

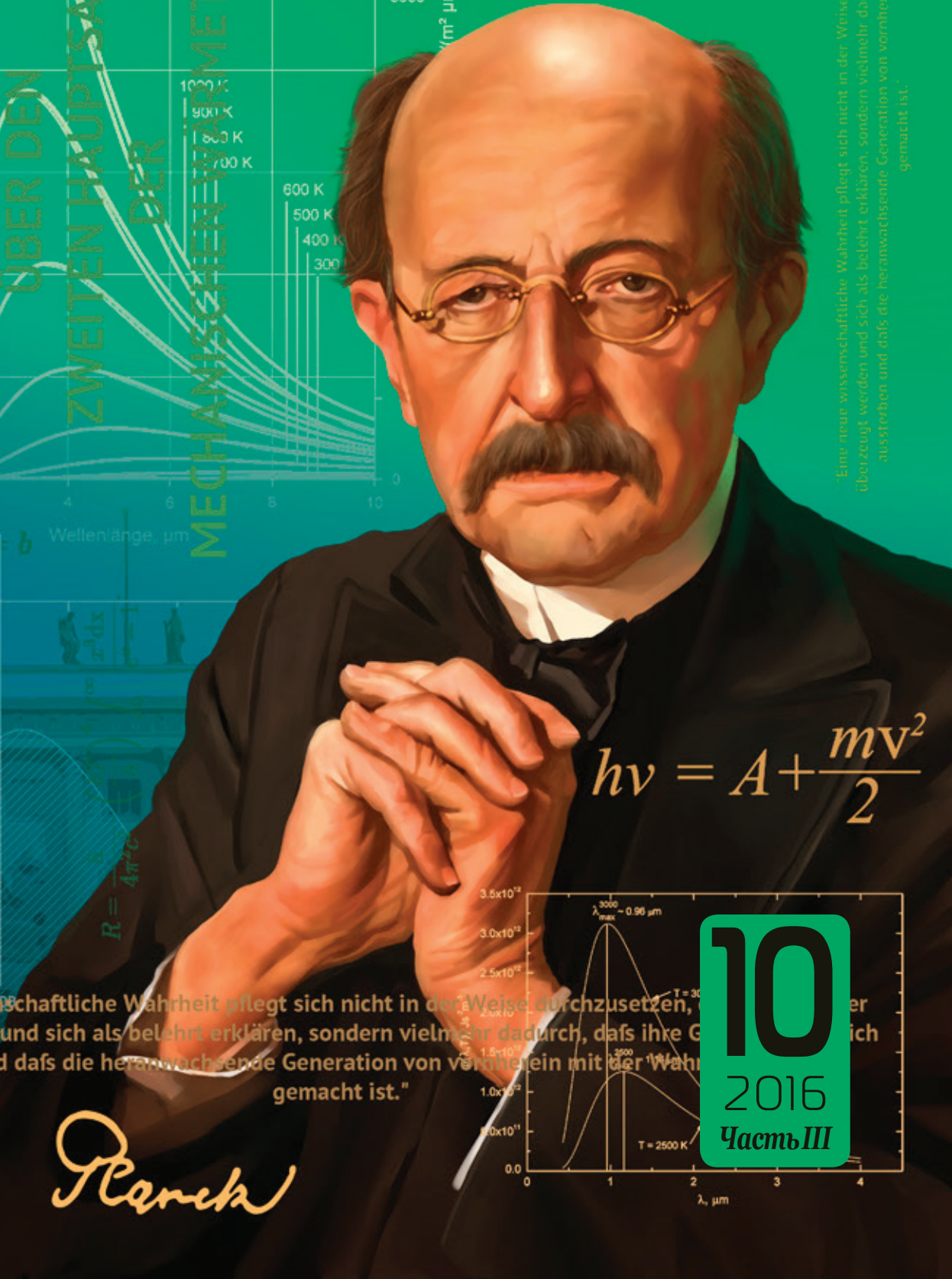
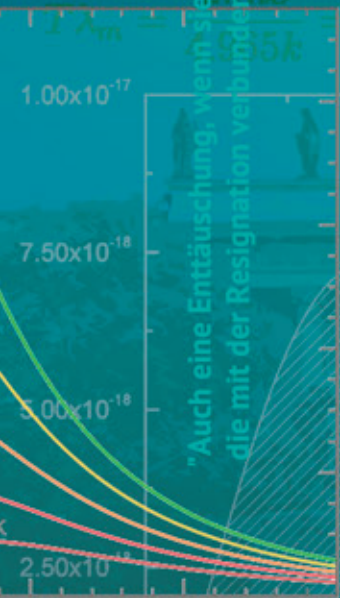
МОЛОДОЙ

$$E = h\nu$$

ISSN 2072-0297

Учёный

международный научный журнал



$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

"Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß sie sich
überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß ihre Gegner allmählich
aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut
gemacht ist."



10
2016
Часть III

16+

Max Planck

"Eine neue wissenschaftliche Wahrheit pflegt sich nicht in der Weise durchzusetzen, daß sie sich
überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß ihre Gegner allmählich
aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut
gemacht ist."

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 10 (114) / 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

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам

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

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

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

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических 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

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

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

На обложке изображен Макс Карл Эрнст Людвиг Планк (1858–1947) — немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой физики. Лауреат Нобелевской премии по физике (1918).

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».

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.

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)*

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, *кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)*

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, *доктор 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

Ответственные редакторы: Осянина Екатерина Игоревна, Вейса Людмила Николаевна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович, Майер Ольга Вячеславовна

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

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

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

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.06.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

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

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Карякин А. Т., Иттиев А. В.**
Микроконтроллерный измеритель высоких температур 225
- Карякин А. Т., Иттиев А. В.**
Усовершенствованный метод измерения температуры 228
- Качканьян Р. А., Кульмагамбетов К. С.**
Пути снижения потерь на трение в кривошипно-шатунном механизме поршневых ДВС 231
- Клищенко Ф. Ю., Полуэктов М. В.**
Причины и следствия неравномерного износа тормозных колодок автомобиля 234
- Клюева В. А.**
Обзор методов нанесения кремниевых покрытий 236
- Костюк С. В., Рязанов А. В., Апарин А. К.**
О возможности использования центробежного ректификационного аппарата для регенерации метанола 246
- Кочеткова Ю. А., Рафальская Т. А.**
Определение теплотерь через теплоизоляцию трубопроводов теплоснабжения при подземной прокладке в непроходных каналах 249
- Кузин Н. В.**
Расчет пластических смещений асфальтобетонных порожних покрытий 253
- Кузин Н. В.**
Исследование пластичности дорожных асфальтобетонов 255
- Lanko A.**
Analysis of materials and technologies used in foundation construction of historical buildings in St. Petersburg 257
- Lanko A.**
Analysis of regulatory documents required and recommended for use in Russia during the examination of the foundations and basements of buildings 260
- Лукин А. А., Меренкова С. П., Фомина Т. Ю.**
Разработка технологии и рецептуры производства бисквитного полуфабриката с черемуховой мукой 263
- Максимова А. М.**
Регулирование состояний полета квадрокоптера на базе корректирующего ПД-регулятора 266
- Маткурбонов Д. М., Нуштаева О. Х., Рахмонов Б. И.**
Разработка алгоритма распределения энергетического потенциала в сетях абонентского доступа 271
- Мачулин П. С.**
Современные проблемы разработки электропривода 273
- Митин Р. А., Агарков О. С., Кулько А. П., Моисеев Ю. И.**
Нормирование расхода топлива автомобилей при работе автоматических подогревателей 275
- Насимова Х. Н., Усмонов А. У., Мехомонов И. И.**
Технология обработки семян хлопчатника и изучение качества статистическим и методами 278
- Нургазезова А. Н., Асенова Б. К., Процан А. Г., Байкадамова А. М.**
Совершенствование технологии производства колбасных изделий из мяса птицы с добавлением коллагенового геля 279
- Нутфуллаева Л. Н., Назарова Х. А., Юлдошева С. Р., Бахронова Д. М.**
Изучение перспективы автоматизации инженерно-конструкторских работ 283
- Нутфуллаева Ш. Н., Нутфуллаева Л. Н., Ходжаева О. Р., Бахронова Д. М.**
Этапы совершенствования челночного механизма швейных машин 285
- Олимов М., Исмоилов Ш. М., Комилов С. Р.**
Модульный анализ сеточных методов решения дифференциальных уравнений 288
- Резниченко Н. Е.**
Анализ и выбор тестовых алгоритмов для проведения функционального контроля микросхемы 1645РУ5 291
- Рустамова М. У.**
Решение вопроса повышения несущей способности подшипников применением биметаллических материалов 294

Сайтотова У. С., Нутфуллаева Ш. Н., Нутфуллаева Л. Н., Алимов С. Р. Основные методы формообразования при разработке моделей швейных изделий.....	296	Смирнова Н. С., Варивода А. А., Коваленко М. П. Изучение технологических характеристик урожайных семян подсолнечника в результате биоинкрустации.....	308
Сайфуллаев С. С., Раджабов О. Н. Основы совершенствования питателя пильного джина с целью повышения очистительного эффекта.....	298	Старцев В. В. Разработка программного комплекса для расчета оптических констант покрытий	315
Сайфуллаев С. С., Раджабов О. Н. Печатно-технические свойства печатных красок, основанных на смесях загусток на основе карбоксиметилкрахмала и акрилатов.....	300	Усманов Ф. Б. Установление оптимальных углов наклона плоских отражателей к гелиопокрытию, применяемых при тепловой обработке сборного железобетона с использованием солнечной энергии	321
Самойлова И. А., Смирнова М. А. Антиплоская задача для упругой полуплоскости с жестким включением	302	Федорец А. В. Применение LVL-бруса в стропильных системах	324
Сердюков А. А. Виды шумозащитных экранов	304	Эргашева М. Р. Конкурентоспособность как фактор качества изделий легкой промышленности.....	331
Смирнова Н. С., Варивода А. А., Коваленко М. П. Формирование модифицированных показателей растений и семян подсолнечника в результате предпосевной обработки	306	Яншина Э. Р., Брацук А. А., Иванова Л. А. Пути повышения энергоэффективности систем вентиляции	333

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Микроконтроллерный измеритель высоких температур

Карякин Александр Тимофеевич, кандидат технических наук, доцент;

Иттиев Аслан Викторович, магистрант

Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова

В качестве датчиков температуры удобнее всего использовать наиболее распространенные на сегодняшний день микросхемы разработки компании Dallas Semiconductor (ныне — подразделение Maxim Integrated) DS1821 или DS18S20, стоимость которых на российском рынке радиоэлементов составляет всего лишь около 2 долларов. Микросхемы объединяются параллельно в трехпроводную или даже двухпроводную линию (с «паразитным» питанием) и работают в соответствии с протоколом 1-Wire [1].

Указанные микросхемы питаются положительным постоянным напряжением от 3 до 5,5 В. Ток потребления

в режиме ожидания составляет менее 1 мкА, в режиме измерения (преобразования) температуры — около 1 мА. Поэтому микросхемы, даже при относительно большом их числе, могут питаться от источника питания компьютера через выводы его портов.

В дальнейшем, при построении схемы и алгоритма работы программы для измерения температуры, мы будем исходить из того, что выполняется измерение одного лабораторного образца, и число чувствительных элементов (микросхем цифровых термометров) равно двум. Полная электрическая принципиальная схема такого термометра вместе с адаптером для COM-порта изображена на рисунке 1.

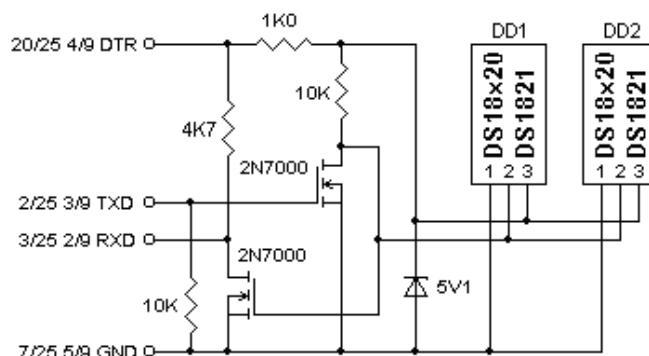


Рис. 1. Схема подключения датчиков и адаптер для COM-порта

Однопроводная шина данных и ПК имеют общую «землю», а для питания микросхем цифровых термометров используется линия DTR последовательного порта. Нумерация контактов разъемов показана вначале для 25-выводного разъема (/25), а следом — для 9-выводного (/9). Применение малогабаритных элементов позволяет смонтировать плату адаптера непосредственно в корпусе разъема. Спецификация протокола RS-232C здесь реализована не вполне строго — на входе RXD формируются лишь однополярные уровни. Однако большинство ПК оснащены портами, которые нормально работают и с такими уровнями. Вместо указанных на схеме рис. 1 *n*-канальных

МОП транзисторов можно применить полевые транзисторы других типов, близкие по параметрам, например, BSS138, либо отечественные серий КП501 или КП505.

Сопряжение цифровых термометров с персональным компьютером через USB-порт реализуется несколько сложнее, но такой адаптер легко выполнить на готовых и недорогих покупных узлах, например, с использованием платы AVR-USB-MEGA16 [2]. На рисунке 2 красным цветом выделена необходимая доработка принципиальной схемы упомянутой платы для подключения двух микросхем термометров по технологии 1-Wire. Сигнальная линия шины подключена к выводу 1 порта В (PB1).

Программная реализация USB-адаптера уже вшита в микропроцессор платы при ее изготовлении. Остается выполнить небольшую доработку программного кода для того, чтобы адаптер «видел» микросхемы DS1821. Интерфейс 1-Wire и его программная реализация на микроконтроллерах AVR достаточно хорошо описаны в литературе и не требуют специального освещения в рамках данной

статьи. Код прошивается непосредственно с ПК, никакой внешний программатор в данном случае не нужен.

На плате AVR-USB-MEGA16 существуют свободные контактные площадки, куда не составляет труда смонтировать две выделенные на рис. 2 красным детали — резистор и разъем для подключения микросхем, которое выполняется аналогично рис. 1 [3].

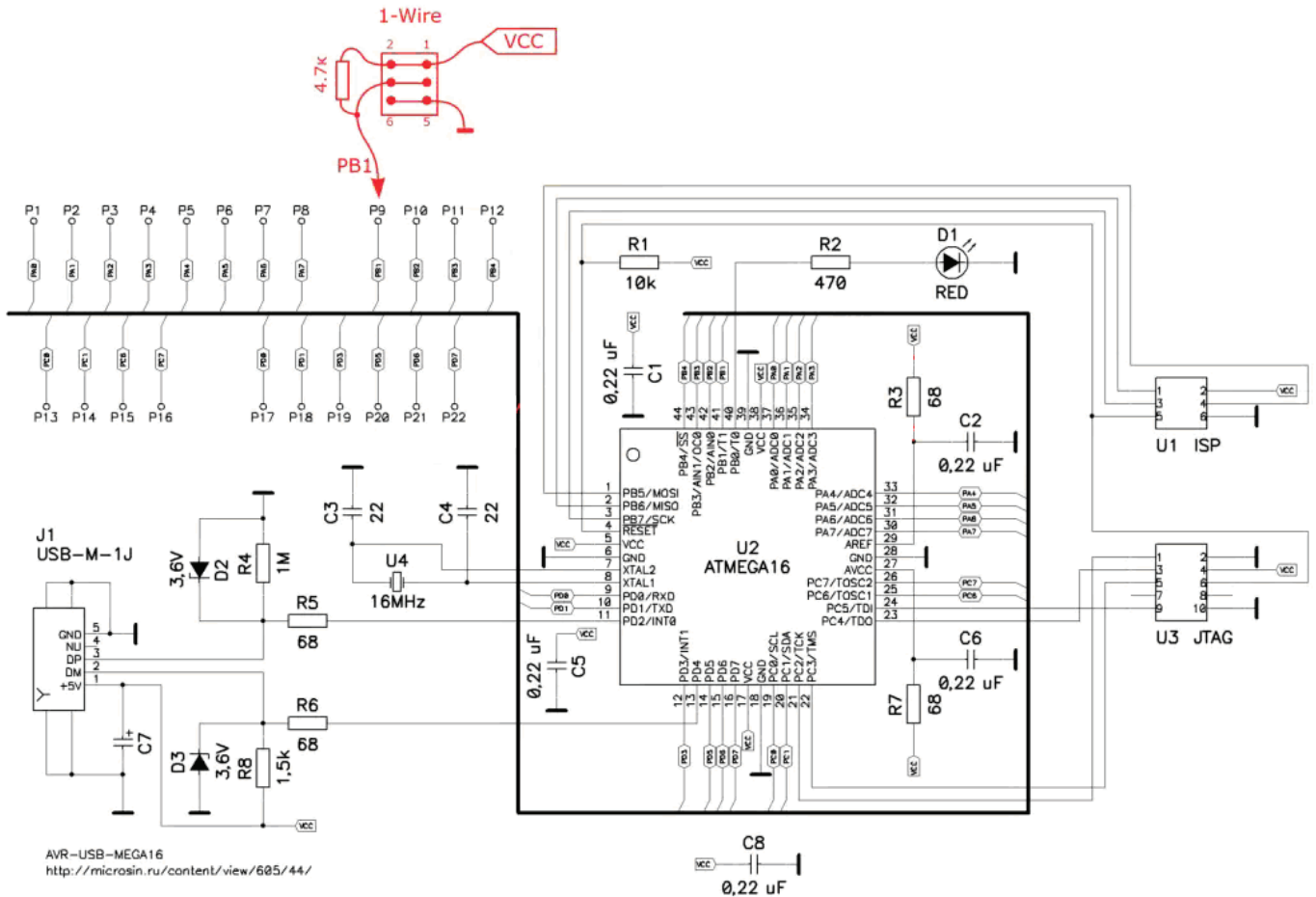


Рис. 2. Принципиальная схема платы AVR-USB-MEGA16 и ее модернизация

Для составления алгоритма обработки сигналов микросхем датчиков в ПК вначале остановимся на особенностях их работы.

Термометр DS1821 (DS18S20) уже откалиброван на заводе, гарантированная заводская точность измерения температуры составляет $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (в диапазоне $-10...+85^{\circ}\text{C}$) и не может быть увеличена аппаратным путем, но допускает повышение программными средствами благодаря применяемому алгоритму преобразования температуры. Типичная кривая ошибки измерения температуры представлена на рисунке 3 [1].

Температура в датчиках группы DS18... измеряется путем подсчета количества импульсов, выдаваемых генератором с низким температурным коэффициентом изменения частоты за время, устанавливаемое генератором с высоким температурным коэффициентом. Зависимость частот генераторов от температуры имеет парабо-

лическую форму, поэтому внутри кристалла термометра формируется специальная схема линеаризации характеристики (формирования ее наклона). Цикл преобразования довольно сложен и для данного рассмотрения не принципиален. Нам важно, что по окончании процесса преобразования регистр температуры микросхемы будет содержать ее измеренное значение. В счетчике в конце цикла остается значение COUNT_REMAIN, а схема линеаризации для каждого значения температуры выдает значение COUNT_PER_C — количество импульсов, приходящихся на один градус (эти значения могут по определенным командам быть выведены на выход данных). Алгоритм увеличения точности вычислений заключается в следующем: вначале от измеренного значения температуры отбрасывается младший бит, в результате получается переменная TEMP_READ, а затем в ПК производятся дополнительные вычисления по формуле

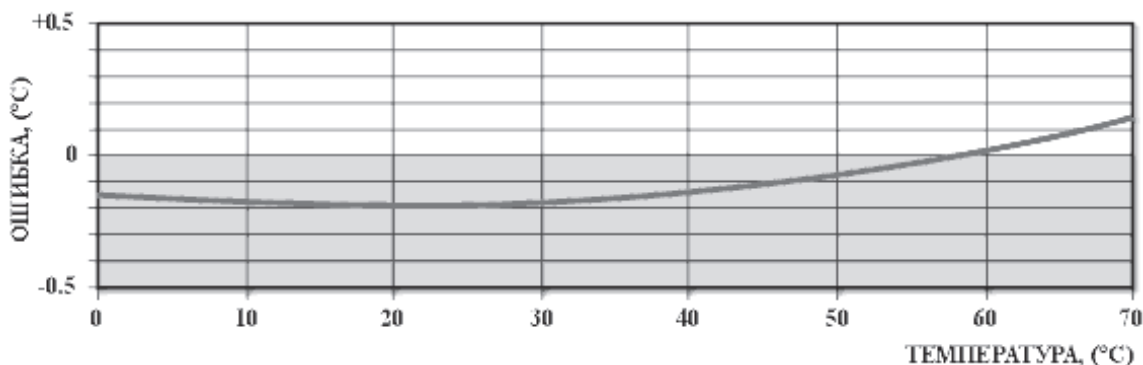


Рис. 3. Типичная кривая ошибки измерения температуры для DS18S20

$$TEMPERATURE = TEMP_READ - 0,25 + (COUNT_PER_C - COUNT_REMAIN) / COUNT_PER_C \quad (1)$$

С другой стороны, при ограниченной абсолютной точности измерений, иногда полезно иметь как можно меньшую дискретность представления температуры. В лабораторном эксперименте это важно, если измерения носят относительный характер. В данном случае можно применить другую микросхему серии, DS18B20, которая, в отличие от упомянутых выше, выдает значение температуры не только в виде 9-битного двоичного числа, но позволяет получать и 12-битный результат. Правда, в ней отсутствует возможность выводить необходимые для вычислений по формуле (1) данные.

Каждый экземпляр микросхем DS18x20 имеет уникальный адресный номер длиной 48 бит, который записывается во встроенное ПЗУ в процессе производства кристалла и никогда не повторяется. Так, считывая по команде этот код в ПК, можно производить адресацию каждой микросхемы (в нашем случае — одной из двух), измеряя только ее температуру или последовательно опрашивая группу датчиков.

После того, как мы ознакомились со всеми требуемыми сведениями относительно работы микросхем цифровых термометров, несложно составить алгоритм про-



Рис. 4. Блок-схема алгоритма обработки сигналов датчиков

граммы на ПК, которая будет выполнять все необходимые опросы, выдавать команды, считывать данные и проводить вычисления. Алгоритм прозрачен и, по нашему мнению, не требует дополнительного описания. Он касается режима прямого измерения температур и их разностей (без калибровки и вычисления постоянных коэффициентов, с применением формулы (1)) и представлен на рисунке 4.

Разработанный измеритель для лабораторных высокотемпературных измерений низкотемпературными датчиками обладает рядом практических преимуществ по сравнению с традиционными методами измерения высоких температур при помощи термопар или пирометров. При-

менение метода показывает его высокую точность, простоту измерения и короткое время, требуемое для установления и снятия показаний. Несомненным плюсом является и низкая стоимость прибора, состоящего из нескольких электронных компонентов или блоков общего применения и небольшого металлического цилиндра, а также любого бытового ПК или ноутбука для обработки и записи показаний с минимальными системными требованиями.

Помимо лабораторного измерения температуры образцов, данный измеритель применим во всех случаях, когда необходимо обеспечить периодическое измерение температуры в области 200–400 °С и даже более.

Литература:

1. Ридико, Л. И. Компьютерный термометр с датчиками DS18S20/B20. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.digit-el.com/files/>
2. Макетная плата AVR-USB-MEGA16. / Администрация сайта Microsin.net. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://microsin.net/programming/>
3. Кухтецкий, С. В. AVR-USB-MEGA16: измеряем и контролируем температуру. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://microsin.net/programming/>

Усовершенствованный метод измерения температуры

Карякин Александр Тимофеевич, кандидат технических наук, доцент;

Иттиев Аслан Викторович, магистрант

Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова

Опишем принцип измерения высокой температуры низкотемпературными датчиками. В своем «классическом» варианте [1] он носит название метода трех точек на кривой нагрева датчика температуры. При этом сам датчик выполнен в виде полого цилиндра, а чувствительный элемент, измеряющий температуру, располагается на его оси. Цилиндр приводят в контакт с поверхностью контролируемого твердого тела, либо погружают в жидкую или газообразную среду, температуру которой необходимо измерить.

Следует понимать, что сам по себе цилиндр герметичен, то есть нагрев чувствительного элемента осуществляется через воздух, заполняющий цилиндр внутри, от его стенок, которые достаточно быстро приобретают температуру объекта. Это и позволяет при высокой температуре цилиндра применять низкотемпературный чувствительный элемент, который попросту не успевает разогреться до того состояния, когда будет разрушен.

Показания чувствительного элемента снимают в три момента времени на стадии регулярного теплового режима (режима постепенного, плавного повышения его температуры). Измеряют также два интервала времени между этими моментами. Затем нагрев датчика прекра-

щают, а данные измерений обрабатывают, рассчитывая температуру объекта по аппроксимации кривой нагрева.

Как уже было сказано ранее, такой способ измерения занимает много времени. Кроме того, температура в третьей, последней точке измерения обычно уже оказывается достаточно близкой к измеряемой высокой температуре, а значит, разность между максимальной рабочей температурой датчика и температурой объекта не удастся сделать достаточно большой, и выгода от применения низкотемпературных датчиков оказывается незначительной. Например, датчик с пределом температуры в 125 °С сможет измерить температуру в 160–180 °С, но не более того, а для температур в 300–400 °С метод оказывается совершенно непригодным.

Данное обстоятельство заставило советского изобретателя Ф. В. Бочкова модернизировать описанный метод, за что ему было выдано два авторских свидетельства, упомянутых выше [2, 3]. Отдельно запатентованы датчик и способ измерения температуры, однако способа измерения также предложено два, отличающихся друг от друга.

Согласно первому из них, датчик выполняется в виде системы, имитирующей свойства неограниченного цилиндра или пластины. Чувствительных элементов в системе устанавливается два: один из них располагается в ее

центре симметрии, на оси, а другой — посередине между осью и тепловоспринимающей поверхностью, в направлении теплового потока. В процессе измерения снимают показания двух чувствительных элементов датчика и разность их показаний в два произвольных момента времени.

Если объектом измерения служит жидкое тело, а измерение производится, например, в трубопроводе или емкости, датчик может располагаться по-разному. Его можно либо выдвинуть в контролируруемую среду через отверстие в стенке, либо установить заподлицо со стенкой. В зависимости от этого, тепловоспринимающей поверхностью будет выступать либо боковая поверхность ци-

линдра, либо его торец. В последнем случае чувствительные элементы следует расположить в изотермических поверхностях датчика.

Конструкция датчика с двумя чувствительными элементами, нагрев которых происходит неодинаковым образом, сокращает время, необходимое для проведения измерений, а температура в третьей точке сказывается достаточно далекой от измеряемой температуры, что позволяет без особых затруднений измерять высокие температуры низкотемпературными датчиками.

На рисунке 1 схематически представлен датчик, выдвигаемый в среду.

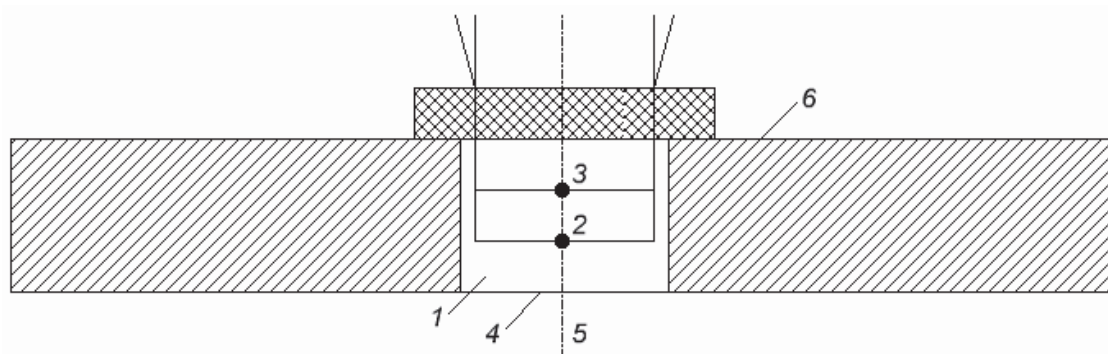


Рис. 1. Конструкция датчика температуры

В теле датчика 1 размещены два чувствительных элемента 2 и 3. Тепловоспринимающая поверхность датчика 4 омывается контролируемой средой 5. Датчик установлен в стенке 6 трубопровода или емкости с контролируемой средой.

Температура объекта определяется из уравнения

$$t_o = \frac{\Delta t_1 \cdot t_{n2} - \Delta t_2 \cdot t_{n1}}{\Delta t_1 - \Delta t_2} \quad (1)$$

где Δt_1 и Δt_2 — разность показаний чувствительных элементов, расположенных на оси датчика и в точке между осью датчика и его тепловоспринимающей поверхностью,

в моменты времени τ_1 и τ_2 , соответственно; t_{n1} и t_{n2} — показания промежуточного чувствительного элемента, расположенного между осью датчика и его тепловоспринимающей поверхностью, в эти же два момента времени.

Видно, что отсчеты времени не входят в расчетную формулу, то есть время снятия двух групп показаний может действительно быть выбрано произвольным. Это уменьшает время измерения, если показания чувствительных элементов меняются достаточно быстро.

Для данного метода измерения разработана блок-схема автоматического измерения и обработки результата (рисунок 2).

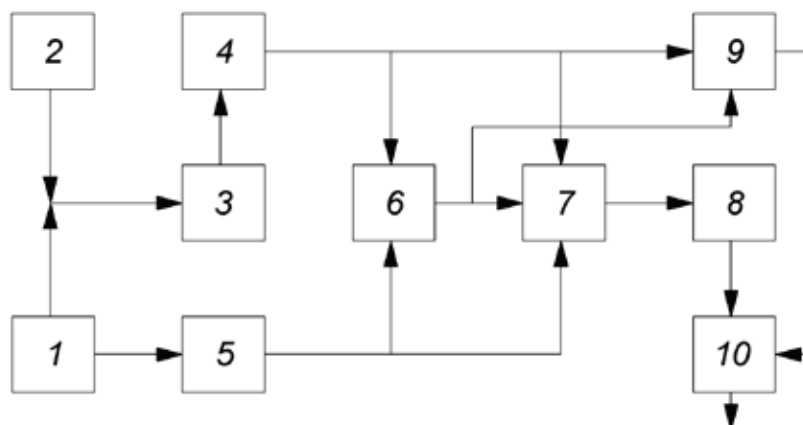


Рис. 2. Блок-схема первого метода измерения

Сигнал с промежуточного чувствительного элемента 1 и предварительно усиленный усилителем 3 сигнал с дифференциального чувствительного элемента (1–2), где 2 — центральный чувствительный элемент, расположенный по оси датчика, поступают в измерительные устройства 4 и 5.

В момент времени τ_1 эти уровни сигналов вводятся в запоминающее устройство 6. В момент времени τ_2 из запоминающего устройства 6 и с измерительных устройств 4 и 5 величины упомянутых сигналов (для двух моментов времени) поступают в блок перемножения 7, а затем в вычитающем устройстве 8 находится разность их произведений в соответствии с числителем уравнения (1). В вычитающем устройстве 9 одновременно находится разность сигналов с дифференциальной термопары в те же два момента времени. В делительном устройстве 10 производится деление указанных величин, и на его выходе получается уровень сигнала, соответствующего измеряемой температуре.

Второй способ определения температуры объекта развивает положения первого. Датчик по-прежнему выполнен в виде имитатора неограниченного цилиндра или пластины с двумя чувствительными элементами, расположенными в двух точках датчика по направлению теплового потока. В результате сохраняются все преимущества разработки, но чувствительные элементы включаются через делитель напряжения (или перемножитель) дифференциально, что упрощает схему обработки сигналов и еще больше снижает время, необходимое для проведения измерений.

Способ позволяет получить показания измеряемой температуры в момент наступления стадии регулярного теплового режима, т.е. задолго до наступления теплового равновесия между датчиком и средой. Поэтому становится возможным измерение температуры, существенно превышающей максимальную рабочую температуру чувствительного элемента.

Единственные ограничения, накладываемые на область применения способа, связаны с сущностью мероприятий, выполняемых для упрощения процедуры измерения. Данный способ можно использовать только в тех случаях, когда достаточно обширную группу измерений проводят при неизменных условиях, например, на одном и том же трубопроводе с одной и той же жидкостью (что для лабораторных измерений температур различных образцов, вообще говоря, применимо редко). Для конкретных условий измеряются и рассчитываются постоянные коэффициенты K и N . Данные для нахождения коэффициентов определяются в предварительном опыте в условиях регулярного теплового режима. Расчет выполняется по формулам

$$K = \frac{t_{u2} - t_{u1}}{\Delta t_2 - \Delta t_1}, \quad N = K - 1 \quad (2)$$

где t_{u1} и t_{u2} — показания центрального чувствительного элемента, расположенного на оси датчика, в два момента времени стадии регулярного теплового режима; Δt_1 и Δt_2 — разность показаний чувствительных элементов.

Теперь для проведения измерения температуры объекта достаточно снять показания двух чувствительных элементов в начальный момент стадии регулярного теплового режима и определить искомую температуру по следующей формуле:

$$t_o = K \cdot t_{n1} - N \cdot t_{u1} \quad (3)$$

В результате длительность процесса измерения сокращается на целый интервал стадии регулярного теплового режима и становится равной длительности только дорегулярной стадии режима нагрева датчика. Температура прогрева чувствительных элементов снижается до температуры начала регуляризации (конечно, только на стадии измерения температуры, но не на стадии калибровки, т.е. определения коэффициентов K и N). Процесс измерения температуры заканчивается в момент наступления стадии регулярного теплового режима. Таким образом, в этом случае закономерность регулярного теплового режима используется полностью и наиболее эффективно.

На рисунке 3 показана блок-схема автоматического измерения высокой температуры согласно второму способу (без учета схемы калибровки).

Сигналы промежуточного 11 и центрального 12 чувствительного элемента умножаются в блоках перемножения 13 и 14, соответственно, на постоянные коэффициенты K и N . Разность этих произведений находится посредством дифференциального включения выходов блоков. На выходе дифференциальной цепи снимается сигнал, пропорциональный измеряемой высокой температуре, в соответствии с формулой (3).

Выражения (1) — (3) являются, вообще говоря, строгими, поэтому погрешность измерения высоких температур при выполнении точных вычислений по формулам зависит только от погрешностей используемых в них датчиков. Поскольку, как мы уже упоминали выше, точность измерения температуры интегральными цифровыми термометрами может достигать 0,01 °С [4], а обработка результатов измерения (вычисление температуры объекта) может осуществляться программным путем на ПК, нетрудно понять, что погрешность, а иногда и быстрота выполнения измерений любым из двух вариантов предлагаемого метода будут лучшими, чем при использовании термопар или пирометров. Кроме того, метод намного более прост, не требует длительной калибровки или применения дорогостоящих компонентов. Это обуславливает высокую актуальность разработки.

Новизна же предложенной методики заключается в следующем. Прежде всего, в ней устранены все недостатки, присущие исходному методу [1]:

- схема обработки сигналов датчиков реализована программным путем и перенесена в ПК, что обеспечивает простоту и удобство измерений;
- длительность цикла измерений приближается к длительности, реализуемой традиционными методами;
- точность измерения повышена до значений, ограниченных характеристиками применяемых датчиков, и очень высока.

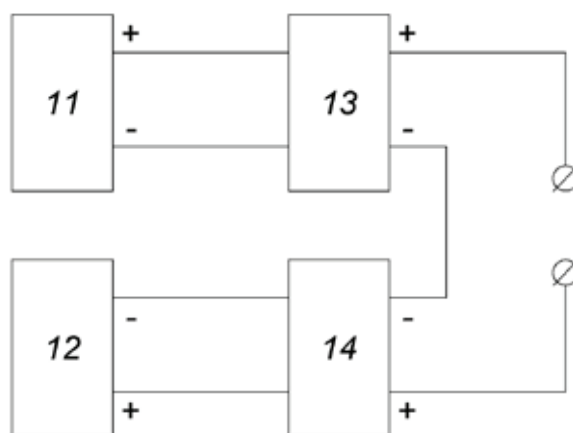


Рис. 3. Блок-схема второго метода измерения

Недостатки удалось устранить благодаря применению современной элементной базы, прогрессивных принципов измерения и цифровых методов обработки сигналов, эффективно использованию возможностей ПК.

Кроме того, нельзя не учитывать, что методика на сегодняшний день не имеет практических аналогов, что также определяет новизну разработки. Следует еще раз подчеркнуть, что рассматриваемые принципы измерения высоких температур применимы только к стационарным процессам, когда температура образца медленно меняется во времени.

Достоинства предлагаемой методики:

- высокая линейность и точность измерения, обусловленная выходными характеристиками применяемых цифровых микросхем;
- отсутствие аналоговых узлов, вызывающих температурные и временные дрейфы измеряемого сигнала;
- отсутствие необходимости в предварительных настройках и калибровке схемы (за исключением случаев использования ускоренного способа измерения);
- предельная дешевизна и доступность компонентов;
- простейшая схема сопряжения с ПК.

Литература:

1. Герашенко, О.А. Тепловые и температурные измерения. Справочное руководство. — К.: Наукова думка, 1965. — 304 с.
2. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 173455. / Ф.В. Бочков. Датчик высокой стационарной температуры. — Опубликовано 21.07.1965 г. — Бюллетень № 15.
3. Описание изобретения к авторскому свидетельству СССР № 174812. / Ф.В. Бочков. Способ измерения высоких стационарных температур. — Опубликовано 07.09.1965 г. — Бюллетень № 18.
4. Кухтецкий, С.В. AVR-USB-MEGA16: измеряем и контролируем температуру. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://microsin.net/programming/>

Пути снижения потерь на трение в кривошипно-шатунном механизме поршневых ДВС

Качканьян Роман Арминакович, кандидат технических наук, доцент;

Кульмагамбетов Кайрат Серикович, магистрант

Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина (Казахстан)

Ключевые слова: кривошипно-шатунный механизм, двигатель внутреннего сгорания, коэффициент полезного действия, снижение потерь на трение.

Эффективные показатели двигателя внутреннего сгорания (ДВС) зависят от совершенства процесса сгорания и величины механических потерь, а следовательно и механического коэффициента полезного действия

(к.п.д.). Эффективная работа, снимаемая с коленчатого вала двигателя всегда меньше индикаторной работы, совершаемой газами в цилиндре, полученной при сгорании топлива. Разность индикаторной и эффективной работы

обуславливается тем, что механизмы и детали двигателя так же потребляют энергию, и эту разность принято называть работой механических потерь.

Механические потери рассматриваются в теории ДВС как часть индикаторной мощности, затраченная на преодоление всех внешних и внутренних типов сопротивления в сопряжениях деталей и механизмов, движения газов и жидкостей. Несмотря на большой прогресс в двигателестроении достигнутый в последние 10–15 лет, к.п.д двигателя в среднем не превышает значение 0.75 на номинальном режиме работы. Иными словами, четверть сжигаемого нами топлива теряется безвозвратно. От 40 до 60% общих механических потерь приходится на цилиндропоршневой группе (ЦПГ) двигателя.

Учитывая, что двигатели внутреннего сгорания являются сердцем автотранспорта, насчитывающий миллиарды экземпляров, необходимо найти эффективные способы снизить потери, затрачиваемые на трение, что серьезно увеличит эффективность используемого топлива, которое в свою очередь является по большей части продуктом переработки нефти, невозполнимого природного ресурса. Имеющиеся способы получения синтетического топлива не удовлетворяют постоянно возрастающий спрос, к тому же имеются ограничения и требования по производству.

Распространенные методы снижения потерь такие как, антифрикционные присадки к моторным маслам, профилирование деталей, обработка и покрытие поверхностей — постепенно достигают своих пределов и не в состоянии значительно сократить разрыв между индикаторной и эффективной мощностями.

Так, в данной статье рассматриваются возможности нестандартных конструкций двигателей и предлагается метод совершенствования двигателя путем добавления второго колен-вала.

Общие механические потери в ДВС состоят из следующих составляющих:

- потерь на трение в кривошипно-шатунном механизме (КШМ);

- потерь на газообмен (насосные хода);
- потерь на привод вспомогательных механизмов.

Факторы влияющие на величину отдельных составляющих потерь:

- конструктивные параметры;
- материалы и технология
- режимы работы двигателя и др.

Так на трение основное влияние оказывают нагрузочный, скоростной, температурный режимы и характер смазки. На насосные потери влияют нагрузочный и скоростной режим, а потери на привод вспомогательных механизмов зависят, в основном от скоростного режима. Наибольший интерес представляют потери на трение в КШМ.

Это обусловлено тем, что на детали КШМ действуют максимальные газовые силы, силы инерции и максимальные температуры (цилиндр, поршень, поршневые кольца), скоростной режим двигателя. Кроме того в сопряжении цилиндр, поршень, поршневые кольца трудно обеспечить подачу смазки.

Все это приводит к тому, что удельный вес потерь на трение (из общих механических потерь) — наибольший (порядка 70%). Следовательно, за счет снижения потерь на трение можно существенно снизить общие потери и улучшить механический и эффективный к.п.д. [1].

На детали КШМ действуют силы давления газов и силы инерции от поступательно движущихся масс (поршень с поршневым пальцем, кольцами и части шатуна). Эта суммарная сила, действующая на поршневой палец раскладывается на две составляющие: одна действует на тело (стержень) шатуна ($P_{ш}$), а вторая перпендикулярно к стенке цилиндра N (нормальная сила) и прижимает поршень к стенке цилиндра (рисунок 1).

У поршневых ДВС с классическим КШМ, с каждым ходом поршень прижимается то к одной стенке цилиндра, то другой (перекладка поршня). Характер и степень влияния нормальной силы (N) на трение (на величину потерь) в сопряжении «цилиндр — поршень — поршневые кольца» мало изучен. Это обусловлено тем, трудно

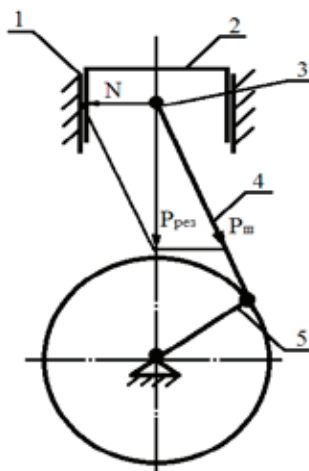


Рис. 1. Схема действия сил с классической системой кривошипно-шатунного механизма

отдельно выделить их долю из общих потерь на трение в КШМ, особенно на работающем двигателе.

Наличие нормальной силы (N) у поршневых ДВС с классической схемой КШМ (один кривошип на один

поршень) обусловлено кинематикой и динамикой данного механизма. Действие нормальной силы с классической системой КШМ при повороте коленчатого вала на 720° показано на рисунке 2.

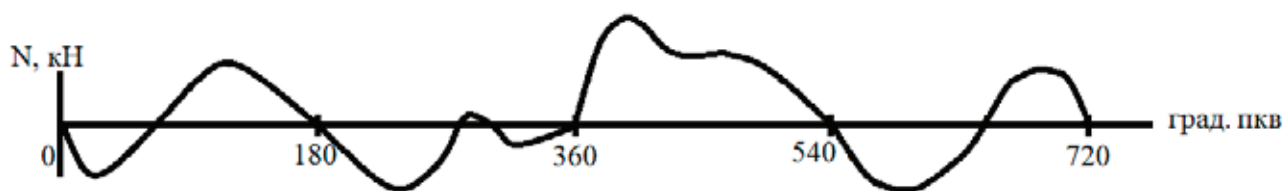


Рис. 2. Действие нормальной силы с классической системой кривошипно-шатунного механизма

$$N = P_{рез} \cdot \operatorname{tg} \beta$$

где N — нормальная сила, кН;
 β — угол, град.

Попытки снизить влияние нормальной силы на трение уравновешиванием решают эту задачу частично. [2]

На наш взгляд, наиболее эффективным решением этой проблемы является применение схемы КШМ с двумя кривошипами на один поршень (двухвальный двигатель) рис. 3.

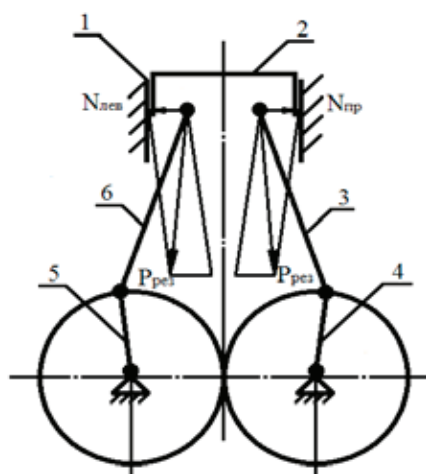


Рис. 3. Схема действия сил с двухвальной системой кривошипно-шатунного механизма

При такой схеме $N_{пр} \gg N_{лев}$ (нормальные силы от правого и левого кривошипов будут равны по величине, при равных массах поступательно движущихся частей) и направлены в противоположные стороны. Поршень будет перемещаться, не прижимаясь к стенке цилиндра, будет исключена перекадка поршня в мертвых точках. Действие нормальной силы в двухвальном двигателе показано на рисунке 4.

В связи с этим можно укоротить поршень (отпадает необходимость в направляющей части). Особенно это важно для дизельных двигателей, у которых масса поршня значительна из-за высоких силовых нагрузок.

Эффективность работы двухвального двигателя подтверждена разработкой двух немецких автолюбителей [3]. По их наблюдениям, двухвальный двигатель сможет спокойно работать на скоростных режимах более 10000 об/мин.

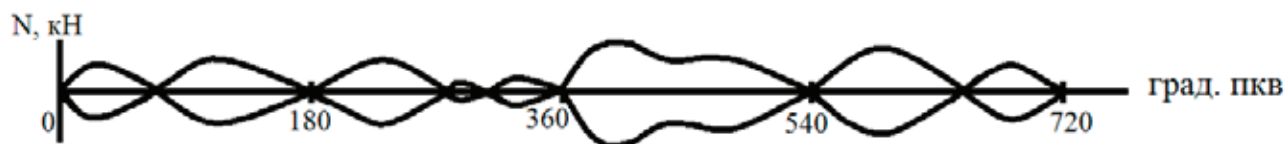


Рис. 4. Действие нормальной силы с двухвальной системой кривошипно-шатунного механизма

С учетом изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Двухвальный ДВС исключает прижатие поршня к стенке цилиндров и перекладку его в мертвых точках. Поршень перемещается в цилиндре не прикасаясь к стенкам;

2. За счет снижения силы трения, увеличивается механический и эффективный КПД и улучшается топливная экономичность двигателя;

3. Двухвальный поршневой ДВС обеспечивает спокойную работу двигателя на скоростных режимах от 10 до 15 тыс. об/мин.

Литература:

1. Рикардо, Г. Р. Быстроходные двигатели внутреннего сгорания. — М.: Машгиз, 1960. — 411 с.
2. Качканьян, Р. А. Автореферат на тему: «Исследование механических потерь в тракторных двигателях с газотурбинным наддувом». — Челябинск, 1970.
3. Фомин, В. Н., Кокорев И. А. Исследование трения легкого двигателя». Тр. НАТИ. — 1931. — Вып. 15.
4. Такигути, М., Матида К., Фурухама С. Сила трения поршня о стенку цилиндра высокооборотного карбюраторного двигателя внутреннего сгорания//Проблемы трения и смазки. — 1988. — № 4.

Причины и следствия неравномерного износа тормозных колодок автомобиля

Клищенко Фрол Юрьевич, студент;

Полуэктов Михаил Владимирович, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный технический университет

В статье рассматриваются возможные причины и следствия неравномерности износа внутренней и внешней тормозных колодок, одного тормозного механизма.

Ключевые слова: *неравномерный износ, тормозные колодки, дисковые тормозные механизмы.*

При проведении технического обслуживания и проверки состояния тормозной системы зачастую наблюдается явление неравномерного износа тормозных колодок одного тормозного механизма. Как показывает статистика, внутренняя тормозная колодка в ряде случаев изнашивается значительно быстрее внешней. [2]

Поскольку тормозная система является наиболее сильно влияющей на безопасность движения автомобиля, исследования, связанные с совершенствованием её эксплуатации, в частности, исследование причин и следствий неравномерного износа является актуальным. [3]

В тех случаях, когда усилия, передаваемые на колодки, имеют одинаковые значения в каждый момент времени, причиной неравномерного износа являются внешние факторы, в частности, попадание пыли и песка в зазор пары трения. Частицы загрязнений создают условия для абразивного изнашивания, интенсивность которого может быть очень высокой.

В случае, когда усилие передаётся колодкам неравномерно, необходима дальнейшая диагностика узла. Как правило, причина неравномерности заключается в засорении направляющих, по которым перемещаются колодки. Как следствие необходима их чистка с заменой уплотнительных пылезащитных манжет и обновление смазки. В ряде случаев, когда на направляющих присутствуют следы коррозии, направляющие требуется заменить. При этом в соответствии с технологическими требо-

ваниями необходимо менять и тормозные колодки вместе с тормозными дисками.

Неравномерный износ может быть также вызван разбуханием уплотнительных манжет тормозных цилиндров или попаданием загрязнений в их рабочую область, что требует проведения работ по очистке, замене тормозной жидкости или тормозных цилиндров в сборе.

В ходе проведенного анализа были рассмотрены возможные последствия неравномерного износа тормозных колодок. Во-первых, при более быстром истирании одной колодки, вторая ещё не вырабатывает свой ресурс, а замену требуется производить комплектом, что является не рациональным с экономической точки зрения. Второй сложностью является то, что контролировать остаточную толщину внутренней колодки менее удобно внешней. Следовательно, имеется риск несвоевременного обнаружения выработки ресурса колодки, что приведёт к трению металлической части колодки о тормозной диск. И, соответственно, снижению эффективности торможения, а также выводу из строя диска, замена которого по затратам обходится существенно дороже замены тормозных колодок.

С точки зрения эксплуатации автомобиля, при неравномерном износе происходит неравное распределения усилий на тормозные колодки, следовательно, эффективность торможения снижается, требуется большее усилие нажатия на педаль тормоза для обеспечения тех же зна-

чений показателей торможения, как на исправном автомобиле. Такая работа, особенно на больших скоростях может увеличить тормозной путь, что повышает вероятность аварийных ситуаций.

В теории автомобиля для оценки тормозных свойств используется ряд показателей: максимальное замедление, тормозной путь, время срабатывания тормозных механизмов, диапазон и алгоритм изменения тормозных усилий. [6]

Эти показатели определяются конструкцией систем и механизмов автомобиля и сильно зависят от состояния элементов этих систем.

При подсчёте тормозного пути учитывается, что после нажатия на педаль тормоза автомобиль начнёт замедляться не моментально, а через некоторое время. Для автомобилей с гидроприводом тормозов это время составляет 0,1–0,3 с. Ещё некоторое время (0,36–0,54 с) понадобится для нарастания тормозного усилия от нуля до максимума. Предположим, что из-за закисания направляющей тормозного суппорта время срабатывания тормозной системы увеличилось на 0,1 с и время нарастания усилия увеличилось на 0,3 с. Если перевести на расстояние, которое проходит автомобиль за 0,4 с на скорости 100 км/ч, получим около 11 метров. Следовательно, тормозной путь данного автомобиля со скорости 100 км/ч до 0 км/ч увеличится на 11 метров. В тяжёлой дорожной ситуации это может оказаться критичным значением.

Также необходимо затронуть вопрос распределения сил на тормозной диск и сопутствующие элементы. При резких торможениях в тормозной системе возникают довольно значительные усилия. Если усилия на внутренней и внешней тормозных колодках равны ($F_1 = F_2$ на рисунке 1), то тормозной диск работает в зоне контакта с колодками на сжатие.

При неравномерности усилий сила F_1 , действующая на диск со стороны внутренней колодки, становится большей, чем F_2 . Помимо более быстрого изнашивания внутренней колодки, возникает повышенное изгибающее напряжение в сечении А-А. В процессе торможения точка приложения силы F_1 изменяется, а после торможения $F_1 = 0$. Воздействие переменных усилий может спровоцировать деформацию диска. Однако для оценки вероятности данного исхода необходимо проведение дополнительного исследования. [5]

Указанные воздействия будут также восприниматься ступичным подшипником, что негативно скажется на его сроке службы. Со временем подшипник выходит из строя из-за образования зазора в сопрягаемых элементах выше допустимого и требует замены.

Своевременная проверка и диагностика тормозной системы, в частности, проверка равномерности износа тормозных колодок, поможет избежать преждевременной замены:

- комплекта тормозных колодок;

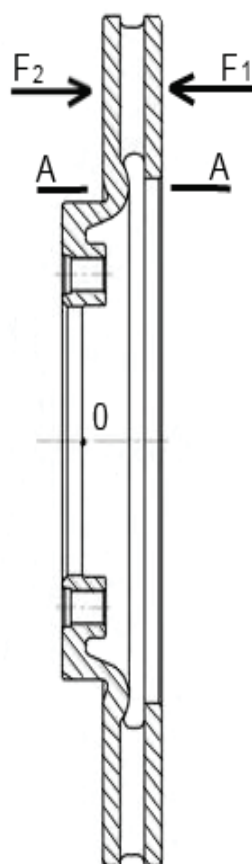


Рис. 1. Схема тормозного диска с усилиями, возникающими при неравномерном распределении тормозных усилий

- тормозного диска, по причине изнашивания его внутренней части или нарушении геометрии
- ступичного подшипника из-за возникновения повышенных люфтов вследствие дополнительных воздействующих усилий.

Однако применительно к тормозной системе экономические вопросы имеют не столь высокое значение, как надёжность. Надёжная работа элементов тормозных механизмов обеспечивает высокий уровень активной безопасности транспортных средств.

Литература:

1. Радченко, М.Г. Методы и средства испытаний на долговечность элементов автоматизированных тормозных систем / М.Г. Радченко, М.В. Полуэктов, А.А. Ревин // Сборник научных трудов SWorld: матер. междунар. науч. — практ. конф. «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2012». — 2012. — Вып. 4, т. 2. — С. 56–58.
2. Ревин, А.А. Экспресс-оценка долговечности тормозных накладок по результатам подконтрольной эксплуатации автотранспортных средств: монография / А.А. Ревин, С.В. Тюрин, М.В. Полуэктов; ВолгГТУ. — Москва: Инновационное машиностроение, 2015. — 148 с.
3. 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.
4. Ревин, А.А. АБС и ресурс элементов тормозной системы / А.А. Ревин, М.В. Полуэктов, М.Г. Радченко // Автомобильная промышленность. — 2009. — № 10. — С. 39–40.
5. Влияние рабочего процесса АБС на долговечность элементов шасси автомобиля: монография / А.А. Ревин, М.В. Полуэктов, М.Г. Радченко, Р.В. Заболотный; под ред. А.А. Ревина. — М.: Машиностроение, 2013. — 222 с.
6. Н.Н. Вишняков, В.К. Вахламов, А.Н. Нарбут «Автомобиль. Основы конструкции» Москва, «Машиностроение», 1986 г.

Обзор методов нанесения кремниевых покрытий

Клюева Виктория Андреевна, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Благодаря своим свойствам кремний находит применение в различных областях науки, промышленности и медицины. В настоящее время разработаны физические (молекулярно-лучевую эпитаксию, магнетронное распыление, вакуумное дуговое испарение, ионно-лучевое распыление и импульсное лазерное осаждение покрытий) и химические (газовая эпитаксия, плазмохимическое осаждение, жидкофазная эпитаксия, сублимационное осаждение кремниевых покрытий, золь-гель) методы. В данной работе рассмотрены особенности и параметры различных способов нанесения покрытий, свойства получаемых пленок и сферы их применения.

Ключевые слова: кремниевые покрытия (*silicon coatings*), газовая эпитаксия (*vapor phase epitaxy*), жидкофазная эпитаксия (*liquid phase epitaxy*), золь-гель метод (*sol-gel method*), плазмохимическое осаждение (*plasma-chemical deposition*), молекулярно-лучевая эпитаксия (*molecular beam epitaxy*), сублимационная молекулярно-лучевая эпитаксия (*subliminal molecular beam epitaxy*), магнетронное распыление (*magnetron sputtering*), вакуумное дуговое испарение (*vacuum arc evaporation*), ионно-лучевое распыление (*ion beam sputtering*), импульсное лазерное осаждение (*pulsed laser deposition*).

Кремний является одним из самых распространенных материалов в природе. Содержание этого неметалла в земной коре составляет 27,6%. При нагревании он становится очень реакционноспособным и взаимодействует с га-логенами, кислородом, серой, металлами, кислотами и щелочами. Кремний может иметь аморфную, алмазоподобную, моно- и поликристаллическую структуру. Широкая распространённость и простота получения и очистки кремния, а также его электрофизические, теплофизические и химические свойства предоставляют возможность активно ис-

пользовать покрытия на основе кремния в многочисленных областях промышленности, науки, техники, медицины.

В настоящее время тонкие пленки, состоящие из аморфного гидрогенизированного кремния (*a-Si:H*) или из наночастиц кремния (*nc-Si*), рассматриваются как весьма перспективные элементы солнечных батарей на монокристаллическом кремнии (*c-Si*), способные повысить эффективность их преобразования.

