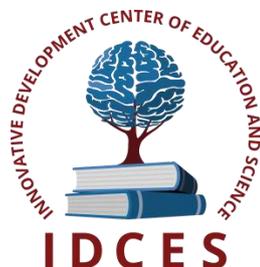


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Технические науки: тенденции, перспективы и
технологии развития**

Выпуск III

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 октября 2016г.)**

г. Волгоград

2016 г.

УДК 62(06)
ББК 30я43

Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития, / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. г. Волгоград, 2016. 161 с.

Редакционная коллегия:

доктор технических наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), кандидат технических наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), доктор физико-математических наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), доктор технических наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), кандидат технических наук Валеев А.Р. (г.Уфа), доктор технических наук, профессор Высоцкий Л. И. (г. Саратов), профессор, академик МАНЭБ, заслуженный ветеран СО РАН Галкин А. Ф. (г.Санкт-Петербург), кандидат технических наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), кандидат педагогических наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), доцент доктор технических наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), доктор технических наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), кандидат технических наук Егоров А. Б. (г. Харьков), доктор технических наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (Узбекистан, г. Ургенч), доктор технических наук, профессор, заслуженный мелиоратор РФ Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), кандидат технических наук Иванов В.И. (г.Москва), кандидат технических наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), кандидат технических наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), кандидат технических наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), доктор технических наук, доцент Курганова Ю. А. (г. Москва), кандидат физико-математических наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), кандидат технических наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), доктор технических наук, профессор Мухуров Н.И. (г. Минск), кандидат технических наук, доцент Никулин В.В. (г.Саранск), кандидат технических наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), доктор технических наук, профессор Пачурин Г. В. (г. Нижний Новгород), кандидат технических наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), кандидат технических наук Решетняк С. Н. (г. Москва), инженер, аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г.Пуатье), доктор химических наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск).

В сборнике научных трудов по итогам III Международной научно-практической конференции **«Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития»**, г. **Волгоград**, представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Сборник включен в национальную информационно-аналитическую систему "Российский индекс научного цитирования" (РИНЦ).

© ИЦРОН, 2016г.
© Коллектив авторов

Оглавление

СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)	7
СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00).....	7
СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)	7
СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)	7
ВЫБОР АППАРАТУРЫ РЕГИСТРАЦИИ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ Журавлев Л.А.....	7
ЦЕНТРИФУГУ УБРАТЬ НЕЛЬЗЯ ОСТАВИТЬ Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В.....	11
СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00).....	16
СВЕТОДИОДНЫЙ ПРОЖЕКТОР С ОХЛАЖДЕНИЕМ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ - 40 °С Березин В.В., Акбиров З.Р., Байгалиев Б.Е.....	17
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕВЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В СОПЛОВЫХ РЕШЕТКАХ ТУРБОМАШИН Зарянкин А.Е., Киндра В.О., Осипов С.К., Худякова В.П.	21
О РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНЫХ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВОК Иглин П.В., Хомяков А.Л., Крупин Д.Ф.	28
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ Кулик В.И., Нилов А.С.	32
СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00).....	38
ПРИМЕНЕНИЕ 3D ПРИНТЕРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ Акопян А.А Будко А.А. Потехин А.А.....	39
ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПАВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ Ахметова Л.Г., Юхимчак В.Ю., Янукян А.П.....	42
УВЕЛЕЧЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В УСЛОВИЯХ ДУНАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Кашин А.А.; Янукян А.П.	46
ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ Юхимчак В.Ю., Ахметова Л.Г.	51

СЕКЦИЯ №7.	
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)	55
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАТИМОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ФАСОННОЙ ОТЛИВКИ ИЗ СПЛАВА ВТ5 Ильин А.А., Мамонов А.М., Скворцова С.В., Герман М.А.	55
ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ 10 Прудников А.Н., Прудников В.А.	61
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МОЛИБДЕН-НИОБИЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕРМОЭМИССИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЭНЕРГИИ Стрелецкая О.С.	66
СЕКЦИЯ №8.	
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)	69
СЕКЦИЯ №9.	
АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)	69
КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ Казанчева А.Н.	70
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ В РАЗМЕРОСТАБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Кулик В.И., Нилов А.С.	74
СЕКЦИЯ №10.	
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)	79
КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ КАК ПАРАМЕТР ЗОНЫ КОМФОРТА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ Козловцева Е.Ю., Калашникова Ю.С.	80
ОБЛЕГЧЕННЫЙ КОНСОЛЬНО-БАЛОЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ИЗ БАЛКИ С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ Литиков А.П., Тюмченкова Г.А., Жданова Я.А.	83
КОНСТРУКЦИИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МНОГОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ Нагрузова Л.П., Савекин Е.С.	88
КАРКАСНЫЕ ЗДАНИЯ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ. СРАВНЕНИЕ С КИРПИЧНЫМИ ЗДАНИЯМИ. Потехин А.А., Будко А.А. Акопян А.А.	93
ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ Семенова Э. Е., Горбачёва О. Н.	97
ПЕРЕДОВАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ» Фоменко А.С.	100
К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ Хисамеева Л.Р. Шинкарев Н.О.	105

СЕКЦИЯ №11.	
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	108
ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КЛЕЯ ОК72ФТ5 НА ДЕФОРМАЦИИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ СКЛЕЕННЫХ СБОРОК	
Кручинин Д.Ю., Гарайшина Л.Т., Сырицин М.П.	109
СЕКЦИЯ №12.	
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)	113
ТЕНДЕНЦИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПАХТЫ	
Агаев С., Абдижаппарова Б.Т., Ханжаров Н.С.	114
ЗАМЕНИТЕЛЬ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРАТА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ	
Гаврилов Г.Б., Куренков С.А., Куренкова Л.А.	117
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ	
Кулбосын Д., Абдижаппарова Б.Т., Ханжаров Н.С.	121
СЕКЦИЯ №13.	
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)	125
СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	125
ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОМЕХИ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА АНСАМБЛЕЙ СИГНАЛОВ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ	
Гайворонский Д.В., Данильчук Е.А.	126
ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	
Поливанов В.В.	129
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)	133
КОМПОНОВКА ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	
Федоров Е.Ю., Хайруллина Г.С., Шакирзянова Н.Ш.	134
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)	138
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДАРОПРОЧНЫХ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ	
Кулик В.И., Нилов А.С.	139
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	143
РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	
Андреев С.А.	144

СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	148
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	148
КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, СРАВНЕНИЕ С ТРАДИЦИОННОЙ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРОЙ	
Будко А.А. Потехин А.А. Акопян А.А.	148
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	152
СЕКЦИЯ №21.	
МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08).....	152
ОБЩАЯ СХЕМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ СУДНО И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ	
ЕЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ	
Артюшина Т.Г.....	152
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД.....	159

**СЕКЦИЯ №1.
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

**СЕКЦИЯ №2.
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

**СЕКЦИЯ №3.
ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

**СЕКЦИЯ №4.
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

**ВЫБОР АППАРАТУРЫ РЕГИСТРАЦИИ РЕСУРСНЫХ
ИСПЫТАНИЙ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Журавлев Л.А.

Д.т.н., профессор Донского государственного технического
университета, РФ, г. Ростов -на-Дону

Предлагается для проведения ресурсных испытаний быстроизнашивающихся деталей технологического оборудования использовать аппаратуру регистрации рабочих ходов. Разработка и выбор аппаратуры осуществляется по моделям сигналов регистрации и критерию – показателю распознавания. Оснащение технологического оборудования аппаратурой регистрации рабочих ходов решает также другие многочисленные задачи диспетчеризации автоматизированного производства.

Ключевые слова: ресурсные испытания; быстроизнашивающиеся детали; технологическое оборудование; рабочий ход оборудования; аппаратура регистрации; множество факторов.

Исследования изделий на долговечность принято называть ресурсными. Значение этих испытаний в машиностроении очень велико, так как от ресурсов элементов изделия зависят его долговечность, безотказность, основные показатели ремонтпригодности. [1]

Известно, что наиболее объективное заключение о долговечности деталей и узлов машин можно сделать лишь после проведения их «испытаний в условиях эксплуатации».

[2]

Такие испытания по существующим нормам требуют определенных условий и существенных затрат. Однако это проблема значительно упрощается при совмещении ресурсных испытаний с производственным выпуском деталей на испытуемом оборудовании.

Совмещение «испытаний в условиях эксплуатации» с производственным процессом выпуска изделий на технологическом оборудовании открывает путь автоматизации испытаний и позволяет получать более объективную информацию более экономичным способом.

Такое предложение основано на том, что специальные «испытания в условиях эксплуатации» отличаются от условий производственного процесса многими факторами, в том числе: некоторой искусственной заданностью; привлечением персонала с более высокой квалификацией; имеющимся набором ограничений.

При совмещении «испытаний в условиях эксплуатации» с производственным процессом выпуска изделий загрузка оборудования задается не параметрами испытаний, а реальной производственной программой и производственной ситуацией.

Получение результатов испытаний осуществляется в реальном масштабе времени с помощью аппаратуры регистрации рабочих ходов оборудования.

Разработка или выбор аппаратуры регистрации рабочих ходов оборудования связаны с необходимостью охватить все многообразие производственных условий, включая множество типов технологического оборудования и множество выпускаемых изделий, множество признаков совершения рабочего хода оборудования и множество характерных временных участков в цикле рабочего хода оборудования. При этом результат регистрации выражается натуральными числами. Все это позволило использовать для разработки и выбора аппаратуры регистрации рабочих ходов оборудования для проведения ресурсных испытаний быстроизнашивающихся деталей элементы теории множеств: термины и операции над ними. [3]

Конкретными физическими величинами K_i , изменяющими свои амплитудные или частотные значения за период работы оборудования $T_{\text{ан}}$ по режимам рабочего хода В или холостого хода ПВ могут быть: виброускорения, сила тока приводного электродвигателя, давление в гидро и пневмосетях, деформация и механическое напряжение несущих конструкций, перемещение характерных узлов оборудования.

Для регистрации количества рабочих ходов оборудования в простейшем виде используются устройства, содержащие: преобразователи физических величин K_i в выходные параметры U_i ; пороговые устройства, реализующие пороговую функцию $\text{sign}[U_i$

$(V_i, K_i, T_{acc}) - U_{in}]$ и формирующие сигнал A_v совершения рабочего хода оборудования; а также счетчик сигналов.

Так как изменения физических величин K_i происходят на различных характерных участках периода работы оборудования T_{acc} : установка заготовки, включение электродвигателя, подвод инструмента, обработка заготовки $T_{уч}$, отвод инструмента, выключение электродвигателя, съем изделия, то это определяет появление дополнительных помех для получения достоверного результата.

Наличие характерных участков периода работы оборудования T_{acc} в режимах рабочего и холостого хода вынуждает усложнять устройство регистрации дополнительными элементами, в том числе элементами выделения участка обработки заготовки $T_{уч}$ в общем периоде работы оборудования T_{acc} .

Рассмотрение факторов множеств: рабочих V и холостых ПВ ходов оборудования, выходных параметров Y , физических величин K , участков периода обработки T_{acc} , единиц регистрации A позволило выразить модель сигнала регистрации в простейшем случае уравнениями с прямым произведением множеств:

$$A_v = \text{sign}[Y_i (V_i, K_i, T_{acc}) - U_{in}] * F(T_{учi}), \quad (1)$$

$$A_{пв} = \text{sign}[Y_i (ПВ_i, K_i, T_{acc}) - U_{in}] * F(T_{учi}), \quad \text{где:} \quad (2)$$

A_v – сигнал рабочего хода оборудования (выпуска продукции) – конечное множество единиц регистрации, выражаемое количеством изменений выходного параметра Y_i преобразователя, превышающих пороговое значение U_{in} на участке обработки заготовки $T_{учi}$;

$A_{пв}$ – сигнал холостого хода оборудования (псевдосигнал);

$\text{sign}[Y_i (V_i, K_i, T_{acc}) - U_{in}]$ – пороговая функция выходного параметра Y_i , соответствующая: рабочему ходу V_i , изменениям контролируемой физической величины K_i параметров состояния оборудования в период времени T_{acc} работы оборудования, охватывающим цикл выпуска продукции;

$\text{sign}[Y_i (ПВ_i, K_i, T_{acc}) - U_{in}]$ – пороговая функция выходного параметра Y_i преобразователя, соответствующая холостому ходу $ПВ_i$.

$F(T_{учi})$ – конечное множество максимумов изменения выходного параметра Y_i , превышающих пороговое значение U_{in} преобразователя на характерном участке $T_{учi}$ обработки заготовки в общем периоде времени цикла выпуска продукции T_{acc} .

Работа устройств основана на регистрации изменения какой – либо контролируемой физической величины, наилучшим образом соответствующей факту

осуществления рабочего хода оборудования. Выбор физической величины из множества предлагается осуществлять по критерию – показателю распознавания Q , выведенного из условия практически достоверного распознавания факта осуществления рабочего хода оборудования. (3)

$$Q = \frac{\inf Y_i(B_i, K_i, T_{acc}) - Y_{\text{ни}} - Y_{\text{ни}}}{\sup Y_i(PB_i, K_i, T_{acc}) + Y_{\text{ни}} + Y_{\text{ни}}}, \text{ где:} \quad (3)$$

$\inf Y_i (B_i, K_i, T_{acc})$ – практически точная нижняя граница значений выходного параметра Y_i преобразователя контролируемой физической величины K_i при рабочем ходе B_i во временном интервале T_{acc} .

$\sup Y_i (PB_i, K_i, T_{acc})$ – практически точная верхняя граница значений выходного параметра Y_i преобразователя контролируемой физической величины K_i при холостом ходе PB_i во временном интервале T_{acc} .

$Y_{\text{ни}}$ – значение погрешности преобразователя;

$Y_{\text{ни}}$ – значение нестабильности порога.

При практически достоверном характере распознавания рабочего хода оборудования критерий Q больше единицы. При вероятностном характере распознавания рабочего хода оборудования критерий Q меньше единицы и возможно появление ошибок учета. Полезность критерия наиболее наглядна при решении вопроса использования имеющихся устройств учета для новых условий эксплуатационных испытаний. Применение критерия сокращает трудоемкость выбора за счет уменьшения объема предпроектного обследования и определения статистических характеристик по всему множеству возможных физических величин.

На основе полученных моделей сигнала регистрации и критерия - показателя распознавания Q осуществляется разработка структурных формул и схем устройств регистрации рабочего хода оборудования.

Для получения структурных формул и схем используется известный прием перехода от уравнений, заданных алгеброй множеств, к структурным формулам, заданным алгеброй логики, путем замены операции пересечения на конъюнкцию.

Применяя этот прием к разработанным вариантам моделей сигнала можно получить конечное число структурных формул и схем, типизирующих многообразие производственных условий. Это позволит заменить этап разработки структурных схем аппаратуры ресурсных испытаний на этап их выбора из разработанного типажа.

Рассматривая применение аппаратуры регистрации рабочих ходов оборудования для ресурсных испытаний можно убедиться в полезности промышленного оснащения такими устройствами всего выпускаемого технологического оборудования.

Оснащение технологического оборудования этими устройствами повышает набор опций и добавленную стоимость, решает чрезвычайно важные задачи для диспетчеризации автоматизированного производства: учет загрузки и использования оборудования, учет выпуска продукции; регламентированная смена инструмента, переналадка оборудования на выпуск новых партий изделий, подача заготовок и материалов, замена масел и СОЖ, уборка отходов, смена быстроизнашивающихся деталей оборудования и т.д.

Список литературы

1. Кучель Р.В, Испытания на надежность машин и их элементов. М.: Машиностроение, 1982 – с.181.
2. Ткачев В.Н. Методы повышение долговечности сельскохозяйственных машин (эксперименты, практика, рекомендации). М.; 1993 – с.211.
3. Аль-Тибби В.Х., Вишнеvский К.В., Журавлев Л.А. Формирование сигналов информации о работе оборудования и выпуске продукции// Вестник ДГТУ, 2009 – Т.9, №4 (43), с. 667-675.

ЦЕНТРИФУГУ УБРАТЬ НЕЛЬЗЯ ОСТАВИТЬ

Исаенко В.Д., Исаенко А.В., Исаенко П.В.

ТГАСУ, РФ, г. Томск

Одними из зарекомендовавших себя во многих отраслях народного хозяйства являются автомобили КамАЗ с мощными дизелями, работающими на маслах М8(10)Г₂К. Теория и практика многолетней их эксплуатации показали достаточно высокую эффективность комбинированной системы очистки масла, включающую полнопоточный фильтр тонкой очистки с бумажными фильтроэлементами и центрифугу на ответвлении.

В настоящее время для дизелей КамАЗ с учетом их экологических Евро-классов разработан целый ряд моторных масел, загущенных высокоэффективными присадками. Присадки обладают необходимыми функциями для сохранения в работающем масле первоначальных свойств и состояний даже без центрифуги, принцип действия которой основан на центробежной очистке масла от механических примесей.

Отказываясь от масляной центрифуги в дизелях «Евро», моторостроители исходили, в том числе, и из технологических и экономических соображений, что вполне справедливо, не сбрасывая со счетов долговечность дизеля.

Однако в реальных условиях эксплуатации среди автомобилей с дизелями классов «Евро» в массовом порядке работают КамАЗы с «первородными» двигателями до «Евро». Перемешка дизелей в одном и том же автопредприятии вызывает ряд негативных явлений, нарушающих положительные замыслы создателей.

Не секрет, что превалирующее большинство наших водителей и лиц, причастных к обслуживанию автомобилей (да и что скрывать – иных руководителей), технически неграмотно, поскольку они не знакомы на должном уровне с основами химмотологии – науки об эксплуатационных свойствах, качестве и рациональном применении в технике топлив, масел, смазок и спецжидкостей. А именно эти свойства и проявляются в условиях эксплуатации машин и в значительной мере определяют их работоспособность, надежность, экологичность и экономичность.

Незнание всего этого приводит тех и других к действию по принципу: «какая разница – масло да масло». И одни покупают масла что подешевле, другие допускают пересортицу, что категорически запрещается НТД.

Особенно опасно с точки зрения надежности дизеля смешивание масел по ГОСТам с классами SAE, минеральных с синтетическими, если это не оговорено в паспорте качества. Да и кто их читает?!

Видимо все это и порождает непрекращающуюся полемику в интернете: нужна ли центрифуга дизельному двигателю?

Специалисты кафедры «Автомобили и тракторы» ТГАСУ выполнили научную работу по оценке состояния системы смазки дизелей КамАЗ с центрифугой и без нее, в реальных условиях эксплуатации десяти автомобилей УМП «Спецавтохозяйство» г. Томска. Необходимые физико-химические и спектральный анализы проб картерного масла и отложений на масляных фильтрах проводились в аккредитованной лаборатории ГСМ кафедры.

В качестве показателей, характеризующих свойства и состояние масла и двигателя, приняты: вязкость кинематическая (η); щелочность (ЩЧ); механические примеси – общие нерастворимые в бензине (ОП) и негорючие (НП); диспергирующая способность (ДС) по масляному пятну; температура вспышки в открытом тигле (ТВ), а также элементы-индикаторы присадки, загрязнения масла и износа деталей двигателя: Ca, Ba, Mo, Sn, Cu, Pb, Al, Si, Fe, Cr.

Двигатели работали в зимний период на моторных маслах М8Г₂К и SAE 5W40.

Средние значения показателей физико-химического анализа проб масел представлены в таблице.

Таблица – Физико-химические показатели моторного масла дизелей УМП (средние значения)

Показатели	Наличие масляной центрифуги и марка масла в дизеле		
	Без центрифуги		С центрифугой М8Г ₂ К
	SAE 5W40	М8Г ₂ К	
1. Нароботка масла до замены, км	13885	13255	8735
2. Нерастворимые механические примеси, %	2,7	3,5	3,3
3. Негорючие механические примеси, %	0,056	0,073	0,12
4. Диспергирующая способность, у.е.	0,495	0,446	0,25
5. Кинематическая вязкость при 100°С, сСт	11,65	12,57	9,17
6. Щелочное число, мг КОН/1г	5,37	4,98	1,14
7. Температура вспышки в открытом тигле, °С	185	190	190

Исследования показали, что периодичность замены масла в дизелях класса «Евро» варьируется от 10 до 15 тыс. км, тогда как до «Евро» – 7–10 тыс. км, что для достаточно сложных, в основном, городских условий эксплуатации вполне приемлемо.

Механические примеси в масле представляют собой сложные комплексы, состоящие как из твердых полидисперсных частиц продуктов загрязнения и износа, так и продуктов окисления масла, сажи и прочих составляющих органического происхождения. При содержании общих механических примесей в свежих моторных маслах не более 0,015%, а допустимых – в пределах от 1 до 3%, в анализируемых отработавших маслах их содержание несколько выше. На одну тысячу километров пробега наименьшее их количество (0,19%) содержится в масле SAE 5W40, 0,26% – в масле М8Г₂К дизелей, даже имеющих масляную центрифугу.

Из механических примесей наипасную роль с точки зрения надежности двигателей играет негорючая составляющая. Известно [1, 2], что абразивный износ железосодержащих деталей (в основном ЦПГ) значительно возрастает при содержании негорючих механических примесей более 0,08%–0,1%.

Установлено, что между негорючими примесями и химическими элементами – индикаторами износа существует тесная корреляционная связь, например, зависимость $Fe = f(НП)$ представлена на рисунке.

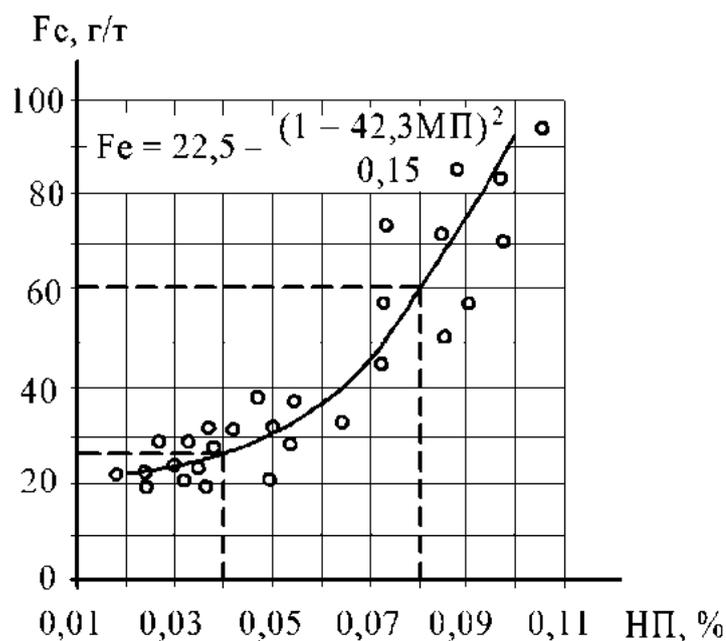


Рис. Взаимосвязь между негорючими примесями и железом в моторном масле автомобильных дизелей

Лабораторные анализы показали, что рост негорючих примесей до 0,04% существенного влияния на концентрацию железа не оказывает. Наблюдается стабильный уровень в пределах 22–25 г/т. Последующее нарастание примесей до 0,08% увеличивает концентрацию железа до 62 г/т и более. Проб масел с такой концентрацией насчитывалось 30%, из которых бóльшая часть (~75%) имела концентрацию железа 128–130 г/т при 0,12% НП.

В целом же при работе дизелей «Евро» без центрифуг на масле 5W40 среднее содержание железа составляет 47,0 г/т масла, на масле М8Г₂К – 52,2 г/т, тогда как на дизелях КамАЗ-740 с центрифугой – 86,5 г/т масла. Соответственно хрома: в первых двух случаях 1,25 г/т и 1,56 г/т, тогда как в третьем – 2,4 г/т. То есть скорость поступления в картерное масло дизелей «Евро» железа составляет 3,38 г/т на 1000 км и 3,94 г/т на 1000 км, тогда как дизелей КамАЗ-740 – 11,04 г/т на 1000 км, что в два раза больше. Соответственно и хрома: 0,09 г/т, 0,08 г/т и 0,274 г/т.

Подобная картина наблюдается и по другим элементам: Al, Cu, Pb.

Обращает на себя внимание изменение кинематической вязкости масла. При исходной вязкости масла 5W40 в пределах 15 сСт она снижена на 22,3% при допуске не более 20%, что вполне объяснимо, поскольку и температура вспышки также снижена по сравнению с изначальной (230°C) на 45°C при норме в 20°C [3]. Причиной снижения температуры вспышки является, вероятнее всего, некачественное дизельное

топливо, тяжелая фракция которого, не сгорая, разжижает моторное масло, если считать, что топливная аппаратура была работоспособна.

При работе дизелей «Евро» на масле М8Г₂К наблюдается рост кинематической вязкости. Так, если исходная вязкость его составляет $8 \pm 0,5$ сСт, то при пробеге более 13000 км она возросла на 37%, что несколько выше предельного. Этот рост объясняется повышенным содержанием общих механических примесей в масле с более слабой композицией присадок. В дизелях с центрифугой этот параметр в пределах допустимого.

Щелочное число является условным показателем нейтрализации кислых продуктов, постоянно пополняющих загрязняющую составляющую моторного масла вследствие сгорания топлива и окисления основы масла. Запас щелочной присадки различных масел значительно отличается. Так, если масла группы SAE 5W40 имеют 10–15 мг КОН/1г, то М8Г₂К – лишь 6–7 мг КОН/1г при предельном значении в процессе работы не менее 1–3 мг КОН/1г. И по этому показателю наиболее выигрышным является вариант дизелей «Евро» без центрифуги. Остаточный запас щелочи в масле 5W40 в 4–5 раз больше, чем в масле М8Г₂К первородных дизелей КамАЗ. Но это не свидетельствует о том, что центрифуга «поглощает» присадку в явном ее проявлении. Если она и «исчезает» в масле, то только потому, что продуктивно «убивает» кислые соединения. Все это подтверждается и диспергирующей способностью (см. таблицу).

Следует отметить, что ни одно смазывающее масло не выпускается без комплекта специальных присадок. Однако их элементарное и количественное содержание зависит от назначения и применения. Так, в состав основных присадок масла М8Г₂К входят Са (0,19%), Zn (0,05%), Р (0,05%), тогда как в SAE 5W40 – Са (0,10%), Zn (0,11%), Р (0,10%), Mg (0,05%) и Мо (0,003%). Очевидно, что благодаря более активному содержанию присадок в масле SAE и улучшаются его физико-химические показатели, снижаются продукты износа деталей дизелей, что оказывает положительное влияние на ресурс и масла, и двигателей. В то же время в 55% проб масла как с низким, так и высоким содержанием негорючих примесей в маслах с концентрацией Мо > 30 г/т наблюдаются осадки от серо-коричневого до черного цветов, чего по сути не должно было быть в маслах SAE 5W40 с высокоэффективной присадкой. На наш взгляд, к такому негативному явлению приводит пересортица моторных масел при обслуживании системы смазки, тем более изготовленных на разной основе. В отличие от минерального масла М8Г₂К масло SAE 5W40 изготовлено на синтетической основе путем реакции синтеза, происходящей в результате взаимодействия различных молекул веществ животного или растительного происхождения. Такие масла в принципе не должны смешиваться, превращаясь в единую химотологическую структуру. В настоящее время иные производители работают над

созданием соответствующей технологии абсолютного смешивания масел. Но дело даже не столько в разновидности основы, сколько в модификациях присадок, которые при смешивании образуют целые конгломераты, забивающие масляные каналы, фильтры, способствуя тем самым масляному голоданию и, как следствие, повышенному износу деталей двигателя.

У авторов статьи имеются определенные свидетельства того, как руководство АГА (г. Нерюнгри Саха-Якутии), столкнувшись с подобным явлением, после огромных технических усилий и экономических затрат, ушедших на восстановление работоспособности системы смазки дизелей большегрузных автосамосвалов БелАЗ, М-200 и недопущения выхода их из строя, приняло решение нанести на бамперы красочные обозначения марок масел, исключая даже случайное подмешивание другой марки. Но там в составе технической службы работала служба диагностики и надежности, своевременно контролирующая эти процессы [3].

Таким образом, подтверждена целесообразность и эффективность работы дизелей класса «Евро», не требующих масляной центрифуги, если использовать только предназначенные марки масел, не допуская пересортицы при организации контроля качества работающих масел, топлив и спецжидкостей.

Список литературы

1. Соколов, А.И. Изменение качества масла и долговечность автомобильных двигателей / А.И. Соколов. – Томск : Изд-во ТГУ, 1976. – 122 с.
2. Исаенко, В.Д. Анализ надежности защиты автомобильных дизелей от абразивного изнашивания и разработка мер, направленных на ее повышение : дис... канд. техн. наук / В.Д. Исаенко. – Л. – 1983. – 220 с.
3. Гатченко, И.И. Автомобильные масла, смазки, присадки / И.И. Гатченко, В.А. Бородин, В.Р. Репников. – Спб. : Изд-во «Полигон» АСТ, 2000. – 358 с.
4. Исаенко, В.Д. Ресурс дизеля в руках эксплуатационников / В.Д. Исаенко, Н.В. Вечерин // Автомобильная промышленность. – М. – № 11. – 1988. – С. 30–31.

СЕКЦИЯ №5.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)

СВЕТОДИОДНЫЙ ПРОЖЕКТОР С ОХЛАЖДЕНИЕМ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИЕЙ ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ - 40°С

Березин В.В., Акбиров З.Р., Байгалиев Б.Е.

КНИТУ-КАИ им. Туполева, РФ, г. Казань

В настоящее время в целях экономии энергии на освещение, широкое применение получили светодиоды, из которых изготавливают осветительные приборы. Светодиод — это прибор на основе полупроводника, который излучает свет при пропускании через него электрического тока. Светодиодные осветительные приборы значительно выгоднее ламп накаливания или ртутных ламп. В условиях общего сокращения расходов, разработки новых стандартов, зеленых инициатив и принятия законодательных актов, направленных на защиту окружающей среды, создаются большие возможности для использования светодиодного освещения, как на национальном, так и на международном уровне.

Светодиодные осветительные приборы сравнительно новое изобретение. Но, не смотря на это, они в большинстве случаев превосходят традиционные источники света по энергетической эффективности, качеству света, рентабельности и экологичности. Светодиодные осветительные приборы превосходят лампы накаливания практически во всех областях применения, а разрядные лампы высокого давления – в областях, требующих использования цветного света.

Светодиоды в фонаре необходимо поддерживать при определенных температурах, чтобы не было перегрева и выхода их из строя, так же чтобы не было потери интенсивности свечения. Поэтому для разработки фонаря со светодиодами необходимо учитывать их охлаждение.

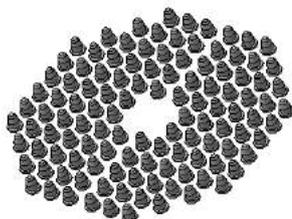
Для охлаждения пластины светодиодов (их самих) используются охлаждающие отверстия, которые располагаются вокруг каждого светодиода на плате, через них проходит теплоноситель (окружающий воздух) с помощью свободной или вынужденной конвекции и отбирает тепло, тем самым охлаждая светодиоды.

Представим ниже некоторые элементы светодиодного осветительного прибора:

1. Пластина с отверстиями 2 шт.: верхняя и нижняя, Предназначенные для крепления и расположения светодиодов, а так же для отвода теплого воздуха от диодов через отверстия.



2. Сетка диодов, предназначенная для преобразования электрической энергии в энергию светового излучения.



3. Отражатель, предназначенный для защиты диодов, концентрирования и направления светового потока.



Для модели светодиодного прожектора выбираем сверхяркие круглые светодиоды с диаметром 5 мм с цветом «холодный белый» 116 штук одинаковые.

После анализа рынка производителей светодиодов, я остановился на американской фирме “CREE”, и именно светодиод “Cree 5-mm Round LED C543A-WMN” я буду использовать в светодиодном прожекторе.

Ниже я предоставляю расчеты по системе охлаждения моего светодиодного прожектора при температуре окружающей среды -40°C в городе Казань при охлаждении свободной конвекцией.

1. Характеристики светодиодов и табличные данные воздуха в рабочей среде светодиодов

$t_{\text{св}}=85^{\circ}\text{C}$ - рабочая температура светодиода (по паспорту производитель утверждает, что максимальная его рабочая температура $+95^{\circ}\text{C}$, но допустим допущение 10°C);

$Q_{\text{св}_0}=100\text{ мВт}$ - рассеиваемая мощность одного светодиода;

$n_{\text{св}}= 116$ - количество светодиодов в прожекторе.

Найдем табличные значения для воздуха из Н.Б. Варгафтик «Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей» для температуры работы светодиодов:

$C_p=1,009$ -изобарная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·К);

$\lambda=0,030275$ – теплопроводность воздуха, Вт/(м·К);

$\rho_{св}=0,985$ – плотность воздуха, кг/м³;

$\nu=21,47*10^{-6}$ – коэффициент кинематической вязкости, м²/с;

$\beta=2,8*10^{-3}$ – коэффициент объемного расширения, 1/К;

$Pr=0,70675$ – критерий Прандтля.

2. Расчет необходимого количества отвода тепла от светодиодов

1) Найдем суммарное количество тепла, которое необходимо отвести от светодиодов в прожекторе, по формуле:

$$Q_{св} = Q_{св0} * n_{св} = 100 * 10^{-3} * 116 = 11,6, \text{ Вт};$$

3. Расчет геометрические характеристики охлаждающих отверстий.

1) Исходные данные:

$d= 2,5*10^{-3}$ м, -диаметр охлаждающего отверстия;

$n_{отв}= 624$, - количество охлаждающих отверстий.

2) Найдем площадь одного отверстия охлаждения в пластине по формуле:

$$S_{отв0} = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3,14 * (2,5 * 10^{-3})^2}{4} = 4,906 * 10^{-6}, \text{ м}^2;$$

3) Найдем площадь всех охлаждающих отверстий в пластине по формуле:

$$S_{отв} = S_{отв0} * n_{отв} = 4,906 * 10^{-6} * 624 = 3,062 * 10^{-3}, \text{ м}^2;$$

4. Расчет количества тепла отводимого свободной конвекцией при температуре окружающей среды -40 °с

1) Исходные данные:

$P_{окр}=101325$ Па- давление окружающей среды;

$t_{окр}= -40$ °с- температура окружающей среды;

$g=9,8155$ м/с²- ускорение свободного падения для Казани;

$l=5$ мм- длина канала охлаждения в пластине;

2) Найдем разность температур работы светодиода и окружающей среды:

$$\Delta t = t_{св} - t_{окр} = 85 - (-0) = 125, \text{ °C};$$

3) Определим число Грасгофа для воздуха, проходящего через охлаждающие отверстия, в пластине прожектора, по формуле :

$$Gr = \frac{g * l^3}{\nu^2} * \beta * \Delta t = \frac{9,8155 * (5 * 10^{-3})^3}{(21,47 * 10^{-6})^2} * 2,8 * 10^{-3} * 125 = 931,6;$$

4) Узнаем режим течения для воздуха, проходящего через охлаждающие отверстия, в пластине прожектора, по табл.:

$Pr * Gr = 931,6 * 0,70675 = 658,5 > 5 * 10^2$, и $658,5 < 2 * 10^7$ значит режим переходный.

5) Из табл.1.5 находим значения коэф. С и n:

$$C = 0,54 \text{ и } n = 0,25;$$

6) Найдем значение Nu для свободного конвективного движения воздуха через охлаждающие отверстия по формуле :

При небольших разностях температур отношение $(Pr/Pr_{ст})$ можно принять равной 1.

$$Nu = C * (Pr * Gr)^n \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} = 0,54 * (658,5)^{0,25} = 2,735;$$

7) Найдем коэффициент теплоотдачи воздуха проходящего через охлаждающие отверстия, по формуле:

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda}{d} = \frac{2,735 * 0,030275}{2,5 * 10^{-3}} = 33,125, \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К});$$

8) Найдем плотность теплового потока, который проходит через охлаждающие отверстия, по формуле (1.2):

$$q = \alpha * \Delta t = 33,125 * 105 = 4140,67, \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

9) Определим количество тепла, которое отводит воздух -40°C , при свободной конвекции через охлаждающие отверстия пластины, по формуле :

$$Q_{отв} = q * S_{отв} = 4140,67 * 3,0615 * 10^{-3} = 12,7, \text{ Вт} \quad ;$$

Тепло, которое нужно отводить от светодиодов в прожекторе 11,6 Вт, а количество тепла, которое отводит воздух -40°C , при свободной конвекции через охлаждающие отверстия пластины 12,7 Вт. Никаких дополнительных систем охлаждения применять не нужно.

В результате расчетов получили, что при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающей среды -40°C в Казани, система охлаждения окружающим воздухом, построенная только на принципе свободной конвекции прекрасно справляется с охлаждением светодиодов через охлаждающие отверстия в пластине.

Список литературы

1. Джонатан Вейнерт – справочник «Светодиодное освещение – принципы работы, преимущества и область применения», г. 2010, стр.156;
2. Шуберт Ф.Е. – «Светодиоды», г.2008, стр. 496;
3. Г.А. Мухачев, В.К. Щукин – «Термодинамика и теплопередача», г.1991, стр. 480.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕВЫХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В СОПЛОВЫХ РЕШЕТКАХ ТУРБОМАШИН

Зарянкин А.Е., Киндра В.О., Осипов С.К., Худякова В.П.

