспективе этим могут заняться коптеры. Предполагается в обслуживании обрабатываемых полей движение коптеров по схеме (рис. 1.).

*Коптер* опирается на восемь винтов, что позволяет ему поднимать жидкость для распыления весом до 10 кг. Таким образом дроны могут распылять удобрения или пестициды. Одной заправки хватает для области 80 x 120 м в час дрон может обрабатывать от 60 до 80 м<sup>2</sup>. Жидкость попадает на распылители, которые расположены под четырьмя винтами из восьми. Она поступает из резервуара по четырем трубкам.

Дрон управляется дистанционно через пульт управления. Индикация зарядка аккумулятора и жидкости в резервуаре указывается на пульте на специальном экране. Можно регулировать высоту распыления жидкости и ско-



Рис. 1. Схема движения коптеров



Рис. 2. Распыление жидкости дроном

рость распыления в литрах в минуту. Скорость полета может регулироваться автоматически. Дрон самостоятельно определяет положение через датчики GPS, профиль полета можно задавать по трем точкам. С помощью ультразвука определяется высота, возможен подъем до 8 м (рис. 2.).

Для этих коптеров предлагается использовать программирование высокого уровня. Предназначенная для работы программа интегрального управления несколькими параллельно работающими коптерами является отличительной особенностью нашей разработки. Соответствующая система с выбором базового языка программирования, имеет следующие требования: наличие средств описания параллельно функционирующих компонент; обеспечение возможности решения проблем координации и синхронизации таких компонент; наличие развитых языковых средств, позволяющих описывать алгоритмы планирования действий коптера и перемещения объектов в рабочей зоне; структурность и ясность базовых программных конструкций; возможность быстрой адаптации языка к широкому классу ЭВМ. Рассматривая система включает два небольших экспериментальных коптера, два контролера, реализованных на базе Intel iAPX с реализацией операций на вспомогательном процессоре Intel. Основная ЭВМ поддерживает верхний уровень системы управления, обеспечивая передачу команд и прием сообщений от контроллеров и системы технического зрения, подключенных через последовательный интерфейс. При этом основная ЭВМ и контролеры iAPX работают в режиме «главный — подчиненный». Информационно-управляющее взаимодействие между ЭВМ осуществляется в соответствии со специальным протоколом, который включает команды нормального приема/передачи данных (эти команды могут накапливаться по мере поступления в буферных областях контроллеров и исполняться последовательно по принципу «первый пришел — первый выполняется») и команды оперативного управления, исполняемые сразу же, как только они поступают в контроллер (к ним относятся, например, требования приостановки процесса управления, обработка сбоев и аварийных ситуаций). Базовый язык программирования дает возможность описания задач планирования и алгоритмов управления коптером: последовательно реализованная в языке концепция модульного программирования; включение в систему специального системного модуля, обеспечивающего доступ к периферийным устройствам ЭВМ непосредственно на машинном уровне; обеспечение гибких возможностей организации параллельного и квазипараллельного исполнения программных процессов. Пользователь описывает алгоритмы управления коптерами на языке MODULA-2, используя процедуры специализированного пакета программ RP. Пакет RP включает, в частности, программу TEACH, обеспечивающую программную поддержку режима прямого обучения коптеров. С помощью разработанной программы

можно непосредственно провести коптер по требуемой траектории и присвоить каждой из выбранных при этом позиций траектории некоторое логическое имя. Это имя может быть использовано в дальнейшем в других фрагментах программы управления для идентификации соответствующего положения коптера. Эти возможности включают: задание констант, определяющих граничные значения параметров системы управления (например, максимальное число контроллеров, которые могут обслуживаться системой программирования); определение специальных проблемно-ориентированных типов данных; введение переменных, фиксирующих реальные (текущие) значения параметров системы управления. Процедуры инициализации и завершения обеспечивают инициализацию последовательных портов и контроллеров после начальной активизации процессов, связанных с работой коптеров; генерацию списка процессов, прохождение которых должно контролироваться системной программой «диспетчер процессов»; установку коптеров в исходное положение; завершение процесса управления коптерами. Процедуры прямого управления позволяют приостановить, возобновить или полностью прекратить работу одного или обоих коптеров. Процедуры модификации обеспечивают изменение положения или скорости перемещения выбранного коптера. Процедуры четвертой группы позволяют пользователю контролировать состояние выбранного коптера. Пятая группа процедур ориентирована на работу с сенсорными системами коптера. Процедуры ввода/вывода используют стандартные средства языка MODULA-2, дополненные в ряде случаев обращениями к «диспетчеру процессов». Последняя группа процедур является наиболее важной и обеспечивает пользователя механизмами диспетчеризации (упорядочивания) и синхронизации развивающихся процессов. Процедуры этой группы позволяют пользователю обращаться (в большинстве случаев косвенно) к «диспетчеру процессов», организуя псевдопараллельное развитие процессов, активизированных на этапе инициализации системы. «Диспетчер процессов» получает управление всякий раз, когда некоторый процесс обращается к одной из процедур пакета RP. При этом «диспетчер» реализует циклическую передачу управления на множестве процессов, не находящихся в состоянии ожидания какого-либо события.

*Важной характеристикой работы является принцип управления.* Разработанная система управления коптерами позволяет манипулировать сразу несколькими коптерами на расстоянии. При этом система помогает коптерам работать не столкнувшись или не сбиться с установленного маршрута, сохраняя заданную высоту. Предложенный язык управления высокого уровня, совместно с контроллерами коптеров, является частью работающей системы, использованной для реализации ряда прикладных программ управления робототехническим комплексом в сельском хозяйстве.

## Робот для проверки качества медикаментов на складах фармацевтических предприятий или аптек

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Поликарпова Кристина Николаевна, студент;

Новикова Анастасия Александровна, студент;

Сайкинова Вероника Алексеевна, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В настоящее время стоит вопрос о продаже качественных и годных лекарств в аптечных пунктах. В связи с этим разработан робот, позволяющий определить срок годности, химический состав медикаментов и их соответствие ГОСТам.*

**Ключевые слова:** робот, анализ химического состава, контроль качества

Все лекарства имеют ограниченный срок годности. А потому на практике нередко возникают ситуации, когда на складе фармацевтического предприятия, аптеки или больницы оказываются нереализованные или неиспользованные лекарства, срок годности которых истек. Такие лекарства нельзя продавать или использовать — их нужно списать и уничтожить. Нередки случаи, когда лекарства с истекшим сроком годности попадают в розничную продажу через аптечные пункты ввиду того, что предприниматели или организации, имеющие лицензию на фармацевтическую деятельность, не желают нести убытки путем уничтожения недоброкачественных лекарственных средств, что противоречит п. 1 ст. 31 закона № 86-ФЗ.

Решим данную проблему определением срока годности, химического состава медикаментов и их соответствием ГОСТам. Для этого используем робота, который будет проверять товар на годность. Если данное лекарство проходит эту проверку, то он переходит к определению химического состава и сверке его с собственной базой данных государственных стандартов для лекарственных средств. Если лекарственный препарат просрочен или его состав не соответствует ГОСТу, то его упаковка подлежит повреждению с целью предотвращения реализации [1].

Аналогом робота будет служить летающий робот-пчела фирмы Monsanto, уникальность нашей разработки в том,

что она будет оснащена устройством-сканером между передними и средними парами лапок, использующим луч ближний к инфракрасному диапазону, который позволяет определить состав медикаментов без физического контакта с ними. Пара передних лапок пчелы будут представлены в виде толстых игл с целью повреждения упаковки, средние и задние пары лапок — схватами для взятия коробок.

Схват содержит два зажима (Рис. 2), которые могут поворачиваться вокруг стационарной оси. Концы зажимов шарнирно соединены со звеньями, связанными друг с другом осью 1, которая перемещается приводом, подвешенным на оси 2. Нижний зажим соединен стержнем с тормозом. В процессе работы схват перемещается до тех пор, пока зажимаемая деталь не окажется на нижнем зажиме. После этого включается тормоз и привод. В результате одновременного включения тормоза и привода нижний зажим будет неподвижен, а верхний зажим будет опускаться вниз до полного захвата детали, при этом привод немного отклонится вверх относительно горизонтальной оси (рисунок).

Так же робот будет оснащен системой технического зрения, расположенной на месте глаз пчелы, для распознавания объектов и определения их положения и ориентации в пространстве. Данная задача будет решена зрительной системой ДКНО (движущаяся камера, неподвижные объекты).



Рис. 1. Прототип проектируемого робота — Робот-пчела

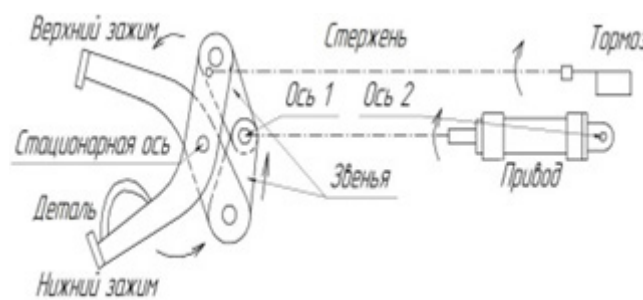


Рис. 2. Схват для взятия коробок

Предполагается, что: в базе данных имеются модели объектов; имеется процесс распознавания объектов, позволяющий идентифицировать объект и определить его положение и ориентацию (если это возможно); имеется возможность поворота и самостоятельного изменения положения робота, т.е. придание ему любой требуемой пространственной ориентации.

Если предыдущий анализ изображения не дал достаточной информации, то необходимо определить ориентацию объекта, используя несколько его видов. В данном подходе эта задача решается путем последовательного определения положения и ориентации камеры с использованием моделей объектов.

Рассматривается класс полуразрешимых объектов. Предполагается, что процесс распознавания объектов возвращает в качестве результата своей работы набор типов объектов, которые не противоречат тем видам, которые были получены до текущего момента, и диапазоны положений и ориентаций для каждого типа. При этом допускается наличие препятствий. В одном частном случае будем предполагать, что тип объекта и его положение известны, а требуется определить его ориентацию. В этом случае вначале по модели отыскиваются те участки поверхностей объекта, которые содержат информативные признаки. После этого рассчитываются положение и ориентация камеры, при которых эти признаки будут видны. При этом с получением каждого нового вида неопределен-

ность будет уменьшаться и возможно не придется перебирать все типы из набора. В связи с тем, что количество попыток может зависеть от порядка перебора, а также от выбранных точек наблюдения, желательно, чтобы процесс распознавания объектов давал оценки достоверности для полученных типов объектов.

Когда тип (или множество возможных типов) объекта известен, а ориентация полностью не известна, приходится применять слепой поиск. При этом в качестве первой дополнительной точки наблюдения полезно взять точку, противоположную текущему положению камеры. При этом необходимо рассмотреть два случая: а) признак находится на стороне объекта, скрытой для данной точки наблюдения; б) признак находится на видимой стороне, но закрыт препятствиями. Случай (а) также может включать в себя загораживающие объекты, которые для наблюдателя расположены за анализируемым объектом. В случае (б) можно сравнить размер изображения загораживающего объекта с размером признака, найденным по модели в перспективной проекции с использованием известного расстояния. Если последний оказывается больше, то данная особенность не может быть на видимой стороне объекта [2].

Таким образом, данная проблема решается роботом, для которого разработан схват, обеспечивающий проверку качества медикаментов на складах фармацевтических предприятий и аптеках.

#### Литература:

1. Поезжаева, Е. В. // 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., Поликарпова К. Н., Роботизация для обеспечения комфорта в промышленных и бытовых помещениях // Молодой ученый. — 2015. — № 14 (94). — с. 179—181.



## Робот для анализа дорожного покрытия в строительно-дорожных работах

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Поликарпова Кристина Николаевна, студент;

Новикова Анастасия Александровна, студент;

Сайкинова Вероника Алексеевна, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В настоящее время стоит вопрос об обеспечении качественного и долговечного дорожного покрытия, в частности, на автомобильных дорогах. Разработан робот, позволяющий с высокой точностью определить и полностью анализировать качество дорожного покрытия на заданном участке путем определения сцепных качеств и прочности дорожных одежд.*

**Ключевые слова:** робот, анализ дорожного покрытия, строительно-дорожные работы, повышение качества

В наше время опыт эксплуатации автомобильных дорог показывает, что существующий нормативный срок их службы в течение 13–15 лет не выдерживается по разным причинам. Снижение срока службы автомобильных дорог вызвано многими факторами, в том числе и отсутствием полноценного контроля качества производства работ на всех этапах технологического процесса строительства дорог.

Важность операционного контроля обуславливает возможность коррекции той или иной технологической операции, что приводит в целом к повышению качества производства работ и срока службы автомобильной дороги.

В частности, решим проблему контроля качества готового дорожного покрытия определением соответствия свойств асфальтобетона требованиям стандартов, определения фактической толщины покрытия, коэффициента уплотнения и прочности сцепления слоев.

В современных лабораториях проверка свойств асфальтобетона происходит в течение 3–5 дней. Более рационально использовать роботов, которые смогут анализировать дорожное покрытие и прямо на месте вынести свою оценку данному участку дороги.

Предлагается за основу взять робот со следящей системой.

Предполагается размещение на каждом узле сервомеханизма, эффективно контролирующего фактическое положение узла и положения, которое контроллер «хочет», чтобы узел занял. Затем звено манипулятора со схватом перемещается до тех пор, пока положения с узлом не совпадут. Роботы со следящей системой и обратной связью дают информацию о действительном положении того или иного узла. Иначе рука робота может где-нибудь застрять или совсем перестать двигаться, что значительно сужает сферу их применения.

Звено манипулятора, прикрепленное к платформе, снабженное видеокамерами и специальным рабочим органом, которым может произвести сканирование некоторого участка дорожного покрытия. Оно приводится в движение электрическим приводом в заранее запрограммированной последовательности движений под управлением контроллера (управляющего устройства), который основан на микропроцессоре.

Для предполагаемого робота, который будет эксплуатироваться в достаточно простых по проходимости условиях, наиболее выгодно использовать четырехколесную платформу.

Мини-лаборатория, выполняющая главную задачу робота, включает в себя:



Рис. 1. Робот на четырехколесной платформе

1. плотномер асфальтобетона ПА-МГ4, для определения коэффициента уплотнения и степени плотности верхнего слоя асфальтобетона (рис. 2);
2. приспособление для определения шероховатости дорожных покрытий по методу «песчаного пятна» КП-139 (рис. 3);
3. прибор для измерения толщины слоев дорожнопокрытия MIT-SCAN-T2 (рис. 4).

Основываясь на встроенной базе данных, робот определяет соответствие качества данного дорожного покрытия ГОСТу. Результаты исследования предлагается записывать на твердотельный накопитель с помощью какого-либо микропроцессора.

В связи со сложностью и существенной нелинейностью динамических характеристик манипуляционного робота проблема оптимального контурного управления такой системой является чрезвычайно трудной. Задача упрощается при ее решении в два этапа. На первом этапе до начала движения осуществляется планирование оптимальной траектории дви-



Рис. 2. Плотномер ПА-МГ4



Рис. 3. Прибор для определения шероховатости дорожного покрытия КП-139



Рис. 4. Прибор для измерения толщин слоев дорожного покрытия MIT-SCAN-T2

жения по заданной геометрической траектории как функции времени, а на втором в реальном времени осуществляется отслеживание полученного движения. Для того, чтобы робот мог достаточно точно отследить сформированную траекторию, на этапе планирования необходимо располагать точным значением динамики манипуляционной системы. Однако на практике инерционные характеристики объекта манипулирования часто бывают неизвестны.

Динамика манипуляционного робота в тензорных обозначениях может быть описана уравнением [1]:

$$u_i = J_{ij} \ddot{q}^j + C_{ijk} \dot{q}^j \dot{q}^k + R_{ij} \dot{q}^j + g_i; \tag{1}$$

где  $u_i$  —  $i$ -тая обобщенная сила;  $q_i$  —  $i$ -тая обобщенная координата;  $J_{ij}$  — матрица инерции;  $C_{ijk}$  — массив кориолисовых коэффициентов, определяемый выражением

$$C_{ijk} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial J_{ij}}{\partial q^k} + \frac{\partial J_{ij}}{\partial q^j} + \frac{\partial J_{ij}}{\partial q^i} \right); \tag{2}$$

$R_{ij}$  — матрица вязкого трения;  $g_i$  — сила тяжести. Матрица инерции  $J_{ij}$ , массив кориолисовых коэффициентов  $C_{ijk}$  и вектор  $g_i$  являются функциями положения манипулятора и матрицы псевдоинерции объекта манипулирования, включающей в себя массу, первые и вторые моменты объекта моделирования.

Желаемая геометрическая траектория задается в конфигурационном пространстве в параметрической форме, т. е. все координаты  $q^i$ , характеризующие перемещения в степенях подвижности манипулятора, выражаются через единственный параметр  $\lambda$  [2]:

$$q^i = f^i(\lambda), \quad 0 \leq \lambda \leq \lambda_{max}. \tag{3}$$

При такой форме представления появляется возможность выразить положения, скорости и ускорения в степенях подвижности через параметр  $\lambda$  и его производные по времени. Подставляя эти соотношения в уравнение динамики (1), можно получить

$$u_i = J_{ij} \frac{df^i}{d\lambda} \dot{\mu} + \left( J_{ij} \frac{d^2 f^i}{d\lambda^2} + C_{ijk} \frac{df^i}{d\lambda} \frac{df^k}{d\lambda} \right) \mu^2 + R_{ij} \frac{df^i}{d\lambda} + g_i; \tag{4}$$

где  $\mu \equiv \dot{\lambda}$  — псевдоскорость. Если объект манипулирования имеет некоторую номинальную матрицу псевдоинерции  $I_N$ , то уравнение (4) можно представить в форме

$$u_i = M_i(\lambda, I_N) \dot{\mu} + Q_i(\lambda, I_N) \mu^2 + R_i(\lambda) \mu + S_i(\lambda, I_N), \tag{5}$$

где

$$M_i = J_{ij}(I_N) df^i/d\lambda,$$

$$Q_i = J_{ij}(I_N) d^2 f^i/d\lambda^2 + C_{ijk}(I_N) df^i/d\lambda * df^k/d\lambda,$$

$$R_i = R_{ij} df^i/d\lambda \text{ и } S_i \equiv g_i(I_N).$$

Если инерционные характеристики объекта манипулирования отличаются от нормальных, то возмущённое уравнение динамики можно представить в виде

$$u'_i = M_i(\lambda, I_N + \Delta I_N) \dot{\mu} + Q_i(\lambda, I_N + \Delta I_N) \mu^2 + R_i(\lambda) \mu + S_i(\lambda, I_N + \Delta I_N). \tag{6}$$

Для того, чтобы требуемые моменты не превысили возможностей приводов, нужно выбрать такие  $\mu$  и  $\dot{\mu}$ , что при отклонениях  $\Delta I_N$  в известных пределах величина момента  $u'_i$ , определенного выражением (6). Остается реализуемой, т. е.

$$u_i^{min}(\lambda, \mu) \leq u'_i \leq u_i^{max}(\lambda, \mu). \tag{7}$$

Также могут быть наложены ограничения на скорость изменения этого момента, как функции положения, скоростей и ускорений

$$|\dot{u}_i| = |F(q, \dot{q}, \ddot{q})| \leq K_i, \tag{8}$$

где  $F: R^N \times R^N \times R^N \rightarrow R$ ;  $K_i$  — константа.

Способ формирования податливого движения основан на изменении жесткости схвата манипулятора. Соответствующая концепция управления учитывает жесткость манипулятора в виде матрицы сил, воздействующих на схват при отклонении его от номинального положения. Стабилизация инерционных сил производится специальной системой.

Спроектированная модель робота, обеспечивает вопрос высокой точности и прочности дорожного покрытия.

Литература:

1. Поезжаева, Е. В// 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./Е. В. Поезжаева. — Пермь: Изд-во Перм. Гос. техн. ун-та, 2015.—400.

## Алгоритм управления шагающего робота при диагностике и ремонте труднодоступных участков жилых и производственных помещений

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;  
 Поликарпова Кристина Николаевна, студент;  
 Новикова Анастасия Александровна, студент;  
 Сайкинова Вероника Алексеевна, студент  
 Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В статье показаны способы проведения диагностики и ремонта труднодоступных мест производственных помещений, используя математическую модель.*

**Ключевые слова:** робот, управление, ориентация.

Многие роботы, созданные для оказания помощи человеку при наведении порядка в «Умных» домах, скрывают в себе огромный потенциал, позволяющий использовать их для наведения порядка и чистоты в жилых и производственных помещениях. Автоматическим устройством, обеспечивающим передвижение, является шагающий робот. Большинство из них имеет адаптивное программное управление, в котором программа задается либо в форме готовых приводов для траектории каждой из координат манипуляционной системы, либо в виде тра-

екторий в координатах рабочей зоны, которые затем преобразуются в реальном режиме времени в координаты степеней подвижности манипуляционной системы робота (Рис. 1). Большинство исследований, связанных с управлением движением шагающих аппаратов, основано на предположении об абсолютной недеформируемости опорной поверхности.

Однако в реальных условиях при перемещении аппарата по поверхности в результате её уплотнения под действием веса аппарата происходит изменение положения

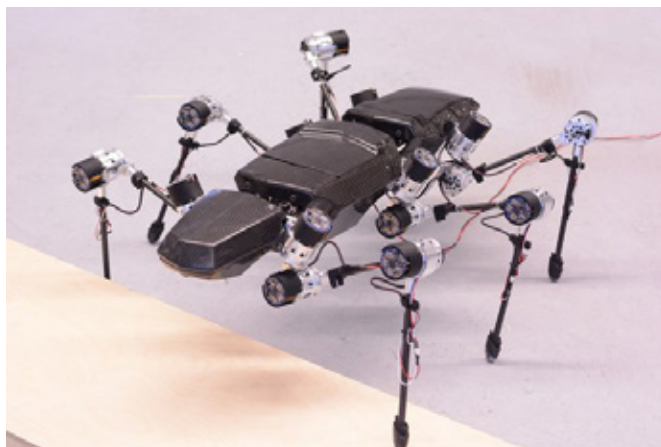


Рис. 1. Шагающий робот

центра тяжести и пространственной ориентации корпуса шагающего аппарата [1]. При управлении аппаратом эти погрешности должны быть скорректированы. Рассматривается алгоритм управления движением шагающего аппарата по поверхности, использующий информацию от силовых сенсоров, установленных в каждой ступне аппарата. Свойства опорной поверхности достаточно хорошо описываются моделью  $F = k \cdot \delta^n$  (1), где  $\delta$  — коэффициент деформации;  $F$  — сила, действующая на поверхность со стороны ступни;  $k$  и  $n$  — константы, определяемые экспериментально. Если сила возрастает от 0 до  $F_0$ , то  $\delta$  подчиняется уравнению (1) (см. рис. 2а). Поскольку упругость реальных поверхностей обычно весьма мала, в дальнейшем рассматривается пластическая модель (в этом случае взаимосвязь силы  $F$  и коэффициента деформации  $\delta$  при разгрузке ступни представляется на рис. 1б штрихпунктирной линией). Таким образом, приняты следующие допущения об окружающей среде и собственно шагающем аппарате. 1. Проседание  $\delta$  не превышает длины ноги ( $\delta < l$ ). 2. Сила давления ступни  $F$  и коэффициент деформации связаны соотношением (1). 3. Упругие деформации элементов конструкции полагаются пренебрежимо малыми.

Упрощенное изображение шагающего аппарата и связанной с ним координатной системы показано (рис. 3) штриховой линией показано малое смещение корпуса в направлении оси  $y$ . Начало системы координат совпадает с центром тяжести корпуса аппарата [2].