Материалы на основе пористого диоксида кремния используются в светодиодах, фотодетекторах, катодах ва-

куумной микроэлектроники, биологических имплантатах, в датчиках газов, мембранах. Диоксид кремния имеет большие перспективы для создания датчиков влажности, газовых, химических и биологических сенсоров, а также для других применений.

Тонкие пленки нитрида кремния чаще всего являются изолирующим слоем в кремниевой электронике. Также нитрид кремния часто используют как изолятор и химический барьер при производстве интегральных микросхем и обеспечивают защиту от коррозии во влажосодержащих средах [1]. Нитрид кремния является более устойчивыми к воздействию окружающей среды, что делает их перспективными для изготовления так называемых бескорпусных транзисторов и транзисторов, запрессованных в пластмассу.

В области износостойких покрытий перспективен карбид кремния (SiC) и композиционные материалы на их основе, позволяющие получать высокие удельные прочность и жесткость, жаропрочность, износостойкость, высокие теплопроводность и теплозащитные свойства, радиационная прочность. Представляют большой интерес нанокomпозитные покрытия $Ti-Si-N$, $Ti-Al-Si-N$, $Ti-Al-V-Si-N$ и $Zr-Si-N$, характеризующихся высокой износостойкостью, твердостью, окислительной стойкостью, термической стабильностью и низких коэффициентом трения. Также карбид кремния используют в качестве радиационноустойчивого покрытия на элементы ядерных реакторов.

Разработаны и успешно применяются различные технологии нанесения покрытий на основе кремния. Методы получения кремниевых пленок разделяются на химические и физические. Химические методы включают в себя такие методы, как осаждение из газовой фазы (газовая эпитаксия, плазмохимическое осаждение), из жидкой фазы (жидкофазная эпитаксия), сублимационное осаж-

дение кремниевых покрытий, золь-гель метод. Физические методы подразделяются на молекулярно-лучевую эпитаксию, магнетронное распыление, вакуумное дуговое испарение, ионно-лучевое распыление и импульсное лазерное осаждение покрытий.

Целью данной работы является обзор существующих методов получения кремниевых покрытий для определения возможностей применения каждого из методов и формирование общего взгляда на проблемы создания тонких плёнок кремния и путей их решения.

1. Химические методы осаждения покрытий

В данную группу объединяют газовую эпитаксию, жидкофазную эпитаксию, золь-гель метод, плазмохимическое осаждение из газовой фазы.

1.1. Газовая эпитаксия

Суть газовой эпитаксии заключается в выращивании кремния на образцах из газовой фазы в кварцевом реакторе. Процесс проводится при атмосферном или пониженном давлении при пропускании потока парогазовой смеси через реактор на подложках, нагретых от 400 до 1200°C. Для выращивания кремния используются четыре кремнийсодержащих реагента: тетрахлорид кремния $SiCl_4$, трихлорсилан $SiHCl_3$, дихлорсилан SiH_2Cl_2 и силан SiH_4 . Свойства получаемых пленок можно регулировать при изменении характеристик процесса: процентное содержание примесей в газах, скорости процесса, давления в реакторе. В результате реакций кремний осаждается на подложке, а продукты реакции уносятся потоком газа. При добавлении в газовую смесь галогенидов легирующих элементов: BCl_3 , $AsCl_3$, PCl_3 осуществляется легирование эпитаксиальных слоев. Схема метода приведена на рис. 1.

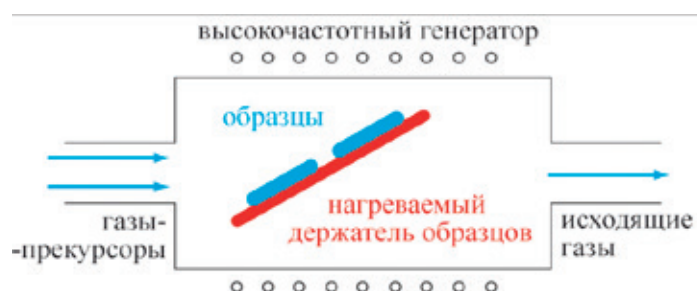


Рис.1. Устройство газовой эпитаксии [4]

Газовая эпитаксия дает возможность получать пленки поликристаллического кремния, нитрида кремния и карбида кремния [5].

Основные преимущества ГФЭ — возможность нанесения однородного по толщине тонкого эпитаксиального слоя на подложку большой площади. Эпитаксиальный слой может быть локально нанесён на определённом участке поверхности подложки. Недостатком считается

ограниченная скорость роста слоев при пониженных температурах эпитаксии.

1.2. Жидкофазная эпитаксия

Метод эпитаксии из жидкой фазы основан на наращивании монокристаллического слоя полупроводника из расплава или раствора, который насыщен полупро-

водниковым материалом (рис.2). Полупроводниковую подложку погружают в расплав, который начинают медленно охлаждать. В процессе охлаждения материал источника рекристаллизуется на подложке, затем растворитель сливается. В методе ЖФЭ толщина осажденного слоя зависит от объема растворителя, перепада температур при охлаждении и площади поверхности

подложки. Измеренная средняя нормальная скорость роста при этом составляет приблизительно 0,27 мкм/ч. Давление в камере составляет $5 \cdot 10^{-4}$ Па, температура роста 1250⁰ С, продолжительность процесса выращивания от 2 до 5 ч. В основном ЖФЭ применяется в промышленности для получения пленок карбида кремния [6].

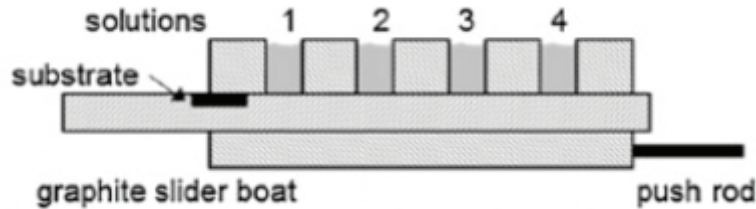


Рис. 2. Жидкофазное выращивание четырехслойной гетероструктурной подложки [7]

Достоинства ЖФЭ — относительная простота метода, возможность выращивать слои с высокой степенью однородности на подложках большого размера. ЖФЭ используют для получения толстых эпитаксиальных слоев или высоких концентрации примесей. Пленки, выращенные ЖФЭ, обладают более выраженной люминесценцией, чем полученные газовой эпитаксией.

К недостаткам технологии ЖФЭ следует прежде всего отнести высокую концентрацию остаточных примесей, источниками которых могут быть атмосфера в ростовой камере или графитовая оснастка.

1.3. Золь-гель метод

Золь-гель процесс — процесс получения неорганических и органо-неорганических материалов золя с последующим переводом его в гель. Золь образуется в ходе гидролиза и поликонденсации исходного вещества. Удаление растворителя из геля происходит при сушке покрытия (рис.3).

Золь-гель метод нанесения покрытий имеет ряд преимуществ: простота оборудования, экологичность, экономичность и гибкость технологии, возможность нанесения покрытий на материалы любой формы и любых размеров. Материал синтезируется при невысоких температурах процесса. Формируемые покрытия имеют низкую диэлектрическую проницаемость, что важно при изготовлении изолирующих слоев интегральных схем. Золь-гель метод является менее энергетически затратным методом в сравнении с вакуумными и термическими методами. Наличие функциональных групп в материале нанесенной пленки позволяет создавать химические связи и обуславливает высокую степень сцепления покрытия с подложкой.

Антиотражающие покрытия с коэффициентом пропускания 98,4%, полученные золь-гель методом, привлекают много внимания в сфере солнечной энергетики благодаря их низкой стоимости, простоте процесса покрытия, контролируемой микроструктуре [9, 10].

Длительный процесс осаждения покрытия золь-гель методом является основным недостатком метода. При

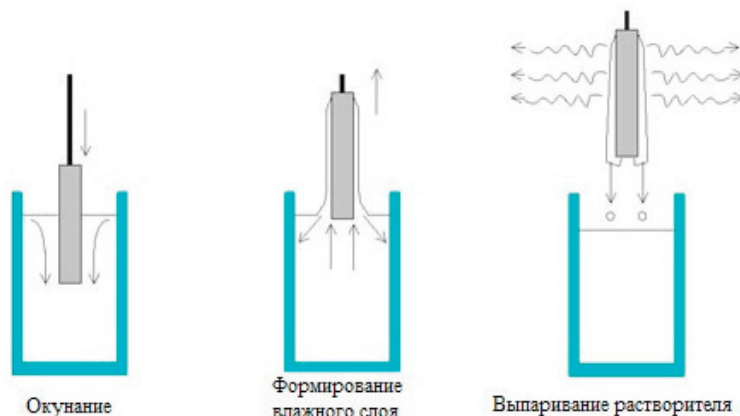


Рис.3. Этапы процесса получения покрытия методом погружения: погружение подложки в раствор, образование мокрого слоя путем удаления подложки и преобразование слоя в гель путем выпаривания растворителя [8]

сушке и спекании происходит усадка геля, что также является негативным фактором. Метод не требует дорогой аппаратуры, однако исходные материалы имеют высокую стоимость.

1.4. Плазмохимическое газофазное осаждение

Плазмохимическое газофазное осаждение (PECVD) — процесс нанесения тонких пленок, при котором осаждение покрытия осуществляется из паровой фазы на

относительно холодные подложки (до 500°C) с использованием газоразрядной плазмы (рис.4). Процесс ведётся при давлении в камере до 150 Па при температуре 650°C . Использование газоразрядной плазмы для разложения реакционного газа на активные радикалы дает возможность управлять процессами разложения в разряде. Такие пленки используются в машиностроении, оптоэлектронике, фотовольтаике, медицине и в микроэлектронике. Для получения пленок используется тлеющий ВЧ-разряд, СВЧ-разряд, коронный разряд [11].

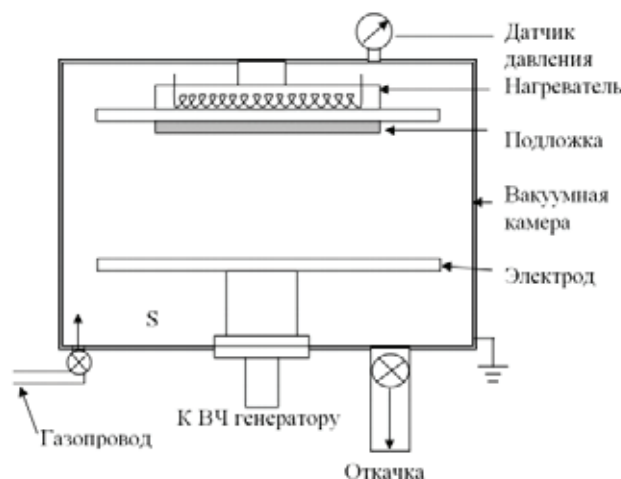


Рис. 4. Схема плазмохимической установки для получения пленок аморфного кремния в плазме ВЧЕ разряда [12]

Пленки нано- и поликристаллического кремния, используемые в микроэлектронике, осаждаются при разложении моносиланов со скоростью несколько нм в секунду [12].

Кремниевые пленки, осажденные методом PECVD при разложении силана ВЧ-индукционным разрядом, находят применение в медицине для создания коррозионно-стойких и биосовместимых покрытий на имплантах из магниевых сплавов.

Основное преимущество метода PECVD — возможность осаждать покрытия на подложки различных размеров при пониженных температурах. Применение плазмы в методе осаждения делает процесс формирования пленки более управляемым, позволяет контролировать свойства покрытия заданной микроструктуры и примесного состава, чем при аналогичных методах химического осаждения. Кремниевые пленки, осажденные PECVD-методом, показывают высокие электрофизические характеристики благодаря глубокой очистке от посторонних примесей. Пленки имеют самый низкий уровень напряжений по сравнению с пленками, полученными термическими и пиролизическими методами осаждения, поскольку температура процесса более низкая. Пленки выделяет также высокая степень адгезии покрытия к подложке. Как недостаток можно отметить, что пленки, созданные вышеуказанным методом, содержат большое количество связанного во-

дорода, что может привести к деградации характеристик устройства.

2. Физические методы осаждения покрытий

Физические методы осаждения покрытий включают в себя метод магнетронного распыления, вакуумное дуговое осаждение, импульсное лазерное осаждения, молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-пучковое осаждение.

2.1. Молекулярно-лучевая эпитаксия

Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) используется для получения оптоэлектронных приборов и полупроводниковых наногетероструктур, являющихся основой для развития новых направлений электронной техники [13]. Метод заключается в осаждении вещества на нагретую подложку из атомных или молекулярных потоков в вакууме (рис.5). В качестве источника молекулярного потока атомов кремния используется электронно-лучевой нагрев [14]. Покрытие формируется путём осаждения испарённых атомов кремния на нагретые до температуры $400\text{--}800^{\circ}\text{C}$ подложки. При осаждении атомов происходит их дрейф по поверхности подложки, в результате чего атомы занимают соответствующие кристаллической структуре вакантные положения. Управление структурой покрытия вплоть до получения аморфных структур

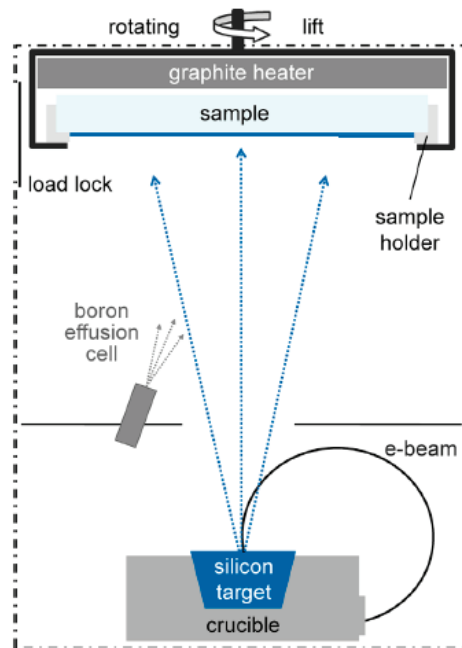


Рис. 5. Камеры испарения кремния электронным пучком [14]

можно проводить либо за счёт изменения температуры подложки, либо за счёт изменения подводимой к испарителю мощности.

Преимуществами электронно-лучевого нагрева являются высокая скорость испарения веществ (от 1 до 10 нм/с). Слои *Si*, полученные методом МЛЭ, имеют невысокую плотность дефектов кристаллической структуры. От газофазной эпитаксии МЛЭ выгодно отличается возможность выращивать эпитаксиальные слои кремния при низких температурах.

Недостатки МЛЭ заключаются в том, что для эпитаксии необходимо дорогое оборудование, сверхвысокий вакуум от 10^{-8} до 10^{-9} Па. Для уменьшения количества дефектов, эпитаксиальное наращивание качественных плёнок проводят при небольших скоростях роста (от 0,1 до 0,2 мкм/ч). При больших скоростях появляются дефекты покрытия (капли). Небольшая скорость эпитаксии затрудняет получение слоев толщиной более нескольких десятых микрометров. Также выбор легирующих примесей ограничен.

2.2. Сублимационная молекулярно-лучевая эпитаксия

Технология сублимационной молекулярно-лучевой эпитаксии заключается в сублимации напыляемых материалов путем резистивного нагрева электрическим током источника испаряемого материала. Источниками паров кремния и примесей в методе СМЛЭ являются пластины *Si*, легированные нужными примесями. Скорость испарения кремния из твердого состояния достигает 20 мкм/ч [15], что на 2 порядка выше скорости роста слоев в методе МЛЭ. Давление в камере составляет 10^{-5} Па. Время процесса осаждения составляло от 1 до 2 ч в за-

висимости от параметров процесса. Температуру подложки изменяют в пределах от 400 до 700°C, температуру сублимационного источника — в пределах от 1350 до 1400°C. Сублимационные эпитаксиальные слои обладают лучшей, по сравнению со слоями, полученными методом ЖФЭ, морфологией поверхности. Стоимость оборудования для СМЛЭ меньше, чем в МЛЭ. При этом выращиваются слои с хорошими электрофизическими характеристиками.

Методом СМЛЭ можно вырастить многослойные наноразмерные эпитаксиальные структуры *Si*, *Si:Er*, *Si_xGe_{1-x}*, *Si_xGe_{1-x}*. На СМЛЭ-структурах делают приборы СВЧ-диапазона: лавинно-пролетные диоды, диоды с накоплением заряда, шумовые диоды. СМЛЭ позволяет формировать структуры *Si:Er/Si*, характеризующихся высокой интенсивностью люминесценции эрбия и возможностью формирования излучающих центров с узкими линиями люминесценции [16].

2.3. Метод магнетронного распыления

Принцип действия МРС основан на катодном распылении мишени ионами рабочего газа. Разряд в магнетронной распылительной системе (МРС) горит в неоднородных скрещенных электрических и магнитных полях, локализованных у поверхности распыляемой мишени [17].

Для эффективного горения разряда необходимо создавать магнитное поле величиной от 0,03 до 0,1 Тл. Толщина покрытий может быть от нескольких нанометров до нескольких десятков микрон [18]. Пленки, полученные методом реактивного магнетронного распыления показывают различную микроструктуру и свойства, зависящие от потенциала подложки, давления в камере, парциального



Рис. 6. Горение магнетронного разряда

давления азота, температуры подложки. Для напыления легированных слоёв используют либо катоды, легированные необходимым элементом, либо составные катоды,

где в материал основного материала (кремния) запрессованы таблетки из легирующего элемента в необходимом количестве (рис. 7).

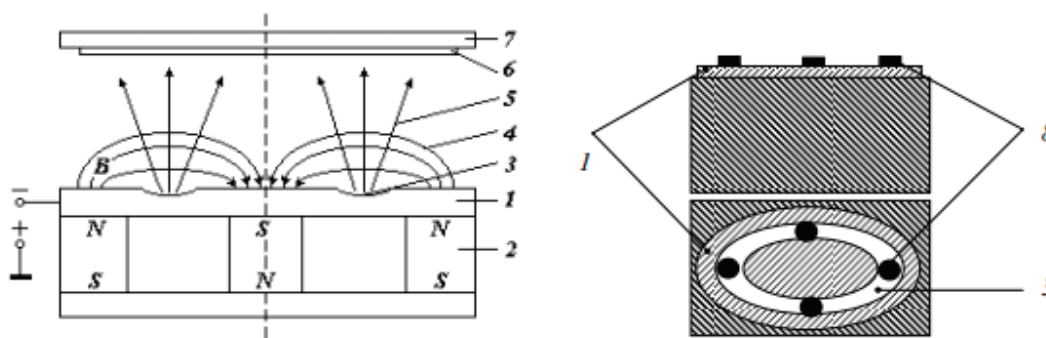


Рис. 7. Схема магнетронной системы распыления составной мишени [19]: 1 — кремниевая мишень; 2 — магнитная система; 3 — зона распыления; 4 — магнитные силовые линии; 5 — поток распыляемого вещества; 6 — подложка; 7 — подложкодержатель

Методом реактивного магнетронного распыления кремниевой мишени в среде газов N_2 - Ar выращиваются пленки нитрида кремния толщиной до 350 нм [19]. Получаемые пленки благодаря высокой теплостойкости, химической инертности, высокой твердости, хорошими диэлектрическими свойствами, сопротивлению ползучести широко используются в микроэлектронике для создания изолирующего слоя диэлектрика в МПД-транзисторах, частях турбинных двигателей, подшипников и для режущих инструментов.

Нанокompозитные покрытия TiN/Si_3N_4 и $CrSiN$ осажденные магнетронными системами распыления имеют твердость порядка 50 ГПа [20] и находят применение в покрытиях для движущихся механических частях и режущие инструменты.

ВЧ-магнетронное распыление мишени из спрессованного порошка кремний-содержащего гидроксопатита используется для нанесения пленок кремний-замещенного гидроксопатита $Si-HA$ на медицинские импланты [21].

К достоинствам метода можно отнести невысокую температуру подложки (до 200° С), возможность нанесения покрытий, однородных покрытий по толщине, высокая адгезия, низкие тепловые нагрузки на подложки, чистота покрытий, возможность управления структурой. Недостатками метода магнетронного распыления является вы-

сокая энергоемкость процесса (порядка 500 эВ на атом), невозможность наносить равномерные по толщине покрытия на детали сложной формы.

2.4. Нанесение покрытий методом вакуумно-дугового испарения

Вакуумно-дуговое нанесение покрытий — это метод физического испарения и осаждения тонких плёнок в вакууме, при котором происходит генерация потоков материала из катодного пятна вакуумной дуги на интегрально-холодном катоде и, впоследствии, их конденсация на подложке (рис.8). Типичное напряжение разряда составляет от 17 до 35 В при силе тока дуги от 50 до 200 А. Давление разряда не превышает 0,1 Па. Обычно дуговой разряд применяется для испарения и осаждения металлов и их соединений. Отличительной особенностью дугового разряда является катодное пятно, где достигаются большие плотности тока и тепловой мощности.

Перспективным видится получение нанокompозитных покрытий $TiSiN$ и $TiSiAlN$ [22] при помощи вакуумного дугового испарения в среде реактивного газа. Осаждаемый материал образуется в результате испарения катодов (Ti , Ti/Al , Al/Si). В камеру напускается N_2 и силан SiH_4 . Исследования показывают, что пленки $TiSiN$ and

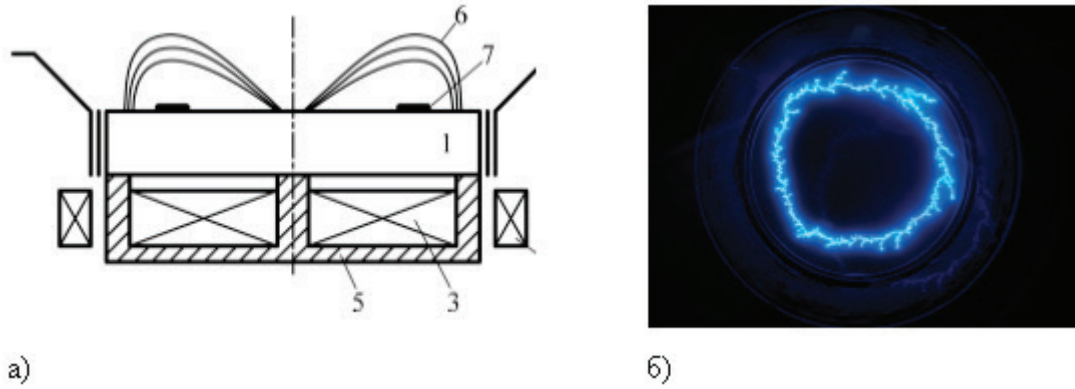


Рис. 8. а) Схема управления радиусом траектории движения катодного пятна при вакуумном дуговом испарении. 1 — катод, 2 — анод, 3,4 — магнитные катушки, 5 — магнитопровод, 6 — магнитные силовые линии, 7 — положение катодного пятна. б) Горение вакуумной дуги на кремниевом катоде

TiSiAlN совмещают высокие механические свойства *TiN* и жаропрочность *SiN_x*. Аналогичным образом можно получать покрытия *Ti–Al–V–Si–N*, *Zr–Si–N* и т.д. В последнее время стали появляться работы, где описывается дуга на поликристаллическом кремнии. Однако, большие концентрации мощности на катоде приводят к растрескиванию и разрушению катода. В первых исследованиях [24] дуга горела на поликристаллическом катоде не более 30 с. В работе [25] после работы более 2 минут наблюдалось оплавление рабочей поверхности и разрушение части катода. Проблема оплавления была решена применением управляемого движения катодных пятен по поверхности катода с помощью арочного магнитного поля переменной конфигурации (рис.9) [26–29].

Вакуумное дуговое испарение кремния является одним из перспективных методов осаждения покрытий благодаря низкой энергоёмкости процесса (50 эВ/атом), высоким характеристикам покрытий и возможности гибко управлять параметрами покрытия, обеспечивается высокая адгезия (до 250 МПа), высокую скорость роста пленки (до 1,5 мкм/мин), высокую производительность, относительную простоту устройств и источников пи-

тания [30]. Основной недостаток метода — наличие капельной фазы в потоках плазмы, что делает метод не пригодным покрытий в областях микроэлектроники, оптики и фотовольтаики [31].

2.5. Ионно-лучевое распыление

Суть метода ионно-лучевого распыления заключается в том, что материал мишени требуемого состава распыляется пучком ионов тяжелых газов, генерируемых из автономного источника [47] (рис.10). Распыляемая мишень является одним из электродов устройства. Атомы материала осаждаются на обрабатываемую поверхность, тем самым, формируя покрытие. Как правило, в качестве рабочего газа выступает аргон, разрядные напряжения — от 3 до 5 кВ; диапазон рабочих давлений от $5 \cdot 10^{-2}$ до 1 Па.

Пленки из карбонитрида кремния SiCN успешно синтезируются при температуре ниже 1000°C при распылении пучком аргона мишени из смеси аденина (C₅N₅H₅) и кремния [49]. Другой вариант осаждения пленок SiCN — дуальное ионно-лучевое распыление мишени из карбида кремния в присутствии смеси Ar/N₂. Получаемое

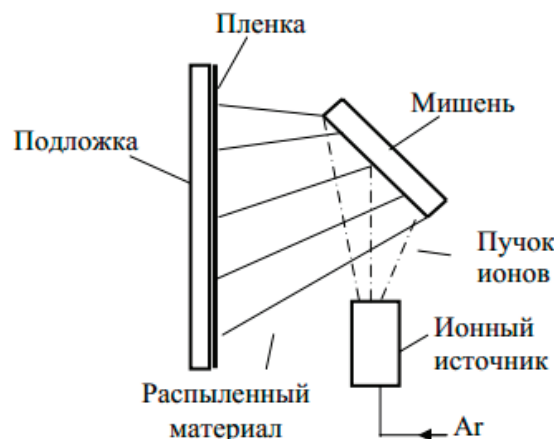


Рис. 10. Нанесение покрытия распылением ионным пучком [48]

покрытие SiCN обладает высокой твердостью (от 23 до 29 ГПа) [50], износостойкостью и коррозионностойкостью и используется в производстве солнечных батарей, оптических запоминающих устройств.

С помощью ионно-лучевого распыления существует возможность получать пленки нитрида кремния $Si_{1-x}N_{x2}$ [51].

Достоинством метода являются хорошие адгезионные и физико-химические свойства пленок, экологическая безопасность, возможность получения пленок тугоплавких и неплавящихся материалов, поскольку процесс распыления не требует расплавления материала. Благодаря более высокой энергии осаждаемых частиц в сравнении с энергиями частиц, генерируемых термическим испарением, обеспечивается отличная адгезия покрытия к материалу подложки.

Существенным недостатком считается бомбардировка поверхности подложки электронным потоком, который возникает в результате эмиссии электронов с поверхности мишени под воздействием ионного пучка, в результате чего возможен дополнительный разогрев образцов, появление поверхностных зарядов и электрическому пробое образованного покрытия, стимуляция образования полимерных пленок, которые загрязняют образец. Также метод ионно-пучкового осаждения сталкивается со сложностью нанесения пленок на подложки большой площади.

2.6. Импульсное лазерное осаждение

Импульсное лазерное осаждение пленок (ITO) активно развивается в последнее время. Метод заключается в нагреве материала мишени фокусированным излучением лазера, находящегося вне камеры (рис.11).

Лазерное излучение позволяет испарять любой оптически непрозрачный материал, формировать чистые тонкие сплошные пленки при более низких температурах. Метод импульсного лазерного осаждения дает возможность получать пленки с различными характеристиками, гибко варьируя параметры лазерного излучения (плотность энергии, длина волны, длительность импульса) или технические параметры процесса (расстояние между мишенью и подложкой, состав газа).

Для получения тонкопленочных структур карбида кремния SiC для фотодиодов [52] используется излучение лазера AYG: Nd³⁺ ($\lambda = 532$ нм) в режиме модулированной добротности. Лазерная абляция осуществляется из порошковой мишени α SiC. Процесс проводится в условиях высокого вакуума ($p = 10^{-4}$ Па).

Метод импульсного лазерного осаждения используется для создания кремний-замещенного гидроксипатита [54], положительно влияющего на метаболизм костной ткани и являющихся остеопластическими материалами (используются в операциях замещения костной ткани). Испарение материала мишеней из смеси гидроксопатита и синтетического диоксида кремния и биологического кремния (диатомит) осуществляется эксимерным лазером ArF (193 нм) при энергии импульса 200 мДж и частотой следования импульса 10 МГц. Данный метод позволяет создавать пленки аморфного, кристаллического и нанокристаллического гидроксопатита в зависимости от температуры подложки толщиной 1,5 мкм. Пленки обладают высоким сопротивлением усталости и хорошей адгезией к импланту. Минимальная твердость покрытия составляет 58 МПа.

Преимуществом метода являются высокие скорости нагрева, плавления и последующей кристаллизации, что

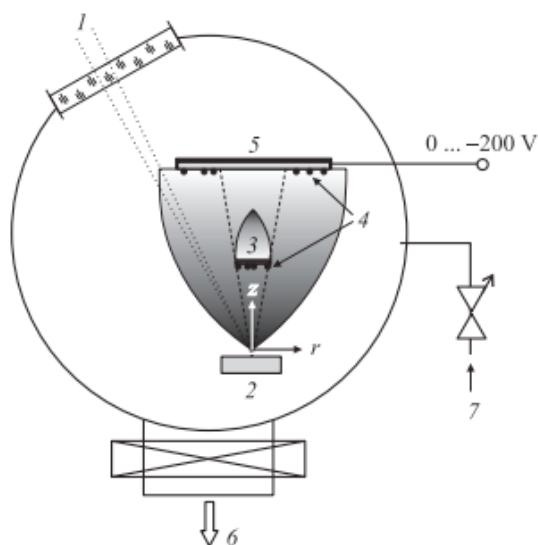


Рис. 11. Схема установки импульсного лазерного осаждения тонкопленочных покрытий с применением противокapельного экрана: 1 — лазерный луч, 2 — мишень для лазерного испарения, 3 — экран, 4 — капли, 5 — подложка для осаждения покрытий, 6 — вакуумная камера и система откачки, 7 — система напуска инертного газа [53]

формирует бездефектные эпитаксиальные слои кремния для получения интенсивной люминесценции. К недостаткам метода относятся малый геометрический размер зоны однородного напыления при абляции в вакууме, возможность загрязнения пленки твердыми частицами и каплями расплава материала мишени при высоких скоростях осаждения, высокая стоимость оборудования и сложность реализации.

Заключение

В данной работе был сделан обзор наиболее широко используемых методов нанесения покрытий из кремния,

а также были приведены области промышленности и медицины, в которых кремниевые пленки играют ведущую роль. Вышеперечисленные способы нанесения пленок позволяют формировать покрытия из аморфного, моно- и поликристаллического кремния, а также гибридных составов. Выбор метода осаждения пленки зависит от требований, предъявляемых той или иной сферой жизнедеятельности к структуре и свойствам покрытия.

Каждый из методов видится перспективным, поэтому повсеместно ведутся исследования покрытий, получаемых различными способами, разрабатывается методика осаждения пленок, а также проводится изучение свойств пленок при разных параметрах процесса осаждения.

Литература:

1. Rosler, R. S. Low-pressure CVD production processes for poly nitride and oxide // Solid state technology. 1977. Vol.20. № 4. P.63–70.
2. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 416 с.
3. Б. А. Билалов, Н. И. Каргин, Г. Д. Кардашова. Кинетика зарождения и роста пленок карбида кремния на ступенях разориентированных подложек SiC (111) // Вестник Дагестанского государственного технического университета. 2010. № 18. с. 31–36.
4. Бауман, Д. А., Гаврилин А. В., Иванцов В. А., Морозов А. М., Кузнецов Н. И. Особенности роста жидкофазных эпитаксиальных слоев карбида кремния в вакууме // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35. № 10. с. 1184–1187.
5. Petera, K., Kopeceka R., Fatha P., Buchera E., Zahedib C. Thin film silicon solar cells on upgraded metallurgical silicon substrates prepared by liquid phase epitaxy // Solar Energy Materials & Solar Cells. 2002. № 74. P. 219–223.
6. Strawbridge, I., James P. F., J. Non-Cryst. Solids. 1986. № 82. P. 366–372.
7. Zhang, X. X., Ye H. P., Xiao B., Yan L. H., Lu H. B., Jiang B. Sol-gel preparation of PDMS/silica hybrid antireflective coatings with controlled thickness and durable antireflective performance // Journal of Physical Chemistry. 2010. № 114. P. 19979–19983.
8. M. Faustini, L. Nicole, C. Boissiere, P. Innocenzi, C. Sanchez, D. Grosso. Hydrophobic, antireflective, self-Cleaning, and antifogging sol-gel coatings: an example of multifunctional nanostructured materials for photovoltaic cells // Chemistry of Materials. 2010. № 22. P. 4406–4413.
9. Струнин, В. И., Баранова Л. В., Худайбергенов Г. Ж. Способ нанесения пленок аморфного кремния и устройство для его осуществления: пат. 2165476 Российская Федерация. 2011. Бюл. № РД0081621.
10. Величко, Р. В., Гусев Е. Ю., Гамалеев В. А., Михно А. С., Бычкова А. С. Исследование режимов плазмохимического осаждения пленок нано- и поликристаллического кремния // Фундаментальные исследования. 2012. № 11. с. 1176–1179.
11. Wu, X., Zhang Z, Liu Y., Chu X., Li Y. Process parameter selection study on SiNx: H films by PECVD method for silicon solar cells // Solar Energy. 2015. № 111. P. 277–287.
12. Becker, C., Amkreutz D., Sontheimer T., Preidel V., Lockau D., Haschke J. Polycrystalline silicon thin-film solar cells: Status and perspectives // Solar Energy Materials and Solar Cells. 2013. № 119. P. 112–123.
13. Кузнецов, В. П., Красильник З. Ф. Метод сублимационной молекулярно-лучевой эпитаксии структур на основе кремния // Физика и техника полупроводников. 2010. Т. 4. № 3. с. 413–417.
14. Кузнецов, В. П., Рубцова Р. А. Особенности метода сублимационной молекулярно-лучевой эпитаксии Si и его возможности при получении структуры Si: Eg / Si // Физика и техника полупроводников. 2000. № 5. с. 519–525.
15. Духопельников, Д. В. Магнетронные распылительные системы: учебное пособие. В 2 ч. Ч.1. Устройство, принципы работы, применение. М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 53 с.
16. Марахтанов, М. К., Духопельников Д. В., Воробьев Е. В., Кириллов Д. В. Трибологические свойства серебряных покрытий, полученных методом магнетронного распыления // Наноинженерия. 2014. № 9 (39). с. 30–32.
17. Ю. В. Сахаров, П. Е. Троян. Исследование пористых пленок диоксида кремния // Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. 2010. № 1 (21). с. 118–122.
18. Kima, J. H., Chung K. W. Microstructure and properties of silicon nitride thin films deposited by reactive bias magnetron sputtering // J. Appl. Phys. 1998. № 11. P. 137–140.

19. Surmeneva, M. A., Surmenev R. A., Pichugin V. F., Koval' N. N., Teresov A. D., Ivanova A. A., Yu I., Ignatov V. P., Primak O. Adhesion Properties of a Silicon Containing Calcium Phosphate Coating Deposited by RF Magnetron Sputtering on a Heated Substrate // *Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. 2013. V.7. № 5. P. 944–951.
20. Mège-Revil, A., Steyer P., Cardinal S., Thollet G., Esnouf C., Jacquot P., Stauder B. Correlation between thermal fatigue and thermomechanical properties during the oxidation of multilayered TiSiN nanocomposite coatings synthesized by a hybrid physical/chemical vapour deposition process // *Thin Solid Films*. 2010. V. 518. № 21. P. 5932–5937.
21. Naoe, M., Yamanaka Sh. Evaporation of silicon by vacuum-arc discharge // *Japanese Journal of Applied Physics*. 1969. Vol. 8, no. 2. P. 287–288. DOI: 10.1143/JJAP.8.28.
22. Марахтанов, М. К., Духопельников Д. В., Жуков А. В., Кириллов Д. В., Мелик-Парсаданян А. К., Пархоменко Ю. Н. Вакуумная дуга с монокристаллическим кремниевым катодом для получения наноструктурированных материалов // *Справочник. Инженерный журнал с приложением*. 2008. № 9. с. 22–27.
23. Духопельников, Д. В., Кириллов Д. В., Рязанов В. А. Исследование профиля выработки катода дугового испарителя с арочным магнитным полем // *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн*. 2012 № 11. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/482485.html> (дата обращения 24.02.2016). DOI: 10.7463/1112.0482485.
24. Кесаев, И. Г., Пашкова В. В. Электромагнитная фиксация катодного пятна // *Журнал технической физики*. 1959. Т. 29, № 3. с. 287–298.
25. Духопельников, Д. В., Жуков А. В., Костин А. А., Юрченко А. А. Управление движением катодного пятна в линейных вакуумно-дуговых испарителях // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2005. № 11. с. 45–49.
26. Духопельников, Д. В., Кириллов Д. В., Марахтанов М. К., Воробьев Е. В., Бульчѳв В. С. Вакуумная дуга на поликристаллическом кремниевом катоде // *Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2014. № 11. с. 188–197. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/748209.html> (дата обращения 24.02.2016).
27. Андреев, А. А., Саблев Л. П., Шулаев В. М., Григорьев С. Н. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия. Харьков: ННЦ ХФТИ, 2005. 236 с.
28. Береговский, В. В., Марахтанов М. К., Духопельников Д. В., Щуренкова С. А. Объемное содержание и дисперсный состав капельной фазы в покрытиях, полученных вакуумно-дуговым методом на установке PLATIT п-80 // *Упрочняющие технологии и покрытия*. 2009. № 1. с. 3–5.
29. Духопельников, Д. В., Юрченко А. А. Экспериментальное исследование технологического ускорителя с анодным слоем «Радикал» без катода компенсатора // *Вестник Московского технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: Машиностроение*. 2004. № 3. с. 74–83.
30. Kasdan, A., D Goshorn D. P. Ion bombardment control of morphology during the growth hydrogenated amorphous silicon thin films by reactive ion beam deposition // *Appl. Phys. Lett.*, 1983. V. 42. № 1. P. 36–38.
31. Wua, J. — J., Wub C. — T., Liaoa Y. — C., Lud T. — R., Chenb L. C., Chena K. H., Hwac L. — G., Kuod C. — T., Lingc K. — J. Deposition of silicon carbon nitride films by ion beam sputtering // *Thin Solid Films*. 1999. V. 355–356. P. 417–422.
32. Zhoua, F., Yuea B., Wanga X., Wub X., Zhuge L. Surface roughness, mechanical properties and bonding structure of silicon carbon nitride films grown by dual ion beam sputtering // *Journal of Alloys and Compounds*. 2010. V. 492. № 1–2. P. 269–276.
33. Lambrinos, M. F., Valizadeh R., Colligon J. S. Effects of bombardment on optical properties during the deposition of silicon nitride by reactive ion-beam sputtering // *Applied Optics*. 1996. V. 35. № 19. P. 3620–3626.
34. Гусев, А. С., Рындя С. М., Каргин Н. И., Бондаренко Е. А. Низкотемпературный синтез тонких пленок карбида кремния методом вакуумной лазерной абляции и исследование их свойств // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2010. № 5. с. 18–22.
35. Неволин, В. Н., Фоминский В. Ю., Гнедовец А. Г., Романов Р. И. Особенности импульсного лазерного осаждения тонкопленочных покрытий с применением противокapельного экрана // *Журнал технической физики*. 2009. Т. 79. № 11. с. 120–127.
36. Solla, E. L., Gonzalez P., Serra J., Chiussi S., Leon B., Garcia Lopez J. Pulsed laser deposition of silicon substituted hydroxyapatite coatings from synthetical and biological sources // *Applied Surface Science*. 2007. V. 254. № 4. P. 1189–1193.

О возможности использования центробежного ректификационного аппарата для регенерации метанола

Костюк Сергей Владимирович, директор;
Рязанов Антон Валентинович, кандидат технических наук, ведущий инженер;
Апарин Артем Константинович, инженер
Уренгойский филиал ПАО «ВНИПИгаздобыча»

В статье обосновывается актуальность регенерации метанола на установках комплексной подготовки газа месторождений и станциях подземного хранения газа, описано устройство, приведены достоинства и недостатки центробежного ректификационного аппарата для регенерации метанола в сравнении с существующими установками. Статья предназначена для специалистов нефтяной и газовой отраслей промышленности и машиностроительных предприятий, для научных и инженерно-технических работников, занятых изучением, исследованием, расчетом, разработкой, проектированием и эксплуатацией ректификационного оборудования и установок.

Ключевые слова: установка комплексной подготовки газа месторождений, регенерация метанола, центробежный ректификационный аппарат, массообмен, вал ротора.

На нефтегазоконденсатных месторождениях (далее ННГКМ) и станциях подземного хранения газа (далее СПХГ) с целью предупреждения образования кристаллогидратов в шлейфах, коллекторах и внутривысочных газопроводах в них предусмотрена подача метанола.

Метанол обладает высокой степенью понижения температуры гидратообразования, способностью быстро разлагать уже образовавшиеся гидратные пробки и смешиваться с водой в любых соотношениях, обладает малой вязкостью и низкой температурой замерзания. Наиболее распространен на газовых промыслах способ подачи метанола (CH_3OH) в струю газа. При этом он образует с паровой и жидкой влагой спиртоводные смеси, температура замерзания которых значительно ниже нуля. Пары воды поглощаются из газа, что значительно снижает точку росы, и, следовательно, создаются условия для разложения гидратов или для предупреждения их образования.

Метанол доставляется на газовые промыслы автомобильными и железнодорожными цистернами, а также трубопроводным транспортом. Уникальные условия России: удаленность основных НГКМ от транспортных артерий и центров промышленной инфраструктуры, суровый климат, требующий большого количества метанола для предотвращения гидратообразования, и высокая стоимость доставки метанола в районы промыслов диктуют необходимость в его регенерации. Потребность в метаноле, только в районе Уренгоя, составляет примерно 100 тысяч тонн в год. Доставка метанола на промыслы Крайнего Севера как минимум удваивает его заводскую стоимость. Согласно оценкам, приведенным в [1], затраты на борьбу с гидратообразованием составляют до 20% от промысловой себестоимости газа и до 5÷8% от всех капитальных затрат в газодобывающей промышленности.

Применяемые в России установки регенерации метанола (далее РМ) обладают значительной энерго- и металлоемкостью, что существенно увеличивает первичные ка-

питаловложения, затраты на ремонт, очистку внутренних поверхностей и поэтому работы, направленные на повышение эффективности процесса РМ, снижения энергопотребления оборудования являются актуальной задачей.

Целью настоящей работы является рассмотрение новой технологии регенерации метанола в сравнении с существующими.

В настоящее время на установках комплексной подготовки газа (далее УКПГ) месторождений и СПХГ России в основном применяются установки РМ, основанные на гравитационном принципе разделения водометанольного раствора (далее ВМР). Массообменные процессы и разделение ВМР по фракциям осуществляется в ректификационных колоннах различной конструкции и наполнения [2,3].

На рис. 1 показана принципиальная схема ректификационной установки РМ колонного типа. В трапе — дегазаторе ВМР дегазируется от растворенного в нем газа и через промежуточный теплообменник поступает в среднюю часть ректификационной колонны, температура верха которой поддерживается подачей орошения, а температура низа — парами воды, поступающими из испарителя. Нагрев воды в испарителе осуществляется за счет тепла продуктов сгорания топливного газа (или теплом пара в случае парового испарителя). Пар в колонне идет снизу-вверх, а жидкость стекает сверху-вниз. На каждой тарелке колонны пар и жидкость вступают в контакт. Поскольку между жидкостью и паром отсутствует равновесие, то на тарелке между ними происходит обмен компонентами (массообмен), в результате которого пар обогащается более летучим (низкокипящим) компонентом — метанолом, а жидкость — менее летучим (высококипящим) компонентом — водой. Далее пары насыщенного метанола сверху колонны поступают в аппарат воздушного охлаждения, где конденсируются, охлаждаются и направляются в накопительную ёмкость и частично на орошение колонны.

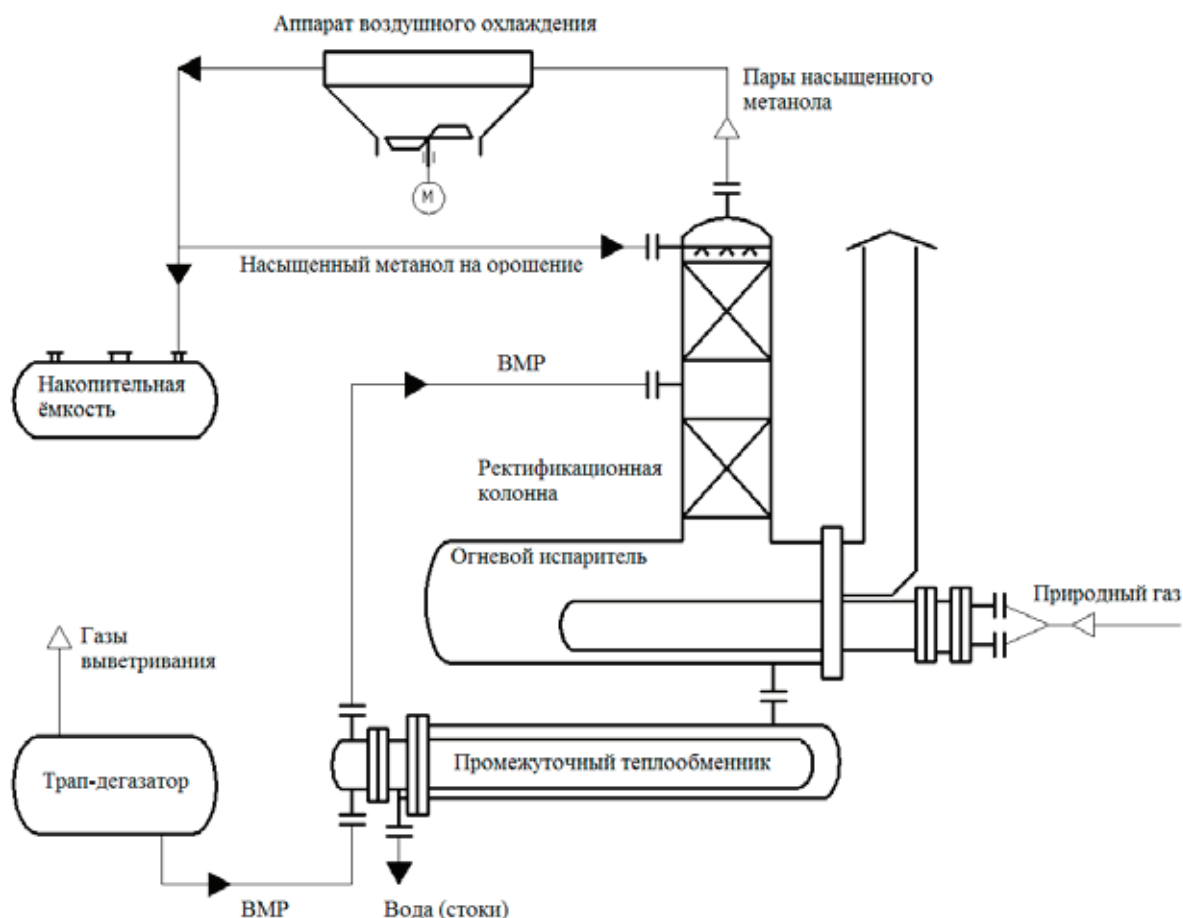


Рис. 1. Принципиальная схема ректификационной установки РМ колонного типа

К недостаткам существующих ректификационных колонн РМ можно отнести: большие размеры аппарата обуславливающие высокие металлоемкость и энергоемкость; крупные первичные капиталовложения; частое загрязнение тарелок; существенные затраты на ремонт и чистку внутренних поверхностей.

Однако, за рубежом не так давно стали использовать новый принцип для регенерации метанола, реализованный в центробежных ректификационных установках различной конструкции [4–8]. Сущность этого принципа разделения ВМР заключается в преимущественной замене гравитационного поля Земли центробежной силой.

На рис. 2 показана принципиальная схема центробежного ректификационного аппарата для регенерации метанола с вертикальной осью вращения. Согласно схеме, ротор представляет собой вал с кольцевыми цилиндрическими насадочными слоями, размещёнными в корпусе на диске, с приводом от электродвигателя. В роторе под действием значительной центробежной силы создается большая, динамически обновляемая, поверхность газо-жидкостного взаимодействия.

Жидкость подается в установку через стационарный распределитель, расположенный в центре ротора, и в виде струй и капель течет через поры по внутреннему пространству насадки в радиальном направлении наружу под действием цен-

тробежной силы, далее вылетает из насадки струями капель, ударяется о стенки корпуса, стекает по ним под действием силы тяжести, и выводится из нижней части корпуса. Пар под давлением тангенциально вводится в корпус противотоком по отношению к жидкости, далее покидает насадку в центральной части ротора через выпускную трубу.

Массоперенос в основном происходит в насадочном слое ротора, и кроме того, значительный массообмен происходит в пространстве между ротором и корпусом. В результате создается противоточное взаимодействие жидкости и газа с многократными циклами испарения-конденсации, обуславливающие следующие достоинства центробежной ректификационной установки [7–9]:

- большая площадь контакта между жидкой и газовой фазой;
- значительно более высокие объемные коэффициенты массообмена позволяют использовать компактные размеры;
- меньшая металлоемкость и, соответственно, в несколько раз ниже стоимость установки в сравнении с существующими;
- КПД восстановления 99,5%;
- быстрый запуск в течении 2 часов;
- отсутствует необходимость чистки внутренней поверхности, т.к. она самоочищающаяся;

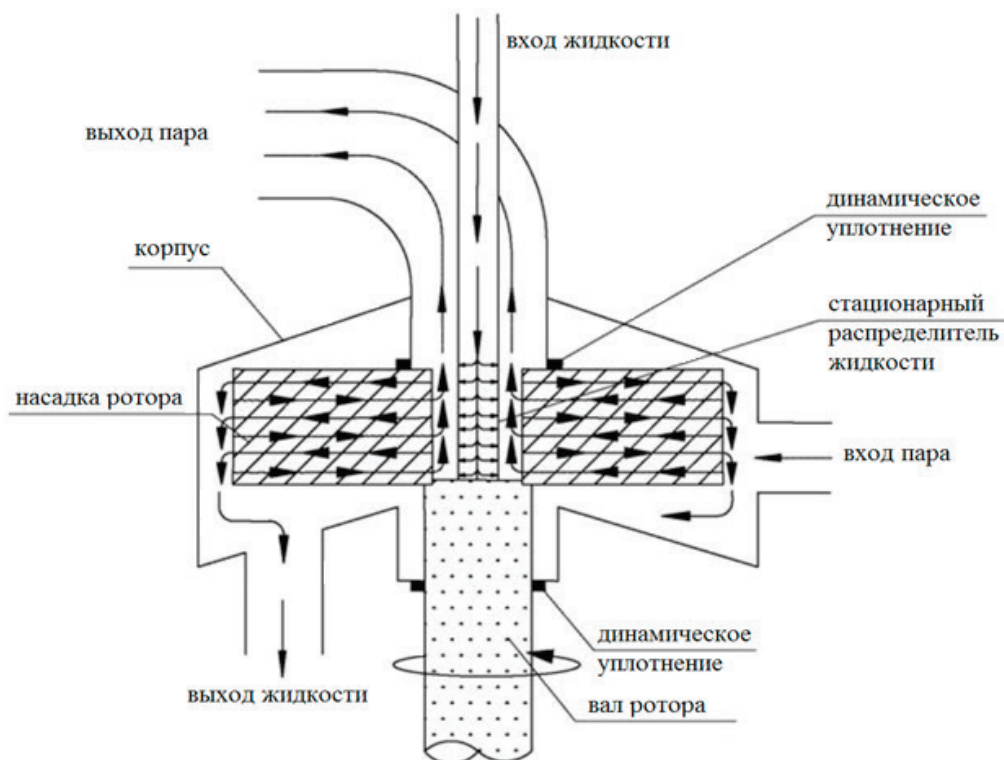


Рис. 2. Принципиальная схема центробежного ректификационного аппарата для регенерации метанола с вертикальной осью вращения

— отсутствуют узлы, требующие обслуживания;
 — замена торцевых уплотнений производится без разборки аппарата и без применения специального оборудования.

К недостаткам относятся затраты на электроэнергию для двигателя привода, а также мероприятия, направленные на снижение вибрационных нагрузок установки [10].

Анализ достоинств и недостатков существующей и новой технологии регенерации метанола актуализирует исследования, направленные на изучение и оптимизацию процессов массообмена в центробежных ректификационных установках для регенерации метанола для подтверждения возможности их применения на Российских УКПГ месторождений и СПХГ.

Литература:

1. Чайка, С. Е. Попутный нефтяной газ. Реальность и перспективы / С. Е. Чайка, А. М. Шкода // Межотраслевой журнал — «Химическая техника». — 2007. — № 6.
2. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической и нефте-химической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев — М.: Изд-во Химия, 1987. — 496 с.
3. Подготовка и переработка углеводородных газов и конденсата. Технологии и оборудование: Справочное пособие / Г. К. Зиберт [и др.] — М.: ОАО «Недра-Бизнесцентр», 2001. — 316 с.
4. Ramshaw, C.; Mallinson, R. H. Mass Transfer process. US Patent 4283255.1981.
5. Z. C. Xu, Y. L. Yu, J. B. Ji, Rotating zigzag high-gravity bed and its application in distillation, Petrochem. Technol. 34 (2005) 778–781 (in Chinese).
6. Yong Luo, Guangwen Chu, Le Sang, Haikui Zou, Yang Xiang, Jianfeng Chen A two-stage blade-packing rotating packed bed for intensification of continuous distillation // Chinese Journal of Chemical Engineering. 2016. Vol. 24 (1). pp. 109–115.
7. Nascimento, J. V. S., Ravagnani T. M. K., Pereira J. A. F. R. Experimental study of a rotating packed bed distillation column // Brazilian Journal of Chemical Engineering. 2009. Vol. 26, No 01, pp. 219–226.
8. Ankur Pramanik, Prof. Siddhartha Datta, Prof. Avijit Bhowal Distillation studies in a rotating packed bed contactor (HiGee). 2010. p. 64.
9. Официальный сайт завода ООО «Цекон» г. Пермь: <http://www.cekon.ru/> <http://npz.tdpartners.ru/>
10. Самарин, А. Н. Вибрации трубопроводов энергетических установок и методы их устранения / А. Н. Самарин — М.: Изд-во Энергия, 1979. — 288 с.

Определение теплотерь через теплоизоляцию трубопроводов теплоснабжения при подземной прокладке в непроходных каналах

Кочеткова Юлия Александровна, студент;
 Рафальская Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент
 Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Проведено сравнение методик расчёта теплотерь трубопроводами системы теплоснабжения для различных типов и плотности тепловой изоляции. Проведённые расчёты позволяют выбрать оптимальную толщину тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения и оценить потери теплоты.

Ключевые слова: *тепловая изоляция, трубопроводы, теплоснабжение, тепловая сеть, тепловые потери.*

За период эксплуатации тепловых сетей в системе централизованного теплоснабжения (СЦТ) Новосибирска (первая тепловая сеть диаметром $D_u = 350$ мм и длиной $L = 2.0$ км от ТЭЦ-1 была построена в 1938 году) нормы тепловых потерь (линейная плотность теплового потока) для сетей законодательно корректировались (в меньшую сторону) три раза. Это Нормы 1959 года, Нормы 1991 года и Нормы 1998 года. Так, например, последние Нормы линейных тепловых потерь от первых норм 1959 года уменьшены в среднем на 62% для подземной прокладки в непроходных каналах.

Для прогнозирования доли тепловых потерь в тепловых сетях, качественного расчёта теплоизоляционных конструкций, учитывающего местные условия эксплуатации, ОАО «Новосибирскгортеплоэнерго» совместно с кафедрой «Теплогазоснабжения и вентиляция» НГАСУ (Сибстрин) была разработана методика расчета [1].

Процесс теплопередачи через стенки труб и слой теплогидроизоляционной конструкции, применяемых при строительстве и эксплуатации в системах теплоснабжения городов характеризуется законами теплопереноса тепловой энергии от транспортируемой горячей среды в окружающую холодную среду (воздух, грунт, вода), и наоборот от нагретого воздуха в канале к транспортируемой холодной среде. Как правило, транспорт горячей среды всегда сопровождается с вынужденными величинами тепловых потерь.

Тепловые потери являются функцией теплопроводности материалов и различием между величинами температур горячей и холодной среды:

$$Q_{\text{тп}} = f(\lambda_{\text{и}}, t_{\text{г}}, t_{\text{в}}),$$

а теплопроводность — функцией плотности и влажности применяемого теплоизоляционного материала: $\lambda_{\text{и}} = f(\rho, \varphi)$.