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Россия, г. Москва

Аннотация

В данной работе предлагается новый метод снижения потерь энергии в решетках профилей.

Основная идея разработанного решения заключается в установке на внутренних поверхностях бандажей турбинной ступени системы криволинейных ребер малой высоты с целью снижения величины концевых потерь энергии в решетке профилей.

Эффективность предложенного решения с использованием оребрения различной высоты была проверена методом численного CFD – моделирования.

Комплексный анализ данных численного исследования доказал наличие положительного эффекта от установки ребер: для лучшей оребренной модели снижение коэффициента потерь энергии составило 7,78 % в сравнении с базовым (неоребранным) вариантом.

Ключевые слова: сопловая решетка паровой турбины, вторичные течения, коэффициент полных потерь, повышение эффективности, КПД, оребрение.

Введение

Переход к более совершенным производственным технологиям неразрывно связан с появлением новых либо с активной модернизацией существующих генерирующих установок и мощностей. При этом в силу ограниченности природных ресурсов все большее внимание уделяется методам повышения эффективности производства электрической энергии.

КПД современных энергетических паровых турбин имеет достаточно высокое значение. Но тем не менее возможность его увеличения до сих пор является приоритетной и актуальной задачей. Рост КПД паровой турбины в целом может быть достигнут за счет совершенствования отдельных ее частей. Например, цилиндра высокого давления (ЦВД), рабочие характеристики которого в значительной мере определяются величиной концевых потерь энергии.

Концевые потери энергии в турбинных решетках связаны с наличием потерь на трение потока о торцевые поверхности, а также с возникновением и развитием вторичных вихревых течений. Таким образом, зная факторы, влияющие на характер и интенсивность

вторичных течений в лопаточных каналах, появляется возможность в некоторой степени управлять их образованием и, следовательно, снижать концевые потери энергии в решетке профилей.

Проблема изучения вторичных течений нашла свое отражение в работах многих ученых. Механизм образования вихревых течений в концевых областях лопаток был исследован Lampart P. (2009) [4], Tian Q. et al. (2004) [5]. В работе Zi-Ming F et al. (2015) [7] предлагается снижать потери в решетке и повышать экономичность ее работы путем изменения геометрических параметров профилей лопаток.

Большое внимание данной теме также уделено в книге Зарянкина А.Е. [1], где рассматриваются не только теоретические аспекты образования вторичных течений, но и указывается ряд мер, позволяющих снизить их интенсивность.

В исследовании Zaryankin A.E. et al. (2016) [6] рассматривается вопрос использования оребрения в решетках профилей. Другой возможный вариант конструктивной модернизации турбинных решеток представлен в патенте SU 299658, F 01D 1/04, 1971 (Кузнецов Н.Д., Дейч М.Е. и Клебанов А.Г. «Лопаточная решетка турбомшины») [2], где предлагается конструировать бандажи с продольными канавками.

Теоретическое описание рассматриваемой проблемы

Суммарные потери энергии в решетке в общем случае складываются из профильной и концевой составляющей. Концевые потери энергии – это потери на трение по торцевым поверхностям, потери в сложных вихревых образованиях и потери, обусловленные наличием радиальных «компенсирующих» течений в решетке профилей.

Структура вторичных течений очень сложна, неоднозначен и механизм их образования. В настоящее время за основную принята гипотеза, заключающаяся в том, что вторичные течения появляются вследствие наличия поворота потока в межлопаточном канале под действием поперечного градиента давления.

На рисунке 1 приведены изображения вторичных течений, полученные в результате численного моделирования движения потока в решетке профилей.

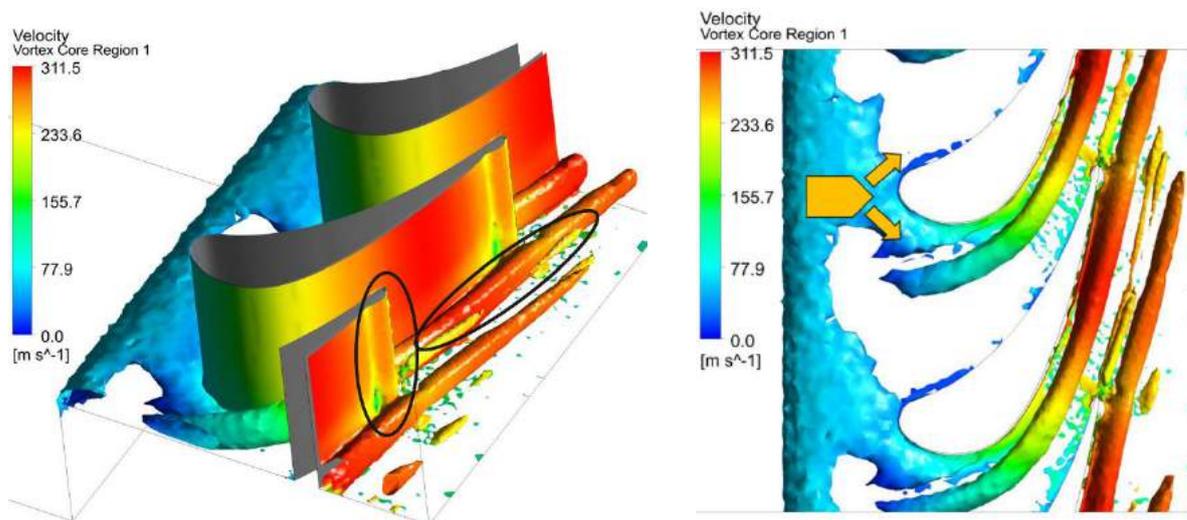


Рисунок 1 – Изображения вторичных течений в решетке профилей, полученные в результате CFD - моделирования

Сложная структура вторичных течений не позволяет получить надежные и универсальные расчетные формулы. Однако для практических целей необходимо уметь оценивать величину концевых потерь энергии для конкретной решетки, а также понимать факторы, определяющие эту величину. Поэтому в ряде работ на основе опытных данных в рамках теории размерностей были получены полуэмпирические зависимости, позволяющие вычислить значение ξ_K ; одна из таких формул [4] приведена ниже.

$$\xi_K = \frac{0.13}{\text{Re}_b^{0.2} \cdot \bar{l}} \left[1 + B \left(1 + \frac{\text{ctg} \alpha_0}{\text{ctg} \alpha_1} \right)^2 \bar{t}^{-2} \cos^2 \alpha_1 \right], \quad (1)$$

где Re_b – число Рейнольдса;

α_0, α_1 – углы входа и выхода потока в решетку и из нее;

$\bar{l} = l/b$ – относительная длина лопатки;

$\bar{t} = t/b$ – относительный шаг;

B – коэффициент, зависящий от режима течения, типа решетки (определяется экспериментально).

Таким образом, из (1) можно сделать вывод о том, что ξ_K является функцией как геометрических ($\alpha_0, \alpha_1, \bar{l}$), так и режимных параметров решетки. Существенное влияние на численное значение величины концевых потерь оказывает относительный шаг \bar{t} , поскольку зависимость ξ_K от \bar{t} квадратичная.

Наиболее простым и понятным вариантом, который позволяет снизить относительный шаг решетки, является установка большего числа профилей в одном

колесе турбинной ступени. Нетрудно заметить, что данный метод может привести к нежелательным последствиям, среди которых: повышение металлоемкости, стоимости агрегата, значительное увеличению профильных потерь энергии в решетке.

Другим возможным путем является «имитация» присутствия дополнительного профиля (или профилей) в пределах пограничного слоя путем установки системы ребер на внутренней стороне бандажа (либо бандажей) в межлопаточном канале. Высота ребер при этом не должна быть больше высоты самого пограничного слоя, а их форма в точности повторять форму линий тока рабочей среды в канале. Такое решение позволяет не допустить значительного увеличения других составляющих потерь; кроме того, его возможно применять не только на новых машинах, но и при модернизации действующих установок. Однако не стоит забывать, что установка системы ребер может повысить потери на трение на меридиональных обводах.

Граничные условия и параметры численного моделирования

Для проверки выдвинутой теоретической гипотезы были проведены численные исследования плоских оребренных решеток.

В качестве основы для расчетной модели был выбран профиль сопловой лопатки С 90-12-А ($b = 50$ мм), путем повторения которого формировалась плоская периодическая решетка (с фиксированным шагом вдоль оси, равным $t = 35$ мм). Высота решетки составляла 40 мм. Перед исследуемой решеткой устанавливалась камера, обеспечивающая создание неравномерного профиля скорости потока на входе в межпрофильные каналы (рисунок 2). Наличие такой неравномерности оказывает существенное влияние на характер образующихся вторичных течений (Koschichow D. et al., 2015) [3], и поэтому ее необходимо обеспечить при проведении исследования.

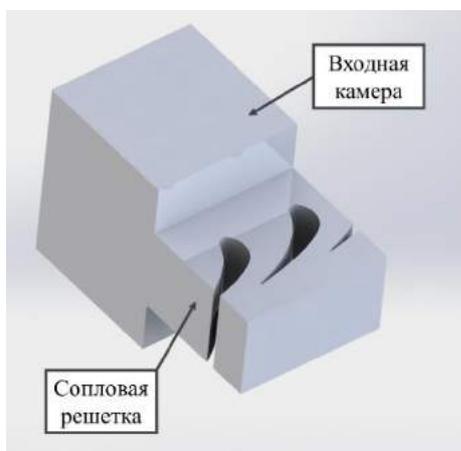
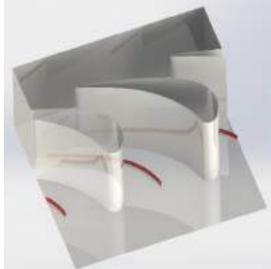
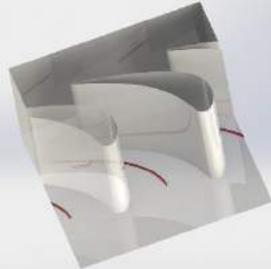


Рисунок 2 – 3D-модель (Baseline)

В силу невозможности точного теоретического предсказания геометрических параметров системы ребер, в наибольшей степени снижающей концевые потери энергии, были исследованы различные способы организации оребрения каналов (таблица 1).

Расчетные сетки, используемые в численном исследовании – периодические, неструктурированные, с количеством ячеек, равным 4-5 млн. Численное решение системы уравнений RANS производилось в программном комплексе ANSYS CFX. Используемая модель турбулентности - k-omega с масштабируемой пристеночной функцией. Граничные условия для задачи представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Исследуемые модели плоской решетки

			
Baseline	Case M1: прямоугольное ребро высотой 2 мм, шириной 0,5 мм на верхнем и нижнем бандажах	Case M2: прямоугольное ребро высотой 3 мм, шириной 0,5 мм на верхнем и нижнем бандажах	Case M3: прямоугольное ребро высотой 1 мм, шириной 0,5 мм на верхнем и нижнем бандажах

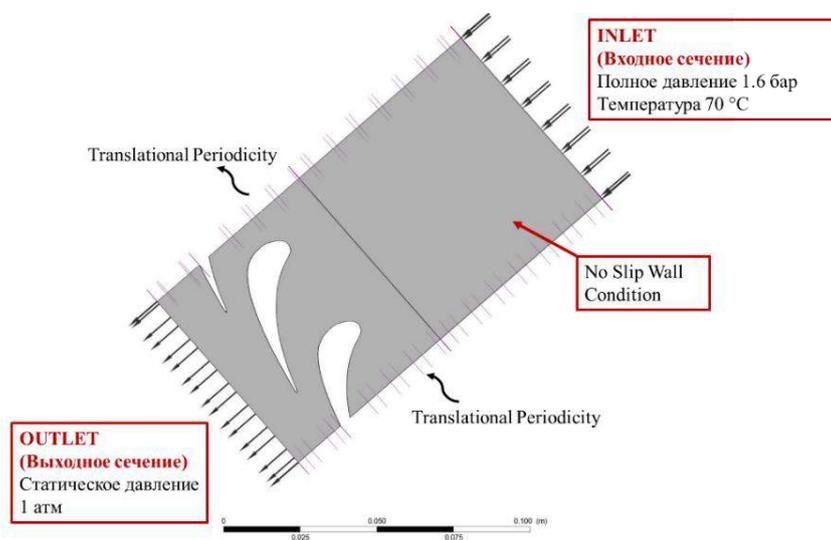


Рисунок 3 – Граничные условия

Результаты численного моделирования

В ходе численного эксперимента были получены значения коэффициента полных потерь энергии в решетке для ребер разной высоты (рисунок 4).

Наибольший эффект от оребрения наблюдается при высоте ребра, равной 2 мм (Case M1). В этом случае происходит снижение интенсивности образования вторичных течений в концевых областях профилей, что, в свою очередь, повышает эффективность работы решетки и снижает коэффициент потерь энергии в ней на 7,78 %.

Для больших ребер (3 мм, Case M2) значительную роль начинает играть сопротивление системы потоку движущейся рабочей среды. Ребра в данном случае выходят за пределы пограничного слоя и способствуют росту потерь энергии на трение на меридиональных обводах. Снижение коэффициента полных потерь на 4,47 %.

Малая высота ребра (1 мм, Case M3) также не приводит к заметному улучшению характеристик работы решетки. Данные показывают, что такая геометрия не снижает интенсивность образования вторичных течений в канале.

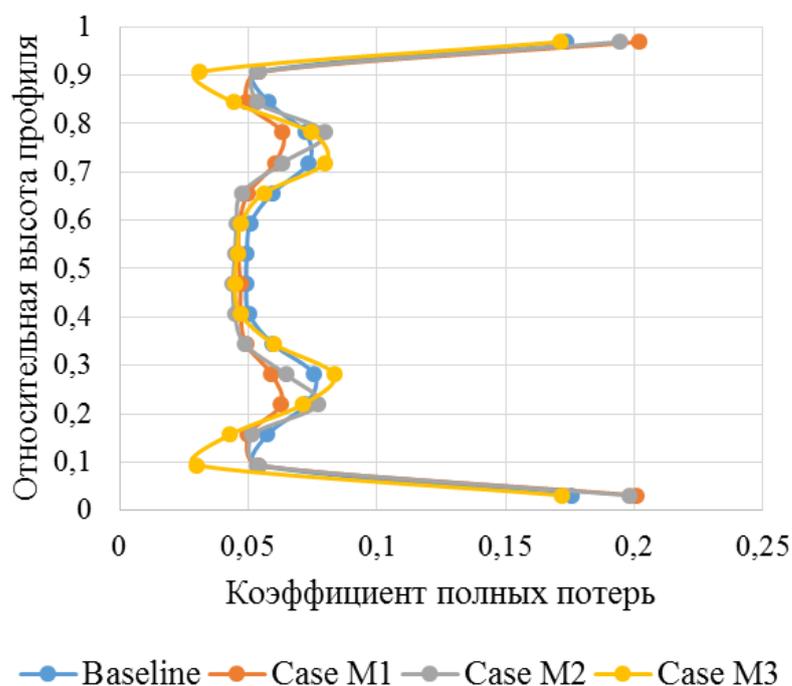


Рисунок 4 – Распределение коэффициента полных потерь по высоте решетки

Анализ результатов численного моделирования показал эффективность применения оребренных бандажей для снижения потерь энергии в решетках профилей турбинной ступени. На рисунке 5 можно заметить различия в картине поведения потока вблизи торцевых поверхностей лопаток: при установке криволинейных ребер наблюдается уменьшение области вторичных вихревых течений, происходит разделение одного большого вихря на два мелких.

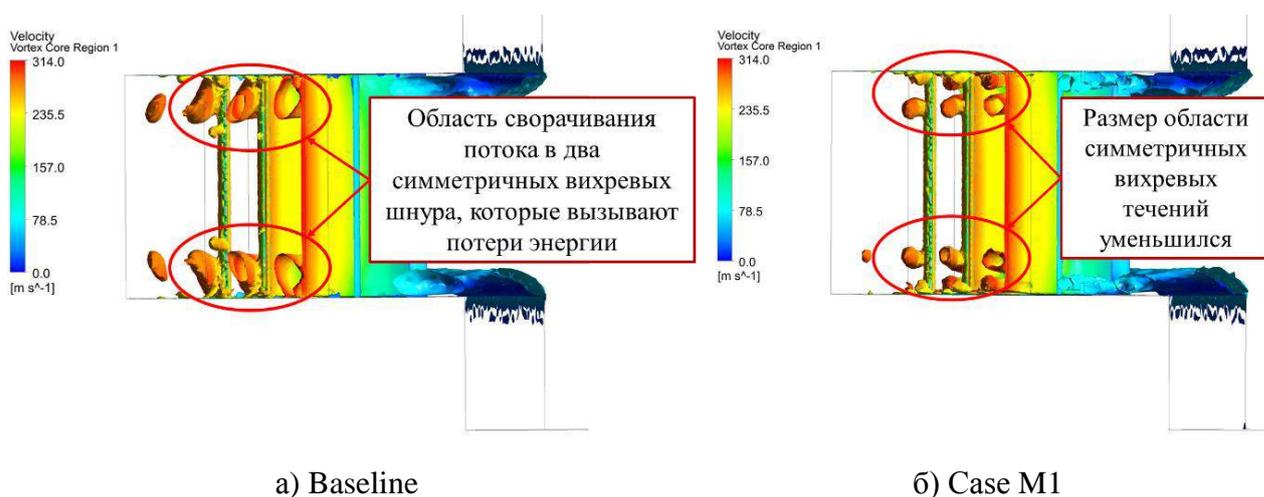


Рисунок 5 – Изображение вторичных вихревых течений в расчетных моделях

Заключение

Исследование эффективности установки различных конструкций ребер в каналах турбинной решетки было проведено методами численного CFD-моделирования.

Результаты численного исследования позволили сделать выводы об эффективности предлагаемого решения. Максимальное снижение коэффициента потерь энергии наблюдалось для варианта с одним ребром прямоугольной формы высотой 2 мм, установленным на нижнем и верхнем бандажах решетки, и составило 7,78 %.

Таким образом, можно утверждать, что установка системы криволинейных ребер малой высоты в межлопаточном канале способствует повышению экономичности работы турбинной решетки профилей и снижает величину потерь энергии в ней.

**Благодарность. Исследование выполнено в Национальном исследовательском университете «МЭИ» за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-19-00944 от 16 июля 2014 г.).*

Список литературы

1. Зарянкин А.Е. Механика несжимаемых и сжимаемых жидкостей. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. 590 с.
2. Патент SU 299658, F 01D 1/04, 1971, Кузнецов Н.Д., Дейч М.Е., Клебанов А.Г. Лопаточная решетка турбомшины.
3. Koschichow D., Fröhlich J., Ciorciari R., & Niehuis R. Analysis of the influence of periodic passing wakes on the secondary flow near the endwall of a linear LPT cascade

- using DNS and U-RANS // Proceedings of the 11th European Conference on Turbomachinery, Fluid dynamics & Thermodynamics, 2015.
4. Lampart P. Investigation of endwall flows and losses in axial turbines. Part I. Formation of endwall flows and losses // Journal of theoretical and applied mechanics. 2009. Т. 47. № 2. pp. 321-342.
 5. Tian Q., Simpson R. L., Tang G. Flow visualization on the linear compressor cascade endwall using oil flows and laser Doppler anemometry // Measurement Science and Technology. 2004. Т. 15. № 9. pp. 1910.
 6. Zaryankin A.E., Rogalev N.D., Rogalev A.N., Garanin I.V., Osipov S.K., Grigoriev E.Y. Control valves and cascades for the first stages of turbines with ultrasupercritical steam parameters // Thermal Engineering. 2016. Т. 63. № 6. pp. 422-429.
 7. Zi-Ming F., Jin-Dong Z., Hui-Bin G. Aerodynamic Performance of Nozzle Blade Cascade with Meridian-shrank Endwall Profile // Journal of Applied Sciences. 2013. Т. 13. № 7. pp. 1052.

О РАЗРАБОТКЕ МОБИЛЬНЫХ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Иглин П.В., Хомяков А.Л., Крупин Д.Ф.

ВятГУ, РФ, г. Киров

Уборка снега является важной задачей для коммунальных служб любого города. Особенно острой эта проблема стала в последние годы, когда во многих городах за зимний период выпало количество осадков, превышающее нормативные значения. Так в Москве [1] это превышение в среднем составило 22%. Сильные снегопады приводят к аварийным ситуациям на дорогах, также необходимо отметить, что снег является накопителем различных загрязняющих веществ, причем в крупных городах загрязнение усиливается из-за выбросов автомобилей, заводов и ТЭС, работающих на органическом топливе.

В настоящее время для уборки снега используется, так называемый, «традиционный метод», который заключается в вывозе снега с городских территорий и накопление его в отвалах. Но при использовании данного метода снег не перестает накапливать вредные вещества, которые могут попасть в грунтовые воды.

В качестве альтернативы предлагается использование мобильных снегоплавильных установок с модульным источником тепловой энергии. Особенностью установки является то, что помимо плавления снега, она переводит полученную воду в пар, таким образом,

отсутствует необходимость слива расплавленного снега в канализацию, но повышаются энергетические затраты на установку.

Для проектирования подобной установки необходимо было определить количества тепла для перевода 1 килограмма снега в пар, для этого была построена зависимость, показанная на рисунке 1. Наибольшее количество тепла в данном случае расходуется на испарение воды.

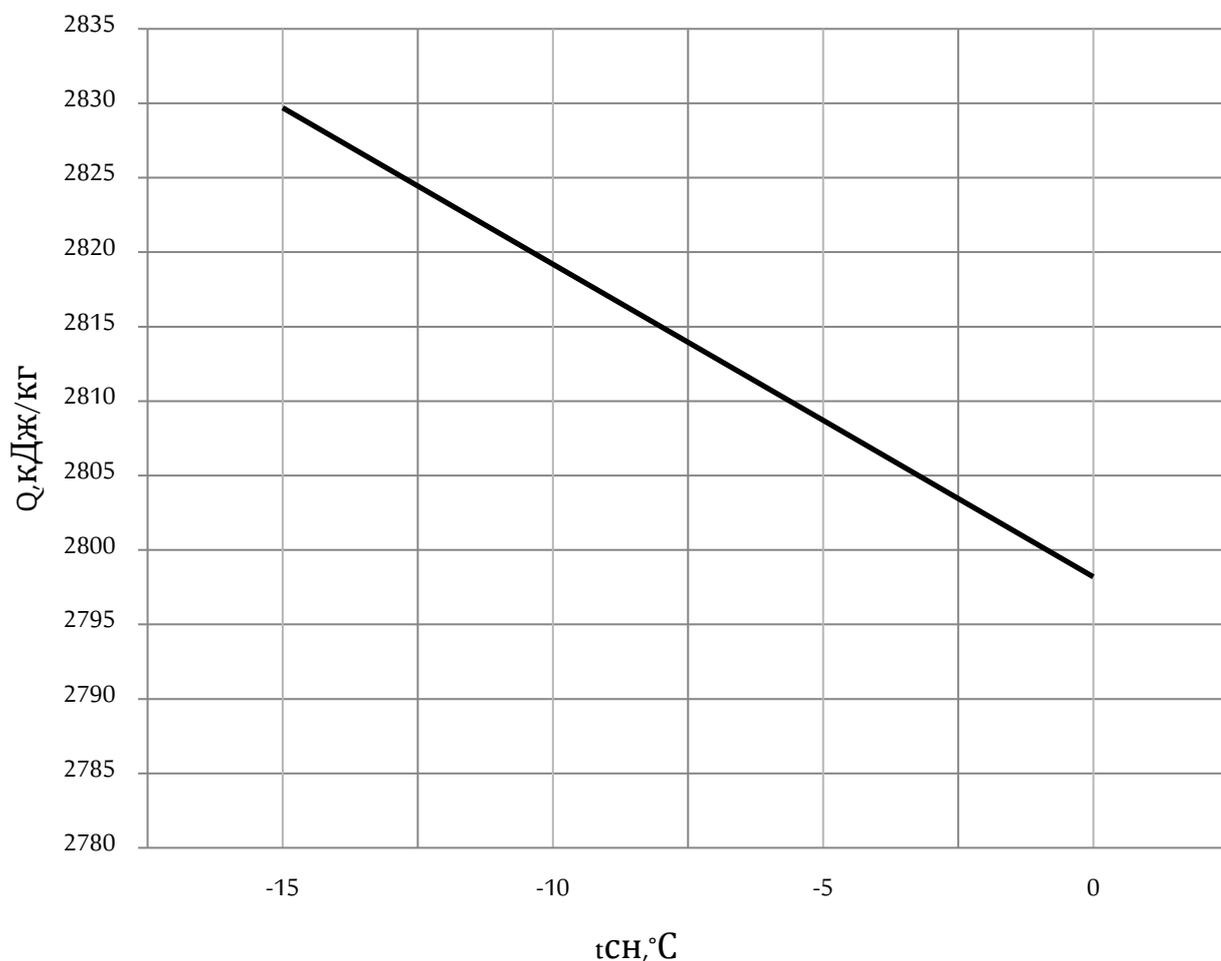


Рисунок 1 – Зависимость количества теплоты, необходимого для того что бы расплавить и превратить в пар один килограмм снега, от температуры снега

Также необходимо было рассчитать поверхности нагрева. Для удобства, а также для планирования модельного ряда установок были определены площади поверхностей нагрева для плавления снега и для испарения воды в зависимости от объема снега, который можно загрузить в установку – рисунок 2 и 3. Как видно из рисунка для испарения вод необходима площадь поверхности теплообмена, в несколько раз превышающая площадь, необходимую для плавления снега.

На рисунке 4 показана снегоплавильная установка для плавления и испарения 1 м³ снега. Наклон поверхности для испарения воды необходим для чистки трубной системы.

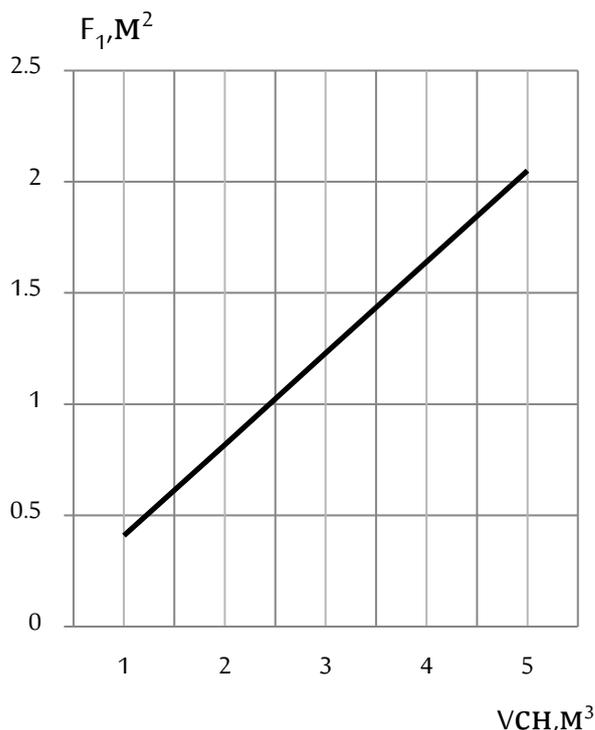


Рисунок 2 – Зависимость площади нагрева для плавления от объема поступающего снега.

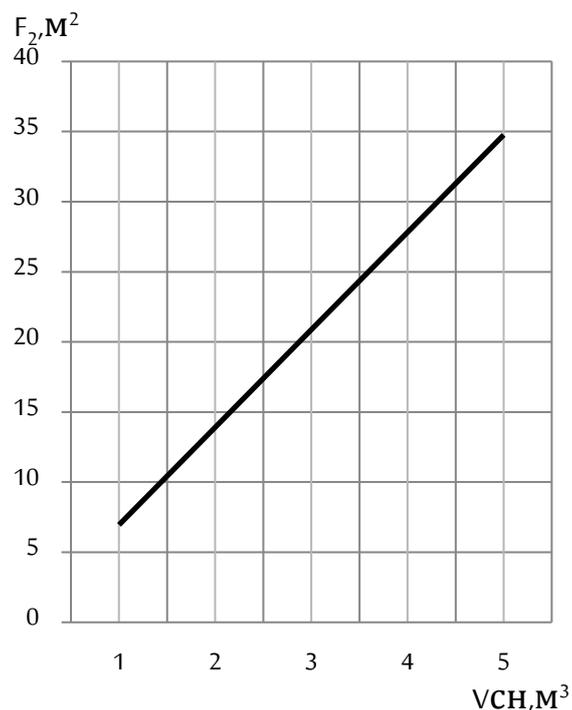


Рисунок 3 – Зависимость площади нагрева для испарения жидкости от объема поступающего снега.

На рисунке 4 обозначены: 1 – теплообменная поверхность для плавления снега, 2 – теплообменная поверхность для испарения воды, 3 – отвод полученного пара, 4 – форсунки для смыва загрязнений с поверхности для испарения воды, 5 – отвод грязной воды.

Загрузка снега производится в бункер над поверхностью (1), далее через зазоры между поверхностью и бункером полученная вода стекает вниз на поверхность (2). После испарения полученный пар удаляется через газоход (3). Для очистки системы от загрязнений (песок, мелкий мусор и т.д.) используются форсунки, которые распыляют воду по поверхности (2), и далее загрязненная вода удаляется через слив (5).

Греющей средой в поверхностях (1) и (2) служит горячая вода, получаемая в подключаемом модуле. В качестве данного модуля выбран водогрейный газовый котел, но может использоваться электрический котел, котел на другом топливе (пеллеты, дрова и т.п.).

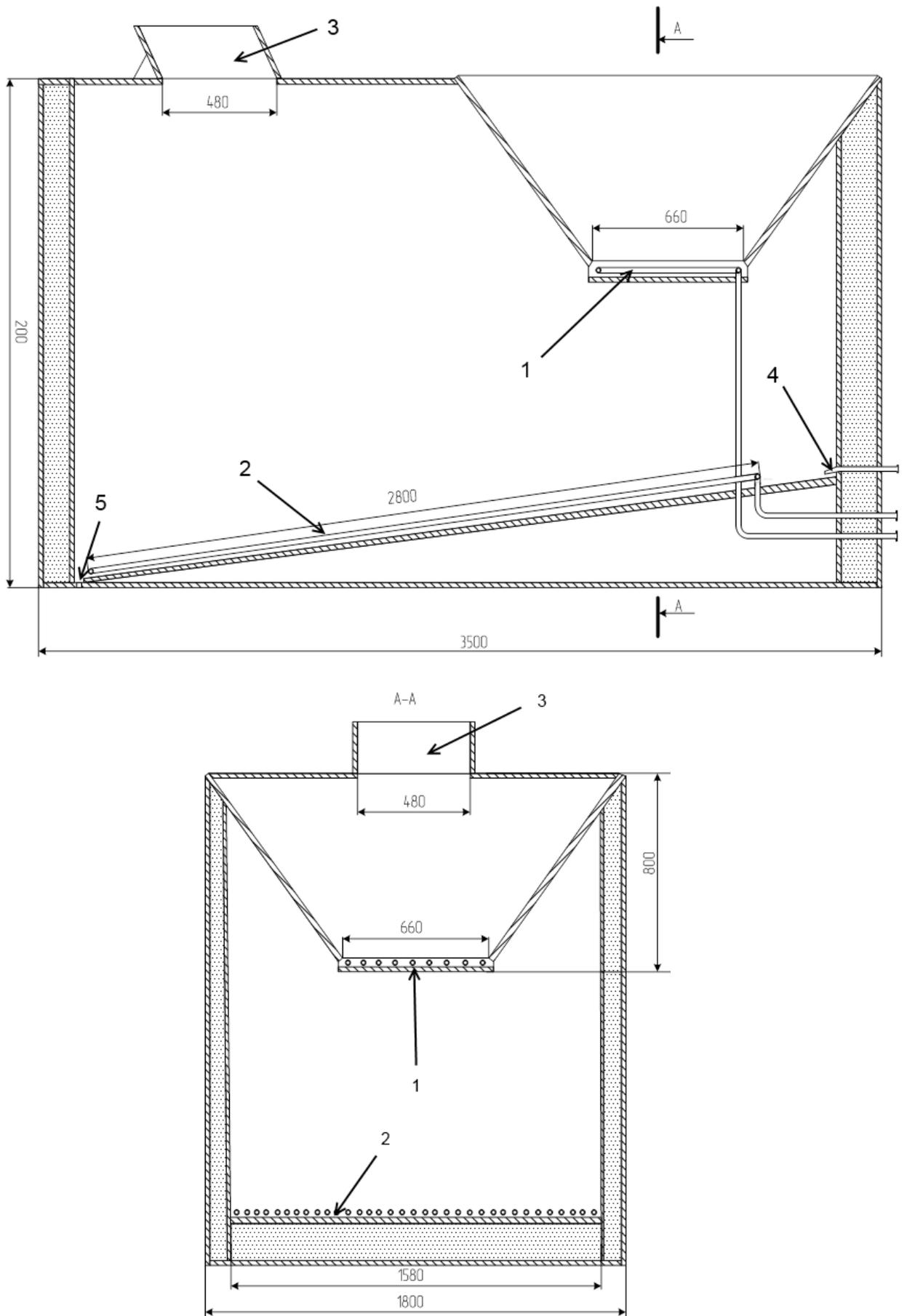


Рисунок 4 – Снегоплавильная установка для плавления и испарения 1 м³ снега

Стоит отметить, что нагреваемая среда имеет температуру близкую к 0°C , а значит греющий теплоноситель будет значительно охлаждаться в теплообменнике для таянья снега (поверхность (1)). Использование традиционных котлов для этих целей неизбежно приведет к конденсации паров воды на поверхностях нагрева в котельном агрегате, и как следствие – к интенсивной коррозии. В качестве подключаемого модуля для снегоплавильной установки наиболее целесообразно использовать конденсационные котлы. Данный вид оборудования лишен указанного недостатка, поверхности нагрева изготавливаются из коррозионностойких материалов. Максимальная эффективность работы данных котлов достигается при температурах нагреваемого теплоносителя ниже 50°C .

Возможна также конструкция снегоплавильной установки, в которой будет исключена вода как промежуточный теплоноситель, тогда горючие газы от сжигания топлива будут подаваться напрямую к поверхностям (1) и (2).

Дальнейшая разработка снегоплавильных установок должна идти в направлении повышения интенсификации теплообмена при испарении воды, что позволит снизить площадь поверхности (2), габариты установки и металлоёмкость конструкции.

Список литературы

1. Итоги аномально теплой зимы в Москве / <https://www.gismeteo.ru/news/klimat/13757-itogi-anomalno-teploy-zimy-v-moskve/>

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Кулик В.И., Нилов А.С.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Повышение надёжности и эффективности работы атомных электростанций требует использования высокотемпературных радиационно-стойких материалов. Этим требованиям в высокой степени удовлетворяют керамоматричные композиционные материалы (КМК) с SiC матрицей, такие как C_f/SiC , $\text{C}_f/\text{C-SiC}$, SiC_f/SiC .

Привлекательными свойствами таких композитов являются: хорошая сопротивляемость при высоких температурах излому, ползучести, коррозии, стойкость к термическим ударам, а также трещиностойкость, стабильность термомеханических и

химических характеристик в широком диапазоне изменения температур, низкое распухание при облучении в области высоких температур, низкая наведенная активность (по сравнению с другими возможными конструкционными материалами) и быстрое ее уменьшение со временем. Среди отмеченных КМК одними из наиболее перспективных для использования в конструкциях ядерных реакторов являются композиты SiC_f/SiC .

На текущий момент времени в мире разрабатываются различные научные проекты создания ядерных реакторов с применением в них элементов из КМК. Например, только в США осуществляются такие программы как IEA OSIRIC, Jupiter-II, Jupiter-III, ORNL-JAEA, SINQ STIP-II, US ITER TBM, VHTR, GFR и другие. На рис. 1 приведены конструктивные схемы различного типа ядерных реакторов четвертого поколения, где применяются радиационнстойкие элементы из КМК [5].

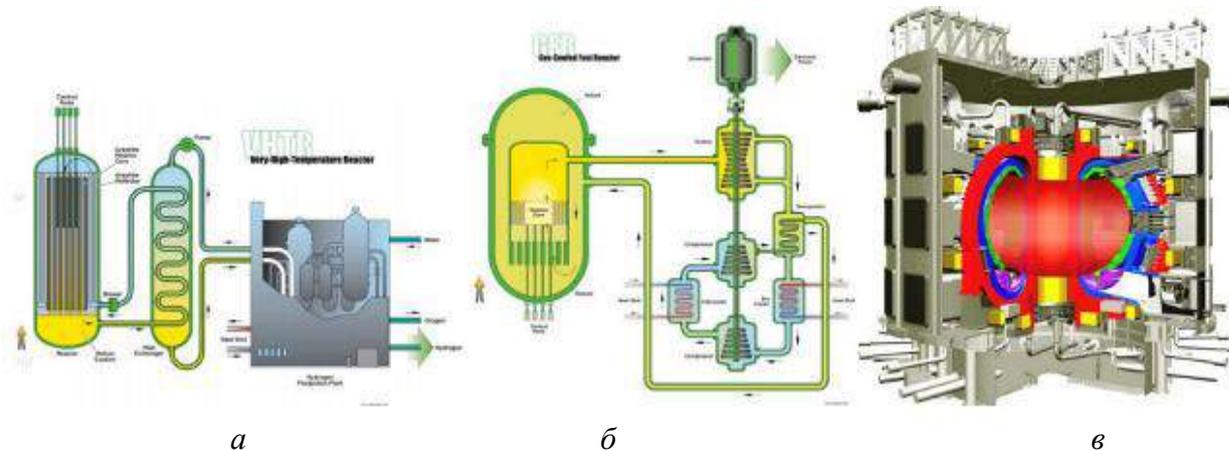


Рис. 1. Реактор типа VHTR (very-high-temperature reactor) с газовым или жидкостным охлаждением (а), реактор типа GFR (gas-cooled fast reactor) с гелиевым охлаждением (б), реактор ITER (international thermonuclear experimental reactor) типа Токамак (в).