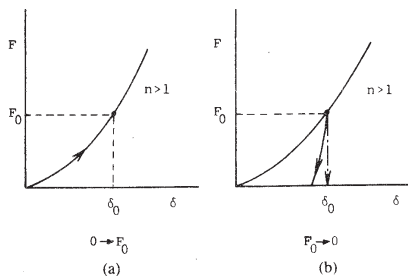


Рис. 2. Зависимость силы от деформации

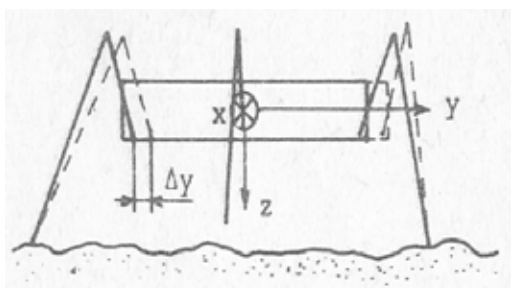


Рис. 3. Координаты шагающего робота

Ниже рассматривается изменение опорных сил в двух фазах движения аппарата: в фазе смены опорных конечностей и в фазе перемещения корпуса. Используется предположение, что масса конечности значительно меньше массы корпуса аппарата. Алгоритм управления включает в себя две части: 1) формирует движение ступни; 2) осуществляет компенсацию в фазе перемещения корпуса аппарата. Блок-схема алгоритма управления включает: 1 — переносимая нога опускается; 2 — формирование модели опорной поверхности; 3 — движение переноса корпуса; 4, 5 — дополнительное условие (да, нет); 6 — следующий алгоритм. В фазе смены опорных конечностей управление силой осуществляется её регистрированием на ступне. В фазе перемещения корпуса аппарата опорная сила конечности изменяется. Для осуществления такой компенсации дополнительного проседания необходимо располагать моделью поверхности (1) с достаточно точным знанием её параметров использования. Предложенный алгоритм управления является разомкнутым по перемещению и ориентации и в связи с этим, как бы ни была мала погрешность на шаге, происходит накопление ошибки, для устранения которой требуется выполнение корректирующих движений с использованием сенсоров, регистрирующих высоту и пространственное положение аппарата. Коррекция высоты аппарата производится только в следующих случаях: когда расстояние между корпусом аппарата и опорной поверхностью становится меньше заданной величины (корпус поднимается на высоту  $\Delta z$ ); когда ступни конечностей не входят в контакт с опорной поверхностью в вытянутом состоянии (корпус опускается на высоту  $\Delta z$ ); при угрозе столкновения с препятствием корпус поднимается на высоту  $\Delta z$ . Наклон корпуса аппарата уменьшает область статической устойчивости аппарата и приводит к нежелательному перераспределению опорных сил. Коррекция пространственной ориентации может производиться по сигналам специальных сенсоров, регистрирующих углы наклонов аппарата в разных направлениях, с использованием алгоритма управления (1). Накапливаемую ошибку пространственной ориентации аппарата можно корректировать без использования специальных сенсоров только на основании силовой обратной связи с восстановлением угла наклона [3].

Робот с дистанционным управлением предназначен для изучения обстановки, диагностики и ремонта труднодоступных участков жилых и производственных помещений. Он может быть использован для проведения работ в подвальном помещении. Робот управляется двумя операторами, один следит за передвижением, другой — за электрическими проводами. Он преодолевает любые препятствия и выполняет различную физическую работу [4].

Литература:

1. Поезжаева, Е.В. Промышленные роботы: учеб. пособие. в 3 ч. — М.: Изд-во УМО АМ МВТУ им. Баумана; изд-во ПГТУ, 2009



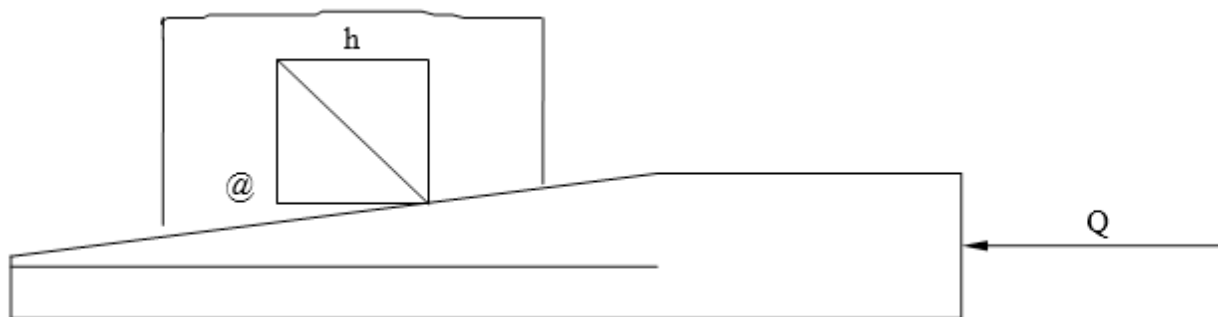
2. Зенкевич, С.Л. Управление роботами — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000
3. Поезжаева, Е. В. Теория механизмов и механика систем машин: учебное пособие — М.: изд-во ПГТУ, 2015
4. Поезжаева, Е. В., Поликарпова К.Н., Роботизация для обеспечения комфорта в промышленных бытовых помещениях // Молодой ученый. — 2015. — № 14 (94). — с. 179–181.

## Эффективный способ упрочнения обработки поверхностного слоя оборудования легкой промышленности

Расулов Акмал Аскарлович, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Надежность работы технологических машин непосредственно связана с качеством поверхностного слоя деталей, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами. При эксплуатации детали машин контактируют друг с другом или с окружающей средой. От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства — сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная стойкость, сопротивление контактной усталости и др. В связи с интенсификацией эксплуатационных процессов, увеличением скоростей пе-

ремещения рабочих органов, повышением температур и давлений роль качества поверхностного слоя значительно возрастает. Связь характеристик качества поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей свидетельствует о том, что оптимальная поверхность должна быть достаточно твердой, должна иметь сжимающие остаточные напряжения, мелкодисперсную структуру, сглаженную форму микронеровностей с большой площадью опорной поверхности.



С помощью широко применяемых методов окончательной обработки создается необходимая форма деталей с заданной точностью, но часто не обеспечивается оптимальное качество поверхностного слоя. Оно достигается поверхностным пластическим деформированием, при котором стружка не образуется, а происходит тонкое пластическое деформирование поверхностного слоя. В результате упрочняется поверхностный слой, повышается износостойкость, стойкость к коррозионным воздействиям и т.д. Во многих случаях применением поверхностного пластического деформирования удается повысить запасы прочности деталей, работающих при переменных нагрузках, в 1,5–3 раза и увеличить срок службы деталей в десятки раз.

Поверхностные пластические деформирования подразделяют на статические и ударные. При статических методах обработки инструмент, рабочие тела или среда воздействует на обрабатываемую поверхность с определенной постоянной силой  $P$ , происходит плавное переме-

щение очагов воздействия, которые последовательно проходят всю поверхность, подлежащую обработке.

$$P_1 = Qtx (\alpha + \varphi_1);$$

$$F = Q \operatorname{tg} \varphi_2;$$

$$P = Q [tx (\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$$

При этом инерционные силы не оказывают существенного влияния на поверхностного пластического деформирования.

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

Ультразвуковая обработка является одним из передовых методов поверхностного пластического деформирования. Если при обработке статическими методами

поверхностного пластического деформирования (обкатывание шаром или роликом, алмазное выглаживание, поверхностное дорнование и т. д.) инструменту сообщают дополнительно ультразвуковые колебания с частотой 18–24 кГц и амплитудой 15–30 мкм, то они становятся ударными методами (ультразвуковое обкатывание, ультразвуковое выглаживание и т. д.).

Используют также ультразвуковую обработку, когда загружаемым рабочим телам, помещенным в замкнутом объеме вместе с обрабатываемой деталью, сообщают ультразвуковые колебания, под воздействием которых происходит упрочнение обрабатываемой поверхности.

По сравнению, например, с обкатыванием шаром ультразвуковая обработка отличается следующими особенностями и преимуществами:

- инструмент пластически деформирует поверхностный слой детали импульсно, с большой интенсивностью колебаний, в результате чего деформирование сопровождается прерывистым и интенсивным трением;

- кратность приложения силы при деформировании инструментом поверхности — 400 раз и более (при обкатывании шаром 12–20 раз);

- статическая сила, действующая на деталь, незначительна;

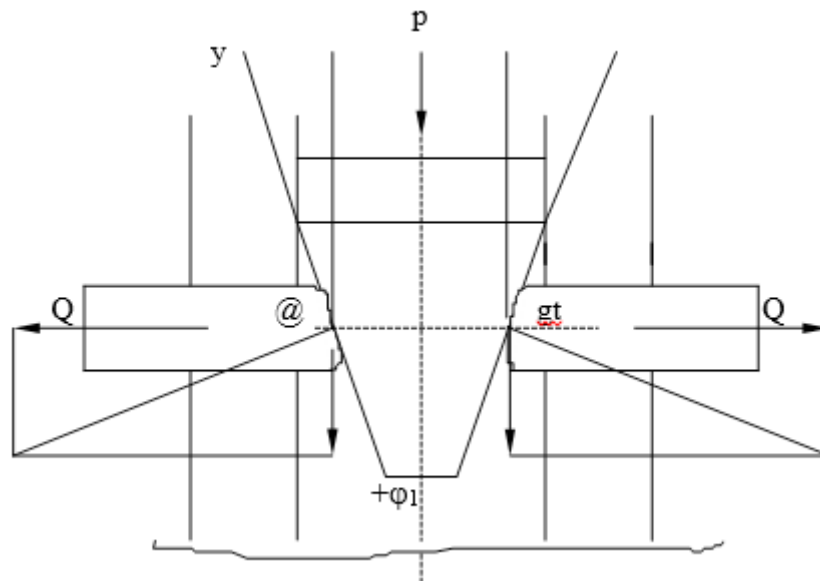
- скорость деформирования — переменная, ее максимальное значение 200 м/мин и более, что превышает скорость деформирования при обкатывании шаром в десятки и сотни раз;

- среднее давление, создаваемое в поверхностном слое детали под действием нормально направленной силы, в 3–9 раз больше, чем при обкатывании шаром;

- энергия, расходуемая на искажения кристаллической решетки и идущая на внутренние микроструктурные преобразования, при ультразвуковой обработке значительно выше, чем при обкатывании шаром;

- температура места контакта инструмента с деталью в зоне деформирования 100–150°C, что в 3–5 раз меньше, чем при обкатывании шаром. Время нагрева ультразвуковой обработки очень мало ( $3 \times 10^{-5}$  с) и поэтому не наблюдается снижения упрочнения, вызываемого действием высокой температуры;

- в процессе ультразвуковой обработки вследствие относительно больших напряжений и многократного приложения нагрузки напряженно-деформированное состояние специфично. Множественное скольжение дополнительно тормозит дислокации. Плотность дислокаций и дисперсность блоков намного больше, чем при обкатывании шаром.



#### Литература:

1. В. С. Корсаков «Основы конструирования приспособлений» М., Машиностроение, 1983, 10–15 с.
2. «Станочные приспособления» справочник том 1–2 под редакцией Б. Н. Вардашкина и А. А. Шатилова. М., Машиностроение, 1984

## Средства для испытания манжет главного тормозного цилиндра

Ревин Александр Александрович, доктор технических наук, профессор;

Петросян Месроп Саакович, студент

Волгоградский государственный технический университет

*Актуальность работы связана с ее направленностью на повышение активной безопасности автомобиля с антиблокировочной тормозной системой. Рабочий процесс торможения с антиблокировочной тормозной системой существенно отличается от обычного процесса торможения. Важнейшую роль при торможении автомобиля с антиблокировочной тормозной системой играют манжетные уплотнения главного тормозного цилиндра. Особенность работы манжетных уплотнений заключается в том, что при перемещении манжеты происходит их деформация, из-за которой происходит повышенный износ манжеты. Износ манжет распределен неравномерно, как по окружности, так и вдоль направления движения, большая величина износа наблюдается со стороны манжеты, обращенной к поршню тормозного цилиндра. В статье предлагается новая конструкция поршня для более удобного испытания манжет главного тормозного цилиндра. Обращается внимание на то, что необходимо разработать оптимальную конструкцию манжеты и возможно применить фторопластовые кольца, которые позволят повысить долговечность главного тормозного цилиндра. Целью данного исследования является воспроизведение цикла работы антиблокировочной тормозной системы на лабораторной установке, что позволит проводить ресурсные испытания в короткий период времени.*

**Ключевые слова:** главный тормозной цилиндр, манжета, стенд, разборный поршень.

Внедрение в конструкцию автомобиля антиблокировочной системы (АБС) давно признано в качестве эффективного средства повышения активной безопасности. Вместе с тем, функционирование АБС способствует принципиальному изменению рабочего процесса элементов тормозной системы, что сказывается на надежности ее элементов, в частности, рабочих и главного тормозных цилиндров [1]. В гидравлическом тормозном приводе модуляция давления рабочего тела при функционировании антиблокировочной системы прежде всего сказывается на ресурсе главного тормозного цилиндра (ГТЦ), в особенности, его уплотнительных манжет. Поэтому важной задачей является всестороннее исследование факторов, влияющих на показатели долговечности уплотнений в элементах тормозных цилиндров при их работе в условиях торможения с АБС. [2].

В процессе торможения автомобиля с АБС, в главном тормозном цилиндре поршень совершает ряд перемещений, носящих колебательный характер, с относительно большой частотой (порядка 10–15 Гц) и малой амплитудой [3]. Также перемещения могут способствовать увеличению интенсивности изнашивания материала манжет, а также инициировать иные процессы, определяющие ресурс данных элементов.

В настоящее время в сервисных центрах при возникновении неисправности ГТЦ его не ремонтируют, а заменяют на новый. Следовательно, увеличение срока службы ГТЦ является важной задачей. Выбраковка ГТЦ производится при возникновении течи тормозной жидкости, т. е. нарушении герметичности, которая определяется техническим состоянием манжет ГТЦ. Повышение ресурса манжет возможно путем изменения их формы, материала, а также введения дополнительных уплотняющих элементов, например, фторопластовых колец.

Для оценки эффективности предлагаемой модернизации необходимо проведение соответствующих экспериментов, при этом можно использовать специальную конструкцию поршня ГТЦ. Обычная конструкция поршня не позволяет применить перспективные уплотнения, имеющие фторопластовые кольца. С целью обеспечения расширения возможностей предложена разборная конструкция поршня, представленная на рисунке 1.

Ресурсные испытания целесообразно проводить на стенде, разработанном в ВолгГТУ [4]. Стенд включает тормозные механизмы и тормозной привод автомобиля производства АвтоВАЗ. Требуемый режим работы элементов, определяется частотой изменения давления рабочего тела в системе и соответствующей амплитудой, обеспечивается модулятором давления с кулачковым механизмом. Такая конструкция, в отличие от применяемого на автомобилях модулятора, позволяет проводить длительные и непрерывные испытания, что значительно уменьшает время получения конечного результата [5].

Воссоздание цикла АБС в установке воспроизводится в соответствии с методикой [1].

Методика проведения ресурсных испытаний включает следующее:

- 1) определение начальных параметров манжеты и сборка установки;
- 2) определение давления в гидроприводе и установка диапазона изменения давления;
- 3) проведение испытаний;
- 4) остановка испытаний, при потере герметичности ГТЦ, что обычно сопровождается падением давления и подтеканием тормозной жидкости;
- 5) разборка установки с последующим анализом при использовании микроскопа;

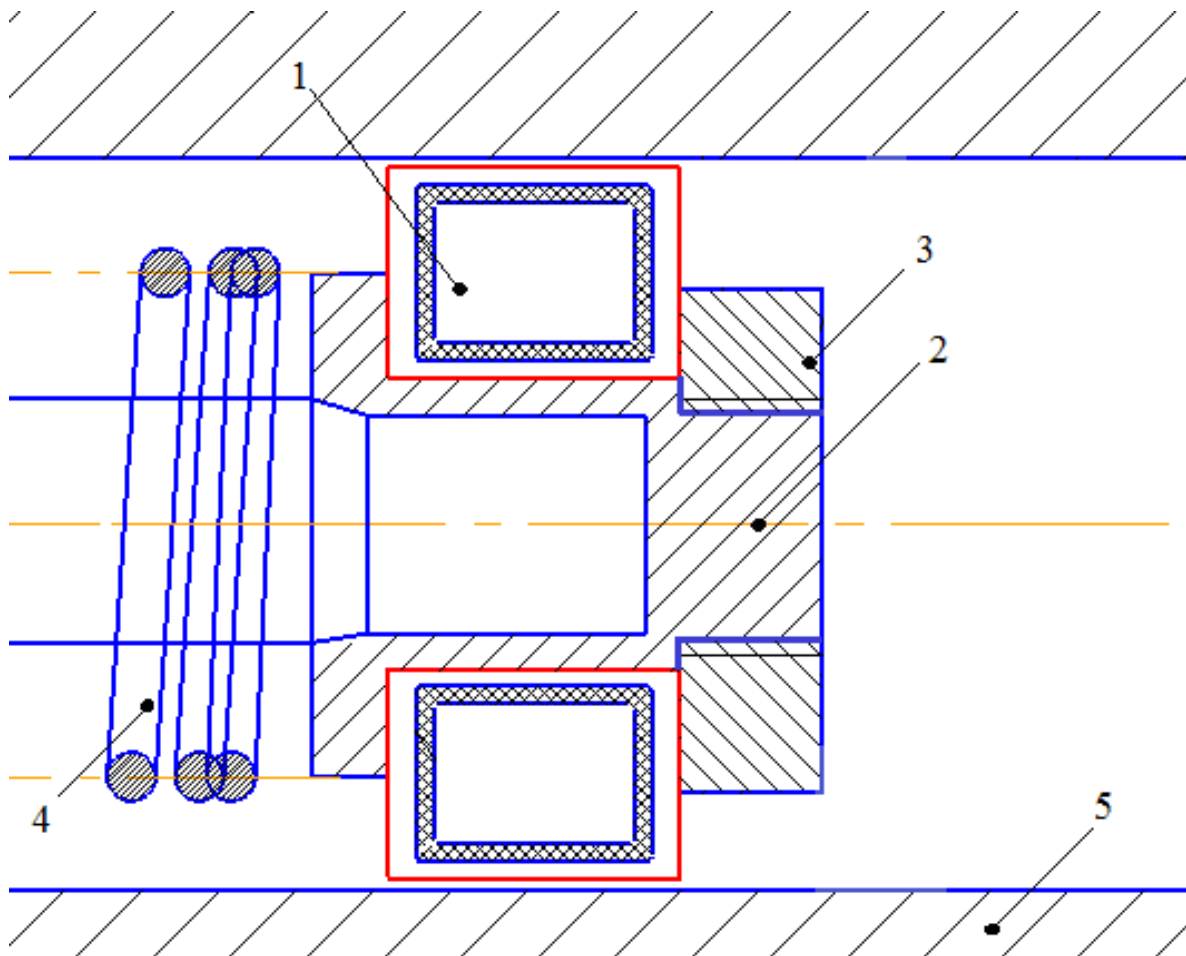


Рис. 1. Схема разборной конструкции поршня ГТЦ: 1 — уплотнение в сборе, 2 — поршень, 3 — гайка, 4 — пружина поршня, 5 — корпус главного цилиндра

б) повторение процесса с различными конструкциями манжет и выявление оптимальной конструкции методом сравнения состояний.

В результате исследования планируется определить оптимальную форму сечения манжеты для работы в условиях автоматизированной тормозной системы.

#### Литература:

1. Ревин, А.А. Влияние рабочего процесса АБС на долговечность элементов шасси автомобиля: монография/А.А. Ревин, М.В. Полуэктов, М.Г. Радченко, Р.В. Заболотный — Москва: Машиностроение, 2013.0224 с.
2. Ревин, А.А. Метод оценки долговечности главных тормозных цилиндров автомобилей с АБС/А.А. Ревин, М.В. Полуэктов, М.Г. Радченко // Автотранспортное предприятие. — 2010. — № 10. — с. 43–44.
3. Радченко, М.Г. Анализ условий работы тормозных цилиндров и параметров их испытаний/М.Г. Радченко, М.В. Полуэктов // Изв. ВолгГТУ. Серия «Наземные транспортные системы». Вып. 5: межвуз. сб. науч. ст./ВолгГТУ. — Волгоград, 2012. — № 2. — с. 88–90.
4. П. м. 88324 РФ, МПК В60Т 17/22 Стенд для испытания деталей гидравлического тормозного привода/М. В. Полуэктов, М. Г. Радченко, А. А. Ревин; ВолгГТУ. — 2009.
5. Радченко, М.Г. Особенности ресурсных испытаний элементов гидравлического тормозного привода автомобилей с АБС/М.Г. Радченко, М.В. Полуэктов, А.А. Ревин // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр./Харьковский нац. автомобильно-дорожный ун-т. — 2011. — Вып. 29. — с. 90–93.

## Робототехника как инструмент повышения качества освоения образовательных программ по физике

Саламов Ислам Хамзатович, аспирант  
Чеченский государственный университет

Алхатова Залина Бойсуевна, учитель физики  
ГБОУ «Математическая школа № 1 имени Х. И. Ибрагимова» (г. Грозный)

*Для подготовки специалистов, способных решать сложные инженерно-технические задачи из реального сектора экономики, во всем мире в образовательный процесс внедряются различные инновационные технологии, самой эффективной из которых является образовательная робототехника. В данной статье рассматривается опыт внедрения образовательной робототехники в учебный процесс по физике для повышения качества освоения образовательных программ в системе высшего образования.*

**Ключевые слова:** образовательная робототехника, робототехника, робототехника в системе высшего образования, инновационное образование.

*For training specialists able to solve complex engineering problems of the real economy around the world various innovative technologies are being implemented into educational process, where the most effective is an educational robotics. This article deals with the experience of the implementation of educational robotics in the educational process of physics to improve the development quality of educational programs in higher education.*

**Key words:** educational robotics, robotics, robotics in higher education, innovate education.

Основная задача современного высшего образования — формирование творческой личности специалиста, способного к инновационной деятельности, к саморазвитию и самообразованию. Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению 011200 «Физика» устанавливает такие основные требования к профессиональным компетенциям бакалавра, как способность к научно-исследовательской и научно-инновационной деятельности, освоение методов инженерно-технологической деятельности, умения обрабатывать и анализировать полученные данные с помощью современных информационных технологий [9, с. 5] и т.д. Подготовка специалистов, отвечающих этим требованиям, не возможна классическим путем передачи готовых знаний и умений от преподавателя к студенту. В современном мире необходимо применять инновационные технологии, позволяющие преобразовать студента из потребителя знаний в активного их творца, способного внести свой вклад в развитие науки и техники. На сегодняшний день таких технологий много, но одним из самых эффективных является внедрение в учебный процесс образовательной робототехники.

Во всем мире, и уже во многих регионах Российской Федерации, образовательная робототехника используется в системе образования всех уровней, начиная от дошкольного и заканчивая высшим профессиональным образованием, как средство повышения качества образования. Образовательная робототехника — это новое междисциплинарное направление обучения, интегрирующее знания о физике, мехатронике, технологии, математике, кибернетике и ИКТ, и позволяющее вовлечь в процесс инноваци-

онного научно-технического творчества учащихся разного возраста. Она направлена на популяризацию научно-технического творчества и повышение престижа инженерных профессий среди молодежи, развитие у молодежи навыков практического решения актуальных инженерно-технических задач. Кроме того, необходимо отметить, что образовательная робототехника является эффективным инструментом при реализации ФГОС как инструмент повышения качества освоения образовательных программ. Внедрение образовательной робототехники в учебный процесс позволяет повысить эффективность образовательных программ естественнонаучных дисциплин за счет возможности интерактивной демонстрации различных законов механики, динамики, электроники и других явлений природы. Кроме демонстрационных возможностей, образовательная робототехника имеет ряд и других преимуществ перед классическим естественнонаучным лабораторным оборудованием, используемым студентами в процессе научно-исследовательской деятельности. Современные платформы образовательной робототехники содержат в себе все необходимые аппаратные и программные инструменты для получения и анализа различных данных.

Несмотря на то, что образовательная робототехника — это направление относительно новое, развивается оно стремительными темпами. Разработкой робототехнических платформ для образования занимаются десятки зарубежных и несколько отечественных компаний. Все производители образовательной робототехники тесно сотрудничают с лучшими специалистами сферы образования со всего мира для выявления основных проблем образовательного процесса. Основная задача всех платформ образовательной робототехники — это повышение мо-



тивации учащихся к обучению, повышение качества образовательных программ для подготовки компетентных специалистов, способных решать сложные инженерно-технические задачи. Различные платформы решают эту задачу по-разному. В таблице 1 приведен список основных робототехнических платформ, используемых в образовательном процессе. Большинство представленных платформ зарубежного производства, за исключением платформы ТРИК и Технолаб.