На практике, в качестве теплоизоляционных материалов, в большинстве случаев применяются — минераловатные маты и их аналоги, или пенополиуретан. В условиях эксплуатации, любой теплоизоляционный материал подвержен воздействию природных и техногенных факторов. К природным факторам можно отнести подтопление водами талого снега и дождя, повышенная влажность и туман, повышенный уровень грунтовых вод и т.д.;

к техногенным факторам — подтопление водой из поврежденного трубопровода теплосети или смежных коммуникаций и т.д.

Это влечет к неизбежности увлажнения теплоизоляции, ее заиливания и ухудшения теплотехнических свойств (увеличения теплопроводности), уменьшения толщины теплоизоляционного слоя от проектных значений.

Наличие влаги в теплоизоляционных материалах характеризуется:

1) тремя состояниями насыщения:

— капиллярно-разобненное или стыковое (состояние заземленной воды), когда большая часть объема пор теплоизоляционного материала занята воздухом и сообщена с воздухом, а вода занимает только суженную небольшую часть пор;

— канатное или чёточное, когда вода образует непрерывную сетку с воздушными пузырьками в центре пор, не взаимодействующими друг с другом и наружным воздухом;

— капиллярное (состояние влаго-насыщения), когда ячейки пор полностью заполнены водой;

2) тремя режимами тепло-массо-передачи:

— при объемной влажности ($V_o > 4\%$) — закритический режим, при котором отвод теплоты происходит за счет теплопроводности через теплоизоляционные материалы и за счет теплопроводности воды содержащийся в её порах;

— при объемной влажности ($1\% < V_o < 4\%$) — докритический режим, при котором отвод теплоты происходит за счет теплопроводности через теплоизоляционный материал и за счет уноса теплоты с паром (разрыв капиллярной сетки, поры сообщаются с наружным воздухом);

— при массовой влажности ($V_m < 1\%$) — режим абсолютно сухого тела, при котором отвод теплоты осуществляется по закону Фурье, и только за счет теплопроводности теплоизоляционного материала.

Эти состояния и режимы работ необходимо учитывать при расчетах фактических тепловых потерь ($Q_{\text{тп}}^{\phi}$) через теплоизоляционные конструкции и коэффициента теплопроводности ($\lambda_{\text{и}}$) теплоизоляционного материала, что обеспечивает получение более точных результатов.

Тепловые потери от горячей среды к холодной через теплоизоляционные конструкции участка трубопроводов выражаются в виде суммарных тепловых потерь, Вт:

$$Q_{\text{тп}} = (q^L + q^M) \times L = q^L \times K_M \times L, \quad (1)$$

где q^L , Вт/м — часовые линейные потери тепла на единицу длины (линейная плотность теплового потока) через стенку трубопровода, антикоррозионное покрытие, теплоизоляционный и покровный материалы, воздушная среда и стенку канала, а для действующих сетей дополнительно слой ржавчины и слой накипи на стенках трубопроводов.

q^M , Вт/м — часовые местные потери тепла на единицу длины рассматриваемого объекта через теплопроводные нелинейные включения в теплоизоляционных конструкциях, которыми могут быть арматура, крепежные детали, подвижные и неподвижные опоры, сальниковые или сильфонные компенсаторы, воздушники или дренажные устройства;

L , м — длина рассматриваемого участка трубопровода;

K_M — коэффициент дополнительных местных потерь теплоты к линейным потерям (q^L), применяется при отсутствии данных по q^M или невозможности их определения.

Значения коэффициента K_M принимается для металлических трубопроводов от 5% до 20%, для неметаллических до 70%.

Суммарная плотность теплового потока подающим и обратным трубопроводами через стенку канала, Вт/м:

$$q_1^L + q_2^L = \frac{t_{\text{вк}} - t_{\text{нг}}^{\text{cp.3}}}{R_{\text{вк}} + R_{\text{к}} + R_{\text{г}}}, \quad (2)$$

$t_{\text{вк}}$ — расчётная температура воздуха в канале, °C:

$$t_{\text{вк}} = \frac{\frac{t_{\text{в1}}^{\text{cp.3}}}{R_{\text{н1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{t_{\text{в2}}^{\text{cp.3}}}{R_{\text{н2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{t_{\text{нг}}^{\text{cp.3}}}{R_{\text{вк}} + R_{\text{к}} + R_{\text{г}}}}{\frac{1}{R_{\text{н1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{1}{R_{\text{н2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{1}{R_{\text{вк}} + R_{\text{к}} + R_{\text{г}}}}; \quad (3)$$

где $t_{\text{нг}}^{\text{cp.3}}$ — средняя за отопительный сезон температура грунта по [2].

Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха в канале к поверхности стенки канала, $\text{м}^2 \times \text{C} / \text{Вт}$:

$$R_{\text{вк}} = \frac{1}{\pi \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot D_{\text{вк}}}. \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{к}}$ — коэффициент теплоотдачи на поверхности стенки канала по [2], $\text{Вт} / (\text{м}^2 \times \text{C})$:

Внутренний и наружный эквивалентные диаметры канала, м:

$$D_{\text{вк}} = \frac{2 \cdot (b - \delta_{\text{к}}) \cdot (h - \delta_{\text{к}})}{b + h - 2 \cdot \delta_{\text{к}}}, \quad (5)$$

$$D_{\text{нк}} = \frac{2 \cdot b \cdot h}{b + h}, \quad (6)$$

где b , h — наружные размеры канала (рис. 1), $d_{\text{к}}$ — толщина стенки канала.

Линейное термическое сопротивление теплоотдаче от наружной стенки канала к грунту, $\text{м}^2 \times \text{C} / \text{Вт}$:

$$R_{\text{к}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{к}}}, \quad (7)$$

где $\lambda_{\text{к}}$ — коэффициент теплопроводности стенки канала, $\text{Вт} / (\text{м} \times \text{C})$.

Термическое сопротивление теплоотдаче от наружной стенки канала к грунту, $\text{м}^2 \times \text{C} / \text{Вт}$:

$$R_{\text{г}} = \frac{\ln \left[3,5 \cdot \frac{H}{h} \cdot \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \cdot \frac{b}{h} \right) \cdot \lambda_{\text{г}}}, \quad (8)$$

где H — глубина заложения оси трубопровода от поверхности земли, м;

$\lambda_{\text{г}}$ — коэффициент теплопроводности грунта, принимаемый по [2], $\text{Вт} / (\text{м} \times \text{C})$.

Линейное термическое сопротивление кондуктивному переносу теплоты слоем теплоизоляционного материала трубопровода из закона теплопроводности Фурье, $\text{м}^2 \times \text{C} / \text{Вт}$:

$$R_{\text{н}}^L = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{н}}} \cdot \ln \frac{D_{\text{н}} + 2 \cdot (\delta_{\text{а}} + \delta_{\text{н}})}{D_{\text{н}} + 2 \cdot \delta_{\text{а}}}, \quad (9)$$

где $D_{\text{н}}$ — наружный диаметр теплоизоляционной конструкции, м;

$d_{\text{а}}$, $d_{\text{н}}$ — толщины антикоррозионного покрытия и изоляции трубопровода, м;

$\lambda_{\text{н}}$ — коэффициент теплопроводности слоя изоляции, $\text{Вт} / (\text{м} \times \text{C})$.

Линейное термическое сопротивление теплоотдаче наружной стенки теплоизоляционной конструкции трубопровода в окружающую среду, $\text{м}^2 \times \text{C} / \text{Вт}$:

$$R_{\text{н}}^L = \frac{1}{\pi \cdot [D_{\text{н}} + 2 \cdot (\delta_{\text{а}} + \delta_{\text{н}} + \delta_{\text{п}})] \cdot \alpha_{\text{н}}}, \quad (10)$$

где $d_{\text{п}}$ — толщина покровного слоя, м;

$\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности покровного слоя теплоизоляционной конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \times \text{C})$, который является суммой двух слагаемых:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}}, \quad (11)$$

где $\alpha_{\text{л}}$, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \times \text{C})$ — коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием, который можно определить по формуле Стефана-Больцмана:

$$\alpha_{\text{л}} = C \cdot \frac{\left(\frac{t_{\text{н}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{к}} + 273}{100} \right)^4}{t_{\text{н}} - t_{\text{к}}}, \quad (12)$$

где C — коэффициент лучеиспускания Стефана-Больцмана, который для поверхностей абсолютно четных тел, поглощающих все падающие лучи и ничего не отражающих, равен $0,277 \times 10^{-6} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \times \text{K}^4)$, а для «серых» тел,

к которым относятся наружные поверхности неизолированных трубопроводов и поверхности теплоизоляционных конструкций, находится в пределах $(0,214 \div 0,243) \times 10^{-6}$ Вт/ $(\text{м}^2 \times \text{К}^4)$;

$t_n, ^\circ\text{C}$ — температура излучающей поверхности покровного слоя теплоизоляции трубопровода;

$\alpha_k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \times ^\circ\text{C})$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией от горизонтального трубопровода к воздуху, который можно определить по формулам Нуссельта:

– при естественной конвекции воздуха:

$$\alpha_k = 1,16 \cdot 4 \sqrt{\frac{t_n - t_n}{D_n + 2 \cdot (\delta_a + \delta_n + \delta_n)}}, \quad (13)$$

– при вынужденной конвекции воздуха (ветер или принудительная вентиляция):

$$\alpha_k = 4,65 \cdot \frac{\omega^{0,7}}{[D_n + 2 \cdot (\delta_a + \delta_n + \delta_n)]^{0,3}}, \quad (14)$$

где $\omega, \text{м}/\text{с}$ — скорость воздуха (ветра), которая при отсутствии данных принимается 10 м/с.

Значение коэффициента теплоотдачи α_n от наружной поверхности покровного слоя теплоизоляционной конструкции трубопровода с температурой ($t_n \leq 150^\circ\text{C}$), можно определить в соответствии с (13) и (14) по приближённой формуле для канальной прокладки:

$$\alpha_n = 10,3 + 0,052 \cdot (t_n - t_n). \quad (15)$$

Из формулы (2), с учетом подстановки (9) и (10), выводится формула для определения необходимой толщины слоя теплоизоляционного материала δ_n трубопровода, м:

$$\delta_n = \frac{(D_n + 2 \cdot \delta_a) \cdot (B - 1)}{2}. \quad (16)$$

Где число B — безразмерное значение величины натурального логарифма, которое находится по формуле:

$$\ln B = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_n \cdot \left(\frac{t_{\text{вк}} - t_n}{q^L} - R_n^L \right). \quad (17)$$

В качестве примера был рассчитан участок трубопроводов тепловых сетей от ЦТП-ц41 по ул. Орджоникидзе г. Новосибирска, длиной $L = 166$ м, при двухтрубной прокладке в непроходных каналах рис. 1. Продолжительность отопительного сезона в Новосибирске составляет 221 сутки или $t_s = 5304$ ч. Расчётная температура наружного воздуха для Новосибирска $t_{\text{но}} = -37^\circ\text{C}$. На рассматриваемом участке тепловая сеть двухтрубная, проложена в непроходных каналах марки КЛ 90x60, диаметр трубопроводов 108x4 мм, глубина заложения 2 м. Расчётный температурный график на ТЭЦ принят 150/70 $^\circ\text{C}$. Коэффициент дополнительных местных потерь теплоты $K_m = 1,2$.

Расчёт проводился по нормативной линейной плотности теплового потока по методике [1] и по СП [2].

В расчёте, рекомендуемом СП [2] учитывается только эквивалентный внутренний диаметр канала, поэтому не учитывается значение линейного термического сопротивления кондуктивному переносу тепла слоем стенки канала, что влияет также на определение температуры воздуха в канале. Кроме того, в СП [2] не учитывается коэффициент стоимости теплотерь, который для Новосибирска, например, составляет 0,95.

Расчёты были проведены для различных типов тепловой изоляции и сведены в таблицу 1. Как показали расчёты, во многих случаях требуемая толщина изоляции при расчёте по методике [1], учитывающей местные условия эксплуатации, оказывается выше.

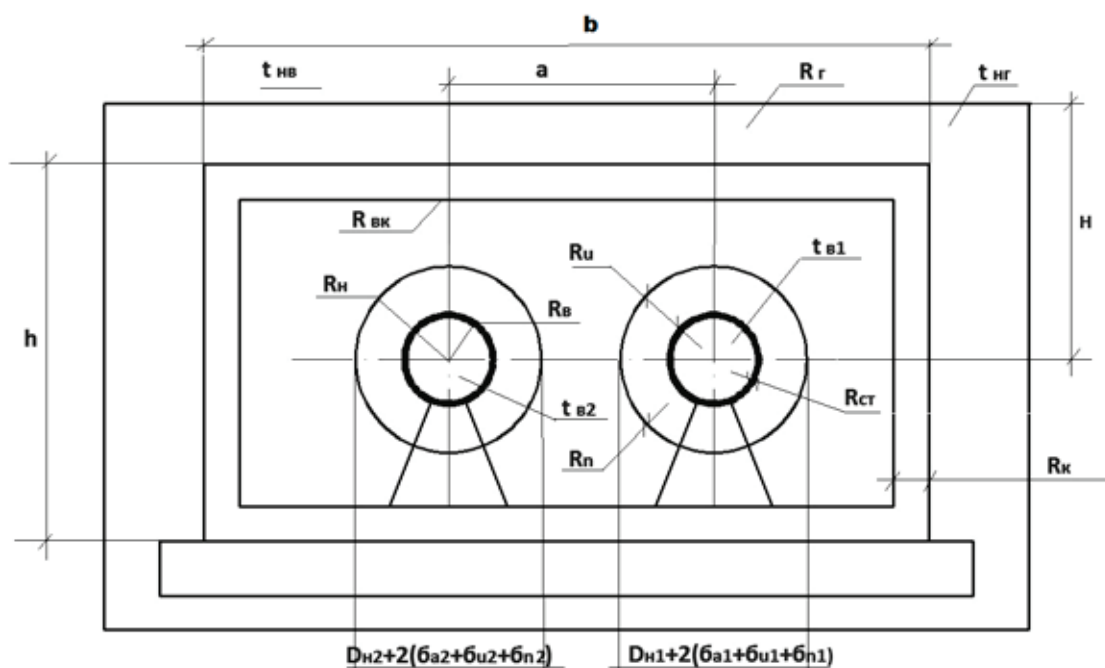


Рис. 1. Подземная прокладка трубопроводов в непроходных каналах

Таблица 1. Сравнение толщины тепловой изоляции и теплопотерь трубопроводами по методике [1] и по СП [2]

Тип изоляции	Расчёт по методике [1]				Расчёт по СП [2]			
	$t_{вк}, ^\circ\text{C}$	$d_{из1}, \text{м}$	$d_{из2}, \text{м}$	$Q_{тп}, \text{МВт}$	$t_{вк}, ^\circ\text{C}$	$d_{из1}, \text{м}$	$d_{из2}, \text{м}$	$Q_{тп}, \text{МВт}$
Маты минераловатные прошивные марки 100	15,098	0,09	0,08	39,39	15,420	0,08	0,07	42,17
Маты минераловатные прошивные марки 125	15,019	0,10	0,09	40,15	15,244	0,09	0,08	41,56
Маты из супертонкого базальтового волокна	15,055	0,06	0,05	39,25	14,667	0,06	0,05	39,55
Маты из стеклянного штапельного волокна URSA марки М-11	15,103	0,09	0,08	39,41	15,175	0,08	0,08	41,32
Маты из стеклянного штапельного волокна URSA марки М-15	15,245	0,09	0,08	39,41	15,317	0,08	0,08	41,81
Пенополиуретан заливочный ППУ-331/3 марки 50	14,574	0,06	0,05	37,65	15,435	0,05	0,04	42,22
Пенополиуретан заливочный ППУ-331/3 марки 70	15,255	0,06	0,06	39,92	15,233	0,06	0,05	41,52
Скорлупы из пенополиуретана ПИР/ППУ марки 50	14,989	0,04	0,04	39,03	15,273	0,04	0,03	41,66
Скорлупы из пенополиуретана ПИР/ППУ марки 30	14,224	0,04	0,03	36,48	15,101	0,03	0,03	41,06
Бутадиен-акрилонитрил К-флекс марки ES, ST	14,803	0,05	0,04	38,41	15,378	0,04	0,04	42,03
Бутадиен-акрилонитрил К-флекс марки ECO	15,255	0,05	0,05	41,44	15,356	0,05	0,04	41,95

Выводы

1. Проведённые расчёты позволяют выбрать оптимальную толщину тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения и оценить потери теплоты.

2. Не учёт местных условий эксплуатации и не точное определение температуры среды в канале может вызвать занижение толщины тепловой изоляции трубопроводов и увеличенные потери теплоты трубопроводами.

Литература:

1. Методика определения тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции трубопроводов водяных сетей систем теплоснабжения / В.О. Потапкин, Ю.А. Кичкайло // Новосибирск: ОАО «Новосибирскгортеплоэнерго», 2009. — 92 с.
2. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41–03–2003: введ. в действ. 2013–01–01. — Москва: Минрегион России, 2012.

Расчет пластических смещений асфальтобетонных порожних покрытий

Кузин Николай Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

В статье получено аналитическое решение для расчета пластического смещения поверхности дорожного асфальтобетонного покрытия. Решение выполнено интегрированием зависимости пластической деформации по толщине асфальтобетонного слоя.

Ключевые слова: пластическая деформация, асфальтобетон, дорожное покрытие.

В настоящее время в РФ наблюдается интенсивная автомобилизация, приведшая к увеличению нагрузки на дорожную одежду, возрастанию интенсивности движения и повышению доли тяжелых и очень тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока. Поэтому срок службы дорожных конструкций, запроектированных в соответствии со всеми требованиями ОДН 218.046–01 [1], не всегда соответствует фактическим значениям, установленным при диагностике автомобильных дорог. В настоящее время специалисты в области механики дорожных конструкций разрабатывают методы расчета, дополняющие нормативные критерии [1]. Среди современных разработок отметим попытки модификации критериев прочности и условий пластичности [2, 3] для расчета асфальтобетонных покрытий по сопротивлению сдвигу [4, 5], а так же методы расчета пластических деформаций в дискретных материалах [6–10], которые применяются для расчета пластических смещений в асфальтобетонных покрытиях при их проектировании по критериям ровности [11]. Выполняя критический обзор этих методов укажем что:

1. Для учета возникновения сложного напряженного состояния используются методы, созданные для расчета минимального главного напряжения в грунтовом полупространстве [12–16] или слое конечной толщины из зернистых материалов [17] (щебень, гравий и т.п.).

2. В основе расчетов по сопротивлению сдвигу грунтов земляного полотна лежат модифицированные условия пластичности, обоснованные экспериментально для грунтов [18–22].

Применение указанных нами решений требует экспериментального обоснования путем испытаний асфальтобетонных образцов в лабораторных условиях при варьировании температуры, величины нагрузки, количества приложенных повторных нагрузок и многих других факторов.

Поэтому для расчета пластического смещения асфальтобетонного покрытия автор предлагает интегрировать функцию пластических деформаций, предложенную в его исследованиях [23, 24]. Предлагаемое интегральное уравнение имеет вид:

$$U_{наб} = \frac{K_{дин} \cdot p \cdot (1 - \mu_{аб}^2) \cdot (1 + \kappa \cdot \ln N)}{E_{наб}} \cdot \int_{-h}^0 \left(1 + 2.5 \sqrt{\frac{E_б}{E_{осн}}} \cdot \left(\frac{z}{D} \right)^2 \right)^{-1} dz \quad (1)$$

где p — давление от колеса на покрытие, МПа; $K_{дин}$ — максимальное значение динамического коэффициента; $\mu_{аб}$ — коэффициент Пуассона асфальтобетона; N — число приложенных нагрузок; $E_{наб}$ — продольный модуль, характеризующий величину пластической деформации, МПа; h — толщина слоя, м; $E_б$ и $E_{осн}$ — модули упругости соответственно асфальтобетона в рассчитываемом слое и подстилающего слоистого полупространства, МПа; D — диаметр отпечатка шины расчетного автомобиля, м.

Интегрирование зависимости (1) производится методом замены переменной. Принимая, что:

$$x^2 = 2.5 \sqrt{\frac{E_б}{E_{осн}}} \cdot \left(\frac{z}{D} \right)^2.$$

Получим:

$$U_{\hat{a}\hat{a}} = \frac{\hat{E}_{\hat{a}\hat{a}} \cdot \hat{\sigma} \cdot (1 - \mu_{\hat{a}\hat{a}}^2) \cdot (1 + \hat{\epsilon} \cdot \ln N) \cdot D}{A_{\hat{a}\hat{a}}} \cdot \sqrt[5]{\frac{A_{\hat{a}\hat{a}}}{A_{\hat{a}}}} \times \left[-\arctg \left(\frac{-h \cdot \sqrt{a}}{D} \cdot \sqrt[5]{\frac{E_б}{E_{осн}}} \right) \right] \quad (2)$$

Формула (2) позволяет прогнозировать величину пластического смещения поверхности рассчитываемого асфальтобетонного слоя. Смещение поверхности пакета слоев определяется суммой пластического смещения поверхности каждого асфальтобетонного слоя этого пакета.

Литература:

1. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд. — М.: ГСДХ Минтранса России, 2001. — 146 с.
2. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Учет поврежденности структуры асфальтобетона в критериях прочности и условиях пластичности // В сборнике: Политранспортные системы материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия — ЕС. Новосибирск: СГУПС, 2015. — с. 219–225.
3. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Модификация критериев прочности и условий пластичности при расчетах дорожных одежд // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2015. № 1 (41). — с. 47–54.
4. Чусов, В. В. Применение теории накопления повреждений в условиях пластичности асфальтобетона для расчета дорожных покрытий по сопротивлению сдвигу // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 221–227.
5. Новиков, А. Ю. Учет поврежденности монолитных и дискретных материалов при проектировании дорожных конструкций // Молодой ученый. — 2016. — № 8. — с. 265–270.
6. Александров, А. С., Киселева Н. Ю. Пластическое деформирование гнейс- и диабаз материалов при воздействии повторяющихся нагрузок // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2012. — № 6. — с. 49–59.
7. Александров, А. С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки // Инженерно-строительный журнал. — 2013. — № 4 (39) — с. 22–34.
8. Семенова, Т. В., Гордеева С. А., Герцог В. Н. Определение пластических деформаций материалов, используемых в дорожных конструкциях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2012. — № 4 (37). — с. 247–254.
9. Александров, А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография. — Омск: СибАДИ, 2014. — 152 с.
10. Семенова, Т. В., Герцог В. Н. Пластическое деформирование материалов с дискретной структурой в условиях трехосного сжатия при воздействии циклических нагрузок // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 1 (29). — с. 68–73.
11. Герцог, В. Н., Долгих Г. В., Кузин В. Н. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 5 (57) — с. 45–57.
12. Александров, А. С., Долгих Г. В., Юрьев Д. В. Расчет главных напряжений в слоях дорожной одежды из дискретных материалов // Транспортное строительство. — 2011. — № 7. — с. 17–22.
13. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Один из путей совершенствования расчета дорожных одежд по условию сопротивления сдвигу в грунте земляного полотна // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2013. — с. 9–22.
14. Александрова, Н. П. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в грунте земляного полотна // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Омск, 2013. — с. 236–246.
15. Александров, А. С. Один из путей расчета минимальных главных напряжений в грунтах земляного полотна / А. С. Александров // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск, СибАДИ, 2013. — с. 217–228.
16. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Долгих Г. В. Совершенствование моделей расчета главных напряжений и девиатора в грунте земляного полотна // Вестник СИБАДИ. — 2014. — № 2 (36). с. 49–54.
17. Александров, А. С., Александрова Н. П., Долгих Г. В. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в дорожных конструкциях из дискретных материалов // Строительные материалы. — 2012. — № 10. — с. 14–17.
18. Чусов, В. В. Перспективы применения эмпирических условий пластичности грунтов и определение их параметров при трехосных испытаниях грунтов Вестник ВолГАСУ. — 2015. № 4 (61). — с. 49–57.
19. Александров, А. С., Калинин А. Л. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона — Мора // Инженерно-строительный журнал. — 2015. № 7 (59). — с. 4–17.
20. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Модификация критериев прочности сплошной среды для расчета грунтов земляного полотна по сопротивлению сдвигу // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транс-

порт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск: СибАДИ, 2013. — с. 228–235.

21. Долгих, Г. В. Расчет грунтов земляного полотна по критерию безопасных давлений // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 6 (34). — с. 43–49.
22. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Применение критерия Друкера-Прагера для модификации условий пластичности // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2013. № 2. — с. 26–29.
23. Кузин, Н. В. Учет упруговязкопластических свойств асфальтобетонных покрытий и оснований при проектировании дорожных одежд / Автореф. канд. техн. наук. — Омск: СибАДИ, 2008. — 19 с.
24. Александров, А. С., Александрова Н. П., Кузин Н. В. Методы теории наследственности в расчетах пластических деформаций материалов и грунтов при воздействии повторяющихся нагрузок // Транспортное строительство. — 2009. — № 2. — с. 25–28.

Исследование пластичности дорожных асфальтобетонов

Кузин Николай Владимирович, кандидат технических наук, доцент
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

В статье приведена методика испытаний асфальтобетонных образцов на сжатие при различных температурах и напряжениях. Получены экспериментальные зависимости деформации от напряжений, которые могут быть применены для математического моделирования модуля пластичности асфальтобетона от различных факторов.

Ключевые слова: пластическая деформация, асфальтобетон, дорожное покрытие.

Наблюдаемая в РФ интенсивная автомобилизация привела к тому, что возросли нагрузки на асфальтобетонные дорожные покрытия, увеличению интенсивности движения и повышению доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока. В связи с этим фактические межремонтные сроки стали существенно меньше сроков службы, на которые запроектирована дорожная конструкция. Поэтому в настоящее время особую остроту приобрела проблема разработки новых методов расчета дорожных конструкций, важнейшим элементом которых является асфальтобетонное покрытие. Среди таких методов выделим способы расчета асфальтобетонных покрытий и оснований по сопротивлению сдвигу [1, 2]. В основе таких методов применяют условия пластичности, учитывающие эффект, накапливания асфальтобетоном повреждений [3, 4], а так же грунтовые критерии, которые себя хорошо зарекомендовали при расчете земляного полотна по сопротивлению сдвигу [5–9]. Так же отметим, что предпринимаются попытки разработки методов расчета дорожных конструкций по критерию накапливания пластических деформаций, которые обуславливают глубину неровности [10]. Проблема этих методов состоит в том, что они разработаны для дискретных материалов [11–15], и поэтому не могут быть применены к асфальтобетонам без тщательного экспериментального обоснования с определением коэффициентов математических моделей. Учитывая эту проблему автор предложил выполнять расчет пластических деформаций, накапливаемых асфальтобетоном по формуле [16]:

$$U_{\text{ддд}} = \frac{\hat{E}_{\text{ддд}} \cdot \hat{\sigma} \cdot (1 - \mu_{\text{ддд}}^2) \cdot (1 + \hat{\sigma} \cdot \ln N) \cdot D}{A_{\text{ддд}}} \cdot \sqrt[5]{\frac{A_{\text{ддд}}}{A_{\text{ддд}}}} \times \left[-\arctg \left(\frac{-h \cdot \sqrt{a}}{D} \cdot \sqrt[5]{\frac{A_{\text{ддд}}}{A_{\text{ддд}}}} \right) \right] \quad (1)$$

где $K_{\text{дин}}$ — динамический коэффициент; p — давление от колеса на покрытие, МПа; $m_{\text{ао}}$ — коэффициент Пуассона асфальтобетона; N — число приложенных нагрузок; $E_{\text{ддд}}$ — продольный модуль, характеризующий величину пластической деформации (модуль пластичности), МПа; h — толщина слоя, м; $E_{\text{б}}$ и $E_{\text{осн}}$ — модули упругости соответственно асфальтобетона в рассчитываемом слое и подстилающего слоистого полупространства, МПа; D — диаметр отпечатка шины расчетного автомобиля, м.

Для применения формулы (1) необходимо определить зависимость модуля пластичности от величины напряжения, температуры асфальтобетона, марки битума и др. факторов. Поэтому задачей настоящей публикации является разработка методики лабораторных испытаний и определение функциональной зависимости, заданной таблично для последующего математического моделирования, модуля пластичности асфальтобетона от перечисленных факторов.

Для испытаний нами были изготовлены цилиндрические образцы асфальтобетонов из расчета, чтобы одна группа образцов, имеющая одинаковые составы, остаточную пористость и температуру при испытании, насчитывала 10 об-

разцов. Каждый образец изготавливался в стальной форме при помощи уплотнения гидравлическим прессом, что соответствует требованиям ГОСТ 12801.

Экспериментальные исследования проведены в лабораторных условиях посредством испытания образцов на разрывной машине РГД-5. Нагрузка на образец передавалась через жёсткий круглый штамп диаметром 10 см, на который оказывалось силовое воздействие со стороны нагрузочного механизма. Нагрузка прикладывалась ступенями с шагом 19,62 Н. Поверх штампа строго по центру устанавливался штамп диаметром 2 см снабженный двумя заплечиками, на которые устанавливались измерительные стержни индикаторов часового типа марки ИЧ-100. В результате испытаний установлено, что математическая модель модуля пластичности асфальтобетона может быть дана экспоненциальной функцией вида:

$$E_{п\text{лаб}} = a_{пм} \cdot \exp(b_{пм} \cdot T) \quad (2)$$

где $a_{пм}$ и $b_{пм}$ — коэффициенты, зависящие от содержания щебня в асфальтобетоне и его остаточной пористости, МПа, и $^{\circ}\text{C}^{-1}$ соответственно.

Значения постоянных коэффициентов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Значения коэффициентов $a_{пм}$ и $b_{пм}$ при температуре асфальтобетона 40 °С и давлении на образец 0,6 МПа

Содержание щебня, %	Остаточная пористость, %	Значения коэффициентов	
		$a_{пм}$	$b_{пм}$
60	5	24080,664098	-0,079162
	4	28134,654341	-0,079072
	3	35458,725911	-0,079826
50	5	21980,603940	-0,079151
	4	25495,271107	-0,078854
	3	32682,543694	-0,080250
40	5	21637,219306	-0,080149
	4	24474,732481	-0,079118
	3	31451,931973	-0,080715
30	5	20359,36221	-0,07945
	4	23636,445232	-0,079200
	3	30104,548193	-0,080975

Аналогичные данным табл. 1 результаты испытаний, получены при давлениях на образец 0,4; 0,8 и 1 МПа и температуре асфальтобетона 10; 20; 30 и 50 °С, что в последствии позволит разработать четырех факторную математическую модель модуля пластичности асфальтобетона.

Литература:

1. Чусов, В. В. Применение теории накопления повреждений в условиях пластичности асфальтобетона для расчета дорожных покрытий по сопротивлению сдвигу // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 221–227.
2. Новиков, А. Ю. Учет поврежденности монолитных и дискретных материалов при проектировании дорожных конструкций // Молодой ученый. — 2016. — № 8. — с. 265–270.
3. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Модификация критериев прочности и условий пластичности при расчетах дорожных одежд // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2015. № 1 (41). — с. 47–54.
4. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Учет поврежденности структуры асфальтобетона в критериях прочности и условиях пластичности // В сборнике: Политранспортные системы материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия — ЕС. Новосибирск: СГУПС, 2015. — с. 219–225.
5. Александров, А. С., Долгих Г. В. Калинин А. Л. Модификация критериев прочности сплошной среды для расчета грунтов земляного полотна по сопротивлению сдвигу // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск: СибАДИ, 2013. — с. 228–235.
6. Александров, А. С., Калинин А. Л. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона — Мора // Инженерно-строительный журнал. — 2015. № 7 (59). — с. 4–17.

7. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Применение критерия Друкера-Прагера для модификации условий пластичности // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2013. № 2. — с. 26–29.
8. Чусов, В. В. Перспективы применения эмпирических условий пластичности грунтов и определение их параметров при трехосных испытаниях грунтов Вестник ВолГАСУ. — 2015. № 4 (61). — с. 49–57.
9. Долгих, Г. В. Расчет грунтов земляного полотна по критерию безопасных давлений // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 6 (34). — с. 43–49.
10. Герцог, В. Н., Долгих Г. В., Кузин В. Н. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 5 (57) — с. 45–57.
11. Александров, А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография. — Омск: СибАДИ, 2014. — 152 с.
12. Семенова, Т. В., Герцог В. Н. Пластическое деформирование материалов с дискретной структурой в условиях трехосного сжатия при воздействии циклических нагрузок // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 1 (29). — с. 68–73.
13. Александров, А. С., Киселева Н. Ю. Пластическое деформирование гнейс- и диабаз материалов при воздействии повторяющихся нагрузок // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2012. — № 6. — с. 49–59.
14. Семенова, Т. В., Гордеева С. А., Герцог В. Н. Определение пластических деформаций материалов, используемых в дорожных конструкциях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2012. — № 4 (37). — с. 247–254.
15. Александров, А. С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки // Инженерно-строительный журнал. — 2013. — № 4 (39) — с. 22–34.
16. Кузин, Н. В. Учет упруговязкопластических свойств асфальтобетонных покрытий и оснований при проектировании дорожных одежд / Автореф. канд. техн. наук. — Омск: СибАДИ, 2008. — 19 с.

Analysis of materials and technologies used in foundation construction of historical buildings in St. Petersburg

Lanko Aleksandr, student

St. Petersburg state Polytechnic University Peter the Great

The article made an analysis of materials and technologies used in the construction of foundations of historical buildings in St. Petersburg. Described in detail the characteristics of the materials that were used in different years, the construction of the city. Special attention is paid to the rubble Foundation. Shows the process works: trenching, laying of wooden sleepers, laying of the Foundation body. The main types of foundations, their classification. Also made a brief analysis of the possible causes of failure of foundations.

Keywords: rubble stone, wooden beams, Foundation, masonry, brickwork, destruction of the Foundation.

The materials

The volume of the pre-revolution housing of St. Petersburg is variously estimated from 15 to 20 million m². Most of these buildings are located in the Admiralteisky, Vasileostrovsky, Petrogradsky and Central districts of St. Petersburg, so-called «Central security area» of the city. The foundations of such houses are mostly rubble, made from local stone materials, often with the presence of wooden elements — beams, raft foundations, piles [1].

As stone materials were used in the early years of the building of Saint Petersburg rounded rocks (boulders of igneous or metamorphic rocks), in later periods non rounded rock fragments (platy stone from limestone, dolomite, sandstone). Sometimes doing the whole foundation of burnt brick.

The most widely rubble Foundation, which as a building material are mainly used in the platy limestone [2,3]. The foundations were carried out, as a rule, in the trenches that dig up without attachment, with vertical walls. The walls were mainly in lime mortar, all the gaps between the stones smashed the stones smaller sized. Used mainly technology or masonry «under the Bay», where rubble cushion layer-by-layer shed solution, or «under the blade» in which the coarse-grained material was placed by analogy with masonry [4]. The wooden elements in the foundations of historic buildings in the form of beams made of logs, with a diameter of 27–33 cm, stacked in the bottom of the trench or piles no longer than 6–9 m hammered in the ground from the bottom of the trenches, were used in the presence of weak soil and high groundwater level.

Technologies

The absolute majority of historical buildings were built on a strip of rubble foundations under the load-bearing and self-bearing external and internal brick walls, foundations and interior walls are often laid at lesser depth, subject to the heating [5]. To protect the Foundation from washout, sometimes on both sides of each ribbon Foundation scored a short pile.

According to S. N. Sotnikov [6] size of the base is determined by rules of thumb, later — on calculations using the permissible pressure on the ground. The depth of the foundations was appointed by freezing, most often it ranged from 1.5 to 2.5 m. the Foundations were deep to the «mainland» (Sands, sandy loam, clay belt), slotting bulk soils and peat.

The edges of the Foundation was arranged at the level of the planning point. The shotgun performed waterproofing layer from a mixture of lime, crushed brick and iron filings, which covered the top of the rubble to see 3–4 Sometimes as a waterproofing used: elm, lead, burnt bricks, sawn slab of limestone, calcareous clay or clay solutions.

On top of the rubble Foundation are usually kept within alignment layer, which served as a preparation for brick or white stone walls.

Defects of foundations

In the present state of rubble masonry foundations of historic buildings have a high voidness (voidness of the masonry may reach 30%) [7]. One of the reasons may be poor construction work. As a result, the filtration of surface waters in the cavities and crevices of the backing of foundations leads to completing their the surrounding soil due to the cryogenic freezing is experiencing stress and the subsequent development of defects in the body of rubble Foundation.

Another reason for the presence of defects in the rubble of limestone is ground water, which is highly sensitive to changes in natural and technical situations. Water is the main agent environment, destroying the rubble, from the regime and the properties of which largely depends on the activity of the destructive processes [8]. For this reason, the artificial lowering of groundwater is a very dangerous [9].

Classification

The rubble foundations of the buildings, with their individual design features (materials, designs and sizes), classified on three criteria: the cross-sectional shape; by material; by the presence of wood [10]. Referring to section 5 of the allocated types: right angle; speed; combo; solid plate. The foundations of all types had the projection at the level of the edge width to 10 cm and the number of ledges with a width of 10–20 cm in height limits (the foundations in the form of a plate and trapezoidal ledges had not). The material selected foundations: rubble, brick, combo (boulders — brick — booth). Boulders (whole or chipped) are found only in the

lower ranks of masonry. In some cases, meet hewn granite and calcareous plates. Solution of foundations of all types — calcareous. The tree is found in the lower body foundations in the form of beams, raft foundations, piles, located near of groundwater. The metal elements of masonry foundations rarely includes. The width of the base is only slightly greater than the thickness of the walls, in most cases it is only 1.0 to 1.5 m. the Actual pressure on the sole of foundations sometimes 2–3 times more than the design resistance of the Foundation soil, as defined by modern standards.

According to S. I. Sotnikov [11] main material was crushed stone, mainly limestone, the foundations of this type are found in approximately 90% of cases. Brick foundations are relatively rare (up to 1% of cases), combo detail: fit-bathroom up to 9%. Pile foundations are used only in those homes that are located in the area of distribution of peat (9%), but not under all houses, but only about 50% of these cases. Wooden sleepers are much more likely — about 20% of all cases. Schemes of foundations of historical buildings is shown in Fig. 1.1.

In St. Petersburg the main material of foundations of historical buildings of XVIII–XIX centuries was torn platy limestone, which was conveniently stacked. Platy laying the stone was performed on lime, lime-cement, cement, cement-sand mortar. Thus, in the construction of foundations of historical buildings occupied an important place in limestone, lying in many parts of Russia and produced in the form of a booth, and saw the hearth stone.

One of the main consumers of natural stone in construction during the XVIII–XIX centuries it was St. Petersburg [12]. In the early days of development of St. Petersburg a stone was understood as the bricks for construction of buildings and as a booth for their foundations. This means that the first and most important material in the creation of the new city was platy limestone from the local quarries. Construction limestone strata, a layered structure which is well seen in the coast cliffs, were formed in the Ordovician period of the Paleozoic era 435–500 million years ago. According to the structure and composition of this thin or fine-grained calcite or dolomite calcite limestone with an admixture of clay material. The layers of limestone separated by easily collapsing clay layers of different thickness, corroded ancient moves underwater Ordovician worms, broken natural healed cracks is also of Ordovician age. For this reason, the different layers have a natural color, strength and differ greatly their construction qualities.

Manufactories

From a large number known in the XVIII–XIX centuries the quarries that supplied Petersburg construction stone, limestone was used only a few breakings. Among the limestones, the most common were the Putilov, the Volkhov, Pudozh and Tosno. They did not possess decorative qualities and therefore, in St. Petersburg, served mainly as a constructive material.

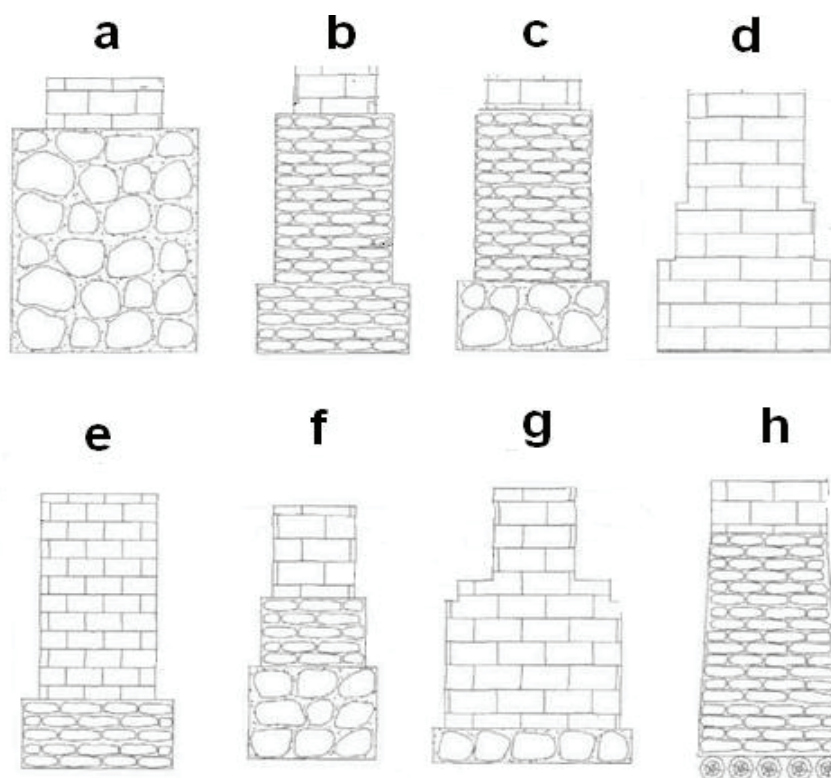


Fig. 1.1. Foundations of historic buildings: a — from boulders; b — rubble; c — rubble with boulders; d — brick e — brick with booth; f — brick, quarystone and boulders; g — brick with boulders; h — rubble on a wooden ledge

Limestones usually contain impurities in the form of sand, clay materials, compounds of iron, carbonate of magnesium and various other minerals. Depending on the content of impurities in the limestone have different natural colors: grey, bluish grey (due to impurities clay mineral glauconite), spotted-rusty (because of impurities in natural hydroxides of limonite etc.), mottled-reddish (due to impurities of iron oxide mineral hematite). The greatest value of the impurities in the limestone, are clay and magnesium carbonate [13].

Conclusions

The main material used in pre-revolutionary years for the construction of foundations in St. Petersburg was rubble stone. The depth was from 1.5 to 2.5 meters. Sole width slightly exceeding the width of the walls and ranged from 1 to 1.5 meters. The main reason for the destruction of the foundations is the fluctuation of groundwater.

References:

1. Alekseev, G.V. Osobennosti deformirovaniya butovyh fundamentov i osnovanij pamjatnikov arhitektury [Features of deformation of rubble Foundation and bases of monuments] Moskow. gos. arhitektur. — stroit, un-t. — M., 2003. — 130 p.
2. Bulah, A.G. Jekspertiza kamnja v pamjatnikah arhitektury: Osnovy, metody, primery [Examination of stone in monuments of architecture: Foundations, methods, examples] / A. G. Bulah, D. Ju. Vlasov, A. A. Zolotarev i dr. — SPb: Nauka, 2005. — 198 p.
3. Kolmogorova S. S. Klassifikacija tipov butovyh fundamentov istoricheskikh zdanij Sankt-Peterburga [The classification of the types of rubble foundations of the historical buildings of St. Petersburg] / S. S. Kolmogorova // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. — SPb: PGUPS, 2004. — 52 p.
4. Kolmogorova, S.S. Ocenka harakteristik butovoj kladki fundamenta [Evaluation of characteristics of rubble Foundation] / S.S. Kolmogorova // Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva: 59-ja mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija molodyh uchenyh — SPb: SPbGASU, 2006. Pp.6–9
5. Pashkin, E.M. Diagnostika deformacii pamjatnikov arhitektury [Diagnostics of deformation of architectural monuments] / E.M. Pashkin, G. B. Bessonov. — M.: Strojizdat, 1984
6. Sotnikov, S.N. Stroitel'stvo i rekonstrukcija fundamentov zdanij i sooruzhenij na slabych gruntah [Construction and reconstruction of building foundations and structures on soft ground]: dis. d-ra. tehn. nauk/ S.N. Sotnikov. — L., 1986. 440 p.

7. Alekseev, S.I. *Obsledovanie sostojanija butovyh fundamentov istoricheskikh zdaniy g. Sankt-Peterburga mini-telekameroy* [A survey of the state of rubble foundations of the historical buildings of St. Petersburg with mini-camera] / S.I. Alekseev, S. S. Kolmogorova // *Teoreticheskie i prakticheskie problemy geotekhniki: mezh-vuz. tematich. sb. tr.* — SPb: SPbGASU, 2005. — S. 25–30.
8. Pashkin, E.M. *Priroda formirovaniya deficita nesushhej spo-sobnosti i specifika inzhenernoj zashhity pamjatnikov arhitektury* [The nature of formation of deficiency of the bearing capacity and specificity of the engineering protection of architectural monuments] / E. M. Pashkin, V. M. Kuvshinnikov, A. A. Nikiforov i dr. // *Geojekologija*, № 6, Pp. 3, 1996
9. A. Lanko, A. V. Ulybin, A. Je. Radchenko. *Metodika predvaritel'noj ocenki celesoobraznosti pokupki i rekonstrukcii podval'nyh pomeshhenij nebol'shoj ploshhadi* [Methodology for a Preliminary Assessment of the Feasibility of Investing in the Small Basements]. *Construction of Unique Buildings and Structures* No. 3 (30). 2015. Pp. 188–208
10. Kutukov, V.N. *Rekonstrukcija zdaniy* [Reconstruction of buildings] / V.N. Kutukov. — M.: Vysshaja shkola, 1981. — 263 p.
11. Sotnikov, S. N. *Stroitel'stvo i rekonstrukcija fundamentov zdaniy i sooruzhenij na slabyh gruntah* [Construction and reconstruction of building foundations and structures on soft ground]: dis. d-ra. tehn. nauk/ S.N. Sotnikov. — L., 1986. 440 p.
12. Glinka, S. *Kamennye stroitel'nye materialy: rukovodstvo dlja studentov instituta putej soobshhenija* [Stone building materials: a guide for students of the Institute of communications] / S. Glinka. — SPb., 1991.
13. Kupcov, A. G. *Struktura glubinoj ohrannoj zony pamjatnikov arhitektury* [The structure depth of the security zone of monuments of architecture] / A. G. Kupcov, E. I. Romanova // *Geojekologija*. — SPb., 1995, № 4. — 77 p.

Analysis of regulatory documents required and recommended for use in Russia during the examination of the foundations and basements of buildings

Lanko Aleksandr, student

St. Petersburg state Polytechnic University Peter the Great

The main document regulating the conduct of the survey of basements and foundations is GOST 31937–2011 «Buildings and structures. Rules of examination and monitoring of technical condition» [1]. This document introduced with effect from 1 December 2014 to replace the outdated GOST 53778–2010 [2] for voluntary application. One of the distinguishing features of the new document is a separate section in the Foundation. In section 5.2. «A examination of technical condition of bases and foundations» and determined the composition, volumes, methods and sequence of works on inspection of technical condition of foundations and basements in accordance with the technical specifications. The scope of work listed in this regulatory document can be divided into three parts: a survey of Foundation soils, the Foundation of the sampling and laboratory testing and calculations. The scope of works for the survey of soil bases and foundations of buildings (structures) include:

- Desk study on geological engineering research carried out in this or in neighboring areas;
- study plan and site improvement;
- study of materials relevant to laying the foundations of the investigated buildings and constructions;
- the excavation of test pits, mainly near foundations;
- drilling wells with the selection of soil samples, groundwater samples and the determination of their level;
- test of soil;

- soil testing static load;
 - soil testing by geophysical methods;
 - laboratory tests soils and groundwater;
 - condition survey pile artificial bases and foundations.
- During the examination of bases and foundations is recommended to perform the following work:
- clarify the geotechnical structure of site development;
 - take ground water samples to evaluate their composition and aggression (if necessary);
 - determine the types of foundations, their shape, size, depth, reveal a previously completed underpinning and anchoring grounds;
 - set damage to the foundations and determine the strength of materials to their structures;
 - take samples for laboratory testing of materials foundations;
 - establish the presence and condition of waterproofing.
- The location and total number of workings, sounding points, the necessity of application of geophysical methods, volume and composition of physico-mechanical characteristics of soils determined by the SP-11–105–97 [3] and depends on the size of the building or structure and the complexity of engineering-geological structure of the site. The survey of soils associate the new data with archive data (if available).
- Test pits dug depending on local conditions with an external or internal side of foundations. As a rule the examina-

tion of the basement there is no possibility of adopc sounding with the outside of the building. The pits have on the basis of the following requirements:

- in each section of the Foundation of one pit in each kind of design in most on loaded and non-loaded areas;
- if you have mirrored or repeated (and contours) sections one section off all the pits, and the rest have one or two pits in the most loaded areas;
- in places where you intend to install additional intermediate supports, each section off one pit;
- optional tear off for each building two to three test pits in the most loaded areas on the opposite side of the wall, where there is development. In the presence of deformations of the walls and foundations of the pits in these places digging is required, whereas in the process appoint an additional test pits to determine the boundaries of weak Foundation soils, or borders of foundations that are in poor condition.

The depth of the pits near the Foundation should exceed the depth of the bottom 0.5–1 m. This is necessary, for example, to determine the presence of wooden beams. The length of the exposing section of the Foundation must be sufficient to determine the type of Foundation and assessment of the state of its structures.

Equipment, ways of penetration and fastening openings (wells) engineering geological purpose is selected depending on the geological conditions and terms of the entrance transport, the availability of communications, the compressed sites, the soil properties, the transverse dimensions of the test pits and depth of excavation. For studies of soil below the bottom of Foundation well is being drilled from the bottom of the pit. The results of the geotechnical survey in accordance with SNiP 2.02.01–83 [4] and SNiP 2.02.03–85 [5] must contain the data required for:

- determine the properties of the Foundation soils for the ability to add additional floors, the device of cellars, their penetration, etc.;
- identify the causes of defects and damages and identify measures on strengthening of the bases, foundations, advancement structures;
- choosing the type of waterproofing underground structures, basements;
- establish the type and amount of dewatering activities at the site.

The width of the base of the Foundation and the depth of laying should be determined by field measurements. In the most loaded areas of the sole determine the width of the bilateral pits, in less loaded — allowed to take a symmetrical development of the Foundation according to the sizes defined in a one-sided pit. The depth of the foundations is determined using suitable measuring instruments.

An assessment of the strength of materials foundations performed by nondestructive methods or laboratory tests. In our time, unfortunately, often have to deal with the failure of technology application methods, reduced volume control, not the implementation of the preparatory works and other disturbances [6]. Samples of materials foundations for labo-

ratory testing in cases where their durability is crucial in determining the ability of additional the load of or upon detection of deterioration of the material of the Foundation.

During the inspection of the foundations record:

- cracks in the structures (transverse, longitudinal, oblique, etc.);
- the exposed rebar;
- fall of concrete and masonry, cavity, sink, damage to the protective layer, revealed areas of concrete to change its color;
- damage to the reinforcement, embedded parts, welds (including corrosion);
- schemes bearing structures, the mismatch sites of intersection prefabricated structures design requirements and the deviation of the actual geometric dimensions of the design;
- the most corrupted and damaged sections of the structures of foundations;
- the results of determining the moisture content of the Foundation material and the presence of waterproofing.

For foundations of historical buildings of St. Petersburg focuses on the identification of cracks, the destruction of the brickwork. The presence of metallic elements in such structures are extremely rare.

According to the results of the visual survey on extent of damage and the characteristic when the signs of the defects provide a preliminary evaluation of the technical condition of the foundations. If the results of the visual inspection is insufficient to assess the technical condition of the foundations, carried out a detailed (instrumental) examination, which can be continuous or selective. Sure, the cost of the visual inspection are much lower detailed. You must try as much as possible to use visual inspection where it will not affect the quality of the results. Reducing the cost of operations in this case are «at the forefront» in the competition for a particular object [7]. Continuous survey carried out in the absence of project documentation, the reconstruction of a building with increase in load (including when the depth of the basement), defects of the structures, reducing their carrying capacity, in some other cases.

A sample survey is carried out if necessary, examination of individual structures, and in potentially dangerous places, where due to the unavailability of structures, it is impossible to conduct complete surveys.

Another important regulatory instrument for the inspection of buildings is BCH 57–88 (r) [8] «Regulations on technical inspection of residential buildings». However, it should be noted that the provisions in this document is obsolete and should be used with caution and in cases of impossibility of use of the basic GOST described above.

You can not just ignore the building rules SP 13–102–2003 [9] «Rules of examination of bearing building structures of buildings and constructions», which are really not relevant in this work due to the lack of a separate part of the foundations in addition, there are a significant number of normative documents in the form of a SNiP, SanPiN, SP, GOST, VSN, TSN, RD, which contain the requirements for

building constructions, engineering systems, the parameters of the microclimate, surrounding area and etc. Moreover, the current documentation has a narrow specificity, the effective use of it in practice is complicated due to the large amount of information and the need for its analysis to apply when examining a particular object.

In accordance with the objectives of the study the analysis of the organization of the survey of residential buildings in the normative acts and documents.

In accordance with SP 13–102–2003 inspection of buildings is generally carried out in three related phases:

- 1) preparation for conducting the survey;
- 2) preliminary (visual) examination;
- 3) detailed (instrumental) examination.

Preparations for the survey includes familiarization with the object, project, Executive and operational documentation. Most of the work on the survey performed in immediate proximity to the structure, therefore in the preparatory phase and address the issues of access. The existing building is difficult enough to get permission from the owners of adjacent premises, for example during the examination of the overlaps [10].

Visual inspection is carried out for preliminary assessment of technical condition of building structures by their appearance and the need to conduct detailed instrumental examination. Unfortunately, it is difficult to find a universal algorithm for visual inspection, in the modern normative documents is virtually no guidance on the procedure of examination about the sequence of actions [11]. The basis of the preliminary inspection is the inspection of buildings and separate constructions with application of simple measuring tools and instruments (binoculars, photographic equipment, tape measures, calipers, feeler gauges, etc.).

According to the results of the visual inspection is a preliminary assessment of the technical condition of building

structures, which is determined by the characteristic signs of defects and damages. If the results of the visual inspection will be insufficient to achieve the objectives, and conduct detailed instrumental examination. In this case, if necessary, a program of works for detailed examination.

Detailed instrumental examination includes work on the measurement of the required geometric parameters of buildings, structures and their elements, including the use of special instruments, instrumental determination of parameters of defects and damages, determining the actual strength characteristics of materials of the basic bearing structures and their elements, measurement of parameters of the internal operational environment, the definition of actual operating loads at the expense of opening individual sections of the designs and the actual design scheme. On the basis of the obtained data of instrumental examinations are conducted check calculations, analysis of the causes of defects and damages in structures. Further components of the final document with conclusions on the survey results and recommendations for further operation or special events. The conclusions contain the category of the technical condition of the object of examination in accordance with SP 13–102–2003:

- 1) proper technical condition;
- 2) serviceable condition;
- 3) limited-a serviceable condition;
- 4) unacceptable technical condition;
- 5) emergency technical condition.

The article analyzes the current normative documents regulating the activities on the survey of the bases and foundations of buildings. The documents contain a detailed description of works on tool survey. At the same time, the visual survey method is given insufficient attention. It is necessary to develop more detailed recommendations for the visual inspection of bases and foundations, and building as a whole.

References:

1. GOST 31937–2011 «Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tehničeskogo sostojaniya» [Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition] 2012.
2. GOST 53778–2010 «Zdaniya i sooruzheniya. Pravila obsledovaniya i monitoringa tehničeskogo sostojaniya» [Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition] 2010
3. SP-11–105–97 «Inženerno-geologičeskie izyskanija dlja stroitel'stva» [Engineering-geological surveys for construction] 2012.
4. SNiP 2.02.01–83 «Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij» [The grounds of buildings] 1983.
5. SNiP 2.02.03–85 «Svajnye fundamenty» [Pile foundations] 1985.
6. Ulybin A. V. O kachestve instrumental'nogo obsledovaniya zdaniy [About the quality of the instrumental examination of buildings] / Integracija, partnerstvo i innovacii v stroitel'noj nauke i obrazovanii: Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauch. konf. [Integration, partnership and innovations in construction science and education: materials of the International scientific conference]. — M.: Izd-vo MGSU, 2015. Pp. 222–228
7. V. Ulybin, S. V. Zubkov. Problemy cenoobrazovaniya na rinke obsledovaniy zdaniy i sooryjenij [Problems of pricing in the market of inspection of buildings and structures] Magazine of civil engineering, 2010 No. (17) pp. 53–56
8. VSN 57–88 (r). Polozhenie po tehničeskomu obsledovaniju zhilyh zdaniy [Technical inspection of residential buildings]. — M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP, 2003. — 92 p.
9. SP 13–102–2003 Pravila obsledovaniya nesušhih stroitel'nyh konstrukcij zdaniy i sooruzhenij [Rules of examination of bearing building structures of buildings and constructions] — M.: Gosstroj Rossii, GUP CPP, 2003

10. Lanko, A.V. Ulybin, A. Je. Radchenko. Metodika predvaritel'noj ocenki celesoobraznosti pokupki i rekonstrukcii podval'nyh pomeshhenij nebol'shoj ploshhadi [Methodology for a Preliminary Assessment of the Feasibility of Investing in the Small Basements]. Construction of Unique Buildings and Structures No. 3 (30). 2015. Pp. 188–208
11. V. Ulybin, N.I. Vatin. Kachestvo vizualnogo obsledovaniya zdaniy i sooruzheniy i metodika ego vipolneniya [The quality of the visual inspection of buildings and constructions and the method of its implementation] Construction of Unique Buildings and Structures No. 10 (25), 2014, p.p.134–146.