За последние годы в ходе создания SiC , упроченного волокнами SiC , использовались методы CVI (Chemical Vapor Infiltration), PIP (Polymer precursor Impregnation and Pyrolysis), LSI (Liquid Silicon Infiltration) и HP (Hot Pressing). Сейчас наилучшие результаты по свойствам SiC_f/SiC достигнуты методом NITE (Nano-powder Infiltration and Transient Eutectic Phase), предложенным в Японии [6, 7]. Он заключается в пропитке ткани из жгутов волокон SiC наноразмерными порошками $b\text{-SiC}$ в присутствии незначительных количеств Al_2O_3 , Y_2O_3 и SiO_2 с последующим горячим прессованием при $T = 1750\text{-}1800^\circ\text{C}$ и давлении 15-20 МПа. Этот технологический процесс обеспечивает образование плотных кристаллических волокон и матрицы с близкими размерами зерен.

SiC_f/SiC материалы, полученные по технологии NITE, на фоне высокой теплопроводности 20 Вт/мК, имеют достаточно низкие термические напряжения (150 МПа) при температуре 1000°C , вследствие низкого коэффициента линейного

термического расширения $4 \cdot 10^6$ 1/К [7]. Рабочие температуры эксплуатации такого КМК более 1400°C .

КМК SiC_f/SiC имеют очень низкие показатели вспучивания под действием нейтронного излучения – на порядок и более, чем у альтернативного углерод-углеродного композиционного материала [8]. Это особенно заметно при использовании SiC волокон стехиометрического состава (отношение $\text{Si}/\text{C} \approx 1,05$; содержание кислорода $\sim 0,2$ мас. %) [4].

Следует отметить преимущество SiC_f/SiC по сравнению с C_f/SiC по существенно более низкой скорости эрозии за счет химического распыления при бомбардировке атомами перезарядки (атомы дейтерия и трития с широким распределением по энергиям) при использовании КМК в качестве конструкционного материала первого контура реактора [2].

Низкая пористость и плотная кристаллическая структура способствует высокой газонепроницаемости стенки из КМК порядка $4 \times 10^{11} \text{ м}^2/\text{с}$, что делает SiC_f/SiC композит, в первую очередь полученного по технологии NITE, весьма перспективным для использования в бланкетах, где в качестве охлаждения используется гелий [3].

Кроме того, следует отметить высокую химическую стойкость КМК по отношению к химически активным жидкометаллическим высокотемпературным теплоносителям в реакторах, таким как литий, висмут, свинец и др.

Одним из существенных ограничений применения КМК типа SiC_f/SiC в реакторах является их высокая стоимость более 5000 \$/кг [7].

Среди конкретных областей перспективного применения КМК в реакторах, и в первую очередь SiC_f/SiC , являются стенки первого контура реактора и бланкета (рис. 2).

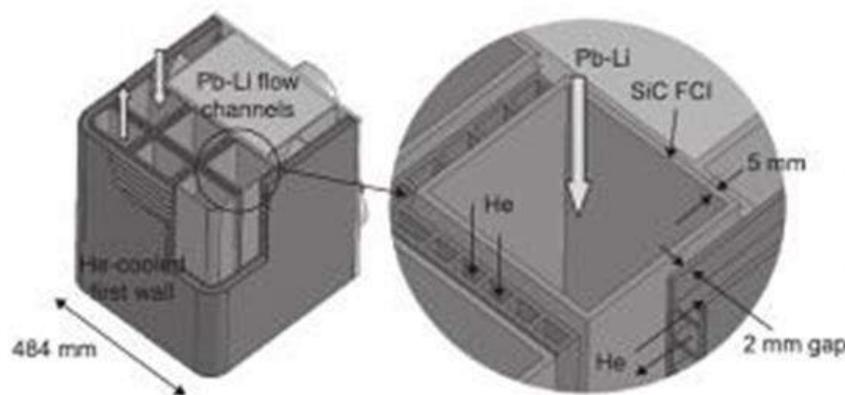


Рис. 2. Бланкет из КМК программы ITER [8]

Другой областью применения КМК является силовая оболочка из этого материала для ТВЭЛов, которая изготавливается методом намотки различными типами

армирующего материала (лента, жгут, ткань) или свертывания. На рис. 3 приведены корпуса ТВЭЛов из КМК с различными схемами намотки и типами армирующего материала [10].

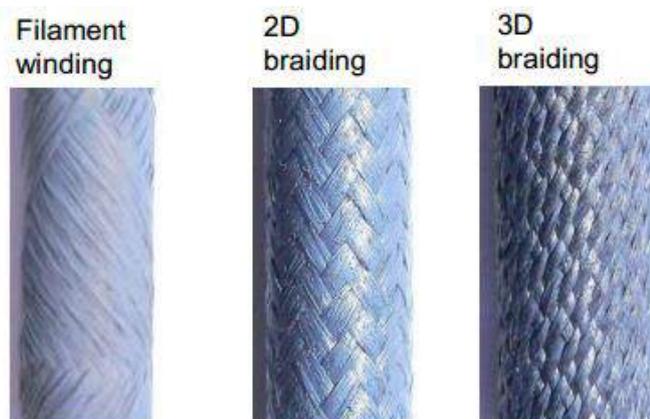


Рис. 3. Корпуса ТВЭЛов из КМК с различными схемами намотки и типами армирующего материала

Для повышения герметичности, термо- и коррозионостойкости ТВЭЛов из КМК на внутреннюю и наружную поверхность трубчатых корпусов методом CVD наносят защитные барьерные SiC покрытия. На рис. 4 приведена триплексная схема ТВЭЛа из КМК с защитными барьерными покрытиями [9].

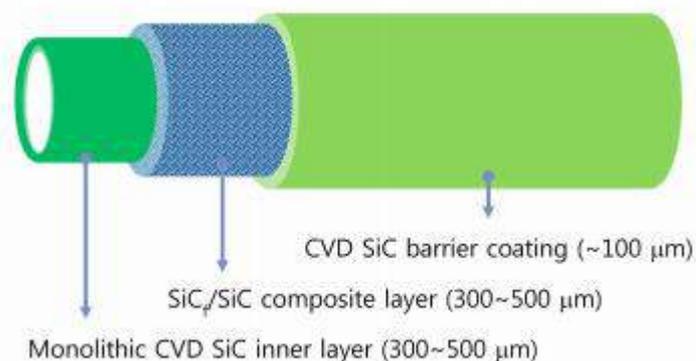


Рис. 4. Триплексная схема ТВЭЛа из КМК с защитными барьерными покрытиями

Другим вариантом конструктивного исполнения оболочек для размещения в них ядерного топлива может быть композиция металл/КМК. Так в работе [1] предложен конструктивный вариант оболочки для хранения и размещения ядерного топлива, состоящий из металлического корпуса сплава Циркалой-4 и наружной силовой и теплостойкой оболочкой из КМК (SiC_f/SiC). На рис. 5 приведены топливные элементы из КМК для ядерного реактора.

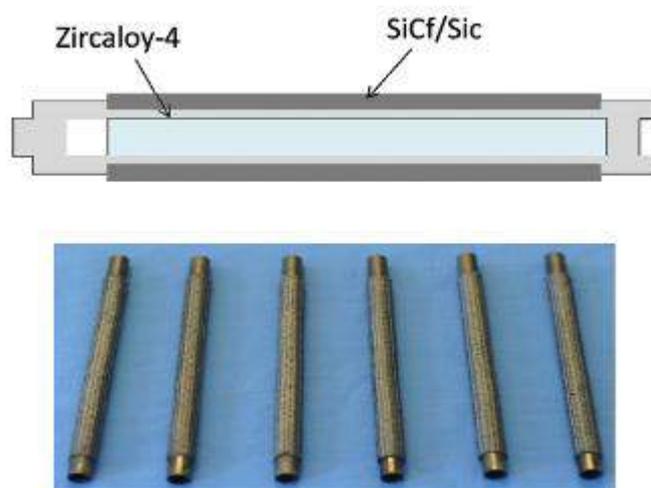


Рис. 5. Топливные элементы из КМК для ядерного реактора.

Эти же технологии и конструкторские решения могут применяться для получения элементов тепловыделяющих сборок, труб контура теплоносителя, стержней регулирования и др.

Одним из важнейших этапов обеспечения надежного и безопасного функционирования ядерных реакторов является постоянный контроль их заданных характеристик, прежде всего в «горячей зоне». Эти параметры контролируются специальными датчиками, которые вводятся в рабочее пространство реактора. Введение и размещение датчиков в реакторе может осуществляться с помощью специальной технологической оснастки в виде стержней, которые изготавливаются из КМК. На рис. 6 приведены схема размещения секционного стержня из КМК с контролирующими датчиками в рабочей зоне ядерного реактора (а) и некоторые конструктивные варианты зоны соединения стержневой оснастки из КМК (б) [5, 8].

Резьбовые соединения деталей из КМК также могут рассматриваться как вариант создания прочных и надежных конструкций. Резьбы формируются на стадии пластикового полуфабриката и окончательно доводятся на конечном КМК. Такие соединения могут быть использованы для прочного и герметичного соединения конструкций ТВЭЛов, технологических стержней для размещения контрольных датчиков и создания различного рода развязок для подачи охлаждающих компонентов. На рис. 7 приведены фотографии деталей из КМК с резьбовыми поверхностями [5].

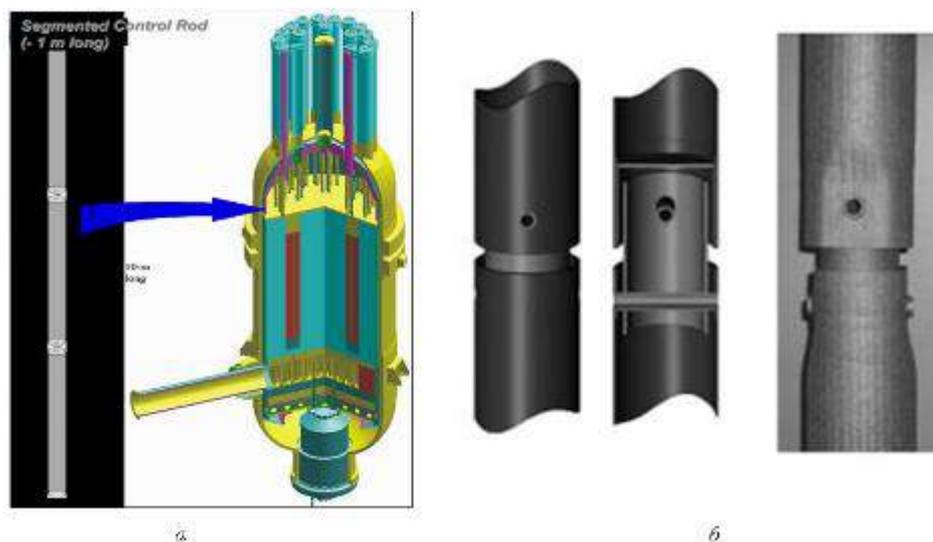


Рис. 6. Схема размещения секционного стержня из КМК с контролирующими датчиками в рабочей зоне ядерного реактора (а) и некоторые конструктивные варианты зоны соединения стержневой оснастки из КМК (б).



Рис. 7. Детали из КМК с резьбовыми поверхностями

Еще одним направлением перспективного применения КМК в ядерных реакторах являются детали насосного оборудования для перекачки различного рода жидких или газообразных технологических охлаждающих сред, работающих в экстремальных условиях механических динамических нагрузок, высоких температур, радиационного излучения при контакте с абразивными и химически агрессивными теплоносителями. Поэтому применение КМК в качестве антифрикционных материалов в подшипниках насосного оборудования для ядерных реакторов является весьма перспективным. Научные и практические исследования в этом направлении проводятся в США, Японии, Корее, Китае, Франции, России и других странах.

Список литературы

1. Griffith G. Accident Resistant SiC Clad Nuclear Fuel Development INL/CON-11-2318, 2011. – 14р. [Электронный ресурс] - <https://inlportal.inl.gov/.../inl-con-11-23186.pdf>.

2. Hino T. Low Activated Materials as Plasma Facing Component / T. Hino, Y. Hirohata, Y. Yamauchi, S. Sengoku // Paper FTP1/08 at 18th Fusion Energy Conf., October 2000, Sorrento, Italy. – 5p.
3. Hino T. Helium Gas Permeability of SiC/SiC Composite Developed for Blanket Component / T. Hino, T. Jinushi, Y. Hirohata et al. // Fusion Science and Technology, 2003. – Vol.43. – p.184-190.
4. Hinoki T. Effect of Fiber Properties on Neutron Irradiated SiC/SiC Composites / T. Hinoki, Y. Katoh, A. Kohyama // Materials Transactions, 2002. - Vol.43. - No.4. - p. 617-621.
5. Kohyama A. Advanced nuclear composite materials // Tutorial course: «C & SiC for Nuclear Application», Petten, The Netherlands, September 20, 2006. – 58p.
6. Katoh Y. A novel processing technique of silicon carbide-based ceramic composites for high temperature applications // Y. Katoh, S.M. Dong, A. Kohyama // Ceramic Transaction, 2002. - Vol.144. - p.77-86.
7. Katoh Y. SiC/SiC composites through transient eutectic-phase route for fusion applications / Y. Katoh, A. Kohyama, T. Nozawa, M. Sato // Journal of Nuclear Materials, 2004. - Vol. 329–333. - Part A. – P.587-591.
8. Katoh Y. Ceramic matrix composites in fission and fusion energy applications // In: Advanced ceramic matrix composites. Edited by I.M. Low. Woodhead Publishing Limited, 2014. – p. 496-522.
9. Kim W.-J. Fabrication and material issues for the application of SiC composites to LWR fuel cladding / W.-J. Kim, D. Kim, J.Y. Park // Nuclear engineering and technology, 2013. -Vol.45. - №.4. - p. 566-572.
10. Sauder C. Innovative SiC_f/SiC composite materials for fast reactor applications sodium-cooled fast reactor / C. Sauder, C. Lorrette, F. Audubert et al. // Colloque MECAMAT 2011 - Aussois, 2011. - 32p.

СЕКЦИЯ №6.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)

ПРИМЕНЕНИЕ 3D ПРИНТЕРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ

Акопян А.А Будко А.А. Потехин А.А.

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Примерно с середины 2000-х годов параллельно друг с другом в различных университетах мира начались исследования, ориентированные на изучение возможности применения 3D печати в строительной сфере. В 2012 году профессор Берох Кошневис из университета Южной Калифорнии провел презентацию своего инновационного проекта – строительство домов с помощью 3D принтера. Это – устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. Для печати зданий и сооружений Кошневис предложил использовать послойный метод создания, который он назвал Контурной обработкой. 3D-принтер в строительстве – это роботизация производства, своего рода конвейер. На данный момент уже появились 3D принтеры для строительства домов в натуральную величину. Они имеют внушительные размеры и высокую стоимость, работают с различными строительными материалами, такими как цемент, гипс и другие. На данный момент строительные 3D принтеры находятся в стадии разработки и те модели, которые имеются в настоящее время, являются экспериментальными моделями. Однако, не смотря на это, такие устройства имеют достаточно большие перспективы.

Современные модели 3D принтеров размещаются на рельсах по обе стороны здания. На сегодняшний день максимальная высота печатающей головки достигает 6 метров, что равняется высоте обычного двухэтажного дома. Для транспортировки принтера необходим специальный тягач, а для установки на рельсы в месте применения потребуется кран.

Стоит отметить, что для того, чтобы построить здание при помощи строительного 3D принтера в первую очередь необходимо подготовить площадку, залить фундамент будущего здания и разровнять окружающую местность, чтобы сам принтер стоял максимального ровно. Только после этого можно устанавливать сам принтер.

Главное отличие 3D принтера от любого другого промышленного робота в способе создания продукции. В частности, строительный 3D принтер имеет сопло или экструдер и выдавливает из него быстротвердеющую рабочую смесь. Поверхность, на которой создается объемное изделие, называется рабочей зоной и имеет размеры, задаваемые величиной хода сопла. Причем опалубки не требуется. То есть, строительная машина

объемной печати декларируется как самодостаточный механизм, способный, при подключении электроэнергии, буквально на голом месте создать готовое здание.

Известно о трех способах создания объемной конструкции:

1. Послойное экструдирование вязкой рабочей смеси.

Этот метод используют большинство строительных принтеров. Он заключается в том, что 3D механизм имеет экструдер или же сопло из которого выдавливается быстро затвердевающая бетонная смесь, в которую включено множество различных добавок. Каждый очередной слой выдавливается 3D принтером поверх предыдущего, благодаря чему формируется определенная конструкция.

2. Метод спекания/селективное спекание.

При этой технологии в рабочей зоне 3D машины происходит расплавление рабочей смеси, причем плавление достигается, применительно к строительству, сконцентрированным лазером или солнечным лучом, а рабочей смесью выступает обычный песок.

3. Метод напыления/ компонентной склейки.

При этом способе из рабочего сопла выходит струя песка, которая тут же смешивается с клеящим составом/катализатором, образуя объем в программно заданной точке.

Методы спекания и напыления экологически безвредны, так как используется солнечная энергия.

Существуют два вида конструкций – в виде мостового крана и в виде стрелы-манипулятора. Интересную концепцию, основанную на идее подачи рабочей смеси под высоким давлением в 3D-принтер, имеющий довольно изящную мостовую конструкцию, предложил промышленный дизайнер Себастьян Бернар.

Технологии 3D печати имеют довольно большой ряд преимуществ. Например, Строительные 3D принтеры могут позволить застраивать территории в рекордно короткие сроки, создавая целые улицы и кварталы за считанные месяцы. При этом весь процесс будет требовать значительно меньше финансовых затрат, нежели строительство традиционными методами. Еще одно не маловажное преимущество заключается в том, что в процессе строительства до минимума уменьшается влияние человеческого фактора. Ведь количество операций выполняемых принтером может составлять более 90% от обычно выполняемых работ человеком на стройке. Благодаря этому обеспечивается максимальная точность и непрерывность строительного процесса, которая ведет за собой меньшие сроки строительства, а значит и меньшие финансовые затраты. 3D принтер способен работать 24 часа в сутки и 7 дней в неделю, рабочим нужно лишь следить за устройством и по окончании работ вставить двери и окна в заранее отлитые проемы.

Но, не смотря на все это, широкому применению 3D принтеров в строительстве пока препятствует несколько факторов:

1. В качестве рабочей смеси нельзя применять бетоны, требующие виброобработки, т.к. из-за невозможности использования соответствующих установок значительно снижается прочность материала. Требуется высокая скорость схватывания и твердения смеси. Невозможно бесконечно усиливать действие ускорителя без опасности ухудшения качества. Решением может быть разработка новых/глубокая модификация видов строительных материалов. На данный момент такие составы бетонной смеси слишком дороги для производства .

2. Нет отработанной технологии по установке арматуры, т.к. вертикально устанавливаемые стержни мешают принтеру свободно перемещаться над слоями на нужной высоте. В качестве арматуры может быть применена инновационная технология тканых объемно-сетчатых каркасов. Предлагается соединять арматуру на штифтах, свинчивать и пр. Возможно, проблема армирования будет решена применением двух роботов сразу: один монтирует арматуру, другой укладывает смесь.

3. Невозможность виброобработки. При монолитном и при блочно –панельном строительстве применяется виброобработка для удаления воздуха и воздушных пустот из бетона. Благодаря этому железобетон имеет очень высокую прочность. Но в случае с 3D строительством из-за отсутствия опалубки и краткосрочного размещения поддерживающих формовочных лопаток в контакте с бетонным раствором виброобработка практически невозможна. В результате построенное здание или сооружение по данной технологии простоит долго.

4. Технология заливки осуществляется волнами, в которых остаётся воздушная прослойка, что по заявлению инженеров компании Contour Crafting обеспечивает необходимую степень утепления дома, но, подобный способ годится лишь для умеренного климата. В более холодных странах дом, созданный по подобной технологии, потребует дополнительного утепления.

5. И одним из самых существенных ограничений является то, что бетон, используемый при контурной заливке, застывает лишь при плюсовой температуре, что сводит на нет возможность использования подобных 3D принтеров зимой или в холодном климате.

6. Существует ограничение возводимых зданий по высоте. Они должны быть не более четырёх этажей. Из-за того что в конструкции здания используется специальный облегченный арматурный каркас, который укладывается лишь в процессе заливки бетона. Это сильно снижает прочность здания.

Подведя итогов можно сказать, что эта технология имеет огромный потенциал в развитии, но требует существенных доработок и дополнительных финансовых вложений. И пока оправдывает себя лишь при стационарном, промышленном и поточном производстве сложных бетонных изделий, пригодных для строительства быстровозводимых домов по принципу конструктора.

Список литературы

1. Зотов, С.П./Технология 3d-печати зданий и отдельных архитектурных форм/Зотов, С.П., Мензулов, Л.А., Вартанов, О.С
2. Обзорная статья по 3D-строительным технологиям[Электронный ресурс]
<https://geektimes.ru>
3. Low-cost 3D Printing for Science, Education and Sustainable Development /
Доступная 3Д печать для науки, образования и устойчивого развития. E. Canessa, C. Fonda и M. Zennaro

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПАВ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Ахметова Л.Г., Юхимчак В.Ю., Янукян А.П.

Филиал Тюменского индустриального университета в г. Сургут, РФ, г. Сургут

Химические методы увеличения нефтеотдачи применяются для дополнительного извлечения нефти из сильно истощенных, заводненных нефтеносных пластов с рассеянной, нерегулярной нефтенасыщенностью.

Объектами применения являются залежи с низкой вязкостью нефти (не более 10 мПа*с), низкой соленостью воды, продуктивные пласты представлены карбонатными коллекторами с низкой проницаемостью [1].

Заводнение водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ) направлено на снижение поверхностного натяжения на границе «нефть – вода», увеличение подвижности нефти и улучшение вытеснения ее водой. За счет улучшения смачиваемости породы водой она впитывается в поры, занятые нефтью, равномернее движется по пласту и лучше вытесняет нефть.

Поверхностная активность, которую проявляют органические вещества, обусловлена не только химическим строением, но и внешними условиями: характером среды, фазовых состояний, концентрацией ПАВ, температурой.

Обычно ПАВ представляют собой органические вещества, содержащие в молекуле углеводородный радикал и одну или несколько полярных групп. Гидрофильной частью служит карбоксильная (COO^-), сульфатная ($-\text{OSO}_3^-$) и сульфонатная ($-\text{SO}_3^-$) группы, а также группы $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2 -$ или группы, содержащие азот. Гидрофобная часть состоит преимущественно из парафиновой цепи, прямой или разветвленной, из бензольного или нафталинового кольца с алкильными радикалами.

По ионной характеристике все ПАВ делятся на две большие группы: неионогенные соединения, то есть не диссоциирующие на ионы (НПАВ) при растворении в воде, и ионогенные соединения, которые в воде распадаются на ионы, как обычные электролиты. В зависимости от того, какие ионы обуславливают поверхностную активность ионогенных веществ, их принято подразделять: на анионоактивные (АПАВ), катионоактивные (КПАВ) и амфотерные. Анионные ПАВ более активны в щелочных растворах, катионные в кислых, амфотерные — в тех и других.

По растворимости в воде и маслах ПАВ подразделяют на три группы: водо-, водомасло- и маслорастворимые.

Водорастворимые ПАВ состоят из гидрофобных углеводородных радикалов и гидрофильных полярных групп, обеспечивающих растворимость всего соединения в воде. Их характерной особенностью является поверхностная активность на границе раздела вода — воздух.

Водомаслорастворимые ПАВ применяют в основном в системах нефть — вода. Гидрофильные группы в молекулах таких веществ обеспечивают их растворимость в воде, а достаточно длинные углеводородные радикалы — растворимость в углеводородах.

Маслорастворимые ПАВ не растворяются и не диссоциируют (или слабо диссоциируют) в водных растворах.

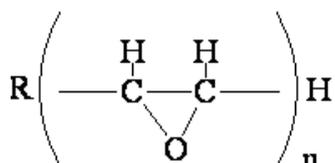
В нефтяной промышленности применяются как водорастворимые, так и нефтерастворимые деэмульгаторы. Последние имеют преимущество, заключающееся в том, что они, смешиваясь с нефтью, легче проникают в поверхностные слои глобул и не вымываются водой.

Наиболее широкое применение в технологии повышения нефтеотдачи нашли неионогенные поверхностно-активные вещества (НПАВ).

Этот вид ПАВ насчитывает более 50 веществ различных групп. Среди них наибольшее распространение получили оксиэтилированные изонилфенолы типов ОП-

10, АФ9-4, АФ9-6, АФ9-10, АФ9-12, в основном из-за больших объемов их промышленного производства.

Преимущество НПАВ заключается в их совместимости с водами высокой минерализации и значительно меньшей адсорбции по сравнению с ионогенными ПАВ. Их получают присоединением оксида этилена к органическим кислотам, спиртам, аминам. В результате получают соединения типа:



С увеличением n (т. е. длины оксиэтиленовой цепочки) увеличивается их растворимость в воде [2].

Применение ПАВ в различных технологиях повышения нефтеотдачи пластов является наиболее предпочтительным с точки зрения сохранения коллекторских свойств продуктивных пластов, влияния на процесс подготовки и транспортирования нефти. Это определяется многоплановым механизмом действия ПАВ:

1. Добавка ПАВ в воду снижает межфазное натяжение воды на границе с нефтью.
2. Добавка ПАВ в воду за счет снижения поверхностного натяжения уменьшает краевые углы смачивания, т.е. увеличивает смачиваемость породы водой.
3. Водные растворы ПАВ проявляют моющее действие по отношению к нефти, покрывающей поверхность породы тонкой пленкой, способствуя разрыву пленки нефти.
4. Лучшее вытеснение нефти водой, содержащей ПАВ, связано также с сильным влиянием ПАВ на реологические свойства нефти. Введение ПАВ в нефть приводит к изолированию микрокристаллов парафинов и разрушению пространственной структуры, образуемой ими, к уменьшению вязкости нефти.

Можно выделить следующие технологические этапы и процессы, связанные с внедрением ПАВ:

- магистральный транспорт реагента или его составляющих;
- централизованное хранение;
- доставка к дозировочным установкам или к скважинам;
- подготовка скважин, водоводов и другого оборудования к закачке растворов ПАВ;
- исследования скважин и пластов;
- смешение и подогрев реагентов на дозировочной установке, на скважине либо на других промысловых объектах;

- дозировка и подача ПАВ в нагнетаемую воду;
- закачка раствора ПАВ в нефтяной пласт;
- контроль за процессом закачки и управление им.

Эффективность вытеснения нефти из пластов растворами ПАВ зависит от степени диспергирования нефти в заводненной области пласта, структуры порового пространства, доли нефти, оставшейся в виде пленок на зернах породы во всей остаточной нефти, характера физико-химического взаимодействия ПАВ и пород-коллекторов и т. д. Найти оптимальные условия применения какого-либо конкретного ПАВ или подобрать для заданных пластовых условий наиболее эффективное ПАВ—дело трудное [3].

Выполним расчет скорости продвижения фронта сорбции ПАВ при прямолинейной фильтрации при следующих условиях:

Рассматривается прямолинейная фильтрация. В водонасыщенный участок пласта шириной $b=450$ м, толщиной $h=5,7$ м, пористостью $m=0,18$ и с расстоянием между нагнетательной и добывающей галереями $l = 500$ м через нагнетательную галерею закачивается водный раствор ПАВ с концентрацией c_0 и темпом закачки $q = 450$ м³/сут. ПАВ сорбируется скелетом породы по закону Генри, формула которого имеет вид $a(c)=\alpha c$, где α -коэффициент сорбции; $\alpha = 0,24$.

Для определения скорости фронта ПАВ и распределения их концентрации в пласте используется уравнение материального баланса водного раствора ПАВ в первоначально водонасыщенном пласте:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{q}{mbh(1+\alpha)} \cdot \frac{\partial c}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

В начальный момент времени $t = 0$ в пласте при отсутствие в нагнетаемой воде ПАВ начальное условие примет вид:

$$c(x, 0) = 0$$

Начиная с момента времени $t = 0$ в пласт через нагнетательную галерею закачивается водный раствор ПАВ с концентрацией закачки $c=c_0$. Таким образом, граничное условие будет иметь вид $c(0,t) = c_0$

Решение задачи определяют по формулам

$$c(x, t) = c_0, \quad x \leq \frac{q}{mbh(1+\alpha)} t \quad (2)$$

$$c(x, t) = 0, \quad x > \frac{q}{mbh(1+\alpha)} t. \quad (3)$$

Обозначим через $v = \frac{q}{bh}$ скорость фильтрации из первого выражения (3) определяем скорость фронта сорбции

$$v_c = \frac{x}{t} \text{ или } v_c = \frac{v}{m(1 + \alpha)}; v = \frac{q}{bh} = \frac{450}{450 \cdot 5,7} = 0,175 \text{ м/сут.}$$

$$v_c = \frac{0,175}{0,18 \cdot 1,24} = 0,784 \text{ м/сут.}$$

Вывод: скорость продвижения фронта сорбции ПАВ при прямолинейной фильтрации составит 0,784 м/сут.

Список литературы

1. Лушпеев В.А., Мешков В.М., Ешимов Г.К. и др. Основы разработки нефтяных и газовых месторождений.- Тюмень, 2011.-245с
2. Влияние деэмульгаторов на вязкость битуминозной нефти /Ахметова Л.Г.// Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии. № 7 (26): сборник статей по материалам XXXI международной заочной научно-практической конференции. – М., Изд. «Интернаука», 2015. – С. 46-51.
3. Янукян А.П. /Новые подходы к управлению рисками нефтегазовых холдинговых компаний// Нефтепромысловое дело, 2014г. №8 стр. 55-59

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАСТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА В УСЛОВИЯХ ДУНАЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Кашин А.А.; Янукян А.П.

Филиал Тюменского индустриального университета в г. Сургут, РФ, г. Сургут

Гидравлический разрыв пласта это один из наиболее эффективных методов увеличения нефтеотдачи, который широко применяется во всем мире. Технология ГРП заключается в обеспечении притока добываемого флюида к забою скважины путём создания в целевом пласте высокопроводимой трещины под действием жидкости, подаваемой в него под давлением.

В последние годы в отечественной практике добычи нефти и газа активно используется гидравлический разрыв пласта [1]. В Западной Сибири в конце 80-х годов начато применение метода ГРП, на данный момент уже выполнено более 5000 операций на всех месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз. Изначальное распространение этого сложного, дорогостоящего метода шло при полном технологическом, техническом и методическом обеспечении со стороны зарубежных фирм. Однако уникальные

особенности строения и состояния разработки месторождений не учитывались. Вначале ГРП выполняли специализированные фирмы по заказам нетегазодобывающих предприятий без глубокого научного обоснования выбора скважин и анализа результатов. Всё это никоим образом не способствовало научному развитию технологии гидравлического разрыва пласта [4].

ОАО «Сургутнефтегаз» смог успешно организовать внедрение ГРП с учетом известного негативного опыта, выполняя все работы исключительно с использованием собственных сил и с максимальным привлечением передового отечественного и мирового опыта. Последние два десятка лет темпы внедрения ГРП усиленно возрастали. В настоящее время имеющиеся технические возможности позволяют выполнять порядка 2-3 тыс. скважино-операций в год.

В настоящее время доля низкоэффективных ГРП заметно снижается относительно общего количества проведенных в год за счет использования критериев предварительного выбора, таких как оценка степени влияния ГРП в скважинах на режим эксплуатации участка, проведение дополнительных гидродинамических и геофизических исследований.

Дунаевское месторождение является «спутником» Федоровского месторождения. Оба этих месторождения разрабатывает НГДУ «Федоровскнефть». На сегодняшний день все объекты с лучшими коллекторскими свойствами уже выработаны, находятся на 3-4-й стадиях разработки. Вовлечение объектов с трудноизвлекаемыми запасами в разработку происходит ускоренными темпами [3].

На Дунаевском месторождении для пласта с очень низкими коллекторскими свойствами ЮС₂ проводится строительство горизонтальных скважин с большеобъемным гидроразрывом на стадии освоения, так как это единственно возможный способ получения промышленного притока нефти. В пласте создаются вторичные трещины, что улучшает призабойную зону пласта.

Это позволяет получить рентабельные дебиты нефти. Применение ГРП способствует увеличению дебита в 4-5 раз.

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчёта ГРП

Обозначение показателя, единица физической величины	Значение
Глубина скважины Н, м	2630
Дебит нефти Q _{н1} , т/сут	4,8
Диаметр эксплуатационной колонны D, м	0,146
Эффективная толщина пласта h, м	5,3
Пластовое давления P _{пл} , МПа	28
Средняя проницаемость пласта k, м ²	5·10 ⁻¹⁵ м ²
Радиус контура питания Rк, м	400
Модуль упругости пород E, Па	10 ⁵

Плотность пластовой нефти, кг/м ³	809
Количество закачиваемого пропанта, кг	30 000
Концентрация пропанта в смеси, кг/м ³	600
Объем жидкости разрыва V _ж , м ³	12
Обводненность	75%

Запроектируем, что при ГРП непрерывно закачивается жидкость разрыва в объёме V_ж = 1 м³. Для определения параметров трещины используем формулы, вытекающие из упрощенной методики Ю.П. Желтова. Оценим сначала ширину трещины после закачки V_ж = 1 м³ жидкости разрыва (мини-фрак), для чего определим давление на забое P_{заб}, МПа в этот момент времени по формуле:

$$\frac{P_{заб}}{P_z} \left(\frac{P_{заб}}{P_z} - 1 \right)^3 = \frac{5,25 \cdot E^2 \cdot Q \cdot \mu}{(1 - \nu^2)^2 \cdot P_z^3 \cdot V_{жс}} = \frac{5,25 \cdot (10^5)^2 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3}}{(1 - 0,28^2)^2 \cdot (20,9 \cdot 10^6)^3 \cdot 1} = 1,87 \cdot 10^{-4} \quad (5.6)$$

$$\frac{P_{заб}}{P_r} = \sqrt[3]{\frac{P_{заб}}{P_r} \left(\frac{P_{заб}}{P_r} - 1 \right)^3} + 1 = 1,0574, \quad (5.7)$$

$$P_{заб} = P_z \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{P_{заб}}{P_z} \left(\frac{P_{заб}}{P_z} - 1 \right)^3} + 1 \right) = 20,9 \cdot 1,0574 = 22,1 \text{ МПа}. \quad (5.8)$$

Длина трещины в метрах:

$$l_{mp} = \sqrt{\frac{V_{жс} \cdot E^2}{5,6(1 - \nu^2) \cdot h \cdot (P_{заб} - P_z)}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 10^{10}}{5,6(1 - 0,28^2) \cdot 5,3 \cdot (22,1 - 20,9)10^6}} = 17,45 \quad (5.9)$$

Ширина трещины или ее раскрытость ω , м определяется по формуле:

$$\omega = \frac{4(1 - \nu^2) \cdot l_{mp} \cdot (P_{заб} - P_z)}{E^2} = 0,007719 \text{ м} = 7,719 \text{ мм}. \quad (5.1)$$

Исходя из полученного результата можно сделать вывод, что раскрытость трещины (ширина трещины) вполне достаточна, чтобы песок любой фракции предусмотренной ГОСТом поступал в неё при закачке следующей порции жидкости разрыва (12 м³), являющейся одновременно и жидкостью-песконосителем.