Платформа ТРИК — это отечественный продукт, разработанный для образовательной деятельности, включающий в себя аппаратное и программное обеспечение. В отличие от робототехнических модулей Технолаб, ТРИК — это полностью Российская разработка. Технолаб представляет собой образовательные модули из робототехнических платформ Южно-Корейского производства, сопровождаемые качественными учебно-методическим обеспечением, адаптированным под систему образования России. Все робототехнические платформы, представленные в таблице 1, применяются в различных образовательных учреждениях регионов России: от дошкольных учреждений до учреждений высшего профессионального образования. Каждый производитель выпускает наборы и комплекты платформы, ориентированные на разные возрастные категории [7, с. 9]. Например, в дошкольном образовании и в начальных классах могут использоваться образовательные наборы WeDo компании Lego, модули Технолаб начального уровня и наборы Huna MRT, а в старших классах и в высшем образовании — Mindstorms Education EV3, TETRIX, FischerTechnik, VEX и другие. Каждая из этих платформ имеет свои достоинства и недостатки, но в рамках данной статьи рассматриваются именно платформы для высшего профессионального образования в естественнонаучных дисциплинах.

Образовательная робототехника в Чеченской Республике начала развиваться только с 2012 года, но, к сожалению, на сегодняшний день она применяется только в системе дополнительного образования как отдельное объединение, и в системе высшего профессионального образования как соревновательный инструмент. В образовательных учреждениях высшего профессионального

образования Чеченской Республики нет направлений подготовки и специальностей, изучающих робототехнику, но почти в каждом вузе есть студенческие научные общества и команды по робототехнике, которые участвуют в различных конкурсах и мероприятиях регионального и Федерального уровней. В вузах Республики есть оборудование по образовательной робототехнике, но оно используется только в соревновательных целях, или вообще не используется. Это говорит о том, что весь потенциал образовательной робототехники остается не задействованным. Как было сказано выше, прежде всего, образовательная робототехника — это инструмент повышения качества образования, который должен быть внедрен в образовательный процесс. Прежде всего, проблема заключается в отсутствии квалифицированных кадров, способных применять данную технологию в образовательном процессе. Те специалисты, которые занимаются робототехникой в образовательных учреждениях Республики, обучались самостоятельно, или проходили курсы повышения квалификации в Москве, но их, к сожалению, очень мало.

Для подтверждения потенциала робототехники как инструмента повышения качества освоения программ естественнонаучных дисциплин в системе высшего образования, на факультете физики и информационно-коммуникационных технологий ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет» были проведены занятия по физике, с использованием платформы Mindstorms Education EV3 и RoboPica. Платформа EV3 является наиболее популярной в образовательных учреждениях всех уровней в силу того, что она включает в себя все необходимые инструменты для образовательной деятельности. Основой платформы является мощный микрокомпьютер с функционалом регистрации, обработки данных и поддержкой самых современных протоколов обмена данными: Bluetooth, Wi-Fi. Платформа включает в себя пластиковые элементы для сборки различных робототехнических конструкций, а также большое количество различных датчиков и механики. Платформа EV3 позволяет студентам создавать, программировать и тестировать свои решения, используя технологии из реального мира про-

Таблица 1. Основные платформы образовательной робототехники

№	Производитель	Страна	Название платформы
1	Pitsco	США	TETRIX
2	Lego	Дания	Mindstorms Education EV3
			WeDo
3	ТРИК	Россия	TRIK
4	VEX Robotics	США	VEX IQ
			VEX EDR
5	FischerTechnik	Германия	fischertechnik
6	MRT International Limited	Южная Корея	Huna MRT
7	Экзамен-технолаб	Россия	ТЕХНОЛАБ
8	Robotis	Южная Корея	Bioloid

мышленной и бытовой робототехники, а для преподавателя — это эффективный инструмент для демонстрации различных законов и явлений из разделов физики, математики, технологии и ИКТ.

Для апробации потенциала робототехники в образовательных программах по физике была выбрана одна из групп первого курса специальности «Радиофизика и электроника». Образовательная программа начального курса физики для данной специальности состоит из таких разделов, как механика, динамика, колебания и волны, электродинамика, оптика, радиофизика и т.д. Изучив основные возможности имеющейся платформы образовательной робототехники, было установлено, что она может быть использована для интерактивных демонстраций и самостоятельной работы по темам данных разделов. Для демонстрации тем из раздела механики платформа EV3 содержит в себе большое количество пластиковых элементов, из которых можно собрать любую конструкцию. Для того чтобы собранные конструкции можно было приводить в действие набор содержит 3 сервопривода повышенной точности. Программное обеспечение позволяет приводить в действие сервоприводы по различным алго-

ритмам. Например, привод можно запустить на определенное количество оборотов, секунд или градусов. Таким образом, собирая и программируя различные конструкции можно демонстрировать такие явления, как скорость, прямолинейное равномерное или равноускоренное движение, ускорение, траектория движения и путь. Для этих целей достаточно собрать базовую конструкцию, состоящую из двух сервоприводов с колесами, микрокомпьютера и третьего опорного шарового колеса.

Стоит отметить, что, к большому сожалению, у большинства преподавателей и других работников сферы образования, конструкции, собранные из робототехнической платформы EV3 ассоциируются с игрушками. Связано это с тем, что в образовательных наборах EV3 компании Lego используются те же пластиковые соединительные детали Lego Technic, что и в продукции сферы развлечений. Как видно из рисунка 2, базовая конструкция, используемая для демонстрации явлений из разделов механики, по внешнему виду действительно имеет много общего с игрушками. Но весь образовательный потенциал заключается в современном высокопроизводительном микрокомпьютере, датчиках и элементах механики.



Рис. 1. Базовая конструкция для демонстрации явлений из раздела механики

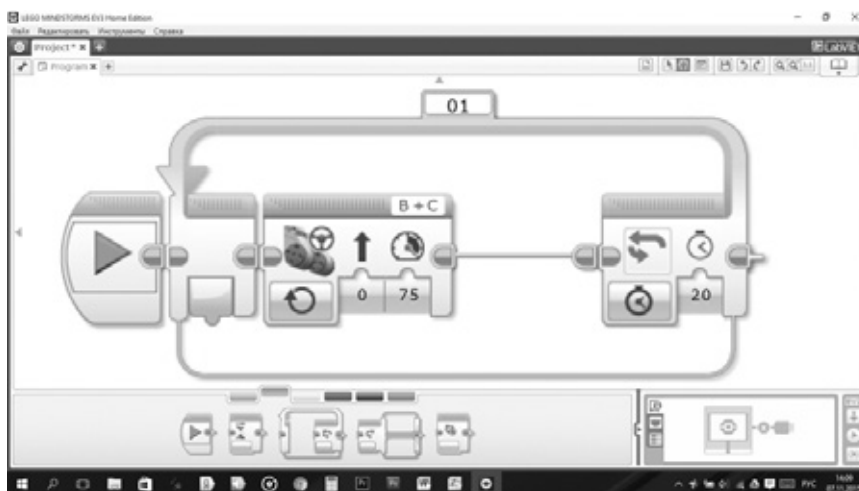


Рис. 2. Алгоритм прямолинейного движения робототехнической конструкции в течение 20 секунд в среде Mindstorms EV3

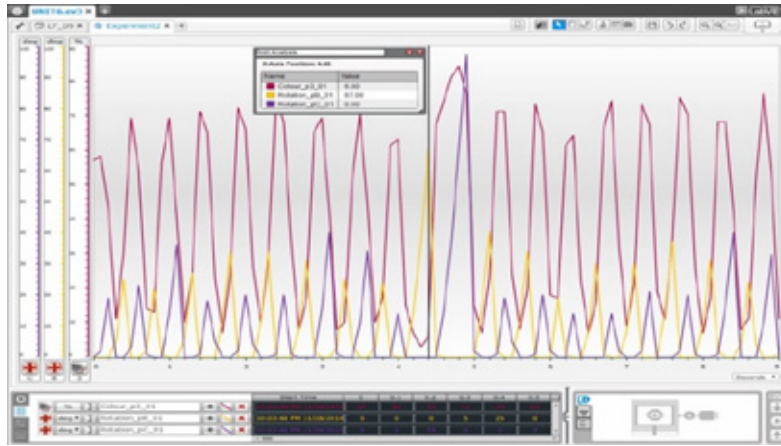


Рис. 3. Регистрация и анализ колебательных движений конструкции в среде Mindstorms EV3

Для демонстрации законов механики с помощью данной конструкции микрокомпьютер EV3 программировался в среде EV3 Software, которая основана на платформе LabVIEW компании National Instruments (США) [8, с. 21]. На рисунке 2 представлен алгоритм прямолинейного движения робототехнической конструкции, написанный в среде EV3 Software. Путем добавления к данной конструкции различных датчиков, входящий в комплект набора, можно расширить возможности для интерактивной демонстрации более сложных тем и разделов. Использование ультразвукового датчика и сервопривода позволяет демонстрировать такие темы и явления, как колебания, автоколебания, вынужденные колебания и физический маятник. Для этого достаточно собрать соответствующую конструкцию из элементов набора, подключить сервопривод и ультразвуковой или инфракрасный датчик для регистрации колебаний системы.

Полученные данные можно анализировать и обрабатывать в программном обеспечении. Как видно на рисунке 3, функционал программного обеспечения позволяет анализировать данные по различным параметрам. В разделах изучения электродинамики и сопутствующих тем могут быть использованы как базовые компоненты набора EV3, так и дополнительные. К дополнительным наборам относятся специальные комплекты для изучения физики и технологии, возобновляемых источников энергии и космических технологий. Используя эти элементы, есть возможность демонстрировать работу солнечных панелей, электрогенераторов, конденсаторов и аккумуляторных накопителей энергии.

Приведенные примеры применения робототехники в учебном процессе по физике — это лишь часть из всех возможных методов использования этой эффективной образовательной технологии. Функциональные возможности аппаратного и программного обеспечения современных платформ образовательной робототехники позволяют преподавателю адаптировать свои конструкции

под демонстрацию практически любых тем и разделов начальных курсов физики, механики, электроники и даже информационно-коммуникационных технологий. Опыт внедрения образовательной робототехники в процесс изучения механики и других разделов показывает, что интерес и качество освоения материала у студентов на порядок выше, чем при устной или мультимедийной демонстрации. Это обусловлено тем, что робототехника направлена именно на практическую демонстрацию законов и явлений. Используя робототехнику, преподаватель не только рассказывает теоретическую часть рассматриваемой темы, а демонстрирует работу того или иного закона на практике.

В заключении хотелось бы сказать, что внедрение образовательной робототехники в учебный процесс — это новый шаг в развитии системы образования в целом. На современном этапе развития науки и техники возникает необходимость в организации учебной деятельности, направленной на развитие у подготавливаемых специалистов умений и навыков, которые способствуют реализации основных задач научно-технического прогресса. Именно образовательная робототехника способствует развитию этих компетенций. Ведь образовательная робототехника объединяет в себе самые различные области науки и техники — от схемотехники до искусственного интеллекта. Это именно те направления, от развития которых зависит будущее нашей Республики и всей страны в целом. Робототехника — это решение вопросов автоматизации и роботизации производства, привлечение самых передовых технологий. Развитие образовательной робототехники будет содействовать становлению Чеченской Республики как технически развитого региона через формирование востребованного кадрового резерва инженеров и специалистов, обладающих современными компетенциями в области науки и техники, способных решать задачи высокотехнологичных отраслей экономики России и всего мира.

## Литература:

1. Халамов, В. Н. Робототехника в образовании/В. Н. Халамов. — Всерос. уч.-метод. центр образоват. робототехники. — 2013. — 24 с.
2. Халамов, В. Н. Fischertechnik — основы образовательной робототехники: учеб.-метод. пособие/В. Н. Халамов, Н. А. Сагритдинова. Обл. центр информ. и мат.-техн. обесп. ОУ Чел. обл. — Челябинск, 2012. — 40 с.
3. Белиовская, Л. Г. Програмируем микрокомпьютер NXT в LabVIEW/Л. Г. Белиовская, А. Е. Белиовский. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 280 с.
4. Калугина, В. А. Основы лего-конструирования: методические рекомендации/В. А. Калугина, В. А. Тавберидзе, В. А. Воробьева — Курган: ИРОСТ, 2012.
5. Каширин, Д. А. Курс «Робототехника»: методические рекомендации для учителя/Д. А. Каширин, Н. Д. Федорова, М. В. Ключникова; под ред. Н. А. Криволаповой. — Курган: ИРОСТ, 2013. — 80 с.
6. Колотова, И. О. Основы образовательной робототехники: уч.-метод. пособие для слушателей курса/Колотова И. О., Мякушко А. А., Сичинская Н. М., Смирнова Ю. В. — М.: Издательство «Перо», 2014. — 80 с.
7. Филиппов, С. А. Робототехника для детей и родителей./А. С. Филиппов. — СПб.: Наука, 2013. 319 с.
8. Овсянницкая, Л. Ю. Курс программирования робота Lego Mindstorms EV3 в среде EV3: основные подходы, практические примеры, секреты мастерства/Д. Н. Овсянницкий, А. Д. Овсянницкий. — Челябинск: ИП Мякотин И. В., 2014. — 204 с.
9. Федеральный государственный образовательный стандарт по направлению 011200 «Физика», утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 08 декабря 2009 г., № 711.

## Краткий обзор достижений в области гетерогенных вычислений

Светличный Андрей Николаевич, магистрант

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*За последние десятилетие гетерогенные вычислительные системы становятся все более привлекательными. По сравнению с традиционными симметричными многопроцессорными ЦПУ, они обеспечивают высокую пиковую производительность наравне с энергоэффективностью и более низкой стоимостью. С увеличением параллелизма в области высокопроизводительных вычислений есть острая необходимость в хорошем обзоре и понимании гетерогенных архитектур. В этой статье приведен краткий обзор аппаратных средств, решений и достижений в области гетерогенных вычислений.*

**Ключевые слова:** гетерогенные архитектуры, энергоэффективность, параллельные вычисления, производительность процессоров, высокопроизводительные вычисления.

Архитектура и конструкция процессоров всегда были стремительно развивающимися областями для исследований. Первые поколения цифровых компьютеров были построены на электронных лампах и реле и имели сложные межсоединения. Второе поколение строилось на цифровых транзисторах, изобретенных в 1947 учеными Бардином, Браттейном и Шокли, за что они были удостоены нобелевской премии по физике в 1956 году [1]. Использование транзисторов позволяло очень значительно уменьшать размеры и увеличивать скорость логических элементов, делая компьютеры более компактными и энергоэффективными. В 1958 году Нойс и Киббли независимо друг от друга изобрели интегральную схему в 1958 году. В СССР первая полупроводниковая интегральная микросхема была создана на основе планарной технологии, разработанной в начале 1960 года в НИИ-35 (затем переименован в НИИ «Пульсар») коллективом, который в дальнейшем был переведён в НИИМЭ («Микрон») [2]. Появление инте-

гральных схем привело к дальнейшему уменьшению габаритов, необходимого для появления компьютеров третьего поколения. Так же появление интегральных схем послужило началом для изобретения микропроцессора инженерами компании Intel в 1968 году. Тенденция к уменьшению размеров и энергопотребления сохраняется в электронике и по сей день. По мере уменьшения размеров и энергопотребления на логический элемент пропорционально им увеличивалась вычислительная мощность. Последние несколько десятилетий основными способами увеличения вычислительной мощности были увеличение числа транзисторов в единицу площади и увеличение частоты их работы.

В 1965, Гордон Мур предсказал что число транзисторов, размещенных на одном кристалле, будет удваиваться каждые два года и эта тенденция сохраниться на протяжении более тридцати лет [3]. С сегодняшними достижениями в производстве, с помощью 32нм техпроцесса возможно разместить 16 миллиардов транзисторов на одном



кристалле и в настоящее время нет признаков, что экспоненциальный рост описанный Муром прекратиться.

В общем случае частота процессора приблизительно увеличивается согласно закону Мура. Тем не менее, физические ограничения остановили и даже немного обернули вспять этот экспоненциальный рост. Одной из ключевых проблем является проблема увеличения рассеиваемой мощности с увеличением частоты, так же называемая стеной мощности. На данный момент рассеиваемая мощность достигла таких значений при которых температуры процессоров уже превосходят температуры нагретых кухонных плит и подходят к пределу температур, которые может выдержать кремний с современными методами охлаждения. Продолжение увеличения частоты таким образом требует новых методов охлаждения, например таких как использование жидкого азота или водорода или новых материалов, таких как углеродные нанотрубки. К сожалению, в настоящее время все они являются слишком дорогими.

Вместе комбинация закона Мура и стены мощности сдерживают развитие процессоров. Частота не может быть увеличена с применением современных технологий, поэтому производительность увеличивается прежде всего за счет увеличения числа транзисторов. Все больше и больше возрастает сложность эффективного использования большого числа транзисторов. Этот компромисс между производительностью и стоимостью разработки привел к использованию большинства транзисторов для создания огромных кешей и сложной логики для создания параллелизма на уровне команд. Но увеличение кешей и добавление конструкций параллелизма на уровне команд дают слишком маленький прирост производительности по сравнению с затратами на разработку.

Современные многоядерные ЦПУ используют большинство их транзисторов для логики и кешей и используют много энергии на невычислительные блоки. Альтернативой традиционным процессорам являются гетерогенные архитектуры совмещающие процессоры и дополнительные вычислительные блоки, каждый из типов которых подходит лучше для определенного типа задач, что позволяет увеличить скорость выполнения некоторых задач в сотни раз. Обычно дополнительные блоки имеют меньшее энергопотребление и меньшее количество логических элементов, что исключает возможность запуска на них операционной системы и поэтому обычно они управляются традиционными процессорами.

### Классификация гетерогенных систем

Введение описывает нынешние тенденции по увеличению производительности введением параллелизма, а не увеличением тактовой частоты. Поскольку параллелизм на уровне команд уже практически изжил себя то акценты при создании высокопроизводительных систем смещаются на многопроцессорный, многоядерный и многоконтекстный параллелизм. По классификации Флинна, предложенной Майклом Флинном в 1966 году и расши-

ренной в 1972 году [4], архитектуры по параллелизму различают на 4 класса:

— **ОКОД** — Вычислительная система с **о**диночным потоком **к**оманд и **о**диночным потоком **д**анных (**SISD**, **S**ingle **I**nstruction **s**tream **o**ver **a** **S**ingle **D**ata **s**tream) — Последовательная вычислительная машина, которая не использует параллелизм. Один блок управления получает один поток набора инструкций из памяти. Затем блок управления генерирует соответствующие сигналы управления для определенного обрабатывающего устройства для оперирования над одним потоком данных, т.е. одной операцией за один раз. Примерами SISD архитектуры являются традиционные однопроцессорные машины, такие как персональные компьютеры или старые мейнфреймы.

— **ОКМД** — Вычислительная система с **о**диночным потоком **к**оманд и **м**ножественным потоком **д**анных (**SIMD**, **S**ingle **I**nstruction, **M**ultiple **D**ata) — Компьютеры которые используют один поток инструкций для нескольких потоков данных для выполнения операций, которые могут быть, естественно параллелизованы. Например, массив процессоров или графический процессор.

— **МКОД** — Вычислительная система со **м**ножественным потоком **к**оманд и **о**диночным потоком **д**анных (**MISD**, **M**ultiple **I**nstruction **S**ingle **D**ata) — Множество команд оперируют над одним потоком данных. Редкая архитектура, которая, как правило, используется для обеспечения отказоустойчивости. Пример — компьютер управления полетом космического шаттла.

— **МКМД** — Вычислительная система со **м**ножественным потоком **к**оманд и **м**ножественным потоком **д**анных (**MIMD**, **M**ultiple **I**nstruction **M**ultiple **D**ata) — Несколько автономных процессоров одновременно выполняют различные инструкции над различными данными. Распределенные системы, как правило, относятся к MIMD архитектуре. Многоядерный суперскалярный процессор это MIMD процессор.

MIMD класс так же делится на подклассы:

— **PMMD** (Single Program Multiple Data) — Несколько автономных процессоров одновременно выполняют одну программу над различными данными.

— **MPMD** (Multiple Programs Multiple Data) — описывает систему, а) где на одном процессоре MIMD-машины работает мастер-программа, а на других подчиненная программа, работой которой руководит мастер-программа (принцип *master/slave* или *master/worker*); б) где на разных узлах MIMD-машины работают разные программы, которые по-разному обрабатывают один и тот же массив данных (принцип *coupled analysis*), большей частью они работают независимо друг от друга, но время от времени обмениваются данными для перехода к следующему шагу.

### Гетерогенные архитектуры

Честный полноценный обзор всех гетерогенных вычислительных систем чрезвычайно затруднительная задача,



поэтому в этой статье внимание будет уделено нескольким типам реализации гетерогенных вычислительных систем.

Многоядерные процессоры с гетерогенной архитектурой — процессоры, ядра которых выполняют разные задачи. Например, микропроцессор «Эльбрус-2С+» (1891ВМ7Я) — гетерогенный многоядерный процессор компании МЦСТ с архитектурой «Эльбрус» на основе архитектуры широкого командного слова (VLIW). Содержит традиционный SISD двухъядерный процессор и 4 ядра MIMD цифровых сигнальных процессоров (DSP) производства ОАО НПЦ «Элвис». Основной сферой применения микропроцессора «Эльбрус-2С+» являются системы цифровой интеллектуальной обработки сигнала, такие как радиолокаторы, анализаторы изображений и т. п.

Графический процессор (graphics processing unit, GPU) — процессор традиционно предназначенный для графического рендеринга. Выходными данными GPU является информация о пикселе. GPU использует набор ядер для параллельного вычисления цвета пикселей. Современные GPU имеют десятки SIMD ядер и используются для различных вычислительных задач, задача рендеринга для них является частным случаем применения. Теоретическая пиковая производительность графических процессоров в настоящее время близка к трем терафлопсам, что делает их привлекательными для высокопроизводительных вычислений. Однако, недостатком является то, что для коммутации графические процессоры с ЦПУ используется шина PCI Express, имеющая теоретические ограничения по пропускной способности примерно в 8 Гб/с. Сам по себе GPU является симметричным многомерным процессором, управляемым традиционным ЦПУ. В паре они образуют гетерогенную систему.

Со-процессор на базе программируемой пользователем вентильной матрицы (ППВМ, англ. Field-Programmable Gate Array, FPGA). ППВМ — полупроводниковое устройство, состоящее из набора конфигурируемых логических блоков. Логические блоки конфигурируются путем изменения межсоединений, например, с помощью исходного кода на языке проектирования (типа VHDL). ППВМ является одной из архитектурных разновидностей программируемых логических интегральных схем (поэтому далее для обозначения ППВМ будет использоваться сокращение — ПЛИС). Конфигурация ПЛИС может быть изменена практически в любой момент в процессе их использования. Конфигурируемые логические блоки, из которых состоит ПЛИС, подобны переключателям с множеством входов и одним выходом (логические вентили или gates). В цифровых схемах такие переключатели реализуют базовые двоичные операции AND, NAND, OR, NOR и XOR. В большинстве современных микропроцессоров функции логических блоков фиксированы и не могут модифицироваться. Принципиальное отличие ПЛИС состоит в том, что и функции блоков, и конфигурация соединений между ними могут меняться с помощью специальных сигналов, посылаемых схеме. В некоторых

специализированных интегральных схемах (ASIC) используются логические матрицы, аналогичные ПЛИС по структуре, однако они конфигурируются один раз в процессе производства, в то время как ПЛИС могут постоянно перепрограммироваться и менять топологию соединений в процессе использования. Однако, такая гибкость требует существенного увеличения количества транзисторов микросхемы. Конфигурация ПЛИС может содержать в себе имплементацию традиционных процессорных ядер, что делает ее гетерогенной сама по себе. Все вышесказанное позволяет использовать ПЛИС для эффективного решения широкого круга специфических задач. Но так же все это позволяет использовать ПЛИС в качестве со-процессора к традиционным процессорам для увеличения производительности и энергоэффективности для некоторых типов приложений. ПЛИС позволяют создавать пользовательский набор инструкций для данного приложения, и применить сотни или даже тысячи элементов обработки одновременно. Для приложений, требующих тяжелого манипулирования с битами, сложение, умножение, сравнение, свертки или преобразования, ПЛИС может выполнять эти операции над тысячами частями данных сразу, гораздо быстрее и с более низким энергопотреблением, чем обычные процессоры.