Разработка технологии и рецептуры производства бисквитного полуфабриката с черемуховой мукой

Лукин Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;
Меренкова Светлана Павловна, кандидат ветеринарных наук, доцент;
Фомина Татьяна Юрьевна, учебный мастер
Южно-Уральский государственный университет

В статье представлена разработанная рецептура бисквитного полуфабриката с частичной заменой пшеничной муки на черемуховую. Цель научной работы — исследовать возможность применения продуктов переработки из плодов черемухи в производстве бисквитного полуфабриката, позволяющих направленно регулировать состав и совершенствовать процесс получения высококачественных продуктов при эффективном расходовании сырья. В ходе исследования объем черемуховой муки изменялся и при выпечке бисквитных полуфабрикатов составил: 5, 10 и 20%. Было установлено, что 5% замена муки — не влияет на органолептические показатели качества, а 20% — происходит ухудшение органолептических показателей: вкус, запах. Приведена технологическая схема бисквитного полуфабриката с черемуховой мукой. Результаты исследования показали целесообразность использования в рецептуре бисквитных полуфабрикатов нетрадиционного вида муки, такого, как черемуховая мука, которая способствует получению бисквитных полуфабрикатов высокого качества, повышенной пищевой и биологической ценности.

Ключевые слова: бисквитный полуфабрикат, черемуховая мука, органолептические показатели качества, рецептура, технологическая схема.

Бисквитный полуфабрикат всегда пользовался большой популярностью. Доступная цена, разнообразие вкуса, оформления делают этот продукт привлекательным, поэтому целесообразно рассматривать его в качестве объекта для обогащения добавками.

Развитие рынка кондитерских изделий характеризуется увеличением объемов производства бисквитных тортов в 1,6 раза, благодаря чему он становится наиболее перспективным объектом для обогащения функциональными ингредиентами, нехватка которых в питании является серьезной проблемой [3].

Объектом исследования в данной работе является черемуховая мука. Черемуховая мука — уникальный продукт из высушенных плодов дикорастущей черемухи обыкновенной. В черемухе содержится огромное количество полезных веществ, в том числе и дубильных, которые оказывают существенное влияние на замедление различных болезней желудочно-кишечного тракта, диареи и воспаления. Она характеризуется мощным бактерицидным, укрепляющим свойствами. Плоды черемухи хорошо насыщают и укрепляют организм витаминами [4–6].

В 100 гр. черемуховой муки содержатся следующие компоненты, мг: железо — 0,2, марганец — 1,0, цинк —

0,3, медь — 0,1, кобальт — 10,0, магний — 0,9; витамины: витамин С, каротин, флавоноиды [1–2].

В приготовлении бисквита использовалась черемуховая мука, так как она, по сравнению со свежими ягодами черемухи, обладает более выраженным вкусом и ароматом и удобна в применении на производстве, так как не требует дополнительной обработки.

Оригинальность работы заключается в создании не только в создании бисквитного полуфабриката с черемуховой мукой, но совершенствование технологии производства, за счет внедрение в технологическую линию аэратора HansaMixer, который предназначен для смешивания и насыщения очищенным воздухом, гомогенизации, придания «воздушности», поддержания заданной температуры бисквитного полуфабриката.

Аэратор — это принципиально новая технологическая система гомогенизации продукта в условиях полной герметичности. Эта технология позволяет производить новые эксклюзивные продукты и обеспечивает длительные сроки хранения продукта. Технология аэрации улучшает качество массы, увеличивает ее объем и пластичность, что способствует улучшению формообразования массы и точности дозирования. Сегодня аэраторы стали необхо-

димым элементом технологии в любом современном кондитерском производстве. Благодаря включение аэратора в технологический процесс производства бисквитного полуфабриката, повышаются необходимые вкусовые качества готового изделия.

Объектами исследования являлись:

- мука черемуховая (ТУ 9164–001–96696443–2008);
- бисквитное тесто с добавлением и без добавления черемуховой муки (унифицированная рецептура на бисквит «Домашний» (ТУ 9134–026–35559904–2015).

Полученные образцы теста и готовых изделий изучали с использованием обще-принятых методов исследования. Органолептические показатели изучали по обще-принятым методам. Физико-химические показатели: массовую долю влаги — по ГОСТ 5900–73; щелочность — по ГОСТ 5898–87; массовую долю сахара — по ГОСТ 5672–68; массовую долю жира — по ГОСТ 5668–68.

В нашем случае черемуховая мука вводится в тесто при замесе вместе с мукой. В табл. 1 и 2 представлены рецептуры бисквита без добавления черемуховой муки и с ее добавлением на 10 кг готовой продукции.

Таблица 1. Рецептура, унифицированная на бисквит «Домашний»

Наименование сырья	Содержание СВ, %	Расход сырья на 10 кг готовой продукции, кг	
		В натуре	В сухих веществах
Мука пшеничная в/с	85,5	3,83	3,27
Меланж	22,5	5,45	1,22
Сахар-песок	99,85	2,75	2,75
Соус майонезный	35	1,84	0,64
Сода пищевая	50	0,094	0,047
Итого	–	13,964	7,927
Потери	5,38	–	0,427
Выход	7,5	10	7,5

Таблица 2. Рецептура, унифицированная на бисквит «Домашний» с добавлением черемуховой муки

Наименование сырья	Содержание СВ, %	Расход сырья на 10 кг готовой продукции, кг	
		В натуре	В сухих веществах
Мука пшеничная в/с	85,5	3,83	3,27
Меланж	22,5	5,45	1,22
Сахар-песок	99,85	2,75	2,75
Соус майонезный	35	1,84	0,64
Сода пищевая	50	0,094	0,047
Итого	–	13,964	7,927
Потери	5,38	–	0,427
Выход	7,5	10	7,5

Для приготовления бисквита с черемуховой мукой в миксер последовательно загружаются меланж, сахар-песок, соус майонезный. Сырье перемешивается до однородного состояния. Затем вносится мука пшеничная в/с, мука черемуховая и разрыхлитель (сода пищевая). Смесь сырья повторно перемешивается и перекачиваются в расходную емкость. Приготовленное тесто насосом подается в аэратор HansaMixer.

Скорость вращения аэратора для бисквита с черемуховой мукой 300–320 об/мин. Плотность бисквитной массы на входе в аэратор 900–950 г/см³. Плотность бисквитного теста на выходе из аэратора 500–520 г/см³, и регулируется автоматически на пульте управления.

Охлаждение аэратора производится при помощи охлаждающего теплообменника. Насыщение бисквитной массы газом происходит в автоматическом режиме при помощи воздуха.

В процессе аэрирования происходит соединение пузырьков воздуха с молекулами продукта. Это приводит к изменению структуры подвергаемого аэрированию бисквитного теста, соответственно, приданию новых требуемых качеств и свойств.

Целью аэрирования бисквитного теста является придание «воздушности», пышности полученному продукту. Кроме того, аэрирование делает бисквит более гомогенным, нежным на вкус, менее калорийным. Кроме того использование аэратора в технологической линии по производству бисквитного полуфабриката позволяет совершенствовать процесс получения бисквитного полуфабриката при эффективном расходовании сырья, за счет уменьшения в рецептуре муки пшеничной в/с.

Приготовленное тесто, при помощи насосов подается в воронку тестоотсадочной машины.

С помощью дозатора отсадочной машины заполняют формы на $\frac{3}{4}$ объема. Формы смазываются маслом или эмульсией, ставят на листы, которые расставляют на производственных столах. Затем листы с формами ставят на вагонетки, и направляют на выпечку в ротационную печь «Восход». Продолжительность выпечки 30 мин, температура 180°C. Выпеченный полуфабрикат охлаждается в форме 30 мин, затем листы с выпеченным полуфабрикатом выкладывают на вагонетку и вручную перевозят

в остывочное отделение. Выстаивание производится в течение 8 ч при температуре 18°C. Затем вагонетку перевозят в цех и на специальных столах зачищают с помощью ножа и разрезают бисквит по слоям. Разрезанный бисквит укладывают стопкой и направляют на сборку торта.

В ходе исследования объем черемуховой муки изменялся и при выпечке бисквитных полуфабрикатов составил: 5, 10 и 20%. Фотографии готовых бисквитных полуфабрикатов представлены на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид готовых бисквитных полуфабрикатов: бисквит «Домашний» (контроль), бисквит с содержанием черемуховой муки (5%), бисквит с содержанием черемуховой муки 10% и бисквит с содержанием черемуховой муки (20%) (слева–направо)

Образец с содержанием черемуховой муки 5% по органолептическим показателям (форма, поверхность) соответствуют норме: цвет — светло-коричневый с вкраплениями внесенной муки, вид на разрезе — хорошо пропеченный. Пористость равномерная, вкус и запах — хруст и горечь не ощущались.

Образец с содержанием черемуховой муки 10% по органолептическим показателям (форма, поверхность) соответствуют норме: цвет — коричневый однородный, свойственный внесенной черемуховой муке, вид на разрезе — легкий, пропеченный бисквит, вкус и запах — без постороннего привкуса и запаха. Черемуховая мука придает ромово-миндальный запах бисквиту (рис. 2).

Образец с содержанием черемуховой муки 20% по органолептическим показателям (форма, поверхность) соответствуют норме: цвет — темно-коричневый однородный,

вид на разрезе — хорошо пропеченный, пористость равномерная, структура плотная, вкус и запах — чрезмерно насыщенный островатый вкус и аромат; ощущался хруст и лёгкая горечь.

Контрольным образцом является унифицированная рецептура на бисквит «Домашний» (ТУ 9134–026–35559904–2015). Черемуховой мукой заменяли 5, 10 и 20% пшеничной муки высшего сорта. Нами было установлено, что 5% замена муки — не влияет на органолептические показатели качества, а 20% — происходит ухудшение органолептических показателей: вкус, запах.

В контрольном образце и опытном образце (с добавлением черемуховой муки 10%) определяли массовую долю влаги, массовую долю жира, массовую долю сахара и щелочность (табл. 3).



Рис. 2. Бисквит «Домашний» (контроль) и бисквит с содержанием черемуховой муки 10% (слева–направо)

Таблица 3. Показатели массовой доли влаги, жира, сахара и щелочности готовых изделий

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Массовая доля влаги, %	33,4	35,2
Массовая доля жира, %	12,5	12,5
Массовая доля сахара, %	28,1	29,9
Щелочность, град.	0,3	0,2

Массовая доля сахара в опытном образце немного выше, чем в контрольном, за счет повышенного содержания природных сахаров в черемуховой муке по сравнению с пшеничной. Такие показатели как массовая доля

влаги, жира и щелочность изменились незначительно и соответствовали нормам.

Пористость выпеченных изделий определяли стандартным методом с помощью прибора Журавлева (табл. 4).

Таблица 4. Показатели пористости готовых изделий

Показатель	Контрольный образец	Опытный образец
Пористость, %	77	83

За счет применения аэратора повышается содержания воздуха и пористость готовых бисквитных изделий.

Разработана технология производства бисквита с добавлением черемуховой муки, благодаря органолептической оценке образцов с разной дозировкой черемуховой муки, была установлена оптимальная дозировка черемуховой муки 10%.

Результаты исследования показали целесообразность использования в рецептуре бисквитных полуфабрикатов нетрадиционного вида муки, такого как, черемуховая мука, которая способствует получению бисквитных по-

луфабрикатов высокого качества. Благодаря включение аэратора в технологический процесс производства бисквитного полуфабриката, повышаются вкусовые качества готового изделия, придается «воздушность», улучшается качество массы и увеличивается ее объем.

Приведенные выше результаты исследования показывают целесообразность использования черемуховой муки в выпеченных бисквитных полуфабрикатах, так как обеспечивают улучшение органолептических и физико-химических показателей качества.

Литература:

1. Барановский, В. А. Справочник кондитера: Серия «Справочники». Ростов н/Д.: Феникс, 2003. 352 с.
2. Донченко, Л. В. Безопасность пищевой продукции. Издательство: ДеЛи принт, 2007. 540 с.
3. Зубченко, А. В. Технология кондитерского производства. Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 1999. 432 с.
4. Лукин, А. А. Перспективы создания хлебобулочных изделий функционального назначения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2015. Т. 3. № 1. с. 95–100.
5. Маршалкин, Г. А. Производство кондитерских изделий. М.: Колос, 1994. 272 с.
6. Тихомирова, Н. А. Технология функционального питания. М.: Изд. дом ООО «Франтэра», 2002. 213 с.

Регулирование состояний полета квадрокоптера на базе корректирующего ПД-регулятора

Максимова Анна Михайловна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В статье рассматривается метод синтеза регулятора для управления углами поворота квадрокоптера, при помощи программного пакета Matlab.

Ключевые слова: угол крена, угол тангажа, угол рыскания, квадрокоптер, Matlab, ПД-регулятор, PID Tuner.

Как известно, процесс постоянного совершенствования гражданской и промышленной авиации бази-

руется, на применении самых современных достижений в области информационных технологий. Одной из важ-

нейших тенденций в этой области является активное привлечение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Многообразие существующих и проектируемых БПЛА, множество возможных вариантов их оснащения и разнообразие вариантов их назначения, приводят нас к необходимости применения систем автоматического управления и контроля всеми функциями бортовых информационно-управляющих комплексов БПЛА.

Рассмотрим типовую конструкцию квадрокоптера (рис.1), движением которого можно управлять, изменяя скорости вращения винтов. Аппарат движется от-

носительно неподвижной инерциальной системы отсчета, связанной с Землей и заданной перпендикулярными друг другу координатными осями O_x, O_y и O_z , причем ось O_z направлена противоположно вектору силы тяжести. С квадрокоптером связана система координат, центр которой размещен в центре масс аппарата, а оси Ox_B, Oy_B и Oz_B параллельны и со направлены с осями неподвижной системы. Угловое положение аппарата задаем тремя углами: углами крена φ , тангажа Θ и рыскания ψ , определяющими вращение вокруг осей Ox_B, Oy_B и Oz_B соответственно.

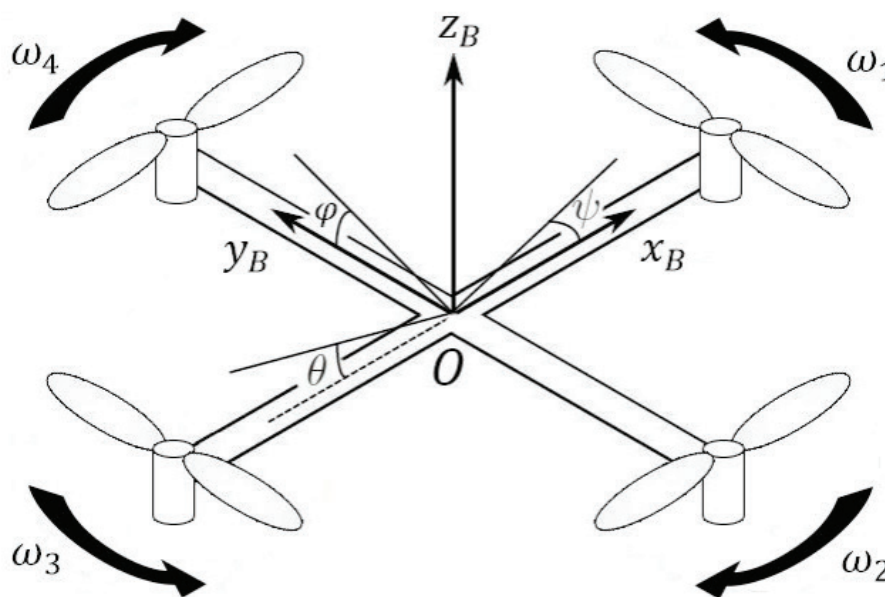


Рис. 1. Система координат связанная с квадрокоптером (ω_N скорость вращения N-ого винта)

Система автоматического регулирования с отрицательной обратной связью, в общем виде, показана на рисунке 2. Блок $V(p)$ является регулятором, $W(p)$ — объектом регулирования, g — управляющим воздействием, или уставкой, e — сигналом рассогласования, или ошибки, u — выходным воздействием регулятора, y — регулируемой величиной.

Если выходное воздействие u регулятора $V(p)$ описывается выражением:

$$u(t) = Ke(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

где t — время, а K, T_i, T_d — пропорциональный коэффициент, постоянная интегрирования и постоянная дифференцирования соответственно, то такой регулятор называют ПИД-регулятором.

ПИД-регулятор относится к наиболее распространённому типу регуляторов. Порядка 90–95% регуляторов,

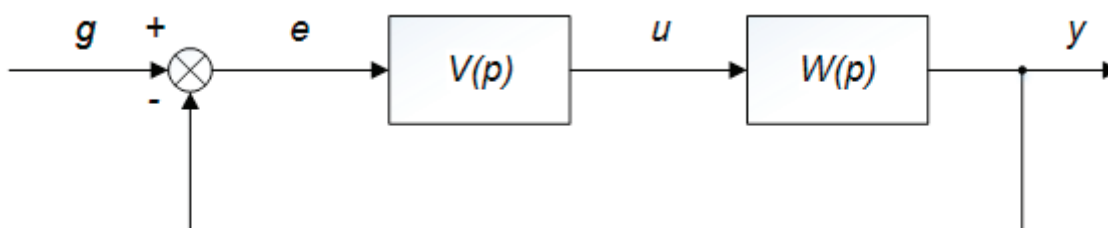


Рис. 2. Регулятор в системе с обратной связью

находящихся в настоящее время эксплуатации, используют ПИД алгоритм. Причинами столь высокой популярности являются простота построения, ясность функционирования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость.

В частном случае пропорциональная, интегральная или дифференциальная компоненты могут отсутствовать, и такие упрощённые регуляторы называют И-, П-, ПД- или ПИ-регуляторами.

Используя преобразование Лапласа при нулевых начальных условиях, передаточную функцию ПИД-регулятора можно представить в операторной форме:

$$V(s) = K + \frac{1}{T_i p} + T_d p = K \left(1 + \frac{1}{KT_i p} + \frac{T_d p}{K} \right) \quad (2)$$

где p — комплексная переменная.

Учитывая особенности ПД и ПИД-регуляторов, выберем так, что регулирование углов φ , Θ и Ψ , осуществляется с помощью ПД-регулятора.

Программный пакет Matlab включает в себя подпрограмму PID Tuner, которая позволяет автоматически подобрать коэффициенты ПИД-регулятора, в зависимости от передаточной функции объекта.

В PID Tuner используется патентованный метод настройки коэффициентов ПИД — регулятора, основанный на обратной связи с рабочими характеристиками, которые желает получить пользователь.

Начальные значения коэффициентов регулятора основаны на приближённом анализе динамики системы. Имеется возможность интерактивно настраивать время отклика в графическом интерфейсе. Доступны расширенные параметры для настройки ПИД — регулятора,

такие как задание желаемой полосы пропускания и запаса устойчивости по фазе. В графическом интерфейсе пользователя можно устанавливать несколько графиков для анализа поведения регулятора. Есть возможность использовать график отклика на единичное ступенчатое воздействие или логарифмические частотные характеристики разомкнутой системы для сравнения характеристик текущей системы с характеристиками системы соответствующей первоначальной установке коэффициентов ПИД регулятора

Для настройки данной подпрограммы сначала необходимо в поле Matlab ввести передаточную функцию объекта, это возможно при помощи команды `tf` где в квадратных скобках указывается значение числителя и знаменателя передаточной функции объекта. Команда `pidtool` вызывает окно PID Tuner для передаточной функции объекта.

Из [4] видно, что передаточная функция для угла φ :

$$W_\varphi(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{1}{p^2} \quad (3)$$

При помощи PID Tuner подберём нужные нам параметры (рис. 3 и 4). Коэффициенты ПД-регулятора подбираются в полуавтоматическом режиме в зависимости от характера графика «желаемого» переходного процесса указанного пользователем. Кроме этого, в таблице сразу оцениваются критерии устойчивости: время перерегулирование (settling time), время нарастания (rise time), перерегулирование (overshoot), максимальное отклонение (peak), запас устойчивости по коэффициенту усиления (gain margin), максимальное значение фазы (phase margin), устойчивость системы (closed-loop stability)

Controller Parameters	
	Tuned
Kp	156.2925
Ki	
Kd	18.4101
Tf	

Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	0.0667 seconds
Settling time	0.395 seconds
Overshoot	19.8 %
Peak	1.2
Gain margin	-Inf dB @ 0 rad/s
Phase margin	67 deg @ 20 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Рис. 3. Параметры ПД-регулятора угла φ полученные в PID Tuner

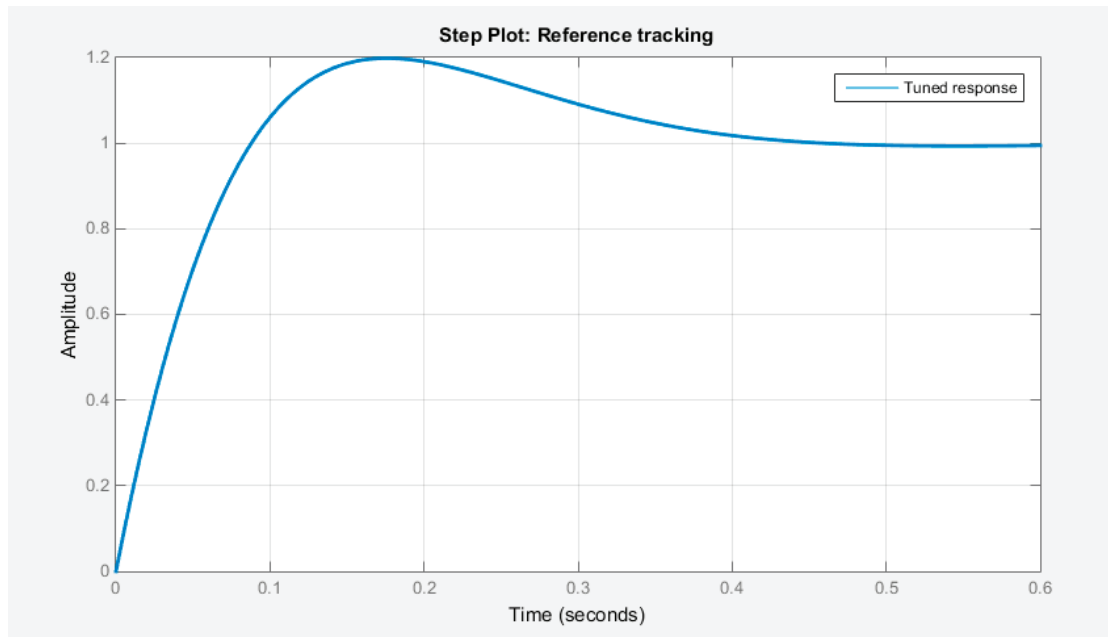


Рис. 4. Переходной процесс замкнутой системы с ПД-регулятором для угла φ

Из таблицы, изображенной на рисунке 3 можно сделать вывод, что передаточная функция регулятора имеет вид:

$$V_{\varphi}(p) = K_n + K_d p = 156,3 + 18,4p \quad (4)$$

Как понятно из рисунков 3 и 4 переходной процесс устанавливается за 0.39 секунды.

Необходимо отметить, что контуры положения по углам φ и θ идентичны по параметрам и структуре, так как параметры момента инерции с учетом симметричности квадрокоптера имеют равные значения. Исходя из этого,

можно записать передаточную функцию регулятора угла θ следующим образом:

$$V_{\theta}(p) = K_n + K_d p = 156,3 + 18,4p \quad (5)$$

Анализируя построения контуров управления [4], можно сказать, что регулирование углов ψ , θ и φ базируется на одних и тех же параметрах. Единственная разница заключается в параметре момента инерции $I = m * l^2$, где l — расстояния от центра масс до двигателя, м, а m — масса квадрокоптера, кг. Примем значение $l = 1$ м,

Controller Parameters	
	Tuned
Kp	3.7232
Ki	
Kd	21.2733
Tf	

Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	0.209 seconds
Settling time	0.336 seconds
Overshoot	1.56 %
Peak	1.02
Gain margin	-Inf dB @ 0 rad/s
Phase margin	89 deg @ 10 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Рис. 5. Параметры ПД-регулятора угла ψ полученные в PID Tuner

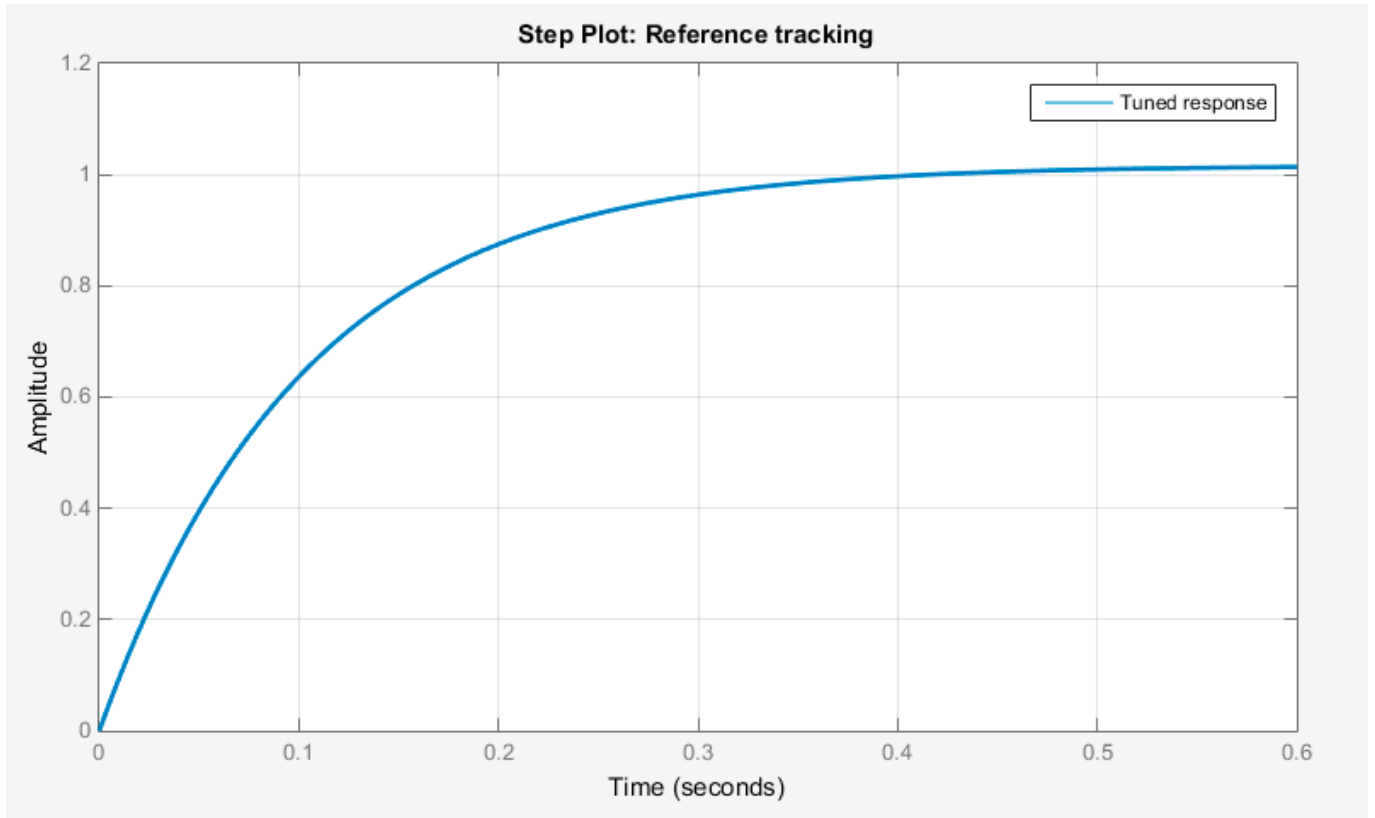


Рис. 6. Переходной процесс замкнутой системы с ПД-регулятором для угла Ψ

$m = 0,47 \text{ кг}$, то момент инерции составляет $0,47 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Следовательно, регулятор угла ψ имеет такую же передаточную функцию, как и регуляторы θ и φ с умножением его числителя на I . Передаточная функция регулятора угла ψ имеет следующий вид:

$$W_{\psi}(p) = \frac{B(p)}{A(p)} = \frac{0,47}{p^2} \tag{6}$$

Прделаем те же действия, что и ранее для нахождения ПД-регулятора угла Ψ , результаты на рисунках 5 и 6.

Согласно полученным данным ПД-регулятор можно описать передаточной функцией:

$$V_x(p) = K_n + K_d p = 3,72 + 21,27p \tag{7}$$

Таким образом, используя PID Tuner, удалось получить передаточные функции регуляторов для углов ψ , θ и φ , которые удовлетворяют таким важным показателям как:

- отсутствие длительных колебаний переходного процесса;
- малое время регулирования t_p (меньше секунды);
- не значительное перерегулирование.

Литература:

1. Белинская, Ю. С. и Четвериков В. Н. Управления четырехвинтовым вертолётном. Наука и образование. Эл № ФС 77–48211. 2008.
2. Герман-Галкин, С. Г. Модельное проектирование синхронных мехатронных систем // Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. — 368 с. — ISBN 978–5–903383–39–9
3. Гурьянов, А. Е. Моделирование управления квадрокоптером.. //Инженерный вестник, Россия, МГТУ им. Баумана. 2014
4. Дахер, С. Мехатронная система управления полетом квадрокоптера и планирование траектории методами оптической одометрии, Новочеркасск. 2014

Разработка алгоритма распределения энергетического потенциала в сетях абонентского доступа

Маткурбонов Дилшод Маткурбонович, ассистент;
 Нуштаева Озода Хасыловна, ассистент;
 Рахмонов Бунеджон Илхомжон угли, магистр
 Ташкентский университет информационных технологий (Узбекистан)

В данной статье рассмотрены методы разработки алгоритма распределения энергетического потенциала и произведен анализ предоставления качественных услуг в сетях абонентского доступа.

Ключевые слова: сеть доступа, суммарные оптические потери, энергетический потенциал, сбалансированные сети PON, алгоритмический метод проектирования.

В настоящее время важнейшими задачами для операторов сетей абонентского доступа становятся как обеспечение дальнейшей работоспособности существующих сетей, так и выбор эффективных методов проектирования новых.

При проектировании сетей абонентского доступа основное внимание уделяется распределению потерь на участке OLT (Optical Line Termination) –ONT (Optical Network Termination). Каждый компонент оптического линейного тракта является источником потерь. Однако потери оптического сигнала не должны превышать разрешенного бюджета мощности (энергетического потенциала) системы передачи.

Бюджет мощности (энергетический потенциал) — разность между уровнем оптического сигнала на выходе источника излучения (на входе в кабель) и чувствительностью приемника (на выходе из кабеля), измеряется в децибелах (дБ). На практике чаще всего величина разре-

шенного бюджета мощности находится в пределах 25... 31дБ [1].

Распределение энергетического потенциала (ЭП) можно определить через минимальное и максимальное затухание между передающим и приемным устройствами.

$$\text{ЭП}_{\max} = P_{\text{outmin}} - P_{\text{inmin}} \tag{1}$$

$$\text{ЭП}_{\min} = P_{\text{outmax}} - P_{\text{inmax}} \tag{2}$$

где: $P_{\text{outmin}}, P_{\text{outmax}}$ — соответственно минимальный и максимальные допустимый уровень сигнала на выходе передатчика;

$P_{\text{inmin}}, P_{\text{inmax}}$ — соответственно минимальный и максимальный допустимый уровень сигнала на входе приемника.

Потери на участке OLT-ONT_i (i= 1.. N-количество оконечных абонентских устройств) состоят из кабельных потерь, потерь в различных сетевых устройствах, потерь

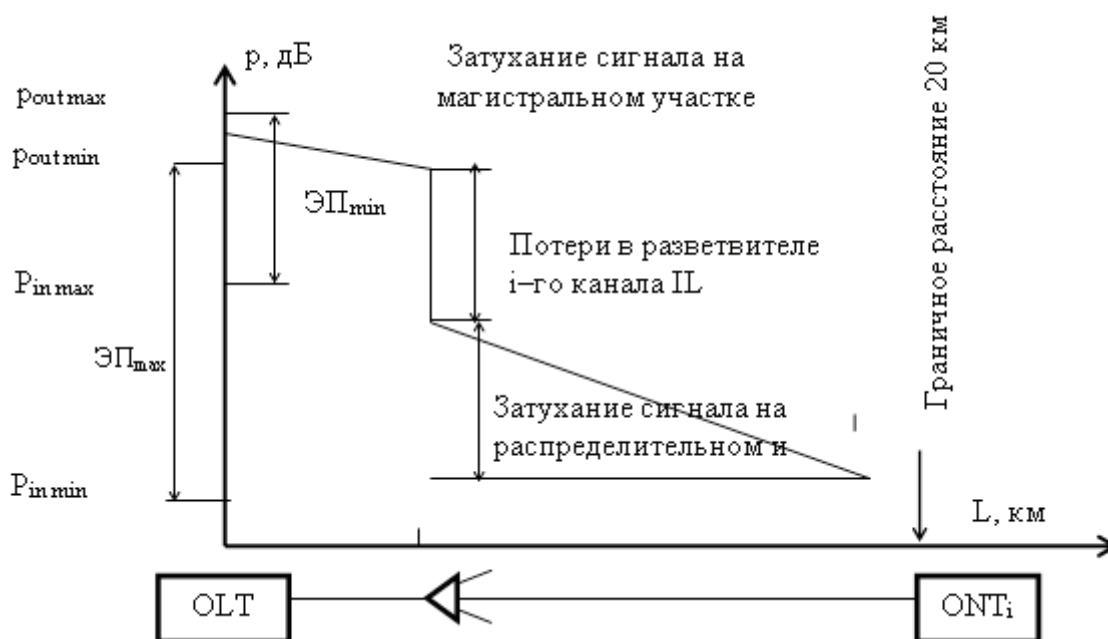


Рис. 1. Затухание сигнала в сетях абонентского доступа

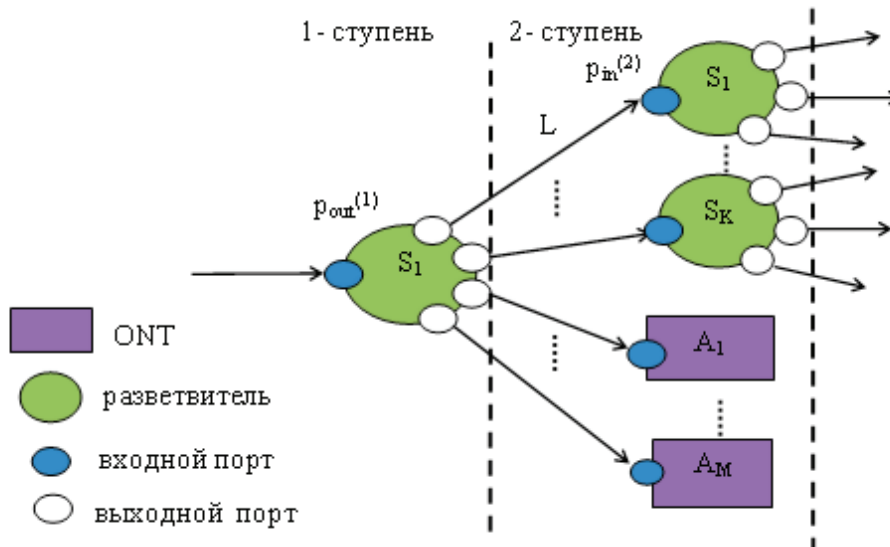


Рис. 2. “Древовидная” модель сети абонентского доступа

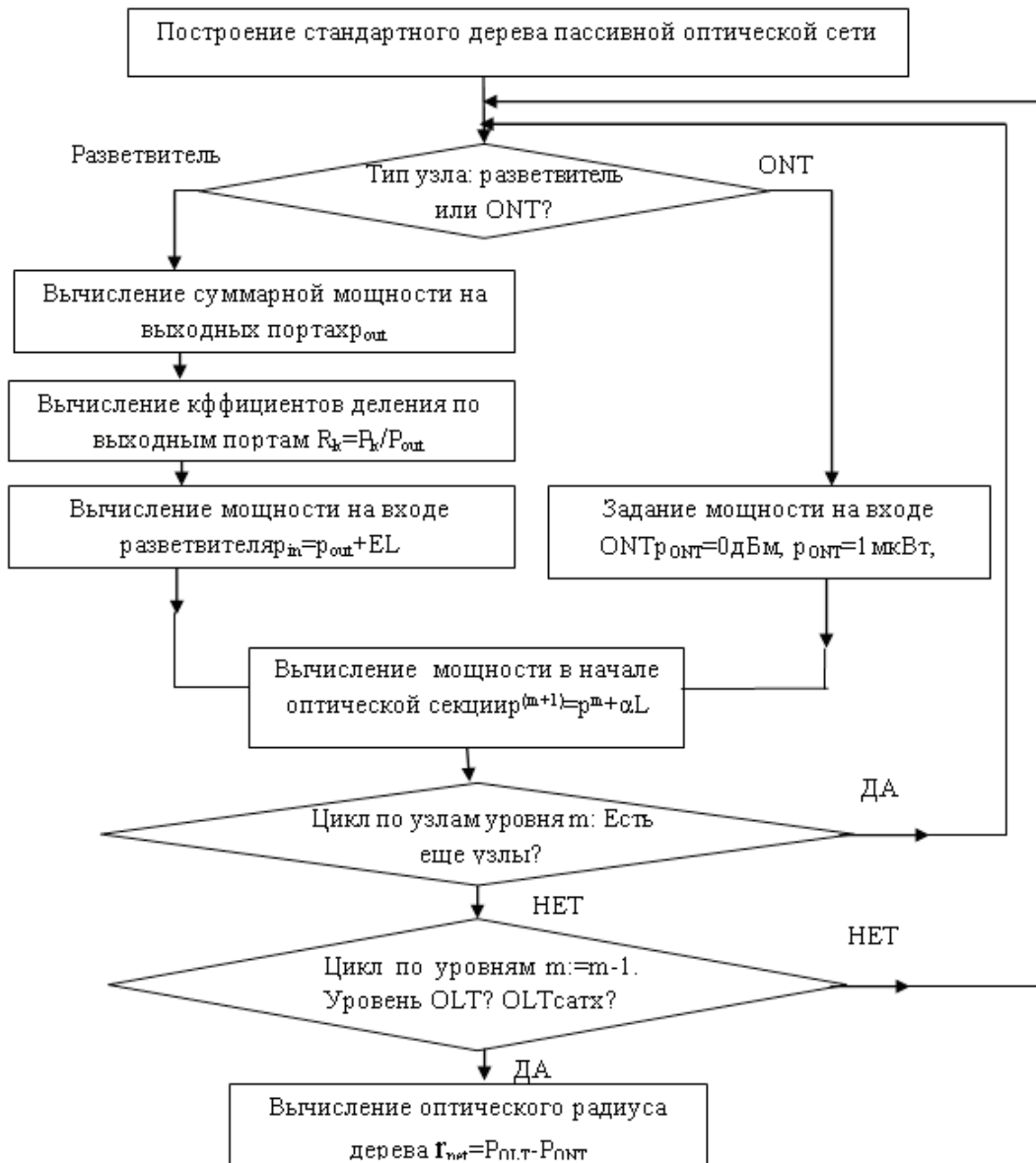


Рис. 3. Алгоритм построения сбалансированной сети PON

в разъёмных соединителях, аттенуаторах, так же влияние оказывают дисперсия, деградация оптического волокна, внешние условия [3,4].

На рис. 1 показано распределение затухания мощности сигнала в различных оптических компонентах для отдельного канала OLT-ONT_i.

При расчете распределения энергетического потенциала в сетях абонентского доступа при прохождении оптического сигнала через разветвители должны выполняться следующие условия:

- допустимое максимальное затухание сигнала не должно превышать значения, рассчитанного по формуле (1);
- допустимое минимальное затухание сигнала не должно превышать значения, рассчитанного по формуле (2).

В сетях абонентского доступа по причине разной длины оптической линии вносимые потери для различных участков OLT-ONT_i будут отличаться по величине. В этом случае необходимо иметь большой запас по мощности, что непригодно для больших разветвленных сетей. Эту проблему можно решить выравниванием оптических потерь при заданном размещении абонентов, то есть подбором коэффициентов деления разветвителей. Поэтому предлагается проектировать сбалансированные сети. Сбалансированные сети абонентского доступа — сеть, в которой полные потери по всем оптическим путям одинаковы. При

расчете сбалансированной сети всем ONT присваивается одинаковое значение входной мощности. Сеть рассчитывается от ONT, количество ответвлений до которого максимально [2]. На каждой ступени определяются коэффициенты деления разветвителей, обеспечивающих равную мощность на входных портах ONT (рис. 2).

$$P_{out} = \sum_n P_{n,out} \quad (3)$$

$$P_{in} = EL + P_{out} \quad (4)$$

$$P_{out}^{(1)} = \alpha L + P_{in}^{(2)} \quad (5)$$

В приведенной выше модели для каждой ступени потери на каждом элементе сети рассчитываются последовательно.

Результатом работы данного алгоритма является определение радиуса сбалансированной пассивной оптической сети и коэффициента деления разветвителя. Алгоритм начинается с максимального количества элементов m ступени. Блок — схема алгоритма сбалансированной сети приведена на рис. 3.

Алгоритмический метод проектирования сетей абонентского доступа на основе распределения энергетического потенциала позволяет гарантировать безошибочную доставку информации и предоставление абонентам качественных услуг.

Литература:

1. Глущенко, Д.В. Расчет оптического бюджета PON с равномерными разветвителями / Д.В. Глущенко, В.Н. Урядов // Современные средства связи: материалы XV Междунар. науч.—техн. конф., 28–30 сент. 2010 г., Минск, Респ. Беларусь. — Минск: ВГКС, 2010. — 28 с.
2. Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи. — 2-е доп. изд. / Под ред. Н.Н. Слепова. — М.: Техносфера, 2006. — 496с.
3. Магистерская диссертация “Исследования широкополосных оптических сетей доступа” /Шайхиева Б.М. Чезимбаева К.С./-2014-
4. www.comnews.ru/ (новости телекоммуникаций).

Современные проблемы разработки электропривода

Мачулин Павел Сергеевич, аспирант
Омский государственный технический университет

Принцип конструирования механических систем наделением их на стадии конструирования свойством адаптации к первичным и силовым ошибкам, к передаваемому силовому потоку необходимо закладывать ещё на этапе разработки системы управления любого изделия.

Свойство адаптации присуще биосистемам и это свойство есть средство выживания и эволюции биологических систем, оно состоит в приспособлении к изменяющимся внешним условиям. Биосистемы снабжены рецепторами, открыты, обладают множеством степеней свободы и связей, способны к саморазвитию. В проектировании

систем управления необходимо придерживаться принципов биологических систем, совершенствуя и сводя их к форме формул и математики.

Современный электропривод представляет собой сложный симбиоз электродвигателя, силового преобразователя тока и системы управления. Характеристики двигателя изменяются в зависимости от условий окружающей среды — меняется сопротивление обмоток статора, электромеханическая характеристика двигателя, в следствие чего меняются и выходные параметры привода. Для построения корректного алгоритма управления

необходимо учесть множество факторов таких как: температура окружающей среды, температура обмоток статора, изменение активного сопротивления обмоток статора, температурный дрейф операционных усилителей в цепи измерения тока, скорость ротора двигателя. Чтобы учитывать внешние факторы, необходимо усложнение аппаратной части, что влечёт за собой увеличение габаритов и массы, усложнение прибора в целом, и как следствие уменьшение его надёжности. Следовательно, нужно стремиться к максимально стабильной характеристике двигателя во всём рабочем диапазоне температур, но сводить к минимуму учитываемые параметры.

Стабильная моментная характеристика двигателя во всех условиях работы, позволит уменьшить запас прочности в исполнительной конструкции, уменьшить массу. А использование при этом минимального числа учитываемых параметров обеспечит улучшение габаритно-массовых показателей блока управления двигателем и увеличение надёжности. Так же не мало важна устойчивость привода к переменному моменту нагрузки. Для учета всех критериев ещё на этапе разработки, выполняется расчет системы управления. А так же математическое моделирование для анализа полученных данных во всех режимах и условиях работы. Расчёт системы управления и математическое моделирование работы двигателя на начальном этапе разработки привода позволяет надёжно подобрать характеристики двигателя и силового преобразователя под определённую задачу. Что в свою очередь исключает затраты на изготовление излишних макетных образцов и их испытания. Так же сокращается время разработки и изготовления поставочного образца изделия. А время дороже всего...

Правильный расчёт системы управления позволяет на этапе разработки двигателя убедиться в актуальности выполняемых работ и при необходимости внести изменения в проектируемое изделие или его систему управления. А так же отработать все необходимые варианты работы изделия, и разработать алгоритмы адаптации к так или иначе меняющимся внешним факторам.

Области применения бесколлекторных электродвигателей постоянного тока (БКЭПТ) непрерывно увеличиваются. Причинами для этого являются превосходное соотношение массогабаритных характеристик и мощности БКЭПТ, их превосходные характеристики разгона минимум затрат на техническое обслуживание и генерация малых акустических и электрических шумов относительно универсальных (коллекторных) электродвигателей постоянного тока.

Так как бесколлекторные моторы питаются переменным током, для работы им необходим специальный контроллер (регулятор), преобразующий постоянный ток от батарей в переменный. Регуляторы для бесколлекторных двигателей представляют собой программируемое устройство, позволяющее контролировать все жизненно важные параметры двигателя. Они позволяют не только менять обороты и направление работы мотора, но и обеспечивать в зависимости от необходимости плавный или резкий старт, огра-

ничение по максимальному току, функцию «тормоза» и ряд других тонких настроек двигателя.

Производителей бесколлекторных моторов и регуляторов к ним очень много. Конструктивно и по размерам бесколлекторные двигатели тоже сильно различаются. Более того, самостоятельное изготовление бесколлекторных двигателей на основе деталей от CD-приводов и других промышленных бесколлекторных моторов стало весьма распространенным явлением в последнее время. Возможно, именно по этой причине у бесколлекторных двигателей сегодня нет даже такой приблизительной общей классификации как у коллекторных собратьев. На сегодняшний день, коллекторные двигатели в основном используют на недорогих моделях, или моделях начального уровня. Эти двигатели не дороги, просты в эксплуатации, и по-прежнему составляют самый массовый вид электромоторов. Им на смену идут бесколлекторные моторы. Единственным сдерживающим фактором пока остается их цена. Вместе с регулятором бесколлекторный мотор стоит на 30–70% дороже. Однако, цены на электронику и моторы падают, и постепенное вытеснение коллекторных электромоторов — лишь вопрос времени.

Основные проблемы при разработке электроприводов заключаются в следующем:

- Характеристики двигателя изменяются в зависимости от условий окружающей среды. Меняется сопротивление обмоток статора, электромеханическая характеристика двигателя, в следствие чего меняются и выходные параметры агрегата.

- Для высоконадежных агрегатов, имеющих в составе бесколлекторные двигатели постоянного тока, необходимо резервирование системы управления. Бесколлекторный двигатель требует более сложную структуру управления. Поэтому повышается число электронных элементов, входящих в изделие, в следствие чего уменьшается надёжность агрегата в целом.

- При работе двигателя на больших скоростях имеется достаточно большой скачок создаваемого момента при изменении его знака на противоположный. Что вызывает не линейность характеристики управления, в следствие чего потерю точности стабилизации частоты вращения ротора, и развиваемого момента.

В заключение отмечу, что, несмотря на серьезную аппаратную поддержку методов векторной ШИМ, появившуюся в новейших микроконтроллерах, работы у программистов не уменьшилось. Они по-прежнему должны обеспечить в реальном времени: расчет номера базового сектора и внутрисекторного угла; определение составляющих базовых векторов и перепрограммирование ШИМ-генератора; коррекцию влияния «мертвого» времени и потерь напряжения на силовых ключах; коррекцию изменения напряжения на звене постоянного тока. Перечисленные задачи являются решаемыми, что дает уверенность в возможности быстрой разработки нового поколения перспективных цифровых систем управления приводами.

Литература:

1. Справочник. Системы управления с цифровыми регуляторами. В. И. Гостев, Киев, «Техника», 1990 г.
2. Теория систем автоматического регулирования. В. А. Бесекинский, Е. П. Попов, Издательство «Наука», Москва, 1975 г.
3. Основные тенденции развития встроенных систем управления двигателями и требования к микроконтроллерам. В. Ф. Козаченко.

Нормирование расхода топлива автомобилей при работе автоматических подогревателей

Митин Роман Александрович, студент;

Агарков Олег Сергеевич, студент;

Кулько Алексей Павлович, кандидат технических наук, доцент;

Моисеев Юрий Игоревич, кандидат технических наук, доцент, профессор РАЕ, заведующий кафедрой
Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Анализ методов нормирования расхода топлива автомобилей. Содержатся рекомендации по корректировке норм расхода топлива при работе подогревателей. Определён состав стенда для определения влияния работы алгоритма систем управления отопления на потребление топлива.

Ключевые слова: энергосбережение, отопление автомобиля, стенды испытаний.

Rationing of fuel consumption of vehicles in operation of automatic heaters

Mitin Roman Aleksandrovich, student;

Agarkov Oleg Sergeevich, student;

Kulko Aleksey Pavlovich, candidate of technical Sciences, associate Professor;

Moiseev Iuriy Igorevich, candidate of technical Sciences, associate Professor, Professor of RAE, head of the Department
Volzhskiy Polytechnic Institute (branch) Volgograd state technical University

Analysis of methods of rationing of fuel consumption of cars. Provides guidelines for the correction of norms of consumption of fuel during operation of the heaters. The composition of the stand to determine the effect of the algorithm of control systems of heating on fuel consumption.

Key words: energy saving, heating of vehicle, a test stand.

Одним из важнейших показателей эффективности автотранспортных предприятий является энергосбережение. Энергосбережения можно достигнуть за счет рационального использования топливно-энергетических ресурсов, для этого необходимо вводить обоснованные нормы расходов топливно-энергетических ресурсов. Основная задача нормирования потребления топлива заключается в формировании базы данных для анализа и контроля.

Проведенный анализ требований Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» предусматривает актуализацию системы нормативно-методических документов.

В настоящее время существует три метода нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов. Основными методами разработки норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии можно назвать расчетно-аналитический, опытный и расчетно-статистический методы [1].

Расчетно-аналитический (нормативный) метод предусматривает определение норм расхода топлива расчетным путем по статьям расхода на основе прогрессивных показателей использования этих ресурсов. Недостатки метода: сложность определения режимов работы; недостаточность нормативных данных; различия в работе идентичных объектов.

Опытный метод разработки норм заключается в определении удельных затрат топлива по данным, полученным в результате испытаний (эксперимента). Он применяется для составления индивидуальных норм, при этом оборудование

должно быть технически исправным, отлаженным, а эксплуатационный технологический процесс должен осуществляться в режимах, предусмотренных технологическими регламентами или инструкциями.

Расчетно-статистический метод основан на анализе статистических данных о фактическом потреблении за предыдущие несколько лет. Метод применим при наличии систем учета и невозможности использования первых двух методов. Результат не берется за основу и применяется при отсутствии возможности использования первых двух. Недостатки: результаты расчета подвержены влиянию неисправности систем учета энергоресурсов и технологического оборудования. Кроме того, метод скрывает нерациональное использование энергоресурсов на объектах.

Предлагается методика определения возможного уровня снижения энергетических затрат на топливо — анализ конструкции и систем управления отопления автомобилей и разработка обоснованных норм расхода топлива и определение резерва энергосбережения.

Учет дорожно-транспортных, климатических и других факторов производится с помощью ряда поправочных коэффициентов увеличения или снижения базовых норм.

Для автобусов нормативное значение расхода топлива рассчитывается по формуле [3]:

$$Q_n = 0,01 \times H_s \times S * (1 + 0,01 \times D) + N_{от} \times T \quad (1)$$

где Q_n — нормативный расход топлив, л; H_s — транспортная норма расхода топлив на пробег автобуса, л/100 км; S — пробег автобуса, км; $N_{от}$ — норма расхода топлив при использовании штатных независимых отопителей на работу отопителя (отопителей), л/ч; T — время работы автомобиля с включенным отопителем, ч; D — поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение) к норме, %.

Пользование независимыми отопителями предполагается в холодное время года при среднесуточной температуре ниже $+5^\circ\text{C}$. Как видно из формулы (1) время работы независимого отопителя не регламентировано поправочным коэффициентом, учитывающим продолжительность включения отопителя в течение рабочей смены. Очевидно, что чем ниже температура окружающей среды, тем больше потребность в тепле салона автобуса и дольше продолжительность включения независимого отопителя.

Тепловой баланс салона автомобиля составляется для расчета необходимой теплопроизводительности системы отопления. Он учитывает теплоту, подводимую в салон и отводимую от него [2]:

$$Q_o + Q_g + Q_q + Q_s + Q_l - Q_c - Q_b + Q_o = 0 \quad (2)$$

где Q_o — теплопроизводительность системы отопления; Q_g — тепловой поток, поступающий в салон от водителя и пассажиров; Q_q — тепловой поток, поступающий в салон от двигателя; Q_c — тепловой поток, отводимый через пол, потолок, стенки и стекла салона; Q_b — тепловой поток, удаляемый из салона вместе с выходящим наружу воздухом; Q_l — тепловой поток, поступающий от осветительных приборов; Q_s — тепловой поток, поступающий от нагретых солнечным излучением деталей.

Ряд величин из-за небольшой величины обычно не учитываются, например: влияние солнечной радиации, тепловой поток от двигателя, водителя и пассажиров зачастую не используют.

Известна формула для определения расхода топлива в подогревателе (G_t , кг/ч) на основе значения теплопроизводительности [2]:

$$G_t = \frac{Q_o * 3600}{\mu_o * Q_H^p} \quad (3)$$

где μ_o — коэффициент полезного действия подогревателя; Q_H^p — 42500 кДж/кг — низшая теплота сгорания дизельного топлива.

Особенностью работы систем отопления автомобилей с автоматическим управлением является значительная вариация по времени эксплуатации произведённого тепла, и, следовательно, количества топлива потребляемого автомобилем, и естественно подогревателем. Вариация потребления топлива обусловлена изменениями режима работы подогревателя. Поэтому целесообразно норму расхода топлива корректировать по формуле:

$$N_{от} = K * N_{от}^*$$

Где $N_{от}^*$ — базовая норма расхода топлива подогревателя, в данном случае потребление топлива за час на максимальной мощности; K — коэффициент корректирования нормы расхода топлива, определяется по формуле:

$$K = K_1 * K_2 * K_3 * K_4,$$

где K_1 — коэффициент корректирования, учитывающий конструктивное исполнение системы отопления автомобиля: городской, пригородный, междугородный; K_2 — коэффициент корректирования, учитывающий алгоритм работы блока

управления системы отопления; K_3 — коэффициент корректирования, учитывающий режим движения автомобиля, в частности, например городской, пригородный, междугородный; K_4 — коэффициент корректирования, зависящий от средней температуры окружающего воздуха в зимний (исследуемый) период.

Определение коэффициентов K_1 и K_2 рекомендуется проводить опытным путем. Определение коэффициентов K_3 и K_4 рекомендуется проводить расчётно-статистическим методом. Определение коэффициентов K_3 и K_4 рекомендуется проводить после определения влияния K_1 и K_2 .

Определение влияния алгоритма работы системы управления на потребление топлива автомобилем можно проводить в стендовых условиях, на основе моделирования условий работы. При моделировании можно выделить управляющие регулируемые параметры: температура жидкости на входе и выходе подогревателя в гидравлической системе, и контролируемый управляемый параметр: потребление топлива подогревателем за контрольный период.

Конструкция стенда для определения данных параметров включает следующие элементы:

1. Подогреватель
2. Водяной насос с электроприводом.
3. Радиатор (отопитель).
4. Топливный насос с электроприводом.
5. Электродвигатель.
6. Патрубки соединительные.
7. Электронный блок управления системы отопления.
8. Датчик температуры воздуха.
9. Датчик температуры жидкости на входе подогревателя.
10. Датчик температуры на выходе подогревателя.
11. Датчик температуры воздуха салона.
12. Мерный топливный бак с датчиком уровня топлива.
13. Вентилятор электрический.
14. Топливный клапан.
15. Электронный блок контроля и регистрации.
16. Расширительный бачок.
17. Кран запорный гидравлический.
18. Датчик расхода жидкостный.
19. Датчик давления.