Объёмная доля песка в смеси n₀:

$$n_0 = \frac{\frac{C_n}{\rho_{пес}}}{\frac{C_n}{\rho_{пес}} + 1} = 0,102 \quad (5.1)$$

Вязкость жидкости-песконосителя определяется по формуле $\mu_{жс}$, мПа·с:

$$\mu_{жс} = \mu \cdot \exp(3,18 \cdot n_0) \quad (5.12)$$

$$\mu_{жс} = 200 \cdot \exp(3,18 \cdot 0,102) = 276,8 \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

Давление на забое скважины в конце гидроразрыва $P_{заб}^*$ (после закачки 12 м^3 жидкости в трещину) определяется по эмпирическим формулам [2]:

$$\frac{P_{заб}^*}{P_2} \left(\frac{P_{заб}^*}{P_2} - 1 \right)^3 = \frac{5,25 \cdot (10^5)^2 \cdot 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с} \cdot 200 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}}{(1 - 0,28^2)^2 \cdot (20,9 \cdot 10^6)^3 \cdot 12 \text{ м}^3} = 2,92 \cdot 10^{-4}$$

$$\frac{P_{заб}^*}{P_2} = \sqrt[3]{2,92 \cdot 10^{-4} + 1} = 1,0663.$$

$$P_{заб}^* = 20,9 \cdot 1,0663 = 22,29 \text{ МПа}.$$

Длину трещины l^* , м находим по формуле 5.9:

$$l^* = \sqrt{\frac{12 \cdot 10^{10}}{5,6(1 - 0,28^2) \cdot 5,3 \cdot (22,29 - 20,9)10^6}} = 56,18 \text{ м}.$$

Ширину трещины ω^* , м по формуле (2.10)

$$\omega^* = \frac{4(1 - 0,28^2) \cdot 56,18 \cdot (22,29 - 20,9)10^6}{10^{10}} = 0,02879 \text{ м} = 28,79 \text{ мм}.$$

Жидкость-песконоситель распространяется в трещине на расстоянии от скважины, примерно равном 90% её длины l^* , м:

$$l_1 = 0,9 \cdot 56,18 = 50,562 \text{ м}.$$

Принимая пористость песка в трещине после её смыкания $m = 0,3$, определим остаточную ширину трещины ω_1 , м:

$$\omega_1 = \frac{\omega^* \cdot n_0}{1 - m} = \frac{0,02879 \cdot 0,102}{1 - 0,3} = 0,004195 \text{ м} = 4,2 \text{ мм}. \quad (5.14)$$

Проницаемость трещины такой ширины определяется эмпирической формулой $k_{тр}$, м^2 [2]:

$$k_{тр} = \frac{\omega_1^2}{12}, \quad (5.15)$$

$$k_{mp} = \frac{0,004195^2}{12} = 0,1467 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$$

Средняя проницаемость в призабойной зоне при вертикальной трещине k_1 , м^2 определяется по формуле [1]:

$$k_1 = \frac{(\pi D - \omega_1)k + \omega_1 k_{mp}}{\pi D}, \quad (5.16)$$

$$k_1 = \frac{(3,14 \cdot 0,146 - 0,004195) \cdot 5 \cdot 10^{-15} + 0,004195 \cdot 0,1467 \cdot 10^{-7}}{3,14 \cdot 0,146} = 1,342 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2.$$

Средняя проницаемость пласта с возрастанием расстояния от скважины будет уменьшаться, при условии наличия вертикальной трещины. При её оценке примем проницаемость неизменной, а ширину трещины после смыкания одинаковой на любом расстоянии от скважины. Тогда по формуле (5.16) средняя проницаемость на расстоянии 1 м от скважины будет:

$$k_1^* = \frac{(3,14 \cdot 1,146 - 0,004195) \cdot 5 \cdot 10^{-15} + 0,004195 \cdot 1,342 \cdot 10^{-10}}{3,14 \cdot 1,146} = 1,61 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$$

Как видно из расчётов, средняя проницаемость значительно превышает проницаемость пласта в области распространения трещины. Поэтому приток в скважину будет в основном происходить по трещине с направления, в котором трещина получила развитие.

Список литературы

1. Янукян А.П. /Новые подходы к управлению рисками нефтегазовых холдинговых компаний// Нефтепромысловое дело, 2014г. №8 стр. 55-59
2. Федоров Ю.В. Повышение эффективности технологии гидравлического разрыва пласта / Ю. В. Федоров // Нефтепромысловое дело. -2010.-№11. 38-41с.
3. Корсунский, С. 3000 скважин Федоровского – для нового поколения [Текст] / С. Корсунский // Нефть Приобья. – 2009. - №44. – С. 9.
4. Медведев, Н.Я. Особенности применения ГРП на месторождениях ОАО «Сургутнефтегаз» [Текст] / Н.Я. Медведев, В.Г. Шеметилло, Г.А. Малышев, В.П. Сонич, А.Я. Лушников // Нефтяное хозяйство. – 2001. – №9. – С. 52-57.

ПРИМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ

Юхимчак В.Ю., Ахметова Л.Г.

Филиал Тюменского индустриального университета в г. Сургут, РФ, г.Сургут

Кислотный ГРП – гидроразрыв, при котором в качестве жидкости разрыва используется кислота. Применяется в случае карбонатных пластов. Созданная с помощью кислоты и высокого давления сеть трещин и каверн не требует закрепления пропантом. От обычной кислотной обработки отличается гораздо большим объемом использованной кислоты и давлением закачки (выше давления разрыва горной породы).

В процессе КГРП при давлении, превышающем давление разрыва, в скважину последовательно закачивается высоковязкая жидкость и раствор соляной кислоты. Высоковязкая жидкость (жидкость разрыва), с одной стороны, образует магистральную трещину, а с другой, заполняет каверны и естественные трещины с высокой проницаемостью, не позволяя попадать в них кислоте, поступающей следом [1]. Закачиваемый раствор соляной кислоты разъедает породу вдоль направления трещины преимущественно в низкопроницаемых нефтенасыщенных прослоях, так как высокопроницаемые заполнены гелем. Закачка следующих пачек жидкости разрыва и раствора соляной кислоты еще больше увеличивает протяженность трещины и, таким образом, поверхность фильтрации. Тем самым создаются условия для приобщения ранее неработающих пропластков и повышения производительности скважин. В данной технологии расклинивающие материалы, как правило, не применяются, так как после взаимодействия с соляной кислотой трещина имеет развитую поверхность и смыкается хаотичными выступами, создавая систему сообщающихся гидродинамических каналов, через которые идет фильтрация нефти [2].

Механизм взаимодействия терригенных и карбонатных пород с кислотами существенно различается [3]. В последнем случае соляная кислота растворяет карбонатные породы с образованием продуктов, которые растворяются в остаточной кислоте. После обработки без затруднений обеспечиваются приток этих продуктов в околоскважинную зону и их подъем на поверхность.

Расчет основных параметров кислотного ГРП

Рассчитаем основные параметры КГРП в типовой добывающей скважине.

Для расчета используем исходные данные, приведенные в таблице 1.1.

Глубина скважины, м	2452
Величина интервала перфорации, м	15
Дебит скважины по жидкости, м ³ /сут	49,6
Дебит скважины по нефти, м ³ /сут	8,1
Дебит скважины по воде, м ³ /сут	41,5
Пластовое давление, МПа	20,4
Внешний диаметр НКТ, мм	89
Диаметр эксплуатационной колонны, мм	146

Известно так же, что в качестве жидкости разрыва применяется амбарная нефть с плотностью 930 кг/м³ и вязкостью 0,275 Па · с. Принимаем темп закачки $Q = 0,012 \text{ м}^3/\text{с}$.

Имея исходные выполним расчет основных параметров ГРП:

1. Рассчитаем вертикальную составляющие горного давления :

$$P_{z\sigma} = \rho_n \cdot g \cdot L_c \cdot 10^{-6} = 1300 \cdot 9,81 \cdot 2452 \cdot 10^{-6} = 31,3(\text{МПа}); \quad (1.1)$$

Где: L_c - глубина скважины, (м);

ρ_n - плотность жидкости (кг/м³);

g – ускорение свободного падения (м/с²);

2. Принимая $\nu = 0,3$ рассчитаем горизонтальную составляющую горного давления:

$$P_{z\sigma} = P_{z\sigma} \cdot \frac{\nu}{1 - \nu} = 31,3 \cdot \frac{0,3}{1 - 0,3} = 13,4(\text{МПа}); \quad (1.2)$$

3 Рассчитаем забойное давление разрыва:

$$\frac{P_{забр.}}{P_{z\sigma}} \cdot \left(\frac{P_{забр.}}{P_{z\sigma}} - 1 \right) = 5,25 \cdot \frac{1}{(1 - \nu)^2} \cdot \left(\frac{E}{P_{z\sigma}} \right)^2 \cdot \frac{Q \cdot \mu_{жр}}{P_{z\sigma}}$$

$$P_{забр.} = 14,6(\text{МПа}) \quad (1.3)$$

Где: ν – коэффициент Пуассона горных пород ($\nu=0,2 - 0,3$);

$P_{z\sigma}$ – вертикальная составляющая горного давления, Мпа;

ρ_n – плотность горных пород над продуктивным горизонтом, кг/см²;

E^2 – модуль упругости пород ($E = (1 \div 2) \cdot 10^4$ МПа);

Q – темп закачки жидкости разрыва, м³/сек. (в соответствии с характеристиками насосного агрегата);

$\mu_{жр}$ – вязкость жидкости разрыва, Па · с.

4. Определим объемную концентрацию песка в смеси , где C_p

концентрация песка в 1 м³ жидкости :

$$\beta_n = \frac{C_n / \rho_n}{(C_n / \rho_n) + 1} = \frac{280 / 2500}{(280 / 2500) + 1} = 0,101; \quad (1.4)$$

Где: ρ_n – плотность песка, кг/см³ ($\rho_n=2500$ кг/см³)

β_n – объемная концентрация песка в смеси.

c_n – концентрация песка в 1м³ жидкости ($c_n=280$ кг/см³)

5. Рассчитаем плотность жидкости - песконосителя с песком :

$$\rho_{жсп} = \rho'_{жсп} (1 - \beta_n) + \rho_n \beta_n = 930 \cdot (1 - 0,101) + 2500 \cdot 0,101 = 1088,57; \quad (1.4)$$

Где: $\rho_{жсп}$ - плотность жидкости, используемой в качестве песконосителя, кг/см³

6. Рассчитаем вязкость жидкости - песконосителя с песком:

$$\mu_{жсп} = \mu'_{жсп} \cdot \exp(3,18\beta_n) = 0,275 \cdot \exp(3,18 \cdot 0,101) = 0,378 \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (1.5)$$

Где: $\mu_{жсп}$ – вязкость жидкости разрыва, Па·с .

7. Определим число Рейнольдса [20]:

$$\text{Re} = 4Q\rho_{жсп} / (\pi d_{вн} \mu_{жсп}) = 495; \quad (1.6)$$

8. Коэффициент гидравлического сопротивления получили равным:

$$\lambda = 64 / 495 = 0,129;$$

9. Рассчитаем потери на трение:

$$P_{тр} = 8 \cdot \lambda \cdot Q^2 \cdot L_c \cdot \rho_{жсп} / (\pi^2 \cdot d_{вн}^2); \quad (1.7)$$

$$P_{тр} = 8 \cdot 0,129 \cdot (0,012)^2 \cdot 1088,57 \cdot 2452 / (3,14^2 \cdot 0,089^2) = 5,1(\text{МПа});$$

$\rho_{жсп}$ – плотность жидкости, кг/м³;

L_c – длина лифтовой колонны, м;

$d_{вн}$ – диаметр лифтовой колонны, м;

λ – Коэффициент гидравлического сопротивления

10. Учитывая то, что при значении $\text{Re} > 200$ значение потерь на трение увеличится в 1,52 раза:

$$P'_{тр} = 1,52 \cdot P_{тр} = 1,52 \cdot 5,1 = 7,75(\text{МПа});$$

11. Рассчитаем давление на устье развиваемое при закачке жидкости - песконосителя :

$$P_y = P_{з.з.} - \rho_{жсп} \cdot g \cdot L_c + P_{тр}; \quad (1.8)$$

$$P_y = 13,4 - 1088,57 \cdot 9,81 \cdot 2452 \cdot 10^{-6} + 7,75 = 8,8(\text{МПа});$$

12. Агрегат на 4 скорости развивает рабочее давление 29 МПа, а рабочий расход 0,0146 м³/с, следовательно необходимое число агрегатов будет равно:

$$N = \frac{P_y \cdot Q}{(P_p \cdot Q_p \cdot K_{mc}) + 1} \quad (1.9)$$

Где: P_p – рабочее давление агрегата;

Q_p – подача агрегата при данном P_p ;

K_{mc} – коэффициент технического состояния агрегата

$$N = 8,8 \cdot 0,012 / (29 \cdot 0,0146 \cdot 0,7) + 1 = 3,21 \approx 3(\text{шт.})$$

13. Определим объем продаваемой жидкости:

$$V_n = 0,785 \cdot d_{вн}^2 \cdot L_c; \quad (1.10)$$

$$V_n = 0,785 \cdot 0,089^2 \cdot 2452 = 15,25(\text{м}^3);$$

14. Рассчитаем количество кислоты для осуществления КГРП:

$$V_{жк} = 5000 / 275 = 18,18(\text{м}^3);$$

15. Суммарное время работы одного агрегата 4АН-700 на 4 скорости:

$$t = (V_{жк} + V_n) / Q_p \quad (1.11)$$

$$t = (18,18 + 15,25) / 0,0146 = 2289,73(\text{с}) \approx 39(\text{мин.})$$

Расчет размеров трещин

Рассчитаем длину вертикальной трещины:

$$L_{mp} = \sqrt{\frac{V_{жк} \cdot 10^4}{5,6 \cdot (1 - \nu^2) \cdot H_{un} \cdot (P_3^{разр} - P_{гг})}}; \quad (1.12)$$

$$L_{mp} = \sqrt{\frac{18,18 \cdot 10^4}{5,6 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 23 \cdot (13,4 - 12,1)}} = 34,54(\text{м})$$

2. Определим раскрытость трещины:

$$W_0 = \frac{4 \cdot (1 - \nu^2) \cdot L_{mp} \cdot (P_3^{разр} - P_{гг})}{1 \cdot 10^4}; \quad (1.13)$$

$$W_0 = \frac{4 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 34,54 \cdot (13,4 - 12,1)}{1 \cdot 10^4} = 0,016(\text{м}) \approx 1,6(\text{см});$$

Список литературы

1. Влияние деэмульгаторов на вязкость битуминозной нефти /Ахметова Л.Г.// Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии. М., Изд. «Интернаука», 2015. № 7 (26): – С. 46-51.
2. Федоров Ю.В. Повышение эффективности технологии кислотного гидравлического разрыва пласта // Нефтепром. дело. – 2010. – №11. – С. 39
3. Yanukyuan A.P. Optimization of Gas Wells Performance indicators//International journal of Ocean and oceanography, volume 10 number 1, 2016, P 1-11

СЕКЦИЯ №7.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАТИМОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ВОДОРОДОМ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ФАСОННОЙ ОТЛИВКИ ИЗ СПЛАВА ВТ5¹

Ильин А.А., Мамонов А.М., Скворцова С.В., Герман М.А.

(д.т.н., проф. Ильин А.А., д.т.н., проф. Мамонов А.М.,
д.т.н., доц. Скворцова С.В., асп. Герман М.А.)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», РФ, г. Москва

Технически и экономически обосновано применение фасонных отливок из титановых сплавов для изготовления силовых компонентов эндопротезов. Исследована кинетика взаимодействия литых образцов из сплава ВТ5 с водородом. Разработаны технологические схемы и режимы термоводородной обработки, обеспечивающие формирование мелкодисперсной структуры и высокого комплекса механических свойств отливок.

The paper illustrates economical and technical reasons of applying of shaped castings made of titanium alloys for production of components of endoprosthesis. Kinetics of interaction between hydrogen and shaped castings made of titanium alloy ВТ5 has been investigated. Technological conditions of thermohydrogen treatment which provides fine microstructure and complex of high mechanical properties have been developed.

¹ Работа выполнена в рамках Государственного задания высшим учебным заведениям в части проведения НИР №2895.14

Технически и экономически обоснованный выбор материалов является ключевой проблемой проектирования и производства эндопротезов и других имплантатов, предназначенных для временного или постоянного функционирования в организме человека. При безусловном выполнении требований биологической совместимости и инертности в агрессивных жидкостях организма титан и его сплавы в качестве материала для силовых элементов эндопротезов имеют целый ряд преимуществ перед нержавеющей сталью и кобальт-хром-молибденовыми сплавами: меньший удельный вес и модуль упругости, более высокую удельную прочность и пр. Специфические недостатки титановых сплавов, проявляющиеся при использовании их в некоторых элементах эндопротезов, например, узлах трения искусственных суставов, могут быть успешно устранены технологическими методами.

В то же время выбор конкретного титанового сплава из широкой номенклатуры также является весьма ответственным этапом проектирования изделий. В настоящее время для эндопротезирования преимущественно применяются технически чистый титан марки ВТ1-0, а для высоконагруженных элементов – сплавы Ti-6Al-4V (ВТ6) и Ti-6Al-7Nb. Причем для обеспечения необходимых механических (особенно, усталостных) свойств используются деформированные полуфабрикаты (горячекатаный пруток, плита).

Возможность использования более экономичной технологии фасонного литья с последующей термоводородной обработкой (ТВО) показана в работе [5] на примере сплава ВТ6. Дальнейшее снижение себестоимости изделий возможно при использовании более дешевых сплавов, например Ti-5Al (ВТ5). Кроме более низкой стоимости фасонных отливок из этого сплава важным его преимуществом является более узкий, по сравнению со сплавом ВТ6, температурный интервал кристаллизации и, следовательно, меньшая склонность к образованию литейных дефектов (усадочных раковин, междендритных пор), микро- и макроликвации [2].

Однако в литом состоянии сплав ВТ5 даже после гомогенизирующего отжига и высокотемпературной газостатической обработки, в значительной степени устраняющих пористость и ликвацию, имеет неприемлемо низкую усталостную прочность (до 350 МПа). Повысить последнюю только термической обработкой (без применения пластической деформации) невозможно. В ряде работ [1, 4] нами была показана возможность кардинального преобразования неблагоприятной литой структуры сплава ВТ5Л и резкого повышения его прочностных и усталостных характеристик термоводородной обработкой.

Применение ТВО для обработки фасонных отливок ножки бедренного компонента эндопротеза тазобедренного сустава требует определения конкретных параметров

термического цикла ТВО – концентраций водорода, температур наводороживающего и вакуумного отжига, скоростей охлаждения, времени выдержки на каждом этапе, температур ступеней вакуумного отжига и т.д. Это связано с необходимостью формирования регламентированной микроструктуры во всех зонах отливки, имеющей достаточно сложную геометрию и значительную разнотолщинность (от 2 до 5 мм).

Механизмы фазовых и структурных превращений, определяющие преобразование исходной крупнопластинчатой α -фазы в мелкодисперсную в процессе ТВО установлены и описаны в работе [3].

В настоящей работе на основе комплексных исследований кинетики насыщения отливок водородом, структурных преобразований в процессе наводороживающего и вакуумного отжигов, определения механических свойств разработан режим термоводородной обработки фасонных отливок ножек эндопротезов из сплава ВТ5Л.

Исследование кинетики наводороживания до концентраций 0,8%², проведенные на литых образцах диаметром 15 мм и отливках ножки, дали следующие результаты (рис. 1).

При начальном давлении газообразного чистого водорода в системе около 60 Кпа и исходной его концентрации в образцах 0,007% наиболее интенсивное поглощение на первом этапе происходит при температуре около 850°C. В процессе насыщения образцов водородом максимальная скорость поглощения реализуется при более низких температурах, что связано с изменением соотношения количества α - и β -фаз и понижением давления водорода над сплавом. Однако снижение температуры до 700°C и менее с целью ускорения процесса нецелесообразно, т.к. в этом случае не обеспечиваются равномерность распределения водорода по объему металла и однородность структуры в течение приемлемого времени. Окончание процесса наводороживания при температурах не ниже 780°C обеспечивает равномерное распределение водорода, что установлено спектральным анализом разрезанных отливок и образцов.

² Здесь и далее концентрация водорода указана в % по массе.

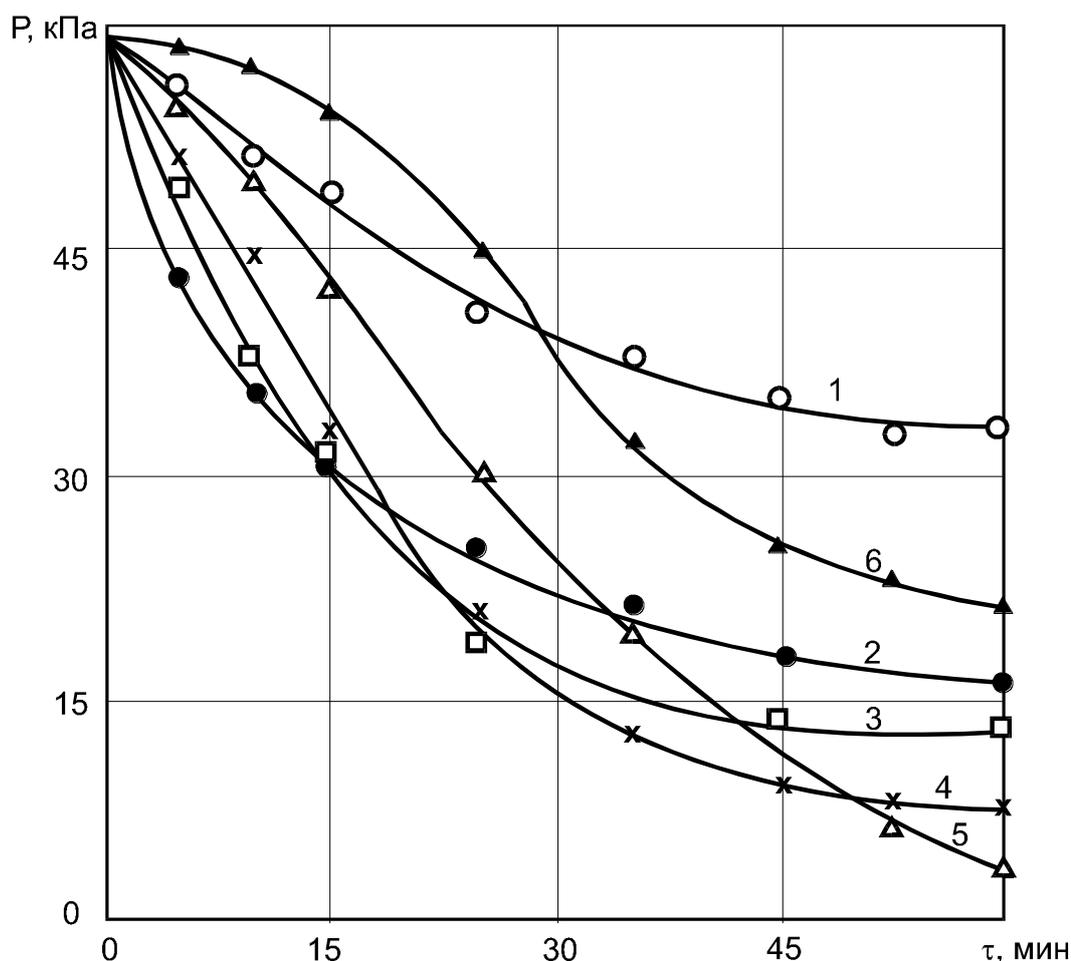


Рисунок 1 – Кинетические кривые поглощения водорода сплавом ВТ5Л при температурах: 1 - 900°C, 2 - 850°C, 3 - 800°C, 4 - 750°C, 5 - 700°C, 6 - 600°C.

Исследования дегазации образцов, проведенные на литых прутках диаметром 15 мм и длиной до 180 мм, наводороженных до концентрации 0,8%, позволили установить следующее. Интенсивное выделение водорода при вакуумном отжиге начинается с температур 500-550°C. Дегазация материала до безопасных концентраций водорода (0,006-0,009%) при температуре 800°C достигается за 3,5 часа, при 750°C – 4 ч., 700°C – 4,5 ч. и 650°C – 5 час. Проведенный спектральный анализ по различным сечениям прутков не выявил вакуумного отжига по сравнению с указанными величинами в сечении образцов и отливок более 10 мм концентрация водорода превышала допустимую.

На основании этих результатов и ранее проведенных исследований по влиянию температуры вакуумного отжига на параметры микроструктуры сплава ВТ5Л, была разработана наиболее простая и эффективная схема ТВО отливок из сплава ВТ5Л, обеспечивающая формирование мелкодисперсной микроструктуры (рис.2) и высокого комплекса свойств (табл. 1). Она включает:

- насыщение водородом до средней концентрации 0,8% с начальной температурой 850°C и с окончанием процесса при температуре β -области (около 780°C), что обеспечивает полное растворение исходных крупных пластин α -фазы при сохранении размеров исходного β -зерна;
- изотермическая выдержка при температуре 780°C в течение 1 часа и охлаждение с печью (скорость охлаждения 0,05 К/с);
- двухступенчатый вакуумный отжиг при температурах ступеней соответственно 500°C (выдержка 1 час) и 750 °C (4 часа).

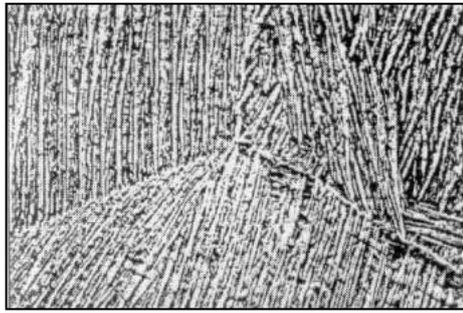
Таблица 1 – Механические свойства литого титанового сплава BT5Л
после ТВО

Состояние образцов	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCV,	$N_p 10^{-4}$ цикл, при $\sigma=500$ МПа
литое	795	735	6,2	15,5	0,55	5,7
После ТВО	910	860	13,5	32,5	0,60	12,0

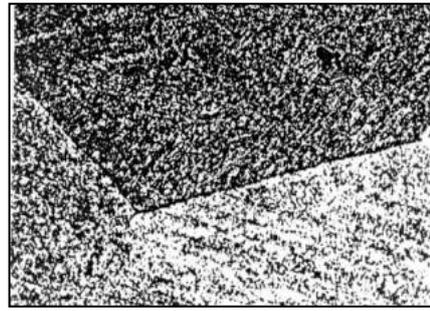
Проведенные исследования показали, что при температурах второй ступени ниже 750°C время дегазации сплава неприемлемо велико (5 и более часов). С другой стороны, повышение температуры более 800°C приводит к существенному укрупнению и коагуляции частиц α -фазы, что разупрочняет сплав. При этом степень дисперсности структуры при температуре вакуумного отжига 750°C выше, чем при 800°C, а продолжительность дегазации больше всего на 0,5 часа.

По предположенному режиму ТВО были обработаны фасонная отливка ножки из сплава BT5Л и образцы для испытаний кратковременных и усталостных свойств материала. После вакуумного отжига в отливке и образцах определяли остаточное содержание водорода и проводили металлографические исследования. Анализ полученных результатов показал, что распределение остаточного водорода по всем сечениям отливки и в образцах для испытаний не выходит за пределы допустимых значений и лежит в интервале 0,006÷0,009%.

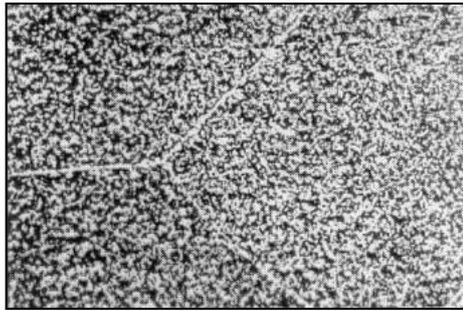
Металлографические исследования отливки по различным сечениям (Рис. 2) позволили установить, что ее структура представлена мелкодисперсной α -фазой, а исходные β -зерна имеют тонкую α -«оторочку». Небольшое различие в размерах структурных составляющих по сечениям отливки связано с неравномерностью охлаждения «массивных» и «тонких» частей отливки.



а)



б)



в)



г)

x250

Рисунок 2 – Микроструктура литых образцов и фасонной отливки в исходном состоянии (а), после наводороживания (б), после ТВО (в – образцы, г – отливка)

Микроструктура образцов для механических испытаний более однородна и представлена мелкодисперсной α -фазой и тонкой α -«оторочкой» по границе бывшего β -зерна (см. рис. 2б). Такая структура позволяет получить достаточно высокий уровень прочностных, пластических свойств и ударной вязкости (см. табл. 1).

Сравнительные механические испытания образцов показали (см. табл. 1), что ТВО по разработанному режиму приводит к значительному повышению пределов прочности и текучести (на 15-20%); пластических характеристик (почти на 50%) при сохранении удовлетворительной ударной вязкости.

Проведенные сравнительные испытания на малоцикловую усталость (на базе 10^5 циклов, схема – чистый изгиб с вращением, $R=-1$, $f=100$ Гц) исходных литых образцов с преобразованной структурой показали, что ТВО повышает усталостные характеристики почти в 2 раза по сравнению с исходным литым состоянием.

Проведенные исследования являются важным этапом разработки общей технологии производства и обработки ножек бедренного компонента эндопротеза, которая включает фасонное литье заготовок, высокотемпературную газостатическую обработку, ТВО, механическую обработку и, при необходимости, специальную обработку поверхности, направленную на повышение антифрикционных свойств.

Кроме того ТВО может быть использована при формировании поверхностного слоя с регламентированной пористостью (например, из титана VT1-0), обеспечивающего надежную вторичную фиксацию эндопротеза в костном канале за счет врастания костной ткани в открытые поры.

Окончательный выбор параметров ТВО, естественно, должен производиться с учетом изменения структуры и свойств на всех технологических этапах, а также минимизации стоимости изделий.

Результаты получены при поддержке гранта Минобразования РФ по фундаментальным исследованиям в области металлургии.

Список литературы

1. Пуян А.А., Мамонов А.М. Thermohydrogen Treatment of Casted Titanium Alloys. // Journal of Aeronautical Materials, (China), 1992, v.2. – p. 4-5.
2. Бочвар Г.А., Яновская Н.В. Влияние высокотемпературной газостатической обработки на процесс формирования структуры и механических свойств литых титановых сплавов. // Титан. 1993, №1. – с. 21-23.
3. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: Наука, 1994. – 304 с.
4. Ильин А.А., Мамонов А.М., Коллеров М.Ю. Научные основы и принципы построения технологических процессов термоводородной обработки титановых сплавов. // Металлы (РАН), 1994. №4. – с. 157-168
5. Надежин А.М., Скворцова С.В., Петров Л.М., Трифонов А.В. Износостойкость титанового сплава VT6 при трении с высокомолекулярным полиэтиленом в трибологической паре шарнирного компонента тазобедренного сустава. / Научные труды МАТИ им. К.Э. Циолковского. Вып. 3 (75). – М.: Изд-во «ЛАТМЭС», 2000. – с. 45-48.

ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТОВОЙ СТАЛИ 10

Прудников А.Н., Прудников В.А.

СибГИУ, РФ, г. Новокузнецк

Зачастую, традиционные способы упрочняющих технологий оказываются недостаточно эффективными для использования в новой технике. Это привело к появлению комплексных технологий, одновременно использующих различные способы и

приемы управления формированием структурой материалов. К таким технологиям можно отнести деформационную термоциклическую обработку (ДТЦО), в технологических режимах которой одновременно используются воздействия температуры и деформации. Причем эти воздействия проводятся циклически с различным количеством циклов обработки и параметрами самого цикла. В литературе довольно широко освещаются термоциклическая обработка и ДТЦО как технологии, упрочняющие стали различного вида, чугуны и алюминиевые сплавы [1-5, 9]. В значительно меньшей мере присутствуют сведения об использовании технологических режимов, разработанных для улучшения электрических, магнитных, тепловых и других физических свойств различных материалов. Примерами таких исследований являются работы авторов [6-7, 9].

Дополнительным резервом улучшения свойств стали, может быть, последующая термическая обработка, оказывающая влияние на ее структуру и наиболее важные свойства. Для магнитно-мягких материалов такими свойствами могут являться электрические, магнитные и тепловые. Поэтому целью работы являлось исследование воздействия ДТЦО и последующего отжига на коэрцитивную силу и линейное расширение листовой стали 10сп.

В качестве материала исследования была взята низкоуглеродистая сталь 10сп. Сталь была выплавлена в ОАО «НКМК» (г. Новокузнецк). Химический состав опытной стали, в % (вес.): С – 0,13; Si – 0,22; Mn – 0,42; P – 0,014; S – 0,018; Cr – 0,05; Ni – 0,04; Cu – 0,20; Fe – ост. Сляб из опытной стали размером 900×700×500 мм подвергали горячей циклической ковке. Схемаковки – однопроходная протяжка плоскими бойками. Деформацию слябов проводили в ОАО ЗСМК (г. Новокузнецк) на гидравлическом ковочном прессе усилием 20 МН. Температура нагрева под ковку составляла 1250 °С, время выдержки сляба в печи перед ковкой – 2 ч. Охлаждение поковок проводили на воздухе до 200-300°С. Количество цикловковки – 10, степень деформации в каждом цикле составляла 6÷8 %. Суммарная степень деформации равнялась 65÷68 % при величине общего коэффициента уковки ~ 1,90. Высота заготовки послековки составляла 300÷310 мм. В дальнейшем заготовки были прокатаны на стане 810 по промышленной технологии. Более подробно технологический режим изготовления листа с использованием ДТЦО приведен в работе [8]. Для определения температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР) стальных образцов использовали высокотемпературный дилатометр DIL 402С с погрешностью измерения $0,1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Определение коэрцитивной силы проводили на приборе КИФМ-1 на листовых образцах толщиной 3 мм и размером 90×120 мм. Погрешность измерения составляла 4 А/м.

Одним из важнейших свойств магнитно-мягких материалов является коэрцитивная сила, определяющая потери энергии на перемагничивание элементов магнитных цепей. В связи с этим была определена коэрцитивная сила для горячекатаной стали 10, изготовленной по промышленному режиму прокатки и с использованием ДТЦО. В первом случае она составила 214 А/м, а в случае использования ДТЦО – 232 А/м. Такое повышение коэрцитивной силы за счет использования режимов ДТЦО при изготовлении листовой стали 10 можно объяснить изменениями, происходящими в ее микроструктуре и, прежде всего, измельчением зерен феррита и перлитных колоний, ориентированных вдоль направления прокатки. Такие изменения приводят к увеличению протяженности границ зерен в структуре листовой стали.

Исследование воздействия режима термоциклической ковки на линейное расширение стали 10 показало, что использование ДТЦО практически не оказывает влияния на температурный коэффициент линейного расширения.

В дальнейшем было исследовано влияние температуры отжига на физические свойства листовой стали 10 (толщина 3 мм), подвергнутой ДТЦО. Установлено, что увеличение температуры отжига со временем выдержки 10 ч приводит к последовательному снижению величины коэрцитивной силы стали (рисунок 1). Наиболее интенсивно снижение начинается от температуры отжига 600°C. Минимальное значение коэрцитивной силы соответствует отжигу при 900°C и составляет 83 А/м, что почти в 3 раза ниже, чем у образцов без термической обработки. По-видимому, снижение величины коэрцитивной силы листовой стали, изготовленной с использованием ДТЦО, с увеличением температуры отжига объясняется общим снижением уровня дефектов кристаллического строения и напряжений, значительным ростом зерна феррита и некоторым уменьшением объемной доли перлитных включений.

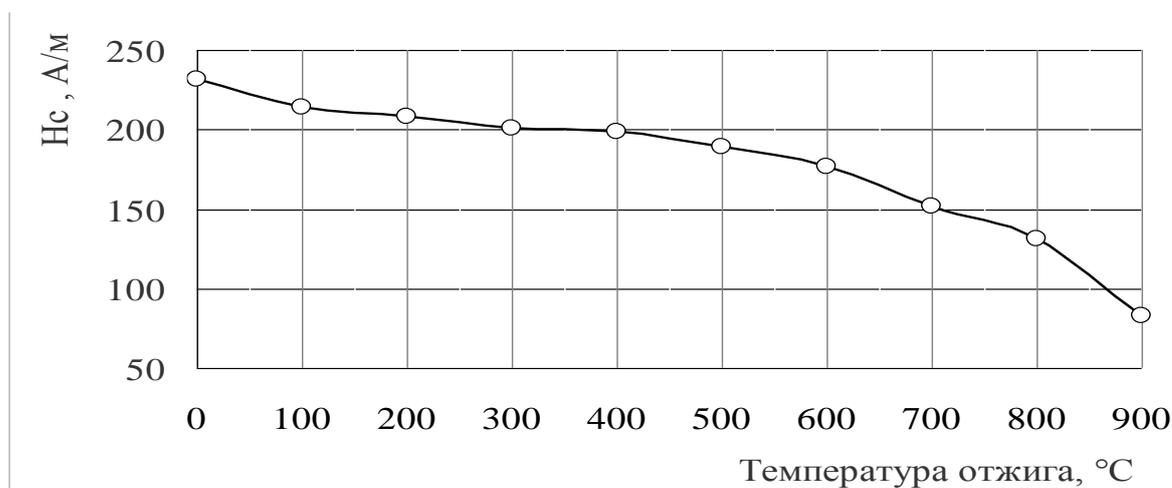


Рисунок 1 – Влияние температуры нагрева (выдержка 10 ч) с охлаждением в печи на коэрцитивную силу листовой стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО

Кривые температурной зависимости линейного расширения стали 10, изготовленной с термоциклической ковкой, от температуры испытаний после отжига в течение 10 ч при 800 и 900°C приведены на рисунке 2. Анализ представленных кривых позволяет сделать вывод о снижении способности стали 10 к термическому расширению после отжига при всех исследуемых температурах. Причем при высокотемпературном отжиге (800 и 900°C) снижение ТКЛР стали более заметно, и составляет в среднем более 6 % во всем температурном интервале испытаний (до 450°C).