Конечно это далеко не полный список, гетерогенные архитектуры можно найти во многих областях вычислительной техники:

- Высокопроизводительные вычислительные системы — суперкомпьютеры, такие как Cray XD1, SRC-6 и SRC-7.

- Встраиваемые системы (DSP и мобильные платформы) — Texas Instruments OMAP, Analog Devices Blackfin, Nvidia Tegra, Samsung Exynos, Apple A series.

- Реконфигурируемые вычислительные системы — Xilinx Virtex и Zynq, Intel Stellatron (Atom + Altera FPGA).

- Сети — Intel IXP Network Processors, Netronome NFP Network Processors

- Вычислительные системы общего назначения, игровые и мультимедийные системы — IBM Cell, гибридные процессоры (APU) от AMD.

## Выводы

Пока что не существует единого решения в области гетерогенных систем, которое бы подходило ко всем задачам и удовлетворяло всем потребностям, поэтому в статье были кратко описаны основные тенденции развития параллельных вычислений, приведена их классификация и приведен обзор существующих аппаратных решений. Гетерогенные вычисления за последние несколько лет превратились в отдельную научную область, а гетерогенные архитектуры можно найти во многих областях вычислительной техники — от кластерных суперкомпьютеров и высокопроизводительных серверов до маломощных встраиваемых устройств, включая мобильные телефоны и планшеты.

Литература:

1. «The Nobel Prize in Physics 1956». Nobelprize.org. Nobel Media AB. Retrieved 7 December 2014.
2. Создание первой отечественной микросхемы. Chip News № 8, 2000 г.
3. G. Moore, Cramming more components onto integrated circuits, Electronics 38 (8), 1965.
4. Flynn, M. J.. «Some Computer Organizations and Their Effectiveness». IEEE Trans. Comput., September 1972.
5. John Shalf. The New Landscape of Parallel Computer Architecture.
6. Heterogeneous Processing: a Strategy for Augmenting Moore's Law. Linux Journal.

## Сравнение солнечных коллекторов, используемых в целях теплоснабжения и горячего водоснабжения жилого дома в условиях Краснодарского края

Сельницын Александр Сергеевич, студент  
Московский государственный машиностроительный университет

*В данной статье рассматриваются различные виды солнечных коллекторов для теплоснабжения и горячего водоснабжения частного дома, а так же подобран наиболее оптимальный вид солнечных коллекторов для использования в условиях Краснодарского края.*

**Ключевые слова:** плоский солнечный коллектор, вакуумный солнечный коллектор, открытый солнечный коллектор, солнечное теплоснабжение, солнечное горячее водоснабжение.

В настоящее время важным направлением развития энергетики является повышение эффективности преобразования и использования первичной энергии. Сейчас Российская Федерация практически не представлена на мировом рынке возобновляемой энергетики, но РФ не останется в стороне от развития этого перспективного направления энергетики. Россия обладает огромным потенциалом возобновляемых источников энергии. Огромная территория позволяет использовать все виды возобновляемых источников энергии. Научно-технические разработки и международное сотрудничество увеличит вклад Российской Федерации в мировой рынок возобновляемой энергетики. Современное состояние развитие альтернативной энергетики позволяет создавать эффективные и конкурентоспособные установки для получения тепловой энергии. Особенно это актуально в энергодефицитных и слабогазифицированных регионах. Краснодарский край является энергодефицитным регионом, но имеет большие перспективы в развитии солнечной энергетики. Использование солнечных коллекторов может снизить нагрузку на энергосистему и сберечь традиционные ресурсы. [1,2]

Для обеспечения теплоснабжения и горячего водоснабжения частного жилого дома могут подойти плоские солнечные коллекторы, открытые коллекторы и солнечные коллекторы на основе вакуумных трубок. [3] КПД этих коллекторов рассчитывается по формуле:

$$\eta = \eta_0 - \left( k_1 \times \frac{\Delta T}{E} + k_2 \times \frac{\Delta T^2}{E} \right) \quad (1)$$

где  $\eta_0$  — оптический коэффициент полезного действия солнечного коллектора;

$k_1$  — коэффициент тепловых потерь, Вт/(К\*м<sup>2</sup>);

$k_2$  — коэффициент тепловых потерь, Вт/(К\*м<sup>2</sup>);

$\Delta T$  — разность температур между теплоносителем и окружающей средой, К;

$E$  — интенсивность солнечного излучения, Вт/м<sup>2</sup>.

Для менее точных расчётов используется формула:

$$\eta = \eta_0 - k \times \frac{\Delta T}{E} \quad (2)$$

Некоторые производители солнечных коллекторов указывают в паспортных данных только коэффициент тепловых потерь —  $k$ , а большинство производителей указывают в паспортных данных коэффициенты тепловых потерь  $k_1$  и  $k_2$ . Поэтому можно оценить зависимость КПД солнечного коллектора от разности температуры теплоносителя и наружного воздуха и получить характеристические графики более точно, сравнив коллекторы тех производителей, которые в паспортных данных указывают коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$ . Современные производители солнечных коллекторов получают коэффициенты  $k_1$  и  $k_2$  путем эксперимента для каждого солнечного коллектора.

Проанализировав ассортимент солнечных коллекторов мировых авторитетных производителей: Vaillant Group, Roth, Suintask, Wolf, Nibe, VMtec, Buderus, Stiebel — можно сделать вывод, что в среднем для плоских солнечных коллекторов  $\eta_0 = 0,82$ ,  $k_1 = 5$  Вт/(К\*м<sup>2</sup>),  $k_2 = 0,01$  Вт/(К\*м<sup>2</sup>); для вакуумных солнечных коллекторов  $\eta_0 = 0,8$ ,  $k_1 = 1,9$  Вт/(К\*м<sup>2</sup>),  $k_2 = 0,001$  Вт/(К\*м<sup>2</sup>);

для открытых солнечных коллекторов  $\eta_0 = 0,89$ ,  $k_1 = 15$  Вт/(К\*м<sup>2</sup>),  $k_2 = 0,01$  Вт/(К\*м<sup>2</sup>).

На рис. 1 изображён характерный график зависимости КПД солнечных коллекторов от разности температур те-

плоносителя и окружающей среды при интенсивности солнечного излучения  $E = 1000$  Вт/м<sup>2</sup>.

Температура окружающей среды в течение года является определяющим фактором при выборе типа солнеч-

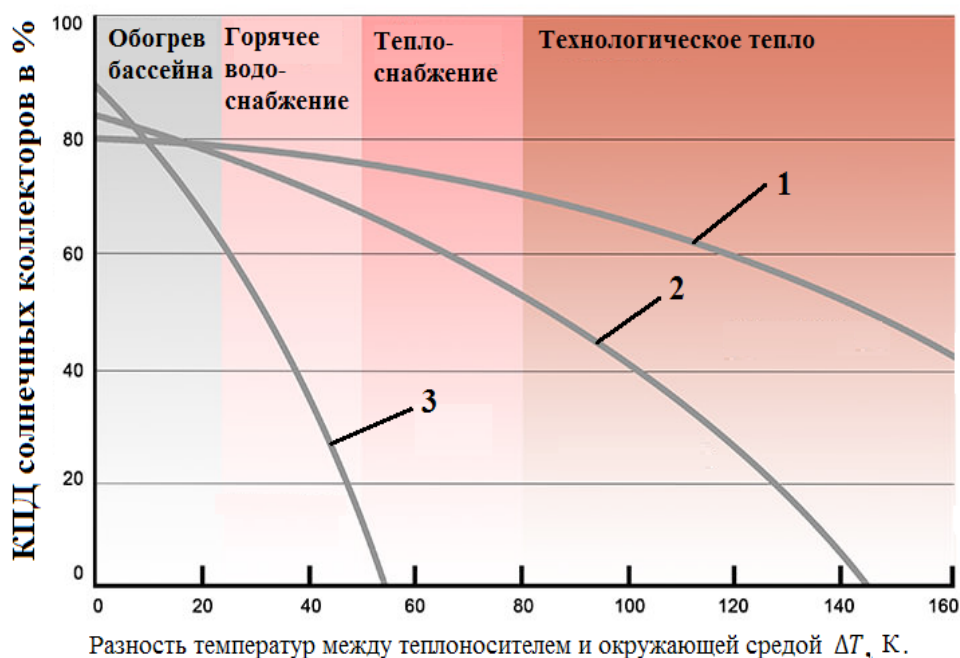


Рис. 1. Характерный график зависимости КПД солнечных коллекторов от разности температур теплоносителя и окружающей среды при интенсивности солнечного излучения  $E = 1000$  Вт/м<sup>2</sup>. 1 — СК на основе вакуумных трубок; 2 — Плоский СК; 3 — Открытый СК

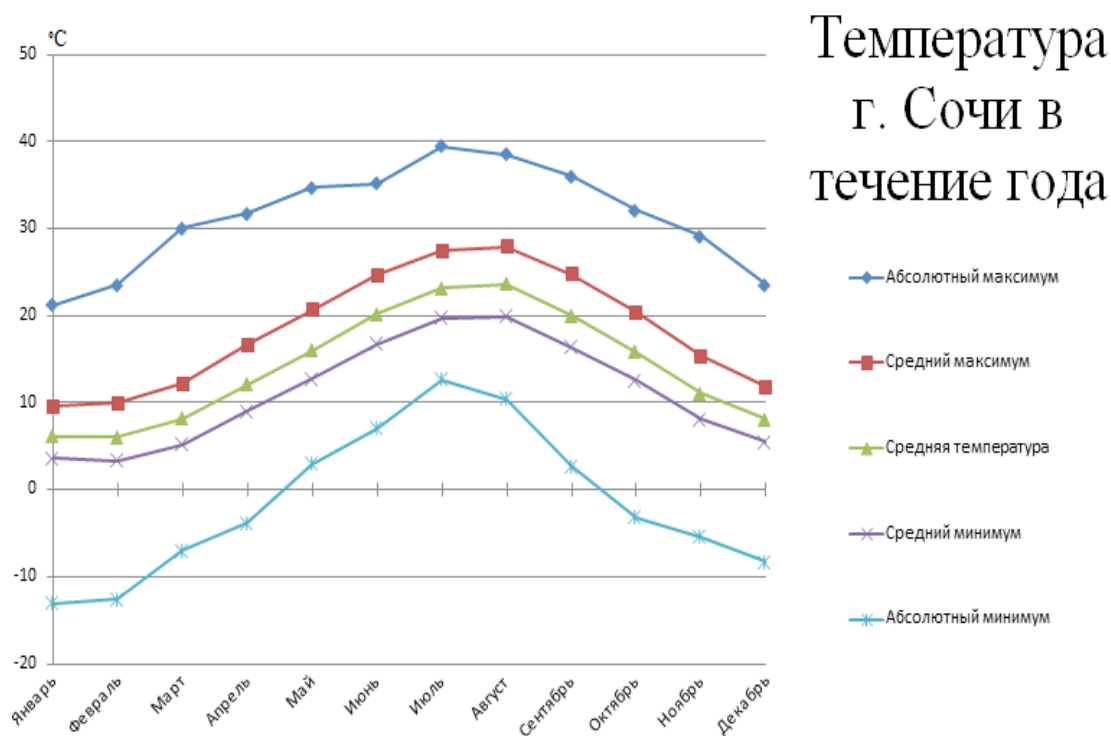


Рис. 2. График температур в г. Сочи в течение года

ного коллектора. На рис. 2 приведён годовой график температура в г. Сочи Краснодарского края. [4]

Если происходит использование солнечных коллекторов в зимний период для теплоснабжения и горячего водоснабжения, то открытые солнечные коллекторы не подойдут. Они не имеют утепление, поэтому при уменьшении температуры окружающего воздуха их КПД значительно снизится. Открытые солнечные коллекторы являются самыми дешёвыми среди вышесказанных коллекторов. Их будет целесообразно использовать для горячего водоснабжения частного жилого дома в летний период и для подогрева бассейна. Целесообразно использовать открытые солнечные коллекторы, когда разница температур между теплоносителем и окружающей средой составляет не более 25°C.

Солнечные коллекторы на основе вакуумных трубок значительно дороже плоских солнечных коллекторов. Одним из ключевых факторов в ценообразовании является то, что в России нет собственного производства вакуумных трубок для солнечных коллекторов, а падение курса рубля по отношению к доллару значительно отразилось на цене. Равный по площади плоскому коллектору вакуумный коллектор, как правило, в два раза дороже.

Вакуумные солнечные коллекторы имеют хорошую теплоизоляцию. Это создаёт возможность использования их в холодном климате. Цилиндрическая форма позволяет улавливать в значительной степени больше по сравнению с плоским солнечным коллектором. Благодаря установке параболического концентратора с задней стороны они могут работать эффективно от восхода до заката. Солнечные коллекторы на основе вакуумных трубок работают эффективно до температуры -35°C. В регионах с суровым климатом рентабельно использовать вакуумные солнечные коллекторы. Они обладают высокой надёжностью. Трубки изготовлены из прочного стекла, которое способно выдерживать град

довольно крупного размера. Вакуумные трубки имеют низкую парусность, поэтому нет шансов срывания вакуумного солнечного коллектора при воздействии сильного ветра. Солнечные коллекторы на основе вакуумных трубок по сравнению с другими видами коллекторов способны генерировать тепловую энергию более высокого потенциала. Высокопотенциальная энергия может подойти для технологических нужд, а так же это позволяет уничтожить болезнетворные микробы, вирусы и многие другие возбудители заболевания.

Плоские солнечные коллекторы имеют наилучший параметр «цена/качество», так как имеют оптимальную стоимость и теплопроизводительность. Они имеют простое конструктивное исполнение. Самым высокотехнологическим элементом является абсорбер, так как на него должно быть нанесено селективное покрытие. Плоские солнечные коллекторы способны улавливать прямое и рассеянное солнечное излучение. Производством плоских коллекторов в России занимается несколько фирм, что обеспечивает защиту от конъюнктуры внешних воздействий. Плоские солнечные коллекторы при разнице температур между теплоносителем и наружным воздухом приблизительно в 35 градусов оказываются эффективнее солнечных коллекторов на основе вакуумных трубок. Но при разнице температур наружного воздуха и теплоносителя свыше 40 градусов их КПД становится ниже, чем у вакуумного коллектора.

Таким образом, для климатических условий Краснодарского края рентабельнее всего использовать плоские солнечные коллекторы. Солнечные коллекторы на основе вакуумных трубок подойдут для суровых климатических условий, например, в тех регионах РФ, где возникают отрицательные температуры наружного воздуха. Открытые солнечные коллекторы целесообразно использовать в условиях Краснодарского края в летнее время для нужд горячего водоснабжения и подогрева бассейна.

#### Литература:

1. Сельницын, А. С. Мониторинг отклонения напряжения и частоты для определения качества электрической энергии // Молодой ученый. — 2015. — № 20. — с. 76–79.
2. Сельницын, А. С., Сельницын С. А. Структура ветровой энергоустановки с накопителями энергии на основе водородного электрохимического цикла // Роль инноваций в трансформации современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (20 ноября 2015 г., г. Казань). / В 3 ч. Ч. 2 — Уфа: АЭТЕРНА, 2015. — с. 62–64.
3. Алмаев, А. Ю., Лушкин И. А. Преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов солнечной энергии // Вестник НГИЭИ. 2015. № 6 (49). с. 16–20.
4. Научно-прикладной справочник «Климат России» [Электронный ресурс]. URL: <http://aisori.meteo.ru/CIspr> (дата обращения: 25.12.2015).

## Трехмерный тактильный датчик для манипуляционных промышленных роботов

Сергеев Алексей Андреевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Данная статья посвящена созданию и применению тактильного датчика. Этот датчик, на мой взгляд, сможет помочь человечеству в операциях сборки, шлифования, полировки, и др. В работе рассматриваются основные функции и способ расчета корректирующих движений датчика. Кроме того использовались неординарные технические решения, позволив выполнять операции более независимые от человеческого вмешательства, в результате чего появилась возможность выполнять операции без непосредственного надзора.

**Ключевые слова:** тактильный датчик, чувствительный элемент, вектор коррекции, система координат, дискретизация.

В промышленных роботах, выполняющих операции сборки, шлифования, полировки, снятия заусенцев и др. требуется поддерживать на определенном уровне усилия, воздействующие на рабочий орган, для чего нужны соответствующие датчики. Он крепится на руке робота между фланцем и захватным устройством, а каждый из его чувствительных элементов воспринимает определенную составляющую нагрузки, воздействующей на захватное устройство.

Из схемы воспринимаемых датчиком усилий (рис. 1) видно, что он реагирует на четыре составляющих нагрузки: аксиальное усилие растяжения-сжатия, две перпендикулярные к оси датчика силы, которые создают соответствующие изгибающие моменты, и аксиально крутящий момент. Конструктивное решение крестообразного основания датчика позволяет принять в качестве механической эквивалентной схемы для каждой из составляющих изгибную деформацию свободно лежащей балки прямоу-

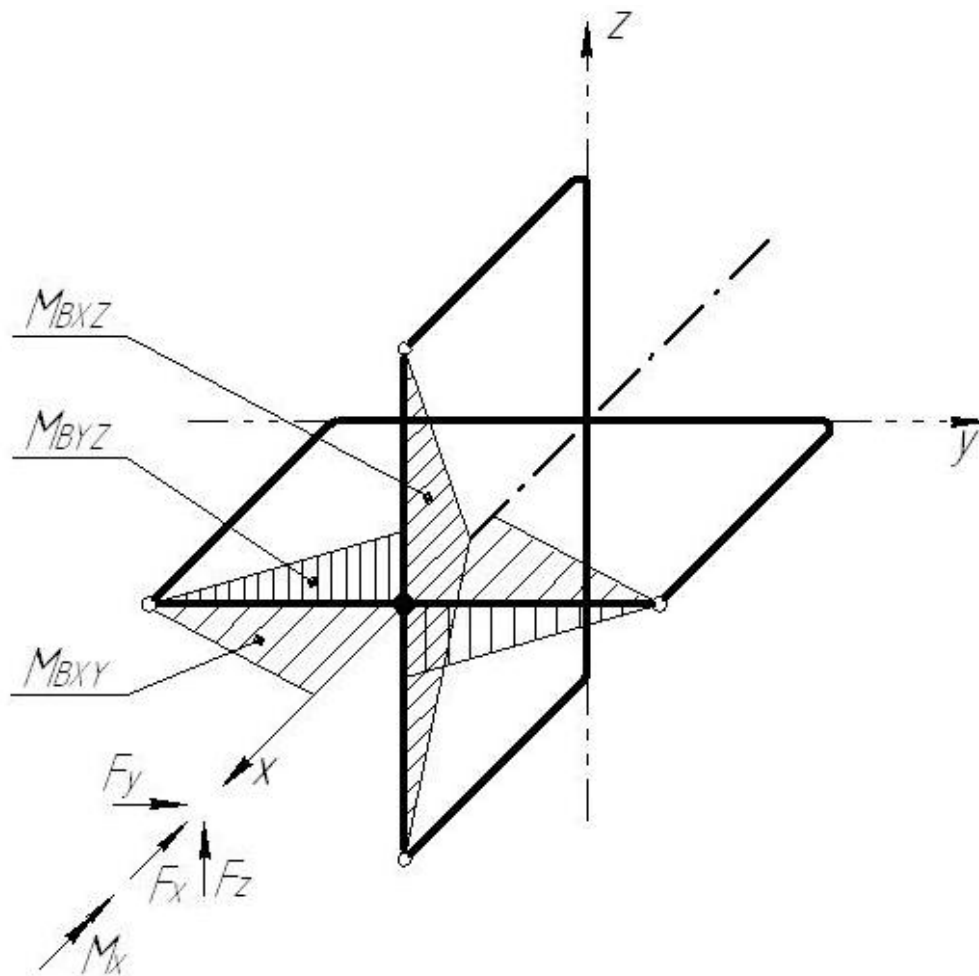


Рис. 1. Схема воспринимаемых датчиком усилий



гольного сечения. На деформируемое основание наклеены чувствительные элементы — полупроводниковый тензодатчик для восприятия крутящего момента и тензорезисторы на основании из фольги для восприятия остальных составляющих [1,2].

Каждый из чувствительных элементов описываемого датчика включен по схеме полного моста и питается напряжением от 3,5 до 5 В. Для полупроводникового чувствительного элемента предусмотрена схема температурной компенсации, работающая в диапазоне температур от 0° до 40°С. Сигналы чувствительных элементов подаются на усилители постоянного тока с коэффициентом усиления 60 дБ. Диапазоны воспринимаемых нагрузок указаны в таблице 1. Нагрузки, приведенные в таблице, соответствуют напряжениям на выходе усилителя от 0 до 10 В.

Для соединения чувствительных элементов между собой и размещения элементов схемы температурной компенсации используется небольшая печатная плата внутри корпуса датчика. С целью выравнивания температуры и ускорения реакции на ее изменения чувствительные элементы покрыты алюминиевой накладкой.

Снимаемые с выходов усилителей датчиков аналоговые сигналы, пропорциональные соответствующим усилиям, для использования в системах управления современными роботами должны быть дискретизованы. В данном случае дискретизация осуществляется путем преобразования сигнала в двухразрядный двоичный код с помощью микросхемы дискриминатора зоны. При переходе выходного сигнала усилителя через заданное значение изменяется первый бит выходного сигнала усилителя через заданное значение, изменяется первый бит выходного кода дискриминатора, а при выходе из определенной зоны — второй бит, т. е. имеет место кусочно-постоянная аппроксимация двумя отрезками. Заданное значение нагрузки и величина зоны устанавливаются с помощью потенциометров. Гистерезис при переходе через заданное значение составляет около 20 мВ. Для индикации величины усилий (в зоне, вне зоны) имеются два светодиода на каждый канал измерения [3].

Дальнейшая обработка, полученных таким образом дискретных сигналов, осуществляется специальной вычислительной приставкой, реализующей функциональный комплекс преобразования координат, устанавливает связь между координатами степеней подвижности робота и прямоугольной системой координат, связанной с датчиком на руке. Как прямое, так и обратное преобразо-

вания должны выполняться в реальном времени. Второй функциональный комплекс составляет расчет корректирующих движений робота в зависимости от сигналов датчика. При этом по результатам обработки последних изменяются параметры преобразования координат, которые при чисто программном управлении точно соответствовали бы геометрическим параметрам руки.

Условно показанные на рис. 2 отрезки, характеризующие параметры руки, определяют отсчетную точку рабочего органа и параллельны осям системы координат с началом в центре шарнира. Этим же осям параллельны продольная, поперечная и вертикальная составляющие усилий, воспринимаемых датчиком. Для определения корректирующего движения выполняется вариация отрезков, т. е. координатам отсчетной точки рабочего органа даются некоторые виртуальные приращения. Таким образом, алгоритм траекторной интерполяции совмещает отсчетную точку с заданными опорными точками программной траектории, а с помощью виртуальных приращений определяются корректирующие движения, обеспечивающие заданные усилия [4].

Такой способ расчета корректирующих движений имеет следующие преимущества:

- может использоваться во всем рабочем пространстве и пригоден для роботов различных конфигураций;
- обеспечивает одинаковую связь компонент сил и моментов, измеряемых датчиком, с направлениями корректирующих движений при любой ориентации руки;
- не требует изменения заданных усилий (уставок);
- реализуется путем многократного применения одних и тех же алгоритмов преобразования координат [5].

Для размещения программного обеспечения, функционального комплекса обработки сигналов датчика и преобразования координат, требуется объем памяти 0,25 Кбайт ОЗУ и 4 Кбайт ПЗУ. Время исполнения программы 30 мс, время такта 40 мс. Скорость корректирующих движений по отдельным степеням подвижности — до 200 мм/с [6].