Электронный блок управления системы отопления одержит микропроцессорный блок (контролер) который содержит программу по обработке сигналов поступающих от датчиков температуры жидкости и воздуха. Программа микроконтроллера формирует управляющие сигналы на исполнительные механизмы посредством реле и электрических усилителей: электродвигатель, вентилятор электрический, подогреватель.

Электронный блок контроля и регистрации дополнительно включает датчик уровня топлива и исполнительные механизмы: электродвигатель привода водяного насоса, электродвигатель привода топливного насоса и вентилятор электрический, датчик расхода жидкостный, датчик давления.

Стенд данного состава позволяет определять расход топлива подогревателя и совершенствовать алгоритмы управления системы автоматического управления.

Литература:

1. Запарнюк, М.Н., Сергеева А.А.2 Эффективность методов нормирования расходов топливно-энергетических ресурсов. Выпуск Декабрь 2015, ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ <http://research-journal.org/technical/effektivnost-metodov-normirovaniya-gasxodov-toplivno-energeticheskix-resursov/>
2. Расчет системы отопления транспортного средства: метод. указ. к курсовой работе / сост.: С.Н. Шумский, Е.А. Захаров; Волгоград. гос. техн. ун-т. — Волгоград, 2009. — 36 с.
3. Распоряжение Минтранса России от 14.05.2014 № НА-50-р «О внесении изменений в Методические рекомендации «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте», введенные в <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84891540045&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=energy+saving%20cheating+of+vehicle%2c+a+test+stand&st2=&sid=09240BC9C63B8B6CBD-DA9958E7019EE9.53bsOu7mi7A1NSY7iPj1g%3a10&sort=b&sdt=b&sl=61&s=TITLE-ABS-KEY%28energy+saving%20cheating+of+vehicle%2c+a+test+stand%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
4. Кулько, А.П. Разработка автоматизированной системы управления отоплением автобуса / А.П. Кулько, И.А. Стребличенко // Прогресс транспортных средств и систем — 2009: матер. междунар. н. — пр. конф., Волгоград, 13–15 окт. 2009 г.: в 2 ч. Ч. 2 / ВолгГТУ [и др.]. — Волгоград, 2009. — С. 30–31.

5. Патент на полезную модель 131673 РФ. МПК В60Н1/00. Отопительное устройства для салона транспортного средства/А. П. Кулько, Р. М. Мачехин, В. Н. Князев, Д. В. Мартыненко // Бюл. — 2013. — № 241.
6. Кулько, А. П., Кулько П. А., Энергосберегающая система климат-контроля автобуса на основе CAN-интерфейса. Известия Волгоградского технического университета. — Волгоград, 2014. — с. 27–30.

Технология обработки семян хлопчатника и изучение качества статистическими методами

Насимова Хикоят Носировна, магистрант;
Усмонов Ахтам Усмонович, доцент;
Мехомонов Илхом Ислатович, доцент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрены этапы получения, обработки хлопчатых семян, предложен метод изучения качества продукции.

Ключевые слова: хлопчатник, семена хлопка, ядро хлопка, кислотное число ядра, технология получения масла.

Хлопчатник выращивают для получения хлопкового волокна. Плод — коробочка. Масличность — 28–54%. При подготовке к извлечению масла оболочку отделяют от ядра, масличность которого равна 37–40%. Сырое хлопковое масло содержит токсичный пигмент госсипол, придающий маслу темный цвет. Для удаления госсипола масло подвергают рафинации. В хлопковом масле имеется 20–22% пальмитиновой кислоты, поэтому оно мутнеет при температуре ниже 10°C. Твердую фракцию хлопкового масла — хлопковый пальмитин — выделяют путем вымораживания и используют в процессе производства маргарина. Хлопковое масло после вымораживания не мутнеет даже при 0°C.

Растительные масла — наиболее распространенный вид жиров, широко используемый в питании. Благодаря своему составу растительные масла физиологически весьма активны, а их пищевая ценность определяется содержанием в них жирных полиненасыщенных кислот, необходимых нашему организму для построения клеток. Хлопковое масло — один из лучших видов растительного жира. Масло хлопковое рафинированное дезодорированное — натуральное хлопковое масло, изготовленное при помощи современной многоступенчатой технологии и очищенное от всех примесей. Стимулирует процессы обмена веществ в организме, обеспечивает правильный рост клеток и здоровое состояние кожи [1].

Рассмотрим подготовка масличных семян к извлечению масла. Подготовка масличных семян заключается в очистке их от всех видов примесей и сушке.

Наличие примесей ухудшает свойство масличных семян при хранении и переработке. Переработка засоренного сырья приводит к снижению качества получаемого масла, при этом возрастают потери масла, увеличивается износ и количество поломок технологического

оборудования, ухудшаются свойства обезжиренных остатков — жмыхов и шротов. Примеси являются также источником микроорганизмов, что вызывает порчу семян при хранении.

Поэтому перед переработкой масличные семена очищают от сорных масличных и металлических примесей. К примесям относятся оболочки, остатки листьев и стеблей, песок, земля, камни, семена дикорастущих и культурных растений, поврежденные семена основной культуры [3].

В промышленности для очистки масличных семян от примесей в основном используют высокоэффективные комбинированные машины. Наиболее распространены воздушно-ситовые сепараторы, в которых семена для отделения примесей просеивают через сито с подобранными размерами ячеек, а на входе и выходе из сепаратора семена продувают воздухом, уносящим легкие примеси. На выходе из сепаратора установлен постоянный магнит, улавливающий ферропримеси.

Кондиционирование масличных семян по влажности. Кондиционирование (снижение влажности) семян достигается путем высушивания. Для этого используется тепловая обработка смесью дымовых газов и воздуха. Сушка производится в сушилках разных конструкций при строгом соблюдении режима. Высушенные семена должны быть охлаждены до температуры, превышающей температуру наружного воздуха не более чем на 5°C.

Обрушивание масличных семян и отделение оболочки. Семена основных масличных культур имеют твердую оболочку, которую следует отделять перед извлечением масла. Отделение оболочки от ядра масличных семян улучшает качество получаемого масла, при этом увеличивается производительность технологического оборудования, снижаются потери масла, повышается пищевая, кормовая ценность жмыха и шрота [4].

Процесс отделения оболочки состоит из двух операций: 1) разрушение оболочек семян (обрушивание) и 2) последующее отделение их от ядра. В результате обрушивания получают смесь, называемую рушанкой, которая состоит из целого ядра, оболочки, частиц ядра (сечки), масляной пыли, целых и непольностью обрушенных семян (недоруша). Для обрушивания масляных семян применяют различные способы в зависимости от свойств оболочек и ядер. Так, обрушивание семян подсолнечника основано на ударном действии, которое раскалывает внешнюю оболочку. Для этого используют бичевые семенорушки с многократным ударом, а также центробежные семенорушки с многократным ударом. Рушанка поступает в рассев, где при помощи трехъярусных сит разделяется на семь фракций. Затем каждая фракция, кроме масляной пыли, проходит через отдельный канал аспирационной камеры, где отделяется от оболочки.

Очищенное ядро, предназначенное для прессового способа извлечения масла, должно содержать не более 3% оболочки, для экстракционного способа — не более 8%. Масличность отделенной оболочки не должна быть более чем на 0,5% выше ботанической.

В настоящее время ассортимент хлопковых масел очень разнообразен. Но не всегда качество масла удовлетворяет ожидания потребителей.

Безопасность масел регулируется законом. Для масляной отрасли наиболее важными и значимыми показателями, характеризующими качество сырья, а также

качество и безопасность извлекаемого масла, являются кислотное и перекисное числа. Исходя из этого, при анализе качества масла в лаборатории за основные приняты именно кислотное число. Основные дефекты хлопкового масла определим с помощью диаграммы Парето, с целью поиска немногочисленных существенно важных причин завышения кислотного числа среди многочисленных факторов.

Важным этапом производства рафинированного хлопкового масла, на котором формируется кислотное число, является стадия рафинации. Главными факторами, от которых зависит результат данного процесса, выявлены продолжительность и расход подаваемой щелочи в нейтрализатор.

Вероятный брак по кислотному числу является следствием не качественной нейтрализации хлопкового масла, поэтому необходимо оценить взаимосвязь между кислотным числом в хлопковом масле и расходом щелочи.

Анализ полученной диаграммы позволяет сделать следующий вывод: между анализируемыми переменными наблюдается тесная взаимосвязь, а для того чтобы кислотное число не превышало допустимого значения расход щелочи в нейтрализаторе должен быть не менее 80 л/ч.

Данная методика статистической оценки позволяет своевременно определить стабильность процессов, выявить дефекты и определить причины их возникновения. В связи с этим, а также с ее простотой в применении позволит использовать эту методику на любом предприятии.

Литература:

1. Ильясов, А.Т., Ураков Р.М. «Решение актуальных проблем рафинации и демаргаринизации хлопкового масла // Ташкент, изд. ТГТУ. — 2006. — 85 с. — статья:
2. Розметов, К.С. Точный сев хлопчатника // Сельское хозяйство Туркменистана. 2007. № 11. с.19–20.
3. Соловьев, В.П., Ибрагимов, Ш.И. Получение высококачественных и однородных семян хлопчатника для точного высева//Сельское хозяйство Узбекистана, № 8. — Ташкент. — 2002. — с.68–69.
4. Тиллаев, Х. Дрожирование семян триходермином-3 в борьбе с вилтом//Хлопководство, № 2. — Ташкент. — 2005. — 16с.

Совершенствование технологии производства колбасных изделий из мяса птицы с добавлением коллагенового геля

Нургазезова Алмагул Нургазезовна, кандидат технических наук, и.о. ассоциированного профессора;

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, и.о. профессора;

Процан Альбина Гинаятовна магистрант;

Байкадамова Асемгуль Мадиниетовна магистрант

Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

В данной статье описана технология производства полупрозрачной колбасы из мяса птицы с применением коллагенового геля. Описаны свойства мяса птицы и говядины. Изложены результаты исследований полученного продукта, проведен сравнительный анализ.

В республике производство мяса традиционно считалось одним из основных и приоритетных направлений в сельском хозяйстве. За последние два года количество птицефабрик в Республике Казахстан выросло с 40 до 56-ти, продолжается строительство 6-ти новых.

Развитие современной индустрии продуктов питания одна из актуальных задач каждого государства, которая осуществляется путем обеспечения населения высококачественными полноценными продуктами. Особое место занимает производство мяса птицы, которое с экономической точки зрения более выгодно, чем других видов мяса [1].

Фаворит среди прочих видов мяса птицы — курятина. По мнению ученых, она обеспечивает полноценный баланс белка в организме и является незаменимым материалом для роста и жизнедеятельности. Куриное мясо содержит больше белков, чем любой другой вид мяса, и при этом содержание жиров в нем не превышает 10% [2].

Количество выпускаемых колбасных изделий из мяса птицы невелико, что можно объяснить трудоемкостью их производства. Ассортимент состоит из вареных и полукопченых колбас различных видов и сортов. Например, изготавливают колбасы: высший сорт — куриная любительская, куриная детская; первый сорт — куриная, гусяная вареная. Из полукопченых распространение имеет туристская (высший сорт), утиная и куриная (первый сорт) [3].

Применяемый коллагеновый гель готовился из ног птицы и путовых суставов крупного рогатого скота, путем длительной варки в течение 120 мин предварительно измельченного сырья (ноги птицы) на волчке до размера 2–3 мм и смешивании с холодной водой (1:2). После варки идет выдержка с течение 105 минут, затем фильтрация.

Ноги птицы богаты соединительной тканью, которая насыщена жиром. Коллагеновые пучки и волокна расположены в эпителии ткани.

Приготовленный коллагеновый гель добавляют в фарш основными компонентами которого являются, мясо бройлеров механической обвалки и говядина жилованная 1-го сорта.

Для производства полукопченых колбас используют только качественное мясное сырье полученное от здоровых животных. Данный продукт вырабатывается из говядины жилованной 1 сорта и мяса птицы механической обвалки.

Таблица 1. Химический состав основного сырья

Вид мяса	Белки	Жиры	Вода
Говядина жилованная 1-го сорта	19,4	3,2	76,6
Мясо бройлеров механической обвалки	13,2	14,4	65

По вкусовым и технологическим свойствам говядина и свинина являются лучшим сырьем для изготовления мясных продуктов. Структурные белки мышечной ткани — актин, миозин и актомиозин — прекрасно связывают воду и жир, образуя в растворе разветвленную структуру, которая во время нагревания переходит в квазитвердое состояние, консистенция продукта становится прочной, упругой, эластичной и вместе с тем нежной [4].

Содержание мышечной ткани в тушках кур, цыплят, цыплят-бройлеров составляет 44–47% от массы тушки, содержание кожи с подкожным жиром — от 12 до 19,5%.

Выход бескостной съедобной массы (мышечная ткань, кожа, жир) из тушек сухопутной птицы составил от 58,9 до 69,7%.

В производстве продуктов из птицы используют: говядину I и II категорий по ГОСТ 779.

Содержание минеральных веществ в говядине и мясе птицы примерно одинаковое. Пищевая ценность говядины и мяса птицы (при сопоставимой упитанности животных и птицы) также несильно различается [4].

Белковые вещества мышечной ткани птицы характеризуются сложным составом, который сформировался в зависимости от функций той или иной группы мышц [5].

Ниже идет описание технологии производства полукопченой колбасы из мяса птицы с применением коллагенового геля, разработанная на кафедре «Технология пищевых продуктов и изделий легкой промышленности» ГУ имени Шакарима г. Семей

Для производства полукопченых колбас используют только качественное мясное сырье полученное от здоровых животных. Данный продукт вырабатывается из говядины жилованной 1 сорта и мяса птицы механической обвалки.

Нежирное мясное сырье измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм.

Измельченное мясное сырье отправляют на посол с использованием поваренной соли и нитрита натрия согласно технологической инструкции. Посоленное мясо выдерживают в течении 18–48 часов при температуре +2...+4°C.

Свежий чеснок измельчают на волчке с диаметром отверстий решетки 2–3 мм.

Все нежирное мясное сырье загружают в фарше мешалку, добавляют специи и пряности, копильный ароматизатор АРОМАРОС–М и перемешивают в течении 2–3 минут, потом вносят коллагеновый гель и перемешивают 5–10 минут до получения равномерно перемешанного вязкого фарша.

Следующей операцией является наполнение оболочек фаршем, при набивке полукопченых колбас применяют как натуральные так и искусственные колбасные оболочки. Для данного вида колбас рекомендуется использовать роторный вакуумный шприц, для получения качественного готового продукта с красивым рисунком и отсутствием воздушных пор в колбасе.

Наполненные фаршем оболочки клипсуют, перевязывают шпагатом и навешивают на рамы.

Рамы с колбасой направляются на осадку которая длится 2–4 часа при температуре окружающего воздуха +8 ... +10°C.

После осадки рамы загружают в универсальную термокамеру. И подвергают обжарке в течении 60 минут при температуре +80... +100°C. Обжарка необходима для подсушивания поверхности батона и для покраснения поверхности.

После обжарки включается режим варки в течении 40–60 минут при температуре +80 ... +85 С температура внутри батона в 68° указывает на готовность колбасы.

На следующем этапе колбасу охлаждают в течении 2–3 часов, затем коптят в течении 12 часов при температуре +35 ... +50°C.

После копчения колбасу охлаждают до температуры в центре батона +2 ... +14°C и направляют на сушку в сушильных камерах с температурой не выше +12°C и относительной влажности не более 75% в течении 2–3 суток.

Сушку ведут до достижения полукопченой колбасой регламентируемой влажности (приблизительно 40–45%).

Хранение полукопченой составляет порядка 10 суток при температуре +4 ... +8°C.

Полученный продукт исследовали, на определение аминокислотного состава, в ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности» Научно-образовательный центр, научно-исследовательская лаборатория. Результаты исследований показаны в таблице 2.

Было проведено сравнение аминокислотного состава колбасы полукопченой из мяса птицы с применением коллагенового геля и колбасой из мяса птицы «Подмосковная». Результаты сравнительного анализа представлены на рис.1 и рис.2.

Таблица 2. Определение аминокислотного состава

№	Наименование образца	Определяемый параметр	Ед. Изм.	Результат испытаний	НД на метод испытания
1	Образец колбасы	Аланин	%	1,45	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Аргинин	%	1,28	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Валин	%	1,53	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Гистидин	%	0,27	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Глицин	%	1,65	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Лизин	%	0,83	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Массовая доля аспарагина и аспарагиновой кислоты (суммарно)	%	1,76	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Массовая доля глутамина и глутаминовой кислоты (суммарно)	%	2,78	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Массовая доля лейцина и изолейцина (суммарно)	%	2,83	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Массовая доля триптофана	%	0,15	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Метионин	%	0,40	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Пролин	%	1,74	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Серин	%	1,72	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Тирозн	%	0,63	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
		Треонин	%	1,22	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)
Фенилаланин	%	0,95	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)		
Цистин	%	0,33	М 04–38–2009 (ФР.1.31.2010.07015)		

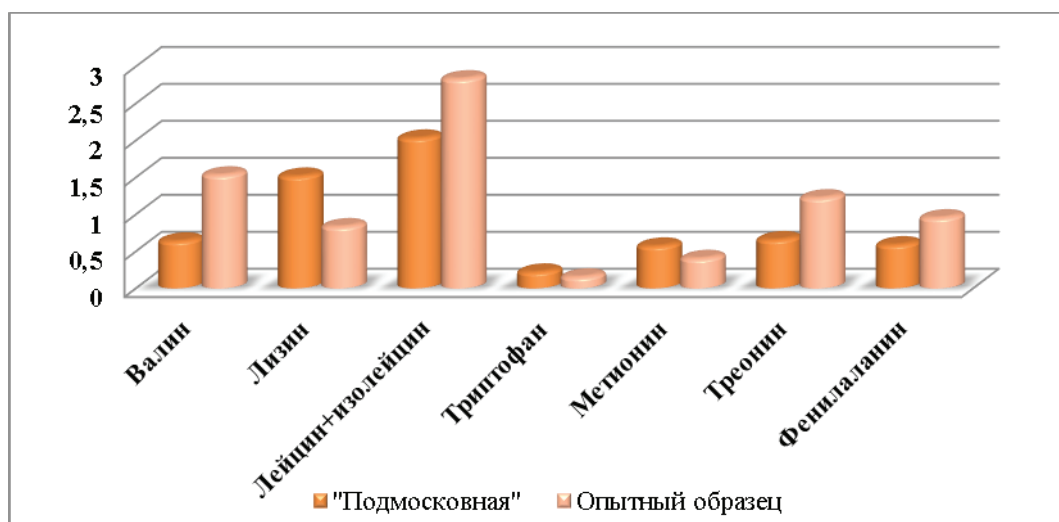


Рис. 1. Содержание незаменимых аминокислот в опытном и контрольном образцах

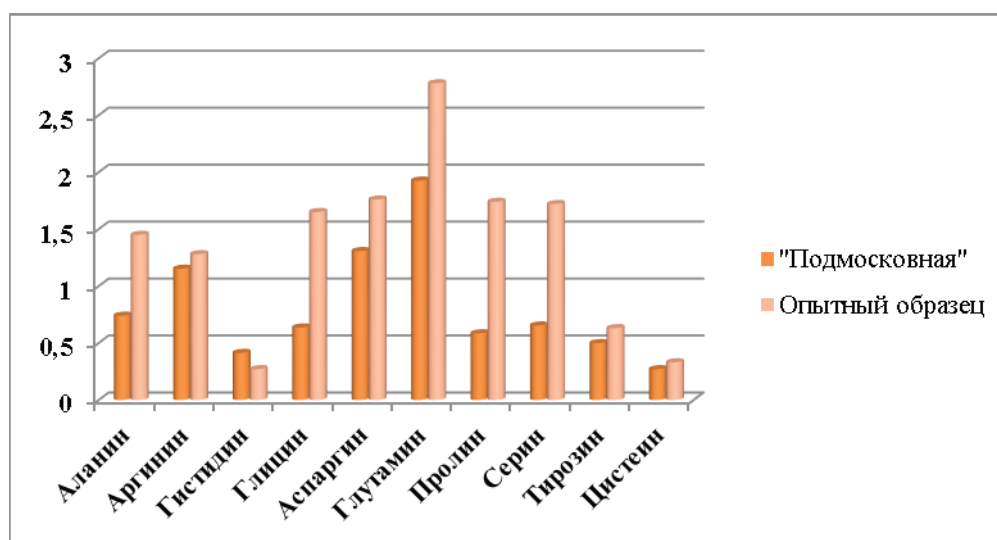


Рис. 2. Содержание заменимых аминокислот в опытном и контрольном образцах

По результатам полученных данных можно сделать вывод, что опытный образец обладает более высокой биологической и пищевой ценностью в сравнении с контрольным образцом.

Литература:

1. Гоноцкий, В. А. Научное обоснование, разработка и реализация технологии продуктов из мяса птицы. — Автореферат диссертации. — М.: ГУ «Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности (ГУ ВНИИПП)», 2008.
2. Амирханов, К. Ж., Асенова Б. К., Нургазезова А. Н. и др. Современное состояние и перспективы развития производства мясных продуктов функционального назначения. — Монография. — Алматы:, 2013. — 127 с.
3. Зеленов, Г. Н., Наумова В. В. Переработка мяса птицы. — Учебное пособие. — Ульяновск: УГСХА, 2008. — 72 с.
4. Гущин, В. В., Кулишев Б. В., Маковеев И. И., Митрофанов Н. С. Технология полуфабрикатов из мяса птицы. — М.: Колос, 2002. — 200 с.
5. Дубровская, В. И. Разработка технологии сыровяленых колбас из мяса птицы с использованием стартовой бактериальной культуры — Москва — 2006. — С.32 // URL: <https://dvs.rsl.ru/semgu/Vgr/SelectedDocs?docid=%2Frsl01003000000%2Frsl01003289000%2Frsl01003289183%2Frsl01003289183.pdf> (дата обращения 21.12.2015).

Изучение перспективы автоматизации инженерно-конструкторских работ

Нутфуллаева Лобар Нуруллаевна, научный исследователь
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Назарова Холис Абдукаюмовна, преподаватель
Гиждуванский профессиональный колледж сервисного обслуживания (Узбекистан)

Юлдошева Ситора Ражабовна, студент;
Бахронова Дилшода Мадиевровна, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрены цель, средства и технологические эффекты автоматизации инженерно-конструкторских работ; характеристики разных САПР (система автоматизированного проектирования); критерии оценки программ и сравнительный пример исследуемых САПР.

Как считают многие специалисты, наиболее перспективной основой совершенствования процесса проектирования во всех передовых отраслях производства представляется дальнейшее развитие методов автоматизированного проектирования. Вопросами автоматизации процесса проектирования одежды за рубежом занимается ряд фирм, в основном автоматизируя отдельные технические элементы проектных работ, например вычерчивание и техническое размножение лекал, а также подготовительно-раскройные процессы швейного производства.

Применение ЭВМ в проектировании наиболее эффективно когда переходят от выполнения отдельных инженерных расчетов к созданию комплексных систем автоматизированного проектирования (САПР), объединяющих все этапы проектирования от формирования задания до технологической подготовки производства. САПР позволяет значительно повысить эффективность и качество проектных решений и производительность труда инженеров — проектировщиков, а также значительно сократить срок проектирования. Однако разработка комплексных САПР является дорогостоящим и трудоемким процессом. Практика свидетельствует об эффективности создания даже небольших САПР с применением малых и средних ЭВМ. САПР, созданная на базе мини — ЭВМ, называется автоматизированным рабочим местом (АРМ) и широко применяется в самолетостроении, приборостроении, радиоэлектронике. Обязательным элементом АРМ является дисплей.

Разработкой вопросов комплексной автоматизации проектно — конструкторских работ в процессе промышленного производства одежды начиная с 1970 г. занимаются КТИЛП, УкрНИИШП, МТИЛП, ЛИТЛП им. С. М. Кирова, Костромским технологическим и Московским текстильным институтам. ЦНИИШП и совместно с Ивановским Государственным проектно-конструкторским институтом (ГПКИ) АСУ разрабатывает САПР «Раскладка» с аналогичными системе «Маркоматик» видами работ.

Как свидетельствуют предварительные расчеты, проведенные Н. Д. Кузнецовой, внедрение САПР одежды позволит повысить производительность труда на 300%

и даже выше (при подготовке документации не на одну, а на серию моделей). Срок разработки проекта новой модели уменьшается в 2,5 раза. Продолжительность чистого расчета на ЭВМ ЕС-1020 одного комплекта лекал составляет 2 мин, вычерчивания 30—40 мин [1].

Для проведения эксперимента были выбраны четыре программы. Это отечественная программа «КОМ-ТЕНС+3D», украинская «ГРАЦИЯ», белорусская «АВ-ТОКРОЙ» и германская «GRAFIS» [2].

Выбор этих программ обусловлен их равной популярностью и доступностью на российском рынке. Наиболее сложной составляющей любой программы является конструкторская часть, поэтому было принято решение исследовать возможности исключительно конструкторской части. Критериями оценки программ выбраны следующие показатели:

- скорость разработки чертежа конструкции;
- возможность и простота дальнейшего моделирования;
- скорость разработки лекал;
- качество посадки изделия.

Каждый программный продукт состоит из пяти основных подсистем: базовые конструкции, конструктивное моделирование, техническое размножение, припуски на швы, раскладка. В каждую систему входит соответствующая только ей подсистема “Базовые конструкции”, остальные подсистемы инвариантны.

Экспертам были выданы бланки со следующими показателями качества посадки: наличие балансировочных нарушений (горизонтальность положения линии низа и талии, отвесность боковых швов); соответствие макета размеру (отсутствие напряженных угловых заломов на передке и спинке); отвесность положения рукава; удобство в динамике (подъем прямых рук перед собой, подъем прямых рук через стороны вверх). Суммарная оценка экспертами качества посадки и трудоемкость разработки модели представлены в таблице.

Сравнивая способы ввода размерных признаков в различных программах, следует отметить, что в каждой из них есть базы данных по ОСТ, размерные признаки инди-

видуальных фигур проектировщик вводит с клавиатуры. Положительно следует отметить программу «GRAFIS», в которую включены различные типологии, в том числе

новые размерные признаки для женской одежды согласно рекомендациям ЦНИИШП 2003 года и ГОСТ, что актуально при серийном производстве.

Таблица 1. Сводная таблица комплексной оценки исследуемых САПР

Модели исследуемых программ	Трудоёмкость разработки модели. (мин.)	Затраты времени на построение основы конструкции. (мин.)	Затраты времени на построение модельной конструкции (мин.)	Затраты времени на разработку лекал. (мин.)	Оценка качества Посадки изделия. (балл)
Модель-1 «GRAFIS».	116	38	61	17	48,1
Модель-2 «КОМТЕНС+3D»	152	25	103	24	46,8
Модель-3 «АВТОКРОЙ»	128	35	65	18	47,4
Модель-4 «ГРАЦИЯ»	343	195	127	21	42,1

На этапе разработки конструкции является построение основы и моделирование, весьма важным фактором является взаимосвязь между базовой и модельной конструкциями, между модельной конструкцией и деталями изделия. В этой цепочке только «GRAFIS» автоматизирует все взаимосвязи. Например, по результатам макетирования можно изменить прибавки на свободное облегание и программа перестроит все детали лекал и проверит сопряжение срезов. Характерным для программы «АВТОКРОЙ» является наличие большого количества унифицированных деталей, которые позволяют выбрать наиболее подходящие решение. В САПР «ГРАЦИЯ» и «КОМТЕНС» присутствует только взаимосвязь между базовой и модельной конструкциями. В арсенале программы «ГРАЦИЯ» есть оператор «если..., то..., иначе», который открывает возможности для автоматического решения многовариантных задач. Например, система может изменить конфигурацию оката рукава в зависимости от нормы посадки материала на сантиметр длины проймы.

Производя оценку каждой САПР по критериям, набрали разные количество баллов. Использование программы целесообразно на предприятиях мелкосерийного производства, с тщательной проработкой модели в экспериментальном цеху.

Программа «КОМТЕНС + 3D» подойдет для малых предприятий, работающих с индивидуальным потребителем, т.к. позволяет строить изделия как на условно-типовую фигуру, так и на фигуру с отклонениями, при этом разрабатывать и видеть силуэт одежды на объемном изображении фигуры, производить поиск пропорций, новых форм, задавать положения швов.

Программы «GRAFIS» и «АВТОКРОЙ» рассчитаны на работу на предприятиях массового производства швейных изделий. Особо следует отметить «GRAFIS», в которой легко разрабатывать и первичные чертежи, и модели конструктивно-унифицированного ряда.

Особенностью системы является так называемый механизм наследования параметров материнской детали дочерними, которые были из нее разработаны [2].

В настоящее время имеются всевозможные системы разработки одежды. Трудно представить процесс по созданию промышленных швейных изделий, исключая САПР для проектирования. Продукты Ассоль вмещают функционально насыщенные модули для швейного производства: полноценная разработка одежды, с помощью различных методик проектирования; создание лекал; конструирование одежды на компьютере, на основе введенных лекал; фиксация собственных вариантов одежды; градация лекал по схеме или по нормам; параметрический подход к градации лекал (автоматическое перестроение); конструирование и моделирование изделий на компьютере с элементами САПР; трехмерное проектирование изделий; ввод лекал и чертежей в компьютер с цифрового фотоаппарата; оптимальная раскладка лекал в авторежиме; возможность ручной и полуавтоматической раскладки; разработка технических эскизов для конструктора одежды; 2D и 3D-проектирование обуви; оформление сборочных чертежей, спецификации, подготовка документации [3].

В конце XX века ОАО «НИИМП» совместно с МФТИ разработали и адаптировали новую систему «САПР-мех». Система «САПР-мех» в целом состоит из трех модулей: «Построение базовой конструкции (БК)», «Конструктивное моделирование» (КМ), «Технолог скорняжного производства». Разработка модуля «КМ» была приурочена к выставке «Меха'99», проходившей в Экспоцентре, с целью демонстрации возможностей системы отечественным производителям. Анализ итогов второго этапа работы по созданию автоматизированной системы «САПР-мех», демонстрационной работы в рамках выставки «Меха'99» показал, что полученная комплексная методика проектирования меховой

одежды сложных форм и кроев позволяет эффективно использовать ее на предприятиях меховой промышленности с постоянно изменяющимся ассортиментом для создания большого разнообразия силуэтных форм и конструктивных решений в строгом соответствии с заданными размерными признаками и запланированными конструктивными прибавками как на типовую, так и на индивидуальную фигуру [4].

На сегодняшний день разработаны многофункциональные системы САПР со стороны многих фирм или научно-исследовательских институтах.

Литература:

1. Коблякова, Е. Б. Основы проектирования рациональных размеров и формы одежды. Москва. 1984. стр 23.
2. Кочесова, Л. В. Сравнительный анализ принципов разработки модельных конструкций в различных сапр одежды. Техничко-технологические проблемы сервиса № 1 (11) 2010
3. http://assol.org/programmnye_produkty/po_dlya_proektirovaniya_odezhdy/moduli_raskladki/
4. С. Н. Горячев, Е. В. Есина, А. Ю. Рослякова. — ОАО «НИИМП». Н. А. Гладков — ЗАО «Тайга»
5. Н. В. Андреева, Т. Ю. Холина — МФТИ

Этапы совершенствования челночного механизма швейных машин

Нутфуллаева Шахло Нуруллаевна, ассистент;
 Нутфуллаева Лобар Нуруллаевна, научный исследователь;
 Ходжаева Ойчехра Рахмоновна, магистр;
 Бахронова Дилшода Мадиевровна, бакалавр
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье изложены этапы развития швейных машин. Приведены разнообразные типы челночного механизма швейных машин фирмы «Зингер» и других фирм. Даны рекомендации по выбору швейных машин, учитывая виды и принцип работы челночного механизма.

Сегодня швейной машиной никого не удивишь, однако полтора века назад это устройство буквально перевернуло жизнь огромного числа людей, занятых в сфере пошива одежды, обуви, галантереи: «Швейная машина облегчает, улучшает и ускоряет шитье в десятки раз. Сколько людей она избавила от слепоты, от чахотки, сколько сохранила времени для других работ... Всякий, кто будет пользоваться швейной машиной ..., не перестанет чествовать изобретателя и благодарить его творчество» [1].

Швейная машина — служит для соединения деталей изделий ниточным швом, для выполнения декоративных строчек, вышивки, обметывания края материала и т.д. Первая швейная машина создана в Великобритании в 1755 году.

Изобретателем швейной машины челночного стежка считают американца Эллиаса Хоу. Созданная им в 1845 г. машина имела целый ряд недостатков, но, все же, была более пригодна для шитья чем, машины предыдущих изобретателей. Материалы в ней устанавливали верти-

Выбор оптимальной САПР для предприятия является важной задачей, во многом определяющей его будущее. Производители системных продуктов, как правило, ярко описывают достоинства программы, умалчивая о недостатках или недоработках. Из многочисленных подходов при выборе САПР наиболее надежным является проведение практического эксперимента в интересующих программах и сравнение полученных показателей. Итак, внедрение системы автоматизированного проектирования одежды позволит значительно повысить эффективность и качество выполнения проектных работ.

кально, накалывали на шпильки транспортирующей рычага и перемещали в прямом направлении. Изогнутая игла двигалась в горизонтальной плоскости, а челнок, похожий на челнок ткацкого станка, совершал возвратно-поступательное движение. Машина получила практическое применение, но ее появление вызвало смтение среди портных. Последующими изобретателями швейная машина была усовершенствована.

В США в конце 60-х — начале 70-х годов XIX века Виллер и Вилсон разработали швейную машинку челночного стежка. В этой машине применен вращающийся челнок, а игла имеет специальный изгиб, поскольку игловодитель перемещается вверх-вниз по дуге. Автор большинства ее оригинальных узлов А. Б. Вильсон, совладелец фирмы «Wheeler & Wilson», запатентовал их в первой половине 1850-х годов. Производились они в США, а по лицензии — в Германии.

Машины «system Singer» с челноком-лодочкой открытого типа, перемещающегося возвратно-поступательно, выпускались во многих странах мира, но наибольшей по-

пулярностью, начиная с 1860-х годов, они пользовались в Германии, где их производили фирмы «Seidel & Naumann», «Adler», «Pfaff», «Durkopp & K°», «Frister & Rossmann» и другие.

Швейные машины берегли, часто передавали из поколения в поколение, как самую ценную вещь в доме, помощницу, кормилицу, верного друга на «черный день». [2].

Машины челночного стежка представляют собой наиболее распространенный тип швейных машин не только

в промышленности и на малых предприятиях, но и в быту. Разберём несколько основных современных типов челноков — горизонтальный, ротационный, качающийся, вертикальный и один забытый — «челнок-пуля» (3)

Качающийся горизонтальный (челнок-шпулька) — *бабушкин* (рис.1.) использовался в старых машинах типа SINGER. Вращающийся горизонтальный (шпулька кладется сверху, шпульный колпачок отсутствует) — присутствует на машинах всех современных швейных фирм.

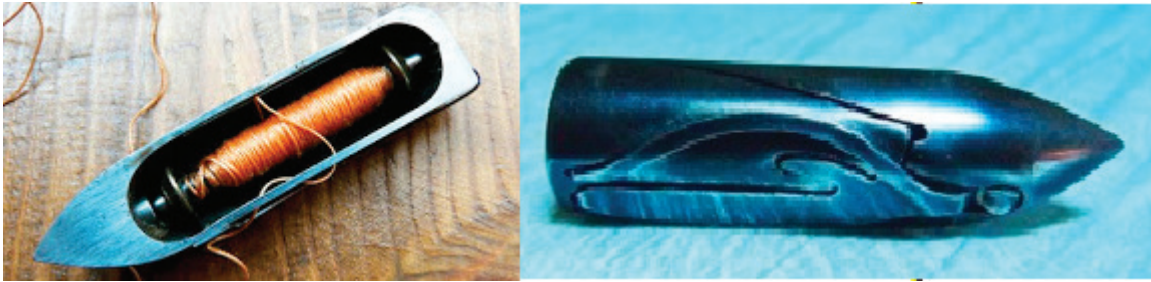


Рис. 1. Ранняя конструкция челночного механизма

Изначально в швейных машинах использовался челнок, по конструкции аналогичный челноку ткацкого челнока. В таком механизме шпулька была достаточно длинной и тонкой, и вкладывалась в челнок либо с верхнего торца (так называемый челнок-«лодочка»), либо с заднего (челнок-«пуля»). Один из концов челнока был заострён, а поверхность его была гладкой, без выступов, за которые могла бы зацепиться нить. Челнок помещался в специальный держатель, в котором он зажимался так, чтобы не мог выскользнуть, и при этом нить могла свободно скользить по всей его поверхности. Когда игла поднималась из нижнего положения, такой челнок острым концом продевался между иглой и нитью. Сходя с челнока, верхняя нить обхватывала нижнюю и при дальнейшем подъёме иглы затягивалась. К концу XX века такой механизм вышел из употребления.

Наличие в бытовой швейной машине горизонтального челнока гарантирует удобство использования швейной машины, т.к. упраздняются лишние манипуляции по установке шпульки в шпульный колпачок, затем установка шпульного колпачка в челночное гнездо. В швейных машинах с горизонтальным челноком просто нет шпульного колпачка (рис.2.) Шпульку, с намотанной на неё нитью, вставляют непосредственно в сам горизонтальный челнок швейной машины. Удобства использования горизонтального челнока очевидны: швейная машина может шить быстро и тихо. При использовании прозрачных ниток вы всегда сможете оценить остаток нитки на шпульке, перед тем как начать шить. Швейная машина с горизонтальным челноком не пропускает стежки, не запутывает нитки, не петляет, даёт широкую зигзагообразную строчку и шьёт качественно, без каких-либо проблем.

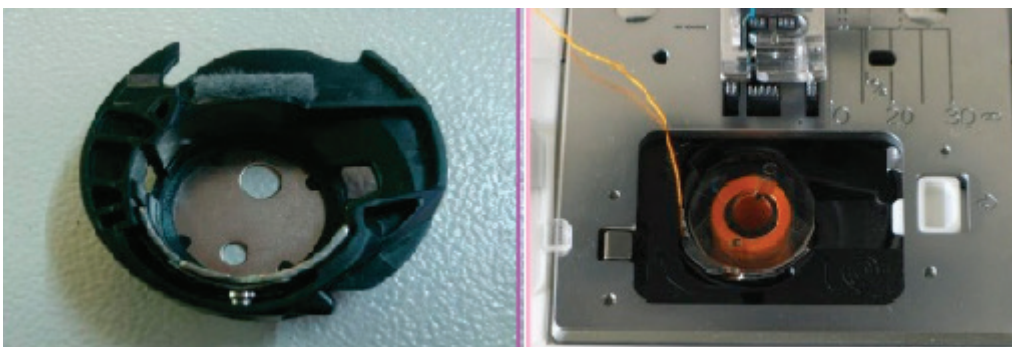


Рис. 2. Внешний вид горизонтального челнока

Регулировка натяжения нитки в горизонтальном челноке принципиально не отличается от регулировки в шпульных колпачках других челноков. Сбоку горизон-

тального челнока находится регулировочный винт, который можно покрутить, но не рекомендуется делать это слишком часто. Регулировка натяжения нижней нити в го-

ризональном челноке производится непосредственно на самом челноке, а в челноках других типов (качающихся, вертикальных ротационных) натяжение нижней нити мeняется только на шпульном колпачке.

Минусом горизонтального челнока является то, что он сделан из пластмассы и не предназначен для шитья толстыми шершавыми нитками. Грубая нить в нежном пластмассовом корпусе горизонтального челнока может проточить глубокую канаву (борозду), после чего вместо старого горизонтального челнока придётся купить новый горизонтальный челнок. Горизонтальный челнок также легко повредить, или разбить швейной иглой, если при шитье тянут за ткань. Игла может отклониться вслед за тканью и ударить по пластмассовому корпусу горизонтального челнока, соответственно разбить его. Горизон-

тальное челночное устройство в швейной машине приводится в движение от зубчатого приводного ремня. Это делает шитьё комфортным и бесшумным. Однако вся эта конструкция достаточно нежная и не любит грубого обращения. Детали в таких швейных машинах тоже делают из пластика.

Качающийся вертикальный (челнок-полумесяц), иногда его называют *колеблющийся* — наиболее распространенный. Присутствует в старых машинах («Чайка», «Подольск», «Singer» и т.д.), так и в новых современных швейных машинах («ELNA», «Bernina», «Janome», «Singer», «Brother», «Pfaff» и др.); вращающийся ротационный, иногда называют *двойного облегания* — бытовые швейные машины «VERITAS», «PFAFF» и др., промышленные швейные машины.

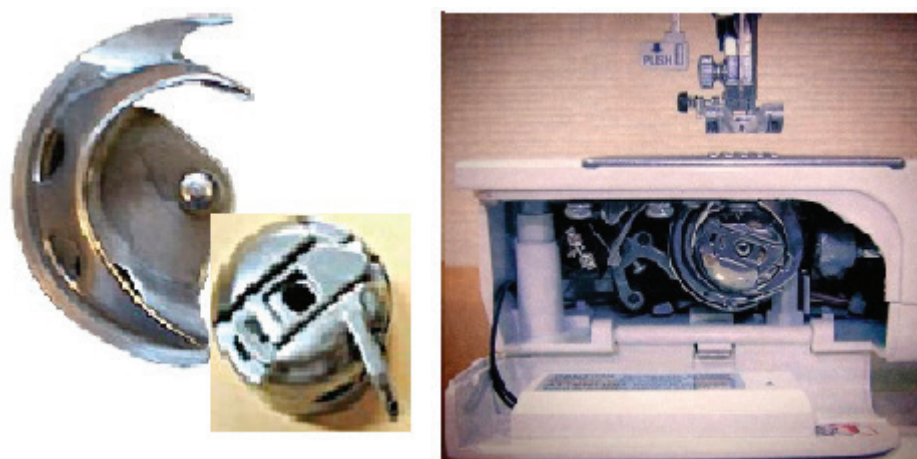


Рис. 3. Вертикальный челнок ротационного типа

В современных бытовых швейных машинках более высокого уровня (это и японские швейные машины «BROTHER», немецкие «ASTRALUX» и т.д.), а также и в промышленных швейных машинах, применяется вертикальный челнок, который непрерывно вращается. Такой челнок называется вертикальный ротационный челнок. Другое его название — вертикальный челнок двойного облегания.

В швейных машинах, имеющих ротационное челночное устройство, не нашли никаких минусов, наоборот — только плюсы. Такой тип челнока двойного облегания применён в швейной машине «VERITAS» выпуска середины и конца прошлого века. Металлический челнок двойного облегания используется в любой промышленной прямошвейной швейной машине. Причины использования: сверхвысокая производительность, высокое качество шитья на любых оборотах вращения вала швейной машины, низкий уровень шума при шитье. А это особенно важно в цеху, где одновременно могут работать несколько сотен промышленных швейных машин. При правильной настройке положения челнока двойного облегания исключены пропуски стежков, обрывы ниток и заклинивание швейной машины.

Ротационный челнок двойного облегания прост в эксплуатации и обслуживании. Он собран из нескольких металлических деталей, плотно пригнанных друг к другу и жестко притянутых винтами. Разборка вертикального ротационного челнока с целью его обслуживания не рекомендована. Отвёртка только поцарапает его, сорвёт шлицы на головках винтов, настаивает зазубрин, а потом не получается собирать его так прочно, как он был собран на заводе. Но смазывать вертикальный ротационный челнок полезно и нужно, особенно все трущиеся его детали. Частота смазки челнока зависит от многих факторов, это и интенсивность шитья, сыпучесть прошиваемых тканей. Так, например, при шитье бархатных или вельветных изделий ротационный челнок двойного облегания рекомендуется чистить и смазывать по несколько раз в день.

Вертикальный челнок двойного облегания на некоторых швейных машинах приводится во вращение посредством не металлического вала, а с помощью зубчатого резинового ремня. Такое может быть только в бытовых швейных машинках и значительно снижает их продажную стоимость. Минусом приводного ремня, является проскакивание зубцов, обрыв ремня и неспособность такой швейной машины прошивать грубые и толстые ткани.

Швейные машины с ротационным челноком двойного об- вал (универсальная швейная машина), шьют все виды ма- легания, установленным на вращающийся металлический териалов и не ломаются.

Литература:

1. Гений среди людей. Циолковский К. Э. М.: Мысль, 2002.
2. Русаков, С. И., Оборудование швейных предприятий, М., 1969.
3. Экспонат — машина швейная. Л. Орлова. «Наше Наследие» 2011. № 99.

Модульный анализ сеточных методов решения дифференциальных уравнений

Олимов Муродилла, кандидат физико-математических наук, доцент;
Исмоилов Шохимардон Мухаммаджонович, ассистент;
Комилов Сахоб Расулжонович, ассистент, старший преподаватель
Наманганский инженерно-педагогический институт (Узбекистан)

Разработка пакета прикладных программ, что особенно актуально в рамках математической физики, является очень важной. Это означает, в первую очередь, необходимость, модельного анализа рассматриваемого класса задач. При этом выделяются отдельные подзадачи математических моделей, выполнение которых в различных комбинациях обеспечивает решение всех планируемых задач.

Ключевые слова: пакет прикладных программ, эллиптические, параболические, гиперболические, линейные задачи, нелинейные задачи, краевые условия, смещенные условия, сеточные методы, сеточные функции, сеточные операторы, итерационные методы.

Многообразие задач математической физики кажется необозримым, если представить возможную их классификацию по различным критериям, существенным как с алгоритмической, так и с программистской точек зрения. Прежде всего, исходная математическая постановка определяется следующими категориями:

- a. тип дифференциальных уравнений (эллиптические, параболические, гиперболические, а также системы уравнений, в том числе разных типов);
- b. вид коэффициентов (постоянные, линейные или нелинейные, т.е. зависящие от решения);
- c. размерность области (одно-, двух-, или трёхмерная);
- d. конфигурация границы (на примере двухмерных задач): прямоугольная, составленная из прямоугольников, криволинейная односвязная или многосвязная, ограниченная или открытая и т.д.;
- e. тип краевых условий 1, 2 или 3-го рода, смешанные условия, свободные границы, условия сопряжения на внутренних поверхностях.

Сеточные методы градации также по достаточно большому числу характеристик: принцип аппроксимации (методы конечных элементов, конечно-разностные или интегро-интерполяционные схемы, методы коллокаций); тип сеток (равномерные или неравномерные, регулярные или не регулярные, треугольные, четырехугольные и т.д.); вид сеточных шаблонов, т.е. совокупности узлов, участвующих в отдельных уравнениях; способ построения сеточных уравнений (на одинаковых шаблонах можно получить различные аппроксимационные выражения); методы решения сеточных уравнений (явные или неявные, одношаговые или многошаговые, прямые или итерационные и т.д.). Тем не менее сеточные методы решения различных задач математической физики допускают формализованное единообразное представление, которое можно далее детализировать до любого желаемого уровня.

Решение дифференциальных уравнений сеточными методами есть задача вычисления приближенных значений функций U_i^m в узлах Q_i , $i = 1, 2, \dots, L$; для различных моментов времени t_n , $n = 1, 2, \dots$. Исходная дифференциальная задача аппроксимируется системой сеточных уравнений, которую можно записать в виде:

$$\sum_{n' \in \alpha_n} b_{i, n'}^{n, n'} U_{i, n'}^{n'} = g_i^n, \quad i = 1, 2, \dots, L; \quad n = 1, 2, \dots \quad (1)$$

где m_n — совокупность номеров узлов, составляющих сеточный шаблон для i -го узла в момент t_n , на величины $b_{i, n'}^{n, n'}$, g_i^n задаются значениями коэффициентов и свободных членов дифференциальных уравнений, расстояний между «соседними» (входящими в один шаблон) узлами, а также видом краевых и начальных условий. Для стационарных задач индекс n везде опускается.

Обозначая совокупность значений сеточных функций для моментов времени t_n через векторы $U_n = \{u_n^x\}$, $F_n = \{g_n^x\}$, решение сеточных уравнений можно свести к вычислению последовательностей:

$$A_n U_n = B_n U_{n-1} + C_n F_n, n = 1, 2, \dots \tag{2}$$

где F_n — известные, а U_n — искомые сеточные функции; A_n, B_n, C_n — сеточные операторы (матрицы), которые могут быть заранее вычислены или определяются значениями U_n (нелинейные задачи). В стационарных задачах сеточные функции также вычисляются по формулам вида (2), но n здесь означает, как правило, номер итерации. [2]

Сеточные методы в форме (2) называются явными, если A_n представляются диагональными или треугольными матрицами, и неявными — в противном случае. Реализация неявных методов требует для каждого n решения систем алгебраических уравнений итерационными или прямыми методами, причем последние значительно упрощаются, если A_n представляются в виде произведения легко обрабатываемых матриц, например трехдиагональных (это известные различные методы переменных направлений). Если задача нелинейная, то для каждого n могут потребоваться дополнительные итерации для коррекции значений элементов A_n, B_n, C_n, F_n .

Рекуррентная последовательность (2) внешне выглядит двучленной, но в таком виде можно представить и многочленные последовательности. Так, соотношение:

$$A_n^{(0)} V_n = B_n^{(0)} V_{n-1} + B_n^{(1)} V_{n-2} + C_n^{(0)} \Phi_n + C_n^{(1)} \Phi_{n-1} \tag{3}$$

которое возникает при решении волновых уравнений, можно записать в форме (2), если определить:

$$U_n = \begin{bmatrix} V_n \\ V_{n-1} \end{bmatrix}, F_n = \begin{bmatrix} \Phi_n \\ \Phi_{n-1} \end{bmatrix}, A_n = \begin{bmatrix} A_n^{(0)} & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix}, B_n = \begin{bmatrix} B_n^{(0)} & B_n^{(1)} \\ I & 0 \end{bmatrix}, C_n = \begin{bmatrix} C_n^{(0)} & C_n^{(1)} \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Где I — единичный оператор.

Если исходная задача представляет собой систему дифференциальных уравнений, то U_n является сеточной вектор-функцией. Например, система:

$$\begin{aligned} A_n^{(11)} U_n^{(1)} - A_n^{(12)} U_n^{(2)} &= B_n^{(11)} U_{n-1}^{(1)} + B_n^{(12)} U_{n-1}^{(2)} + F_n^{(1)} \\ A_n^{(21)} U_n^{(1)} + A_n^{(22)} U_n^{(2)} &= B_n^{(21)} U_{n-1}^{(1)} + B_n^{(22)} U_{n-1}^{(2)} + F_n^{(2)} \end{aligned} \tag{4}$$

Сводится к (2) при введении обозначения:

$$U_n = \begin{bmatrix} U_n^{(1)} \\ U_n^{(2)} \end{bmatrix}, F_n = \begin{bmatrix} F_n^{(1)} \\ F_n^{(2)} \end{bmatrix}, A_n = \begin{bmatrix} A_n^{(11)} & A_n^{(12)} \\ A_n^{(21)} & A_n^{(22)} \end{bmatrix}, B_n = \begin{bmatrix} B_n^{(11)} & B_n^{(12)} \\ B_n^{(21)} & B_n^{(22)} \end{bmatrix}$$

Во многих практических задачах требуется не просто найти решение при заданных граничных и начальных условиях, а исследовать зависимость решения от исходных параметров или же искать оптимальные значения этих параметров, при которых решение будет обладать некоторыми заданными свойствами (т.е. решается задача минимизацией какого-либо функционала). Это приводит к многократному расчету различных вариантов с обработкой и анализом промежуточных результатов.

Решение задач математической физики и возникающие при этом технологические вопросы разработки алгоритмов и ППП можно представить с помощью следующих основных этапов:

1. Подготовка исходных данных. Сюда включается описание типа дифференциального уравнения (или системы уравнений), вида его коэффициентов, конфигурации расчетной области, граничных условий и начальных данных. Для задач оптимизации дополнительно указываются варьируемые параметры их ограничения и целевая функция (минимизируем функционал). Когда пакет программ предусматривает возможность использования различных методов, задание может содержать описание нужных алгоритмов или их счётный параметров (тип сетки, количество узлов, вид сеточных уравнений, метод их решения и т.д.). Наконец сюда же могут включаться требования к содержанию и форме представляемых пользователю результатов или сообщений о ходе вычислительного процесса.

Если ППП рассчитан на узкий класс задач, например, на решение конкретной системы уравнений и областях простой формы с помощью фиксированного набора алгоритмов, то структура входных данных, как правило, проста, и для их ввода достаточно средств алгоритмических языков; трудности могут состоять только в большом объеме числовых массивов. Однако для универсальных пакетов, ориентированных на пользователей-специалистов в своих проблемных областях (но не программировании), эффективность эксплуатации определяется в значительной степени наличием специализированного входного языка, наглядностью и развитостью его средств. Так, в двумерных, и трехмерных задачах с границей сложной конфигурации имеет самостоятельное значение проблема автоматизации описания краевых задач [1].

2. Дискретизация дифференциальной задачи. Данный этап заключается в построении сетки и формировании сеточных уравнений; аппроксимация дифференциальных уравнений и краевых условий, формирование матрица вида A_n , B_n , C_n векторов F_n . Эти проблемы легко реализуются для областей простой формы (прямоугольник, параллелепипед) и достаточно гладких решений, когда вполне удовлетворительными являются равномерные прямоугольные сетки и простейшие способы аппроксимации. Однако при наличии криволинейной границы посторонние сетки, например триангуляция области в методе конечных элементов, представляет собой нетривиальную математическую задачу, требует трудоемкого тщательного учета ее специфики и контроля качества сетки. В подобластях с резким изменением решения сетка должна быть гуще, углы между линиями — не меньше определенной величины и т.д. В окрестностях особых точек (углы границы, смена краевых условий или скачки коэффициентов уравнения) аппроксимации должны строиться с учетом локального поведения решения. Проблема определения оптимальных или автоматизация построения «хороших» сеток в общем случае не решена. И вряд ли может быть полностью формализована. Построения сеток по видимому, надо проводить на основе анализа априорной информации о задаче или предварительного грубого приближения к решению. Более того, некоторых нестационарных задачах неизбежно применение сеток, меняющихся со временем.

В многомерных задачах актуальным является вопрос о способе представления и хранения элементов сеточных операторов и функций: решение его может быть различным на разных ЭВМ поскольку здесь имеет большое значение соотношение объема оперативной памяти и скорости вычислений.

Видимо бессмысленно говорить о возможности построения единого алгоритма дискретизации на всем случаи жизни однако модульный принцип позволяет в этом многообразии вопросов выделить фрагменты методов эффективно реализующие отдельные особенности задачи и путем их различных сочетаний обеспечить достаточно экономичное решение широкого класса задач.

3. Решение сеточных уравнений. В нестационарных задачах решение сводится к вычислению в сеточных функциях для последовательности временных интервалов в стационарных-применяются или итерационные или прямые методы решения алгебраических уравнений, которые имеют ярко выраженную специфику в силу ленточной структуры формируемых матриц. Применение методов типа Гаусса или Холесского достаточно экономичны, но требуют запоминания больших числовых массивов. Например, при решении уравнения Пуассона в кубе на сетке с числом узлов N^3 при простейшей семиточечной аппроксимации нужно хранить примерно N^5 элементов матриц. Для больших N реализация таких методов возможна лишь при интенсивном использовании внешней памяти, что не только существенно увеличивает время счета, но и усложняет структуру программы.

Итерационные алгоритмы (методы верхней релаксации или переменных направлений с приемами ускорения сходимости) легко реализуются в пакетах программ и для многих практических задач дают хорошие результаты. Решение становится «дорогим», если коэффициенты дифференциальных уравнений сильно отличаются в области по абсолютной величине или по соображениям точности сетки приходится строить с большим числом узлов и сильно неравномерными шагами.

Современные эффективные подходы к решению сеточных задач основаны на комбинации прямых и итерационных методов. Эффективными являются подходы типа альтернирующего метода Шварца, когда расчетная область разбивается на подобласть с поочередным вычислением последовательных приближений к решению в каждой из них. При использовании в простых подобластях равномерных сеток особенно экономичны методы быстрого преобразования Фурье, или циклической редукции. Особо следует отметить возможность существенного выигрыша за счет применения последовательности сеток. Сначала приближенное решение ищется на вспомогательных редких сетках, затем производится интерполяция в узлы густой сетки, и на ней далее решения уточняется при этом можно добиться значительного сокращения объема вычислений, а путем комбинирования решения на разных сетках повысить порядок точности (известная экстраполяция Ричардсона).