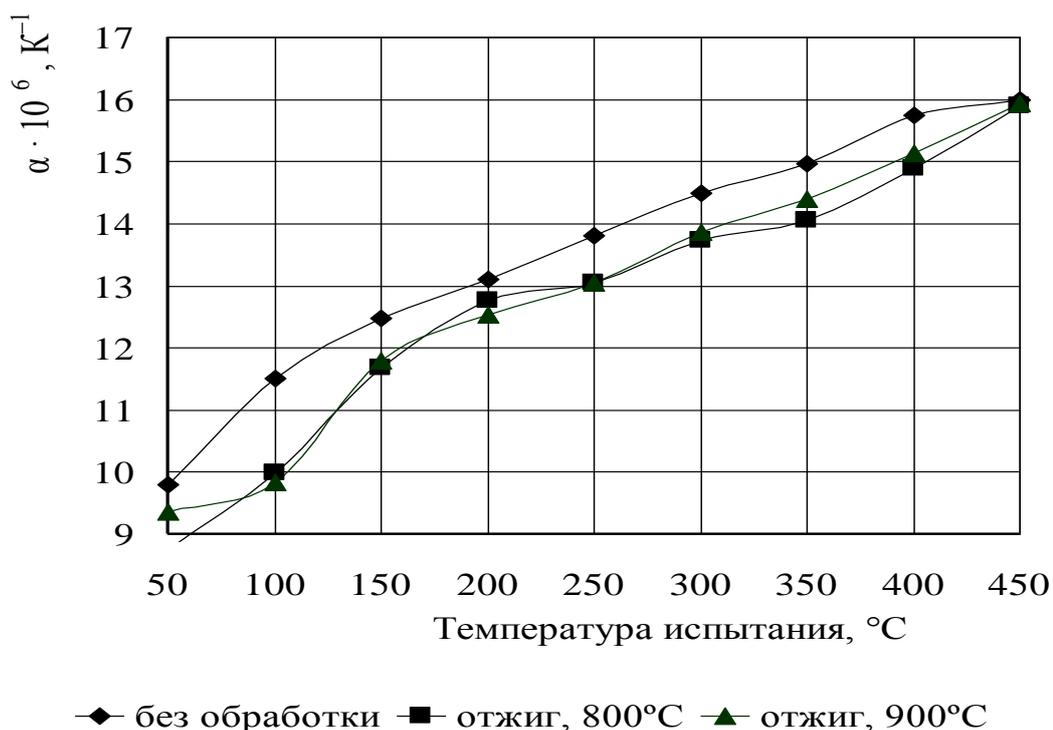


Рисунок 2 – Влияние температуры отжига при 800 и 900°C (время выдержки 10 ч) на линейное расширение листовой горячекатаной стали 10, изготовленной с использованием ДТЦО

Таким образом, использование ДТЦО для изготовления листа из стали 10 (толщина 3 мм) повышает величину ее коэрцитивной силы не более чем на 8 % по сравнению с промышленным режимом и не оказывает существенного влияния на термическое расширение. Последующий высокий отжиг (900°C) в течение 10 ч листовой стали 10, изготовленной с использованием термоциклическойковки, позволяет снизить ее коэрцитивную силу почти в 3 раза по сравнению с термически необработанной сталью, а также уменьшить ТКЛР в среднем более чем на 6 % в интервале до 450°C.

Список литературы

1. Prudnikov A.N. Influence of Thermal-Cyclic Deformation and Hardening Heat Treatment on the Structure and Properties of Steel 10 // A.N. Prudnikov, V.A. Prudnikov // Applied Mechanics and Materials. – Vol. 788. – pp. 187-193.
2. Патент 20130084 РФ Способ термоциклической обработки чугуна / В.К. Афанасьев, Н.В. Чибряков, А.Н. Прудников и др. – Заявл. 07.07.1998. – Оpubл. 10.05.1999. – Б. И. № 13. – С. 455.
3. Прудников А.Н. Комплексное воздействие отжигов и термоциклической ковки на структуру и свойства заэвтектических силуминов // Деформация и разрушение материалов.– 2014.– № 2.–С.14-20.
4. Прудников А.Н. Поршневые деформируемые заэвтектические силумины // Технология металлов.– 2014.– № 2.– С. 8-11.
5. Прудников А.Н. Исследование термоциклической деформации для получения полуфабрикатов из заэвтектических силуминов / А.Н. Прудников, В.А. Прудников / Сб. материалов XIX Межд. научн.-практ. конф. «Металлургия: технология, инновации, качество» – 15-16 ноября 2015 г. – Новокузнецк, СибГИУ, 2015. – С. 15-18.
6. Прудников А.Н. Оценка воздействия термоциклической деформации и последующей термической обработки на электрофизические свойства низкоуглеродистой стали / А.Н. Прудников, М.В. Попова, В.А. Прудников// Актуальные проблемы в машиностроении: – 2015.– № 2.– С. 396-400.
7. Прудников А.Н. Влияние термической обработки на электрические свойства низкоуглеродистой стали, изготовленной с использованием ДТЦО / А.Н. Прудников, М.В. Попова, В.А. Прудников / Сб. материалов 7-ой Межд. научн.-практ. конф. «Инновации в машиностроении» – 23 сентября 2015 г. – Кемерово, КГТУ, 2015. – С. 377-380.
8. Прудников А.Н. Оценка структуры, свойств и загрязненности неметаллическими включениями деформационно-термоциклически обработанной стали 10 / А.Н. Прудников, В.А. Прудников и др. / Сб. материалов XIX Межд. научн.-практ. конф. «Металлургия: технология, инновации, качество» – 15-16 ноября 2015 г. – Новокузнецк, СибГИУ, 2015. – С. 35-39.
9. Федюкин В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин/ В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский – Л. Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989.– 255 с.

МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МОЛИБДЕН-НИОБИЕВЫЕ ОБОЛОЧКИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕРМОЭМИССИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЭНЕРГИИ

Стрелецкая О.С.

НИТУ МИСиС, РФ, г. Москва

В соответствии с концепцией развития космической ядерной энергетики в Российской Федерации, одобренной Постановлением Правительства РФ от 02.02.1998г., одним из важнейших направлений является создание перспективных ядерных энергетических и двигательных установок, относящихся к базовым технологиям двойного назначения. Среди них важное место занимают установки на основе термоэмиссионных реакторов-преобразователей, к оболочкам твэлов которых предъявляется комплекс высоких требований: высокая рабочая температура (1500-1800°С), термоэмиссионная эффективность, совместимость с ядерным топливом, высокое сопротивление силовому воздействию топлива и газообразных продуктов деления в течение 3-10 лет.

За период с 1960 по 1990 года в нашей стране накоплен богатый опыт разработки и эксплуатации ядерных установок в составе целевых космических комплексов, создана и более 15 лет эксплуатировалась термоэлектрическая ядерная установка «Бук», успешно проведены летные испытания термоэмиссионной ядерной энергетической установки «Тополь» («Топаз») и наземные испытания установки «Енисей» («Топаз-2»), проведена наземная отработка активной зоны ядерного ракетного двигателя. Достигнут высокий уровень термоэмиссионных технологий, обеспечивающий приоритет России в этой области.

Рассмотрим принципиальную схему термоэмиссионного преобразователя энергии (рис.1). Термоэмиссионный преобразователь энергии (ТЭП) – преобразователь тепловой энергии в электрическую, на основе эффекта термоэлектронной эмиссии. На катод 1, изготавливаемый обычно из тугоплавких металлов, от источника тепла поступает тепловая энергия Q_1 , достаточная для возникновения заметной термоэмиссии электронов с поверхности этого металла. Электроны, увеличив свою кинетическую энергию, преодолевают вакуумированное межэлектродное пространство 2 и попадают на поверхность металлического анода 3. Электроны, с одной стороны, отдают ему часть своей кинетической энергии, а с другой стороны, создают избыток отрицательных зарядов на поверхности этого металла, увеличивая его отрицательный потенциал. Избыток зарядов стекает по внешней электрической цепи, проходя по сопротивлению нагрузки 4 в виде полезного тока, и вновь попадет на катод. Если в этой модели обеспечить

непрерывное подведение тепла Q_1 , достаточное для образования термоэмиссии, то во внешней цепи по сопротивлению нагрузки 4 будет протекать непрерывный ток.

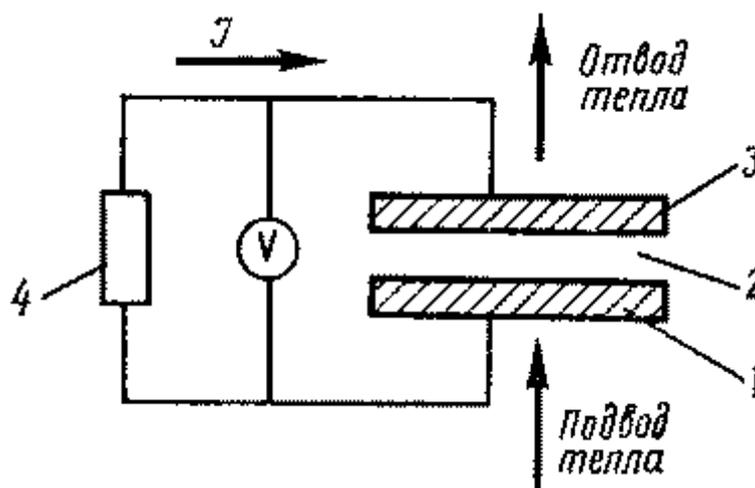


Рисунок 1 – Схема простейшего термоэмиссионного преобразователя

В качестве топлива РТЭП используется диоксид урана UO_2 . Это связано с тем, что хорошо изучены его свойства, отлажена технология получения.

Диоксид урана совместим со многими материалами, что является его весьма ценным свойством.

Выбор материалов для электродов и других элементов энергетической конструкции ТЭП представляет собой сложную задачу. Для обеспечения значительного ресурса и высоких значений КПД к материалам, из которых изготавливают электроды, предъявляют определенные требования. Материал катода должен иметь высокую (свыше $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуру плавления и обладать хорошими механическими характеристиками при рабочих температурах. Также очень важен вопрос о работе выхода материала катода.

- 1) высокая вакуумная работа выхода;
- 2) низкая степень черноты, для снижения тепловых потерь на коллектор и повышения КПД установки;
- 3) малое сечение поглощения тепловых нейтронов для минимизации массогабаритных характеристик реактора;
- 4) совместимость с материалом топливного сердечника и парами цезия;
- 5) малая диффузионная проницаемость в нем компонентов топлива и продуктов деления для обеспечения стабильности эмиссионных характеристик и механических свойств во времени;
- 6) низкая упругость паров;

7) высокое сопротивление действующим со стороны топлива нагрузкам и, в первую очередь, низкая скорость ползучести при механических напряжениях, возникающих в нем за счёт взаимодействия с распухающим топливным сердечником;

8) низкая температура хрупко-пластического перехода и высокая технологичность; при рабочих температурах запас пластичности должен быть достаточным для обеспечения максимально допустимой деформации эмиттера без его разрушения;

9) низкое электросопротивление.

Исходя из требований видно, что кандидатными материалами для эмиттера являются тугоплавкие материалы, такие как W, Mo и их сплавы.

В таблице 1 показаны значения работы выхода некоторых катодных материалов, их испаряемость, степень черноты и температура плавления для оценки применимости их в энергетических конструкциях ТЭП.

Таблица 1 Данные для оценки применимости материалов в ТЭП

Катодные материалы	Характеристики			Температура плавления, °С
	Работа выхода, эВ	Неиспаряемость при 2000 °С	Степень черноты при 2000 °С	
W	4,52	$4,36 \cdot 10^{-10}$	0,30	3390
Ta	4,10	$1,6 \cdot 10^{-8}$	–	2900
Mo	4,29	$5,3 \cdot 10^{-7}$	0,25	2630
Nb	3,99	$1,3 \cdot 10^{-7}$	0,37	2500

Практика разработки термоэмиссионных реакторов-преобразователей встроенного типа показывает, что основным ресурсоограничивающим фактором в конструкции вентилируемого твэла является деформация эмиттерной оболочки под действием распухающего топливного сердечника, в связи с чем возникает задача ее снижения для увеличения ресурса работы всей установки. Для решения этой задачи используют упрочненные монокристаллические Mo-Nb оболочки, способные перераспределять объемные изменения топлива во внутренний свободный объем твэла, сохраняя за счет этого рабочую величину межэлектродного зазора электрогенерирующего канала. Легирование молибдена ниобием приводит к увеличению характеристик кратковременной прочности в 3-4 раза и снижению скорости установившейся ползучести на 3-4 порядка по сравнению с нелегированным монокристаллическим молибденом при рабочей

температуре оболочки 1700°C, при этом подавляется стадия мгновенной деформации и уменьшается деформация на стадии неустановившейся ползучести.

В соответствии с требованиями технического задания на ТЭП, для обеспечения всего ресурса работы многоэлементных электрогенерирующих каналов термоэмиссионных реакторов-преобразователей второго поколения, содержание Nb в эмиттерной оболочке должно находиться в определённом интервале концентраций ниобия (1 – 10) % масс при равномерном его распределении. Для достижения поставленной цели была проведена работа по измерению содержания Nb в сплаве Mo-Nb с помощью количественного рентгенофлуоресцентного анализа.

Статистическая обработка результатов измерений содержания Nb показала, что:

1. систематические погрешности не значимы по сравнению со случайной погрешностью
2. случайная погрешность результата определения ниобия составляет 0,085 % при массовой доле ниобия (1–5) %, 0,153 % при массовой доле ниобия (5–8) % и 0,285 % при массовой доле (8–10) %

Список литературы

1. Елисеев В.Б., Пятницкий А.П., Сергеев Д.И. Термоэмиссионные преобразователи энергии. АТОМИЗДАТ, 1970 – 90с.
2. Савицкий Е.М., Бурханов Г.С. Металловедение тугоплавких металлов и сплавов. Наука, 1967 – 221с.
3. Лосев Н.Ф. Количественный рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. Наука, 1969 – 336с.

СЕКЦИЯ №8.

**ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

СЕКЦИЯ №9.

**АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)**

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОДВОДНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Казанчева А.Н.

Сургутский институт нефти и газа, РФ, г. Сургут

Западная Сибирь является крупнейшей российской территорией по запасам и добыче нефти. На ней находится большое количество месторождений, которые пересекаются трассами трубопроводов. Большое количество наземных вод в виде рек, ручьев, протоков создаёт сложности при проектировании трассы трубопровода. Как правило, трубопровод проводят по короткой трассе (от начальной до конечной точки), т.е. по прямой линии. В результате строительства трубопровода мы сталкиваемся с пересечением рек. Кроме того, река, меняя свое русло, впоследствии может «задеть» трубопровод и он становится вместо наземного – подводным.

Стадии развития речной долины [2].

Речная долина – это вытянутое наклонное углубление в земной поверхности, которое образуется текущей водой. Самой низкой частью долины является дно. В нем обычно и протекает водный поток, если уровень воды не поднимается, например, в половодье или из-за сильных ливней. Русло иногда разбивается на отдельные рукава, разделенные островами или осередками (скоплениями наносов в виде отмелей либо островков). В половодье река выходит из берегов и заливая часть своей долины – пойму. На склонах долины ступенями располагаются террасы - остатки древних пойм, «рассказывающие» об истории формирования реки и долины.

На протяжении времени существования река переживает периоды юности, молодости, зрелости и старости. В период юности река протекает по неровному рельефу, региональный уклон ее русла на всем протяжении чрезвычайно крутой, скорость течения велика; кое-где обособляются отдельные участки, развитие которых контролируется местными базисами эрозии. В период молодости река стремится углубить свое русло только в верхнем течении, где еще наблюдаются процессы глубинной эрозии. В среднем и нижнем течении рек глубинная эрозия сменяется боковой. На стадии зрелости скорость течения равномерно уменьшается от верховьев к устью. На данном этапе характерно появление излучин, а именно меандр, которые приводят к увеличению коэффициента извилистости реки, образованию рукавов (вода протекает параллельно основному руслу реки), и возникновению аллювиальных равнин поймы. Река вступает в стадию старости тогда, когда дно ее долины достигает ширины, во много раз превышающей ширину

поймы меандрирующей реки. Данный этап развития характеризуется максимальным коэффициентом извилистости.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) представляет собой процесс, при котором собирается информация об объекте, территории или явлении без непосредственного контакта с ним [5]. К дистанционному зондированию относят все виды неконтактных съемок, которые проводятся с различных измерительных платформ, таких как: летательные воздушные и космические аппараты (самолеты, вертолеты, спутники и т. д.), суда, подводные лодки, наземные станции. Снимок в данном случае определяется как двумерное метрическое изображение конкретных объектов, получаемое непосредственно в результате дистанционной регистрации и измерения собственного или отраженного излучения. Вследствие этого происходит детальное сканирование информации об исследуемых географических объектах.

В настоящее время – это самый универсальный и наиболее широко используемый вид зондирования природной среды с помощью различных летательных аппаратов. Эффективность применения фотосъемок связана с высокой степенью пространственного и спектрального разрешения, что имеет особую важность в определении закономерностей пространственно-временного изменения природно-технических условий эксплуатации и технического состояния магистральных трубопроводов.

Магистральный трубопровод является единственным производственно-технологическим комплексом, включающим в себя здания, сооружения, его линейную часть, в том числе объекты, используемые для обеспечения транспортирования, хранения и перевалки на автомобильный, железнодорожный и водный виды транспорта жидких или газообразных углеводородов, измерения жидких (нефть, нефтепродукты, сжиженные углеводородные газы, газовый конденсат, широкая фракция легких углеводородов, их смеси) или газообразных (газ) углеводородов.

Основными направлениями применения данных ДЗЗ на водные объекты для анализа русловых процессов и определения опасности их проявления являются [3]:

1. Определение характера рельефа поймы, степени заболоченности, направления русла реки, морфометрических параметров (длина реки, коэффициент извилистости, густота речной сети). Данный контроль необходим для рек с труднопроходимыми пойменными участками значительной протяженности, которые не могут быть учтены при проведении наземных исследовательских работ.

2. Исследование особенностей гидрологического режима реки и ее поймы. А именно, оценка уровня воды, скорость течения, уклон водной поверхности, сроки наступления и окончания различных стадий ледового периода и т.д.). Данные работы

проводятся с целью определения границ затопления поймы при прохождении паводковых вод, характера функционирования рукавов и протоков в разные фазы водного режима.

3. Оценка горизонтальных (плановых) деформаций русла. Экспертная оценка русловых процессов наиболее эффективна с использованием космических снимков, сделанных в разное время, как на стадии проектирования, так и при эксплуатации инженерного объекта, что позволяет увидеть изменения русел рек за определенный период времени и воспроизвести анализ их дальнейшего развития. Своевременно выявленные гидрологические явления обеспечивают бесперебойное функционирование линейных трубопроводов, пересекающих водные объекты. Недоучет динамики русел рек при проектировании трасс переходов приводит к размывам трубопроводов, опор ЛЭП и мостов в период непосредственной эксплуатации. Существенные проблемы возникают в руслах слабоустойчивых рек, где деформации русла наиболее выражены. При этом скорость плановых деформаций может составлять до нескольких метров в год.

4. Контроль состояния магистральных трубопроводов. Использование изображений с высоким пространственным разрешением позволяет оценить техническое состояние наблюдаемого объекта, оперативно выявить опасное направление развития руслового процесса. Строительство и эксплуатация подводных линейных трубопроводов, как и других инженерных сооружений, изменяют рельеф речного русла и поймы. В дальнейшем при эксплуатации, они подвергаются воздействию со стороны реки.

5. Определение динамики смещения донных гряд вдоль русла рек. Для неглубоких русел рек учитываются характерные формы рельефа речного русла и поймы разного размера - микроформы (размеры донных гряд меньше глубины русла) и мезоформы (донные гряды соизмеримы с поперечными размерами самого русла), которые можно детально проанализировать с помощью космической съемки. Подобные исследования важны для рек, которые переносят большое количество песчаных наносов в грядовой форме, например, реки северной части Западной Сибири и Европейской территории России. Смещение мезоформ вниз по течению обуславливает перепады глубин амплитудой до 3 м и более, что обеспечивает изменчивость рельефа дна и интенсивность плановых и вертикальных деформаций. Тем самым определяет высокую степень опасности для инженерных сооружений, пересекающих реку или находящихся в непосредственной близости к берегам [1]. Благодаря оптическим системам, которыми оснащены спутники ДЗЗ появляется возможность получить точную информацию о мезоформах русла под водой на глубине до 4 м, о микроформах – до 12 м.

Таким образом, основные требования к методу дистанционного зондирования магистральных трубопроводов должны быть следующие: дистанционность, оперативность, высокая скорость перемещения аппаратуры зондирования, многофункциональность, точность при устранении места утечки, высокая чувствительность аппаратуры, низкая стоимость зондирующей аппаратуры, возможность автоматизации, простота в обслуживании аппаратуры, безопасность в эксплуатации, проведение дистанционного зондирования в дневное время[1]. Накопленный опыт внедрения космических данных ДЗЗ для мониторинга русловых процессов позволяет систематизировать полученные данные, избежать ошибок при выборе трассы пересечения линейных трубопроводов с водными объектами, проводить детальные исследования руслового процесса или динамики берегового участка водоемов, с целью эксплуатации и защиты от размывов подводных магистральных трубопроводов.

Список литературы

1. Методы мониторинга качества нефтегазовых коммуникаций: монография/ К.И. Бушмелева; Сургут. гос. ун-т ХМАО-Югры.-Сургут: ИЦ СурГУ, 2014- 118с.
2. Широкова В.А., Фролова Н.Л. Вода: моря и океаны, реки и озера: Энциклопедия ОЛМА – М.:ОЛМА Медиа Групп, 2013.- 66с.
3. Дистанционное зондирование земли : учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. – 5с.
4. Электронный текст документа СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* подготовлен АО "Кодекс" и сверен по: официальное издание М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013.
5. Использование данных ДЗЗ для мониторинга русловых процессов и диагностики технического состояния подводных переходов магистральных трубопроводов А.Н. Бриллиантов, А.В. Глотко, Г.Д. Жуков, И.Н. Каргаполова. Журнал «ГЕОМАТИКА»№1, 2009 г.-66-70с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИТОВ В РАЗМЕРОСТАБИЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Кулик В.И., Нилов А.С.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Размерная стабильность – это способность материалов сохранять свои первоначальные размеры и геометрическую форму под воздействием внешних факторов – температуры и влаги, характеризуемая степенью линейных и объемных искажений в заданном диапазоне температур и выражается в процентах.

Эффективность функционирования космического аппарата напрямую зависит от точности позиционирования приборов астроориентации и целевой аппаратуры в условиях космического полета, характеризующегося динамично меняющимся тепловым режимом. Вследствие этого важнейшим критерием качества прецизионной космической конструкции является термическая стабильность в пределах заданной точности ее геометрических характеристик. Параметры размерной стабильности современных высокоточных конструкций определяются значениями 10 мкм/м для линейных базовых точек (при $\Delta T = 10^0\text{C}$). Обеспечение столь жестких требований по прецизионности требует специальных проектно-конструкторских решений, к которым относятся [1]:

- выбор конструктивно-силовой схемы (КСС), обеспечивающей минимальные термические деформации конструкции при одновременном удовлетворении жесткостных и прочностных требований;
- минимизация диапазона изменения температур эксплуатации (стабильность температурного поля конструкции);
- минимизация коэффициентов линейного термического расширения (КЛТР) конструкции.

В условиях постоянного ужесточения требований по точностным и массовым характеристикам космических аппаратов основную роль в достижении размеростабильности конструкций, обеспечивающих геометрическую прецизионную связь, начинают играть конструкционные материалы с низкими по абсолютной величине и стабильными КЛТР.

К современным оптическим системам связи или исследовательского назначения, которые в первую очередь размещены в космосе, предъявляются высочайшие требования по надежности и качеству принимаемого и передаваемого сигнала или изображения. Эти требования обеспечиваются, главным образом, за счет стабильности размеров и формы

передающих или принимающих систем в широком диапазоне температур космического пространства.

Основными конструктивными элементами оптических систем космического назначения являются зеркала, узлы крепления зеркал (спайдеры), тубы или кожухи телескопов, силовой трубчатый каркас телескопов, установочные панели и т.д. На текущий момент времени в качестве конструкционных материалов для элементов этих систем применяются алюминиевые или магниевые сплавы, полимерные композиционные материалы (главным образом углепластики), монолитная керамика и др.

Тем не менее, эти материалы в полной мере не обеспечивают все более возрастающие требования к размерной стабильности оптических систем космического назначения. Кроме того, применительно к монолитной керамике, существуют большие технологические ограничения при получении тонкостенных зеркал больших размеров и сложных конфигураций с наличием тонкостенных ребер жесткости и облегчающими выборками.

С точки зрения создания жестких, легких, термостабильных композитных конструкций одними из наиболее перспективных материалов являются карбидокремниевые керамоматричные композиты (КМК) слоистой структуры, имеющие высокую удельную жесткость, низкий по абсолютной величине и стабильный КЛТР, а также обеспечивающие возможность управления в широком диапазоне термодформационными свойствами конструкции путем выбора армирующих волокон и изменения структурных параметров материала.

Управление микроструктурой монослоев волокнистых КМК позволяет получить структуры с одно- и двухосной размеростабильностью, в которых КЛТР вдоль одной или двух ортогональных осей равен нулю (одно- или двухосная термонеутральность) или некоторому ранее заданному значению.

При создании композиционного материала слоистой структуры с заданным КЛТР управляемыми параметрами являются исходные термоупругие свойства наполнителя и матрицы, их объемное содержание в композите и углы ориентации слоев. Эти параметры однозначно определяют возможность создания композита с заданным значением КЛТР путем оптимального выбора типа материала, его структурных параметров и схемы армирования.

Многослойными принято называть материалы, образованные последовательной укладкой нескольких разноориентированных монослоев (рис. 1). Каждый из монослоев характеризуется набором характеристик: E_1 , E_2 , G_{12} , ν_{12} , α_1 , α_2 , φ . Здесь $1, 2$ – оси "естественной" системы координат однонаправленного монослоя (рис. 2) [3].

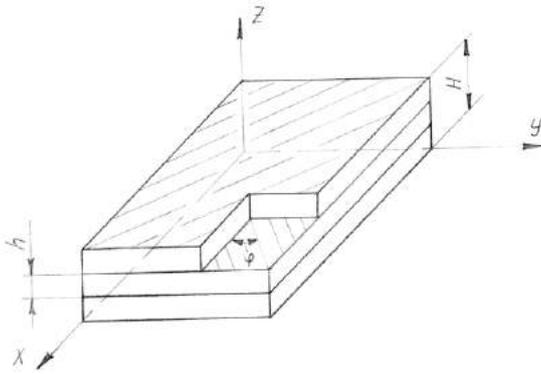


Рис. 1. Структура многослойного композита

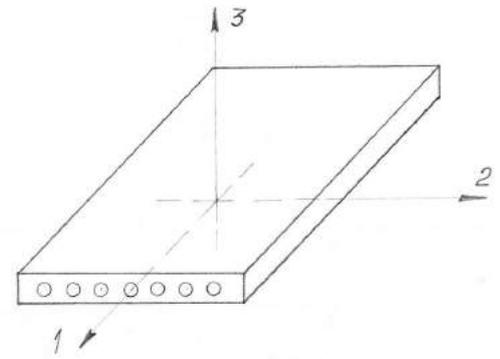


Рис. 2. Оси "естественной" системы координат монослоя

Проведем предварительный анализ возможности создания одно- и двухосно термонеutralных слоистых КМК на основе углеродных волокон и углеродкарбидокремниевой матрицы (КМК, получаемые по технологии LSI (Liquid Silicon Infiltration) – пропиткой расплавом кремния углерод-углеродного композиционного материала).

Двухоснотермонеutralными структурами являются многослойные материалы, для которых выполняется условие:

$$\alpha_x = \alpha_y = 0 \quad (1)$$

Для перекрестно-армированных материалов с углами укладки слоев $\varphi = \pm 45^\circ$ условие двухосной термонеutralности определяется следующим соотношением между термоупругими характеристиками монослоя [2]:

$$-\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{E_2(1+\nu_{12})}{E_1(1+\nu_{21})}, \quad (2)$$

где α_1, α_2 – КЛТР монослоя в направлении осей "естественной" системы координат (рис.2); E_1, E_2 – модули упругости монослоя; ν_{12}, ν_{21} – коэффициенты Пуассона монослоя.

В работе [3] приведены зависимости термоупругих характеристик монослоя от объемного содержания волокна:

$$E_1 = \psi E_{a||} + (1 - \psi) E_c; \quad (3)$$

где ψ – объемное содержание волокна; $E_{a||}$ – модуль упругости волокон в осевом направлении; E_c – модуль упругости связующего ($E_c = 30$ ГПа).

$$E_2 = \left[\left(1 - 2\sqrt{\frac{\psi}{\pi}} \right) \frac{1}{1-\nu_c^2} + 2\sqrt{\frac{\psi}{\pi}} J \right] E_c; \quad (4)$$

где ν_c – коэффициент Пуассона связующего ($\nu_c = 0,17$); J – коэффициент, определяемый по следующей зависимости:

$$J = \frac{1}{bE_c} \left[\frac{\pi}{2} - \frac{2a}{\sqrt{a^2 - b^2}} \arctg \sqrt{\frac{a-b}{a+b}} \right];$$

$$\mathbf{a} = \frac{1 - \nu_c^2}{E_c};$$

$$\mathbf{b} = 2\sqrt{\frac{\psi}{\pi}} \left[\frac{1 - \nu_{a\perp D} \nu_{a\perp L}}{E_{a\perp}} - \mathbf{a} \right];$$

где $\nu_{a\perp D}$, $\nu_{a\perp L}$ – коэффициенты Пуассона анизотропных волокон; $E_{a\perp}$ – модуль упругости волокон в радиальном направлении.

$$\nu_{12} = (1 - \psi)\nu_c + \psi\nu_{a\perp L}; \quad (5)$$

$$\nu_{12} = \frac{\nu_{12} E_2}{E_1}; \quad (6)$$

$$\alpha_1 = \alpha_c(T) - [\alpha_c(T) - \alpha_{a\perp}] \frac{\psi E \alpha_D}{E_1}; \quad (7)$$

$$\alpha_2 = [1 + \nu_c] \alpha_c(T) (1 - \psi) + \alpha_{a\perp} \psi (1 + \nu_{a\perp L}) - \alpha_1 [\psi \nu_{a\perp L} + (1 - \psi) \nu_c]; \quad (8)$$

где $\alpha_c(T)$ – КЛТР матрицы ($\alpha_c(T) = 4 \cdot 10^{-6}$ 1/К); $\alpha_{a\perp}$ – КЛТР волокна в радиальном направлении; $\alpha_{a\parallel}$ – КЛТР волокна в осевом направлении.

Подставив зависимости (3) - (8) в уравнение (2) и решив его относительно ψ , получим значение объемного содержания волокна, обеспечивающее получение двухоснотермонеutralной структуры перекрестно-армированного КМК с углами укладки слоев $\varphi = \pm 45^\circ$.

Результаты расчета для КМК, армированных различными углеродными волокнами, приведены в табл. 1.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что ни с одним из представленных видов углеродных волокон невозможно получение двухоснотермонеutralной структуры КМК, так как требуемое для этого объемное содержание волокна превышает единицу.

Рассмотрим возможность создания однооснотермонеutralной структуры слоистого КМК, т.е. многослойных композиционных материалов, для которых выполняется условие $\alpha_x = 0$ или $\alpha_y = 0$ и, для которых при изменении температуры не происходит изменения линейных и угловых размеров либо вдоль оси x , либо вдоль оси y .

Проектирование подобной структуры сводится к вычислению угла укладки слоев перекрестно-армированного КМК. Величину данного угла можно получить из следующего квадратного уравнения:

$$X^2 + B \cdot X + C = 0; \quad (9)$$

где $X = (tg(\varphi))^2$; B и C – коэффициенты, являющиеся функцией коэффициентов жесткости и КЛТР монослоя.

Таблица 1.

Результаты проектирования двухснотермонеutralной структуры КМК, армированных различными углеродными волокнами

	Марки углеродных волокон				
	ВМН-4 Модмор-II Торейка-700	ВЭН-210 Торнел-50	Графил-НМС Карболон-Z	ВМН-5 РАЕ-1	Кулон Бесфайт НМ-45
Характеристики волокон					
E_{aD} , ГПа	260	340	380	410	460
$E_{a\perp}$, ГПа	13,0	9,8	7,5	6,6	6,6
ν_{aD}	0,250	0,30	0,33	0,35	0,35
$\nu_{a\perp D}$	0,013	0,01	0,007	0,006	0,006
$\alpha_{aD} \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$	-0,7	-1,0	-1,2	-1,2	-1,2
$\alpha_{a\perp} \cdot 10^6 \text{ K}^{-1}$	27,3	27,3	27,3	27,3	27,3
ρ , кг / м ³	1700	1700	1900	1750- 2000	1900
Характеристики монослоев					
ν_{12}	0,25	0,3	0,33	0,35	0,226
ν_{21}	0,014	0,0099	0,0068	0,0055	0,0079
E_1 , ГПа	260	340	380	410	331
E_2 , ГПа	14,9	11,2	7,8	6,5	11,7
Объемное содержание волокна					
Ψ	>1,0	>1,0	>1,0	>1,0	>1,0

В результате проведенных расчетов по зависимости (9) определена структура КМК (расчеты проводились для $\psi = 0,7$) для различных типов углеродных волокон, которая соответствует условию термостабильности в одном направлении ($\alpha_x = 0$). При этом были определены и коэффициенты термического расширения КМК в направлении оси y . Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Видно, что для всех рассмотренных типов углеродных волокон возможно получение однооснотермонеutralной структуры КМК.

Таблица 2.

Результаты проектирования однооснотермонеutralной структуры КМК, армированных различными углеродными волокнами

Вид волокна	КЛТР, 1/К	Угол армирования φ , град.
ВМН-4/Модмор-II/Торейка-700	$4,035 \cdot 10^{-6}$	51,505
ВЭН-210/Торнел-50	$2,076 \cdot 10^{-6}$	51,76
Графил-НМС/Карболом-Z	$7,645 \cdot 10^{-7}$	51,87
ВМН-5/РАЕ-1	$3,296 \cdot 10^{-7}$	51,91
Кулон/Бесфайт НМ-45	$-3,094 \cdot 10^{-7}$	51,91
Кулон-700	$-1,19 \cdot 10^{-6}$	51,973

Таким образом, проведенные исследования показали, что современные КМК на основе карбидокремниевой матрицы и углеродных волокон, получаемые методом жидкофазного силицирования углерод-углеродных композиционных материалов позволяют получать на их основе однооснотермонеutralные структуры, обеспечивающие термостабильность конструкций в одном направлении.

Список литературы

1. Климкова Л.А. Возможности использования углепластиков в термостабильных структурах прецизионных конструкций / Л.А. Климкова, А.О. Половый // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер.: Машиностроение, 2008. – №2. - с. 22-28.
2. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др. - М.: Машиностроение, 1990. - 512 с.
3. Скудра А.М. Элементы строительной механики стержневых систем из композиционных материалов / А.М. Скудра, Ф.Я. Булавс, М.Р. Гурвич, А.А. Круклиньш. - Рига: Зинатне, 1989. - 248 с.

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ КАК ПАРАМЕТР ЗОНЫ КОМФОРТА ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Козловцева Е.Ю., Калашникова Ю.С.

ВолгГТУ, РФ, г. Волгоград

Человек чувствует себя особенно хорошо в «зоне комфорта». В литературных источниках это чаще называют «оптимальными параметрами микроклимата». Помимо тепловых параметров состояния воздуха (температура, влажность, скорость движения) и таких прочих факторов как шум, освещение и другие на комфортность микроклимата помещения оказывает влияние качество (чистота) воздуха. Среди факторов внешней среды, влияющих на организм человека, воздух является наиболее значимым, так как является источником газообразных веществ, необходимых для жизни человека (O_2 , N_2 и другие), участвует в механизмах теплообмена, а его степень загрязнения способна повлиять на самочувствие и здоровье.

Согласно ГОСТ 30494—2011 [2], качество воздуха - состав воздуха в помещении, при котором при длительном воздействии на человека обеспечивается оптимальное или допустимое состояние организма человека.

В настоящей статье уделяется внимание именно воздуху в помещениях, так как современный житель крупных городов в зависимости от образа жизни и трудовой деятельности около 50-90% суток проводит в различных помещениях. Этим подчеркивается важность и актуальность проблемы качества воздушной среды (запыленности) общественных помещений, таких как офисы, образовательные учреждения, торговые центры, и другие.

Пыль, вредные химические соединения и запахи, присутствующие в воздухе, не только неприятны и доставляют дискомфорт человеку, но и представляют опасность для здоровья человека. Гораздо меньше изучен вопрос влияния твердых взвешенных частиц, находящихся в воздухе помещений, на здоровье людей. Они включают в себя мелкодисперсные частицы размером менее 10 мкм, так называемые частицы PM_{10} , и частицы размером менее 2,5 мкм, $PM_{2.5}$. Тем не менее, ряд зарубежных исследований, анализируемых в работе [7] подтверждают взаимосвязь заболеваний дыхательной и сердечнососудистых систем с качеством внутреннего воздуха. Считается, что именно частицы PM_{10} и $PM_{2.5}$ служат «маркерами» для здоровья, отмечаемых в городских условиях.