Первые испытания описанного датчика и принцип коррекции необходимо проверить на операции шлифования сферической головки молота, когда робот будет вести головку, по необходимой для обеспечения сферической траектории, относительно вращающегося плоского шлифовального круга. Процесс регулирования усилия прижатия должен происходить без перерегулирования, а разброс размеров отдельных экземпляров изделий находится в пределах допуска.

Таблица 1. Диапазон нагрузок для датчика сил и моментов

Компонента	Диапазон нагрузок	Чувствительность
$F_x$	$\pm 500 \cdot \text{Н}$	2,5 Н
$M_x$	$\pm 75 \text{ Н}\cdot\text{м}$	0,1 Н·м
$M_y$	$\pm 75 \text{ Н}\cdot\text{м}$	0,1 Н·м
$M_z$	$\pm 75 \text{ Н}\cdot\text{м}$	0,1 Н·м

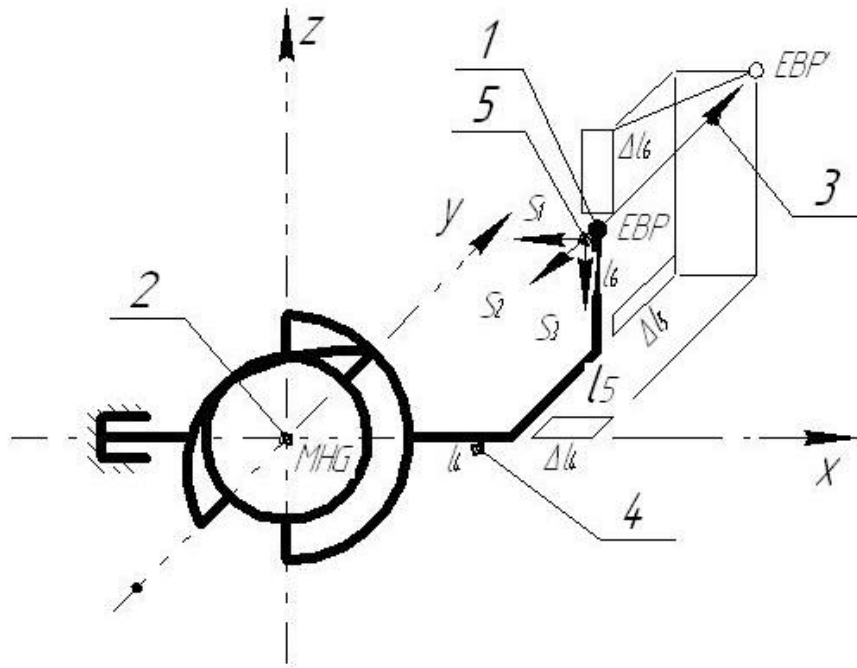


Рис. 2. Принцип коррекции: 1 — отсчетная точка рабочего органа; 2 — центр шарнира руки; 3 — вектор коррекции; 4 — размеры руки; 5 — вектор нагрузок, воспринимаемых датчиком

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. 3. — 164 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. 2. — 185 с.
3. Поезжаева, Е. В., Мисюров М. Н., Сергеев А. А. Роботизация шахтного дела // Интернет журнал «Наукоедение», 2015 № 3 (28) [Электронный ресурс] -М.:Наукоедение, 2015. — Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/180TVN315.pdf>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
4. Зенкевич, С. Л. Основы управления манипуляционными роботами/С. Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 479 с.
5. 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.
6. 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.

## Воздействие внешних факторов на объекты газораспределения и газопотребления в контексте ориентированного подхода при осуществлении производственного контроля

Сигаилов Михаил Владимирович, ведущий инженер отдельного подразделения;  
Шувакин Александр Евгеньевич, начальник отдельного подразделения;  
Матвеевцев Владимир Евгеньевич, ведущий инженер отдельного подразделения  
ООО «НОЦ ЭТ ТД» (г. Москва)

*В статье показан принцип применения ориентированного подхода при осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности, основанный на анализе причин возникновения аварий от воздействия внешних факторов на объекты газораспределения и газопотребления. Определены ключевые направления снижения количества аварий данной категории.*

**Ключевые слова:** газораспределение, газопотребление, причины аварий, внешние факторы, ориентированный подход, производственный контроль.

Производственный контроль является составной частью системы управления промышленной безопасностью и осуществляется эксплуатирующими организациями путем проведения комплекса мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов (далее — объекты), а также на предупреждение аварий на этих объектах [1].

Как отмечалось ранее [2], ключевым фактором снижения уровня аварийности объектов газораспределения и газопотребления является совершенствование организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности с применением ориентированного подхода при его осуществлении. В данной статье показан принцип применения ориентированного подхода на основе анализа причин возникновения аварий от воздействия внешних факторов, оказывающих непосредственное влияние на технологический процесс транспортировки газа.

Основной задачей объектов системы газоснабжения является обеспечение безопасной и бесперебойной подачи природного газа потребителям в необходимых количествах с соблюдением заданных параметров. При возникновении аварийных ситуаций нарушается технологический процесс и, следовательно, каждая из заинтересованных сторон несет определенного рода убытки, которые могут достигать значительных величин.

Статистический анализ данных об аварийности [2–7] показывает, что за последние годы наибольшее количество аварий (около 59% от общего числа аварий) на объектах газораспределения и газопотребления произошло в результате воздействия внешних факторов (сторонних лиц и организаций, природных явлений).

Изучение материалов расследований [3–7] позволяет сделать вывод, что причинами данной категории аварий являлись:

— повреждения надземных газопроводов транспортными средствами — 12%;

— повреждения газопроводов в результате воздействия природных факторов — 9%;

неудовлетворительная организация и производство земляных работ в охранных зонах действующих газопроводов (проекты работ, не согласовываются с организациями-владельцами газовых сетей; не оформляются соответствующие разрешения на право строительства, производства земляных работ в охранных зонах газопроводов; работы осуществляются без вызова на место представителя эксплуатационной газовой службы) — 38%.

Показатели надзорной деятельности [3–7] и опыт работ свидетельствуют о слабом контроле со стороны эксплуатирующих организаций за сохранностью действующих газовых сетей, в частности о формальном отношении к организации работ по содержанию охранных зон действующих газопроводов: не расчищаются трассы газопроводов от поросли кустарников в целях своевременного обнаружения опознавательных знаков трасс (рис. 1); отсутствуют опознавательные знаки трасс; не соблюдаются расстояния от деревьев до газопроводов (рис. 2) и пр.

В свою очередь, охранный зона объектов системы газоснабжения — это территория с особыми условиями использования, которая устанавливается в порядке, определенном Правительством Российской Федерации [8], вдоль трассы газопроводов и вокруг других объектов данной системы газоснабжения в целях обеспечения нормальных условий эксплуатации таких объектов и исключения возможности их повреждения.

При этом очевидно, что ненадлежащее состояние охранных зон газопроводов является следствием незнания основных принципов их контроля.

Результаты опроса персонала различных организаций, эксплуатирующих объекты газораспределения и газопотребления, приведенные в работе [9], показали, что 42,3% опрошенных не смогли сформулировать понятие «охранная зона», а 73,1% не смогли указать размер «охранной зоны» вдоль трасс надземных газопроводов и вокруг отдельно стоящих газораспределительных пун-



Рис. 1. Не расчищена трасса подземного газопровода от поросли кустарников



Рис. 2. Не соблюдается расстояние от дерева до надземного участка газопровода

ктов. 83,3% опрошенных не знают периодичность обхода трасс подземных газопроводов, а 75% — периодичность обхода трасс надземных газопроводов. 83,7% опрошенных не могут сформулировать объем работ при обходе трасс подземных газопроводов, 75% не знают, какие ограничения налагаются на земельные участки, входящие в охранные зоны газораспределительных сетей.

Проанализированные данные свидетельствуют о том, что основной причиной возникновения большинства аварий (около 60% всех аварий рассматриваемой категории) является низкий уровень профессиональной подготовки работников эксплуатирующих организаций. Остальные ~40% аварий происходят по причинам, не связанным с эксплуатацией газопроводов и согласно [10] обусловлены неэффективностью экономических рычагов при оценках причинного ущерба.

В отношении указанных причин, наиболее действительными мероприятиями, направленными на обеспе-

чение безопасного функционирования опасных производственных объектов, а также на предупреждение аварий на этих объектах, являются [1]:

- организация подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности;
- внесение предложений об отстранении от работы на опасном производственном объекте лиц, не имеющих соответствующей квалификации, не прошедших своевременно подготовку и аттестацию по промышленной безопасности;
- участие в техническом расследовании причин аварий, инцидентов и несчастных случаев;
- проведение анализа причин возникновения аварий и инцидентов на опасных производственных объектах.

Таким образом, в целях снижения количества аварий, происходящих в результате воздействия внешних факторов на объекты газораспределения и газопотребления, стратегия совершенствования системы производственного



контроля должна быть направлена на повышение эффективности указанных мероприятий, при этом выявленные причины обязаны выступать ориентирами при их осуществлении.

#### Литература:

1. Правила организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 10 марта 1999 г. № 263; в дейст. ред. от 30 июля 2014 г. — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW; n=166740> (дата обращения: 01.12.2015 г.).
2. Шувакин, А. Е. Ориентированный подход при осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на объектах газораспределения и газопотребления [текст]/А. Е. Шувакин, М. В. Сигаилов // Молодой ученый. — 2015. — № 22. — с. 225–228.
3. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2010 году. — URL: [http://gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/Otchet\\_2010.pdf](http://gosnadzor.ru/public/annual_reports/Otchet_2010.pdf) (дата обращения: 01.12.2015 г.).
4. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2011 году. — URL: [http://gosnadzor.ru/activity/control/folder/Годовой %20отчет %202011.pdf](http://gosnadzor.ru/activity/control/folder/Годовой%20отчет%202011.pdf) (дата обращения: 01.12.2015 г.).
5. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2012 году. — URL: [http://gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/Отчет %202012.pdf](http://gosnadzor.ru/public/annual_reports/Отчет%202012.pdf) (дата обращения: 01.12.2015 г.).
6. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2013 году. — URL: [http://gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/Отчет %202013.pdf](http://gosnadzor.ru/public/annual_reports/Отчет%202013.pdf) (дата обращения: 01.12.2015 г.).
7. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2014 году. — URL: [http://gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/ГД %202014.pdf](http://gosnadzor.ru/public/annual_reports/ГД%202014.pdf) (дата обращения: 01.12.2015 г.).
8. Правила охраны газораспределительных сетей: утв. постановлением Правительства Рос. Федерации от 20 нояб. 2000 г. № 878; в дейст. ред. от 22 дек. 2011 г. — URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=LAW;n=124138;fld=134;dst=100008;rnd=184768.7761242319829762;;ts=01847687646441597025841> (дата обращения: 01.12.2015 г.).
9. Николаенко, А. В. Вопросы профессиональной подготовки в контексте аварийности на опасных производственных объектах [текст]/А. В. Николаенко // Теория и практика общественного развития. — 2014. — № 21. — с. 265–268.
10. Прокурорский надзор за исполнением законов о промышленной безопасности. — URL: [http://genproc.gov.ru/upload/iblock/02f/книга %20промбезопасность.pdf](http://genproc.gov.ru/upload/iblock/02f/книга%20промбезопасность.pdf) (дата обращения: 01.12.2015 г.).

## Оптимизация условий поляризации в наноразмерных сегнетоэлектриках с целью дальнейшего применения в датчиках и МЭМС

Таишев Султан Равилевич, магистрант;  
Крайнова Ксения Юрьевна, магистрант  
Пензенский государственный университет

**Ключевые слова:** сегнетоэлектрики, тонкие пленки, поляризация, датчики, горячая поляризация, пьезомодуль.

Сегнетоэлектрики — это определенное семейство материалов, обладающих спонтанной поляризацией в определенном диапазоне температур.

Тенденции к миниатюризации, интеграции и мультифункциональности устройств на основе сегнетоэлек-

трических пленок были объектами научных исследований, которые имеют большое значение для понимания и разработки перспективных устройств. Примеры включают в себя энергонезависимые запоминающие устройства в микроэлектронике, датчики, исполнительные ме-



ханизмы, пьезоэлектрические датчики, настраиваемая микроволновая печь и электрооптические устройства.

В настоящее время все больше внимание уделяется практическому применению сегнетоэлектрических структур в датчиках и микроэлектромеханических системах для различных применений [1].

Наноструктурированные сегнетоэлектрические пленки представляют особый интерес, прежде всего из-за малых размеров (от нескольких до десятков нанометров), что в свою очередь приводит к появлению новых свойств, например у сыпучих материалов  $\text{SrTiO}_3$  и  $\text{Pb}(\text{Mg}/3\text{Nb}_{2/3})$  диэлектрические свойства сильно повышены, а в виде пленок они сильно уменьшаются, в то время же как коэрцитивные силы полей повышаются.

### Теоретическая часть

Впервые формирование домена в сегнетоэлектрических теоретически рассмотрел Ландау и Лифшиц [2]. Они успешно предсказали существование замыкающихся доменов. На основании термодинамического анализа, различные аналитические модели были предложены Перцевым, Таганцевым [3–4] в исследовании структур доменов в тонких пленках и гетероструктурах. Несмотря на ограничения в прогнозировании структуры домена в деталях и тот факт, что она должна быть применена с усмотрения, термодинамический подход широко применяется в фиксации доменной структуры в тонких сегнетоэлектрических пленках. С развитием компьютерных технологий, компьютерное моделирование на основе методов расчета играли ключевую роль в разработке детального понимания структуры тонких пленок. Моделирование доменных структур в тонких пленках в основном осуществляются на простых сегнетоэлектриках (например типа тонкопленочного перовскита, как  $\text{BaTiO}_3$ , ЦТС) при различных граничных условиях и их реакции на простые внешние электрические и механические нагрузки.

Особым и наиболее параметром для сегнетоэлектриков является поляризация. Доменная структура сегнетоэлектрика обычно состоит из различных вариантов доменов с определенными векторами поляризации, что позволяет использовать поле поляризации для исследования его доменной структуры.

$$P = V^{-1} \int_V \rho(r) r dr, \quad (1)$$

где  $V$  — объем образца;  $\rho$  — плотность заряда из-за ионов и электронов

В уравнении (1) изменение плотности должна удовлетворять условию полного разряда, в противном случае суммарный заряд необходимо вычесть. Это определение, тем не менее, применяется только для конечных ионных кристаллов, описываемых моделью Клаузиуса-Мосотти. Для бесконечно поляризованных систем, как обычно, с которыми сталкиваются в первых расчетах и других под-

ходах моделирования, такая формулировка плохо определена его зависимостью от элементарной ячейки.

Актуальным является исследование условий поляризации.

Учитывая эти и многие другие качества (диэлектрические, пьезоэлектрические и тензора), которые являются производными от  $\Delta P$ , Реста сделал пионерский шаг в этом направлении, чтобы квалифицировать  $\Delta P$  как фундаментальную величину и вывести четкую форму  $\Delta P$  в рамках теории флуктуаций.

Впоследствии Кинг-Смит и Вандербильт связали геометрическую фазу. Бери [5], с созданием вычислительного эффекта. Развитие современной теории поляризации был рассмотрено Рестой и обсуждался в работах Рабе и других [6]. Дополненная теория поляризации записывается как:

$$P = \int_0^1 P'(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

где  $\lambda$  — есть безразмерный параметр, меняющийся непрерывно от нуля (начальное состояние) до единицы (конечное значение),  $P'(\lambda)$  — скорость изменения  $P$  относительно  $\lambda$ . Соответственно спонтанная поляризация сегнетоэлектриков может быть определена путем выбора как смещение колеблющейся структуры решетки под действием внешнего электрического поля. Основываясь на приближении Борна-Опенгеймера,  $\Delta P$  может быть разложена на вклад от ядер атомов и электронов. Влияние ядер вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta P_{ion} = \frac{e}{\Omega} \sum_s Z_s^{ion} r_s, \quad (3)$$

где  $e$  — заряд электрона,  $\Omega$  — объем элементарной ячейки;  $Z_s^{ion}$  — заряд ядра в позиции  $r_s$

На основании первого порядка теории адиабатических возмущений, вклад электрона записывается как

$$\Delta P_{el} = \frac{e}{(2\pi)^3} \text{Im} \sum_n \int dk \langle u_{nk} | \nabla_k | u_{nk} \rangle \quad (4)$$

где  $u_{nk}$  периодическая функция, связанная с волновой функцией Блоха  $\psi_{\mathbf{k}} = e^{i\mathbf{k}\mathbf{r}} u_{\mathbf{k}}$

где  $k$  — волновой метод,  $n$  — уровни энергии

Современная теория поляризации известна как метод фаз Бери. Фаза Бери — фаза, набегаящая при прохождении квантовомеханической системой замкнутой траектории в пространстве параметров, когда система подвержена циклическому адиабатическому возмущению.

Значение поляризации в объемных сегнетоэлектриках, энергетическая зависимость от профиля поляризации доменных стенок может быть рассчитана, исходя из базовых фундаментальных вычислений.

### Экспериментальная часть

Поиск оптимальных условий поляризации в сегнетоэлектриках

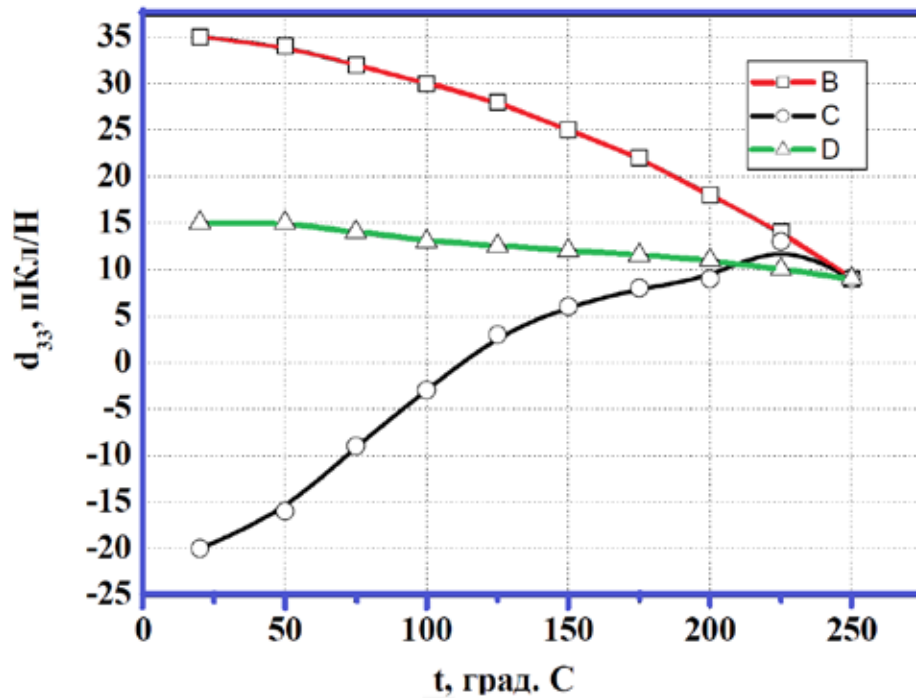


Рис. 1. Зависимость продольного пьезомодуля  $d_{33}$  пленок ЦТС толщиной 560 нм, поляризованных холодным способом, от температуры

Именно устойчивое поляризованное состояние дает возможность использовать сегнетоэлектрические пленки в качестве пьезоэлектрических преобразователей. Чтобы добиться такого состояния нужно добиться оптимальных режимов поляризации, а именно сочетания температуры, влияния внешнего электрического поля и времени.

Для поляризации были использованы два метода: метод горячей поляризации и метод холодной поляризации.

**Метод горячей поляризации.** Суть метода заключается в том, что образец нагревается до некоторой температуры приблизительно до температуры Кюри, для того чтобы уменьшить коэрцитивную силу, далее к образцу прикладывается внешнее поляризующее поле десятки кВ/см и при непрерывном поле происходит охлаждение образца.

**Метод холодной поляризации.** Суть метода заключается в том, что на образец подается внешнее поляризующее поле напряженностью порядка  $10^5$  В/см в течении определенного времени (10 минут). К существенному увеличению пьезомодуля  $d_{33}$  увеличение времени не приводило. Через 48–72 часа поляризация приходило в нормальное

состояние униполярности, если поляризация образца проходила против естественной униполярности. На рисунке 1 показана зависимость  $d_{33}$  от температуры, где  $B$  и  $C$  — прямой ход температурной зависимости, а  $D$  — обратный. Видно, что образцы возвращаются в нормальное состояние первоначальной поляризации после прогрева после нагрева до  $250^\circ\text{C}$

Выявление оптимальных режимов работы для горячей поляризации нагреванием экспериментальных образцов происходило при различных температурах нагрева, далее производилось охлаждение образцов при непрерывном воздействии поля. Опыты показали, что наиболее оптимальным временем поляризации является 30 минут охлаждения под воздействием непрерывного поля с предварительной выдержкой под действием поля при начальной температуре поляризации в течение 10 мин.

Выявлены оптимальные условия для поляризации образца с помощью методов «горячей» и «холодной» поляризации, обеспечивающие стабильность поляризации во времени, что позволяет использовать образец в датчиках и МЭМС.

#### Литература:

1. Мухортов, В. М.; Юзюк Ю. И. Гетероструктуры на основе наноразмерных сегнетоэлектрических пленок: получение, свойство и применение. 2008
2. Landau, L; Lifshits, E. On the theory of the dispersion of magnetic permeability in ferromagnetic bodies. Phys. Zeitsch. Der Sow. 1935, 8, 153–169.
3. Перцев, Н. А.; Зембильготов, А. Г.; Таганцев, А. К. Эффективные диэлектрические и пьезоэлектрические константы поликристаллических сегнетоэлектрических тонких пленок Phys. Rev. Lett. 1998, 80, 1988–1991.

4. Перцев, Н. А.; Зембильготов, А.Г. Равновесные фазовые переходы в эпитаксиальные сегнетоэлектрических тонких пленках. Сегнетоэлектрики. 1999, 223, 79–90.
5. Shapere, A.; Wilczek, F. Geometric Phases in Physics; World Scientific: Singapore, 1989, 170–216.
6. Resta, R.; Vanderbilt, D. Theory of polarization: A modern approach. In Physics of Ferroelectrics: A Modern Perspective; Rabe, K. M., Ahn, C. H., Triscone, J. M., Eds.; Springer: Berlin, German, 2007; pp. 31–68.

## Влияние конструктивных решений на трещиностойкость асфальтобетонных слоев усиления

Товбоев Бахром Хабибуллаевич, ассистент;  
 Юзбоев Рустам Алимбекович, ассистент;  
 Зафаров Олмос Зафарович, ассистент  
 Джизакский политехнический институт

Трещиностойкость асфальтобетонного слоя усиления тесно связана как с деформативными и прочностными свойствами материалов конструктивных слоев, так и с геометрическими параметрами конструкции дорожных одежд. Поэтому, представляется важным для конкретных условиях знать влияние отдельных определяющих факторов. Эффект по снижению величины появившийся растягивающих напряжений в асфальтобетонных слоях усиления зависит от модуля упругости материала, толщина слоя, температурные факторы и т. п [1, 2, 3].

Исходя из вышеуказанные проведем численный анализ влияние конструктивных решений на трещиностойкость асфальтобетонных слоев усиления. Согласно нормативное документа [4] конструкция должно выполнять условия прочности. Условия прочность конструкция зависит от растягивающая напряжению. Для определения максимальное значение растягивающей силы в асфальтобетонном покрытии с учетом конструктивных параметров в работе [1] предложена следующая зависимость:

$$N = \alpha \cdot \Delta t \cdot E_b \cdot \frac{H_b}{H_a} \cdot \frac{kL}{(2n + kL)} \tag{1}$$

Для проведения численного анализа значимости различных параметров, выходящие в выражения (1), необходимо установить наиболее вероятный диапазон этих параметров.