Надо отметить, что формирование состава модулей необходимо проводить с учетом чисто программистских особенностей. Например напрашивается объявить модулем процедуру реализации метода прогонки и использовать ее в различных многомерных задачах. Однако если процедура рассчитана на переменные коэффициенты системы трехточечных уравнений и применяется в решении двумерных уравнений методом продольно-поперечных прогонок (пусть его решение представляется двумерные массивом, а разностные коэффициенты тоже как-то хранятся), то операции выборки сеточных функция и передачи параметров процедуры понизят на порядок эффективность всего алгоритма.

4. Обработка и анализ результатов. Непосредственным результатом решения сеточных уравнений являются числовые массивы, которые для многомерных задач дают необозримое море информации. Пользователю, как правило, требуются значения решения в отдельных точках и на некоторых линиях или же обработанные данные величины экстремальных значений и координаты соответствующих им точек, изолинии, векторные поля градиентов, различные функционалы от решения. Немаловажную роль играет наглядность результатов, для чего используются рисунки, таблицы, различные форматы чисел, заголовки и текстовые пояснения, что намного повышает удобство эксплуатации пакетов, вывод промежуточных данных, сообщение о ходе выполнения этапов вычислительного процесса, диагностику допущенных ошибок пользователя с рекомендациями по их устранению, оценку погрешности расчетов (если их можно

получить). Для всех этих целей разрабатываются специальные алгоритмы и программные модули или используются средства базового программного обеспечения, в том числе машинной графики. Средства вывода должны обеспечить оперативность и полноту анализа. На основе полученных данных могут быть приняты решения об изменении математической постановки задачи, численных методов или модификации программы, если пользователя не устраивает точность или экономичность расчетов и если он имеет квалификацию на уровне разработчика пакета.

Литература:

1. Ильин, В.П. Численные методы решения задач электрооптики // Новосибирск: Наука. 1974.
2. Мещеряков, Ю.П., Шапеев В. П. Некоторые неметрические методы построения разностных сеток в областях с криволинейными границами. — Численные методы механики сплошной среды, Новосибирск, 1978, т. 9, № 2, с. 91–103.
3. Олимов, М., Каримов П., Исмоилов Ш. К решению краевых задач пространственных стержней при переменных упруго-пластических нагружений с учетом разгрузки // Научно-технический журнал ФерПИ, Фергана — 2014. — № 3 — с. 113–116.
4. Олимов, М., Каримов П., Исманова К., Исмоилов Ш «Математической пакет прикладной программа» // Учебник пособия // Тошкент-2015 г// Издат: «Тафаккур».

Анализ и выбор тестовых алгоритмов для проведения функционального контроля микросхемы 1645PУ5

Резниченко Никита Евгеньевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В статье описывается анализ и выбор таких тестовых алгоритмов для проведения функционального контроля микросхемы 1645PУ5, которые за наименьшее количество времени будут обнаруживать наибольшее число дефектов в работе микросхемы.

Ключевые слова: алгоритмы, функциональный контроль, СОЗУ, неисправность.

Keywords: algorithms, functional control, SRAM, fault.

Разработка многочисленных вариантов тестовых алгоритмов обусловлена поиском наиболее эффективных тестов. Все алгоритмы можно условно разделить на три группы:

- тестовые алгоритмы типа n ;
- тестовые алгоритмы типа n^2 ;
- тестовые алгоритмы типа $n^{3/2}$.

Неисправность СОЗУ — это неправильная работа блока управления памяти или запоминаящей матрицы, обнаруживающиеся в результате воздействия на СОЗУ тестовой последовательности двоичных сигналов. Основные типы неисправностей СОЗУ представлены в таблице 1.

Таблица 1. Типы неисправностей в СОЗУ

Наименование неисправности	Аббревиатура	Пояснение
Stuck at Fault	SAF	Ячейка памяти постоянно находится в состоянии логического нуля или логической единицы
Transition Fault	TF	Ячейка, перейдя в состояние с определенным значением, не может совершить обратный переход
Coupling Fault	CF	Неисправность связки двух ячеек
Address Fault	AF	Неисправности адресного декодера
Neighborhood Pattern Sensitive Fault	NPSF	Ошибка в ячейке возникает при определённом состоянии ближайших к ней ячеек

Выбор алгоритмов будет проводится для микросхемы 1645PУ5 фирмы «Миландр». Микросхема 1645PУ5У представляет собой статическое оперативное запоминающее устройство (СОЗУ) с произвольной выборкой с информационной емкостью 4М и организацией 512К слов по 8 бит.

Тестовый алгоритм «Шахматный код» или «Checkerboard» выявляет очень грубые неисправности в работе микросхемы. В таблице 2 представлены неисправности, которые обнаруживает тестовый алгоритм «Шахматный код».

Таблица 2. Обнаруживаемы неисправности тестовым алгоритмом «Шахматный код»

	Да	Нет	Некоторые
Stuck at Fault (SF)	•		
Transition Fault (TF)	•		
Coupling Fault (CF)		•	
Address Fault (AF)		•	
Neighborhood Pattern Sensitive Fault (NPSF)		•	

Условные обозначения:

T — информация записываемая в матрицу памяти — «низкий уровень» либо «высокий уровень»;

nT — информация противоположная T;

Порядок выполнения тестового алгоритма «Шахматный код»:

1. Последовательно по всем адресам, начиная с начального, производится запись в шахматном порядке информации T и nT (запись в шахматном порядке нулей и единиц);
2. Последовательно по всем адресам, начиная с начального, производится считывание записанной информации T и nT сравнение с эталонной.
3. Повторение проверок в соответствии с 1–2 с инверсной информацией.

Тестовый алгоритм «Шахматный код» (2N — количество циклов теста), как правило, ставят в самом начале при составлении программного комплекса для проверки функционального контроля микросхемы, так как выполнение теста занимает очень малое время. Так для микросхемы 1645PУ5 время выполнения теста составит:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 2 * D * 2 * N * t_c = 2 * 4 * 2 * 524288 * 30 * 10^{-9} \approx 252 \text{ мс;}$$

$$\text{при } t_c = 20 \text{ нс, } T = 2 * D * 2 * N * t_c = 2 * 4 * 2 * 524288 * 20 * 10^{-9} \approx 168 \text{ мс.}$$

где t_c — время выполнения 1-го цикла записи или чтения; N — количество ячеек памяти микросхемы; D — количество вариантов записываний данных, в нашем случае это: 0xFF / 0x00, 0x55 / 0xAA, 0x33 / 0xCC, 0x0F / 0xF0; коэффициент 2, так как тестовый алгоритм выполняется для прямых и инверсных данных.

Тестовый алгоритм «March C» (10N) является одной из разновидности целой серии алгоритмов «March». В отличии от «Шахматного кода» этот алгоритм обнаруживает неисправности связки двух ячеек (Coupling Fault), благодаря постоянной смене циклов записи и чтения. В таблице 3 представлены неисправности, которые обнаруживает тестовый алгоритм «March C».

Таблица 3. Обнаруживаемы неисправности тестовым алгоритмом «March C»

	Да	Нет	Некоторые
Stuck at Fault (SF)	•		
Transition Fault (TF)	•		
Coupling Fault (CF)			•
Address Fault (AF)		•	
Neighborhood Pattern Sensitive Fault (NPSF)		•	

Порядок выполнения тестового алгоритма «March C»:

1. Запись информации T во все элементы памяти.
2. Чтение и проверка информации T из первой ячейки и запись в нее инверсной информации nT.
3. Последовательно в каждой следующей ячейки проводится считывание и проверка информации T и запись инверсной информации nT.
4. Начиная с последней ячейки памяти, в обратном направлении проводится считывание и проверка инверсной информации nT и запись информации T в каждую ячейку, до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.
5. Запись информации nT во все элементы памяти.

6. Чтение и проверка информации nT из первой ячейки и запись в нее инверсной информации T.
7. Последовательно в каждой следующей ячейки проводится считывание и проверка информации nT и запись инверсно информации T.

8. Начиная с последней ячейки памяти, в обратном направлении проводится считывание и проверка инверсной информации nT и запись информации T в каждую ячейку, до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.

Тестовый алгоритм «March C», как и «Шахматный код», как правило, ставят так же в начале автоматического программного комплекса. Время выполнения теста для микросхемы 1645PY5 составит:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 2 * D * 10 * N * t_c = 2 * 4 * 10 * 524288 * 30 * 10^{-9} \approx 1.25 \text{ с}$$

$$\text{при } t_c = 20 \text{ нс, } T = 2 * D * 10 * N * t_c = 2 * 4 * 10 * 524288 * 20 * 10^{-9} \approx 839 \text{ мс}$$

Алгоритм «March RAW» (26N, RAW — read and write) является одним из самых современных из серии March. По статистике этот алгоритм обнаруживает все неисправности одиночных ячеек, связи двух ячеек и дешифратора адресов. Этот тест рекомендуют проводить в связке с несколькими простыми тестовыми алгоритмами (в нашем случае «Шахматный код» и «March C»), для того чтобы разогреть матрицу памяти. В результате этот тест должен обнаружить около 90% часто встречающихся неисправностей. В таблице 4 представлены неисправности, которые обнаруживает тестовый алгоритм «March RAW».

Таблица 4. Обнаруживаемы неисправности тестовым алгоритмом «March RAW»

	Да	Нет	Некоторые
Stuck at Fault (SF)	•		
Transition Fault (TF)	•		
Coupling Fault (CF)	•		
Address Fault (AF)	•		
Neighborhood Pattern Sensitive Fault (NPSF)		•	

Порядок выполнения тестового алгоритма «March RAW»:

1. Запись информации T во все элементы памяти.
2. Чтение и проверка информации T из первой ячейки и запись в нее информации T, затем производится два раза чтение и проверка информации T из первой ячейки и запись в нее инверсной информации nT, чтение и проверка инверсной информации nT из этой же ячейки.
3. Последовательно в каждой следующей ячейки проводится чтение и проверка информации T и запись информации T, затем производится два раза чтение и проверка информации T и запись инверсной информации nT, чтение и проверка инверсной информации nT до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.
4. Начиная с начальной ячейки, последовательно производится чтение и проверка инверсной информации nT и запись инверсной информации nT, затем производится два раза чтение и проверка инверсной информации nT и запись в нее информации T, чтение и проверка информации T до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.
5. Начиная с последней ячейки памяти, в обратном направлении проводится чтение и проверка информации T и запись информации T, затем производится два раза чтение и проверка информации T и запись в нее инверсной информации nT, чтение и проверка инверсной информации nT до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.
6. Начиная с последней ячейки памяти, в обратном направлении проводится чтение и проверка инверсной информации nT и запись инверсной информации nT, затем производится два раза чтение и проверка инверсной информации nT и запись в нее информации T, чтение и проверка информации T до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.
7. Начиная с последней ячейки памяти, в обратном направлении проводится чтение и проверка информации T до тех пор, пока не будет протестирован весь объем памяти.

Как уже было написано выше, для более полного обнаружения неисправностей, тест «March RAW» необходимо проводить в связке с более простыми тестовыми алгоритмами, которые будут также искать неисправности, но еще должны нагреть матрицу памяти. Поэтому тест «March RAW» будет располагаться после тестовых алгоритмов «Шахматный код» и «March C». Время выполнения теста для микросхемы 1645PY5 составит:

$$\text{при } t_c = 30 \text{ нс, } T = 2 * D * 26 * N * t_c = 2 * 4 * 26 * 524288 * 30 * 10^{-9} \approx 3.27 \text{ с}$$

$$\text{при } t_c = 25 \text{ нс, } T = 2 * D * 26 * N * t_c = 2 * 4 * 26 * 524288 * 25 * 10^{-9} \approx 2.73 \text{ с}$$

Тестовый алгоритм «GalRow» (6N + 4NR, где R — количество строк матрицы памяти) является разновидностью алгоритма «GalPat». Эффективность алгоритма «GalPat» несколько выше, но его выполнение занимает намного больше времени. В отличие от других выбранных тестовых алгоритмов, «GalPat» способен обнаруживать ошибки в ячейках, которые возникают при определенном состоянии ближайших к ней ячеек (Neighborhood Pattern Sensitive Fault).

tive Faults). Так как микросхема 1645PY5 имеет 4096 строк и 128 столбцов, то имеет смысл использовать алгоритм «GalRow» (Galloping Row), а не «GalCol» (Galloping Column). В таблице 5 представлены неисправности, которые обнаруживает тестовый алгоритм «GalRow».

Таблица 5. Обнаруживаемы неисправности тестовым алгоритмом «GalRow»

	Да	Нет	Некоторые
Stuck at Fault (SF)	•		
Transition Fault (TF)	•		
Coupling Fault (CF)	•		
Address Fault (AF)	•		
Neighborhood Pattern Sensitive Fault (NPSF)	•		

Порядок выполнения тестового алгоритма «GalRow»:

1. Последовательно по всем адресам, начиная с начального, производится запись информации T по всем ячейкам памяти тестируемой схемы;
2. Запись инверсной информации nT в первую ячейку памяти (в домашнюю ячейку);
3. Считывание и проверка, что информация в каждой из остальных ячеек этого же ряда осталась T. После каждого цикла чтения информации T в данном ряду, возвращаемся в домашней ячейки и убеждаемся чтением, что в ней сохранилась информация nT;
4. Восстанавливаем в домашней ячейки информацию T;
5. Создаем новую домашнюю ячейку, записывая в нее информацию nT;
6. Повторение пункта 3;
7. Повторение пунктов 4–6 до тех пор, пока в качестве материнской ячейки не побывает каждая ячейка матрицы тестируемой схемы памяти;
8. Повторение пунктов 1–7 для инверсной информации.

Так как для выполнение тестового алгоритма «GalRow» необходимо больше времени, чем для других алгоритмов, то тест будет проводится только для данных 0x00 / 0xFF. Время выполнения теста для микросхемы 1645PY5 составит:

при $t_c = 30$ нс

$$T = 2 * D * (6 * N + 4N * R) * t_c = 2 * 1 * (6 * 524288 + 4 * 524288 * 128) * 30 * 10^{-9} \approx 8.15 \text{ с};$$

при $t_c = 25$ нс

$$T = 2 * D * (6 * N + 4N * R) * t_c = 2 * 1 * (6 * 524288 + 4 * 524288 * 128) * 25 * 10^{-9} \approx 6.78 \text{ с}.$$

Решение вопроса повышения несущей способности подшипников применением биметаллических материалов

Рустамова Машхура Умаровна, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассматриваются проблемы нагрузок на подшипники и метод повышения устойчивости подшипников применяя примеси биметаллических материалов.

Ключевые слова: машиностроение, детали машин, подшипники, нагрузки и устойчивость, биметаллический материал.

Главной особенностью подшипников коленчатого вала транспортных дизелей является то, что они работают в условиях динамических деформаций шеек вала и вкладышей под действием знакопеременных меняющихся нагрузок. Так, например, изменение диаметрального размера подшипника при действии максимальных сил инерции пре-

вышает половину величины рабочего зазора. Радиальная деформация эквивалентна динамическому изменению кривизны рабочей поверхности подшипника. Это, как правило, приводит к увеличению толщины масляного слоя и, следовательно, к повышению запаса несущей способности подшипника; с другой стороны, вызывает дополнительные

динамические напряжения в материале антифрикционного слоя, снижающие запас усталостной прочности. Силы гидродинамического давления и деформация изгиба кривошипной головки шатуна создает в материале антифрикционного слоя подшипника сложное напряженное состояние. Силы давления вызывают знако-постоянные пульсирующие напряжения сжатия, деформация изгиба — появление тангенциальных знакопеременных напряжений. Таким образом, антифрикционный слой испытывает плоское напряженное состояние, компоненты которого изменяются во времени по сложным законам [4].

В этом случае наступление опасного состояния антифрикционного материала подшипника может быть вызвано различными значениями главных напряжений в зависимости от их взаимосвязи между собой. Каждой взаимосвязи будут соответствовать определенные опасные значения главных напряжений, при которых наступит опасное состояние антифрикционного материала, связанное с возникновением больших начальных остаточных напряжений или поверхностных усталостных трещин. Появление последних вызывает качественно иные гидродинамические силы, создающие расклинивающий эффект, ускоряющий процесс разрушения подшипника.

Антифрикционные материалы на основе меди получили широкое распространение в связи с их высокими антифрикционными свойствами, коррозионной стойкостью, электропроводностью. Это графитовые и бронзографитовые материалы на основе высоко-оловянистых и свинцовистых бронз. Их применяют в узлах трения машин и механизмов в электротехнике в качестве скользящих токосъемных контактов. Наибольшее распространение получили материалы на стальной подложке с напеченным бронзовым слоем, пористая бронза, пропитанная смазкой и бронзографитовые материалы [2,3].

Свинцовистые бронзы являются мягким антифрикционным материалом с хорошей прирабатываемостью и относительно низкой несущей способностью, которая значительно повышается при нанесении тонкого слоя материала на стальную подложку. Сплавы на медно-свинцовой основе предназначены для работы в масле, но в случае прекращения подачи смазки роль последней начинает выполнять свинец, который покрывает пленкой поверхность контртела. Изделия из них изготавливаются в виде тонкостенных вкладышей, у которых антифрикционный слой нанесен на стальную подложку напеканием, накатыванием,

пропиткой и другими методами. Для улучшения свойств антифрикционных материалов в состав последних вводят компоненты, образующие мягкую структурную составляющую, например, свинец, а также твердые смазки, такие, как графит, так как он вводится наиболее просто и дешево. Для повышения несущей способности в материалы добавляют фосфаты или сульфаты железа, сульфиды марганца, гексагональный нитрид бора [1].

Подшипники из углеграфитовых материалов из-за малого износа с достаточно низким коэффициентом трения, высокой теплостойкости и теплопроводности, повышенной коррозионной стойкости получили распространение в различных областях машиностроения. Графитовые подшипники способны работать в агрессивных средах с плохой смазывающей способностью: в нефтепродуктах, морской воде, сжиженных газах, в кислотах и щелочах [1].

Биметаллический материал для подшипников скольжения состоит из металлической основы с нанесенным антифрикционным слоем на основе меди, содержащем олово, свинец и графит при следующем соотношении компонентов антифрикционного слоя, мас. %: олово 3,73,9; свинец 13,8, 14,4 графит 1,71,9; медь остальное.

Пример. Биметаллический материал для подшипников скольжения изготавливают следующим образом.

На внутреннюю поверхность металлического корпуса наносят антифрикционный слой из порошковой смеси, содержащей олово, свинец, графит и медь. Порошковую смесь напрессовывают на внутреннюю поверхность металлического корпуса и спекают в контейнере в среде природного газа. Подшипник устанавливают с натягом в поршневую головку шатуна, а отверстие в подшипнике окончательно формируют пропуская через него пуансона. При этом происходит уплотнение антифрикционного слоя, уплотнение пор на его поверхности, достигается необходимая чистота микрогеометрии поверхности и стабильность геометрических размеров [1,2].

Несущую способность подшипника скольжения оценивают по минимальной толщине масляного смазочного слоя δ мин и запасу несущей способности

Таким образом, постоянно развивающаяся подшипниковая промышленность стимулирует создание новых, нужных ей порошковых материалов. Их применение позволяет значительно снизить массу изделий, повысить их качество и эксплуатационную надежность, сократить расход цветных металлов и легированных сталей.

Литература:

1. Кузьмин, А. В. и др. Расчеты деталей машин: Справ.пособие/А. В. Кузьмин, И. М. Чернин, Б. С. Козинцов. — 3-е изд., перераб. и доп. — Мн.: Выш. шк., 2006. 400 с.
2. Ряховский, О.А «Детали машин». М.: Изд-во МГТУ 1999
3. Разумов, М. С. Повышение производительности формообразования многогранных наружных поверхностей посредством планетарного механизма [Текст]: автореферат дисс. канд. техн. наук / М. С. Разумов. — Курск. — 2011. — 18 с.
4. Электронный ресурс, режим доступа http://studopedia.net/10_164951_lektsiya-planetarnie-i-volnovie-pere-dachi.html

Основные методы формообразования при разработке моделей швейных изделий

Сайитова Умида Салимовна, ассистент;
Нутфуллаева Шахло Нуруллаевна, ассистент;
Нутфуллаева Лобар Нуруллаевна; научный исследователь;
Алимов Суннат Ражабович, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассмотрены основные факторы формообразования швейных изделий в процессе создания конструкции одежды, при влажно-тепловой обработке, формовочные свойства материалов и различные их комбинации. Даны рекомендации по выбору элементов формообразования для изготовления одежды.

Показатели качества продукции в соответствии с ГОСТом представляют собой количественную характеристику одного или нескольких свойств продукции, входящих в состав ее качества, рассматриваемую применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Прежде чем оценивать качество продукции, необходимо определить те свойства и показатели, которые следует принимать во внимание для его оценки в различных общественно-экономических процессах. Продукция в процессах ее создания, обращения и потребления существует в шести основных формах: 1) объекта прогнозирования и разработки; 2) объекта перспективного и текущего планирования; 3) овеществленного объекта (предмета) труда в производстве; 4) законченного производством продукта труда; 5) товара; 6) предмета потребления.

Всеми известно, производство и потребление, как две стороны единого процесса, взаимосвязанные и обуславливающие друг друга. Без производства нет потребления, однако и без потребления нет производства, так как производство было бы в таком случае бесцельно. ... Только в потреблении продукт становится действительно платьем лишь тогда, когда его носят; таким образом, продукт в отличие от простого предмета природы, оказывается пригодным, становится продуктом только в потреблении [1].

Главной формой существования промышленной продукции является, последняя форма — форма предмета потребления, потребительная стоимость. Следовательно, судить о наиболее существенных свойствах продукции необходимо в первую очередь по характеристикам качества конечного продукта — предмета потребления, исходя из требований человека — потребителя. К ним относятся, прежде всего, показатели свойств, связанных с удовлетворением определенных общественных потребностей людей (полезности, удобства, красоты), как потребительная стоимость в общественном масштабе. Эти показатели могут быть условно объединены под общим названием потребительских или человеческих. Мудрое изречение древнегреческого храма: «Человек есть мера всех вещей», сохранило значение до наших дней и стало одним из определяющих принципов при современной оценке качества промышленной продукции.

Одно из основных элементов качества одежды является — его форма,

По исследованию [2] формы одежды выделяют четыре аспекта: 1) ткань, фактура, цвет, декор, линии, отделки, видимые швы; 2) степень свободы одежды, выражающаяся в степени ее прилегания к фигуре в различных точках; 3) структура, как геометрическая внутренняя характеристика формы; 4) пластическая форма фигуры человека. Внешняя форма одежды во многом определяется силуэтными, конструктивными и декоративными линиями [2].

Формы современной одежды сложны и многообразны, а их создание достигается не только расчленением монолитной формы на части определенного геометрического вида, но и формообразованием отдельных деталей.

Формообразование кроеной одежды — это процесс создания объемных форм, основанный на способности ее материалов под действием деформаций изгиба, растяжения и смятия создавать пространственную форму.

Способ формообразования деталей зависит от конфигурации поверхности участка (вогнутости или выпуклости), свойств материалов, направления моды и т.д. Различают основные три метода формообразования деталей: конструктивный (механический); с использованием формовочных свойств материалов (физико-механический) и комбинированный (Рис.1.).

Конструктивный метод является более распространенным и универсальным способом. Этот метод обеспечивает получение объемной формы деталей за счет их полного или частичного членения материала на части конструктивными, конструктивно-декоративными линиями и выточками [2].

Достоинство метода — возможность получения поверхности формы любой сложности из любых материалов с высокой точностью воспроизведения. Для этого метода характерно устойчивое закрепление практически любой формы и ее формоустойчивость в эксплуатации. Для реализации его не требуется сложного специального оборудования. Вследствие этого конструктивным средствам нередко отдается предпочтение при создании объемных форм различных изделий [3].

Формообразование с использованием формовочных свойств материалов (физико-механический) — этот метод обеспечивает получение объемной формы за счет сетчатой



Рис.1. Основные формообразующие элементы при проектировании конструкции одежды

структуры текстильных материалов, их драпируемости или изгибания (распрямления) нитей. Чтобы создавать подлинно художественные, гармоничные формы изделий, устойчивые в эксплуатации, при рациональных материальных и трудовых затратах на изготовление этих изделий, надо правильно использовать свойства материалов.

Формообразование за счет подвижности сетчатой структуры материала основано на сгибании поверхности ткаными материалами. В них под воздействием внешних сил прямоугольные ячейки, образованные нитями основы и утка, приобретают форму параллелограмма, что обеспечивает получение объемной формы. Для сохранения полученной формы по краям деталей необходимо проложить кромки, прокладки или швы, при этом одна из деталей, входящих в шов, не должна иметь посадки.

Ограничения использования данного способа формообразования обусловлены способностью материалов, изменять угол между нитями основы и утка до определенного предела (величина максимального угла перекоса равна $10-15^\circ$), а также способностью материалов со временем релаксировать за счет перераспределения углов. В связи с последним замечанием целесообразно не проводить формообразование на опорных поверхностях [3].

Создание объемной формы за счет драпируемости материалов, т.е. за счет способности материалов изгибаться в складках, драпировках, при этом принимая определенную пространственную форму. Ограничения применения данного способа обусловлены свойствами материалов и декоративностью поверхности [3]. Принципы формообразования на геометрических моделях характерны и для реальных деталей одежды.

Характер членения одежды на составные части определяется: сложностью поверхностей одежды и тела чело-

века (поверхность относится к классу неразвертываемых, поэтому членение ее неизбежно); традициями конструирования; особенностями конкретной модели; требованиями художественной выразительности. Одежда с помощью удачно выбранных линий членения может подчеркнуть достоинства фигуры человека или скрывать ее недостатки, корректировать пропорции частей формы; трудностями технологической обработки материала. Так, в пальто приталенной формы для обеспечения эффекта вводится членение по линии талии. Учитывается направление нити основы. На полочке и спинке нити основы должны идти в одном направлении — продольном, для этого вводится членение по плечевому участку; шириной и другими свойствами материала. При изготовлении изделий из узких материалов приходится делать дополнительные членения одежды, усложняя общую форму. Ограниченная площадь натуральных кож заставляет проектировать большие детали (спинку, полочку, пальто) из двух-трех частей, вводят членения по линии груди, талии или бедер, которые включают еще и элементы формообразования.

Кроме перечисленных выше факторов должны быть учтены жесткость, драпируемость, осыпаемость и другие свойства конкретного материала, определяющие его способность к формообразованию. Этот метод нецелесообразно использовать в материалах, отличающихся высокой раздвижкой в швах и прорубаемостью. Этот метод увеличивает трудоемкость изготовления изделия [3].

Формообразование с использованием пластических свойств волокон (физико-механический) основано на термoplastических свойствах волокон, т.е. изменении размеров волокон под воздействием тепла, влаги и давления на молекулярную структуру волокон. Технологические средства формообразования [3]:

– Проектирование деформаций по срезам деталей (посадка, растяжение) и закрепление их с помощью ВТО (сутюживание, оттягивание);

– ВТО наиболее часто используют при работе над формой верхней одежды из шерстяных тканей, когда хотят избежать применение видимых членений (вытачки). Например, для создания выпуклости деталей спинки в области лопаток ткань сутюживают по плечевому срезу и со стороны проймы. Возможен другой вариант: оттягивают ткань по сгибу на участке лопаток;

– Изменения угла между нитями основы и утки (раскрой ткани с учетом направления нитей в деталях и действующих сил);

– Использование каркасных элементов (плечевые накладки, формоустойчивые прокладки, кромки и т.д.).

Литература:

1. Коблякова, Е. Б. Основы проектирования рациональных размеров и формы одежды. Москва. Легкая и пищевая промышленность. 1984. С.33–34
2. Коблякова, Е. Б., Ивлева Г. С., Романов В. Е. и другие. Конструирование одежды с элементами САПР. Учебник для вузов. Москва. Легпромбытиздат. 1988. С.84–85
3. Л. П. Шершнева, Л. В. Ларкина. Конструирование одежды: Теория и практика. Учебное пособие. Москва. ФОРУМ-ИНФРА-М, 2006. С.69–72

Основы совершенствования питателя пыльного джина с целью повышения очистительного эффекта

Сайфуллаев Сайёр Солихович, ассистент;
Раджабов Олимжан Нусратиллаевич, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Назначением питателя является рыхление хлопка-сырца перед джинированием и равномерная его подача в рабочую камеру в количестве, обеспечивающим выполнение заданной производительности при установленном качестве волокна. В питателе попутно с рыхлением хлопок-сырец очищается от сора.

К питателям пыльных джинов предъявляются следующие технологические требования: хлопок-сырец перед поступлением в рабочую камеру джина должен быть разрыхлен в питателе до своих первичных структурных составных частей — долек и летучек; поток хлопка-сырца, подаваемый в рабочую камеру джина, должен обладать высокой степенью равномерности как по времени, так и по ширине питателя, в питателе не должно быть образования пороков волокна, дробленности семян и ухода летучек в сор.

По назначению в технологическом процессе питатели делятся на питатели-рыхлители и питатели очистители хлопка-сырца от мелкого и крупного сора, по количеству рабочих барабанов на однобарабанные и многобарабанные.

Ограничение в использовании данного метода обусловлено термопластическими свойствами волокна. Достоинством метода является возможность формирования многослойных пакетов. Учитывая, что с течением времени может произойти релаксация материалов, целесообразно применять данный метод для формирования участков изделия, соответствующих опорным поверхностям.

В формообразовании современной одежды доминирует комбинированный способ, который представляет собой сочетание всех трех рассмотренных способов. В этом случае удается добиться высокой точности воспроизведения формы и устойчивости ее в эксплуатации. Комбинированный метод формообразования основан на одновременном использовании нескольких методов.

Однобарабанные питатели предназначены главным образом для рыхления и равномерной подачи хлопка в рабочую камеру джина. Конструкции однобарабанных питателей несложны по устройству, удобны в обслуживании и ремонте, но имеют очистительный эффект по мелкому сору всего 5–6%.

Питатель марки ПД работает в следующей последовательности. Хлопок-сырец распределительным шнеком направляется в шахту, а из нее поступает в питатель джина. Питающие валики, получая вращение навстречу друг-другу от питающего механизма, захватывают хлопок из шахты и равномерным слоем подают его к приемному колковому барабану, который, разрыхлив хлопок, протаскивает хлопок-сырец по сетчатой поверхности и очищает его от мелких сорных примесей. Сорные примеси, выделенные через отверстия сетчатой поверхности, собираются на дне корпуса питателя и выводятся сорным транспортером из машины. Предлагаемая нами конструкция питателя изображена на рис. 1 и работает в следующем порядке. Хлопок-сырец распределительным шнеком направляется в шахту, а из нее по-

ступает в питатель джина. Питающие валики 1, получая вращение навстречу друг-другу от питающего механизма, захватывают хлопок из шахты равномерным слоем подают его к приемному колковому барабану 2, который, разрыхлив хлопок, протаскивает его по сетчатой поверхности 3, очищает хлопок-сырец от мелких сорных примесей и подает его выпускному барабану 4. Последний выпускной барабан 4 выполняет функцию шпагатоуловителя. Конструктивно он представляет собой вал ди-

аметром 50–70 мм с радиально расположенными колками. Последние, внедряясь в массу хлопка, своими длинными колками зацепляют концы шпагата, которые наматываются на вал малого диаметра и периодически очищаются. Сорные примеси, выделенные через отверстия сетчатой поверхности, собираются на дне корпуса питателя и выводятся сорным транспортером 6 из машины. По лотку 5 хлопок-сырец направляется в рабочую камеру джина.

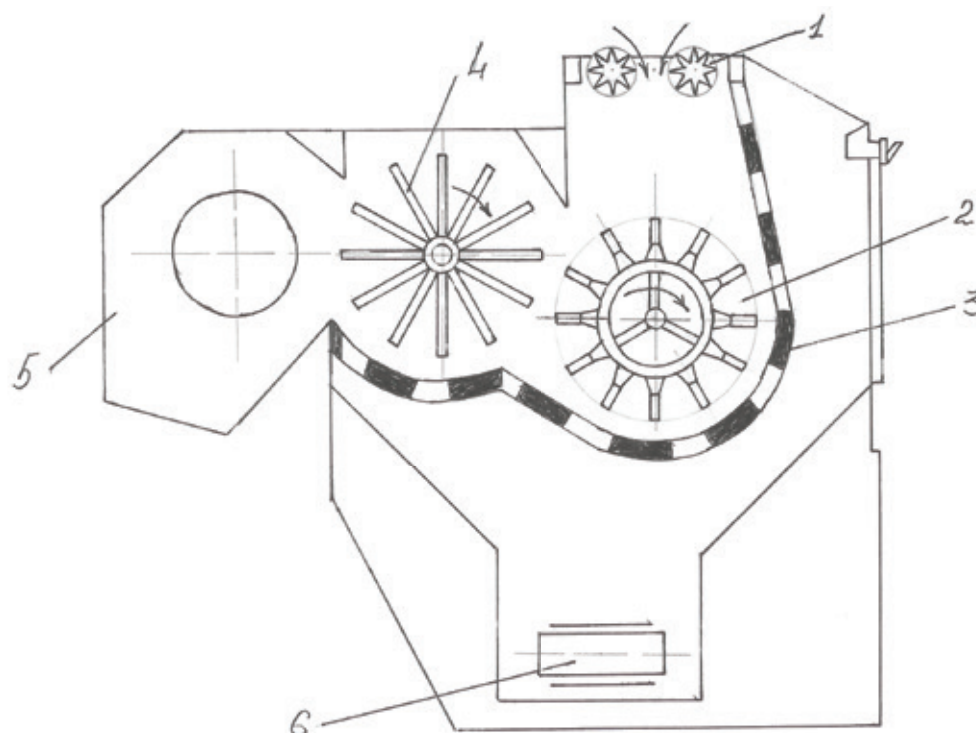


Рис. 1. Схема предлагаемого питателя: 1-питающие валики; 2-колковый барабан; 3-сетка; 4-выпускной барабан (шпагатоуловитель; 5-лоток для подачи хлопка-сырца в рабочую камеру джина; 6-транспортер для удаления сорных примесей

Производительность питающих валиков определяют из формулы:

$$P = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot S_3 \cdot L \cdot \rho_x \cdot \delta_6 \cdot k_3, \text{ кг/час}$$

где:

S_3 — зазор между питающими валиками, мм;

L — длина питающих валиков, мм;

ρ_x — объемная плотность хлопка-сырца в зазоре;

δ_6 — окружная скорость питающих валиков, м/сек;

k_3 — коэффициент эффективности захвата хлопка-сырца питающими валиками.

Вследствие значительного расстояния между опорами питающих валиков и необходимости поддержания постоянства зазора между ними к прочности и жесткости валиков предъявляются повышенные требования.

При проектировании колково-планчатых барабанов важным является обеспечить их уравновешенность, а также необходимую прочность и жесткость таких его деталей, как вал и колковая планка.

Расположение деталей барабана при его проектировании должно быть таким, чтобы он был статически и динамически уравновешен. Вследствие неточности изготовления и сборки, а также неоднородности материала, в большинстве случаев барабаны неуравновешенны, что при их значительном весе и больших угловых скоростях может вызвать не только дополнительные вредные нагрузки на подшипниках, но и вибрации всего питателя, а это приведет к преждевременному износу и поломкам.

Для полного уравновешивания барабана необходимо соблюдение условий статического уравновешивания, когда центр тяжести барабана находится на оси его вращения, и условий динамического уравновешивания — когда ось вращения барабана является также главной центральной осью его инерции.

Подготавливаемый к работе в процессе ремонта питатель джина должен иметь правильно установленные и исправно действующие питающие валики, колково-планчатый барабан, ровную и гладкую сетчатую поверхность.

При обнаружении значительных неисправностей деталей и узлов питателя для проведения ремонта разбирают полностью (шестеренчатое зацепление питающих валиков, подшипниковые узлы, чугунные боковины питателя, колково-планчатый барабан и т.д.). Ремонтируют также сетку питателя, его лоток и регулятор.

Вращающиеся при работе питателя навстречу друг другу шестерни питающих валиков изнашиваются односторонне, поэтому при ремонте допускается перестановка их местами для последующей работы, что удлиняет срок их службы. Обычному ремонту и сборке подлежат шкивы, подшипниковые узлы питателя. Шкивы должны быть хорошо отцентрированы, в собранных подшипни-

ковых узлах не должна просачиваться через уплотнительные кольца смазка.

Дефекты питающих валиков устраняют при слесарной обработке, в некоторых случаях используют сварку. Тщательно должно быть отремонтированы колково-планчатый барабан питателя и сортоотделительный эффект питателя. Установленные на барабане колки должны быть прямыми, иметь гладкую поверхность, одинаковую длину и надежное крепление. Погнутые колки выпрямляют или заменяют новыми, устанавливая недостающие. В сетках питателей устраняют вмятины, ремонтируют поврежденные места. При больших износах сетки, когда ремонт невозможен, ее заменяют новой.

Литература:

1. Мирошниченко, Г.И. «Основы проектирования машин первичной обработки хлопка». М., «Машиностроение», 1972.
2. Джаббаров, Г.Д. «Первичная обработка хлопка». М., «Легкая индустрия», 1978.

Печатно-технические свойства печатных красок, основанных на смесях загусток на основе карбоксиметилкрахмала и акрилатов

Сайфуллаев Сайёр Солихович, ассистент;
Раджабов Олимжан Нусратиллаевич, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье изучены физико-механические свойства набивных тканей и рН среда традиционных и смешанных загустителей, а также печатных красок, которые играют важную роль для печатания хлопчатобумажных тканей.

В настоящее время, в условиях мирового экономического кризиса, когда сырьевая направленность экспорта и излишняя зависимость от рисков и капризов мирового рынка превращается в серьезный фактор снижения валютных поступлений, ухудшения финансовой устойчивости и дестабилизации экономики отдельных стран, тема исследования настоящей статьи представляется особо важной.

Социально-экономическое развитие Республики Узбекистан обуславливает необходимость разработки новых технологий, ориентированных на расширение ассортимента текстильных материалов с высокими эксплуатационными свойствами и экспортоориентированностью.

Текстильная промышленность занимает одно из ведущих мест в экономике Узбекистана. Эта отрасль является центральным звеном в процессе стабилизации промышленного производства. Ежегодно в республике производится более 1 млн. тонн хлопкового волокна. В связи с инвестициями и прогрессом развития текстильной промышленности Узбекистана, в ближайшие годы экспорт хлопка будет сокращаться. Основной причиной тому станет создание новых текстильных предпри-

ятий и увеличение мощностей по внутренней переработке хлопкового волокна.

Потребность в набивных тканях растёт с каждым годом, и теперь они занимают большую долю рынка выпускаемых тканей. В зарубежной текстильной промышленности первое место при производстве набивных тканей занимают материалы из целлюлозных волокон, в частности хлопчатобумажные ткани. При этом, одним из основных процессов отделки является печатание.

С каждым годом увеличивается производство набивных текстильных материалов. Такое распределение определяет и баланс потребления красителей по классам: на первое место выходят пигменты, на второе — активные красители и на третье — дисперсные красители.

Сегодня активные красители завоевали очень весомое и достойное место в общем объеме производства и потребления «текстильных красителей». Как было отмечено на II Российском конгрессе химиков-текстильщиков и колористов, причины производства и потребления активных красителей очевидны: широкий цветовой охват, яркость окраски, относительная простота технологии применения

и относительно высокие показатели устойчивости окраски к мокрым обработкам. Все эти достоинства выдвинули их на первое место в России и на второе место в мире при печатании тканей из целлюлозных материалов. Однако печатание текстильных материалов активными красителями предъявляет особые требования к загустителям.

Применение активных красителей показало, что окраска, полученная фиксацией красителя на волокне за счет ковалентной химической связи, характеризующейся энергией разрыва 50–100 ккал/моль, будет отличаться более высокой устойчивостью к действию различных физико-химических факторов. Активные красители обеспечивают высокую устойчивость окрасок к стиркам и при этом дают широкий цветовой охват, яркость при сравнительной простоте технологии и умеренных ценах самих красителей. Недостатком активных красителей является необходимость тщательного удаления незафиксированного красителя, без чего невозможно добиться высоких показателей устойчивости окраски к мокрым обработкам. Кроме того, они должны, при разбавлении не изменять однородность, хорошо пропитывать ткань, легко вымываться и не препятствовать диффузии красителя в волокно.

Для активных красителей в качестве загущающих веществ используют альгинат натрия, манутекс, а также эфиры крахмала (эмпринт, монагум), которые не взаимодействуют с ними. Однако производителей в полной мере не устраивают даже альгинатные загустки по меньшей мере по двум причинам — это их дороговизна и чувствительность к солям жесткости и рН. Также высокой стоимостью сдерживается широкое использование загустителей импортного производства на основе эфиров крахмала, таких как эмпринт, моногум.

В настоящее время среди активных красителей уделяется внимание смешанным загустителям. В качестве загустки при печатании активными красителями используют

композицию, содержащую синтетический загуститель на базе акрилата натрия (флопринт ТФ170R ГОСТ 6342–98) и модифицированный альгинат натрия (манутекс RS230).

Имеющиеся теоретические и экспериментальные исследования показывают, что поиск и разработка новых типов смешанных загущающих препаратов на основе модифицированного крахмала со специально подобранными дешёвыми синтетическими полимерами, выпускаемых в нашей республике является своевременным и актуальным.

Целью настоящего исследования являлась оценка пригодности и эффективности ряда отечественных карбоксиметилловых эфиров рисового крахмала (КМК) и акриловых полимеров, производимых в ОАО “Навоiazот” в качестве загустителей и разработка на их основе экономичных печатных красок.

В работе изучены рН смешанных загусток и печатных красок, а также физико-механические свойства набивных тканей, (разрывная нагрузка, жесткость) ряда печатных красок, основанных на смесях загустителей: карбоксиметилкрахмала (КМК), гидролизованного полиакрилонитрила (унифлок), гидролизованной акриловой эмульсии (ГАЭ) с активными красителями и определено, в состоянии ли такое смешивание преодолеть неудобства, не теряя известные преимущества.

Печатная краска содержит активный краситель, мочевины, лудиголь, щелочной агент (NaHCO_3) и загуститель. Мочевину добавляют в печатную краску для увеличения растворимости активных красителей. Она выполняет также и функцию среды при фиксации красителя волокном. Лудиголь является слабым окислителем и вводится в состав печатной краски с целью предупреждения деструктивного действия на активные красители среды зрельника и самого целлюлозного волокна. рН печатной краски не должен превышать 10–10,5 (табл. 1).

Таблица 1. Изменение рН среды загустителей и печатных красок

рН	Загустители			
	Манутекс (2,5%)	Эмпринт (6%)	Смешанная загустка	
			КМК-унифлок	КМК-унифлок-ГАЭ
рН загустителей	рН=8	рН=8,5	рН=9	рН=9,5
рН печатных красок	рН=10	рН=10	рН=10,5	рН=10,5

Из табл. 1, видно, что рН загустителей из манутекса и эмпринта рН=8–8,5 и требует добавления щелочного агента и мочевины, а смешанная загустка на основе КМК–унифлок-ГАЭ экономит добавления бикарбоната

натрия, мочевины в два раза и достигает должного уровня, которым должна обладать печатная краска.

Таким образом, смешанная загустка на основе КМК-унифлок-ГАЭ имеет хорошие печатные свойства.

Литература:

1. Рахманов, Х. К. Разработка рациональной технологии распределения хлопка-сырца при его складировании: Дис... канд. техн. наук. — Ташкент, 1996.
2. I НДР 940103.I. Устройства для подготовки хлопка-сырца к хранению / Рахмонов Х. К., Ходжиев М. Т., Таджиев У. С. // — 1994.

3. Рахмонов, Х. К. Теоретическое изучение напряженно-деформированного состояния свободно-насыпного слоя хлопка-сырца в ограниченном объеме // Проблемы механики. — Ташкент, 2005.

Антиплоская задача для упругой полуплоскости с жестким включением

Самойлова Ирина Алексеевна, магистр, старший преподаватель;
 Смирнова Марина Александровна, магистр, старший преподаватель
 Карагандинский государственный университет им. академика Е. А. Букетова (Казахстан)

Механика упругой среды или теории упругости занимается деформацией и движением упругих тел под влиянием внешних воздействий, в качестве которых рассматриваются поверхностные нагрузки, массовые силы (например, вес), нагревание или охлаждение тела. Отсюда основной задачей механики упругой среды является определение перемещений любой точки тела по заданной внешней нагрузке. Для постановки и решения подобных задач первоначально необходимо провести математическое моделирование механики упругой среды [1].

Пусть в упругом полупространстве $(-\infty < x, z < \infty, y \geq 0)$ со свободной от напряжений границей имеется включение в виде полосы: $0 \leq y \leq b, -\infty < z < \infty$, расположенное в плоскости $x = 0$.

Требуется найти поле напряжений и смещений, если к внешнему краю указанного включения приложена равномерно распределенная сдвигающая нагрузка интенсивности τ_0 . Сформулированная задача эквивалентна следующей краевой задаче

$$\frac{\partial^2 w(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w(x, y)}{\partial y^2} = 0, \quad x < \infty, y > 0$$

$$\left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{y=0} = 0, \tag{1}$$

в которой уравнение Лапласа должно удовлетворяться всюду, кроме $x = 0$ (области, занятой включением).

При переходе через включение касательное напряжение τ_{xz} терпит разрыв, а смещения непрерывны и постоянны, то есть

$$\langle \tau_{xz}(0, y) \rangle = G \langle w'(0, y) \rangle = \varphi(y), \quad \varphi(y) \equiv 0, \quad y \geq b$$

$$w(0, y) = const, \quad 0 \leq y \leq b \tag{2}$$

Роль интегрального преобразования будет выполнять преобразование Фурье [2]. Умножим (1) на $e^{i\alpha x}$, проинтегрируем по частям раздельно на интервалах $(-\infty, -0)$, $(+0, +\infty)$ и на основании (2) получаем следующую одномерную краевую задачу:

$$w''_{\alpha}(y) - \alpha^2 w_{\alpha}(y) = -\frac{1}{G} \varphi(y), \quad 0 < y < \infty, \quad \varphi(y) \equiv 0, \quad y \geq b,$$

$$w'_{\alpha}(0) = 0 \tag{3}$$

Фундаментальная функция уравнения (3) имеет вид (5), через которую решение задачи (3) запишется в виде

$$Gw_{\alpha}(y) = \frac{1}{2|\alpha|} \int_0^b [e^{-|\alpha||y-\eta|} + e^{-|\alpha|(y+\eta)}] \varphi(\eta) d\eta = \frac{1}{2|\alpha|} \int_0^b [e^{-|\alpha||y-\eta|}] \varphi(\eta) d\eta + \frac{1}{2|\alpha|} \int_0^b [e^{-|\alpha|(y+\eta)}] \varphi(\eta) d\eta.$$

Во втором интеграле введем замену $\eta = -\eta$ и доопределим функцию $\varphi(-\eta) = \varphi(\eta)$, получаем

$$\frac{1}{2|\alpha|} \int_0^b [e^{-|\alpha||y-\eta|}] \varphi(\eta) d\eta + \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-b}^0 [e^{-|\alpha||y-\eta|}] \varphi(\eta) d\eta = \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-b}^b [e^{-|\alpha||y-\eta|}] \varphi(\eta) d\eta.$$

Следовательно,

$$Gw_{\alpha}(y) = \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-b}^b [e^{-|\alpha||y-\eta|}] \varphi(\eta) d\eta. \tag{4}$$

Обращая полученную трансформанту, находим,

$$Gw(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) K(x, y - \eta) d\eta,$$

где

$$K(x, y - \eta) = \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-b}^b \left[\ell^{-|\alpha||y-\eta|} \right] \ell^{-i\alpha} d\alpha = \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\ell^{-|\alpha||y-\eta|} \right] \{ \cos \alpha x - i \sin \alpha x \} d\alpha =$$

$$= \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\ell^{-|\alpha||y-\eta|} \right] \cos \alpha x d\alpha - \frac{1}{2|\alpha|} \int_{-\infty}^{\infty} \left[\ell^{-|\alpha||y-\eta|} \right] \sin \alpha x d\alpha = \int_0^{\infty} \frac{\ell^{-\alpha|y-\alpha|} \cos \alpha x}{\alpha} d\alpha.$$

Окончательно, для жесткого включения

$$Gw(x, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) d\eta \int_0^{\infty} \frac{\ell^{-\alpha|y-\alpha|} \cos \alpha x}{\alpha} d\alpha. \tag{5}$$

Как видим из (5), смещения выражаются через расходящийся интеграл. Чтобы от него избавиться, следует перейти к относительным смещениям, то есть

$$G[w(x, y) - w(0, 0)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) d\eta \int_0^{\infty} \frac{\ell^{-\alpha|y-\alpha|} \cos \alpha x - \ell^{-\alpha|\eta|}}{\alpha} d\alpha.$$

Получим сходящийся интеграл для относительных смещений, вычислим его

$$\int_0^{\infty} \left(\ell^{-\beta x} - \ell^{-\gamma} \cos \alpha x \right) \frac{dx}{x} = \frac{1}{2} \ln \frac{\alpha^2 + \gamma^2}{\beta^2}, \quad \text{Re } \beta > 0, \quad \text{Re } \gamma > 0.$$

Тогда

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{\infty} \frac{\ell^{-\alpha|y-\eta|} \cos \alpha x - \ell^{-\alpha|\eta|}}{\alpha} d\alpha = \left[\begin{matrix} x \Rightarrow \alpha, & a \Rightarrow x, \\ \gamma \Rightarrow \eta, & \beta \Rightarrow |y-\eta| \end{matrix} \right] = \frac{1}{4} \ln \frac{\eta^2}{x^2 + (y-\eta)^2}. \tag{6}$$

Получаем следующую формулу для смещений

$$G[w(x, y) - w(0, 0)] = \frac{1}{4\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \frac{\eta^2}{x^2 + (y-\eta)^2} d\eta + \frac{1}{4\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \eta^2 d\eta.$$

Откуда

$$Gw(x, y) = \frac{1}{4\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \frac{1}{x^2 + (y-\eta)^2} d\eta + \frac{1}{4\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \eta^2 d\eta + Gw(0, 0)$$

или

$$Gw(x, y) = \frac{1}{4\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \frac{1}{x^2 + (y-\eta)^2} d\eta + const1, \tag{7}$$

где

$$const1 = \frac{1}{4\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \eta^2 d\eta + Gw(0, 0).$$

Реализуем второе условие из (2), приходим к

$$w(0, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-b}^b \varphi(\eta) \ln \frac{1}{|y-\eta|} d\eta = const2, \quad 0 \leq y \leq b. \tag{8}$$

Уравнение (8) решаем с помощью спектрального соотношения

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \ln \frac{1}{|y-\eta|} \frac{T_n(\eta)}{\sqrt{1-\eta^2}} d\eta = \begin{cases} \ln 2, & n = 0 \\ n^{-1} T_n(y), & n = 1, 2, \dots \end{cases} \tag{9}$$

Для применения (9) к (8) сделаем замену $y = bt$, $\eta = b\tau$, то есть перейдем к интервалу $(-1, 1)$. Решение ищем в виде

$$\varphi(b\tau) = \frac{1}{\sqrt{1-\tau^2}} \sum_{n=1}^{\infty} \varphi_n T_n(b\tau). \tag{10}$$

$$w(0, y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 \varphi(b\tau) \ln \frac{1}{|bt - b\tau|} d(b\tau) = \frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 \varphi(b\tau) \ln \frac{1}{|bt - b\tau|}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\tau^2}} d(b\tau) = \frac{\varphi_0}{2} \ln 2 = const3 \Rightarrow \varphi_0 = const.$$

В результате получаем

$$\varphi(b\tau) = \frac{const}{\sqrt{1-\tau^2}} \text{ или } \varphi(y) = \frac{C}{\sqrt{b^2-y^2}}. \tag{11}$$

Произвольную постоянную реализуем с помощью условия включения $\frac{1}{2} \int_{-b}^b \varphi(\eta) d(\eta) = \tau_0$ или

$$\frac{C}{2} \int_{-b}^b \frac{d\eta}{\sqrt{b^2-\eta^2}} = \left[\begin{array}{l} \eta = b \sin t \\ d\eta = b \cos t dt \\ -\frac{\pi}{2} < t < \frac{\pi}{2} \end{array} \right] = \frac{C}{2} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} dt = \frac{\pi C}{2} = \tau_0.$$

Окончательно $\varphi(y)$ запишется в виде

$$\varphi(y) = \frac{2\tau_0}{\pi} \frac{1}{\sqrt{b^2-y^2}}. \tag{12}$$

Подставляя (12) в (7), получаем формулу для смещений

$$\begin{aligned} Gw(x, y) &= \frac{2\tau_0}{4\pi^2} \int_{-b}^b \frac{1}{\sqrt{b^2-\eta^2}} \ln \frac{1}{x^2+(y-\eta)^2} d\eta + const1 = \\ &= \frac{\tau_0}{2\pi^2} \int_{-b}^b \frac{1}{\sqrt{b^2-\eta^2}} \ln \frac{1}{x^2+(y-\eta)^2} d\eta + const1. \end{aligned} \tag{13}$$

Так как касательные напряжения $\tau_{xz} = G \frac{\partial w}{\partial x}$ и $\tau_{yz} = G \frac{\partial w}{\partial y}$, тогда с учетом (13) получим

$$\tau_{xz} = \frac{\tau_0}{2\pi^2} \int_{-b}^b \frac{2x[x^2+(y-\eta)^2]}{\sqrt{b^2-y^2}} d\eta, \quad \tau_{yz} = \frac{\tau_0}{2\pi^2} \int_{-b}^b \frac{2(y-\eta)[x^2+(y-\eta)^2]}{\sqrt{b^2-y^2}} d\eta.$$

Последние три формулы и определяют решение поставленной антиплоской задачи для полупространства с жестким включением. Построенное решение может быть использовано при рассмотрении соответствующих технических проблем, когда их модель сводится к решению указанной задачи.

Литература:

1. Попов, Г. Я., Абдыманапов С. А., Ефимов В. В., Игликов А. И. Метод разрывных решений в задачах математической физики. — Караганда, 1993. — с.97.
2. Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1997. — с.744.

Виды шумозащитных экранов

Сердюков Артём Андреевич, студент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Шумозащитный экран — конструкции и сооружения, призванные уменьшить негативное шумовое воздействие на окружающую застройку, в том числе жилую, а также прилегающую территорию. Является основным способом защиты от повышенного шумового воздействия, исходящего от транспорта на оживленных автомагистралях, железнодорожных путях, а также от производств. Шумозащитные экраны защищают от звуковых волн от строительных участков, установок кондиционирования и вентиляции.

В связи со своей высокой стоимостью чаще устраиваются в крупных населенных пунктах.

Конструкция

Конструктивно шумозащитный экран представляет собой панель с заполнением из шумопоглощающего или шумоотражающего материала высотой 2–6 метров. Полотно закрепляется на металлические стойки и крепится

к фундаменту, как правило, из бетона. Для улучшения характеристик экрану придается наклон в сторону источника шума, или же загибается его верхняя часть. Таким образом, уменьшается угол выхода шума и соответственно уровень его воздействия. Шумозащитные экраны устраиваются в непосредственной близости от источника шума, т.е. по краю проезжей части, железнодорожных путей, цехов и депо, строительных участков. Достаточная высота шумозащитного экрана определяется расчётом. Для достижения требуемых характеристик важно не допускать разрывов и зазоров в конструкции.

Шумозащитные экраны подразделяются на три типа по способу защиты от шума:

- шумопоглощающие
- шумоотражающие
- комбинированные

К шумопоглощающим относятся экраны, панели которых заполнены звукопоглощающим материалом, например базальтовой ватой, пенопластом, а также плитами, различными по своим составам и характеристикам. Как правило, со стороны источника шума шумопоглощающие экраны покрыты перфорированным металлическим листом или материалом, имеющим перфорацию, а также различного рода отверстия для улучшения вхождения звука в панель и последующего поглощения его кинетической энергии.

Шумоотражающий экран представляет собой панель с заполнением из поликарбоната, одинарного металлического листа или прочего жесткого материала. В отличие от других типов он не поглощает звуковую волну, а отражает её большую часть, возвращая ее к источнику шума. По этой причине, источник шума, и сторона, противоположная от защищаемого объекта получает повышенную шумовую нагрузку. В связи с этим область его применения ограничена. К примеру, при возведении шумозащитных экранов вдоль железной дороги или автомагистрали, необходимо, чтобы волна звука не возвращалась к поездам или автомобилям, чего рассматриваемых тип экрана обеспечить не может. К достоинствам экранов

данного типа можно отнести сравнительно не высокую стоимость.

Шумозащитные экраны комбинированного типа отличаются наличием двух или же более видов панелей в нем. Самое частое сочетание — это шумопоглощающие панели, сделанные на основе поликарбоната и перфорированные панели.