Говоря о «зоне комфорта» человека, нельзя не упомянуть о термине «Синдрома больных зданий», приобретшим популярность еще в начале 90-х в г. Берлине на семинаре «Sick-Building-Syndrome» [6]. Загрязнение воздуха, недостаточное освещение и другие характерные черты «Синдрома больных зданий» приводят к снижению работоспособности, головным болям, раздражению слизистых оболочек, способствуют развитию хронической усталости и другим заболеваниям.

В настоящее время в США и европейских странах проблеме качества воздуха в помещениях уделяется много внимания, существуют понятия «outdoor air» (внешний воздух) и «indoor air» (внутренний воздух). В России же данная проблема мало изучена, практически не исследуется воздух помещений на наличие вредных веществ.

Качество воздушной среды закрытых помещений по химическому составу в значительной степени зависит от качества окружающего атмосферного воздуха, но всё же имеет определенную специфику. Строительные материалы, мебель, техника, системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха могут быть источниками загрязнения воздуха помещений и способны оказать влияние на самочувствие и здоровье людей. Следовательно, для обеспечения оптимального качества воздушной среды необходимый расход вентиляционного воздуха должен рассчитываться согласно [3], с учетом всех известных загрязнителей воздуха для обеспечения допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Дышать воздухом высокого качества важно для каждого человека, но особенно важно для уязвимых групп населения: в группе риска находятся дети, подростки, беременные женщины и пожилые люди, а также люди с респираторными или аллергическими заболеваниями.

В ходе изучения нормативной документации в области регулирования качества воздуха внутри помещений авторами не было найдено нормативов содержания, например, взвешенных частиц для воздуха помещений. В СанПиН 2.1.6.1032-01 указаны гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха населенных мест: «Основой регулирования качества атмосферного воздуха населенных мест являются гигиенические нормативы предельно допустимые концентрации (ПДК) атмосферных загрязнений химических и биологических веществ, соблюдение которых обеспечивает отсутствие прямого и косвенного влияния на здоровье населения и условия его проживания». И в ГН 2.1.6.2604-10 указаны ПДК взвешенных частиц PM10 и PM2.5 для атмосферного воздуха населенных мест. Однако для помещений нормативов не установлено. Более того, в статье 1 N 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха" указано, что «атмосферный воздух - жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную

смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений». Таким образом, некоторые документы в области охраны окружающей среды и охраны труда требуют пересмотра и дополнений. Система контроля качества воздуха помещений требует детальной регламентации.

Список литературы

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.2604-10. Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03 (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 19 апреля 2010 г. № 26). Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест // Гарант [Электронный ресурс]: справочная правовая система.
2. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система.
3. ГОСТ Р ЕН 13779-2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования // Техэксперт [Электронный ресурс]: профессиональная справочная система.
4. СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система.
5. Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Об охране атмосферного воздуха" // КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справочная правовая система.
6. Heuberger, F.: Sick Building Syndrom - Der Einfluß von RLT-Anlagen auf Gesundheits- und Befindensstörungen von Menschen in Aufenthaltsräumen. Diplomarbeit am Fachbereich Versorgungs- und Energietechnik der Technischen Fachhochschule Berlin (1994).
7. Kozlovtsseva E.Yu., Loboyko V.F., Nikolenko D.A., Monitoring of Fine Dust Pollution of Multistory Buildings Air Environment as an Adoption Factor of Town-planning Decisions» // Procedia Engineering, 150 (2016), p. 1954 – 1959.

ОБЛЕГЧЕННЫЙ КОНСОЛЬНО-БАЛОЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ПЕРЕМЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ ИЗ БАЛКИ С ГОФРИРОВАННОЙ СТЕНКОЙ

Литиков А.П., Тюмченкова Г.А., Жданова Я.А.

Самарский государственный технический университет, РФ, г. Самара

Самарский энергетический колледж, РФ, г. Самара

Одним из основных элементов большинства строительных конструкций является балка. Совершенствование форм балочных конструкций с целью снижения металлоемкости привело к появлению таких видов балок как перфорированные [1-5], гофрированные [6-11], с гибкой стенкой [12-14]. Однако, оптимальной с точки зрения распределения материала будет балка, которая по длине повторяет очертание эпюры

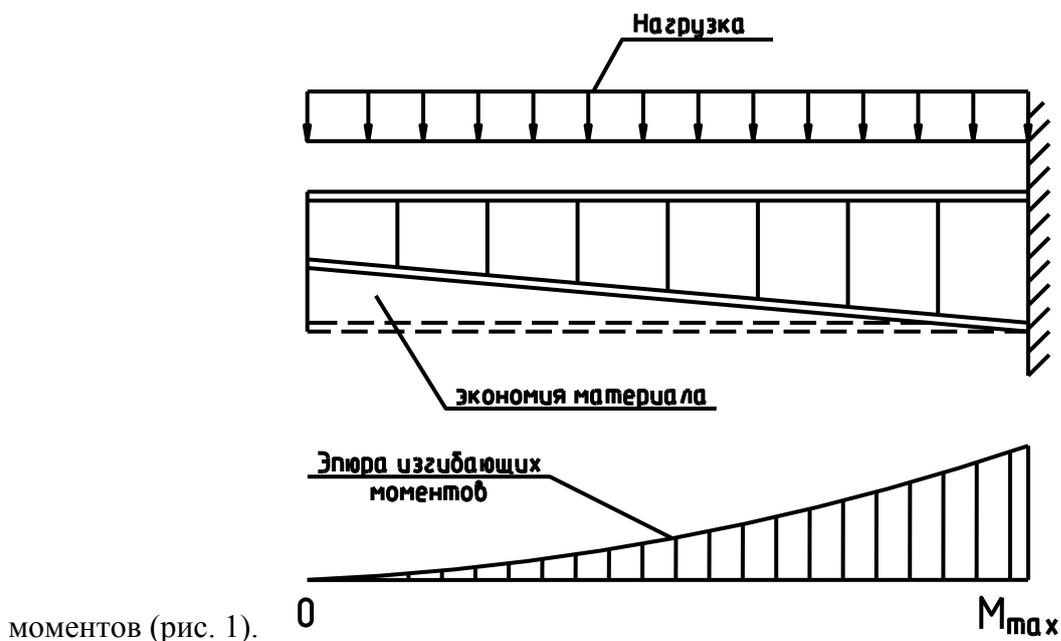


Рис. 1 – Распределение материала в зависимости от эпюры изгибающих моментов

Добиться существенного снижения металлоемкости возможно за счет совмещения вида балки и изменение ее жесткости в соответствии с эпюрой изгибающих моментов. Это наглядно демонстрируется в конструкциях козырьков и навесов консольного типа (рис. 2), а также в рамах из перфорированных [15] или гофрированных двутавров [16] (рис. 3).



а



б

Рис. 2 – Конструкция навесов:

а - навес для стоянки машин у магазина Metro; б – навес над трибунами стадиона.



а



б

Рис. 3 – Конструкции рам с элементами переменной жесткости:

а – из перфорированных двутавров; б – из гофрированных двутавров.

В данном направлении с участием авторов уже были опубликованы работы по гофрированным балки переменной жесткости [17, 18, 19, 20].

Ниже авторами предлагается новая конструкция облегченного консольно-балочного элемента переменной жесткости из двутавровой балки с гофрированной стенкой (рис. 4) [21].

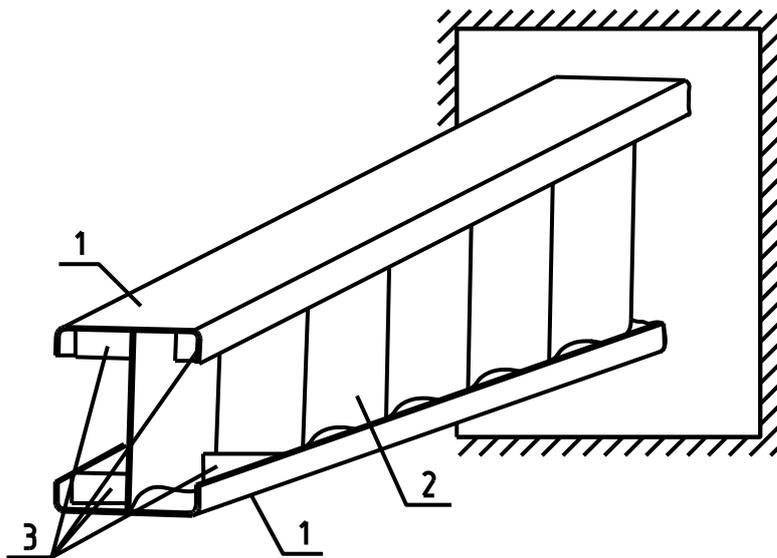


Рис. 4 – Конструкция балки с гофрированной стенкой:

1 – пояс балки, 2 – гофрированная стенка, 3 – ребро жесткости.

Особенность заключается в том, что он выполнен с переменной по длине высотой сечения, причем пояса выполнены из швеллера, повернутого полками внутрь, а в промежутках между вершиной гофра и полкой пояса, в местах приложения сосредоточенных нагрузок, установлены поперечные ребра жесткости.

Высота и длина гофрированной стенки назначается из условия обеспечения ее общей устойчивости.

Облегченный консольно-балочный элемент содержит два пояса (1), соединенные между собой тонкой гофрированной стенкой (2), а также ребра жесткости (3), выполненные из металлических пластин и установленные в местах приложения сосредоточенных нагрузок. Гофры стенки расположены в поперечном направлении и могут иметь произвольной профиль, например, синусоидальный.

Гофрированная стенка воспринимает только перерезывающую силу, вследствие чего изготавливается тонкой - толщиной 2-4 мм. Эта толщина обеспечивает передачу поперечной силы в поперечном сечении несущего строительного элемента. Устойчивость тонкой стенки обеспечивается созданием гофров в поперечном направлении. Высота и длина гофра назначается из условия обеспечения общей устойчивости гофрированной стенки. Ребро жесткости вваривается в промежуток между вершиной гофра и полкой пояса, выполненного из швеллера, повернутого полками внутрь.

Применение в качестве поясов швеллера, повернутого полками внутрь, позволяет повысить местную устойчивость поясов облегченного консольно-балочного элемента.

Установка ребер жесткости в местах приложения сосредоточенных нагрузок повышает локальную устойчивость гофрированной стенки и поясов.

Преимущество выполнения консольно-балочного элемента переменной по длине высотой сечения с поперечно-гофрированной стенкой по сравнению с постоянной по длине высотой сечения состоит в том, что изменение высоты сечения соответствует эпюре моментов, в результате чего достигается экономия металла.

Список литературы

1. Остриков Г.М. Оптимальные конструктивные формы стальных двутавровых балок // Строительная механика и расчет сооружений. 1988. № 5. С. 10-14.
2. Проектирование металлических конструкций: Специальный курс. Учебное пособие для вузов / В.В. Бирюлев, И.И. Кошин, И.И. Крылов, А.В. Сильвестров. Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.
3. Холопов И.С., Лукин А.О., Алпатов В.Ю., Соловьев А.В., Гудков К.Н. Облегченные металлические конструкции - опыт, разработка, внедрение // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2011. № 12 (155). С. 40-45.
4. Катин Л.В. Поиск снижения концентрации напряжений в стенке перфорированной балки применением отверстий перфорации криволинейной формы [Электронный ресурс]: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2014. С. 845-848 (дата обращения: 11.11.2015).
5. Холопов И.С., Лукин А.О., Валькаев Р.Р. Совершенствование конструкции балки с перфорированной стенкой // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Материалы 72-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2014 года – Самара: СГАСУ, 2015, с. 15-17.
6. Пічугін С.Ф., Чичулін В.П., Чичуліна К.В. Нові конструктивні рішення сталевих легких решітчастих балок із подвійною профільованою стінкою // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2012. Випуск 23. С. 390-395.
7. Крылов И.И., Кретинин А.Н. Эффективные балки из тонкостенных профилей // Известия вузов. Строительство. 2005. №6. С. 11-14.
8. Холопов И.С. А.О. Лукин, П.Н. Козырев. Совершенствование конструкции балки с гофрированной стенкой // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Материалы 72-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2014 года – Самара: СГАСУ, 2015, с. 68-71.

9. Лукин А.О. В.Ю. Алпатов, Д.Д. Чернышев Совершенствование конструктивного решения балки с гофрированной стенкой // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. № 2 (23). С. 4-9.
10. Кузнецов И.Л., Актуганов А.А., Трофимов А.П. Разработка и исследование металлодеревянной двутавровой балки // Известия КГАСУ. 2010. №1 (13). С. 117-121.
11. Полтораднев А.С. Вариация прочности отсеков при проектировании балок с плоской и гофрированной тонкой стенкой // Вестник гражданских инженеров СПбГАСУ. Архитектура. Строительство. Транспорт. С.-Петербург: 2012. №4. С. 175-179.
12. Притыкин А.И. Местная устойчивость балок с гибкой стенкой и способы ее повышения // Строительная механика и расчет сооружений. 2012. № 4. С. 25-31.
13. Симаков Ю.Н. К оценке несущей способности балок с гибкими неподкрепленными стенками // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 1. С. 25-28.
14. Полтораднев А.С. Эффективность балок с гибкой стенкой // Соискатель - приложение к журналу Мир транспорта. 2010. Т. 07. № 1. С. 46-48.
15. Соловьев А.В., Холопов И.С., Лукин А.О. Двутавровые сварные балки переменного сечения с круглой перфорацией // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 8. – С. 27-30.
16. Соловьев А.В., Лукин А.О., Алпатов В.Ю. Анализ эффективности применения двутаврового элемента с гофрированной стенкой при работе в сложном напряженно-деформированном состоянии // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 6. – С. 27-30.
17. Холопов И.С., Лукин А.О., Литиков А.П. Совершенствование конструкции ригеля плоского поверхностного затвора // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Материалы 72-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2014 года – Самара: СГАСУ, 2015, с. 18-19.
18. Холопов И.С., Лукин А.О., Литиков А.П. Ригель плоского поверхностного затвора / Пат. 144738 Российская федерация, МКП Е02В 7/26; заявитель и патентообладатель СГАСУ. - №2014114770/13; заявл. 14.04.2014; опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24. – 2 с.
19. Бальзанников М.И., Лукин А.О., Ильдияров Е.В., Литиков А.П. Ригель плоского поверхностного затвора / Пат. 155385 Российская федерация, МКП Е02В 7/26; заявитель и патентообладатель СГАСУ. - №2015119269/13; заявл. 21.05.2015; опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28. – 2 с.

20. Лукин А.О., Литиков А.П., Муморцев А.Н., Ильдияров Е.В., Позднеев М.В. Металлическая балка с гофрированной стенкой / Пат. 162845 Российская федерация, МКП Е04С 3/04; заявитель и патентообладатель СГАСУ. - №2015144488/03; заявл. 15.10.2015; опубл. 27.06.2016, Бюл. № 18. – 2 с.
21. Лукин А.О., Литиков А.П., Филатова А.В., Шевцов И.А., Алпатов В.Ю. Облегченный консольно-балочный элемент / Пат. 160642 Российская федерация, МКП Е04С 2/00; заявитель и патентообладатель СГАСУ. - №2015118544/03; заявл. 18.05.2015; опубл. 27.03.2016, Бюл. № 9. – 2 с.

КОНСТРУКЦИИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ МНОГОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РЕСПУБЛИКЕ ХАКАСИЯ

Нагрузова Л.П., Савекин Е.С.

ХТИ – филиал СФУ, РФ, Республика Хакасия, г. Абакан

Повышение эффективности капитального строительства может быть достигнуто за счет совершенствования бетонов и железобетонных конструкций на их основе, снижения материалоемкости и увеличения эффективности работы конструкций при строительстве в сейсмических районах, применения для их производства высокопрочных материалов.

Характерной особенностью развития материально-технической базы гражданского, жилищного и промышленного строительства является значительное расширение применения конструкций из высокопрочных бетонов при строительстве в сейсмических районах, как показывает отечественный и зарубежный опыт массовое внедрение этих конструкций приобретает важное народнохозяйственное значение и может дать стране ощутимый положительный экономический эффект.

В Республике Хакасия на сегодняшний день использование высокопрочных бетонов наиболее актуально, так как в ближайшем будущем будут реализованы проекты строительства двух девятнадцатиэтажных и двух семнадцатиэтажных домов в г. Абакане. Вопрос анализа и выбора выгодного с экономической, технологической и конструктивной точек зрения материала является основным.

На сегодняшний день уровень технических и экономических показателей бетона и железобетона занимает приоритетное место в структуре мирового производства строительной индустрии. В настоящее время во всех индустриально развитых странах расширяется применение высокопрочного бетона, прочность на сжатие которого выше 60 МПа, в условиях Республики Хакасия наиболее перспективным по уровню технических и

экономических показателей является применение микрокремнезема при изготовлении конструкций из высокопрочных бетонов.

Современную технологию производства бетонов трудно представить без использования химических и минеральных добавок-модификаторов различного назначения, позволяющих эффективно решать актуальные технико-экономические проблемы. [1, 2, 3, 4]

Учитывая все факторы уровня технических и экономических показателей, наиболее перспективным материалом применяемым при многоэтажном строительстве в Республике Хакасия является микрокремнезем, представляющий собой ультрадисперсный материал, улавливаемый рукавными фильтрами газоочистных установок, ферросплавного производства. Основным компонентом ультрадисперсных отходов является диоксид кремния аморфной модификации SiO_2 .

Сегодня на рынке строительных материалов большой выбор различных добавок для модифицированных бетонов. Большая часть из них основана на микрокремнеземе.

Минеральные добавки занимают среди них особое место. Они представляют собой дисперсные неорганические материалы, природного или техногенного происхождения, которые вводятся в состав бетонов или вяжущих.

В отличие от химических добавок они выполняют функции микронаполнителя, влияя на соотношение компонентов бетона и вяжущих и, в значительной степени на фазовый состав, структуру и свойства цементного камня. [1, 2, 3, 4]

Широкое распространение микрокремнезема в строительстве обусловлено его позитивным влиянием на свойства бетона. микрокремнезем приводит к улучшению следующих характеристик бетона: прочность на сжатие, прочность сцепления с другими материалами, износостойкость, морозостойкость, химическая стойкость, значительно снижается водопроницаемость. С помощью микрокремнезема возможно получить прочный, долговечный материал с плотной структурой, т.е. с требуемыми физико-механическими характеристиками. [1, 2, 3, 4]

В период с 2014 по 2015 годы, Поповым Р.В. под руководством Нагрузовой Л.П. проведены исследования влияния микрокремнезема на цементный камень, при использовании цемента марки 250 - 500 (Ачинского, Топкинского завода г. Кемерово).

Средняя плотность частиц микрокремнезема $2,2 \text{ г/см}^3$ (цемента $3,1 \text{ г/см}^3$), насыпная плотность $0,15-20 \text{ г/см}^3$, размер зерно менее $0,1-0,5 \text{ мкм}$ (в 100-150 раз меньше размера частиц цемента) удельная поверхность $200000-250000 \text{ см}^2/\text{г}$ (цемента $3600 \text{ см}^2/\text{г}$). Содержание оксида кремния в МКЗ достигает до $90,7-96,0\%$. Среди других составляющих

преобладают оксиды кальция, магния, железа. В настоящее время микрокремнезем уплотняют до удельной поверхности $15 \text{ м}^2/\text{г}$. [1, 2, 3, 4]

Водопотребность микрокремнезема выше, чем у цемента. Он может применяться как в сухом состоянии, так и в виде водной пульпы. Также в проведенных исследованиях Поповым Р.В. и Нагрузовой Л.П., был учтен комплекс факторов и показателей, которые отражаются на технологических и технических характеристиках цементного камня, на водопотребности, прочности, расходе суперпластификатора. Так как микрокремнезем за счет своей большой удельной поверхности - водопотребен, чтобы снизить расход воды в ходе исследований были применены суперпластификаторы СП-1 и С-3. [1, 2, 3, 4]

Суперпластификатор представляет собой сульфированное нафталин-формальдегидное соединение. В исследованиях учтён комплекс факторов и показателей, которые отражаются на технологических и технических характеристиках цементного камня: на водопотребности, прочности, расходе суперпластификатора, цемента микронаполнителей. [1, 2, 3, 4]

При изучении возможностей эффективного использования микрокремнезема рассматривалось его влияние на ряд свойств цементного теста его оптимальное содержание (густота, сроки схватывания, кинетика нарастания пластической прочности и др.). Введение различных количеств микрокремнезема сопровождается увеличением нормальной густоты цементного теста, причем тем в большей степени, чем выше его дозировка. [3]

По мере увеличения дозировки микрокремнезема сокращаются сроки набора пластической прочности цементного теста, следовательно, быстрее появляются центры кристаллизации, способствующие ускорению процесса твердения цементной матрицы. [1, 2, 3, 4]

Практически при дозировке выше 30 % от массы цемента, приводит к тому, что эта дозировка является порогом эффективности микрокремнезема.

Поповым Р.В. под руководством Нагрузовой Л.П., также были изучены сроки схватывания и нормальная густота цементного теста. Произведено испытание комплексного вяжущего, под которым подразумевается смесь цемента и микрокремнезема. Дозировки микрокремнезема в составе вяжущего составили: 0, 10, 20, 30, 40 % от массы вяжущего. Таким образом, во всех образцах частиц цемента (за исключением контрольного образца с дозировкой %) замещалось разным количеством микрокремнезема. [1, 2, 3, 4]

При введении микрокремнезема в бетонную смесь от 10-30 % от цемента М 400 возможно получить высокопрочную смесь класса В 100-130, сократить тепловлажностную

обработку уменьшив срок схватывания при изготовлении железобетонных конструкций на заводе, повысить морозостойкость, водонепроницаемость, либо получить бетонную смесь средних классов с экономией цемента до 40-50 %, на рисунке 2 показана зависимость нарастания прочности от времени схватывания и дозировки микрокремнезема от 10-40 %. [1, 2, 3, 4]

Введение микрокремнезема дает большой экономический эффект, как при заводском изготовлении конструкций, так и при производстве монолитных зданий и сооружений в условиях Республики Хакасия, о чем свидетельствуют данные графика зависимости стоимости от марки 1 м³ бетона рисунок 1. [1, 2, 3, 4]

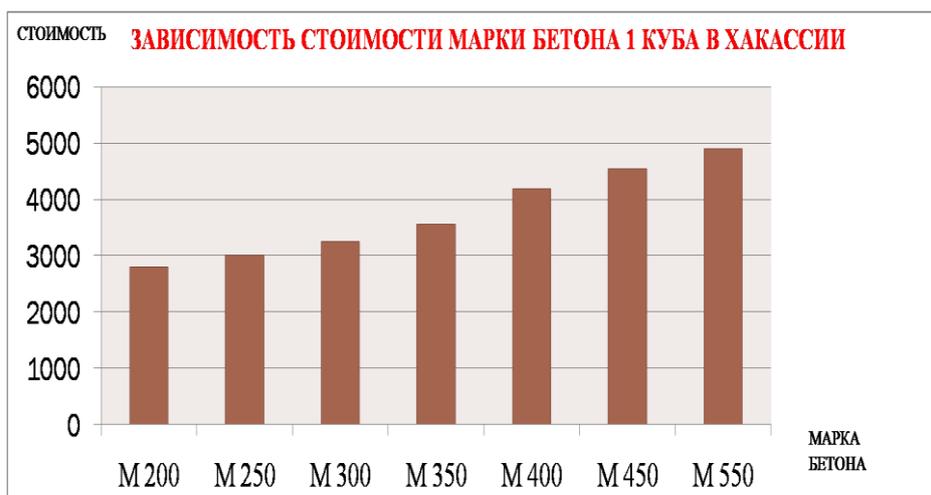


Рисунок 1 – Зависимость стоимости марки бетона одного куба в Республике Хакассия

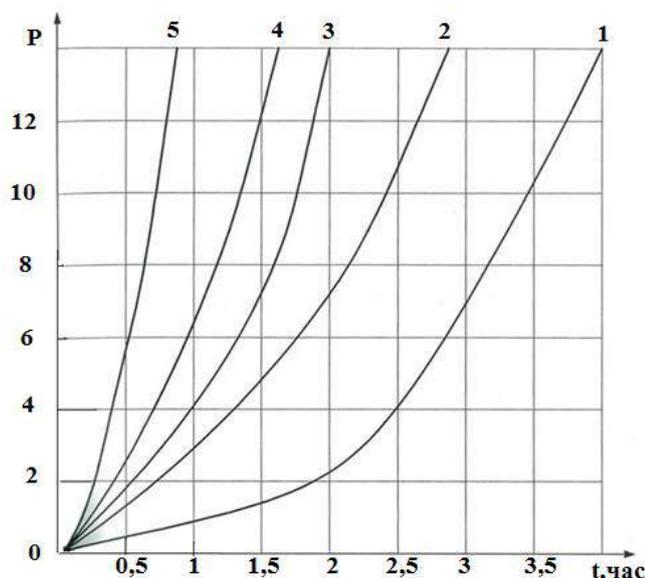


Рисунок 2 – Влияние кремнезема Кузнецкого завода на кинетику нарастания пластической прочности цементного теста

1- цемент без добавок; 2- цемент + 10% МКЗ + 0,2% СП-1; 3- цемент + 20% МКЗ + 0,3% СП-1; 4- цемент + 30% МКЗ + 0,5% СП-1; 5- цемент + 40% МКЗ + 0,8% СП-1.

Для оценки величины прироста прочности в возрасте 28 суток расчетным путём было произведено определение прочности в зависимости от дозировки микрокремнезема, степени гидратации и других свойств [1, 2, 3, 4]

Таким образом, выявлена закономерность формирования структуры цементного камня с регулируемыми свойствами: прочности, плотности, морозостойкости, водонепроницаемости и др. Эти исследования стали основополагающими при разработке составов бетонной смеси, как в заводских условиях, так и при производстве монолита. [1, 2, 3, 4]

Заключение

На основании вышеизложенного микрокремнезем расширяет возможности эффективного использования материально-технической базы при проектировании и изготовлении конструкций из высокопрочных бетонов применяемых при строительстве в Республике Хакасия.

Список литературы

1. Нагрузова Л.П., Сазнов К.В., Лысенко М.В., Отчет о научно-исследовательской работе / Подбор составов бетонной смеси: М250, 300, 400 с применением микрокремнезема с привязкой к местным материалам, 2015, С. 8-13, 52
2. Нагрузова Л.П., Попов Р.В., Отчет о научно-исследовательской работе / Подбор составов бетонов низких и средних классов с целью экономии цемента, высоких классов с применением отходов ферросплавного производства – микрокремнезема с привязкой к местным материалам, 2015, С. 24
3. Нагрузова Л.П., Попов Р.В., Перспективы решения и проблемы использования отходов ферросплавного производства для заводского и монолитного изготовления бетонов / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции / ИЦРОН, 2014, С. 89-92
4. Батраков В.Г., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Эффективность применения ультрадисперсных отходов ферросплавного производства / Бетон и железобетон, 1989, № 8, С. 24-25

КАРКАСНЫЕ ЗДАНИЯ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ. СРАВНЕНИЕ С КИРПИЧНЫМИ ЗДАНИЯМИ.

Потехин А.А., Будко А.А. Акопян А.А.

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

На сегодняшний день очень большую популярность набирают малоэтажные каркасные деревянные дома. Почему они настолько популярны и займут ли место уже традиционных кирпичных?

Каркасные дома еженедельно в огромном количестве возводятся как фирмами, так и своими руками. Причина такой любви к «каркасникам» кроется в простоте возведения и темпах строительства. Поэтапное строительство каркасного дома позволяет в короткий период времени смонтировать полноценный жилой дом, который будет достаточно презентабельно выглядеть, и отличаться привлекательной ценой и экономичностью в обслуживании.

Технология строительства заключается в формировании некоего каркаса из дерева (досок или бруса) или металла, с постепенной поэтапной обшивкой его слоями из пленок, мембран, утеплителей и пр.

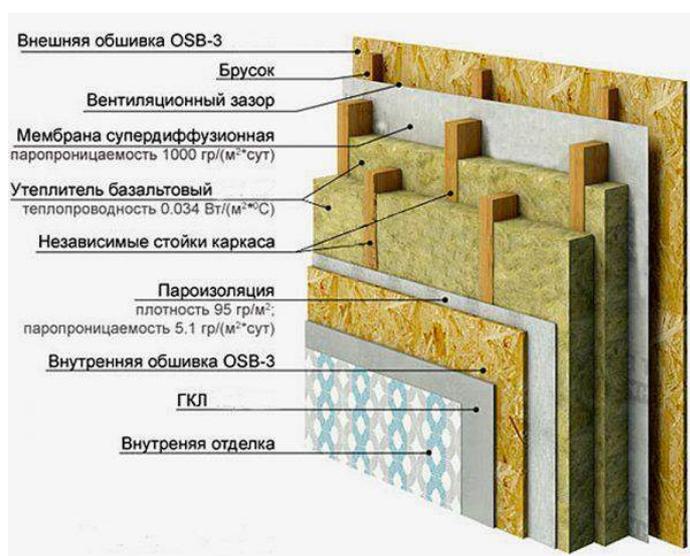
Рис.1 Многослойная конструкция стен

Такая многослойная конструкция стен позволяет добиться хороших тепловых характеристик при достаточно тонких стенах.

Какие же материалы формируют стену?

- утеплитель минеральная вата
- утеплитель листы пенопласта
- гидроизоляция в виде пленки или мембраны
- пароизоляция в виде диффузионной мембраны
- листы ОСБ
- внешняя и внутренняя отделка

Утепление каркасного дома лучше делать двух видов. Изнутри утепляется дом минеральной ватой, а снаружи – листами пенопласта. Листы пенопласта позволят



улучшить звукоизоляции, они являются отличной ветрозащитой и при снижении свойств минеральной ваты со временем (такое может произойти при попадании влаги или росы внутрь стен) позволят сохранить тепловые характеристики дома.

Гидроизоляция необходима для защиты утеплителя от влаги, которая поступает снаружи в виде осадков. Ее необходимо укладывать внахлест, фиксируя специальной липкой лентой для утеплителя. Это позволит сделать 100-процентную защиту от воды.

Пароизоляция фиксируется с внутренней стороны стены, и позволяет стенам «дышать». Капельки влаги, которые могут конденсироваться в стене, спокойно выводятся в комнаты, благодаря чему утеплитель служит гораздо дольше. При использовании качественных мембран, риск образования грибка на стенах, черных пятен плесени и других побочных эффектах герметичных стен снижается до минимума. А устройство правильной вентиляции каркасного дома полностью убирает эти риски.

Листы ОСБ прибиваются поверх всей конструкции, и являются основой, к которой будут крепиться отделочные материалы.

Каждый этап работ можно выполнять своими руками благодаря легкости строительного материала. Технология достаточно проста, а начинать ее необходимо со строительства каркаса.

На первом этапе строительства каркасный дом начинается с возведения фундамента. Фундамент может быть: ленточный, столбчатый, свайный.

На втором этапе строительства возводится каркас дома. Для этого берем брус 150, так как утеплитель лучше всего использовать 150 мм, и он как раз идеально вписывается между брусом данного размера.

Прежде чем ставить каркас, необходимо выполнить устройство обвязки. Всего у каждого дома 2 вида обвязки – верхняя и нижняя. Обвязочные доски или брус скрепляют всю конструкцию стен между собой. Устройство нижней обвязки начинаем с гидроизоляции фундамента. То есть на фундамент кладем пленку, и уже сверху на ней располагаем обвязочные доски. Крепим их с помощью анкерных болтов, заранее утопленных в не застывшем фундаменте.

Каркас начинаем с устройства угловых стоек. Их роль выполняет брус 100×100 мм или 150x150мм или доска 150x50 мм. Угловые стойки должны быть жестко фиксированы с помощью металлических уголков, и обязательно подкосов. Между угловыми стойками на расстоянии метра-полтора должны располагаться простые вертикальные стойки. Все вертикальные стойки друг с другом скрепляют горизонтальные перемычки из бруса.

При строительстве каркаса здания делаются проемы под окна. Их необходимо укреплять ригелями, принимающими нагрузку и равномерно распределяющими ее к фундаменту.

На третьем этапе строительства монтируют кровлю. Чаще всего для каркасных домов выбирают двускатную кровлю, однако и односкатные пользуются спросом благодаря легкости монтажа своими руками, простоте конструкции и более низкой цене.

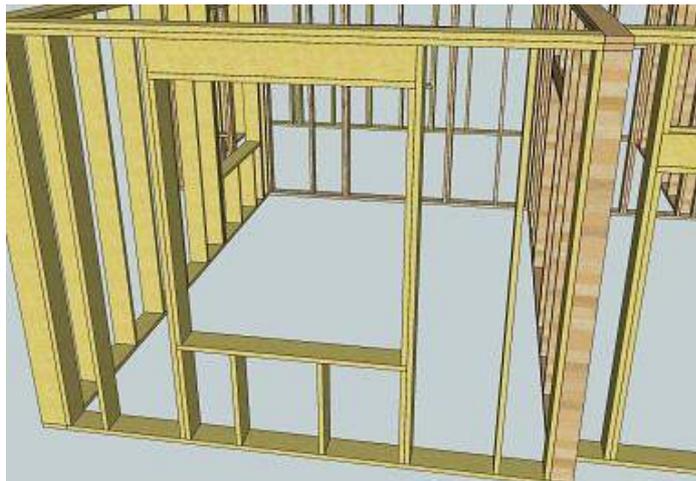


Рис. 2 Стена с окном в каркасном доме

Когда выполнен каркас кровли, необходимо его утеплить. Начинка крыши состоит практически из таких же слоев, как и стена. Снаружи выполняем утепление крыши листами пенопласта или минеральной ватой, укладываем гидроизоляцию, которую фиксируем обрешеткой.

Изнутри мы кладем слой минеральной ваты или пенопласта, если помещение в мансарде не будет жилым. Фиксируем слой пароизоляции и закрываем все щитами ОСБ. Покрываем крышу кровельными материалами в зависимости от уклона ската и собственных предпочтений. Помните о том, что мягкая кровля, которая стала очень популярна в последнее время, укладывается только на плоскость, поэтому обрешетку необходимо дополнить ОСБ-плитами. При этом угол наклона может быть небольшим – от 5 градусов.

Четвертый этап строительства – возведение полов.

На пятом этапе производится внешняя и внутренняя отделка дома, установка сантехники, подключение ламп, розеток, отопление каркасного дома и прочие работы, которые из простой коробки со стенами и крышей сделают настоящий дом для жилья или отдыха.

Данный вид домов приобретает огромную популярность и за границей. Но вытеснит ли он кирпичные дома? Разберем плюсы и минусы двух вышеупомянутых типов зданий.

	Плюсы	Минусы
Кирпичные здания	<ul style="list-style-type: none"> • прочность; • долговечность; • высокая устойчивость к негативным внешним воздействиям • Надежная шумо– и теплоизоляция; • Экологичность материала • способность кирпича создавать внутри дома благоприятный для человека микроклимат; • Высокая морозостойкость; 	<ul style="list-style-type: none"> • высокая цена; • большая трудоемкость; • продолжительность строительства.
Каркасные здания	<ul style="list-style-type: none"> • простота возведения; • быстрые темпы строительства; • низкая ценой; • экономичностью в обслуживании. 	<ul style="list-style-type: none"> • гулкость стен; • необходимость профессионально разработать проект постройки дома, иметь особую квалификацию и современные инструменты; • сложность поиска подходящих материалов.

Несмотря на значительное количество плюсов каркасных зданий, в Российской Федерации пока они еще не приобрели огромную популярность. И все же за домами, сделанными по каркасной технологии, будущее. В нашей стране только развивается такое строительство, но это легко заметить по странам Европы и Америки. Такие дома доступны большинству семей, а сроки строительства сделают их поистине популярными.

Список литературы

1. Деревянные конструкции. В.Ф.Иванов, доктор технических наук, профессор;- Государственное издательство Литературы по строительству и архитектуре;- Ленинград-1956-Москва.
2. В.М. Хрулев, К.Я. Мартынов, С.В. Лукачев, С.М. Шутов.
Деревянные конструкции и детали. Под ред. В.М. Хрулева. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Стройиздат, 1983.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Семенова Э. Е., Горбачёва О. Н.

ВГТУ, РФ, г. Воронеж

Вопросы энергосбережения актуальны для экономики любой страны. Однако не менее важными являются вопросы окупаемости вложенных в энергосбережение средств, что обуславливает их экономическую эффективность.

Когда весь мир столкнулся с проблемой недостатка энергетических ресурсов, после мирового энергетического кризиса 1973-1974 гг., заговорили об архитектуре с применением энергоэффективных систем.