Наиболее сложной задачей является установление модуль упругости слоев дорожной одежды. Во-первых, модуль зависит от расчетной температуры материала. Во-вторых, модуль материала старого покрытия зависит от многих факторов, которые трудно учесть в расчетах (срок службы, условия эксплуатации), и может изменяться в значительных пределах. Поэтому для численного анализа предлагаемых конструктивных решений, влияющих на трещиностойкость асфальтобетонных слоев при усилении цементобетонных покрытий, целесообразно назначить диапазон и ступени изменения параметров, выходящие в выражения (1). Диапазон и ступени изменения параметров для численного анализа приведены в табл. 1.

Как уже отмечалось в (1), первая часть отражает влияние собственных температурных деформаций цементобетонного покрытия, тогда как вторая — влияние конструктивных параметров.

Таблица 1

Показатель	Ед. изм.	Численные значения (ступень изменения параметров)
$E_b$	МПа	32000
$E_a$	МПа	1000, 1750, 2000
$H_b$	м	0,22
$H_a$	м	0,07; 0,1; 0,15; 0,20
$t$	°С	2,5; 5; 7,5; 10; 12,5
$L$	м	6
$\tau_0$	МПа	0,012
$a$		0,00005
$b$		0,00001
$\mu_a$		0,15
$\mu_b$		0,2

Используя выражения (1) определяем значения растягивающих напряжений слоя усиления толщиной 0,05; 0,1; 0,15; 0,20 при перепаде средней температуры плиты  $\Delta t$  от изменения длина плит цементобетонного основания.

На графике рис. 1–3 представлены значения напряжений в асфальтобетонном покрытии толщиной 0,07 м; 0,1 м; 0,15 м; 0,20 м при перепаде средней температуры плиты  $\Delta t$  от изменения длина плит цементобетонного покрытия.

Анализ результатов показывает значительное снижение усилие, а следовательно и напряжений, при уменьшении модуля упругости и увеличение толщины слоях усилении. Так при уменьшении модуля упругости с 2000 МПа до 1000 МПа при прочих равных условиях, максимальные значения растягивающих напряжения в асфальтобетонном покрытии уменьшаются на 34 %. Исходя из этого

можно сказать, с увлечением толщины слоя и уменьшением модуля упругости не обеспечивается трещиностойкости слоев усиления.

Чтобы оценить величину растягивающих напряжений в асфальтобетонном покрытии, расчет выполняем в соответствии с рекомендациями по проектированию жестких дорожных одежд [4]. Используя формулы (3.6) [4] проверяем условия прочности покрытия:

$$K_{np} \leq \frac{R_{pu}^{расч}}{\sigma} \tag{3.6}$$

где  $R_{pu}^{расч}$  — расчетная прочность бетона на растяжение при изгибе, определяемая по [4];

$$R_{pu}^{расч} = B_{tb} \cdot K_{н.л} \cdot K_y \cdot K_F = 3,6 \cdot 1,0 \cdot 0,66 \cdot 0,95 = 2,25 \text{ МПа}$$

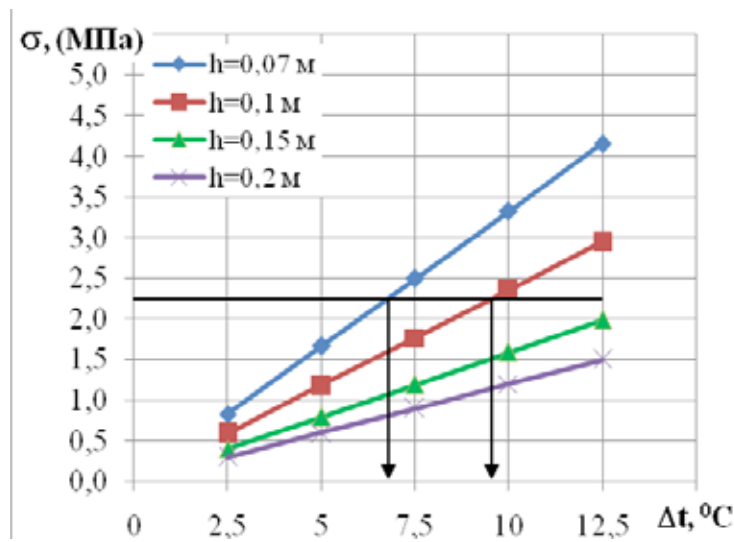


Рис. 1. График зависимости растягивающих напряжений в асфальтобетонном слое усиления модуль упругостью 1000 МПа от изменения толщина слоя и перепада средней температуры цементобетонного покрытия  $\Delta t$

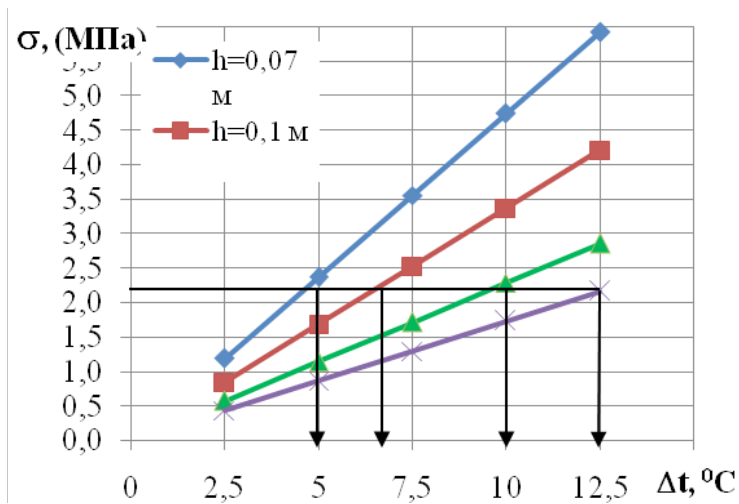


Рис. 2. График зависимости растягивающих напряжений в асфальтобетонном слое усиления модуль упругостью 1750 МПа от изменения толщина слоя и перепада средней температуры цементобетонного покрытия  $\Delta t$

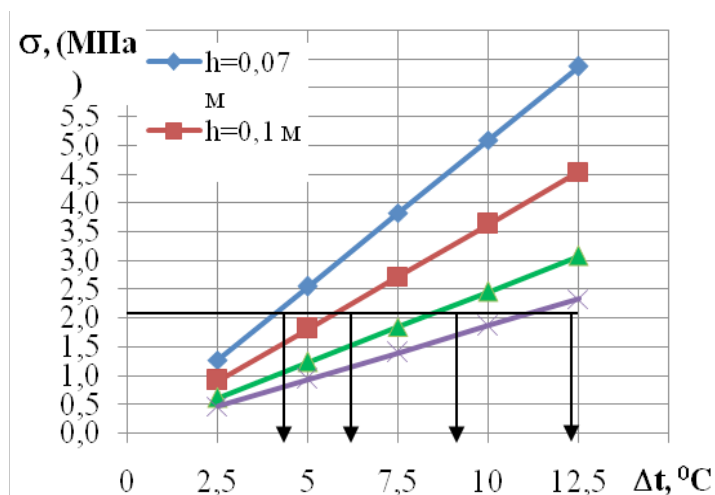


Рис. 3. График зависимости растягивающих напряжений в асфальтобетонном слое усиления модуль упругостью 2000 МПа от изменения толщина слоя и перепада средней температуры цементобетонного покрытия  $\Delta t$

где  $B_{tb}$  — класс бетона на растяжение при изгибе,  $B_{tb}=3,6$ ;

$K_{нп}$  — коэффициент набора прочности со временем; для условий сухого и жаркого климата  $K_{нп} = 1,0$ .

$K_y$ -коэффициент усталости бетона при повторном нагружении,  $K_y=0,66$ ;

$K_F$ -коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания, равный 0,95.

$\sigma$  — растягивающие напряжения, возникающие от действия нагрузки, с учетом перепада температуры по толщине.

Из формулы (3.6) видно, что для обеспечения условия прочности конструкции второе слагаемое выражения должна быть более 1. В этих случаях значения растягивающие напряжения, возникающие от действия нагрузки,

с учетом перепада температуры по толщине должно быть менее 2,25 МПа. Анализа рис. 1–3 позволяет сделать вывод, что при часовом перепаде до 7,5°C, толщине слоя усиления от 0,15 м до 0,2 м, и при часовом перепаде до 5°C, толщине слоя усиления от 0,07 м до 0,2 м условия выполняются, а в остальных случаях условия не выполняются. В этом случае при перепаде температуры воздуха больше 5°C, из-за увеличение значения растягивающих напряжений слоях усиления появляются отраженные трещины.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод что, изменение геометрических параметров конструкции, применение синтетических, нетканых и армирующих материалов не предотвращает появления отраженных трещин, они предназначены для снижения темпа появления и развития трещин.

Литература:

1. Садиков, И. С., Артиков А. А. Теоритическое обоснования влияния температурных факторов на образование отраженных трещин в асфальтобетонных слоях усиления //Сборник научных трудов республиканской научно-практической конференции — Джизак 2010. — с. 14–19
2. Садиков, И. С., Артиков А. А. Изучение влияния температурных факторов на образование отраженных трещин в асфальтобетонных слоях усиления// Межвузовский сборник научных трудов. Вып.№ 5-Ташкент 2010. — с. 65–73
3. МКН 44–2008 Инструкция по проектировании жестких дорожных одежд — Т.: АДНИИ, 2008. — с. 153.



## Влияние скорости камеры пневмомеханической прядильной машины и числа кручений на качество нити

Убайдуллаева Дилора Хамидовна, старший преподаватель  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Исмадова Махсуда Мирзакуловна, старший преподаватель  
Джизакский политехнический институт

*В данной научно-исследовательской работе посредством современных приборов были изучены физико-механические свойства нитей, полученных при изменениях скорости камеры пневмомеханической машины в диапазонах  $60000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $70000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $80000 \text{ мин}^{-1}$  и числа кручений 650, 750, 800, 900 кр/м и при условиях рыночной экономики для выработки качественной пряжи рекомендован оптимальный вариант скорости камеры и числа кручений. Полученные результаты испытаний показали, что при повышении скорости камеры пневмомеханической прядильной машины и числа кручений соответственно повышаются прочность и относительная разрывная нагрузка нити. На основе анализа результатов испытаний были рекомендованы следующие параметры при скорости камеры пневмомеханической машины  $60000 \text{ мин}^{-1}$  число кручений составляет 800 кр/м, при скорости камеры  $70000 \text{ мин}^{-1}$  — число кручений 800 кр/м, при скорости камеры  $90000 \text{ мин}^{-1}$  — число кручений 900 кр/м.*

**Ключевые слова:** квадратическая неровнота, прочность, относительная разрывная нагрузка

## Influence of speed of the chamber of the pneumomechanical spinning car and number of torsions on quality of the thread

Ubajdullaeva Dilora Hamidovna, senior teacher  
Tashkent institute textile and light industry

Ismatova Maxsuda Mirzaqulovna, senior teacher  
Djizzaksky polytechnical institute

*In the given research work by means of modern devices physicomachanical properties of the threads received at changes of speed of the chamber of the pneumomechanical car in ranges of  $60000 \text{ mines}^{-1}$ ,  $70000 \text{ mines}^{-1}$ ,  $80000 \text{ mines}^{-1}$  and number of torsions 650, 750, 800, 900 kr/m have been studied and under conditions of market economy for development of a qualitative yarn the optimum variant of speed of the chamber and number of torsions is recommended. The received results of tests have shown, that at increase of speed of the chamber of the pneumomechanical spinning car and number of torsions durability and relative explosive loading of a thread accordingly raise. On the basis of the analysis of results of tests following parametres have been recommended at speed of the chamber of the pneumomechanical car of  $60000 \text{ mines}^{-1}$  number of torsions makes 800 kr/m, at speed of the chamber of  $70000 \text{ mines}^{-1}$  — number of torsions of 800 kr/m, at speed of the chamber of  $90000 \text{ mines}^{-1}$  — number of torsions of 900 kr/m.*

**Keywords:** Quadratic, durability, relative explosive loading

Перспектива повышения скорости прядения и производительности осуществляется при разделении процессов кручения и перемотки которое осуществляется посредством отдельных рабочих органов и является основным условием при развитии процесса формирования формы нити.

В прядении пневмомеханический способ широко распространен, где производительность труда и машины повысилась в 2–3 раза и масса намотки составляет 4–5 килограмм. В процессе выработки нитей чистота или засоренность сырья имеет большое значение.

Показатели линейной плотности и метрического номера волокон и нитей, используемые в текстильной промышленности бывают изменчивы в широком диапазоне.

Если толщина натуральных волокон формируется в природе, то линейная плотность химических волокон можно сформировать, учитывая назначение вырабатываемой продукции. [1]

В условиях рыночной экономики для выработки качественной продукции были проведены научно-исследовательские работы.

Для этого, были выработаны образцы нитей при повышении скорости камеры пневмомеханической машины при различной крутки и определены их качественные показатели на современных приборах.

По полученным результатам испытаний при сравнении показателей нитей, выработанных при скорости камеры

пневмомеханической машины 60000 мин<sup>-1</sup> и числа кручений 650 кр/м относительно результатов при числе кручений 750 кр/м квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась на 30%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась 83,0%, при числе кручений 800 кр/м показатели квадратической неровноты по линейной плотности на 18,1% и квадратическая неровнота по числу кручений на 72,4% увеличились, при числе кручений 900 кр/м квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась на 26,0%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась на 65,2%, при скорости камеры пневмомеханической машины 70000 мин<sup>-1</sup> и числа кручений 650 кр/м относительно результатов при числе кручений 750 кр/м квадратическая неровнота по линейной плотности увеличилась на 13,6%, квадратическая неровнота по числу кручений уменьшилась на 13,1%, при числе кручений 800 кр/м у выработанных нитей квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась на 15,8%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась на 45,2%, при числе кручений 900 кр/м квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась на 31,6%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась на 75,8%, при скорости камеры пневмомеханической машины 80000 мин<sup>-1</sup> и числа кручений 650 кр/м относительно результатов при числе кручений 750 кр/м у выработанных нитей квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась на 24,1%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась на 43,3%, при числе кручений 800 кр/м квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась на 27,6%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась на 60,5%, при числе кручений 900 кр/м у выработанных нитей квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшается на 34,5%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась на 78,5%.

Помимо этого, были определены механические свойства нитей. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Подводя итоги, можно сказать, что при скорости камеры пневмомеханической машины 60000 мин<sup>-1</sup> и при увеличении числа кручений квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась с 18,1% до 30,0%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась с 65,2% до 83,0%, при скорости камеры 70000 мин<sup>-1</sup> и увеличение числа кручений неровнота по линейной плотности уменьшилась с 13,6% до 31,6%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась с 13,1% до 75,8%, при скорости камеры 80000 мин<sup>-1</sup> и увеличение числа кручений квадратическая неровнота по линейной плотности уменьшилась с 24,1% до 34,5%, квадратическая неровнота по числу кручений увеличилась с 43,3% до 78,5%.

По полученным результатам испытаний при сравнении показателей нити, выработанных при скорости камеры пневмомеханической машины 60000 мин<sup>-1</sup> и числа кручений 650 кр/м относительно результатов при числе кручений 750 кр/м показатели прочности на 5,2%, относительной разрывной нагрузки на 2,6%, квадратической неровноты по прочности на 33,8%, удлинению при разрыве на 5,6%, квадратического отклонения по удлинению при разрыве на 43,3% увеличились, при числе кручений 800 кр/м показатели прочности на 8,6%, относительной разрывной нагрузки на 6,9%, квадратической неровноты по прочности на 45,0%, удлинению при разрыве на 7,2%, квадратического отклонения по удлинению при разрыве на 30,0% увеличились, при числе кручений 900 кр/м показатели прочности на 10,7%, относительной разрывной нагрузки на 9,0% увеличились, показатели квадратической неровноты по прочности на 17,4%, удлинению при разрыве на 2,5% уменьшились, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве увеличилась на 66,5%,

Таблица 1. Влияние на механические свойства нити скорости камеры пневмомеханической машины и числа кручений

п/н	Показатели	Скорость камеры, мин <sup>-1</sup>											
		60000				70000				80000			
		Число кручений, бр/м											
		650	750	800	900	650	750	800	900	650	750	800	900
1.	Прочность нити, сН	201,0	211,5	219,5	224,7	192,1	204,5	219,6	236,2	216,0	203,2	220,5	244,3
2.	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	8,7	8,93	9,34	9,56	8,10	8,50	9,30	10,01	9,04	8,61	9,31	10,31
3.	Квадратическая неровнота по прочности, %	5,16	7,79	9,38	4,26	4,83	8,65	8,35	4,79	6,94	5,04	6,56	5,60
4.	Удлинение при разрыве, %	6,40	6,78	6,91	6,24	6,36	6,87	6,59	6,23	5,97	5,96	6,19	6,83
5.	Квадратическая неровнота по удлинению по разрыву, %	4,20	7,41	6,03	12,55	5,70	4,13	5,46	9,27	5,41	4,69	6,48	3,41

при скорости камеры пневмомеханической машины 70000 мин<sup>-1</sup> и числе кручений 650 кр/м относительно результатов при числе кручений 750 кр/м показатели прочности на 6,3%, относительной разрывной нагрузки на 4,7%, квадратической неровноты по прочности на 44,1%, удлинению при разрыве на 7,4% увеличились, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве уменьшилась на 27,5%, при числе кручений 800 кр/м показатели прочности на 12,7%, относительной разрывной нагрузке на 13,0%, квадратической неровноты по прочности на 42,2%, удлинению при разрыве на 3,5% увеличились, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве уменьшилась на 4,2%, при числе кручений 900 кр/м показатели прочности на 18,6%, относительной разрывной нагрузки на 19,0% увеличились, показатели квадратической неровноты по прочности на 0,9%, удлинению при разрыве на 2,1% уменьшились, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве увеличилась на 38,5%, при скорости камеры пневмомеханической машины 80000 мин<sup>-1</sup> и числа кручений 650 кр/м относительно результатов при числе кручений 750 кр/м показатели прочности на 6,1%, относительной разрывной нагрузки на 4,4%, квадратической неровноты по прочности на 27,4%, удлинению при раз-

рыве на 0,2%, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве на 13,3% уменьшились, при числе кручений 800 кр/м показатели прочности на 2,3%, относительной разрывной нагрузки на 3,2% увеличились, квадратическая неровнота по прочности уменьшилась на 5,5%, удлинение при разрыве на 3,6%, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве на 16,5% увеличились, при числе кручений 900 кр/м бұлганда показатели прочности на 11,5%, относительной разрывной нагрузки на 2,6% увеличились, квадратическая неровнота по прочности уменьшилась на 19,4%, удлинение при разрыве увеличилась на 12,6%, квадратическое отклонение по удлинению при разрыве уменьшилось на 37,0%.

Подводя итоги, можно сказать, что при увеличении скорости камеры пневмомеханической машины и числа кручений прочность нитей с 2,3% до 18,6%, относительной разрывной нагрузки с 6% до 19,0% увеличились, квадратическая неровнота по прочности увеличилась с 33,8% до 45,0% и при увеличении скорости камеры данный показатель уменьшился с 5,5% до 27,4%, удлинение при разрыве с 3,6% до 12,6% и квадратическое отклонение по удлинению при разрыве с 16,5% до 66,5% увеличилось.

#### Литература:

1. Барзунов, И. Г., Бадалов К. И., Гончаров В. Г., Дуганова Т. А., Шилова Н. Н. Прядения хлопка и химических волокон. М., Издательство «Легкая индустрия», 1986.

## Изучение вопроса программной модернизации намоточных станков

Чадов Егор Владимирович, студент

Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского

**Р**езкое увеличение объема выпуска, повышение требований к качеству и надежности электрических элементов выдвигают на первый план задачу повышения производительности намоточного оборудования. В этих условиях применение универсального оборудования сдерживает рост производительности труда. А применение числового программного управления (ЧПУ) позволяет сократить время подготовки производства и переналадки оборудования.

Применение таких систем на намоточном оборудовании позволит:

- ускорить переналадку станка с одного номинала на другой;
- улучшить качество переналадки;
- повысить точность управления циклом станка;
- включить намоточное оборудование в АСУ технологическим процессом намоточного производства.

Разработка позволит создать предпосылки для создания систем управления поточно-механизированными

линиями, предназначенными для выпуска изделий широкой номенклатуры. Таким образом, изучение данного вопроса является задачей актуальной и полезной.

Прежде чем приступить к созданию единого типажа намоточного оборудования, унификации намоточных станков, определения наиболее рациональной кинематической и конструктивной схем станка необходимо провести систематизацию намоточных станков.

Намоточные станки различаются по технологическим возможностям и электрической схеме раскладки провода по каркасу, по принципу действия и схеме образования витка обмотки, по общему компоновке и конструктивному оформлению, по степени автоматизации и другим признакам.

Для намоточных станков характерно наличие большого разнообразия факторов, что делает затруднительным их полную классификацию.

Учитывая сказанное, современные намоточные станки целесообразно классифицировать по следующим при-

знакам: способу наматывания, способу формирования обмотки, конструкции обмоток, габаритным размерам обмоток, способу образования витка, виду движения челнока-раскладчика, виду движения каркаса.

По способу наматывания все станки можно разделить на четыре класса: открытого, кольцевого, пазового и специального наматывания.

По способу формирования обмотки намоточные станки делятся на две группы: прямого и отдельного наматывания.

К станкам прямого наматывания относятся станки, на которых Изготовление обмотки происходит по схеме катушка-приемный каркас. По этой схеме работает абсолютное большинство намоточных станков открытого, пазового и специального классов.

К станкам отдельного наматывания относятся станки для изготовления обмоток по схеме катушка-промежуточный элемент — приемный каркас. По этой схеме работают все станки кольцевого наматывания, а также небольшая группа станков открытого ж пазового наматывания.

Станки кольцевого наматывания делятся: на однорядовые и многорядовые; станки пазового наматывания.

По габаритным размерам намоточные станки делятся для намотки микро, малых, средних и крупных обмоток.

По способу образования витка станки делятся на бесчелночные и челночные. В бесчелночных станках виток образуется за счет вращения каркаса (главное движение), наматывающего на себя провод, и закономерного осевого перемещения провода или каркаса (вспомогательное движение) образующего шаг обмотки. В челночных станках виток образуется за счет вращательного движения челнока (главное движение) и вспомогательного движения каркаса.

По расположению оси наматываемого каркаса намоточные станки делятся на горизонтальные, вертикальные и наклонные, а по количеству шпинделей — на одношпиндельные и многшпиндельные.

По количеству наматываемых обмоток станки бывают одноместные и многоместные. К одноместным относятся намоточные станки, предназначенные для наматывания одного изделия, а к многоместным — станки для параллельного, последовательного и параллельно-последовательного наматывания нескольких изделий, выполняемого одним шпинделем (одном устройстве).

Пути развития намоточных станков.

В настоящее время в области намоточного оборудования, а вместе с этим и в области механизации и автоматизации намоточных процессов существует три основных направления:

— модернизация существующих универсальных намоточных станков;

— создание специализированных намоточных станков на базе унификации, нормализации и агрегатирования;

— создание намоточных станков с программным управлением.

Первое направление. По своему назначению универсальные станки предназначены для наматывания большого количества наименований обмоток. Приблизительно 90–85% всех обмоток изготавливается в условиях индивидуального, мелкосерийного и серийного производства и лишь 15–20% — в условиях крупносерийного и массового. Модернизация универсальных намоточных станков позволяет улучшить их кинематические и динамические показатели, повысить качество обмоток и производительность станков. Особенно положительно это сказывается в условиях небольшой серийности.

Второе направление. Несмотря на модернизацию, универсальные намоточные станки значительно уступают по производительности специализированным. Для последних имеется возможность полностью автоматизировать цикл наматывания, а также обеспечить оптимальные режимы наматывания (натяжение и скорость). Конструктивно эти станки просты, но несмотря на высокие технические показатели, они не нашли еще широкого применения из-за высокой стоимости и длительных сроков проектирования и изготовления.

Эти недостатки в основном устраняются, если идти по пути унификации, нормализации и агрегатирования намоточных станков.

В настоящее время в промышленности насчитывается большое количество моделей различных намоточных станков, большинство из них предназначено для изготовления одних и тех же типов обмоток. В связи с этим необходимо добиться того, чтобы из большого количества различных моделей намоточных станков разработать для данного класса обмоток ряд моделей, охватывающих существующую номенклатуру электроэлементов, а дальнейшем перейти к созданию агрегатных намоточных станков.