Шумозащитные экраны подразделяются на четыре типа по светопрозрачности:

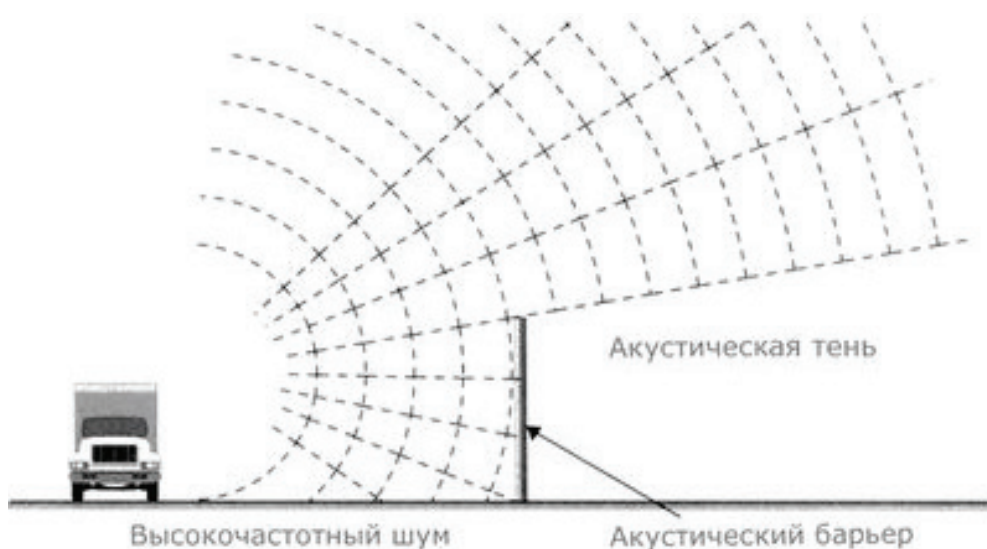
- прозрачные;
- тонированные;
- непрозрачные;
- с прозрачными вставками.

Для прозрачных и тонированных экранов используется в основном оргстекло. Для непрозрачных звукопоглощающих экранов используется многослойное стекло или перфорированный металлический лист с звукопоглощающей задней стенкой.

Прозрачные барьеры позволяют не нарушать облик города, а также повысить безопасность движения за счет большего угла обзора, лучшей освещенности трассы; водители и пешеходы могут визуально наблюдать известные им городские ориентиры. Комбинированные экраны с прозрачными вставками уменьшают усталость, так как однотонность трассы негативно сказывается на реакции водителей, более того, водитель может уснуть за рулем или не ощущать реальной скорости движения

Принцип действия шумозащитных экранов

Шумозащитные экраны создают препятствие на пути волн звука, не давая им распространяться. Материалы, из которых делают шумозащитные экраны: акрил, разные виды композитных материалов, монолитный поликарбонат. В больших городах и мегаполисах из этих материалов делают вертикальные стенки, строящиеся вдоль автодорог, аэровокзалов, железнодорожных путей и различных производств в тех случаях, когда они находятся в зонах обитания людей.



Шумозащитный экран создает собой зону с акустической тенью. Для того, чтобы создать эффект барьера, не позволяющего шумовым волнам проникать внутрь территории, объекты, необходимые для защиты нужно раз-

мещать ниже, чем эта тень, то есть в вертикальной проекции. Таким образом, если провести воображаемую линию от вершины экрана до источника шума, то объект защиты не должен по высоте до нее доходить.

Литература:

1. Б. Прутков. Шумозащита в градостроительстве. Букинистическое издание/ Б. Прутков. И. Шишкин. М.: ЦНИИП градостроительства, 1966. — 253 с.
2. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23–03–2003
3. Вопросы звукоизоляции и архитектурной акустики. Сб. статей У.Я. Ларшина, Г.Л. Осипова, И.Г. Лейзера и Е.В. Репиной. Госстройиздат. М., 1959
4. Боголепов, И.И. Современные способы борьбы с шумом в зданиях на селитебных территориях. «Инженерно-строительный журнал», Научно-прикладное издание № 2 ноябрь-декабрь 2008, Санкт-Петербург, Издательство СПбГПУ, 2008.
5. Боголепов, И.И. Строительная акустика. Общие профессиональные дисциплины в политехническом университете. Выпуск 2. Посвящается памяти академика И.А. Глебова. Под научной редакцией д.т.н., профессора, заслуженного работника высшей школы Российской Федерации В.Н. Козлова. Предисловие академика РАН Ю.С. Васильева. Санкт-Петербург, Издательство Политехнического университета, 2006.

Формирование модифицированных показателей растений и семян подсолнечника в результате предпосевной обработки

Смирнова Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель;
Варивода Альбина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;
Коваленко Марина Павловна, старший преподаватель
Кубанский государственный аграрный университет

В статье приводятся данные результатов исследования влияния предпосевной обработки биологическими фунгицидами на комплекс биохимических, микробиологических и технологических показателей растений и семян подсолнечника нового урожая. Объектами исследования являлись семена ультраскороспелого сорта подсолнечника Р-453, выращенные на экспериментальных полях ВНИИМКА г. Краснодара.

Ключевые слова: подсолнечник, предпосевная обработка, биопрепараты, фитопатогенные микроорганизмы, фотосинтетические пигменты, масличность семян.

Антропогенная деятельность человека, повлияло на качественный состав потребляемой пищи. С продуктами питания в организм человека поступает значительная часть химических и биологических веществ [1, с. 17].

Они попадают и накапливаются в пищевых продуктах двумя путями: по биологической цепи, обеспечивающей обмен веществ между живыми организмами, с одной стороны, и воздухом, водой и почвой — с другой, и по пищевой цепи, включающей все этапы сельскохозяйственного и промышленного производства продовольственного сырья и пищевых продуктов, а также их хранение, упаковку и маркировку [2, с. 28, 3, с. 12]. В связи с этим обеспечение безопасности и качества продовольственного сырья и пищевых продуктов является одной из основных задач современного человеческого общества, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда [4, с. 34].

Фитосанитарная нестабильность агробиоценозов, а также ухудшение общей экологической ситуации в регионах России требуют новых подходов в развитии и использовании средств и способов защиты сельскохозяйственных культур [5, с. 23].

Предпосевное обеззараживание семян является наиболее целесообразным и эффективным способом защиты подсолнечника от внешней и внутренней инфекции, почвенных патогенов и вредителей, способствуя тем самым получению гарантированно высоких и качественных урожаев [6, с. 109].

Основными средствами защиты подсолнечника от микробиологической порчи являются химические фунгициды. Несмотря на ряд их преимуществ, они не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к экологически чистой продукции с качественными показателями. Их альтернативой могут стать экологически безопасные биологи-

ческие препараты. Кроме того, они дают возможность решения проблемы резистентности популяций фитопатогенов к химическим пестицидам. В связи с этим в ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии созданы на основе перспективных штаммов грибов-антагонистов рода *Penicillium* и бактериальных штаммов-антагонистов родов *Bacillus* и *Pseudomonas* экологически безопасные биопрепараты для предпосевной обработки семян подсолнечника [7, с. 262].

Но в не достаточной мере изучено влияние биоинкрустации семян подсолнечника препаратами на комплекс биохимических, микробиологических и технологических показателей семян и растений подсолнечника.

В связи с этим было выполнено комплексное исследование, на основании результатов которого обосновано новое положение для получения семян подсолнечника в качестве масличного сырья с модифицированными свойствами, отличающихся более ранним созреванием, более высокой масличностью, низким показателем кислотного числа и активностью ферментного комплекса, повышенной термостойкостью и отсутствием фитопатогенной микрофлоры, предложена усовершенствованная экологически чистая технология послеуборочного дозревания и хранения семян подсолнечника с применением биопрепаратов [8, с. 266, 9, с.33].

Накопление в почве фитопатогенных микроорганизмов приводит к усилению микробного токсикоза почвы. Это важный фактор, который необходимо учитывать в исследовании, так как он оказывает угнетающее влияние на развитие растений. А так как от стабильности и динамичности протекания начальных этапов прорастания семян и роста проростков зависит количество и качество воспроизводимых растений, их адаптогенные свойства, нам представлялось важным оценить в лабораторных условиях влияние композиций на основе биопрепаратов, а также фактор микробного токсикоза почвы на формирование морфобиологических характеристик проростков семян подсолнечника сорта Р-453. По литературным данным, биопрепараты оказывают ростостимулирующее действие, в связи с этим целесообразно оценить их влияние на формирование массы проростка [10, с. 108].

Полученные данные показали, что в контрольном варианте произошло угнетение проростков на почве более чем на 20% по сравнению с проростками на фильтровальной бумаге. Это указывает на наличие микробного токсикоза почвы. В тоже время предпосевная обработка биопрепаратами положительно повлияла на формирование морфобиологических характеристик проростков семян подсолнечника, что ещё раз подтверждает защитные действия препаратов от фитопатогенов.

Установлено активирующее влияние исследованных биопрепаратов на развитие семян подсолнечника, включая рост проростков и полевую всхожесть семян с долей влияния 70–85%. Обработка семян подсолнечника биопрепаратами *sgrc* — 1, *fa* 4–1, бациллин, *d* 7–1, фуникулосум, способствовала формированию более высоких показателей морфобиологических характеристик,

с долей влияния фактора «вариант обработки» для длины листа 6,80%, для длины проростка 9,48%, для длины корневой системы 7,70%, для массы проростка 9,40%.

Предпосевная обработка способствовала формированию и развитию полезной аборигенной микрофлоры. В микромицетном комплексе ризосферы растений подсолнечника не были обнаружены фитопатогенные микроорганизмы. В контрольном же варианте и в почве встречались фитопатогенные микроорганизмы представители родов *Phomopsis*, *Fusarium*, *Verticillium* [11, с. 43, 65].

Не обнаружено влияние микробного токсикоза окультуренной почвы на морфобиологические характеристики проростков инкрустированных семян подсолнечника [12, с. 967].

Впервые количественно оценено усиление фотосинтетических процессов в листовом аппарате подсолнечника при развитии растений в полевых условиях под влиянием предпосевного инкрустирования семян биопрепаратами. Установлено достоверное повышение содержания хлорофилла «а» на 23,2–39,6%, хлорофилла «b» на 63,8–76,6%, суммы каротиноидов на 24,2–45,5% в листьях подсолнечника сорта Р-453 на стадиях бутонизации и цветения относительно контрольного варианта. Применение препаратов инкрустации привело к смещению максимума содержания хлорофиллов «а» и «b», а также суммы каротиноидов на более ранние стадии созревания по сравнению с контролем, что коррелирует с увеличением урожайности подсолнечника и посевными качествами нового урожая. Наибольший прирост содержания комплекса фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника выявлен при обработке семян биопрепаратом *sgrc*-1 [2, с.32, 13, с. 14].

Экспериментально установлено достоверное влияние микробиологических инкрустаторов на урожайность семян подсолнечника. Наиболее эффективным является препарат фуникулосум на основе штамма *Penicillium funiculosum*. Величина сохраненного урожая от применения биопрепаратов составляет 0,1–0,4 т/га.

Инкрустирование семян подсолнечника биопрепаратами способствовало формированию эпифитной, семенной микрофлоры. В семенах нового урожая практически отсутствовали представители рода *Fusarium*, и *Aspergillus*, являющихся продуцентами токсических веществ.

Установлено, что из девяти изученных биопрепаратов наибольшее влияние на процессы накопления запасных липидов в семенах оказывают фуникулосум и *sgrc*—1. Под их действием активная фаза фотосинтеза достигается на 5–7 дней раньше, а к моменту достижения уборочной спелости масличность обработанных семян составляет 51–52%, что на 3–4% выше, чем у необработанных.

На основании выполненных исследований обосновано представление о масличном сырье с новыми специфическими свойствами, отличающихся более ранним созреванием, более высокой масличностью к уборочной спелости на 3–4%, меньшей долей содержания свободных жирных кислот в масле семян на уровне 0,84–1,01% против 1,53%, повышенной массовой долей содержания более 57% в три-

ацилглицеринах линолевой кислоты против 54%, повышенной термостойкостью свежееубранных семян, а также отсутствием или незначительным содержанием фитопатогенных микроспоридий [2, с. 108, 5, с. 23, 24].

Опытно-промышленная апробация предпосевной обработки биопрепаратами семян подсолнечника под-

твердила её эффективность. Экономический эффект от внедрения результатов исследований, обусловленного большим выходом масла из семян и более высоким его качеством, составил при переработке 100 тонн семян нового урожая, обработанных перед посевом биопрепаратами: Sgrc-1 19,26 тыс. руб. и фуникулумом — 67,56 тыс. руб.

Литература:

1. Очередыко, Н. С. Эффективность защиты семян подсолнечника препаратами различного происхождения / Н. С. Очередыко, М. Д. Назарько, А. А. Гречкин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 1. — с. 16–18.
2. Смирнова, Н. С. Биологическая обработка и её влияние на качество семян подсолнечника. / Н. С. Смирнова — Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2015. — 121 с.
3. Варивода, А. А. Особенности технологии подготовки рапсового масла к рафинации / А. А. Варивода, В. И. Мартовщук, Л. Н. Большакова, Е. Н. Большакова, А. А. Заболотный // Масложировая промышленность. 2005. № 4. с. 12–13.
4. Смирнова, Н. С. Влияние динамики фотосинтетических пигментов при созревании подсолнечника, обработанного биопрепаратами перед посевом, на величину урожая и масличность семян / Н. С. Смирнова, В. Г. Щербаков, В. Г. Лобанов, М. Д. Назарько, Л. В. Маслиенко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 5–6. — с. 33–35.
5. Смирнова, Н. С. Экспериментальное обоснование технологии послеуборочного дозревания и хранения семян подсолнечника с применением биопрепаратов / Н. С. Смирнова, В. Г. Щербаков, М. Д. Назарько // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 2–3 (320–321). — с. 22–24.
6. Назарько, М. Д. Влияние микотоксинов на качество семян подсолнечника / М. Д. Назарько, Н. С. Очередыко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2006. — № 2–3. — с. 109–110.
7. Смирнова, Н. С. Предпосевная биообработка и её влияние на формирование проростков семян подсолнечника / Н. С. Смирнова // Молодой учёный. — 2015. — № 4 (84). — с. 261–264.
8. Смирнова, Н. С. Обоснование выбора варианта предпосевной обработки семян подсолнечника биопрепаратами / Н. С. Смирнова // Молодой учёный. — 2015. — № 4 (84). — с. 264–267.
9. Очередыко, Н. С. Сравнительный анализ способов обработки семян подсолнечника против основных вредителей и болезней / Н. С. Очередыко, М. Д. Назарько // Фундаментальные исследования. — 2006. — № 8. — с. 33–34.
10. Назарько, М. Д. Анализ возможных путей повреждения семян подсолнечника токсиногенными штаммами микроспоридий и условия образования микотоксинов / М. Д. Назарько, В. Г. Лобанов, Н. С. Очередыко // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2006. — № 2–3. — с. 108–109.
11. Смирнова, Н. С. Прогнозирование влияния современных средств защиты микробиологической природы на комплекс биохимических, микробиологических и технологических показателей растений и семян подсолнечника: монография Н. С. Смирнова. — Краснодар: КубГАУ, 2009. — 93 с.
12. Смирнова, Н. С. Современные методы обработки рапсовых масел / Н. С. Смирнова, А. А. Варивода // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Ответственный за выпуск: А. Г. Коцаев. 2016. с. 966–967.
13. Варивода, А. А. Технология функциональных продуктов: Учебное пособие. / А. А. Варивода, Г. П. Овчарова. — Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2013. — 60с.

Изучение технологических характеристик урожайных семян подсолнечника в результате биоинкрустации

Смирнова Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Варивода Альбина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;

Коваленко Марина Павловна, старший преподаватель

Кубанский государственный аграрный университет

В статье приводятся данные результатов исследования влияния предпосевной обработки биологическими фунгицидами на формирование технологических характеристик семян подсолнечника нового урожая.

Объектами исследования являлись семена ультраскороспелого сорта подсолнечника P-453, выращенные на экспериментальных полях ВНИИМКа г. Краснодара.

Ключевые слова: подсолнечник, предпосевная обработка, биопрепараты, масса 1000 семян, лузжистость, масличность, сбор масла, сбор белка.

Предпосевное обеззараживание семян является наиболее целесообразным и эффективным способом защиты подсолнечника от внешней и внутренней инфекции, почвенных патогенов и вредителей, способствуя тем самым получению гарантированно высоких урожаев [1, с. 237, 2, с 33, 3, с.265].

Основными средствами защиты подсолнечника от микробиологической порчи являются химические фунгициды. Несмотря на то, что современные фунгициды характеризуются сравнительно низкими нормами расхода при обработке посевов, способностью быстро разлагаться в почве с минимальным воздействием на почвенную биоту, они не соответствуют современным требованиям, предъявляемым к экологически чистой продукции с качественными показателями [4, с.128, 5, с 12]. Кроме того, содержание в почве и на растительных остатках возбудителей болезней фунгициды не уменьшают, что существенно снижает их эффективность [6, с. 17, 7, с. 57]. Альтернативой

химическим фунгицидам могут стать микробиологические препараты, достоинствами которых являются специфичность действия, высокая экологичность. Кроме того, они дают возможность решения проблемы резистентности популяций фитопатогенов к химическим пестицидам [8, с. 23, 9, с.109]. В связи с этим в ГНУ ВНИИМК Россельхозакадемии созданы и продолжают создаваться на основе перспективных штаммов грибов-антагонистов рода *Penicillium* и бактериальных штаммов-антагонистов родов *Bacillus* и *Pseudomonas* экологически безопасные биопрепараты для предпосевной обработки семян подсолнечника [10, с. 260, 11, с. 110].

К сожалению, в настоящее время отсутствует достаточно полное представление о влиянии предпосевной обработки семян подсолнечника биопрепаратами на комплекс технологических показателей семян подсолнечника. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технологические свойства семян подсолнечника нового урожая, сформированных под влиянием предпосевного инкрустирования (средние данные за 2014–2015 гг.)

Препарат	Масса 1000 семян		Лузжистость		Масличность		Сбор масла		Сбор белка	
	г	изменение к контролю, %	%	изменение к контролю, %	%	изменение к контролю, %	кг/га	изменение к контролю, %	кг/га	изменение к контролю, %
контроль	54,1	—	24,5	—	47,5	—	1237,2	—	702,3	—
вермикулен	61,1	+13,0	22,6	-7,8	48,3	+1,7	1340,7	+8,4	790,0	+12,5
хетомин	55,4	+2,4	20,8	-15,1	49,1	+3,4	1347,8	+8,9	823,5	+17,3
веррукозин	54,3	+0,4	20,3	-17,1	48,9	+2,9	1398,6	+13,0	844,3	+20,2
фуникулозум	60,5	+11,8	22,7	-7,4	49,3	+3,8	1454,3	+17,5	900,4	+28,2
бациллин	61,3	+13,3	21,1	-13,9	50,1	+5,5	1442,9	+16,6	806,4	+14,8
Oif 2–1	55,8	+3,1	19,8	-19,2	49,5	+4,2	1350,7	+9,2	831,7	18,4
Sgrc –1	64,3	+18,9	17,0	-30,6	50,7	+6,7	1400,8	+13,2	801,3	+14,1
D 7–1	53,6	-0,9	21,2	-13,5	49,8	+4,8	1354,5	+9,5	815,4	+16,1
Fa 4–1	62,5	+15,5	20	-18,4	50,1	+5,5	1340,1	+8,3	775,2	+10,4
раксил	59,6	+10,2	23,8	+4,9	49,4	+4,0	1321,4	+6,8	748,4	+6,6
винцит	65,5	+21,1	20,9	-14,7	49,2	+3,6	1337,3	+8,2	856,2	+21,9

Примечание: «+» — увеличение; «-» — уменьшение

Анализ полученных данных, приведенных в таблице 1, был начат с оценки влияния варианта обработки семян. Была использована однофакторная модель дисперсион-

ного анализа, где в качестве фактора и выступал «вариант обработки». Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты однофакторного дисперсионного анализа технологических признаков семян подсолнечника

Изменчивость	SS	df	mS	F	σ^2	Доля
Масса 1000 семян						
общая	596,75	35			18,04	100,00
способ обработки	580,64	11	52,79	78,64	17,37	96,28
остаточная	16,11	24	0,67		0,67	3,72
Лузжистость						
общая	130,88	35			3,96	100,00
способ обработки	129,43	11	11,77	194,31	3,90	98,47
остаточная	1,45	24	0,06		0,06	1,53
Масличность						
общая	24,79	35			0,75	100,00
способ обработки	23,23	11	2,11	32,63	0,68	91,34
остаточная	1,55	24	0,06		0,06	8,66
Сбор масла						
общая	112273,15	35			3399,29	100,00
способ обработки	111114,49	11	10101,32	209,23	3351,01	98,58
остаточная	1158,66	24	48,28		48,28	1,42
Сбор белка						
общая	110317,97	35			3285,56	100,00
способ обработки	87582,69	11	7962,06	8,40	2338,25	71,17
остаточная	22735,28	24	947,30		947,30	28,83

Однофакторный дисперсионный анализ показал, что эффекты различных «вариантов обработки» семян не просто достоверны, но и весьма велики. Так, доля факторной изменчивости в общей изменчивости технологических признаков варьировала от 71,2% для сбора белка до 98,6% для сбора масла и во всех остальных случаях превышала 90%. Таким образом, можно заключить, что

различные фунгициды за счет защитного эффекта стимулируют физиологические процессы в растениях подсолнечника, что в конечном итоге сказывается на выполнении семян и их технологическом качестве [7, с. 84, 13, с. 967].

Характер выявленных различий отражают результаты сравнения средних по градациям фактора (таблицы 3–7).

Таблица 3. Ранговый тест сравнения средних значений массы 1000 семян при разных способах обработки семян

Вариант обработки семян	Масса 1000 семян	Ранговый тест					
d 7–1	53,58	****					
контроль	54,12	****	****				
веррукозин	54,26	****	****				
хетомин	55,38		****	****			
oif 2–1	55,77			****			
раксил	59,64				****		
фуникулозум	60,48				****	****	
вермикулен	61,14					****	****
бациллин	61,29					****	****
fa 4–1	62,50						****
sgrc — 1	64,27						****
винцит	65,47						****

Разные «варианты обработки» разделились по результатам рангового теста на несколько групп, характер различий между которыми однозначно интерпретировать сложно. Однако, видно, что в группе препаратов с наименьшими значениями признака находится контроль, что

свидетельствует о положительном влиянии обработки семян. Однозначно в число лучших препаратов вошли биопрепарат sgrc — 1 и химический препарат винцит, которые между собой не отличались по данному признаку, зато достоверно отличались от остальных препаратов.

Таблица 4. Ранговый тест сравнения средних значений лужистости при разных способах обработки семян

Вариант обработки	Лужистость, %	Ранговый тест							

sgrc — 1	17,03	***							
oif 2-1	19,77		***						
fa 4-1	20,00		***	***					
веррукозин	20,33			***					
хетомин	20,77				***				
винцит	20,93				***	***			
бациллин	21,13				***	***			
d 7-1	21,23					***			
вермикулен	22,57						***		
фуникулозум	22,67						***		
раксил	23,77							***	
контроль	24,47								***

Отличительной особенностью данного технологического признака является признание в качестве наилучшего минимальные значения. Контроль показал максимальное, то есть худшее значение, при этом ста-

тистически достоверно отличался от вариантов с обработкой семян. Лучшим, также достоверно отличающимся от других вариантов, оказался бактериальный препарат sgrc — 1.

Таблица 5. Ранговый тест сравнения средних значений масличности при разных «вариантах обработки» семян

Вариант обработки	Масличность, %	Ранговый тест							

контроль	47,57	****							
вермикулен	48,37		****						
веррукозин	48,87			****					
хетомин	49,10			****	****				
винцит	49,20			****	****	****			
фуникулозум	49,27			****	****	****			
раксил	49,43				****	****	****		
oif 2-1	49,53					****	****		
d 7-1	49,83						****	****	
бациллин	50,10							****	
fa 4-1	50,13							****	
sgrc — 1	50,70								****

Из таблицы 5 видно, что минимальное статистически достоверное значение показал контрольный вариант, а максимальное — биопрепарат sgrc — 1.

Таблица 6. Ранговый тест сравнения средних значений сбора масла при разных «вариантах обработки» семян

Вариант обработки	Сбор масла, кг/га	Ранговый тест							

контроль	1237,23	****							
раксил	1321,37		****						
винцит	1337,27			****					
fa 4-1	1340,07			****	****				
вермикулен	1340,70			****	****				
хетомин	1347,80			****	****	****			
oif 2-1	1350,77				****	****			
d 7-1	1354,47					****			

веррукозин	1 398,57						****	
sgrc — 1	1 400,83						****	
бациллин	1 442,90							****
фуникулозум	1 454,33							****

Таблица 7. Ранговый тест сравнения средних значений сбора белка при разных «вариантах обработки» семян

Вариант обработки	Сбор белка, кг/га	Ранговый тест						
		****	****	****	****	****	****	****
контроль	702,30	****						
раксил	748,43	****	****					
fa 4-1	775,20		****	****				
вермикулен	790,03		****	****	****			
sgrc — 1	801,27			****	****	****		
бациллин	806,40			****	****	****	****	
d 7-1	815,40			****	****	****	****	
хетомин	823,48			****	****	****	****	
oif 2-1	831,73				****	****	****	
веррукозин	844,30					****	****	
винцит	856,17						****	****
фуникулозум	900,37							****

Таким образом, результаты рангового теста позволяют увидеть основную тенденцию — семена подсолнечника, выращенные без предпосевной обработки всегда показывают худшие значения технологических признаков. В числе лучших оказываются разные препараты, хотя наиболее часто в их число входит sgrc — 1.

Для решения вопроса о выборе наиболее эффективных препаратов была проведена классификация вариантов обработки по комплексу технологических признаков, и использован кластерный анализ, результат которого приведен на рисунке 1.

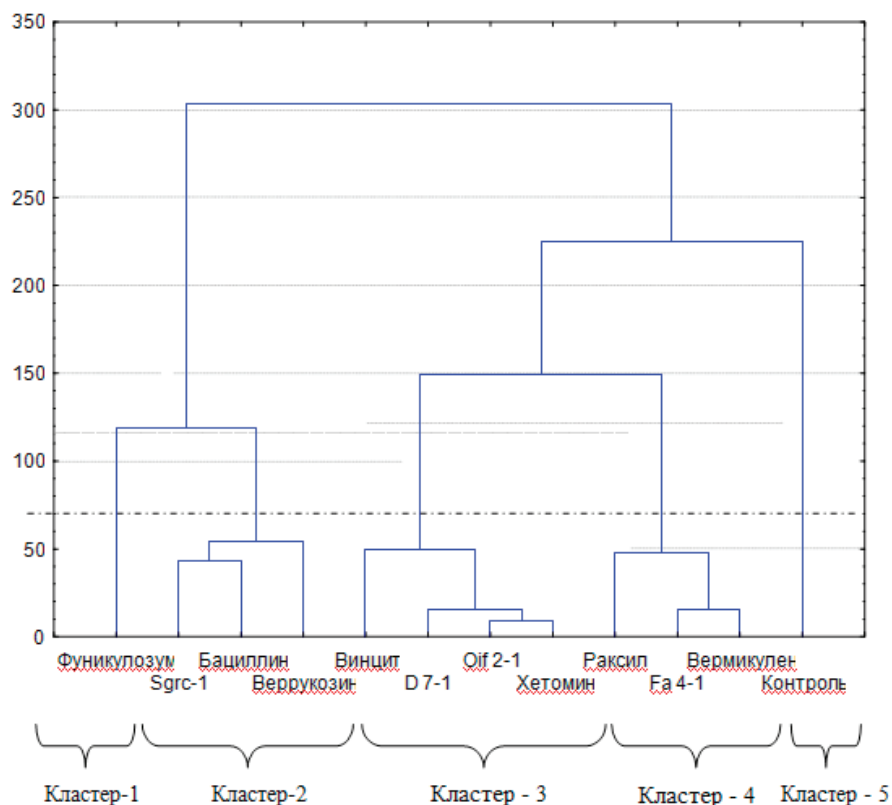


Рис. 1. Кластеризация способов обработки семян по комплексу технологических признаков

Разрезание кластерного дендрита по уровню сходства в 70 усл. ед. привело к выделению пяти кластеров. В первый из них вошел только один препарат — фуникулозум. Во второй: sgrc-1, бациллин, веррукозин; в третий: винцит, d 7–1, oif 2–1, хетомин; в четвертый: раксил, fa 4–1, вермикулен; в пятый кластер обособленно вошел контроль.

Проверка кластерного решения была выполнена с использованием дискриминантного анализа — метода, позволяющего провести сравнение кластеров не по отдельным показателям, а по их комплексу одновременно.

Дискриминантный анализ выявил статистически достоверные межкластерные различия, о чем свидетельствуют результаты, приведенные в таблице 8.

Таблица 8. Расстояния Махаланобиса между центрами кластеров

Кластер	1	2	3	4	5
1	-	23,8492	84,4076	121,6340	374,1025
2	0,0000	-	35,9586	61,1025	260,1919
3	0,0000	0,0000	-	10,8413	120,5491
4	0,0000	0,0000	0,0000	-	75,3636
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-

Действительно, вероятность ноль-гипотезы об отсутствии различий, приведенная ниже главной диагонали таблицы 8 существенно ниже даже 0,001 %-го уровня значимости.

Разделение групп наглядно демонстрирует рисунок 2, где представлено распределение точек опытов, входящих в тот или иной кластер.

Обращает на себя внимание характер распределения «облаков точек» разных кластеров. Их последовательное расположение в пространстве дискриминантных функций

отражает порядок следования кластеров в кластерном дендрите.

Однако, доказательство различий кластеров еще не позволяет ответить на главный вопрос — какой препарат или их группа препаратов способствуют формированию лучших технологических признаков исследованного сорта семян подсолнечника. Решение может быть найдено путем введения в безразмерное пространство функций объекта с заранее известными свойствами.

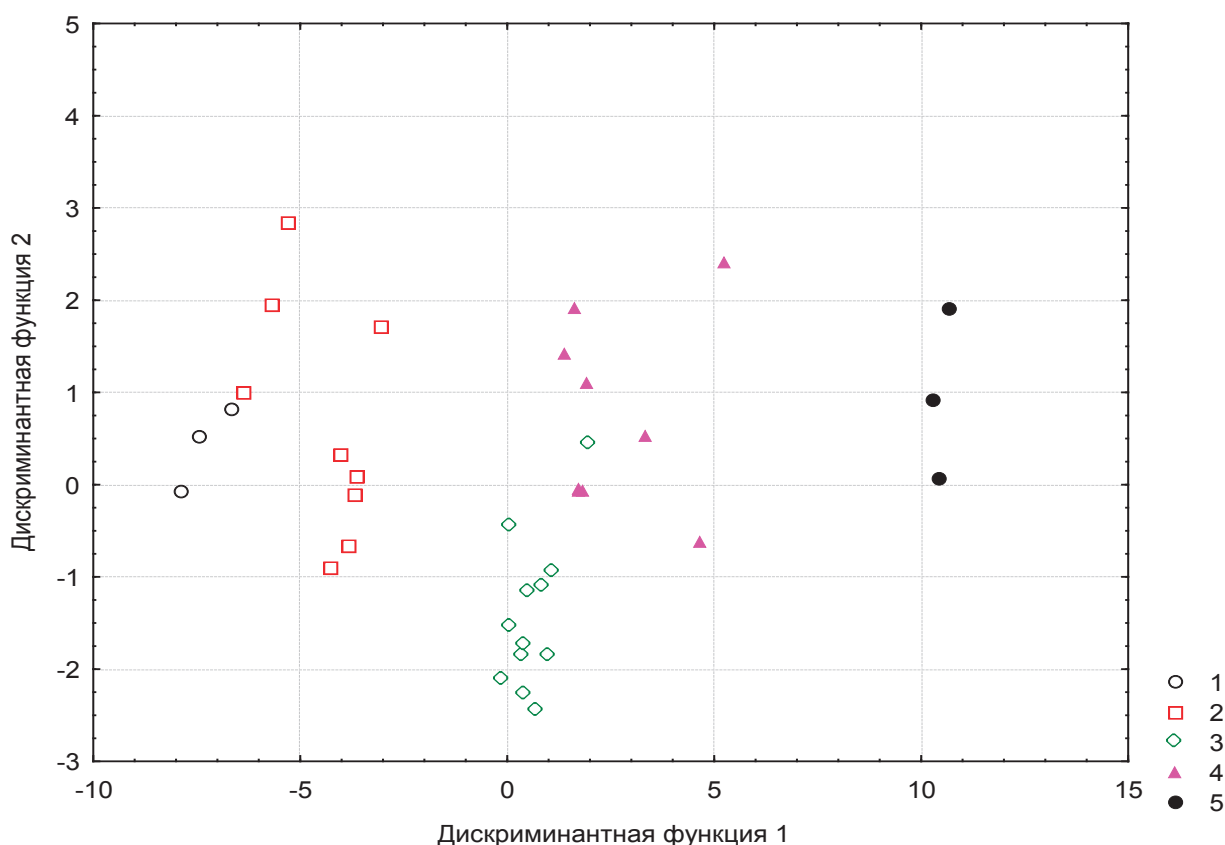


Рис. 2. Распределение точек опытов обработки семян препаратами, вошедшими в разные кластеры: 1 — кластер-1; 2 — кластер-2; 3 — кластер-3; 4 — кластер-4; 5 — кластер-5

Данный объект можно назвать в рамках данного анализа «технологической моделью». Она должна обладать наилучшими значениями технологических признаков, полученных в рамках данного сравнительного эксперимента.

В качестве параметров модели были использованы максимальные значения массы 1000 семян, масличности, сбора масла и сбора белка. Значение лужистости было взято минимальным (таблица 9).

Таблица 9. Параметры модели и алгоритм вычисления значений дискриминантных функций

Показатель	Значение	Коэффициент функции		Произведение	
		1	2	1	2
масса 1000 семян	66,39	0,00086	0,15684	0,057148	10,9002
лужистость	16,80	0,37783	0,06376	6,34753	1,45
масличность	50,80	0,57281	-1,13020	29,09873	-57,4144
сбор масла	1461,20	-0,07148	0,02891	-104,441	42,24781
сбор белка	915,10	-0,00865	-0,02919	-7,91942	-26,71
константа	-	76,72047	29,40545	76,72047	29,40545
Координаты «технологической модели» в дискриминантном пространстве				-0,13654	-0,98713

Лучшим по комплексу технологических признаков должен быть признан кластер, максимально приближенный к точке модели.

Результат внедрения точки модели и последующего сравнения расстояний до нее от центроидов кластеров представлен на рисунке 3.

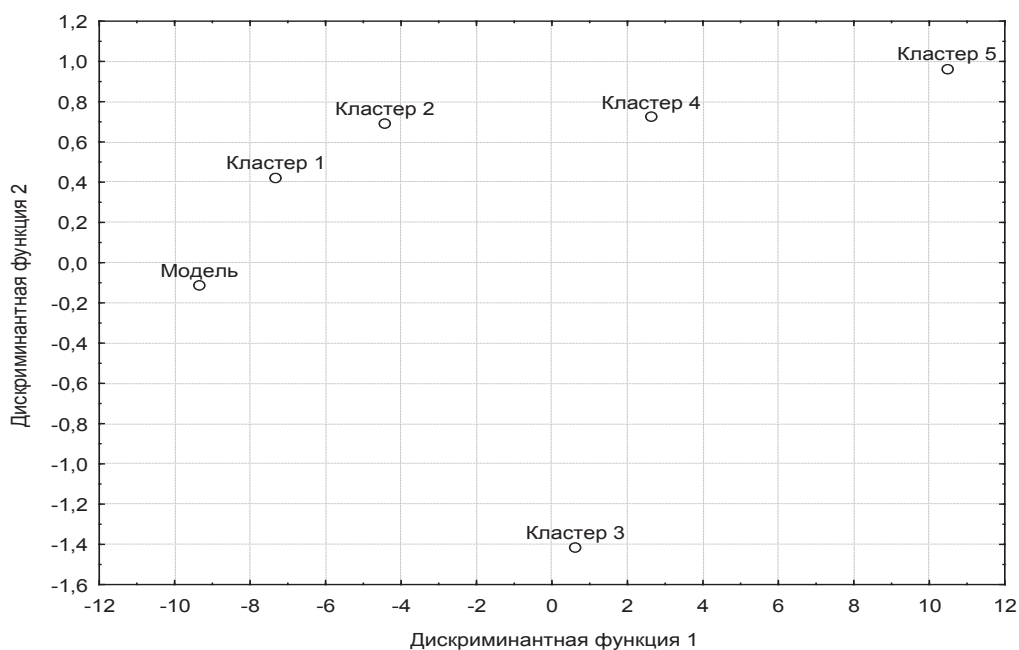


Рис. 3. Распределение центроидов кластеров и точки модели в пространстве дискриминантных функций

Ранговый тест евклидовых расстояний до точки модели представлен в таблице 10.

Таблица 10. Результаты сравнения средних значений евклидовых расстояний

Кластер	Расстояние	Ранговый тест				
1	2,46	****				
2	5,35		****			
3	9,99			****		
4	12,12				****	
5	19,90					****

Таким образом, можно сделать заключение о наибольшей эффективности препаратов биологического происхождения, вошедших в первый и второй кластер — фуникулозум, srgc-1, бациллин и веррукозин, на формирование технологических характеристик исследуемого сорта подсолнечника.

Литература:

1. Маслиенко, Л. В. Микробиологическая защита масличных и других сельскохозяйственных культур от грибных патогенов / Л. В. Маслиенко, О. А. Лавриченко, Н. В. Мурадосилова и др. // Сб. Современная микология в России. — Первый съезд микологов. — Москва. — 2002. — с. 236.
2. Очерedyкo, Н. С. Сравнительный анализ способов обработки семян подсолнечника против основных вредителей и болезней / Н. С. Очерedyкo, М. Д. Назарько // Фундаментальные исследования. — 2006. — № 8. — с. 33–34.
3. Смирнова, Н. С. Обоснование выбора варианта предпосевной обработки семян подсолнечника биопрепаратами / Н. С. Смирнова // Молодой ученый. — 2015. — № 4 (84). — с. 264–267.
4. Смирнова, Н. С. Оценка влияния микробиологических инкрустаторов на активность гидролитических процессов в семенах подсолнечника / Н. С. Смирнова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2009. — № 16. — с. 127–129.
5. Варивода, А. А. Особенности технологии подготовки рапсового масла к рафинации / А. А. Варивода, В. И. Мартовщук, Л. Н. Большакова, Е. Н. Большакова, А. А. Заболотный // Масложировая промышленность. 2005. № 4. с. 12–13.
6. Очерedyкo, Н. С. Эффективность защиты семян подсолнечника препаратами различного происхождения / Н. С. Очерedyкo, М. Д. Назарько, А. А. Гречкин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2008. — № 1. — с. 16–18.
7. Смирнова, Н. С. Биологическая обработка и её влияние на качество семян подсолнечника. / Н. С. Смирнова — Саарбрюккен: Palmarium Academic Publishing, 2015. — 121 с.
8. Смирнова, Н. С. Экспериментальное обоснование технологии послеуборочного дозревания и хранения семян подсолнечника с применением биопрепаратов / Н. С. Смирнова, В. Г. Щербаков, М. Д. Назарько // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2011. — № 2–3 (320–321). — с. 22–24.
9. Назарько, М. Д. Влияние микотоксинов на качество семян подсолнечника / М. Д. Назарько, Н. С. Очерedyкo // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2006. — № 2–3. — с. 109–110.
10. Смирнова, Н. С. Влияние предпосевной обработки на послеуборочное дозревание семян нового урожая / Н. С. Смирнова // Молодой ученый. — 2015. — № 4 (84). — с. 259–261.
11. Назарько, М. Д. Анализ возможных путей повреждения семян подсолнечника токсиногенными штаммами микромитозов и условия образования микотоксинов / М. Д. Назарько, В. Г. Лобанов, Н. С. Очерedyкo // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. — 2006. — № 2–3. — с. 108–109.
12. Смирнова, Н. С. Современные методы обработки рапсовых масел / Н. С. Смирнова, А. А. Варивода // Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых. Ответственный за выпуск: А. Г. Коцаев. 2016. с. 966–967.

Разработка программного комплекса для расчета оптических констант покрытий

Старцев Влас Васильевич, магистрант

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

Рассмотрены сферы применения оптических покрытий и разработана методика расчета интерференционных покрытий, реализованная в программном комплексе.

Ключевые слова: оптическое покрытие, коэффициент преломления, коэффициент поглощения, просветляющее покрытие.

Оптические покрытия нашли широкое применение в приборостроении, электронике, спектроскопии, голографии, авиации и в окружающей нас повседневности — компьютерной технике. Интерференционные покрытия, нанесенные на преломляющие и отражающие грани оптических элементов позволяют формировать требуемые, разнообразные спектральные характеристики, которые могут быть получены благодаря уникальным свойствам тонкопле-

ночных систем. Такие покрытия находят применение в различных видах фильтров, хроматической коррекции, для поляризации излучения (интерференционные поляризаторы), функциональной и компьютерной оптике, рентгеновских зеркалах и других оптических элементах [1–16].

Интерференционные просветляющие покрытия

Прежде всего просветление поверхностей элементов оптических систем осуществляют для двух целей: 1) для увеличения пропускной способности оптического элемента, т.е. уменьшаются потери интенсивности падающего излучения на отражение. Это актуально при разработке различных фотоприемных устройств, в частности солнечных элементов; 2) для создания антибликовых покрытий за счет их просветления, это используется при разработке устройств отображения информации: мониторов, кинескопов, а также входных оптических систем фото-, видеоаппаратуры и оптоэлектронных устройств, включая интегральные.

В последнее время возросла актуальность использования процессов напыления, использующих ионную поддержку в сочетании с ионной чисткой поверхности напыляемых материалов, что позволяет улучшить морфологию поверхности плёночных покрытий и их структуру. Это приводит к снижению поглощения в плёнках и повышает лучевую прочность [1].

Коэффициент отражения при нормальном падении *R* называется отражательной способностью [10]:

$$R = \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$$

Отношение прошедшей энергии к падающей называется коэффициентом пропускания:

$$T = \frac{1-R}{1+R}$$

На рис. 1 приведены зависимости вычисленного по формуле Френеля коэффициента отражения *R* на границе раздела сред воздух–вещество и коэффициента пропускания *T* плоскопараллельной пластинки из того же вещества от показателя преломления вещества *n* [17]. Рисунок отражает величину потерь на отражение оптических систем из различных материалов, которые могут быть гораздо выше в реальных случаях, т. е. для более чем одной пластины из разных веществ.

В настоящее время на производствах просветляющих покрытий возникает проблема контроля качества выпускаемой продукции, существующие системы контроля это в первую очередь дорогостоящее и импортное оборудование, что стимулирует разработку альтернативных программных методов, позволяющих производить контроль при минимальных затратах на оборудование и уменьшению зависимости от импортных технологий. Оценка качества сводится к определению коэффициенту преломления *N*, поглощения *K* и определению толщины пленки *d*.

Для расчета была использована модель, предложенная в работе [15]. В данной модели были представлены коэффициенты отражения и пропускания однослойных поглощающих пленок на прозрачных подложках для нормального угла падения выражающиеся следующим образом:

$$R = \frac{ab \exp(2k\eta) + cd \exp(-2k\eta) + 2r \cos(2n\eta) + 2s \sin(2n\eta)}{bd \exp(2k\eta) + ac \exp(-2k\eta) + 2t \cos(2n\eta) + 2u \sin(2n\eta)}$$

$$R' = \frac{cd \exp(2k\eta) + ab \exp(-2k\eta) + 2r \cos(2n\eta) - 2s \sin(2n\eta)}{bd \exp(2k\eta) + ac \exp(-2k\eta) + 2t \cos(2n\eta) + 2u \sin(2n\eta)} \quad (1)$$

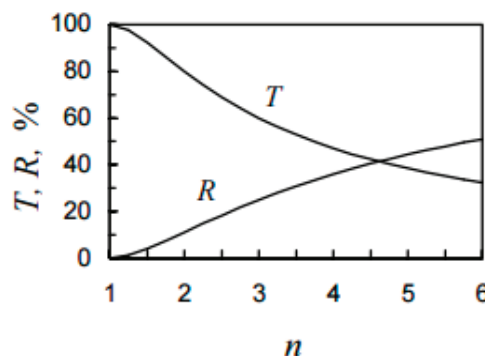


Рис. 1. Зависимости пропускания *T* пластины, вычисленного сложением интенсивностей, и отражения *R* одной поверхности от показателя преломления пластины *n* [17]

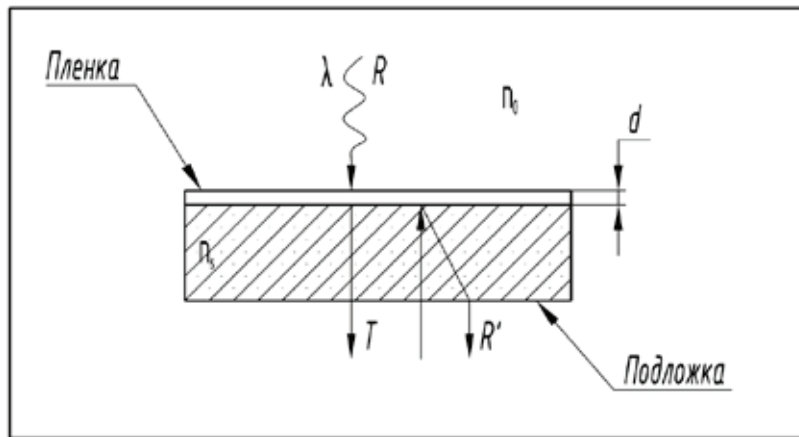


Рис. 2. Параметры R, R', T

$$T = \frac{16nn_0(n^2 + k^2)}{bd \exp(2k\eta) + ac \exp(-2k\eta) + 2t \cos(2n\eta) + 2u \sin(2n\eta)}$$

Где, n_s — коэффициент преломления подложки; n_0 — коэффициент преломления среды; n и k — комплексный коэффициент пленки; λ — длина волны (нм); d — толщина пленки (м); R и R' — коэффициент отражения от пленки и со стороны подложки; T — коэффициент пропускания пленки.

$$a = (n - n_0)^2 + k^2;$$

$$d = (n + n_0)^2 + k^2;$$

$$b = (n + n_s)^2 + k^2;$$

$$c = (n - n_s)^2 + k^2;$$

$$r = (n_0^2 + n_s^2)(n^2 + k^2) - (n^2 + k^2)^2 - n_0^2 n_s^2 - 4n_0 n_s k^2;$$

$$t = (n_0^2 + n_s^2)(n^2 + k^2) - (n^2 + k^2)^2 - n_0^2 n_s^2 + 4n_0 n_s k^2;$$

$$s = 2K(n_s - n_0)(n^2 + k^2 + n_0 n_s);$$

$$u = 2K(n_s + n_0)(n^2 + k^2 - n_0 n_s);$$

$$\eta = \frac{2\pi d}{\lambda};$$

Где $a, d, b, c, r, t, s, u, \eta$ — параметры устанавливающие связи и зависимости между искомыми коэффициентами.

Выражение (1) представляет собой систему из 3-х нелинейных уравнений с тремя неизвестными. Для решения этой системы был использован модифицированный метод Ньютона — Рафсона, так как он наиболее универсальный и удобный для применения ЭВМ, сочетающий преимущества метода касательных и способа логарифмической линеаризации нелинейной части системы [19,20].

Используя в алгоритме решения вышеописанный метод — следует учитывать что устойчивость решения зависит от начального условия:

$$n_{i-1} = n_i + \frac{f_2 * \frac{\partial f_1}{\partial k} - f_1 * \frac{\partial f_2}{\partial k}}{\frac{\partial f_1}{\partial n} * \frac{\partial f_2}{\partial k} - \frac{\partial f_1}{\partial k} * \frac{\partial f_2}{\partial n}}; \tag{2}$$

$$k_{i-1} = k_i + \frac{f_1 * \frac{\partial f_2}{\partial n} - f_2 * \frac{\partial f_1}{\partial n}}{\frac{\partial f_1}{\partial n} * \frac{\partial f_2}{\partial k} - \frac{\partial f_1}{\partial k} * \frac{\partial f_2}{\partial n}};$$

Где,

$$f_1 = P \cosh(2\alpha) + Q \sinh(2\alpha) + 2r \cos(2\gamma) + 2S \sin(2\gamma) - 16n_0 n_s (n^2 + k^2) \left(\frac{R}{T}\right);$$

$$f_2 = P \cosh(2\alpha) - Q \sinh(2\alpha) + 2r \cos(2\gamma) - 2S \sin(2\gamma) - 16n_0 n_s (n^2 + k^2) \left(\frac{R'}{T}\right)$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial n} = P_n \cosh(2\alpha) + Q_n \sinh(2\alpha) + 2R_n \cos(2\gamma) + 2S_n \sin(2\gamma) + \frac{8\pi d}{\lambda} (S \cos(2\gamma) - r \sin(2\gamma)) - 32n_0 n_s n \left(\frac{R'}{T}\right);$$

$$\frac{\partial f_1}{\partial k} = P_k \cosh(2\alpha) + Q_k \sinh(2\alpha) + 2R_k \cos(2\gamma) + 2S_k \sin(2\gamma) + \frac{4\pi d}{\lambda} (P \sin h(2\alpha) + Q \cosh(2\alpha)) - 32n_0 n_s k \left(\frac{R'}{T}\right);$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial k} = P_k \cosh(2\alpha) + Q_k \sinh(2\alpha) + 2R_k \cos(2\gamma) + 2S_k \sin(2\gamma) + \frac{4\pi d}{\lambda} - 32n_0 n_s k \left(\frac{R'}{T}\right);$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial n} = P_n \cosh(2\alpha) - Q_n \sinh(2\alpha) + 2R_n \cos(2\gamma) - 2S_n \sin(2\gamma) - \frac{8\pi d}{\lambda} (S \cos(2\gamma) - r \sin(2\gamma)) - 32n_0 n_s n \left(\frac{R'}{T}\right);$$

$$P_n = 4n \left((n^2 + k^2 + n_0^2) + (n^2 + k^2 + n_s^2) - 4n_0 n_s \right);$$

$$P_k = 4k \left((n^2 + k^2 + n_0^2) + (n^2 + k^2 + n_s^2) \right);$$

$$Q_n = 4\pi \left((n^2 + k^2 + n_0^2) n_s - (n^2 + k^2 + n_s^2) n_0 \right) + 8n^2 (n_s - n_0);$$

$$Q_k = 8nk (n_s - n_0);$$

$$R_n = -2n \left((n^2 + k^2 - n_0^2) + (n^2 + k^2 - n_s^2) \right);$$

$$R_k = 2k \left((n^2 + k^2 - n_0^2) + (n^2 + k^2 - n_s^2) + 4n_0 n_s \right);$$

$$S_n = 4nk (n_s - n_0);$$

$$S_k = 2(n_s - n_0) (n^2 + k^2 + n_0 n_s) + 4k^2 (n_s - n_0);$$

Метод, реализованный в моей программе решает эту проблему, сначала находится первое приближение искомых коэффициентов и только потом производится окончательное уточнение найденных приближений с использованием описанного выше метода Ньютона-Рафсона. Программа optic const.exe, позволяет проводить расчет коэффициентов преломления, поглощения и толщины нанесенной пленки. В программе предусмотрен простой и функциональный интерфейс, позволяющий пользователю корректировать входные данные и находить устойчивые решения. Основное окно программы показано на рис.3.

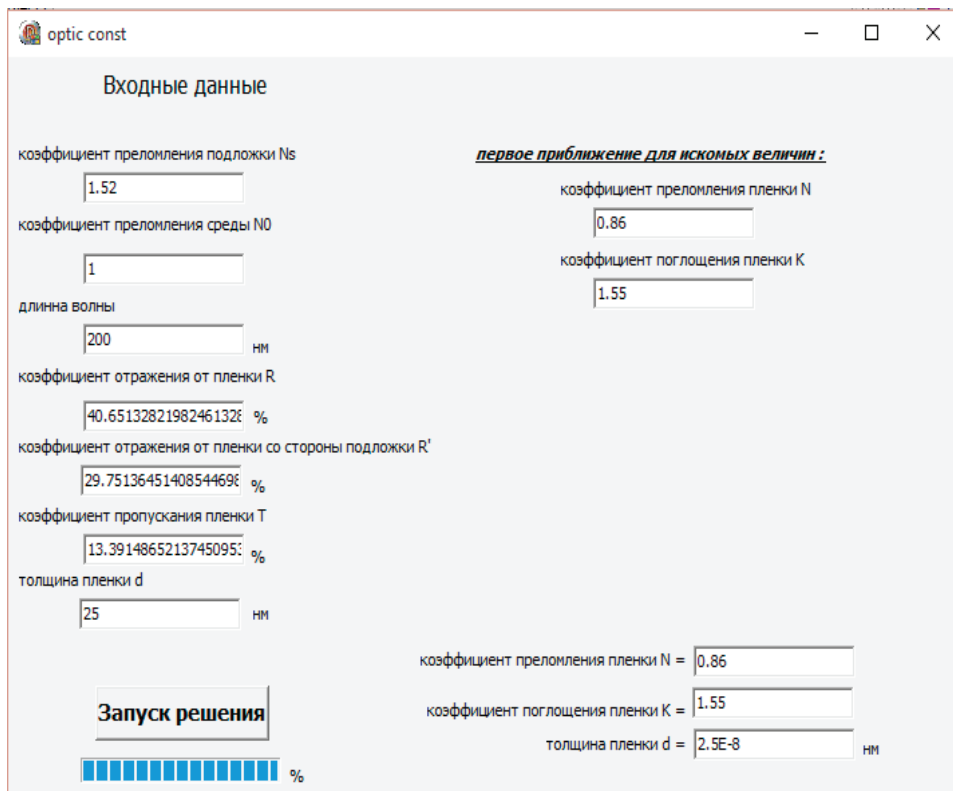


Рис. 3. Основное окно программы

Рассмотрим основные элементы управления.

«Ввод данных» — ввод параметров среды, подложки и т. д.

«Запуск решения» — отображение спектральных значений пропускания, преломления и поглощения, а также диаметр покрытия.

Для расчета покрытия вводятся исходные данные:

n_s — коэффициент преломления подложки;

n_0 — коэффициент преломления среды;

n и k — комплексный коэффициент пленки;

λ — длина волны;

d — толщина пленки;

R и R' — коэффициент отражения от пленки и со стороны подложки;

T — коэффициент пропускания пленки.

Рассчитав в *optic const.exe* коэффициенты преломления и поглощения для покрытий толщиной 20 нм из Al и Ag, а также покрытий толщиной 25 нм из Fe и Pd были построены графики зависимостей $n(\lambda), k(\lambda)$.