Еще одна актуальная проблема – экологический кризис. Воздействие человека на природу неизбежно, но возможно улучшить экологическую обстановку, за счет проектирования экологичного и энергоэффективного жилья. Во многих странах Европы проблема снижения воздействий на окружающую среду решается внедрением в архитектуру систем энергосбережения, использованием при проектировании различных принципов экологической архитектуры. Несмотря на большое количество работ написанных на тему энергосбережения и экологии в архитектуре, в основном решением этой проблемы занимались инженеры. Большое внимание уделялось разработкам энергосберегающих мероприятий для строящихся зданий.

Антропогенный фактор и научно-технический прогресс приводят к обострению экологической обстановки в России и во всём мире в целом. Для повышения экологической безопасности окружающей среды на сегодняшний день существует масса различных способов, один из которых- применение зелёных кровель.

В мегаполисах, где отдаётся много природного пространства под застройку, зелёная кровля является идеальным решением для компенсации ущерба, нанесённого природе. Этот способ устройства крыши стал особо актуален с учётом того обстоятельства, что стоимость квадратного метра земли чрезвычайно высока, и использование свободных площадей крыш дало возможность восполнить дефицит зелёных зон, устраивать на крышах зданий места для отдыха и проведения досуга.

Современные материалы и технологии дают возможность создавать устойчивое к динамическим нагрузкам защитное покрытие, что позволяет использовать площадь крыши для самых целей.

Следует отметить, что устройство таких крыш не только красиво, но и практично. Зелёная кровля имеет более продолжительный срок службы. Гидроизоляция здесь

защищена от УФ-излучения и резких колебаний температуры, что значительно замедляет процесс её разрушения.

Таким образом, применение зелёных кровель способствует увеличению срока службы самого кровельного материала, благоприятно влияет на экологическую обстановку окружающей среды и добавляет архитектурной выразительности данному сооружению. [1]

Также, при возведении зданий в последнее время активно применяются такие энергосберегающие мероприятия, как использование солнечной радиации, усиление теплозащиты и герметичности ограждающих конструкций, монтаж вакуумных стеклопакетов и другие.

Теплоизоляция достигается за счет применения современных качественных теплоизоляционных материалов (например, пенополистирол) и строительных материалов с низкой теплопроводностью (блоки газобетонные, керамзитобетонные и т.д).

Теплоизоляция наружных конструкций является основной мерой для снижения уровня трансмиссионных потерь тепла в зданиях, так как компенсация происходит на протяжении всего периода эксплуатации зданий. Ведутся работы по улучшению применения уже существующих материалов и эффективности их применения. [2]

Значительные потери тепла происходят по причине установки негерметичных окон и дверей, поэтому сегодня в качестве основной энергосберегающей меры в строительстве применяется остекление высокого качества (например, тройные стеклопакеты, заполненные инертным газом, покрытые светоотражающей или тонированной плёнкой или другая эффективная технология – «тепловое зеркало»).

Вакуумные стеклопакеты – еще одно инновационное изобретение. Известна также конструкция стекла, вырабатывающего электрический ток.

Помимо прочего, на сегодняшний день энергосбережение в строительстве реализуется благодаря использованию активной и пассивной энергосберегающих систем «солнечного» дома.

Пассивная заключается в применении специальных архитектурных приемов на этапе проектирования: строительство дома по направлению юг – север, избегание затенения южной стороны фасада, устройство тамбуров на входе, термоизоляция наружных стен, использование помещений с верхним дневным светом, которые выполняют функцию тепловых аккумуляторов. Понятие “пассивный дом” — сооружение, основной особенностью которого является отсутствие необходимости отопления или малое энергопотребление (в среднем затрачивается около 10 % от удельной энергии на единицу объёма, потребляемой большинством современных зданий).

Активная система энергосбережения предусматривает использование тепловых солнечных коллекторов, солнечных батарей, автоматическое регулирование тепловых и световых режимов. «Активный дом» или дом с положительным энергобалансом, дом по стандарту «энергия плюс» представляет собой здание, которое производит энергии для собственных нужд более, чем достаточно. Общий годовой объем энергопотребления является положительным.

Однако такие системы возведения «солнечного» дома не всегда актуальны при строительстве многоэтажных домов.

В многоэтажных домах в качестве энергосберегающих мер применяются индивидуальные тепловые пункты с возможностью автоматической регулировки подачи тепла, системы управления освещением с датчиками присутствия и пр.

Энергосбережение в строительстве не стоит на месте. На рынке постоянно появляются новые технические решения, призванные снизить энергопотребление, повысить энергоэффективность зданий, сэкономить на использовании энергии. Для этого всё чаще используются возобновляемые источники энергии.

Для применения энергосберегающих мероприятий необходимо определить их окупаемость. Рассчитать срок окупаемости энергосберегающих мероприятий можно несколькими методами.

Самая простая и первая методика расчёта срока окупаемости энергосберегающих мероприятий так и называется — простой срок окупаемости. Этот метод используется повсеместно.

Дисконтированный срок окупаемости — чуть более сложный, но в тоже время более правильный метод расчета. Дисконтированный срок окупаемости похож на простой срок окупаемости, только в нем мы учитываем «стоимость денег», процентную ставку, которую мы можем получить, если вложим средства не в энергосбережение, а в банк.

Коэффициент рентабельности — очень простой и удобный метод, который дает возможность провести быстрый расчет срока окупаемости энергосберегающих мероприятий.

Следующий метод расчета эффективности энергосбережения — чистый дисконтированный доход. Чистый дисконтированный доход очень похож на дисконтированный срок окупаемости, только здесь мы считаем не то, за какой период окупится наш энергосберегающий проект, а какой денежный поток принесет этот проект за весь свой срок существования.

Анализ стоимости жизненного цикла или анализ окупаемости энергосберегающего проекта на протяжении всего жизненного цикла это один из самых основательных

методов расчета окупаемости энергосберегающих проектов. Этот метод посчитать срок окупаемости энергосберегающих мероприятий нужно применять для принятия решений по сложным и капиталоемким проектам — например, замена угольного котла на газовый или выработка электрической энергии на собственной котельной.

При внедрении мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности стоит опираться на опыт; необходима реальная оценка полученного эффекта и контроль за проводимыми мероприятиями.

Список литературы

1. Ю.Ю. Чужинова, Э.Е. Семенова. Способ улучшения экологической обстановки окружающей среды с помощью использования технологии зелёных кровель.//Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 230-232.
2. Э. Е. Семенова, И. А. Буданов, М. В. Пискунов. Анализ энергосберегающих архитектурных решений при проектировании гражданских зданий.//Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем,/Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. №3. г. Казань, 2016. С.75-78.
- 3.Базовый уровень потребления энергетических ресурсов жилых зданий в России. // Энергосбережение.-2016. - №6
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. – М., 2000.
- 5.СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий.
6. Ю. А. Табунщиков. Ю.А., Ливчак В.И., Гагарин В.Г., Шилкин Н.В. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий.// АВОК.-2015.-№5

ПЕРЕДОВАЯ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»

Фоменко А.С.

ВГТУ, РФ, г. Воронеж

Жизнь современного человека связана с большими преобразованиями, которые рационализируют наше существование, упорядочивают наши мысли и действия. Мы живем в эру новых технологий, которые кардинально меняют наше мировоззрение и повышают качество жизни. Что же заставляет нас двигаться вперед, открывать новые горизонты? Постараемся разобраться с поставленными вопросами.

В данной статье будет рассмотрена тема строительства и эксплуатации дома с интеллектуальным оснащением. Точной информации о сроках внедрения данной технологии нет, или она является абстрактной. Когда же начали разрабатывать это чудо инженерной мысли? По моему мнению, этот вопрос является спорным. Считается, что первая идея была представлена в 1987 году в СССР, в научном журнале «Техническая эстетика», при проектировании жилища «Сфинкс». Главным достоинством проекта являлось управление через центральный блок, а также возможность управления голосом. Можно с уверенностью сказать: предпосылки создания умного дома создавались еще в далекой древности. Связано это с тем, что человек на протяжении всей эволюции совершенствует свое место жительства, адаптируя его к условиям окружающей среды. Даже переселение в каменные пещеры, по сравнению с жизнью на открытом воздухе, дало ряд преимуществ. Например, это позволило защищать себя и близких от хищных животных, от врагов, а также от суровых неблагоприятных климатических условий. С течением времени люди преобразовывали свои жилища так, как позволяла наука и техника.

В современном понимании умный дом – это жилое помещение, созданное для комфортного проживания, оснащенное интеллектуальным управлением. Главным преимуществом такого жилища является единый центр управления всеми автоматизированными системами, позволяющими эксплуатировать дом дистанционно с помощью специального устройства или же внутри помещения голосовыми командами.

Буквально 30 лет назад сложно было поверить в то, что дом будет говорить с нами, подстраиваться под наши привычки, делать всю работу за своих хозяев, но прогресс не стоит на месте. Теперь с полной уверенностью можно сказать: «Мой дом – моя крепость». Данное сооружение самостоятельно способно защищать от грабителей, отпугивая их звуковыми и световыми сигналами и вызывая сотрудников правопорядка, вентилировать помещение и следить за качеством воздуха, а в случае сильного загрязнения уведомить об этом нужные службы и проживающих лиц. Помимо этого, производится поддержание температуры, заданной пользователем, причем компьютер сам выбирает комфортную температуру вечером, понижая ее на пару градусов для комфортного сна. При этом учитываются все параметры для максимальной экономии. Если люди покидают свое жилище, система автоматически переходит на экономичный режим.

Каждый человек желает, чтобы его радужно встречали, когда он приходит с работы или учебы, провожали при уходе. Все эти функции спокойно можно доверить системе, задав нужные параметры. При подходе к месту жительства, от вашего смартфона передается информация о местоположении и включаются нужные параметры. Например, готовится

ужин на кухне, включается свет в прихожей, открывается дверь. При уходе выключаются все электроприборы и закрывается входной замок.

Можно установить в каждой комнате камеры и датчики движения. Это позволяет отсылать владельцу видео и фото, если что-либо происходит без его ведома. Датчики срабатывают, например, если маленький ребенок остался сам и за ним нужно присмотреть, скоординировать его действия.

Что же включает в себя данная интеллектуальная система? Как правило, умный дом включает в себя следующие параметры:

- Климат – в данную ячейку входит не только отопление, но и системы вентиляции и кондиционирования.
- Безопасность – охранные системы и системы оповещения.
- Свет – домашнее оборудование позволяет создавать различные световые схемы, максимально подстраивая их под владельцев.
- Управление – следить за своим жилищем и управлять им можно, находясь в любой точке планеты, где есть подключение к сети Интернет.

Создание дома мечты разобьем на два ключевых этапа:

1. Возведение помещения
2. Оснащение интеллектуальным оборудованием

Какую же постройку следует выбрать и по каким принципам вести строительство? Чтобы разобраться с поставленным вопросом, мною было изучено множество литературы, позволяющей минимизировать затраты на возведение и проектировку. Главными критериями выбора были экологичность, простота конструкции, повышение уровня теплоизоляции и шумоизоляции. К счастью, современная строительная индустрия позволяет подобрать нужные для нас параметры.

При проектировании и строительстве сооружений подобного типа используют передовые технологии, позволяющие максимально уменьшить энергопотребление. Как правило, установка интеллектуальных систем производится в энергоэффективные дома, позволяющие сохранять энергию.

На настоящий момент международными экспертами не создано обобщенного понятия энергоэффективного сооружения. После обобщения всей изученной теории, касающейся данного вопроса, можно сделать вывод, что под технологией «энергоэффективного дома» понимается (подразумевается) комплекс мер, направленных на максимальную рационализацию применения энергетических ресурсов и уменьшения их потребления. Применение данных технологий позволяет существенно снизить потребление энергоресурсов, особенно в период зимнего отопительного сезона.

Качественная проработка и изготовление сооружений с применением энергосберегающих систем существенно позволяют сократить расходы на отопление по сравнению с проектами предыдущих поколений.

Возможно строительство классического дома из кирпича или пенобетона, но это гораздо дороже, чем возведение каркасного дома нового поколения. Дома старых образцов достаточно энергозатратны по сравнению с каркасными, так как применение теплоизоляции в них мало предусмотрено. Кроме того, каркасный дом прост в строительстве. На его возведение от фундамента до крыши может уйти около 3 суток, а последующая внутренняя отделка займет около недели.

Энергоэффективность каркасного сооружения складывается из 4 основных параметров:

1. Внутренняя теплоизоляция.

Она выполняется из современного утеплителя на основе базальтовой ваты, предусмотрена водонепроницаемая мембрана.

2. Герметичная наружная оболочка.

Позволяет обеспечить герметичность стеновых стыков и замкнутый контур пароизоляции.

3. Теплые окна.

Изготавливаются по уникальным технологиям, позволяющим минимизировать потери тепла.

4. Теплая кровля.

Это целая система, состоящая из утепленных кровельных панелей.

Можно сделать вывод, что для минимизации расходов и максимально быстрых сроков возведения каркасный дом подходит лучше всего.

Перейдем к интеллектуальному оснащению. Для начала создадим план действий, которого будем придерживаться:

- Изучение теории и выбор оборудования – на данном этапе определимся с желаемыми функциями, которыми будет обладать оборудование.
- Покупка – на основе ранее подготовленного проекта покупаем нужное оборудование.
- Выбор управляющего сервера – нужно решить, через какое устройство будет производиться управление. Возможно производить управление через персональный компьютер или через смартфон с выходом в сеть Интернет.
- Установка оборудования – самый длительный и энергозатратный процесс, который зависит от выбранного функционала и прямо пропорционален площади дома.
- Подключение и проверка – здесь происходит подключение всей техники к единой системе, через которую будет производиться управление.

- Настройка – на данном этапе происходит программирование элементов системы для придания им нужных параметров, указанных пользователем.
- Запуск единой системы – является кульминацией данного проекта, включающей в себя комплексную оценку оборудования.

Данное исследование было проведено для того, чтобы понять специфику реализации системы «умный дом». Информация будет полезна как строителям, желающим заняться данным проектом, так и обычным людям, которые хотят преобразить свои владения. Не обязательно строить такой дом с самого начала. При желании протестировать инновационные технические изобретения есть возможность приобретения и самостоятельной установки приборов, позволяющих почувствовать всю прелесть беспроводного управления. Частично систему устанавливают в квартирах и обычных домах для автоматизации стандартных потребностей, например, для управления включения световых приборов и включения телевизора и вентилятора через смартфон.

Эволюция дает нам безграничные возможности. Изобретения позволяют прилагать минимальную физическую силу, позволяя экономить энергию. Жизнь постоянно претерпевает изменения, переходя на новый уровень. Высокоинтеллектуальная система «Умный дом» окружает нас всеми новшествами для более комфортной жизни и позволяет идти в ногу со временем.

Список литературы

1. М.Р. Миллер, Р. Миллер. Руководство по строительству каркасного дома и кровельным работам / БХВ-Петербург/Серия строительство и архитектура/ Переводчик Борис Бондаренко/, 2014, С -720 стр.
2. В.Г. Пономаренко. Строим каркасный дом. Практическое руководство / Эксмо/2015/-272/
3. Соколов Г.К. Технология и организация строительства/Учебник для студ. сред, проф. образования. — 5-е изд., испр. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 528 с., ил. —ISBN 978-5-7695-4619-8.
4. Соколов Г.К. Технология строительного производства/2-е изд. — Учебное пособие. — М.: Академия, 2007. — 544 с. — ISBN 978-5-7695-4560-3 .
5. Стаценко А.С. Технология строительного производства/Учебное пособие. — Ростов н/Д: Феникс, 2006. — 416 с. — (Высшее образование).
6. Карташев А. Умный дом своими руками / ДМК Пресс / 2013 / -256 с.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Хисамеева Л.Р. Шинкарев Н.О.

КазГАСУ, г. Казань

Экономические преобразования, произошедшие в последние годы в России, привели к увеличению строительства автозаправочных станций (АЗС).

АЗС представляют собой комплекс зданий с оборудованием, предназначенный для приема, хранения и выдачи нефтепродуктов транспортным средствам, продажи масел, консистентных смазок, запасных частей, принадлежностей к транспортным средствам и оказания услуг владельцам индивидуальных транспортных средств. В связи со своим основным назначением АЗС обычно располагаются как можно удобнее для потребителей и как можно ближе к ним. Это либо автодороги с большими автомобильными потоками, либо места какого-либо другого скопления автомобилей, чтобы уменьшить, по возможности, расстояние, которое необходимо преодолевать автотранспорту до автозаправочной станции. Специфической особенностью АЗС является размещение технологического оборудования на открытых площадках. При проектировании АЗС необходимо учитывать требования нормативной литературы по противопожарной защите и очистки поверхностных стоков с территории станции.

Проектная документация на АЗС расположенная в РТ разработана на основании: заявки и задания на проектирование объекта, выданного заказчиком; технических условий, выданных Муниципальным унитарным предприятием «Водоканал». Задачей проекта является: обеспечение питьевой водой обслуживающего персонала АЗС, располагающегося в здании операторной; сбор и очистка дождевых стоков; пожаротушение сооружений АЗС; сбор и утилизация бытовых стоков.

На территории проектируемой АЗС выполнены инженерно-геологические изыскания и пробурены три скважины. Территория, прилегающая к площадке строительства, застроена большей частью промышленными зданиями, насыщена подземными коммуникациями различного назначения.

Питьевая вода на автозаправочной станции требуется для здания операторной с постоянным пребыванием людей. Питьевая вода должна отвечать требованиям санитарно-эпидемиологических правил и нормативов - СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Все проектируемые площадки в соответствии с Правилами противопожарного режима в Российской Федерации оснащаются первичными средствами пожаротушения,

предназначенными для ликвидации пожара в начальной стадии [1]. Расчет первичных средств пожаротушения производится в соответствии с ППБ 01-2003 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации».

На проектируемой АЗС стоки образуются от дождей и таяния снега. Для сбора и очистки атмосферных осадков запроектирована система дождевой канализации и локальные очистные сооружения. Бытовые стоки образуются от санитарных приборов здания АЗС и по проектируемой сети бытовой канализации отводятся в существующий коллектор.

Данным проектом предусматривается сбор, аккумулирование и очистка поверхностных стоков с территории АЗС. Для предотвращения растекания загрязнённого дождевого стока на прилегающую территорию и автодорогу проектом предусматривается ряд мероприятий, а именно: территория по периметру обрамляется бордюрным камнем; на въезде предусматриваются повышенные, пологие участки дороги высотой 200мм, а на выезде – дождеприёмный лоток; сливная площадка для автоцистерн ограждена бордюрным камнем, а на въезде и выезде устраиваются пандусы высотой 150 мм.

Во время слива жидкого топлива из автоцистерн в подземные резервуары возможен аварийный разлив нефтепродукта. Для сбора проливов, а так же для сбора атмосферных осадков с площадки предусматривается приямок, оборудованный одним отводящими трубопроводом и камера переключения, оборудованная двумя отводящими трубопроводами. На концах трубопроводов монтируются запорные устройства - шаровые краны. По одному из трубопроводов отводится нефтепродукт в резервуар в случае аварийного разлива. По другому трубопроводу отводятся атмосферные осадки в сеть канализации. Запорное устройство на технологическом трубопроводе постоянно закрыто и открывается только при сливе топлива из автоцистерны. А запорное устройство на сети дождевой канализации постоянно открыто и закрывается при сливе топлива в подземные резервуары.

Островки с топливораздаточными колонками топлива располагаются под навесом. Здесь происходят все основные операции по заправке автомобилей топливом и возможны случайные незначительные проливы нефтепродукта. В сухое время года эти проливы ликвидируются связыванием песком с дальнейшей передачей смеси на асфальтобетонный завод. В дождливое время проливы загрязняют дождевой сток.

Атмосферные осадки с территории АЗС по спланированной поверхности стекают к дождеприёмным лоткам и колодцу, и далее по подземной сети канализации поступают на локальную очистную установку. Основными загрязнениями, содержащимися в дождевом стоке с территории АЗС, являются крупнодисперсные примеси и нефтепродукты,

сорбированные главным образом на взвешенных веществах. Средние концентрации загрязнения основных примесей в стоке дождевых вод с территории приняты согласно приложению к ВСН 01-89 в количестве: взвешенные вещества – 500 мг/л; нефтепродукты – 30 мг/л; БПКполн – 30 мг/л.

Дождевые стоки с территории АЗС поступают в колодец сборник, который обеспечивает подачу расчетного значения расхода на очистную установку. После колодца сборника сток насосом подается на локальную очистную установку «БЛ-3», разработанную ООО «БИОКОМПАКТ» г. Дмитров. Установка представляет собой металлическую ёмкость, разделённую на три отсека. Первый отсек - это тонкослойный отстойника, где происходит очистка стоков от крупных частиц взвешенных веществ и нефтепродуктов. Окончательная очистка стоков происходит во втором и третьем отсеках, где расположены фильтры грубой и тонкой очистки. Концентрация загрязнений в очищенной воде составляет – нефтепродуктов до 0,05 мг/л, взвешенных веществ – до 3,0 мг/л. Производительность установки – 3,0 л/сек. Очищенная вода отводится в проектируемый сборник. Очищенная вода используется на полив территории и газонов. Для этих целей используется погружной насос марки ГНОМ 25-20. Излишки воды вывозятся специализированным автотранспортом согласно В конце сезона дождей необходимо производить зачистку установки передвижным специализированным автотранспортом.

Определение количества дождевых стоков с территории АЗС ведется по методу предельных интенсивностей, т.е. по максимальному количеству осадков, выпавших в городе согласно рекомендациям СП 32.13330-2012.

Эксплуатацию автозаправочной станции необходимо производить в соответствии с требованиями ППБ 01-2003 «Правила пожарной безопасности в РФ». Пожарная безопасность АЗС обеспечивается комплексом проектных решений направленных на предупреждение пожара и взрыва, а также созданием условий, обеспечивающих успешное тушение пожара и эвакуацию людей.

В соответствии с требованиями норм пожарной безопасности (НПБ 111-98*), в проект заложены следующие, обязательные для исполнения, мероприятия: устройство пожарной сигнализации; оснащение топливозаправочных колонок кранами с автоматическим отключением подачи топлива при номинальном наполнении топливного бака транспортного средства; оборудование резервуаров для хранения жидкого топлива системой автоматизации, сигнализирующей (звук, свет) персоналу АЗС о достижении 90% заполнения резервуара и автоматическое прекращение наполнения при достижении 95% его объёма; устройство аварийных подземных резервуаров для слива жидкого

топлива с площадок для АЦ, оборудование самих площадок отбортовкой и пандусом высотой не менее 150 мм; оборудование станции системами молниезащиты и заземления.

Всё технологическое оборудование запроектировано с учётом категорий производства, а также надлежащей степени огнестойкости. Все здания и сооружения запроектированы с учетом категории производства, а так же надлежащей степени огнестойкости и в соответствии СП 10.13130 - 2009 «Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности», СП 7.13130-2013 «Противопожарные нормы» и СНиП 21-01.97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

Тушение возникшего пожара на АЗС предусматривается передвижной пожарной техникой. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение здания АЗС составляет 10 л/с. Забор воды для локализации очага возгорания предусматривается от существующих пожарных гидрантов, Продолжительность тушения пожара согласно СП 8.1313-2009 принимается 3 часа.

Согласно ППБ 01-03, каждый островок с топливораздаточной колонкой оборудуется комплектом огнетушителей для тушения загорания заправляемых автомобилей и оборудования.

Два передвижных воздушно-пенных огнетушителя емкостью 100 литров марки ОВП-100.01 и два передвижных порошковых огнетушителя марки ОП-50 в зимний период хранятся в здании АЗС в помещении инвентарной. Кроме того, возле каждой топливозаправочной колонки устанавливается ящик с песком емкостью 1.0 м³.

На территории АЗС размещаются щиты с противопожарным инвентарем. Для ликвидации очагов возгорания в здании АЗС предусматриваются ручные огнетушители

Список литературы

1. Муглиев Б.И., Хисамеева Л.Р. Система водоснабжения и пожаротушения топливозаправочного комплекса / Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции «Теория и практика приоритетных научных исследований» - Часть 4. Смоленск: ООО «НОВАЛЕНСО», 2016. – С.88-89.

СЕКЦИЯ №11.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КЛЕЯ ОК72ФТ5 НА ДЕФОРМАЦИИ НАРУЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКИХ СКЛЕЕННЫХ СБОРОК

Кручинин Д.Ю., Гарайшина Л.Т., Сырицин М.П.

Уральский федеральный университет, РФ, г. Екатеринбург

Введение

Основным способом соединения оптических деталей является склеивание. Недостатком склеивания является деформация оптических поверхностей [5]. Деформации наружных поверхностей приводят к изменению технических характеристик оптических сборок и самих изделий. Эпоксидный оптический клей марки ОК-72ФТ5, предназначен для склеивания оптических деталей приборов, изготовленных из неорганических стекол всех типов, керамики, кристаллов и металлов, к которым предъявляются повышенные требования по прочности склеивания, влагостойкости, а также вибро- и ударопрочности, работающих в разнообразных климатических условиях [2,8]. Известно [2], что свойства стекла зависят от температуры полимеризации клея, например, прочность при равномерном отрыве: с повышением температуры прочность повышается. Проведение полимеризации клея при повышенной температуре улучшает и другие эксплуатационные свойства склеенных сборок. Улучшение эксплуатационных свойств не должно приводить к ухудшению технических характеристик приборов, которые зависят от величины отклонения оптических поверхностей от номинальных значений. Задачей исследования является определить влияние температуры полимеризации клея ОК72ФТ5 на деформации наружных поверхностей склеенных оптических сборок.

Методика проведения эксперимента

Для исследования были использованы образцы линз, соответствующие образцам, указанным в [6]. Плосковыпуклые линзы были изготовлены из стекла ЛК7, плосковогнутые линзы были изготовлены из стекла ТФ7. Радиус сферических поверхностей равен 50 мм, диаметр деталей равен 40 мм. Перед склеиванием проводилась чистка склеиваемых поверхностей гидромеханическим способом в чистом помещении [3,4]. Для склеивания был использован оптический клей ОК72ФТ5. После склеивания две сборки выдерживались в нормальных условиях в течение не менее 14 суток для полимеризации клея, по две сборки через сутки после склеивания выдерживались при температурах 50°C, 65°C и 100°C. Термообработка проводилась в течение двух часов. Температуры полимеризации были выбраны в соответствии с [2]. Контроль наружных

поверхностей проводился до склеивания и после склеивания и полимеризации. Для контроля формы поверхностей использовался интерферометр Физо с фазовым сдвигом, длина волны 0,6328 мкм, погрешность $\pm 0,05$ полосы.

Результаты эксперимента и обсуждение

Результаты измерений формы поверхности представлены в таблице. Интерферограммы, обработанные с помощью программного обеспечения Metro Pro, плоских поверхностей линз, полученные после термообработки оптических сборок, представлены на рисунке 1. Как видно из данных таблицы значения N (число интерференционных полос) после склеивания и полимеризации в нормальных условиях изменяются незначительно, как для плосковыпуклой, так и для плосковогнутой линзы. После проведения полимеризации при разных температурах N изменяется в значительной степени. При этом для плосковогнутой линзы (стекло ЛК7) изменения происходят в сторону увеличения «ямы», а для плосковыпуклой линзы (стекло ТФ7) – в сторону увеличения «бугра». Одной из причин появления значительных деформаций наружных поверхностей склеенных оптических сборок, по-видимому, является фиксирование равновесного состояния системы из двух линз и слоя клея в процессе полимеризации при повышенной температуре. При охлаждении сборки после термообработки до нормальных условий разница в ТКЛР стекла ЛК7, стекла ТФ7 и клея ОК72ФТ5 приводит к возникновению напряжений и, в результате, к деформации наружных поверхностей. ТКЛР стекла ЛК7 составляет $44 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, стекла ТФ7 - $94 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, клея ОК72ФТ5 - $600 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ [1,8]. Хотя в результате охлаждения в клеевом шве возникают напряжения растяжения, по-видимому, основной причиной появления деформаций наружных поверхностей является разность ТКЛР стекол. Сферическая поверхность плосковыпуклой линзы, изготовленной из стекла ЛК7, при охлаждении испытывает напряжения сжатия. При этом линза изгибается, и на наружной поверхности появляется «бугор». Сферическая поверхность плосковогнутой линзы, изготовленной из стекла ТФ7, при охлаждении испытывает напряжения растяжения. Соответственно, на наружной поверхности появляется «яма». Наиболее сильные изменения происходят при повышении температуры полимеризации до 65°C . При температурах полимеризации свыше 65°C увеличение деформации происходит в меньшей степени, особенно для стекла ТФ7. Как видно из рис. 2 величины деформаций находятся в пропорциональной зависимости от температуры полимеризации клея при температурах до 65°C . При более высоких температурах полимеризации, возможно, за счёт эластичности клея ОК72ФТ5 происходит частичная компенсация напряжений и, соответственно, деформации увеличиваются в меньшей

степени. На основании вышеизложенного можно сказать, что деформации наружных поверхностей, появляющиеся при склеивании оптическим клеем ОК72ФТ5, зависят в первую очередь от температуры термообработки и от разницы ТКЛР стёкол склеиваемых оптических деталей. Полимеризация клея при повышенных температурах приводит к значительным деформациям оптических поверхностей склеенных сборок.

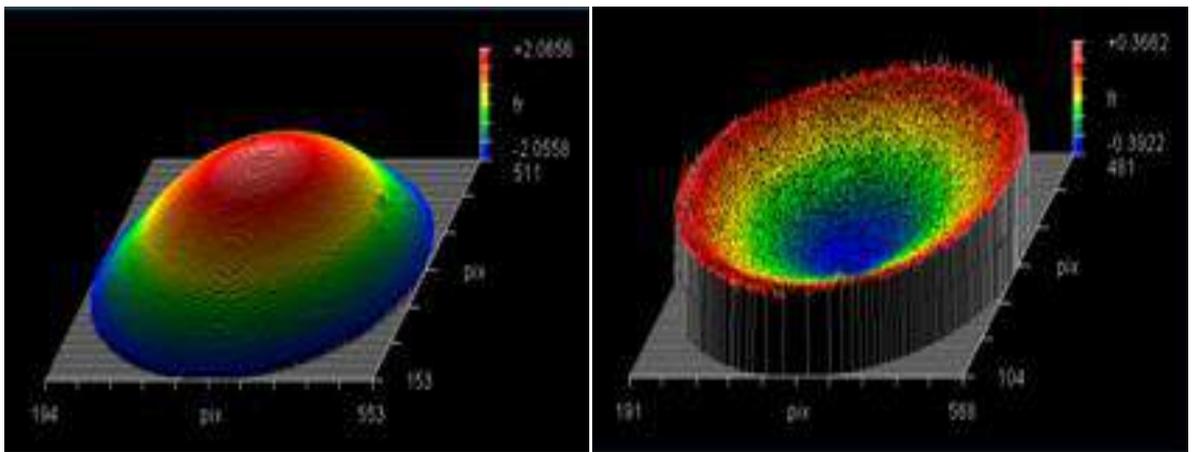
Заключение

Склеивание оптических деталей широко применяется при изготовлении изделий различного назначения. Технические характеристики оптических сборок и самих изделий зависят от технологического процесса склеивания, особенно от температуры полимеризации. Повышение температуры полимеризации может улучшить эксплуатационные характеристики изделий и, при этом, ухудшить их оптические характеристики.

Таблица. Отклонения от заданной поверхности наружных поверхностей оптических сборок, склеенных с использованием клея ОК72ФТ5.

Номер сборки	Марка стекла	Температура полимеризации, °С	Число интерференционных полос		
			До склеивания	После полимеризации	Изменения после полимеризации
1	ТФ7	20	0,4 (яма)	0,7 (яма)	0,3
	ЛК7		-0,7 (бугор)	-0,5 (бугор)	0,2
2	ТФ7	20	0,5 (яма)	0,4 (яма)	-0,1
	ЛК7		0,9 (яма)	1,6 (яма)	0,7
3	ТФ7	50	0,6 (яма)	4,5 (яма)	3,9
	ЛК7		0,2 (яма)	-5,6 (бугор)	-5,8
4	ТФ7	50	0,3 (яма)	5,1 (яма)	4,8
	ЛК7		1,6 (яма)	-4,6 (бугор)	-6,2

5	ТФ7 ЛК7	65	0,2 (яма) -0,7 (бугор)	6,1 (яма) -8,4 (бугор)	5,9 -7,7
6	ТФ7 ЛК7	65	0,5(яма) -1,5 (бугор)	6,7 (яма) -10 (бугор)	6,2 -8,5
7	ТФ7 ЛК7	100	0,1 (яма) -0,2 (бугор)	7,8 (яма) -11,0 (бугор)	7,7 -10,8
8	ТФ7 ЛК7	100	0,3 (яма) -0,8 (бугор)	6,9 (яма) -11,0 (бугор)	6,6 -10,2



а)

б)

Рис. 1 - Интерферограммы плоских поверхностей линз, полученных после термообработки оптической сборки: а – образец 4, стекло ТФ7; б – образец 4, стекло ЛК7.

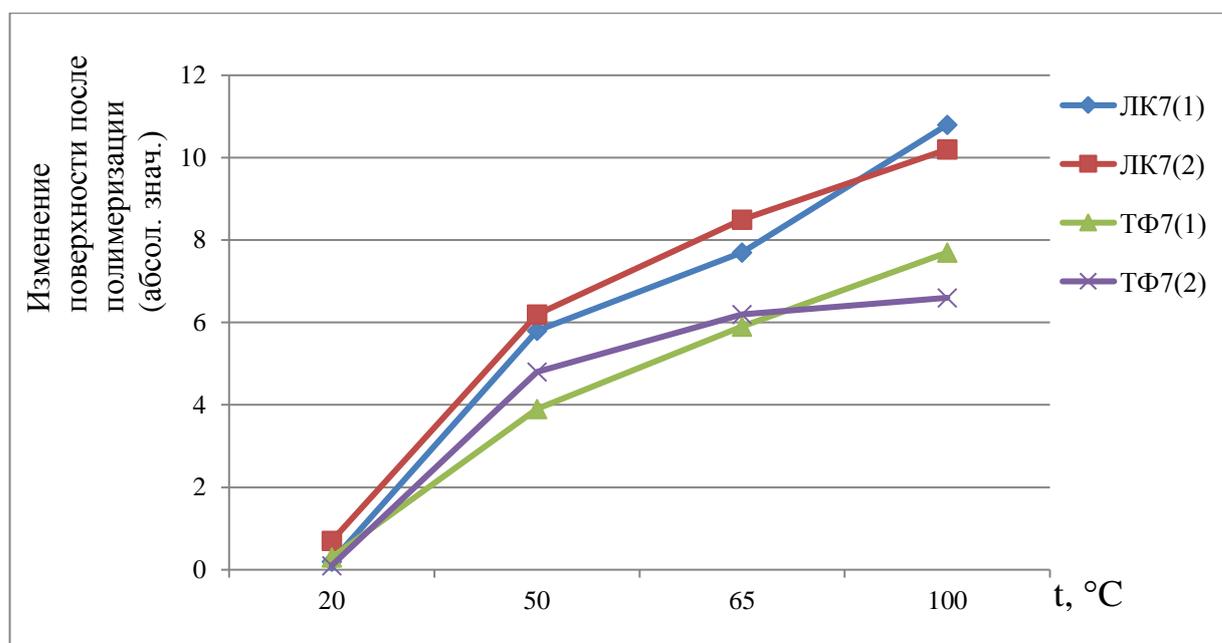


Рис. 2 - Зависимость деформации наружных поверхностей оптических сборок от температуры полимеризации клея ОК72ФТ5.

Список литературы

1. ГОСТ 13659-78. Стекло оптическое бесцветное. Физико-химические характеристики. Основные параметры. Москва. 1985
2. Клеи оптические эпоксидные марки ОК–72ФТ. Общие технические условия, ТУ 2252-005-33122646-14.
3. Кручинин Д.Ю. Склеивание оптических деталей, имеющих нулевые классы чистоты полированных поверхностей // Оптический журнал. 2011. Т.78. №4. С.73-75.
4. Кручинин Д.Ю., Яковлев О.Б. Патент 2454379. Способ склеивания оптических деталей.
5. Левинок В.Е., Мартынова В.Б. Бездеформационное склеивание кварца с инваром // Оптический журнал. 1995. №10. С.69-72.
6. ОСТ3-6187-95. Клеи оптические. Методы контроля и испытаний.
7. Справочник технолога-оптика / Под ред. Окатова М.А. СПб., 2004. 686 с.

СЕКЦИЯ №12.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

ТЕНДЕНЦИИ В ПЕРЕРАБОТКЕ ПАХТЫ

Агаев С., Абдижаппарова Б.Т., Ханжаров Н.С.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова,
Республика Казахстан, г. Шымкент

Вторичный продукт молочного производства пахта является высококачественным диетическим молочным сырьем. Пахта образуется на стадиях сбивания или сепарирования сливок при производстве сливочного масла методами сбивания или преобразования высокожирных сливок, и представляет собой их жидкую несбиваемую часть. Пахта содержит до 9% сухих веществ (в том числе 4,5—5% молочного сахара, 3,2—3,5% белка, 0,5—0,7% минеральных веществ, 0,2—0,5% жира), витамины (А, В, D, E, биотин, РР, холин), фосфатиды [2].