Третье направление. Принципиально новым этапом совершенствования намоточных станков является применение программного управления.

Основные преимущества программного управления:

— возможность обеспечения практически любой схемы образования витка;

— возможность централизованной подготовки программы наматывания;

— простота изменения и корректировки программы;

— быстрая переналадка нам сточного станка;

— возможность получения обмотки с высокими техническими требованиями.

В соответствии и изученными параметрами система числового программного управления намоточным станком должна обладать следующими функциональными возможностями:

— обеспечить контроль числа наматываемых витков;

— торможение главного привода (привода оправки) в конце наматываемой обмотки;

— остановка привода оправки в конце наматываемой обмотки;

— реверс или остановка раскладчика в конце наматываемого слоя;

— требуемый шаг раскладки.

В соответствии с этим программируемыми параметрами являются:

- число витков обмотки  $W$ ;
- длина наматываемого слоя  $L$ ;
- шаг раскладчика  $S$ ;
- число витков, необходимое для торможения привода оправки с целью его точного останова  $W_T$ ;
- тип останова  $O$ ;
- значение коррекции  $K$ .

Процесс управления намоткой заданного количества витков непосредственно связан с числом витков, необходимых для торможения оправки до его полного останова. Таким образом, при расположении витков, намотанных на катушку, разности полного числа витков требуемых на торможение, система должна выдавать сигнал «торможение», который управляет торможением привода.

Описанная процедура функционирования может быть представлена блок-системой, представленной на рисунке 1.

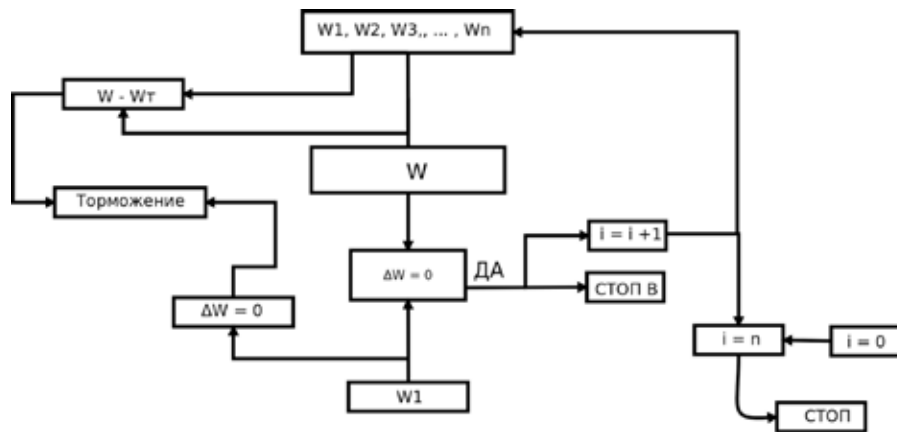


Рис. 1. Блок-схема управления процессом торможения

На памяти системы, где хранятся данные о числе витков каждой обмотки и числе витков, необходимых на торможение, информация считывается в рабочие регистры. Значение витков должно непрерывно сравниваться с заданным. При равенстве текущего и заданного значений выдается команда стоп витков «СТОП», останавливающая вращение оправки.

В процессе намотки происходит сравнение текущего значения витков с разностью  $W - W_T$ . В случае их равенства выдается команда на торможение привода оправки.

Управление длиной наматываемого слоя должно обеспечить точный момент реверса или останова привода оправки, а, следовательно, и привода раскладчика

при прохождении последним пути, равного требуемой длине намотки, и коррекцию длины намотки каждого последующего слоя на требуемое число витков.

Коррекция числа витков в слое необходима для формирования трапецидальной формы обмотки с целью предотвращения «сползания» крайних витков.

Таким образом можно сказать, что данный проект реализуем. В результате выполнения решаются проблемы с долгой переналадкой станка, улучшается качество намотки, повышается точность управления циклами станка, появляется возможность более точно контролировать процесс намотки.

Литература:

1. Ицкович, Э.Л. Методы рациональной автоматизации производства — Инфра Инженерия 2009. — 256 с.
2. Монахов, Г.А. Станки с программным управлением. Справочник — Машиностроение 1975. — 288 с.
3. Сосонкин, В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления — Логос 2005. — 296 с.



## Обзор требований к устройствам обеспечения физической защиты криптографических модулей

Черников Владимир Валерьевич, магистр

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*Данная статья посвящена исследованию требований к физической защите криптографических модулей. Подробно проанализированы требования к криптографическим модулям. Кратко представлены рекомендации и примеры технических реализаций отдельных методов. В заключении приведен краткий вывод.*

**Ключевые слова:** криптографический модуль, физическая безопасность, доказательства вмешательства, отклик на вмешательство, сопротивление вмешательству.

## Review requirements for devices to ensure the physical protection of cryptographic modules

Chernikov V. V., Master,

Bauman Moscow State Technical University

*This article is devoted to research the requirements for the physical protection of cryptographic modules. Analyzed in detail the requirements for cryptographic modules. Brief provides recommendations and examples of technical implementations of certain methods. Finally, a brief conclusion.*

**Keywords:** cryptographic module, physical security, evidence of interference, the response to intervention, resistance to interference.

Hardware security module (HSM) — это вычислительное устройство, которое обеспечивает безопасность и управление цифровыми ключами для аутентификации и выполняет криптографические процессы. Модули производят в виде PCI карт или серверных модулей. Сам модуль имеет многоуровневую защиту от взлома, как на физическом, так и программном уровне. При детектировании компрометации ключа, модуль должен уничтожить память без возможности восстановления. В данной статье рассмотрим классификацию физической защиты криптографических модулей.

### 1 Задачи криптографического модуля

Криптографические модули должны обладать механизмами физической безопасности, с тем, чтобы ограничить несанкционированный доступ на физическом уровне к содержимому модуля и защиты от несанкционированного использования или модификации модуля (включая замену всего модуля) при установке. Все компоненты, оборудование и программное обеспечение должны быть защищены.

Для начала необходимо определить задачи, которые должны выполнять модулем ответственным за физическую безопасность.

Первой задачей является детектирование несанкционированного физического доступа или обеспечение уверенности в отсутствии вмешательства. Для этого приме-

няют различные датчики, сенсоры, которые выявляют доказательства вмешательства. Причем эти устройства не могут помешать или предотвратить проникновения в устройство, а также не служат гарантом сохранности внутренних данных криптомодуля.

Второй задачей является предотвращение проникновения в устройства на физическом уровне, а также модификации внутренних данных устройства (например, модификации ключей). Важным требованием к этой задаче является быстрый отклик на сигнал о несанкционированном доступе, назовем это как *чувствительность к проникновению*. Характеристика *чувствительности к проникновению* обеспечивает отклик на обнаружение несанкционированного физического доступа и ее предотвращение, либо непосредственное удаление ключей из памяти. Для выполнения этой задачи может применяться как активная защита, так и пассивная.

### 2 Доказательство вмешательства

Детектирование вмешательства не может обеспечить предотвращение раскрытия информации хранящейся внутри устройства, к примеру, криптографических ключей. Программные обеспечения, которые полагаются на защищенность ключей хранимых в криптографическом модуле, не ограничиваются только способами детектирования вмешательства, необходимо чтобы устройства выполнили ответную реакцию. Реа-

лизация механизмов распознавания вторжения содержат защитную изоляцию (например, специальные надписи и голограммы), особые покрытия и корпуса. Благодаря таким способам становится критичным, что: 1) удалить такие элементы нелегко; 2) элементы обязаны содержать специальные характеристики, которые не доступны на коммерческой основе;

Некоторые подходы могут быть выполнены необычно, неожиданные решения, которые непонятны для атакующего. Комбинация таких решений, а также непубличная подробная информация о химическом и механическом составе устройства, может обеспечить допустимый уровень защиты. Возможные подходы могут основываться на ломких пакетах и специально подготовленных поверхностях, таких как «алюминий с неожиданными свойствами», «полированные пакеты» и «растекающаяся расцветка».

### 3 Отклик на вмешательство

Чтобы устройство могло реагировать на попытки вмешательства, необходимо обнаруживать внедрения в криптографическую границу. Поэтому криптографическая граница должна постоянно находиться под наблюдением, т. е. контролироваться. Кроме агрессивных нападений, существуют некоторые рабочие условия, которые приводят к непредвиденным событиям, к ним относятся вмешательство по каналам питания, отслеживание расположения внутренних компонентов по температуре и использование рентгеновского оборудования. Для выявления такого внутри модулей устанавливают специальные датчики, которые выполняют проверку условий эксплуатации. Некоторые сенсоры необходимо обеспечить отдельным питанием, для того чтобы при отключении устройства от сети, продолжалась проверка. Одним из требований для отклика на вмешательство является невозможность обнаружить и ввод определенных защитных мер при попытке вмешательства. Другим требованием является защита информации, которая должна быть удалена из памяти криптомодуля довольно быстро, причем сам процесс удаления не должен быть предотвращен атакующим. Рассмотрим несколько технических решений, которые помогут обеспечить отклик на внедрение в целостность устройства. Одним из примеров служит использование гибких печатных плат. На поверхности платы печатают проводники, которые располагают по возможности близко друг к другу, это делается для того чтобы при соединении двух ближайших проводников вызвать короткое замыкание. Обычно для изготовления рисунка на гибкой печатной плате используют проводящую пасту, которая обеспечивает высокое сопротивление. При попытке удалить один из проводников изменяется сопротивление схемы. Данный способ защиты хорошо противодействует химической атаке, которая приводит к разгерметизации и разрушению защиты между проводников.

Время обнуления информации из RAM характеризуется скоростью удаления информации. Скорость является важной характеристикой, поскольку при прерывании удаления возможно сохранение части информации. Для удаления используют внутренний источник питания. При отсутствии механизмов его подзарядки, возможно событие, при котором не очистится память из-за низкого уровня заряда. Чтобы избежать такой ситуации, схема должна оценивать время своей работы, и быть активирована при критическом состоянии источника питания. Необходимо сказать, что при выключении памяти, хранящей информацию, на ней останется остаточный заряд. Одним из решений является периодическое переписывание данных.

При атаке, основанной на электромагнитном излучении, может повредиться устройство ответственное за обнуление информации. Самым очевидным выходом из такой ситуации служит использование металлического экрана, препятствующего электромагнитному излучению.

Для сенсоров контроля над окружающей средой, таких как датчики температуры, напряжения и частоты, время отклика не так критично, так как температурные изменения происходят довольно медленно, и время реакции не так важно, в отличие от атаки по линиям внешнего питания.

### 4 Сопротивление вмешательству

Не все криптографические модули могут содержать в себе внутренний источник питания, к примеру, смарт-карты. При таких конструкциях устройство не способно обнаружить попытки атаки, поэтому необходимо вводить элементы которые бы препятствовали вмешательству. Требования, обеспечивающие сопротивление вмешательству, могут быть выполнены, например, в виде защитных профилей. Технические решения подразумевают также противодействие обратному инжинирингу, использование датчика случайных чисел для шифрования линии памяти. Важным фактором защиты является уменьшение размеров транзисторов. Современные нормы составляют 14–16 нм, активно ведутся разработки по производству 10 нм CMOS-техпроцесса. Для проникновения и модификации требуется специальное оборудование, которое может по своей стоимости превышать выгоду от полученных данных. Широко применяется технология PUF покрытий. PUF — физически неклонируемая функция, реализованная в физической структуре, которую просто оценить, но сложно охарактеризовать, смоделировать или воспроизвести. Физическая структура PUF, состоит из множества случайных компонентов. Данные компоненты вводятся в структуру в ходе и производства и не контролируются. Основным свойством такой структуры является уникальный ответ при воздействии на нее.

Важный пункт, который должна выполнять система состоит в запуске самотестирования, при первом запуске. К примеру, выход из строя генератора случайных чисел, приведет к потере допустимого уровня безопасности. Этап тестирования должен проходить быстро для избегания раскрытия важных данных.

#### **Заключение**

В статье были рассмотрены требования к криптографическим модулям. Рассмотрены проблемы, которые необходимо учитывать при разработке системы защиты. Приведены методы и способы их решения.

#### Литература:

1. FIPS PUB 140–2, Security Requirements For Cryptographic Modules, National Institute of Standards and Technology, May 2001. <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips140-2/fips1402.pdf>
2. Астапенко, Г. Ф., Аппаратно-программные методы и средства защиты информации: учеб. Пособие/Г. Ф. Астапенко; Белорусский государственный университет факультет радиофизики и электроники — Минск, 2008—188с, ISBN 978–985–485–939–2
3. Christoph Böhm, Maximilian Hofer, Physical Unclonable Functions in Theory and Practice, Springer, 2013, ISBN 9781461450405
4. Свободная энциклопедия, электронный ресурс, URI: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware\\_security\\_module](https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware_security_module), режим доступа: свободный — проверено 10.12.15.

## Влияние смеси различных отходов шелка на неровноту и физико-механические свойства пряжи

Юлдашева Мавлюда Турамуратовна, старший преподаватель  
Джизакский политехнический институт

Исраилова Саджида Мирхаликовна, старший преподаватель  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Эгамбердиев Фазлиддин Отакулович, ассистент;  
Садиков Фархад Самандарович, ассистент  
Джизакский политехнический институт

*Научно-исследовательские работа была проведена на совместном предприятии «Silver Silk». Для этого были исследованы показатели неровноты пряжи, полученной из трех вариантов смесей: чесаный коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%, чесаный коконный сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II переход 25%+одонки 20% и чесаный коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-A 30% и определены физико-механические свойства пряжи на современных приборах. По результатам проведенных исследований рекомендован оптимальный вариант типовой сортировки для применения на производстве.*

**Ключевые слова:** отходы шелка, шелковая пряжа, смесь отходов шелка, коконный сдир, неровнота, линейная плотность, прочность.

## Influence of the mix of the various waste of silk on unevenness and physicomachanical properties of the yarn

Yuldasheva M. T., senior teacher  
Djizaksky polytechnical institute

Israilova S. M., senior teacher  
Tashkent institute textile and light industry

Egamberdiyev F. O., assistant;  
Sadikov. F. S, assistant  
Djizaksky polytechnical institute

*Research work has been spent on joint venture «Silver Silk». Indicators unevenness a yarn received from three variants of mixes have been for this purpose investigated: combed cocoon stripping 40% + a canvas I-transition of 35% + a canvas II-transition of 25%, combed cocoon stripping 30% + a canvas I-transition of 25% + a canvas II transition of 25% + a cut cocoon 20% and combed cocoon stripping 30% + a canvas I-transition of 20% + a canvas II-transition of 20% + a canvas transition of 30% also are defined physicomachanical properties of a yarn on modern devices. By results of the spent researches the optimum variant of typical sorting for application on manufacture is recommended.*

**Keywords:** a silk waste; a silk yarn; a mix of a waste of silk cocoon stripping linear density; durability.

Основными факторами развития текстильной и легкой промышленности Узбекистана являются повышение объемов переработки местного текстильного сырья, внедрение совместно с передовыми зарубежными фирмами современных технологий и оборудования. В настоящее время в республике исследования, проводимые для решения актуальных проблем в различных сферах, показали, что спрос на шелковую пряжу нового по своим физико-механическим свойствам состава в недостаточной степени и это является актуальной проблемой, требующей своего решения. [1]

Целью работы является производство шелковой пряжи на основе разработки нового состава смеси шелковых отходов путем реализации существующих возможностей современной текстильной промышленности республики и исследование ее физико-механических свойств.

Научные исследования были проведены на совместном предприятии «Silver Silk». Для этого на современных приборах были определены физико-механические свойства и показатели неровноты пряжи, полученной из трех вариантов смесей: чесаный коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%, чесаный коконный

Таблица 1. Влияние смеси различных отходов шелка на показатели неровноты пряжи

п/н	Состав смеси	Линейная неровнота, $U_m$ , %	Неровнота по массе 1 м CVm, 1 м	Неровнота по массе 3 м CVm, 3 м	Места утолщения Thn/km, — 50%	Места утолщения Thn/km, — 50%	Количество непсов Neps/km, (+140%)	Количество непсов Neps/km, (+200%)
1.	Коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%	10,57	7,37	6,38	3	20	60	25
2.	Коконный сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки кокон 20%	11,41	8,91	8,27	2	15	50	15
3.	Коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30%	10,59	6,42	5,27	1	10	33	10

сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки 20% и чесаный коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30%.

Для построения графиков по полученным результатам испытаний приняты следующие обозначения: 1 — чесаный коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%, 2-чесаный коконный сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки 20%, 3-чесаный коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст А-переход 30%.

В прядильном производстве контроль дефектов продукции, испытание и выявление причин возникновения дефектов является важнейшей задачей. Пороки пряжи отрицательно влияют на технико-экономические показатели производственного процесса и на физико-механические свойства продукции ткацкого производства. Основной причиной появления пороков в пряже и нитях является использование сырья низкого качества, неполадки механизмов и неудовлетворительное состояние машин.

Большое значение имеет количество пороков и примесей в составе смеси отходов, что приводит к повышению неровноты пряжи в процессе прядения.. Недостаточное очищение отходов коконов влечет за собой получение неравномерной и некачественной нити. Чтобы избежать

этого, необходимо придавать большое внимание очистке смеси от пороков. Например, чем больше количество пороков и примесей в смеси, тем сложнее нормальное осуществление технологического процесса, снижается выход пряжи и повышается себестоимость продукции. Кроме того, пряжа с пороками отрицательно влияет на качественные показатели получаемых тканей, трикотажного полотна и других изделий. При изменении специфических свойств по длине определяют следующие виды неровноты: по линейной плотности, по количеству волокон в поперечном сечении продукции или по массе отрезков различной длины, неровнота по объемной плотности продукции (плотности), по физико-механическим свойствам продукции (прочности, растяжимости, упругости, влажности, воздухопроницаемости, электросопротивлению, размерам электрических зарядов и т. д.)

Изменение структуры по площади поперечного сечения и длине характеризует расположение элементов продукции, а также изменение свойств и определяет две группы неровноты: структурная неровнота и неровнота по геометрическому строению. Две группы структурной неровноты проявляются по площади поперечного сечения и длине продукции. [2]

В связи с этим на совместном предприятии «Silver Silk» на современных приборах исследованы показатели неровноты пряжи трех вариантов, полученной из сле-



дующих смесей: коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%, коконный сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки 20% и коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30%.

Полученные результаты испытаний приведены в таблице 1.

Сравнение полученных результатов испытаний с показателями пряжи, полученной из смеси коконный сдир

40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%, показало, что у пряжи из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки 20% линейная неровнота снизилась на 7,4%, неровнота по массе 1 м на 17,3%, неровнота по массе 3 м повысилась на 22,9%, снизились количество утонений в пряже на 33,3%, утолщений — на 25,0%, количество непсов (+140%) — на 16,7%, количество непсов (+200%) — на 40,0%, а линейная неровнота пряжи, по-



Рис. 1. Влияние смеси различных отходов на квадратическую неровноту пряжи по прочности и крутке

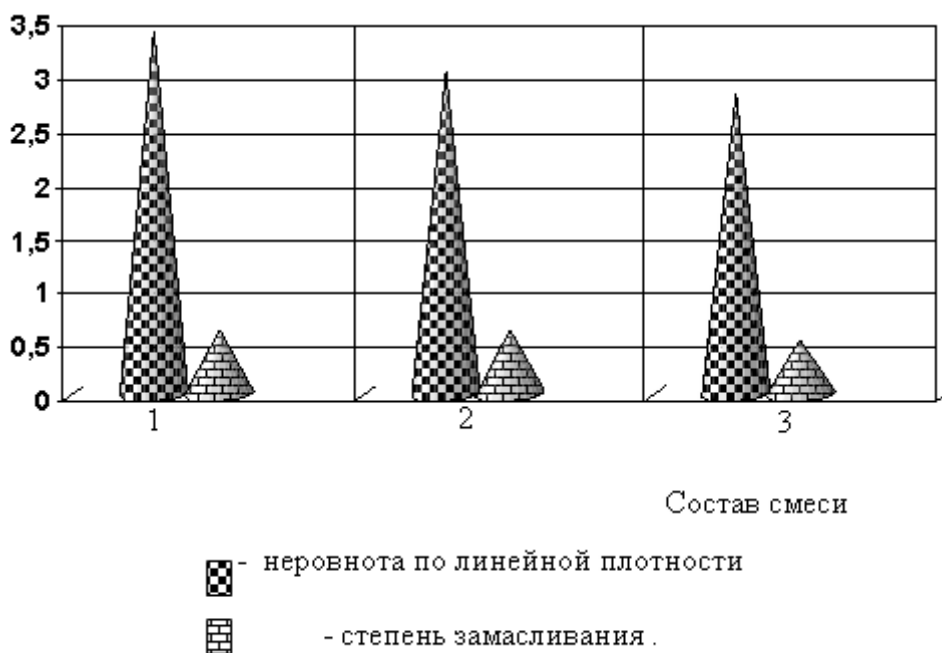


Рис. 2. Влияние смеси различных отходов шелка на квадратическую неровноту шелковой пряжи по линейной плотности и степень замасливания

лученной из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30% снизилась на 0,2%, неровнота по массе 1 м снизилась на 12,9%, неровнота по массе 3 м — на 17,3%, количество утонений снизилось на 66,7%, утолщений — на 50,0%, количество непсов (+140%) — на 45,0%, непсов (+200%) — на 60,0%. Как видно из этого, показатели пряжи, полученной из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30%, снизились по сравнению с показателями пряжи, полученной из других смесей.

Одной из основных причин повышения показателей неровноты пряжи является возрастание показателей неровноты качественных показателей смеси отходов шелка в вышеуказанных вариантах 1 и 2, т.е. повышение показателей неровноты ленты из смесей коконный сдир

40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25% и коконный сдир 30%+холст I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки 20%

Основными показателями шелковой пряжи, полученной в процессе прядения, являются неровнота по линейной плотности, квадратическая неровнота по прочности, разрывное удлинение, квадратическая неровнота по крутке, количество замасливателя и количество пороков в 1000 м. В процессе получения пряжи на прядильных предприятиях состав отходов шелка, линейная плотность и метрический номер пряжи меняются в широких пределах.