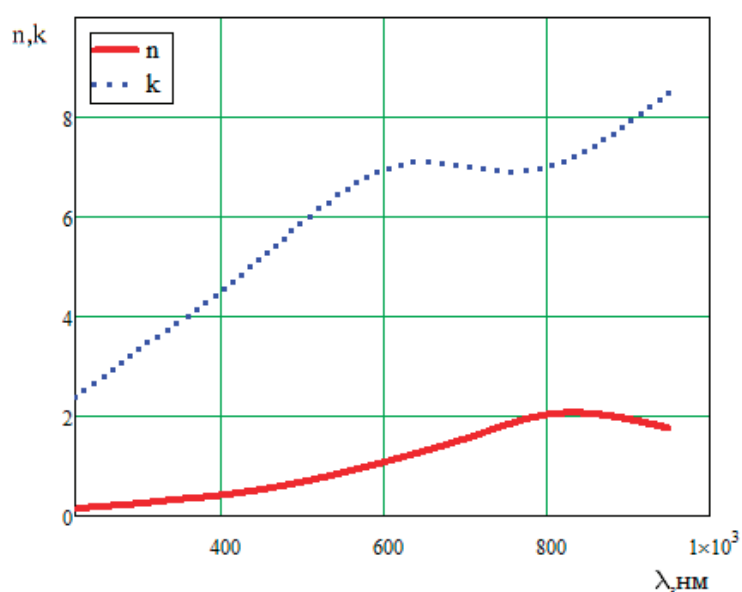


Рис. 4. График зависимости n и k от λ для покрытия из Al, толщиной 20 нм

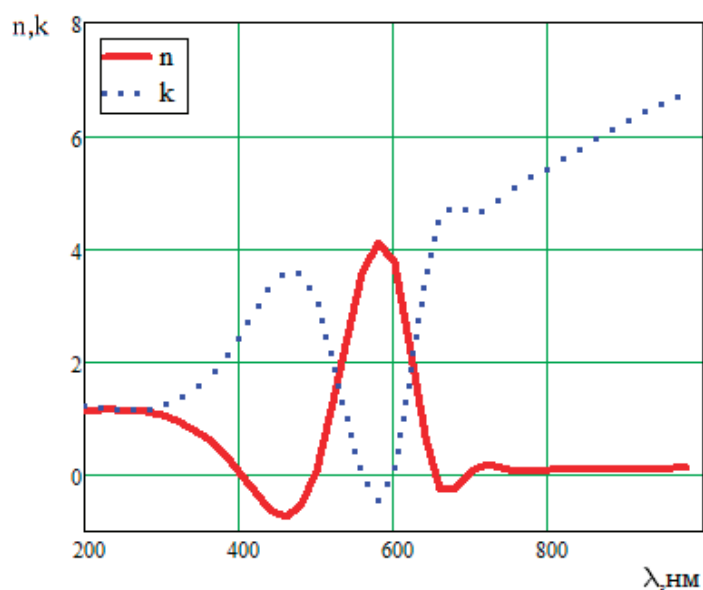


Рис. 5. График зависимости n и k от λ для покрытия из Ag, толщиной 20 нм

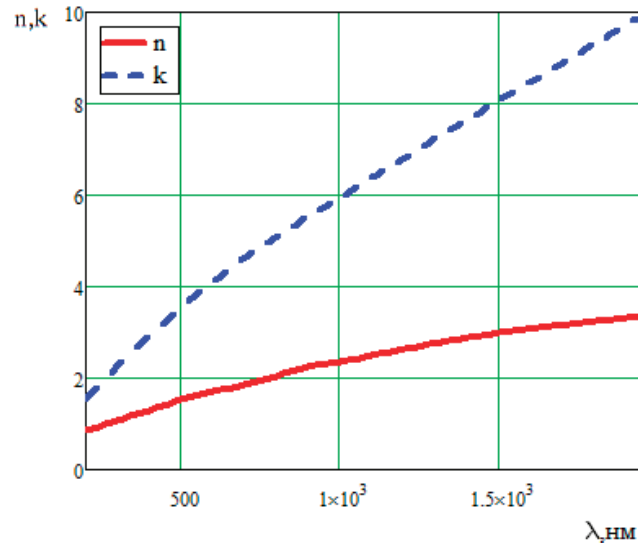


Рис. 6. График зависимости n и k от λ для покрытия из Pd, толщиной 25 нм

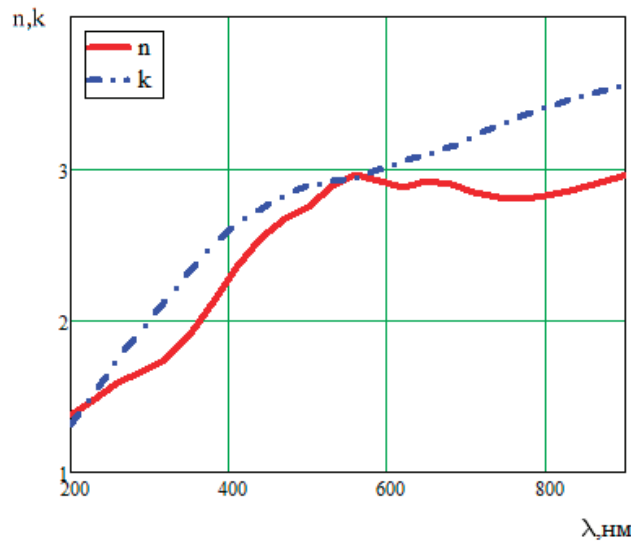


Рис. 7. График зависимости n и k от λ для покрытия из Fe, толщиной 25 нм

В заключении можно отметить, что программа справляется с поставленной перед ней задачей — это следует напрямую из сравнения полученных с её помощью результатов с реальными экспериментальными данными. Как дополнительная функция — это файл с порядком расчета и результатами по мере их уточнения, таким образом можно отслеживать правильность работы и контролировать влияние внесенных изменений в процесс решения (оптимизация). Среди минусов можно отметить что программа считает только однослойные покрытия — на практике же обычно используется от 2х слоев и точность расчета напрямую зависит от вычислительной мощности компьютера. Из этого следует что доработка кода программы для расчета n-слойного покрытия и увеличение вычислительной мощности значительно увеличивает её актуальность. Такую программу можно объединить с базой данных, включающей в себя оптические покрытия. В таком случае по оптическим характеристикам можно определить характеристики покрытия.

Литература:

1. Гагарский, С. В., Ермолаев В. С., Сергеев А. Н., Пузык М. В. Исследование лучевой прочности диэлектрических покрытий, нанесенных на оптическую поверхность. Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2012. Т. 55. № 7. с. 80–85.
2. Моисеев, С. Г., Явтушенко М. С., Явтушенко И. О., Жуков А. В. Антиотражающее покрытие с металлическими наночастицами. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 4–3. с. 749–754.

3. Титомир, А. К., Сушков В. Я., Духопельников Д. В. Способ нанесения проводящего прозрачного покрытия. патент на изобретение RUS 2112076
4. Духопельников, Д. В., Ивахненко С. Г., Марахтанов М. К. Селективные покрытия солнечных коллекторов. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2012. № 5. с. 75–80.
5. Духопельников, Д. В., Марахтанов М. К., Воробьев Е. В., Жуков А. В., Кириллов Д. В., Ивахненко С. Г. Ускорители с анодным слоем для ионно-лучевой наноразмерной обработки крупногабаритных оптических деталей / Материалы VI Международной научно-технической конференции «Вакуумная техника, материалы и технология». Москва, КВЦ «Сокольники», 13–15 апреля 2011. с. 189–192.
6. Духопельников, Д. В., Ивахненко С. Г., Воробьев Е. В., Азербайбаев А. А. Влияние режима ионной обработки на плотность дефектов и разрушение поверхности астроситалла / Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2014. № 12. с. 181–191.
7. Марахтанов, М. К., Духопельников Д. В., Мэй Сянь Сю. Дисперсионные характеристики наноразмерных металлических пленок в видимом диапазоне излучения / Нано- и микросистемная техника. 2008. № 1. с. 42–47.
8. Пазынин, Л. А. Искандающие покрытия, как альтернатива вакуумным покрытиям / Физические основы приборостроения. 2013. Т. 2. № 1 (6). с. 72–77.
9. Губанова, Л. А., Зверев В. А. Создание интерференционных покрытий с улучшенными механическими свойствами на основе смесовых пленок / Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2012. Т. 55. № 4. с. 46–49.
10. Яковлев, П. П., Мешков Б. Б. Проектирование интерференционных покрытий / Серия: Библиотека приборостроителя. — М.: Машиностроение, 1987–192 с.
11. Носов, Ю. Р. Оптоэлектроника. — М.: Радио и связь, 1989. — 359 с.
12. Крылова, Т. Н. Интерференционные покрытия. — Л.: Машиностроение, 1973. — 224 с.
13. Риттер, Э. Пленочные диэлектрические материалы для оптических применений / В кн.: Физика тонких пленок // Под ред. Г. Хасса, М. Франкомбра, Р. Гофмана. — т. 8. — М.: Мир, 1978. — с. 7–60.
14. Матвеев, А. Н. Оптика. — М.: Высшая школа, 1985. — 351 с.
15. S. I. Nagendra, G. K. M. Thutupalli. Optical constants of absorbing films. Vacuum. V. 31. 1980. p. 141–145.
16. Многослойные интерференционные покрытия в квантовой электронике / Г. Я. Колодный, Е. А. Левчук, Ю. Д. Порядин, П. П. Яковлев // Электронная промышленность. — 1981. — № 5, 6. — с. 93–101.
17. Просветляющие покрытия в оптоэлектронике. Проектирование, материалы, особенности технологии: Лабораторная работа по курсу «Физико-химические основы технологии» / Сост. А. В. Ершов, А. И. Машин. — Н. Новгород: ННГУ, 2007. — 28 с.
18. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Том IV. Оптика. > Стр. 433. М., 1980
19. Димитров, В. И. Простая кинетика. Новосибирск Наука 1982 г. 382с. (153)
20. Синкевич, Г. И. История метода касательных // Математика и математическое моделирование: проблемы и перспективы. Международная научно-практическая конференция. Оренбург, 20–21 мая 2015 г.: сборник научных статей. — Оренбург: Издательство ОГПУ, 2015. — С. 246–250.

Установление оптимальных углов наклона плоских отражателей к гелиопокрытию, применяемых при тепловой обработке сборного железобетона с использованием солнечной энергии

Усманов Фарход Бафоевич, кандидат технических наук, доцент
Бухарский филиал Ташкентского института ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Ранее установлена эффективность использования плоских отражателей, позволяющих 10 месяцев в году при гелиотермообработке, выпускать сборные железобетонные изделия без подвода традиционных видов энергии (пар, электроэнергия) за счет повышения на 28÷112% плотности радиационного потока, падающего на изделие, в различные месяцы года /1/.

Поскольку плоские отражатели рекомендуются для полигонов и открытых площадок заводов по выпуску

сборного железобетона, важно установить параметры отражателя к гелиопокрытию в разные сезоны года с целью для эффективного использования отраженных лучей.

Нами определены углы наклона плоского отражателя к гелиопокрытию в различные периоды года для Бухарского региона, обеспечивающие отражение радиационного потока, падающего на поверхность отражателя, на всю поверхность гелиопокрытия.

Для установления эффективного угла наклона отражателя к гелиопокрытию для других регионов, где можно внедрить гелиотехнологию производства сборного железобетона, за основу необходимо принять данные климатологических справочников по углам наклона Солнца к горизонту ($\alpha_{\text{солн}}$) по месяцам года.

зобетона, за основу необходимо принять данные климатологических справочников по углам наклона Солнца к горизонту ($\alpha_{\text{солн}}$) по месяцам года.

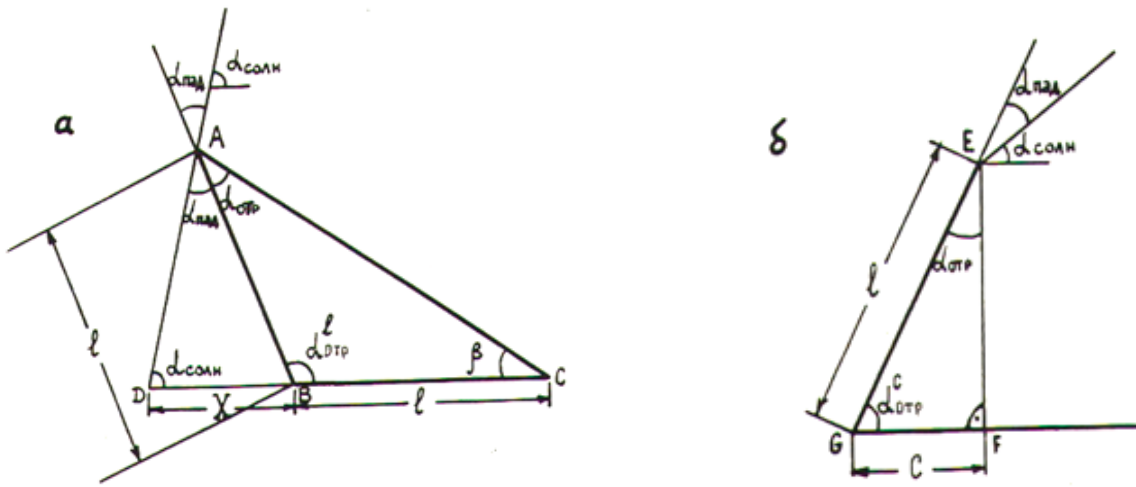


Рис. 1. Углы наклона отражателя к гелиопокрытию

Рассмотрим треугольник ABC (рис.1-а), в котором AB (высота плоского отражателя) и BC (ширина в плане гелиопокрытия) равны между собой и обозначены l.

Учитывая общеизвестные условия, что угол падения луча радиации солнца равен углу отражения ($\alpha_{\text{пад}} = \alpha_{\text{отр}}$) и два угла у основания равнобедренного треугольника равны ($\alpha_{\text{отр}} = \beta$, AC — основание треугольника), и обозначая угол отражателя к гелиопокрытию, обеспечивающему отражение падающего на его поверхность радиационного потока на всю ширину гелиопокрытия l через $\alpha_{\text{отр}}^1$, имеем

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{отр}} + \beta + \alpha_{\text{отр}}^1 &= 180^\circ \\ \alpha_{\text{отр}} = \beta = \alpha_{\text{под}} &= \alpha_{\text{отр}}^1 - \alpha_{\text{солн}} \\ 2(\alpha_{\text{отр}}^1 - \alpha_{\text{солн}}) + \alpha_{\text{отр}}^1 &= 180^\circ \\ 3\alpha_{\text{отр}}^1 &= 180^\circ + 2\alpha_{\text{солн}} \\ \alpha_{\text{отр}}^1 &= 60^\circ + \frac{2}{3}\alpha_{\text{солн}} \end{aligned} \quad (1)$$

Таким образом, имея данные по углам наклона Солнца к горизонту для любой местности и используя (1) можно определить угол наклона отражателя, обеспечивающего отражение падающей на его поверхность солнечной радиации на всю ширину гелиопокрытия.

С практической точки зрения важно установить расстояние, на которое затеняется площадь полигона от отражателя, чтобы расположить следующий гелиостенд или ряд стендов, продольная ось которых параллельно первому или ряду их, чтобы исключить затенение поверхности гелиостендов. Из рис.1.а следует, что ВД и есть отрезок затенения в плоскости (обозначим его X) и зона в пространстве.

Используя математическую аксиому, можно выразить

$$\frac{AB}{\sin \alpha_{\text{отр}}^1} = \frac{BD}{\sin \alpha_{\text{солн}}}$$

где, $\alpha_{\text{под}} = \alpha_{\text{отр}}^1 - \alpha_{\text{солн}} = 60^\circ - \frac{1}{3}\alpha_{\text{солн}}$

Отсюда $BD = \frac{AB \cdot \sin \alpha_{\text{под}}}{\sin \alpha_{\text{отр}}^1} = \frac{L \cdot \sin(60^\circ - \frac{1}{3}\alpha_{\text{солн}})}{\sin \alpha_{\text{отр}}^1}$

или $X = \frac{L \cdot \sin(60^\circ - \frac{1}{3}\alpha_{\text{солн}})}{\sin \alpha_{\text{отр}}^1} \quad (2)$

В случае отражения солнечной радиации от отражателя на всю ширину гелиопокрытия лучи попадают на бетон под различными, но однозначно острыми углами в зависимости от угла Солнца к горизонту. Исследования показали, что интенсивность солнечной радиации можно увеличить еще на 10–20% при попадании отраженных от отражателя лучей на поверхность бетона под прямым углом (рис.1.б). В данном случае не охватывается вся ширина l гелиопокрытия, но это можно обеспечить некоторым удлинением отражателя. При соответствующем технико-экономическом обосновании с условием возможности увеличения плотности солнечной радиации для гелиотермообработке сборных железобетонных изделий, особенно в зимний период, такой шаг может быть оправдан.

Рассматривая прямоугольный треугольник EFG, можно определить угол отражателя $\alpha_{\text{отр}}^c$, обеспечивающий максимальную интенсивность солнечной радиации, и отрезок C на который будут отражаться солнечные лучи.

Если считать, что

$$\alpha_{\text{отр}} = \alpha_{\text{под}} = \alpha_{\text{отр}}^c - \alpha_{\text{солн}}$$

то, $\alpha_{\text{отр}}^c = 90^\circ - (\alpha_{\text{отр}}^c - \alpha_{\text{солн}}) = 90^\circ - \alpha_{\text{отр}}^c + \alpha_{\text{солн}}$

$$2\alpha_{\text{отр}}^c = 90^\circ + \alpha_{\text{солн}}$$

$$\alpha_{\text{отр}}^c = \frac{90^\circ + \alpha_{\text{солн}}}{2}$$

$$\alpha_{отр}^c = 45^\circ + \frac{1}{2} \alpha_{солн} \quad (3)$$

$$C = 1 \cdot \cos \alpha_{отр}^c \quad (4)$$

Формула (4) позволяет также определить и спроектировать соответствующую высоту отражателя, обеспечивающую охват отраженными от него лучами всей ширины гелиопокрытия.

Чтобы установить достоверность проведенных расчетов и выведенных формул, нами сопоставлены экспериментальные и расчетные данные. Для этого в течение года

по месяцам в условиях Бухары в 13⁰⁰ час измеряли альбедометром с портативным гальванометром параметры установления отражателя (рис.2).

Отметим, что некоторое превышение экспериментальных данных объясняется тем, что Бухара находится на широте 40° с.ш., а $\alpha_{солн}$ принята за основу в расчетах для 42° с.ш.

Таким образом, выведенные формулы позволяют привязать отражательные системы к действующим и проектируемым гелиополигонам. Применение отражательных систем не может ограничиваться лишь полигонами по выпуску сборного железобетона.

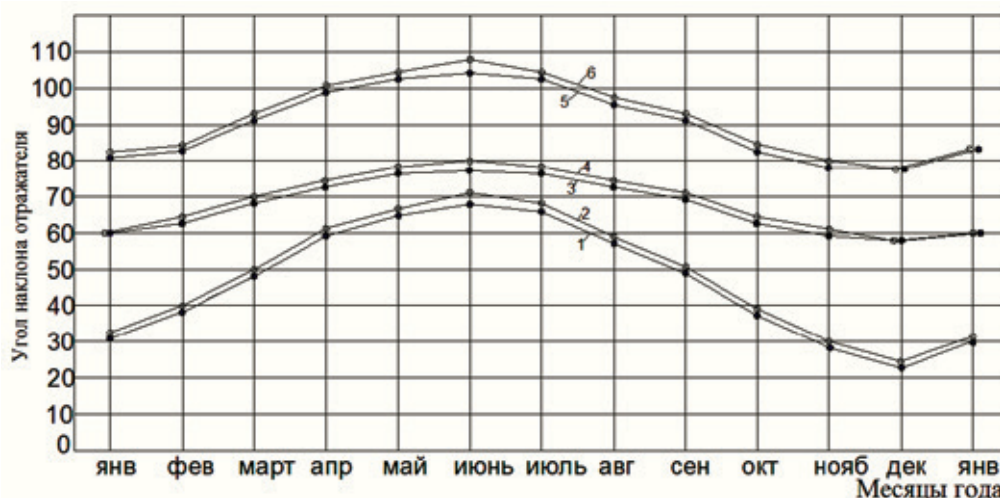


Рис. 2. Сопоставление экспериментальных и расчётных данных: 1,2 — углы наклона Солнца к горизонту, $\alpha_{солн}$ по данным климатологического справочника и эксперимента; 3,4 — $\alpha_{отр}^c$ расчётный и экспериментальный; 5,6 — $\alpha_{отр}^l$ расчётный и экспериментальный

Нами были поставлены эксперименты по сравнению различных материалов для их применения в плоских отражателях. Сравнивались обычное зеркало, металлизированная лавсановая пленка ПТЭФ, оцинкованный лист и лист, покрытый белой эмалью.

В экспериментах один за другим на стенде устанавливались плоские отражатели из различных сравниваемых материалов, таким образом, через альбедометр, установленный неподвижно на определенной плоскости замерять прирост интенсивности солнечной радиации в сравнении с естественной плотностью солнечного потока. Результаты замеров сведены в таблице 1.

Результаты показывают, что наиболее эффективными материалами для их применения в качестве поверхности для плоского отражателя являются обычное зеркало и металлизированная пленка ПТЭФ, прирост интенсивности солнечной радиации 145–148%. Однако стоимость зеркала более в 25 раз превысила стоимости металлизированной пленки.

На приборе «Пульсар» устанавливался коэффициент отражения различных длин волн солнечного спектра, двух наиболее эффективных материалов, как ПТЭФ металлизированное и обычное зеркало.

Результаты, приведенные на рис.3 однозначно свидетельствуют об эффективности применения ПТЭФ метал-

Таблица 1. Повышение плотности солнечной радиации при применении различных материалов в отражателях

№	Наименование материала	Процент увеличение интенсивности солнечной радиации J, %
1.	Естественная плотность солнечной радиации	100
2.	Обычное зеркало (Аq)	148
3.	ПТЭФ металлизированная под обычным стеклом $\delta=4$ мм	145
4.	Оцинкованный лист	129,6
5.	То же, покрытий белой эмалью	115

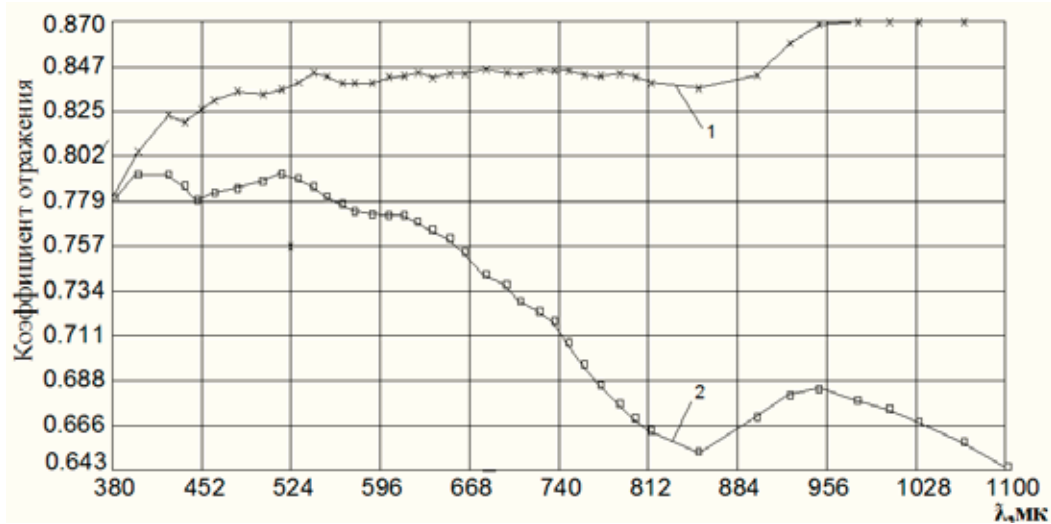


Рис. 3. Коэффициенты отражения материалов в различных интервалах длин волн солнечного спектра: 1 — ПТЭФ — металлизированная; 2 — обычное зеркало

лизированной в качестве отражающего материала в области спектра 0,38–1,1 мкм.

Поскольку, что немаловажно, в пределах λ особенно от 0,4 до 0,6 коэффициент отражения ПТЭФ растёт и находится в пределах 0,82–0,85, у обычного зеркала, соответственно 0,76–0,78. С дальнейшим ростом λ коэффициент

отражения у ПТЭФ металлизированный растёт и достигает 0,87, у зеркала коэффициент отражения наоборот понижается до величины 0,65.

Таким образом, установлена эффективность применения ПТЭФ металлизированной пленки в качестве отражающей поверхности плоских отражателей.

Литература:

1. Усманов, Ф. Б. Повышение эффективности использования плоских отражателей при гелиотермообработке бетона. / В кн. Сборник научных трудов БухТИПиЛП, — Ташкент, 2014. С.71–76.

Применение LVL-бруса в стропильных системах

Федорец Алексей Вадимович, студент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В настоящее время в Российской Федерации наблюдается спад строительства из-за тяжелой экономической ситуации. Анализ и свод информации для проектирования и строительства домов, показал, что есть возможность улучшения качества строительства, а путем введения новых технологий и материалов, что позволит сократить затраты, а следовательно, сделать строительство более эффективным в данной экономической ситуации. [1]

Работа посвящена изучению ЛВЛ-бруса, в частности, балок, на примере ферм стропильной системы. За объект для расчетов взято здание Военной академии связи имени С. М. Будённого, реконструированное в 2014 году. В работе рассмотрены положительные и отрицательные характеристики ЛВЛ-балок, рассмотрены различные узлы, а также их архитектура.

ЛВЛ появился в России относительно недавно, и пока не получил широкого применения. ЛВЛ является одной из разновидностей клееного бруса, который уже нашел применение в России в сооружении большепролетных конструкций. Обычный брус, больше 6 метров, изготавливают только по специальному заказу, а клееный можно сделать практически любой длины, но усложняется транспортировка. Также одной из разновидностью клееного бруса является гнутоклееный брус который, используется в современном строительстве для придания замысловатых сложных архитектурных форм конструкции. В частности, это загородные индивидуальные дома, спортивные центры и галереи. Одним из примеров использования таких конструкций выступает построенный недавно в Санкт-Петербурге аквапарк Питерленд, с самым большим куполом аквапарка в Европе (Рис 1).



Рис. 1. Купол аквапарка

Диаметр купола 90 метров, высота 45 метров. Высота балки у основания достигает 2-х метров. (Рис 2) Такую конструкцию невозможно было выполнить из цельного дерева.



Рис. 2. Опора купола

Помещение аквапарка находится в постоянных условиях повышенной влажности и из-за этого металлические конструкции подвержены коррозии, поэтому вариант с клееным брусом был самый оптимальный. Данная конструкция покрыта специальной пленкой, повышенной прочности, по ней даже машина может ездить

и она не порвется (но ножом проколоть можно), каждое окно состоит из трех слоев пленки: два слоя прозрачные, при чем настолько прозрачны, что их и не видно, а один слой с узорами листочков клена, чтобы свет рассеивался. Эта пленка имеет уникальные свойства: помимо того, что она ничего не весит, она отталкивает воду, пыль, снег, замечательно держит тепло, она еще и пропускает ультрафиолетовые лучи, благодаря чему, находясь в аквапарке, в любое время года можно загорать. Из стекла и металла подобная конструкция весила в несколько раз больше.

Сама форма купола более сложна по сравнению с обычным пролетом. Проектирование фабрик и ангаров с большими пролетами поставлено на поток, и не составляет большого труда. Но в таких конструкциях крыша выполнена из металлического профильного листа, а он непрозрачный что требовалось в аквапарке для естественного освещения. Стекло необходимой прочности для удержания снеговой нагрузки имело бы в десятки раз больший вес по сравнению с металлом. И для использования аквапарка зимой пришлось бы ежедневно очищать крышу от снега, что достаточно опасно и затратно. Поэтому проектировщики выбрали форму купола, благодаря которой снег не скапливается на поверхности, а также пленку, которая очень мало весит.

Благодаря данной концепции купол получился легким и воздушным. В то же время он сделан очень прочным, чтобы противостоять сильным ветрам с моря. Воздушная прослойка между слоями пленки хорошо удерживает тепло. А так же пленка не подвержена воздействию воды. В целом архитекторы выбрали наиболее удачный вариант, по моему мнению.

Постановка цели и задачи

Решаемой задачей является проведение расчетов в различных конфигурациях и с различными материалами конструкции:

1. Выявление преимуществ и недостатков материала ЛВЛ-балок и древесины
2. Выбор наиболее экономически выгодной схемы конструкции.

В работе использованы наиболее популярные материалы и их рыночные стоимости на 2016 год для последующего проведения анализа экономической эффективности.

Для расчетов будем использовать Систему автоматизированного проектирования (САПР) Autodesk Robot structural analysis professional, ранее мной не использованную и не изучаемую в нашем вузе.

Знакомство с программным комплексом Autodesk Robot structural

В нашем университете преподаются две программы для произведения расчетов, это SCAD office и ANSYS.

SCAD office изучался достаточно подробно и длительное время, но программа долгое время не обновлялась под современные компьютеры, имела устаревший интерфейс, замедляющий работу в ней. В целом даже масштабные расчеты в МКЭ выполняла достаточно хорошо, но медленно, но бывали и случаи ошибок в самых простых балках и рамах. Вызвано это плохой оптимизацией и поддержкой, современные многоядерные процессоры могут обрабатывать намного быстрее, но SCAD не использует их потенциал. Главным плюсом является наличие Российских ГОСТов и СНиПов. [5–6]

ANSYS — ему было уделено намного меньше времени, в России не так популярен и используется мало, но в целом показал себя хорошо. Намного лучше использует вычислительные мощности компьютера за счет специализированной связи с графическим ядром NVIDIA. Графический процессор построен по другому принципу в отличие от центрального процессора, в нем содержится в 1000 раз большее число ядер но, с меньшей мощностью, что позволяет производить многопоточные вычисления параллельно в разных ядрах а, не по очереди как это делается в ЦП. Если говорит более простым языком-то для модели в МКЭ с 1000 узлами видеокарта будет обрабатывать каждый узел на своем ядре параллельно от других, а центральный процессор поочередно. Конечно, производительности в 1000 раз мы не получим, так как узлы зависят друг от друга и необходимо обмениваться данными между собой, но получить выигрывать в 2–4 раза возможно (Рис 3)[7–11]

Я решил изучить новую программу от самого именитого производителя программного обеспечения для инженеров от компании Autodesk. Классический AutoCAD, Revit, Civil 3D используются повсеместно, и хорошо связываются между собой и очень удобны при проектировании, но переносить модели из них в другие комплексы не очень практично и в процессе возникает много ошибок, так как компании конкуренты не хотят сотрудничать в плане взаимодействия. Поэтому я решил выбрать Autodesk Robot structural, который должен хорошо подойти для этих задач. К тому же Autodesk еще лучше взаимодействует с NVIDIA в вопросе многопоточных вычислений. [12]

Интерфейс напоминает смесь AutoCAD-а и ANSYS-а, также сгруппированы элементы (балки, колонны, узлы), аналогичная таблица со свойствами элемента, а добавление элементов взято из CIVIL 3D. Человеку, легко обрабатываемому с AutoCAD, не составит труда разобраться и сразу перейти к работе. На выбор дается множество шаблонов для создания расчетной модели (Рис 4).

Построение расчетной модели, расчеты

За объект для расчетов возьмем здание Военной академии связи имени С. М. Будённого, в частности, главный корпус с односкатной стропильной системой. Возьмем чертежи из готового проекта. (Рис 5)

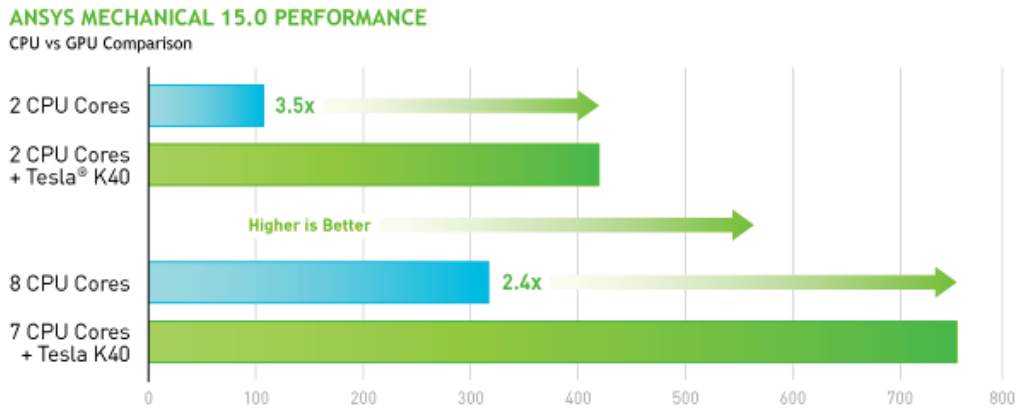


Рис. 3. Диаграмма вычислительной мощности



Рис. 4. Выбор типа расчетной модели

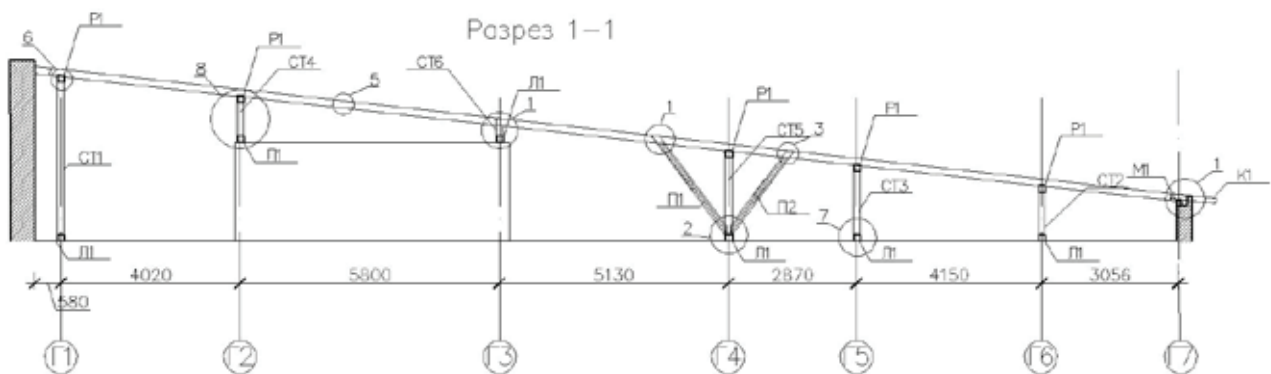


Рис. 5. Разрез 1–1

Как мы видим основная стропильная нога состоит из двух смежных досок 150x50мм, такое сечение было выбрано компанией застройщиком, по их мнению, оно универсальное и используется во многих проектах. Это отчасти правда так как в такое сечение удобно крепить подкос. Стойки выполнены из бруса 150x150мм. (Рис 6, Рис 7, Рис 8)

Построение модели в Robot-e стандартное и не вызывает трудностей. Шаг 1 метр. За расчетную нагрузку включая, вес листового железа и обрешетки возьмем усреднено 250 кг/м. Распределим ее по стропильной ноге и зная что конструкция и так выдерживает данный вес перейдем к расчетам по второму предельному состоянию, то есть к прогибам. Рис 9



Рис. 6. Ферма конструкции



Рис. 7. Ферма конструкции

Узел 1

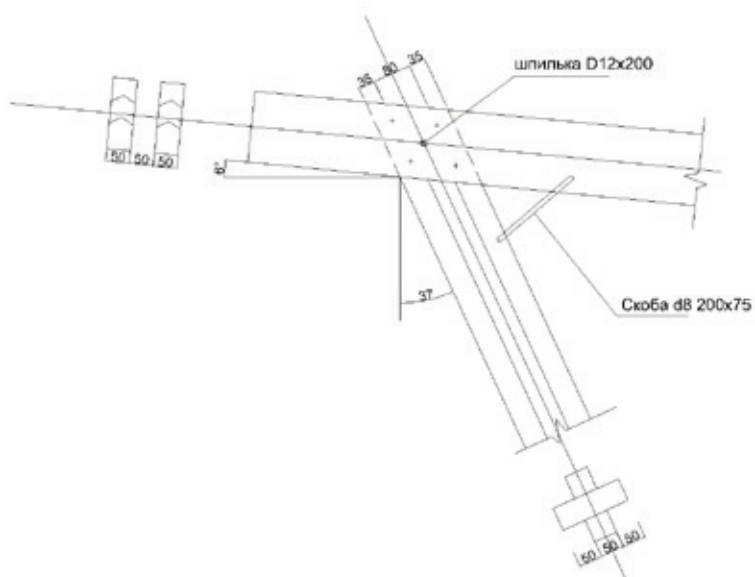


Рис. 8. Узел 1

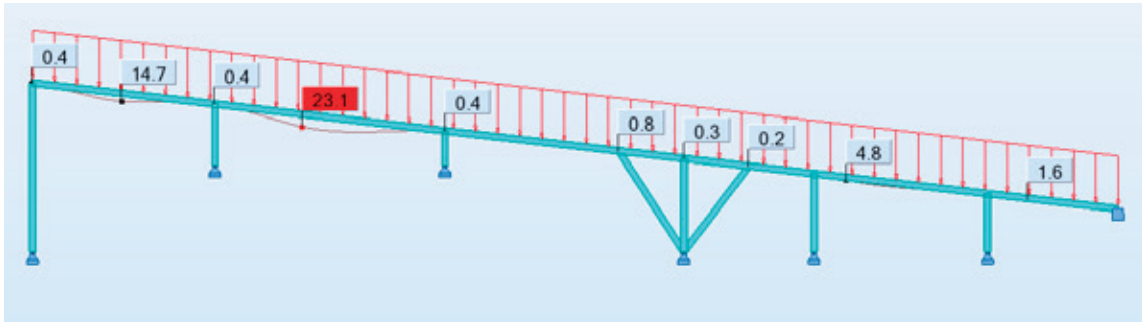


Рис. 9. 1-я расчетная схема

Как мы видим, максимальный прогиб составляет 23мм, расстояние между этими балками 5800мм, допустимый прогиб в стропильной ноге 1\200 что составляет 29мм, расчеты верны и удовлетворяют требованиям.

Теперь заменим стропильную ногу на двутавровую балку. Возьмем одно из наименьших сечений 300W (Рис 10), и произведем расчеты (Рис 11)

Максимальный прогиб составил 7,7 мм что в 3 раза меньше допустимого. Теперь увеличим нагрузку в 3,5

раза до 800кг\м и выясним, выдержит ли конструкция. (Рис 12)

Максимальный прогиб составил 24,6 мм что в пределах нормы. Теперь, изменим конструкцию убрав лишние опоры и изменим сечение на максимальное 500мм высотой. Расчеты выполним стандартной нагрузкой в 250кг\м (Рис 13)

Данная расчетная модель удовлетворяет всем требованиям и позволяет сэкономить на расходе древесины на стойках.

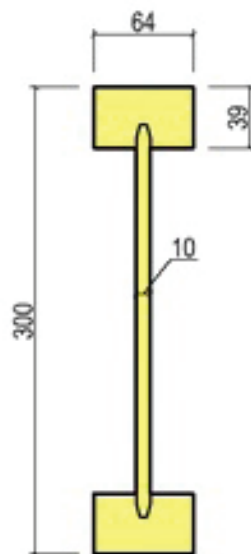


Рис. 10. Сечение балки

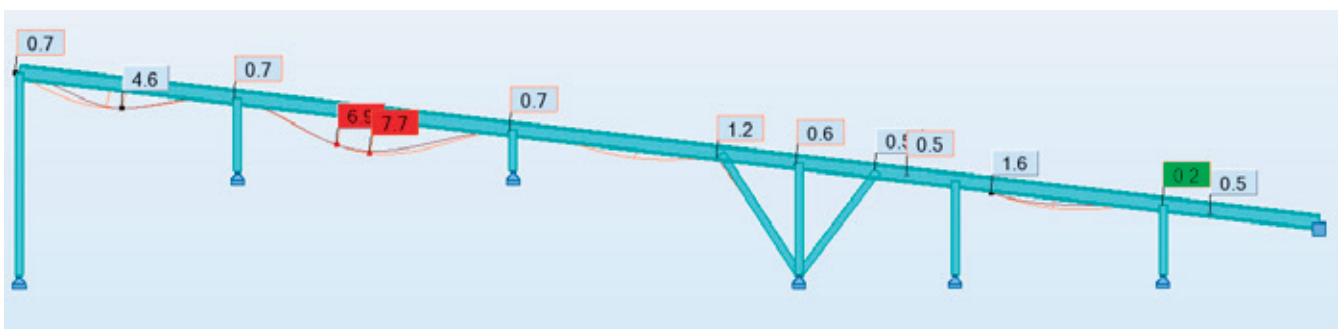


Рис. 11. 2-я расчетная схема

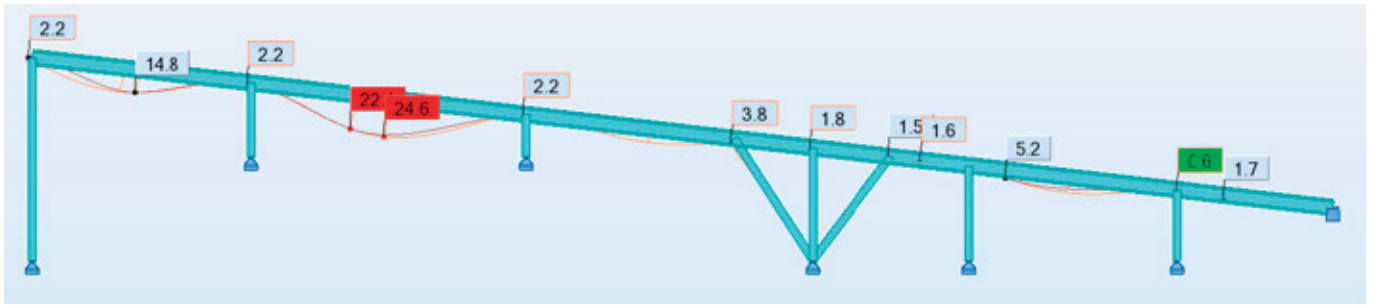


Рис. 12. 3-я расчетная схема

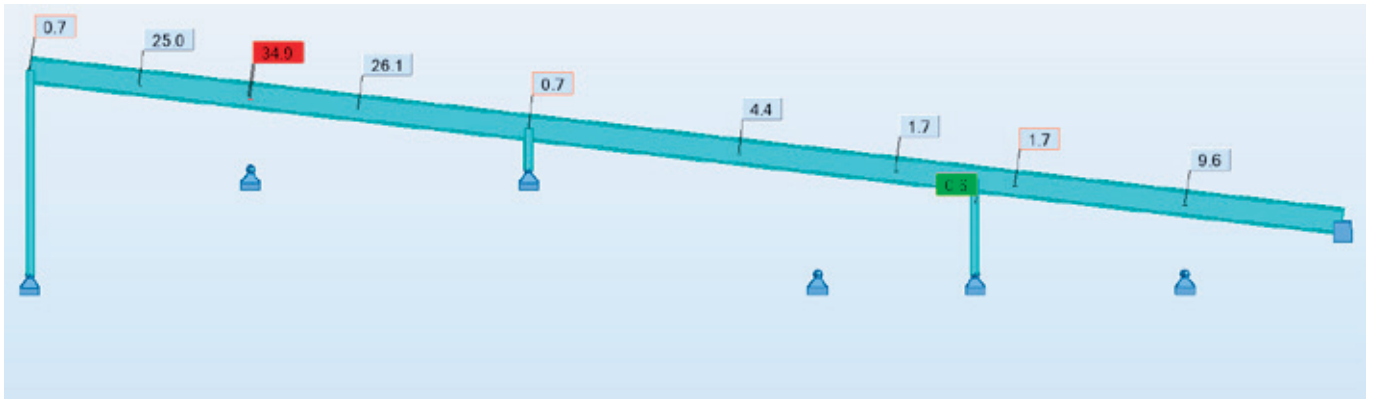


Рис. 13. 4-я расчетная схема

Заключение

Расчеты показывают что ЛВЛ-брус хорошо справляется с поставленной задачей перекрытия больших пролетов.

1) Главным преимуществом ЛВЛ-бруса является большая несущая способность. Из этого вытекают другие положительные качества, такие как:

- экономия строительного материала.

- уменьшение трудозатрат на возведение, транспортировку, складирование и прочее.

- увеличение скорости строительства

2) Оптимальное экономически выгодное решение, увеличение шага до 2–3 метров, что экономит расход материала и время возведения в разы, либо изменение геометрии для получения более эффективного результата.

Программный комплекс Autodesk Robot structural analysis professional справился с поставленной задачей.

Литература:

1. Социально-экономические итоги развития России в 2015 г. Аналитическая справка // Центр научной политической мысли и идеологии. URL: <http://rusrand.ru/analytics/socialno-ekonomicheskie-itogi-razvitiya-rossii-v-2015-g-analiticheskaya-spravka> (дата обращения: 10.05.2016).
2. ЛВЛ-Брус // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ЛВЛ-Брус> (дата обращения: 10.05.2016).
3. Фурман, Е. И. Деревянные клееные конструкции: в тренде всерьез и надо // АРДИС. — 2014. — № 57. — с. 10.
4. Питреленд // SkyscraperCity. URL: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=441474&page=3> (дата обращения: 10.05.2016).
5. Scad // Scadsoft. URL: <http://scadsoft.com/> (дата обращения: 10.05.2016).
6. Карпиловский, В. С. SCAD. Реализация СНиП проектирующих программ. — Киев: Компас, 2001. — 180 с.
7. Ansys // Ansys. URL: <http://www.ansys.com/> (дата обращения: 10.05.2016).
8. Ускорение расчетов в ANSYS Fluent с графическими процессорами NVIDIA // Ansys. URL: <http://cae-expert.ru/articles/uskorenie-raschetov-v-ansys-fluent-s-graficheskimi-processorami-nvidia> (дата обращения: 10.05.2016).
9. ANSYS // NVIDIA. URL: <http://www.nvidia.ru/object/tesla-ansys-accelerations-ru.html> (дата обращения: 10.05.2016).
10. Параллельные_вычисления // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Параллельные_вычисления (дата обращения: 10.05.2016).

11. ACCELERATING MECHANICAL SOLUTIONS WITH GPUS // Nvidia. URL: <https://www.nvidia.com/content/tesla/pdf/aa-v7-i3-accelerating-mechanical-solutions-with-gpus.pdf> (дата обращения: 10.05.2016).
12. Quadro // Nvidia. URL: <http://www.nvidia.ru/object/autodesk-design-suite-ru.html#myTabListID=0> (дата обращения: 10.05.2016).
13. Белов, Н. В. Полный справочник проектировщика. — Минск: Харвест, 2011. — 480 с.
14. Ройтман, В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий. — М.: Пожарная безопасность и наука, 2001. — 382 с.
15. Воротынцев, В. А. Каркасное перекрытие из деревянных балок // — 2014. — № . — с. 40.
16. Мосалков, И. Л. Огнестойкость строительных конструкций. — М.: СПЕЦТЕХНИКА, 2001. — 496 с.
17. Ватин, Н. И., Горшков А. С., Немова Д. В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2013. — № № 3 (8).. — с. 1–11.
18. Барашков, Ю. А. Деревянные клееные конструкции. — М.: Знание, 1982. — 62 с.
19. Симонов, Е. В.. Большая книга строительства и ремонта. — СПб.: Питер, 2010. — 416 с.
20. Laminated veneer lumber (LVL) — Specifications // ISO. URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=38869 (дата обращения: 10.05.2016).
21. Laminated veneer lumber — Measurement of dimensions and shape — Method of test // ISO. URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=44225 (дата обращения: 10.05.2016).
22. Engineered Wood Products // wood-works. URL: <http://wood-works.ca/wp-content/uploads/2013/12/ShrinkageFloor-Systems-EngineeredWoodProducts.pdf> (дата обращения: 10.05.2016).
23. Карлсен, Г. Г. Конструкции из дерева и пластмасс. — М.: Стройиздат, 1986. — 543 с.

Конкурентоспособность как фактор качества изделий легкой промышленности

Эргашева Марзия Рамазоновна, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассматриваются факторы для повышения качества и конкурентоспособности изделия легкой промышленности.

Ключевые слова: изделия, легкая промышленность, конкурентоспособность качество товара, факторы конкурентоспособности, формы конкуренции.

Конкурентоспособность в широком смысле означает способность предмета или объекта выдерживать конкуренцию. Выделяют различные виды и формы конкуренции, возникающие между субъектами хозяйствования в целом, а также товарами и услугами в частности. Наличие конкурентных преимуществ позволяет товару или услуге занять новые рыночные ниши и обеспечить предприятию существование и получение прибыли. Важная роль здесь отводится такому аспекту, как удовлетворение потребностей покупателей, которые становятся более требовательными к качеству продукции. Следовательно, наблюдается тенденция, направленная на достижение высокого уровня качества изделий, особенно в легкой промышленности (одежды, обуви, кожгалантерейных изделий и т.д.). Однако помимо качества можно отметить и другие показатели, определяющие конкурентоспособность современной продукции, в чем можно убедиться, рассмотрев определение данного понятия.

Конкурентоспособность продукции — определяется как: «способность товара удовлетворять требования конкретного потребителя в условиях определенного рынка и периода времени по показателям качества и затратам

потребителя на приобретение и эксплуатацию данной продукции»;

«совокупность качественных и стоимостных характеристик товара, обеспечивающих удовлетворение конкретной потребности покупателя» [1];

«комплекс потребительских и стоимостных (ценовых) характеристик товара, определяющих его успех на рынке, то есть преимущество именно этого товара над другими в условиях широкого предложения конкурирующих товаров-аналогов»;

«степень реального удовлетворения ей конкретной потребности по сравнению с аналогичными товарами, представленными на данном рынке».

К факторам обеспечения конкурентоспособности изделий легкой промышленности можно отнести:

— Фактор времени. Обеспечение конкурентоспособности товаров по фактору времени осуществляется исходя из посылки «сегодняшний рубль дороже завтрашнего». Фактор качества товаров, который проявляется не только в улучшении показателей качества, но и в увеличении годовой производительности (полезного эффекта) товара и росте затрат на эксплуатацию и ремонт. При

улучшении качества изделий легкой промышленности неизбежно растут затраты на производство, а также на эксплуатацию и ремонт оборудования.

— Фактор масштаба (объема) производства товара. За счет роста масштаба производства можно снизить себестоимость изделий и повысить их качество.

— Фактор новизны продукции предприятий легкой промышленности. Обеспечение конкурентоспособности осуществляется исходя из удовлетворения новых потребностей человека или удовлетворения уже существующих потребностей принципиально другим способом.

— Фактор метода получения информации. В процессе производства и потребления продукции следует пользоваться одними и теми же подходами и методами получения информации и выполнения расчетов, так как иначе в исходную информацию будут привноситься разные по величине погрешности и исследуемые образцы не будут сопоставимы.

— Фактор условий эксплуатации товара. Сохранение качества зависит от правильной эксплуатации швейных изделий, соблюдения рекомендаций по уходу за товаром. Важным фактором покупательских предпочтений являются продолжительность срока эксплуатации. При прочих равных условиях более конкурентоспособным изделием легкой промышленности будет то, у которого лучшие эксплуатационные свойства.

— Фактор ценообразования. Цена определяет структуру производства, оказывает решающее воздействие на движение материальных потоков, распределение товарной массы, уровень благосостояния. Правильно установленная цена на изделие, разумная ценовая тактика, обоснованная ценовая стратегия составляют необходимые компоненты успешной деятельности любого предприятия. При составлении ценовой стратегии следует иметь в виду, что довольно часто индивидуальный потребитель связывает цену реализации с основополагающими характеристиками товара, особенно с качеством. У многих потребителей высокие цены на товар ассоциируются с высоким качеством.

— Рыночный фактор. Необходимость в развернутой характеристике рыночных возможностей возникает уже при

освоении производства новой продукции, предназначенной для конкретного рынка. Рыночный фактор характеризуется следующими критериями: тип рынка, емкость, стабильность и перспективность, подготовленность рынка.

— Сбытовой фактор. Удачная конструкция и технология изготовления нового товара не обеспечивают его конкурентоспособности без эффективного сбыта. Сбытовой фактор характеризуется рекламным обеспечением, транспортабельностью товара и надежностью поставки. Рекламное обеспечение получает высокую оценку, если улучшенные свойства товара предполагают хорошие возможности для проведения эффективной рекламы, стимулирования спроса и демонстрации изделия. Транспортабельность товара определяется издержками на транспортирование, что влияет на цену потребления и сохраняемость товара. Так, если при транспортировании продукции нарушена эстетическая ценность товара, то снижается цена потребления, объем продаж, следовательно, и ее конкурентоспособность. Надежность поставки предусматривает, что каждое швейное изделие требуемого качества и в нужном количестве должно оказаться в заданном месте в заданное время. В случае нарушения условий поставки товар может морально устареть и тем самым быть причиной того, что потребитель может отказаться от товара. А это приведет к снижению товарооборота и конкурентоспособности товара.

— Сервисный фактор действует на стадии предпродажного и послепродажного обслуживания. К факторам предпродажного обслуживания относятся: условия приобретения изделия и форма его оплаты; демонстрация товара (различные показы, выставки и т.д.); подбор товара, исходя из индивидуальных особенностей покупателя. К факторам послепродажного обслуживания относятся: упаковка и доставка купленных товаров; подгонка швейного изделия по фигуре; химическая чистка изделий и др. [2] Для построения успешной стратегии развития любого предприятия легкой промышленности необходимо учитывать все вышеперечисленные факторы. Это позволит выдержать конкурентную борьбу на внутреннем рынке, а также обеспечит возможность занять свое место на внешних рынках.

Литература:

1. Взаимосвязь качества и конкурентоспособности продукции [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.znaytovar.ru/new1097.html>, свободный.
2. Критерии конкурентоспособности товаров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/s/Kriterii_konkurentosposobnosti.html, свободный.

Пути повышения энергоэффективности систем вентиляции

Яншина Эльвира Рафаиловна, студент;
Брацук Анна Андреевна, студент;
Иванова Лиана Александровна
Омский государственный технический университет

Одной из главных составляющих для создания благоприятных условий для жизни и работы людей является эффективная вентиляция помещения. Первостепенной и очень важной задачей при проектировании зданий является обеспечение нормируемой работы систем вентиляции. Вентиляция является своего рода сложной схемой, в которую включены различные элементы, такие как устройства для нагнетания воздуха, шумоглушитель, воздуховод, решетки и др.

При проектировании вентиляции традиционное предпочтение отдаётся наиболее простым из обеспечивающих заданные условия способам, при которых проектировщики стремятся уменьшить производительность систем, принимая целесообразные конструктивно-планировочные решения здания, внедряя технологические процессы с минимумом вредных выделений, устраивая укрытия мест образования вредных выделений [1].



В настоящее время в России огромное количество энергии потребляется системой вентиляции. Это связано в значительной степени с особыми климатическими условиями, относительно низкими ценами на топливо и электроэнергию, а также запущенностью и отсталостью жилищно-коммунального хозяйства [2].

Система общеобменной вентиляции расходует энергию на:

- перемещение воздуха (электродвигатель);
- подогрев или охлаждение воздуха в зимнее (летнее) время.

Усовершенствование системы вентиляции и рациональное управление ее работой сегодня является важным

способом повышения энергоэффективной систем вентиляции. В настоящее время существует огромное количество технических решений для обеспечения энергоэффективности систем вентиляции.

Снижения потребления энергии можно добиться различными способами.

Соблюдение требований санитарно-гигиенических норм расхода вентиляционного воздуха, подаваемого в единицу времени для обычного среднестатистического человека, находящегося в помещении, является одним из таких способов. По мнению ряда специалистов, в России эта величина немного завышена. Вероятно, необходима оптимизация величины температуры внутреннего воз-



духа среди объектов различного типа и назначения. Бесспорно, что понижение зимней и повышение летней температуры внутреннего воздуха позволяет значительно сократить расходы энергии на его подготовку.

Многие промышленные предприятия для экономии электрической энергии стараются ограничивать время работы вентиляционных систем в нерабочее время. Однако, при выключенном электродвигателе вентустановки расход теплоносителя не уменьшается, что приводит к недоиспользованию возвращаемой на источник теплоты тепловой энергии.

Уже довольно продолжительное время, на некоторых предприятиях, с целью устранения данного прецедента, применяют устройства автоматического сокращения расхода теплоносителя при остановке электродвигателя вентустановки. На подающем трубопроводе системы теплоснабжения калориферов устанавливается автоматический клапан с моторным приводом. Параллельно клапану на трубопроводе устанавливается дроссельное устройство, через которое проходит минимальный расход теплоносителя, исключающий размораживание калориферов. Автоматический клапан запитывается через свободный контакт магнитного пускателя посредством промежуточного реле. Схема работает следующим образом. При остановке электродвигателя вентиляционной установки контакт магнитного пускателя замыкает цепь питания катушки промежуточного реле, контакт которого замыкает цепь питания двигателя автоматического клапана. Двигатель отключается в крайнем положении конечным выключателем и работает до полного закрытия автоматического клапана. Трубопровод системы теплоснабжения

калориферов оказывается закрытым. Схема проста в эксплуатации и надежна в работе.

Существует много способов снижения энергозатрат в системах вентиляции воздуха. В несколько раз снизить затраты на подогрев поступающего воздуха позволяет применение принципа рекуперации.

Рекуперация (от лат. recuperatio — обратное получение) — процесс частичного возврата энергии для повторного использования.

При грамотном проектировании системы, поддерживающей нормируемый уровень температуры и относительной влажности в помещениях в течение года и обеспечивающей нормальный химсостав воздуха (кислород, примеси и т.д.), достаточно трудно найти пути экономии энергии на подготовку воздуха. А вот электрическая мощность, расходуемая на работу блока двигатель-вентилятор, может и должна быть контролируемой и минимально возможной.

Снижения энергопотребления на работу вентилятора возможно за счет снижения аэродинамических потерь в системе вентиляции. Потери в системе вентиляции возникают из-за того, что для обеспечения требуемого расхода воздуха приходится устанавливать дополнительные элементы (заслонки, шиберы и прочее). И это не может не влиять на общее энергопотребление системы вентиляции. Снизить затраты можно за счет установки отдельных вентиляторов на каждую из веток системы. В настоящее время существует огромное количество производителей вентиляционного оборудования, готовых предложить вентиляторы с необходимым расходом воздуха, а также с низким энергопотреблением, что является безусловным плюсом.

Литература:

1. Караджи, В. Г., Московко Ю. Г. Некоторые особенности эффективного использования вентиляционно-отопительного оборудования. Руководство — М., 2004
2. Павленко, В. А.. Показатель потребления электроэнергии SFP для оценки затрат на работу системы вентиляции и климатизации / В. А. Павленко // Безопасность и энергосбережение. — 2010. — № 3 (33). — С.19–21.

Молодой ученый

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 10 (114) / 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.
Абдрасилов Т. К.
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.
Калдыбай К. К.
Кенесов А. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матвиенко Е. В.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Паридинова Б. Ж.
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)
Ахмеденов К. М. (Казахстан)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Г. А.

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

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я., Голубцов М. В.,
Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.06.2016. Тираж 500 экз.

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