Толщина и тонина натуральных волокон формируются в процессе их роста и созревания, а толщину химических волокон в зависимости от их назначения можно заранее спланировать. Исходя из этого плотность текстильных

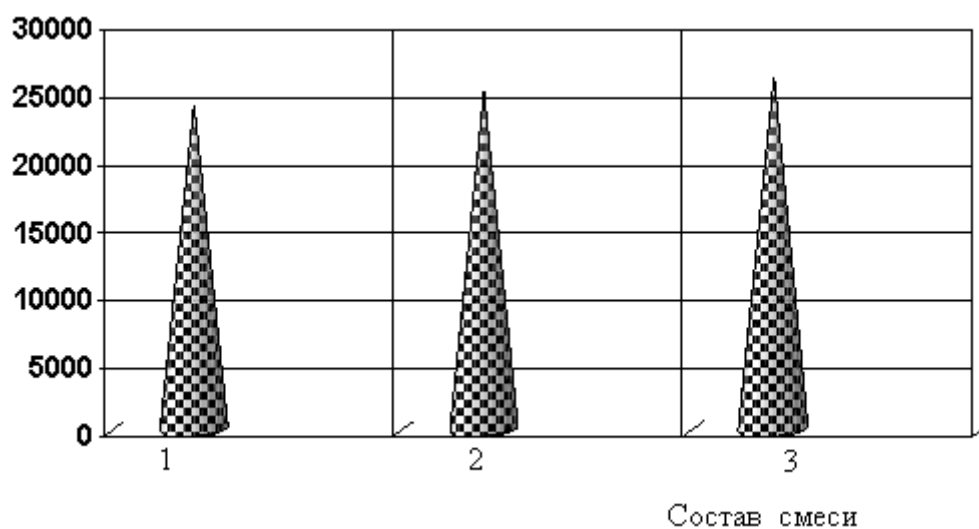


Рис. 3. Влияние смеси различных отходов шелка на разрывную длину шелковой пряжи

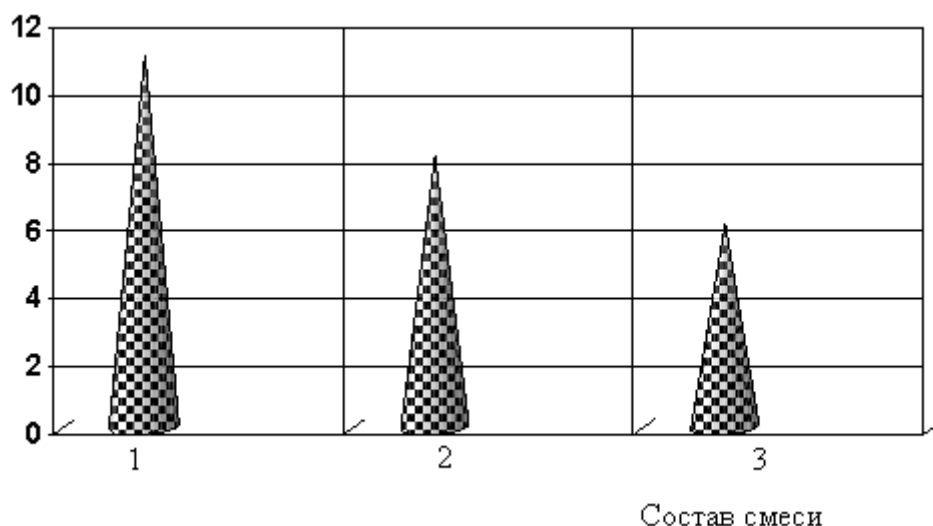


Рис. 4. Влияние смеси различных отходов шелка на количество пороков шелковой пряжи в 1000 м

нитей, получаемых в процессе прядения, приводится к нормированным стандартным требованиям.

Вместе с тем, важное значение при получении шелковой пряжи имеет количество волокон, так как свойства пряжи непосредственно связаны с их толщиной. Из тонких волокон получают тонкую, гладкую, равномерную и прочную пряжу. Из тонкой пряжи вырабатывают изящные, легкие ткани и трикотажные полотна, чем тоньше волокна, тем больше волокон в поперечном сечении пряжи одинаковой толщины. В результате возрастает площадь соприкосновения волокон с друг другом в пряже, и, естественно, возрастает сила трения, при этом прочность пряжи невысокая и этот показатель для тонкой пряжи является наиболее заметным.

Кроме этого, показатели неровноты по толщине являются одними из важных качественных показателей пряжи. Из-за возникновения неровноты на поверхности готовых изделий появляются продольные полосы, которые портят внешний вид изделий. Повышение неровноты пряжи приводит к снижению использования прочности элементарных нитей в комплексной нити, в результате ухудшаются механические свойства пряжи, возрастает количество их обрывов в процессе ткачества.

В процессе получения пряжи на прядильных предприятиях в ее поперечном сечении должно быть определенное нормированное количество волокон.

В пряже, полученной из смеси различных отходов шелка, в некоторой степени повышается неровнота. Причиной тому является различная длина волокон в составе отходов шелка и различные показатели качества. В связи с этим, в процессе получения пряжи из смеси особое внимание нужно обратить на количество волокон и их доле в смеси.

Прочность, удлинение, крутка и неровнота пряжи, производимой на прядильных предприятиях, должны соответствовать стандартным требованиям.

Для получения качественной пряжи на прядильных предприятиях проведены исследовательские работы и полученные результаты исследований приведены на рис. 1–4. Сравнение полученных результатов испытаний с показателями пряжи, полученной из смеси коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25%, показывает, что у пряжи из смеси коконный сдир 30%+холст

I-переход 25%+холст II-переход 25%+одонки 20% квадратическая неровнота пряжи по линейной плотности снизилась 11,8%, разрывная длина — на 3,2%, квадратическая неровнота по прочности — на 5,5%, квадратическая неровнота по крутке — на 5,8%, степень замасливания осталась без изменений и количество пороков пряжи в 1000м пряжи — на 17,3%, а у пряжи из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30% квадратическая неровнота пряжи по линейной плотности снизилась на 17,6%, разрывная длина — на 7,7%, квадратическая неровнота по прочности — на 11,0%, квадратическая неровнота по крутке — на 7,7%, степень замасливания — на 16,7% и количество пороков в 1000м пряжи — 45,5%. Приведенные результаты доказывают, что качественные показатели пряжи, полученной из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30%, являются наилучшими по сравнению с показателями пряжи из других смесей.

#### ВЫВОДЫ

1. Установлено, что по сравнению с показателями пряжи из смеси коконный сдир 40%+холст I-переход 35%+холст II-переход 25% квадратическая неровнота пряжи по линейной плотности из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30% снизилась на 0,2%, неровнота по массе 1 м — на 12,9%, неровнота по массе 3 м — на 17,3%, утонения — на 66,7%, утолщения — на 50,0%, количество непсов (+140%) — на 45,0%, количество непсов (+200%) — на 60,0%

2. Полученные результаты для пряжи из смеси коконный сдир 30%+холст I-переход 20%+холст II-переход 20%+холст переход-А 30% показывают их снижение по сравнению с показателями пряжи из других смесей: квадратической неровноты по линейной плотности с 11,8% до 17,6%, разрывной длины с 3,2% до 7,7%, квадратической неровноты по прочности с 5,5% до 11,0%, квадратической неровноты по крутке с 5,8% до 7,7%, степени замасливания до 16,7% и количества пороков в 1000 м с 17,3% до 45,5%.

#### Литература:

1. Мирзахусайинов, Р. М., Мажидова Г. А., Қодиров Ш. А. Ипакчилик, пиллакашлик ишлаб чиқариши чиқиндиларидан фойдаланиш йўллари // «Ёш олимларнинг пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил ва матбаа сохалари техника ва технологияларини ривождаги ўрни». Ёш олимлар ва талабаларнинг республика илмий-амалий конференция тезислари. Тошкент, 2007, 95 бет.
2. Мажидова, Г. А., Мирзахусайинов Р. М., Қодиров Ш. А. Ипак толадан ишлаб чиқарадиган ассортиментларнинг хусусиятлари // «Ёш олимларнинг пахта тозалаш, тўқимачилик, енгил ва матбаа сохалари техника ва технологияларини ривождаги ўрни». Ёш олимлар ва талабаларнинг республика илмий-амалий конференция тезислари. Тошкент, 2007, 91 бет.

## Изменение качественных показателей тканей для постельного белья с различными поверхностными плотностями

Юнусов Камолиддин Зунунович, кандидат технических наук, доцент  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Шумкарова Шамсия Пулатовна, старший преподаватель;  
Ядгарова Хилола Исроиловна, ассистент;  
Арзикулова Гавхар Султанмурадовна, студент  
Джизакский политехнический институт

*В качестве объекта научно-исследовательской работы выбрана лаборатория «CentexUz». Для этого на современном оборудовании были исследованы качественные показатели отобранных образцов ткани, предназначенной для постельного белья — с различными поверхностными плотностями, то есть 105, 108 и 140 гр/м<sup>2</sup> и рекомендован оптимальный вариант для выработки качественной ткани, используемой для постельного белья.*

**Ключевые слова:** *поверхностная плотность; плотность нитей; воздухопроницаемость; истирание; разрывная нагрузка; удлинение при разрыве.*

## Change of quality indicators of fabrics for bed-clothes with the various in superficial density

Yunusov Kamoliddin Zununovich  
Tashkent institute textile and light industry

Shumkarova Shamsiya Pulatovna, senior teacher  
Yodgorova Hilola Israilovna, assistant  
Arzikulova Gavhar Sultanmuradovna, student  
Djizzaksky polytechnical institute

*As an object of research work «CentexUz» laboratory is chosen. For this purpose on the modern equipment a quality indicators of the selected samples of the fabric intended for bed linen — with various superficial density, that is 105, 108 and 140 gr/m<sup>2</sup> have been investigated, and the optimum variant for development of the qualitative fabric used for bed-clothes is recommended.*

**Keywords:** *superficial density; density of threads; air permeability; истирание; explosive loading; lengthening at rupture.*

Одной из важнейших задач, стоящих перед текстильной промышленностью нашей Республики является удовлетворение возрастающей потребности населения в текстильной продукции, а также выработка качественной продукции, конкурентоспособной на мировом рынке, отвечающей требованиям экспорта и пользующихся потребительским спросом. Чем качественнее вырабатываемая продукция, соответствующая требованиям международных стандартов, тем больше вероятность экспортируемости продукции, выдерживающую существующую конкуренцию, что способствует укреплению валютного фонда страны.

В условиях экономики, основанной на свободной конкуренции, первостепенной задачей, стоящей перед текстильными фабриками, является выработка качественной, конкурентоспособной, пользующейся покупательским спросом продукции. Для того, чтобы вырабатываемые

ткани были конкурентоспособными, необходимо чтобы они по качественным показателям отвечали требованиям, предъявляемые к данному виду продукции на мировом рынке, то есть соответствовали требованиям международных стандартов. Наряду с этим, необходимо обеспечить низкую себестоимость продукции, оснащения предприятий передовой современной технологией и техникой, высокой производительностью труда. В решение этой проблемы на текстильных предприятиях особое внимание уделяют вопросам, направленным на повышение производительности труда, механизации ручного труда, полноценного использования внутренних возможностей, управления технологическими процессами посредством автоматизированных компьютерных систем. На сегодняшний день доля экспорта, приходящейся на продукцию текстильной промышленности, в особенности хлопчатобумажной пряжи и тканей, существенно возрасла.

Таблица 1. Изменение качественных показателей тканей для постельного белья с различным строением

п/н	Линейная плотность нитей, текс		Плотность		Прочность, Н		Удлинение при разрыве, %		Поверхностная плотность, гр/м <sup>2</sup>
	основы	утка	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку	
1.	14,0	14,0	480	264	475,0	195,3	8,1	8,2	105,0
2.	14,0	14,0	500	256	464,5	129,4	7,2	8,1	108,4
3.	29,0	28,5	260	190	408,1	319,3	8,9	18,7	140,0

Расширение нового ассортимента тканей за счёт использования местного сырья, увеличение объёма переработки вторичного местного текстильного сырья, внедрение новых современных технологий и оборудования в отрасли производства совместно с передовыми иностранными фирмами являются актуальными задачами.

Научно-исследовательские работы проводились в испытательной лаборатории «CentexUz». Для этого на современном оборудовании были исследованы качественные показатели отобранных образцов тканей, предназначенных для постельного белья с различными поверхностными плотностями, то есть 105, 108 и 140 гр/м<sup>2</sup>.

Перед проведением испытательных работ, образцы выдерживались в нормальных климатических условиях согласно ГОСТ 10681–75.

Показателями строения ткани для постельного белья считаются плотность ткани, линейное, поверхностное запыление, фазы строения и опорная поверхность. Плотность нитей в ткани определяются по основе и утку.

Разрывная нагрузка и удлинение при разрыве характеризуют физико-механические свойства тканей. При этом, плотное переплетение при образовании ткани обеспечивает наибольшую его прочность.

В условиях рыночной экономике на ткацких фабриках для выработки качественной ткани были проведены исследовательские работы. С этой целью были выработаны ткани, используемые в качестве постельного белья, с различными поверхностными плотностями и на современном оборудовании определены их качественные характеристики.

Полученные результаты испытаний приведены в таблице 1.

По полученным результатам испытаний, сравнивая качественные показатели ткани с поверхностью плотностью 105,0 гр/м<sup>2</sup> относительно ткани с поверхностной плотностью 108,4 гр/м<sup>2</sup>, по направлению основы показатель плотности увеличился на 4,0%, следующие показатели плотности по направлению утка на 2,1%, прочности по направлению основы на 2,3%, прочности по направлению утка на 33,8%, удлинения при разрыве по направлению основы на 11,1%, удлинения при разрыве по направлению утка на 1,3% уменьшились, у ткани с по-

верхностной плотностью 140,0 гр/м<sup>2</sup> плотность по основе на 35,8%, плотность по утку на 28,1%, прочность по основе на 14,1% уменьшились, показатели прочности по направлению утка на 38,9%, удлинения при разрыве по основе на 9,0%, удлинения при разрыве по утку на 56,1% увеличились. Из результатов испытаний видно, что у ткани с поверхностью плотностью 108,4 гр/м<sup>2</sup> показатели прочности по основе, плотность нитей по основе выше, чем у других тканей с различными поверхностными плотностями.

Способность тканей пропускать через себя воду, пар, газ, пыль, воздух, дым, радиоактивные вещества характеризует физические свойства тканей. Объём воздуха, проходящего через образец ткани площадью в 1 квадратный метр в течение секунды при постоянной разности давлений по обе стороны пробы характеризует воздухопроницаемость ткани.

В предприятиях текстильной промышленности в результате деформаций изгиба и сжатия ткани сминаются, то есть способны образовывать складки и морщины на своей поверхности. Образованные складки и изгибы можно разгладить посредством влажно-тепловой обработки. Сминаемость тканей зависит от волокнистого состава, линейной плотности составляющих нитей, переплетения и вида обработки, плотности ткани.

Помимо этого, у тканей, предназначенного для постельного белья способность сминаться является отрицательным свойством и портит внешний вид изделия. Легко сминающиеся ткани быстро изнашиваются, так как подвергаются трению в местах изгиба и смятия. Несминаемость тканей — это свойство материала сопротивляться смятию и восстанавливать первоначальное состояние после снятия усилия, вызвавшего его изгиб и смятие.

В текстильной промышленности в результате трения ткани изнашиваются. На износостойкость тканей влияют волокнистый состав, строение поверхности ткани. Изначально, концы волокон, выходящие на поверхность ткани бывают подвержены трению. Волокна, выступающие на поверхности в местах сгиба нитей в ткани подвергаются износу. Поверхность волокна в некоторых местах бывают повреждены и вследствие обрываются.

Результаты испытаний приведены на рисунках 1–4.



По полученным результатам испытаний, сравнивая качественные показатели ткани, предназначенного для постельного белья с поверхностной плотностью 105,0 гр/м<sup>2</sup> относительно ткани с поверхностной плотностью 108,4 гр/м<sup>2</sup> воздухопроводность на 53,3%, прочность окраски на 20,0% уменьшаются, усадка по основе не изменяется, по утку уменьшается на 20,0% и стойкость к истиранию не изменяется, у ткани с поверхностной плотностью 140,0 гр/м<sup>2</sup> воздухопроводность увеличивается на 6,6%, прочность окраски не изменяется, усадка по основе и утку не изменяется, показатель устойчивости к трению уменьшается на 22,0%. Из анализа результатов испытаний

видно, что у 3 ассортиментов тканей, предназначенных для постельного белья, размеры образцов при стирке увеличиваются.

**ВЫВОДЫ**

1. В условиях рыночной экономики на современном оборудовании были исследованы и проанализированы качественные показатели отобранных образцов ткани, предназначенных для постельного белья, с различными поверхностными плотностями, то есть 105, 108 и 140 гр/м<sup>2</sup>.

2. У ткани с поверхностной плотностью 108,4 гр/м<sup>2</sup> показатели прочности, плотности нитей по основе, а также

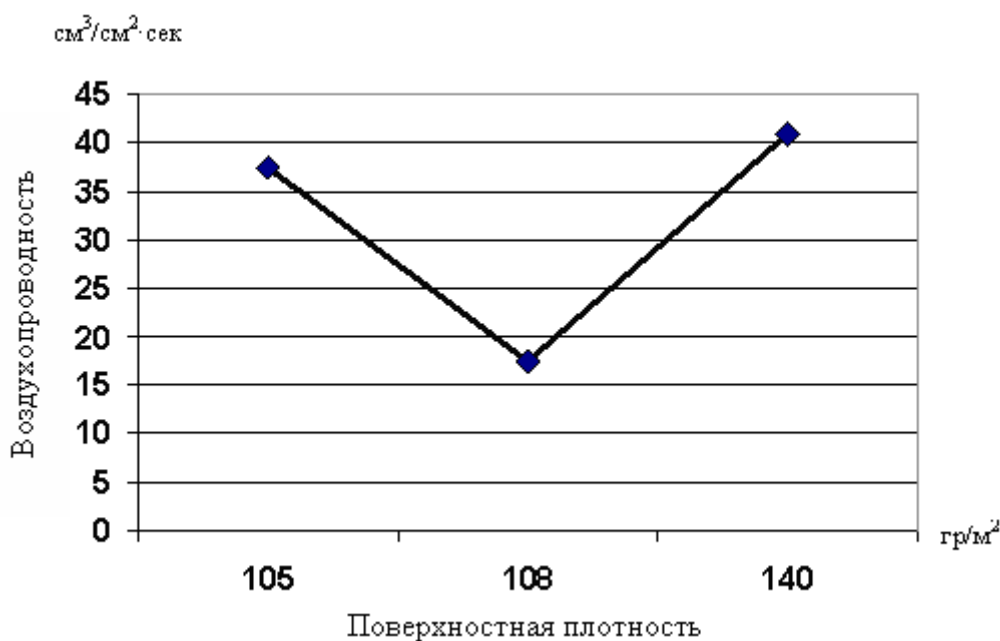


Рис. 1. Изменение воздухопроводности тканей с различной поверхностной плотностью

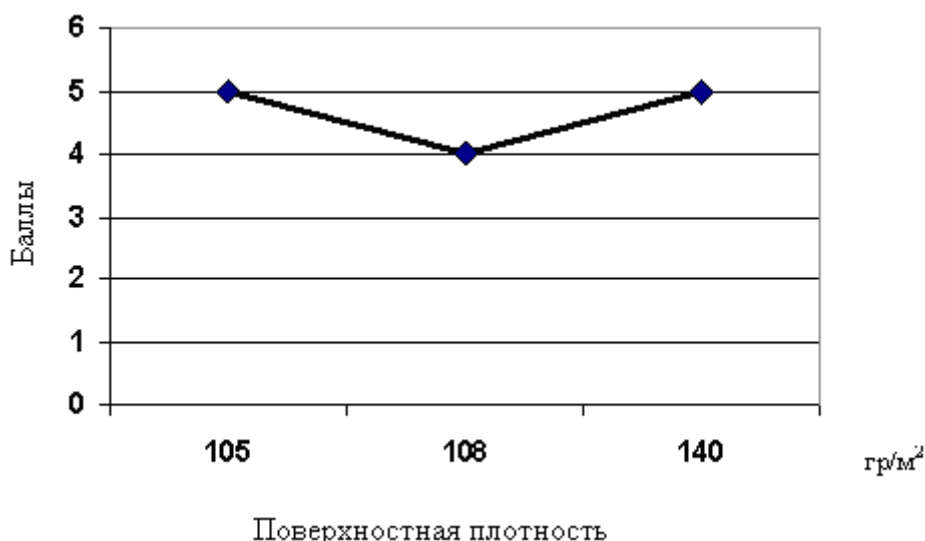


Рис. 2. Изменение прочности окраски к трению тканей с различной поверхностной плотностью

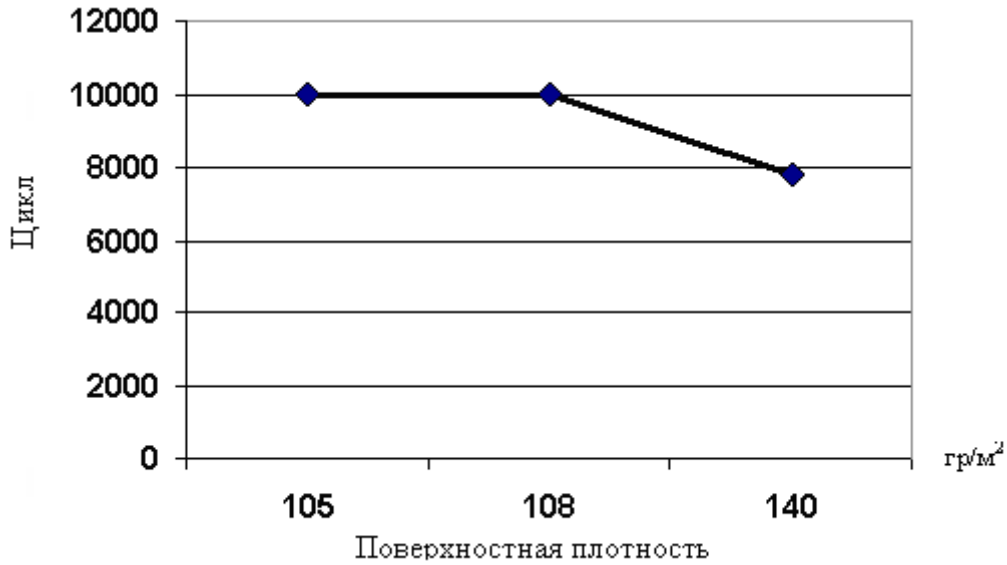


Рис. 3. Изменение устойчивости к трению тканей с различной поверхностной плотностью

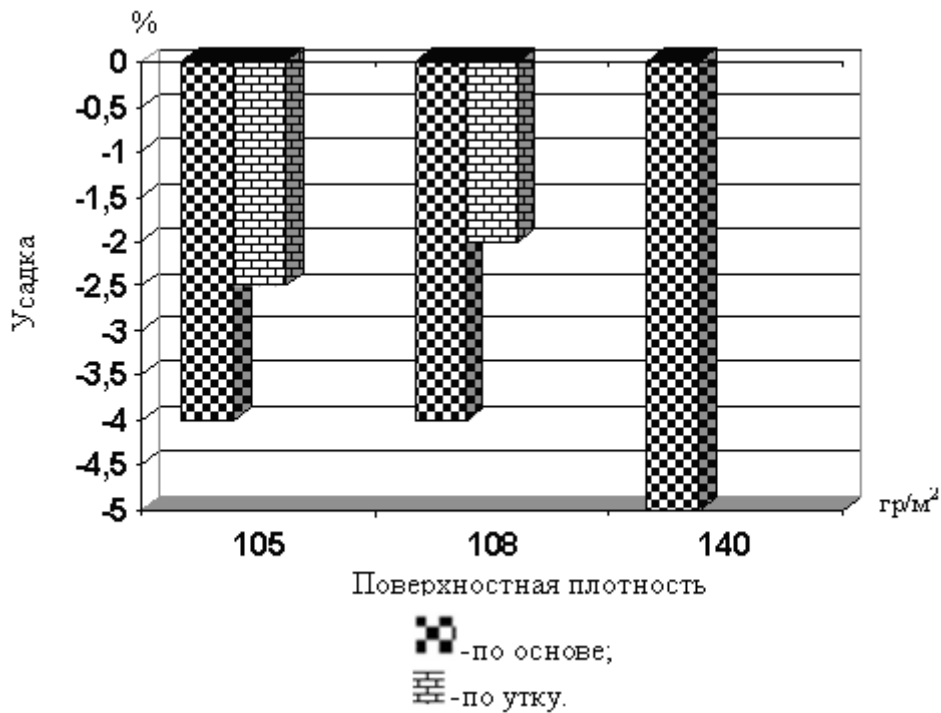


Рис. 4. Изменение усадки по основе и утку тканей с различной поверхностной плотностью

у ткани с поверхностной плотностью 140,0 гр/м² показатели прочности по утку и удлинению при разрыве по основе и утку в сравнении с другими тканями, предназначенные в качестве постельного белья относительно выше.

3. Ткацким предприятиям для выработки качественной ткани, используемой для постельного белья рекомендована ткань с поверхностной плотностью 108,4 гр/м².

Литература:

1. Мальцева, Е. П. Швейное материаловедение. М.: Легпромбытиздат, 1986.
2. Бузов, Б. А. и др. Материаловедение швейного производства. М.: Легпромбытиздат, 1986.

3. Кирюхин, С. М., Додонкин Ю. В.: «Качество тканей» М.: Легпромбытиздат, 1986.
4. Бузов, Б. А. и др. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства. М.: Легпромбытиздат, 1991.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 1 (105) / 2016

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.

**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)  
Гайнич 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)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.

**Ответственный редактор:** Осянина Е. И.

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я., 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](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 26.01.2016. Тираж 500 экз.

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