Выход пахты при производстве 1 т сливочного масла достигает 1,5 т [1]. Такой значительный объем вторичного молочного продукта ставит задачу поиска оптимальных путей переработки пахты. С этой целью проведен обзор современных исследований в области переработки пахты.

Синявским Ю.А. и др. разработан низкокалорийный ферментируемый продукт на основе пахты, включающий подслащающее вещество, растительный наполнитель, натуральные фруктовые соки, фитостерины, пектин, витаминно-минеральный премикс, сахарозаменитель, бактериальную закваску [3].

Жайлаубаевым Ж.Д. и др. разработана композиция для получения кисломолочного биопродукта из пахты, содержащая пахту свежую натуральную с массовой долей жира 0,5%, сироп фруктово-ягодный, биодобавку - 2% водный раствор Веторон-Е, а в качестве закваски DVS YF-L702, включающая отдельные штаммы *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* подвид *bulgaricus* и стабилизатор пектин [4].

Этими же авторами разработана композиция для получения кисломолочного фитонапитка из пахты, содержащая пахту свежую с массовой долей жира не более 0,7 %, закваску DVS ABT-5 (состоящей из La-5 *Lactobacillus acidophilus*, BB-12 *Bifidobacterium* и *Streptococcus thermophilus*) и фитодобавки - пюре топинамбура и сироп боярышника или элеутерококка [5].

Жайлаубаевым Ж.Д. и др. разработана композиция низкокалорийного диетического кисломолочного коктейля на основе молочной смеси из молока и молочной сыворотки [6].

Учитывая хорошие пенообразующие свойства пахты, Курбановой М.Г. разработаны белковые концентраты из пахты, которые являются основой для новых взбитых десертов. Основные этапы технологического процесса: пастеризация сырья при температуре 93-95 °С без выдержки, охлаждение до температуры заквашивания 40±2 °С, заквашивание заквасками EZAL U-D MYE 96, доза 2 Е, сквашивание до титруемой кислотности 90 °С, подогрев до 60-65 °С с выдержкой 1-2 мин и частичное отделение сыворотки, получение молочно-белковой основы (МБО), охлаждение МБО до температуры взбивания 1-2 °С, составление смеси по рецептуре и взбивание, фасовка, упаковка, маркировка, хранение и реализация [7].

Остроумовым Л.А. и др. взбитый десерт на основе пахты предлагается получить путем охлаждения пастеризованной пахты до температуры 2-4°С, взбивания сначала при 750-1000 об/мин, затем при 3000-3500 об/мин до увеличения в объеме в 3,0-3,5 раза в течение 12-15 мин. Затем за 5 мин до конца взбивания вводят наполнитель и взбивают при 750-1000 об/мин, за 1 мин до конца взбивания вносят подготовленную метилцеллюлозу в количестве от 0,8 до 2,63 частей к массе готового продукта [10].

Острецовой Н.Г. и Белозеровой О.В. обоснована целесообразность использования обратноосмотического концентрата пахты для получения йогуртов с повышенным содержанием сухих веществ. Для концентрирования пахты применялась мембранная технология, которая позволяет фракционировать и концентрировать составные части молочного сырья, максимально сохраняя их пищевую и биологическую ценность и технологические свойства [8].

Охрименко О.В. разработан напиток на основе пахты с экстрактом хвои сосны. Хвоя обладает антиокислительными, антимикробными качествами, содержит уникальный набор витаминов и минеральных веществ. Автором установлено, что внесение в пахту, полученную при производстве масла методом преобразования высокожирных сливок, 5 и 10 об.% аква экстракта хвои сосны содействует получению продукта с применимыми органолептическими показателями [9].

Васильевой М.П., Грунковой В.А. разработан способ производства белкового кисломолочного продукта из обезжиренного молока и пахты. Молочную смесь в соотношении 1:1-2:1 пастеризуют при температуре 90-95°С с выдержкой 2,5-3 ч и охлаждают до температуры заквашивания. Вносят закваску молочнокислых микроорганизмов, в качестве которой используют комбинированную закваску из культур бифидобактерий, лактококков и лейконостоков в соотношении 3:1:1, сквашивают при температуре 30-34°С до образования сгустка кислотностью 80-85°Т, обезвоживают и охлаждают. Продукт получается кремового цвета, мягкой рассыпчатой консистенцией,

что приближает его по органолептическим показателям к татарскому национальному продукту корту [11].

Жуковой Л.П. и др. разработан способ производства напитка из пахты, который включает приемку, очистку пахты, нагрев до температуры 50-60°C, введение в нее или сиропа шиповника в количестве 10,0%, или сиропа мятного в количестве 11,8% от массы пахты, или водного экстракта чабреца с соотношением компонентов вода:чабрец 5:1, выдержанного на водяной бане в течение 10 минут при температуре 50-60°C с последующим охлаждением и фильтрованием в количестве 7,6% от массы пахты, пастеризацию при температуре 85-90°C в течение 7-10 минут, охлаждение до 2-6°C [12].

Просековым А.Ю. и др. разработан способ производства ферментированного напитка, который включает пастеризацию вторичного молочного сырья, охлаждение до температуры заквашивания, внесение закваски, содержащей молочнокислые бактерии *Streptococcus thermophilus* и бактерии *Mannheimia succiniciproducens* в соотношении 1:2, сквашивание, внесение сахарного сиропа, охлаждение полученного сгустка и розлив готового продукта [13]. В качестве вторичного молочного сырья может использоваться обезжиренное молоко, пахта или молочная сыворотка.

Из вышеуказанных исследований можно заключить следующее:

- пахта является вторичным молочным продуктом, обладающим высокой биологической и пищевой ценностью;
- большие объемы пахты, получаемой в результате производства сливочного масла или преобразования сливок, ставят проблему поиска ее оптимальной переработки;
- наиболее распространенным способом переработки сыворотки является получение из нее ферментированных напитков.

Таким образом, получение напитков на основе пахты с различными добавками представляется перспективным путем ее переработки. В качестве добавок целесообразно использование местного растительного сырья.

Список литературы

1. Абдижаппарова Б.Т., Ханжаров Н.С., Агаев С., Құлбосын Д. Современное состояние производства молока и молочных продуктов в Южно-Казахстанской области: перспективы переработки вторичных молочных продуктов // Тр.международ.научно-практич.конф. «Ауэзовские чтения – 14: Инновационный потенциал науки и образования Казахстана в новой глобальной реальности». – Ш.: ЮКГУ им.М.Ауэзова, 2016. – С.3-7.
2. Давидов Р. Б., Молоко и молочное дело, 4 изд., М., 1973.

3. Инновационный патент РК 30509. Низкокалорийный ферментируемый продукт на основе пахты // Синявский Ю.А., Тажибаев Ш.С., Выскубова В.Г., Пучкова М.С., Беспалова Ю.Н., Якунин А.В. опубл. 16.11.2015, бюл. №11.
4. Инновационный патент РК 24981. Композиция для получения кисломолочного бионапитка из пахты // (72) Жайлаубаев Ж.Д., Есеналинова Б.С., Смагулова З.Т., Исакова Б.Б., Орынтаева Г.Е. опубл. 15.12.2011, бюл. № 12.
5. Инновационный патент РК 24649. Композиция для получения кисломолочного фитонапитка из пахты // Жайлаубаев Ж.Д., Есеналинова Б.С., Смагулова З.Т., Исакова Б.Б., Орынтаева Г.Е. опубл. 17.10.2011, бюл. № 10.
6. Инновационный патент РК 22560. Композиция для приготовления кисломолочного коктейля (варианты) // Жайлаубаев Ж.Д., Абимильдина С.Т., Смагулова З.Т., Исакова Б.Б., Сергазина М.А., опубл. 15.06.2010, бюл. № 6
7. Курбанова М.Г. Биотехнологические аспекты использования белков пахты для производства взбитых продуктов // Вестник КрасГАУ. - №8. – 2009. – С.138-141.
8. Острцова Н.Г., Белозерова О.В. Использование обратноосмотического концентрата пахты для производства кисломолочных продуктов // Молочнохозяйственный вестник. - №1. – 2011. – С.50-53.
9. Охрименко О.В. Напиток на основе пахты с экстрактом хвои сосны // Молочнохозяйственный вестник, 2014. -№2. – С. 67-71.
10. Патент РФ 2208321. Способ получения взбитого десерта на основе пахты // Остроумов Л.А., Просеков А.Ю., Просекова О.Е., опубл. 20.07.2003.
11. Патент РФ 2514671. Способ производства белкового кисломолочного продукта // Васильева М.П., Грунская В.А., опубл. 27.04.2014.
12. Патент РФ 2458515. Способ производства напитка из пахты // Жукова Л.П., Толкунова Н.Н., Жукова Э.Г., Карпова Т.И., опубл. 20.08.2012 г.
13. Патент РФ. 2413419. Способ производства ферментированного напитка // Просеков А.Ю., Короткая Е.В., Разумникова И.С., Крупин А.В., опубл. 10.03.2011г.

ЗАМЕНИТЕЛЬ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА НА ОСНОВЕ КОНЦЕНТРАТА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Гаврилов Г.Б., Куренков С.А., Куренкова Л.А

Вологодская ГМХА им.Н.В. Верещагина, РФ, г. Вологда

В настоящее время, в силу введения санкций на группу продовольственных товаров, в нашей стране остро встала проблема импортозамещения. Производство молока

в России на данный момент не достаточно для удовлетворения потребности населения, не говоря уже об использовании его для выпойки телят. Одним из наиболее рациональных путей в поиске ресурсов сырья молочной промышленности и животноводства является использование его заменителя при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных. Это обстоятельство позволяет предположить, что производство ЗЦМ по новым рецептурам будет востребовано, что подтверждается большими объемами закупок импортного ЗЦМ и попыткой отечественных сельхозпроизводителей организовать производство этой продукции собственными силами.

Нами была разработана рецептура заменителя цельного молока для телят на основе совместного использования белков сои, молочной сыворотки и белково-витаминных премиксов.

Наиболее прогрессивные технологии переработки молочной сыворотки основаны на баромембранных методах разделения. Исходя из сегодняшних реалий, перспективным методом концентрации является нанофильтрация, главными достоинствами которой являются малые затраты на концентрирование, частичная деминерализации (порядка 10-30%), щадящие температурные режимы, обусловленные термолабильностью сывороточных белков.

В процессе нанофильтрации исходная сыворотка разделяется на ретентат, содержащий все составные части сыворотки в концентрированном виде, и пермеат, включающий в себя небольшое количество минеральных солей. Пермеат в дальнейшем может использоваться на технические нужды предприятия. Для производства разрабатываемого ЗЦМ наиболее целесообразно использовать концентрированную сыворотку с массовой долей сухих веществ 18 – 20%, так как данная концентрация является оптимальной, увеличение концентрации ведет к резкому снижению производительности аппарата за счет появления концентрационной поляризации. При лабораторных испытаниях параметры нанофильтрации были следующими: давление $p=25$ бар, температура $t=42$ °С. Характеристики состава ретентата и пермеата, полученных в ходе нанофильтрации молочной сыворотки, представлены в таблице 1.

Таблица 1 –Компонентный состав ретентата и пермеата, полученных при нанофильтрации молочной сыворотки,%

Показатели	Молочная сыворотка	Ретентат	Пермеат
Натуральный белок	0,60	2,13	-
Небелковый азот	0,20	0,5	0,08
Лактоза	3,60	12,85	0,07

Кислота	0,85	2,60	0,16
Зольность	0,70	2,00	0,19
Жиры	0,05	0,18	-
Сухие вещества	6,0	19,89	0,51

На основании данных, представленных в таблице 1, можно заключить, что наибольшая доля сухих веществ ретентата приходится на лактозу, белок, кислоту и минеральные вещества.

В силу того, что лактоза плохо переваривается у телят и часто вызывает диарею, технология разрабатываемого ЗЦМ предполагает использование гидролиза лактозы непосредственно после нанофильтрации[1,2].

Исследованием гидролиза лактозы в молочных продуктах в нашей стране занимались такие ученые как Липатов Н.Н., Храмцов А.Г., Евдокимов И.А., Свириденко Ю.Я. и другие [3]. Они установили, что существует необходимость применения для каждого вида молочного сырья специально подобранных ферментов, а именно β -галактозидаз.

При гидролизе лактозы получаются два простых сахара – глюкоза и галактоза. Они придают сладковатый вкус ЗЦМ, что положительно сказывается на органолептических показателях продукта и повышает его поедаемость телятами [4].

В ходе планирования эксперимента по гидролизу лактозы в ретентате молочной сыворотки, было установлено, что оптимальными параметрами гидролиза являются: температура 20⁰С, рН 5-5,5 доза внесения фермента 4г/1000мл.

Использование в качестве сырья только ретентата сыворотки не удовлетворяет потребности молодняка по содержанию белка и жира в рационе, поэтому в рецептуре используется соевая мука. Компонентный состав соевой муки представлен в таблице 2 [4,5].

Таблица 2 – Компонентный состав соевой муки, г/100г

Компонент соевой муки	Содержание в 100 г
Белки	36,5
Жиры	18,6
Углеводы	17,9
Пищевые волокна	13,3
Вода	9
Моно- и дисахариды	5,9
Крахмал	12
Зола	4,7
Насыщенные жирные кислоты	2,7

Как следует из данных таблицы 2, соевая мука наиболее богата белком в легкоусвояемой форме, жирами и углеводами (клетчаткой). Такой состав позволяет наилучшим образом дополнить сывороточный ретентат и, тем самым, обеспечить плавный переход от молочных кормов к растительным.

При разработке рецептуры использовалась соевая мука ГОСТ 3898-56 «Мука соевая дезодорированная. Технические условия».

Особое место в разработке рецептур занимает создание биологически полноценного жирового комплекса. При замене молочного жира в рационе, необходимо отдавать предпочтение таким жировым системам, состав которых максимально приближен к составу молочного жира в цельном молоке. Поэтому в рецептуру ЗЦМ наряду с жирами, содержащимися в соевой муке, включен защищенный пальмовый жир «Нурисол», получаемый из пальмового масла с помощью физических процессов. Он не воздействует на микрофлору рубца, усваивается без дополнительной нагрузки на печень. Использование защищенных жиров в составе кормовых рационов упрощает и удешевляет достижение необходимых уровней содержания в них других питательных веществ, особенно при использовании кормовых добавок с высоким содержанием клетчатки.

В рецептуре предусматривается внесение эмульгаторов, для обеспечения стабильности эмульсии и однородности жировой фракции, дисперсность которой будет приближена к дисперсности жировых шариков в цельном молоке. При разработке рецептуры ЗЦМ применялся эмульгатор – моноглицерид дистиллированный.

Молодняк животных нуждается в витаминах, микроэлементах и других биологически активных веществах, поэтому в рецептуру предполагается внесение специально разработанного витаминно–минерального премикса.

Для предупреждения окислительной порчи жиров, в состав рецептуры предусмотрено внесение антиоксиданта – аскорбиновой кислоты, которая является сильнейшим антиоксидантом природного происхождения.

В качестве консерванта в состав рецептуры предусмотрено внесение сорбиновой кислоты (Е200) – разрешенной к применению во всех отраслях пищевой промышленности. Она оказывает угнетающее действие на дрожжи, плесневые грибы и некоторые бактерии, блокируя ферменты.

Рецептура разработанного ЗЦМ представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Рецептура разработанного заменителя цельного молока

Вид сырья	Количество, кг
Концентрат молочной сыворотки	674,9
Мука соевая	241,7

«Нурисол»	74,2
Витамино – минеральный премикс	5
Моноглицерид дистиллированный	2,5
Калий лимоннокислый	1
Аскорбиновая кислота	0,35
Сорбиновая кислота	0,2

Таким образом, нами разработана рецептура заменителя цельного молока на основе концентрата молочной сыворотки, полученного с применением нанофльтрации, обладающего сбалансированным белковым составом, отвечающего зоотехническим требованиям и обеспечивающего плавный переход от молочных кормов к растительным.

Список литературы

1. Попова, И.Д. и др. Способы производства концентрата молочной сыворотки [Текст] / И.Д. Попова // Молочная промышленность. – 2002. - №1. – С.17-18.
2. Хортон, Б.С. Переработка и утилизация сыворотки [Текст] / Б.С. Хортон // Молочная промышленность. – 2003. – №10. – С.42-43.
3. Сенкевич, Т.Л. Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе [Текст] /Т. Л. Сенкевич, К.Л. Ридель; пер. с нем. Н.А. Эпштейна; под. Ред. Н.Н. Липатова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 270 с.
4. Золашко, М.В. Биотехнология переработки молочной сыворотки [Текст] / М.В. Золашко. – М.: Агропромиздат, 1990. – 120 с.
5. Химия пищи: Белки: Структура, функции, роль в питании/ И.А. Рогов, Л.В. Антипова, Н.И. Дунченко, Н.А. Жеребцов. В 2-х кн.Кн.1 – М.:Колос, 200, - 384с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Кулбосын Д., Абдижаппарова Б.Т., Ханжаров Н.С.

Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент

Молочная сыворотка является побочным продуктом при производстве белково-жировых продуктов, таких как сыр, творог, казеин. Проблема рациональной переработки и применения сыворотки все еще носит актуальный характер, несмотря на то, что она имеет высокую биологическую и пищевую ценность. Известно, что выход молочной сыворотки из 1 т молока, направляемого на производство высокобелковых продуктов,

составляет от 65% до 82%: сыры натуральные – 80%; сыры обезжиренные – 65%; сыры низкожирные – 65%; брынза – 65%; творог – 80%; казеин технический – 75%; казеин пищевой – 82% [2]. Такой значительный объем вторичной продукции молочной промышленности ставит задачу поиска оптимальных путей переработки сыворотки.

Для сохранения сыворотки перед основной переработкой ее необходимо подвергать тепловому воздействию или консервированию. Тепловую обработку молочной сыворотки проводят при пороговой температуре денатурации сывороточных белков, с последующим охлаждением. После такой обработки сыворотка может храниться 2 суток. Кроме того применяют различные консерванты: растворы пероксида водорода, формальдегида, хлорида натрия. В ряде случаев используют этиловый спирт, сорбиновую кислоту и др. [9].

В мировой практике разработаны и успешно применяются различные процессы переработки молочной сыворотки, такие как мембранные технологии, сепарирование, концентрирование, биологические методы обработки.

Мембранные технологии позволяют концентрировать и фракционировать основные компоненты сыворотки, и, следовательно, увеличить объемы перерабатываемого сырья и спектр его использования. В зависимости от величины пор различают следующие виды мембранных процессов: микрофльтрация, ультрафльтрация, нанофльтрация и обратный осмос [6]. Подвергая творожную сыворотку обработке нанофльтрацией, удается достичь уровня деминерализации 25–27 % и уровня раскисления – 15–18 % [16, 17]. Одна из разновидностей мембранных процессов – электромембранная технология, основанная на действии электрического поля на растворы, содержащие вещества в ионной форме [8].

Лосевым А.Н. и др. предложена модификация белкового состава творожной сыворотки, которая состоит из предварительной обработки сыворотки, ультрафльтрации и микропартикуляции ультрафльтрационного концентрата [10]. За счет вышеперечисленных процессов повышается содержание белка, улучшаются сбалансированность аминокислотного состава и органолептические показатели продукта.

Шуваловой Е.Г. и Долгоруковой М.В. проведены исследования по культивированию кефирного грибка в подсырной молочной сыворотке [15]. Сыворотку сначала разделили на три вида: натуральная, обезжиренная (полученная путем сепарирования натуральной сыворотки) и соленая (полученная путем добавления к обезжиренной сыворотке поваренной соли в количестве 1,5 % от объема сыворотки). По всем трем видам подсырной сыворотки получены положительные результаты, наблюдалось стремительное нарастание биомассы кефирного грибка. Содержание в

обезжиренной соленой сыворотке поваренной соли оказывает антагонистический эффект на развитии биохимических процессов при выращивании кефирного грибка.

В пищевой промышленности сыворотка используется при производстве хлебобулочных, кондитерских изделий и молочных продуктов [5, 14]. Большой интерес представляет применение молочной сыворотки в производстве функциональных продуктов [1, 3, 4, 11].

Вороновой Н.С. и Овчаровым В.Д. разработана технология функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями, в качестве которых взяты пюре топинамбура, свеклы и моркови [3]. Добавление овощной смеси в напиток усиливает его пробиотический эффект и симбиотические свойства.

Жайлаубаевым Ж.Д. и др. разработана композиция низкокалорийного диетического кисломолочного коктейля на основе молочной смеси из молока и молочной сыворотки, которая включает молочную смесь из молока обезжиренного и сыворотки, закваску, состоящую из бактериальных культур, коллоидного раствора желатина, экстракта корня цикория и фруктового сиропа [7].

Просековым А.Ю. и др. разработан способ производства ферментированного напитка, который включает пастеризацию вторичного молочного сырья, охлаждение до температуры заквашивания, внесение закваски, содержащей молочнокислые бактерии *Streptococcus thermophilus* и бактерии *Mannheimia succiniciproducens* в соотношении 1:2, сквашивание, внесение сахарного сиропа, охлаждение полученного сгустка и розлив готового продукта [12]. В качестве вторичного молочного сырья может использоваться обезжиренное молоко, пахта или молочная сыворотка.

Щепочкиной Ю.А. предложен способ получения напитка из молочной сыворотки, предусматривающий нагрев молочной сыворотки до 95-96°C, выдержку при этой температуре в течение 0,8-1,2 мин, охлаждение со скоростью не менее 7,5°C/мин до 5-10°C, фильтрацию, внесение в фильтрат вкусовой добавки, сахарного сиропа [13]. В отфильтрованную сыворотку в качестве вкусовой добавки вводят арбузную корку, предварительно обработанную паром при температуре 90-120°C и протертую в пюре, или предварительно обработанную арбузную корку и арбузный сок в количестве 1-25% и 5-10% соответственно от массы отфильтрованной сыворотки с последующим перемешиванием.

Из вышеуказанных исследований можно заключить следующее:

- большие объемы сыворотки, полученной в результате промышленной переработки творога и сыра, ставят проблему поиска ее оптимальной переработки;

- для сохранения сыворотки до промышленного использования ее необходимо подвергать тепловой обработке или консервированию;

- для снижения кислого вкуса сыворотки необходимо доведение ее рН до оптимального уровня;

- наиболее распространенным способом переработки сыворотки является получение из нее напитков.

Таким образом, получение напитков на основе сыворотки с различными добавками представляется перспективным путем ее переработки. В качестве добавок целесообразно использование местного растительного сырья.

Список литературы

1. Артюхова С. И., Макшеев А. А., Гаврилова Ю. А. Молочная сыворотка в функциональных продуктах // Молочная промышленность. - 2008. -№12. - С. 63
2. Волкова Т.А. О роли продуктов из сыворотки //Молочная промышленность. – 2012, №4. – С.69.
3. Воронова Н.С., Овчаров Д.В. Разработка технологии функционального напитка на основе молочной сыворотки с овощными наполнителями //Научный журнал КубГАУ, №104(10), 2014.
4. Грунская В.А., Габриелян Д.С. Обогащенные кисломолочные напитки // Молочная промышленность. - №9. – 2012. – С.56.
5. Евдокимов И. А. Современное состояние переработки молочной сыворотки // Молочная промышленность. – 2008, № 8. — С. 37–38.
6. Золоторева М.С., Топалов В.К. Мембранные процессы в технологии переработки сыворотки // Переработка молока. – 2014, №5.
7. Инновационный патент РК 22560. Композиция для приготовления кисломолочного коктейля (варианты) // Жайлаубаев Ж.Д., Абимурдына С.Т., Смагулова З.Т., Искакова Б.Б.,Сергазина М.А., опубл. 15.06.2010, бюл. № 6.
8. Кравченко Э.Ф., Гаршина Т.И. Деминерализация молочной сыворотки – эффективный способ ее использования в составе пищевых продуктов // «Молочная река». - 2010, №8.
9. Крусъ Г.Н., Кулешова И.М., Дунченко М.И. Технология сыра и других молочных продуктов. - Учебник, Москва: Колос, 1992.

10. Лосев А.Н., Пономарёв А.Н., Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б. Микропартикуляция творожной сыворотки //Молочная промышленность, 2015. - №9. с.42-43.
11. Новокшанова А.Л., Ожиганова Е.В. Использование творожной сыворотки в индустрии спортивного питания // Молочнохозяйственный вестник. - №4(12). – 2013. – С.80-84.
12. Патент РФ. 2413419. Способ производства ферментированного напитка //Просеков А.Ю., Короткая Е.В., Разумникова И.С., Крупин А.В., опубл. 10.03.2011г.
13. Патент РФ. 2403795. Способ производства напитка из молочной сыворотки// Щепочкина Ю.А., опубл. 20.11.2010 Бюл. № 32.
14. Савенкова Т. В., Крылова Э. Н.; Ходак А. П., Святославова И. М., Горячева Г. Н. Молочная сыворотка в производстве кондитерских изделий // Молочная пром-сть. - 2012. - № 12. - С. 61-63.
15. Шувалова Е. Г., Долгорукова М. В. Культивирование кефирного грибка на молочной сыворотке // Молочная промышленность. - 2015. - № 5. - С. 32-33.
16. Cuartas–Uribe B., Alcaina–Miranda M.I., Soriano–Costa E., Bes–Pia A. Comparison of two nanofiltration membranes NF200 and Ds-5 DL to demineralize whey. Desalination, Vol .199, pp.43–45 (2006).
17. Nabi G., Nasrabadi B., Nasrabadi T. Use of nanofiltration for concentration and demineralization in the dairy industry. Pakistan Journal of Biological Sciences, Vol. 9, Issue 5, pp.991–994 (2006).

СЕКЦИЯ №13.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)

СЕКЦИЯ №14.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОМЕХИ МНОЖЕСТВЕННОГО ДОСТУПА АНСАМБЛЕЙ СИГНАЛОВ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ

Гайворонский Д.В., Данильчук Е.А.

ФГАОУ ВО СПбГЭТУ «ЛЭТИ», РФ Санкт-Петербург

Спутниковая радионавигация активно развивается несколько последних десятилетий. В настоящее время она представлена несколькими системами, часть которых полностью развернута и постоянно модернизируются, к ним относятся ГЛОНАСС и GPS, остальные системы: Galileo, BeiDou, IRNS и QZSS – находятся на разных стадиях разработки и ввода в эксплуатацию [1].

Орбиты космических аппаратов рассчитаны так, чтобы обеспечить наилучшее качество на областях земной поверхности, представляющей наибольший интерес для конкретной системы. Некоторые из систем имеют спутники на геостационарных и геосинхронных орбитах. Орбиты всех космических аппаратов у всех систем согласованы так, что не мешают друг другу, также согласуются и излучаемые сигналы. Благодаря этому спутники некоторых систем могут дополнять друг друга[2].

Гражданским сигналам спутниковых радионавигационных систем (СРНС) выделена полоса 1–2 МГц в L-диапазоне. Однако из-за ограниченности частотного ресурса разработчики систем располагают сигналы в одном частотном диапазоне с перекрытием спектров, платой за это будет возникающая помеха, вносимая сторонними сигналами приему полезного. Кодовое разделение сигналов, то есть передача всего ансамбля на единой несущей частоте позволяет значительно упростить аппаратуру приемников, а грамотный выбор ансамбля позволяет снизить уровень взаимной помехи. Тем не менее, из-за неидеальной ортогональности сигналов возникает помеха множественного доступа (ПМД), определяется она с помощью двумерной взаимной корреляционной функции:

$$R_{kl}(\tau, F) = \int_0^T \dot{S}_k(t) \dot{S}_l^*(t - \tau) \exp(-2j\pi Ft) dt, k = 1, 2, \dots, M, l = 1, 2, \dots, M, k \neq l$$

где M – объем ансамбля псевдослучайных последовательностей, $\dot{S}_k(t)$ и $\dot{S}_l(t - \tau)$ – комплексные огибающие k -го и l -го сигналов, τ и F – временной и частотный сдвиги между сигналами соответственно.

Необходимым условием для надежного выделения полезного сигнала на фоне множества совокупных помех является малая величина модуля нормированной ДВКФ при любых взаимных сдвигах, как по частоте, так и по запаздыванию.

Существуют различные критерии оценки ПМД: по максимальному уровню ρ_{\max} , по среднеквадратическому уровню ρ_{rms} и по уровню однопроцентного квантиля $\rho_{0.01}$. Они описываются следующими выражениями:

$$\rho_{\max} = \frac{1}{N} \max_{\tau, F} |R_{kl}(\tau, F)|$$

$$\rho_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{mN} \sum_{\tau, F} |R(\tau, F)|^2}$$

$$P(\rho_{0.01} < \rho < \rho_{\max}) = 0.01$$

Согласно границе Велча, при длине последовательности, стремящейся к бесконечности, максимум ПМД стремится к $1/\sqrt{N}$. Некоторые ансамбли лежат на этой границе, к ним относятся: m -последовательности, ансамбли Касами, Камалетдинова, а некоторые, такие как ансамбль Голда, только к этому стремятся. Остановимся на последовательностях, обладающих хорошими корреляционными свойствами и простыми алгоритмами формирования.

Последовательность Голда формируется как сумма двух m -последовательностей равных длин. Данные последовательности являются взаимно простыми, их суммы по модулю два также являются m -последовательностями. Две изначальные последовательности записываются как первая и вторая последовательности из ансамбля Голда. Суммы по модулю два первой и сдвинутой второй последовательности образуют остальные последовательности, их число равняется длине последовательности. Объем ансамбля Голда – $M = N + 2$ [3].

Ансамбль Касами имеет схожий способ формирования, однако последовательности имеют разные периоды. Последовательность с большим периодом N_1 записывается в качестве первой последовательности ансамбля, остальные являются суммой по модулю два длинной и короткой последовательностей, их число равняется N – периоду короткой m -последовательности. Объем ансамбля Касами $N + 1$ [3].

Для сопоставления качественных показателей рассмотрим несколько существующих ансамблей нового поколения системы GPS.

Код L1C формируется из последовательности Лежандра длины 10223 путем присваивания определенным чипам значения “1”. Затем, в соответствии с индексом Вейля

происходит суммирование по модулю два элементов, различающихся на него. И в конце, в соответствии с индексом вставки, происходит вставка семи элементов [4].

Код L5 представляет собой код Голда, укороченный до длины 10230 и создается путем суммирования двух m -последовательностей по модулю два. Их полиномы имеют следующий вид: $pol_{xa} = 1 + x^9 + x^{10} + x^{12} + x^{13}$ и $pol_{xb} = 1 + x + x^3 + x^4 + x^6 + x^7 + x^8 + x^{12} + x^{13}$. Одна из них является общей для всех последовательностей ансамбля, в то время как другая, ХВ, будет уникальной для каждого. Особенностью генерации ХВ является то, что при достижении определенных состояний в ячейках, происходит загрузка единиц, и зависимости, от того, какие были начальные состояния, последовательность доходит до этого состояния(nine) два или три раза.[5] Остальные ансамбли систем Galileo и GPS имеют сходный алгоритм генерации, поэтому здесь мы его опустим.

Для оценки уровня ПМД современных СРНС были построены генераторы дальномерных кодов Galileo и GPS нового поколения, в частности таких кодов, как L1, L2, L5, E1 и E5, а также минимаксных ансамблей. В таблице ниже приведены результаты оценки максимума ПМД для различных дальномерных кодов, использующихся в современных СРНС, а также ансамблей Голда и Касами для сравнения.

Ансамбль	Длина N	Мощность ансамбля M	ρ_{\max} , дБ
L1C	10230	126	-27.3
L2C	10230	32	-25.4
L5	10230	37	-26
E1	4094	50	-24.5
E5	10230	50	-25.7
Голд	1023	1025	-24.2
	16383	100 (16385)	-36.1
Касами	4095	64	-36.2
	16383	100(128)	-42.1
	10230	50	-25.7

Следует отметить, что для ансамблей Голда и Касами были исследованы лишь 100 последовательностей, поскольку этого числа сигнатур достаточно для наделения всех спутников минимум двумя сигналами с запасом.

Из таблицы видно, что с ростом длины дальномерных кодов наблюдается снижение максимального уровня ПМД. Однако жесткая фиксация длины кода приводит к существенному проигрышу по этому критерию границе Велча.

Видно, что только ансамбль Касами находится на границе Велча, максимальное значение ПМД остальных ансамблей современных СРНС на 12-15дБ проигрывают границе Велча.

При дальнейшей модернизации систем разумно ориентироваться в первую очередь на минимаксные ансамбли, где уровень ПМД минимален. Это позволит значительно расширить рабочую зону системы в целом и надежно решать задачу навигационного обеспечения в сложной помеховой обстановке.

Список литературы

1. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. [Текст] / В.С. Яценков – М: Горячая линия-Телеком, 2005. – 272 с.
2. Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document. Draft 0 [Text] / European Space Agency. Noordwijk, Netherlands, 2006. – 192 p.
3. Ipatov V.P. Spread Spectrum and CDMA. Principles and Applications. University of Turku and Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”. John Willy & Sons Ltd, 2004 – 398p.
4. Interface Specification/Navstar GPS Space Segment/User Segment L1 Interfaces. Draft IS-GPS-800 [Text], 19 April 2006 /Space and Missile Systems Center, Navstar GPS Joint Program Office. El Segundo, CA, USA, 2006. – 121 p.
5. Interface specification. Navstar GPS Space Segment/ User Segment L5 Interfaces. Draft IS-GPS-705 [Text] / Space and Missile Systems Center, Navstar GPS Joint Program Office. El Segundo, CA, USA, 2003. – 95 p.

ОЦЕНКА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПУТЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Поливанов В.В.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург

При проектировании средств измерений (СИ) основной задачей является обеспечение заданных метрологических характеристик (МХ). Важнейшей МХ является основная погрешность СИ.

Существует два подхода к нормированию основной погрешности [1].

1. Задание ее предельных значений основной погрешности для типа СИ в случае, когда случайная составляющая погрешности пренебрежимо мала.
2. Задание вероятностных свойств погрешности с учетом отдельного нормирования систематической и случайной составляющих погрешности.

При втором подходе нормируются следующие МХ:

- предел систематической составляющей погрешности типа СИ, определяемый как максимум из пределов систематических составляющих погрешностей отдельных СИ на множестве СИ данного типа;
- предел среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности типа СИ.

При проектировании СИ решается задача определения требований к характеристикам узлов СИ с целью обеспечения заданных характеристик основной погрешности СИ. С учетом большого числа и вероятностной природы факторов, определяющих погрешность СИ, решение этой задачи аналитическим путем представляет трудности. В качестве альтернативного варианта решения указанной задачи может быть использовано имитационное моделирование.

Применение имитационного моделирования СИ позволяет:

- оценить влияние параметров и характеристик отдельных узлов и комплектующих на основную погрешность;
- определить статистические характеристики погрешности СИ;
- определить требования к параметрам и характеристикам узлов;
- выбрать комплектующие, минимизирующие погрешность СИ.

Поскольку имитационное моделирование рассматривается как виртуальный эксперимент с математической моделью СИ [2], сравним натуральный эксперимент и имитационное моделирование при оценке МХ СИ.

При оценке МХ СИ путем натурального эксперимента проводятся многократные измерения для конкретного экземпляра СИ данного типа в различных точках диапазона и определяются МХ экземпляра. Процедура повторяется для других экземпляров и определяются МХ на множестве экземпляров типа СИ.

При имитационном моделировании СИ необходимо:

1. Разработать математическую модель основной погрешности СИ с учетом погрешностей, вносимых комплектующими.
2. Задать вероятностные характеристики параметров комплектующих, влияющие на основную погрешность СИ, что позволит создать математическую модель типа СИ, а не конкретного экземпляра.
3. Провести “виртуальный эксперимент” с моделью СИ при представлении измеряемой величины случайной величиной с равномерным законом распределения в

диапазоне измерения, что позволит оценить характеристики основной погрешности СИ в соответствии с [1] для всего диапазона измерений.

Для примера рассмотрим имитационное моделирование аналого-цифрового преобразователя “интервал времени-код” [3]. Эти преобразователи широко применяется в измерительной технике: цифровых хронометрах, универсальных частотомерах, время-импульсных вольтметрах, лазерных и акустических дальнометрах.

Принцип работы преобразователя следующий. Длительность измеряемого интервала времени t_x ограничивается “старт” и “стоп” импульсами, значение кода результата преобразования равно числу импульсов N_x стабильного периода T_0 , подсчитанных за интервал времени t_x (рис. 1).

Структурная схема (рис. 2) состоит из триггера T_r , генератора импульсов стабильной частоты (ГИСЧ), схемы совпадения И, счетчика импульсов (СчИ).

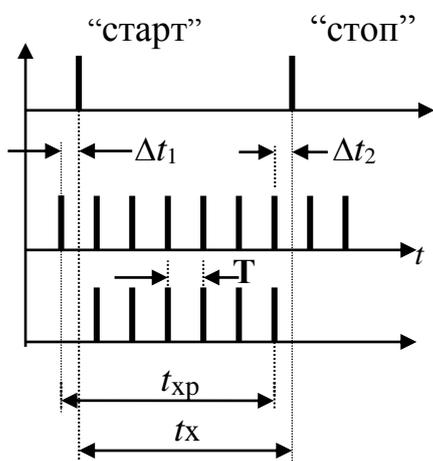


Рис. 1

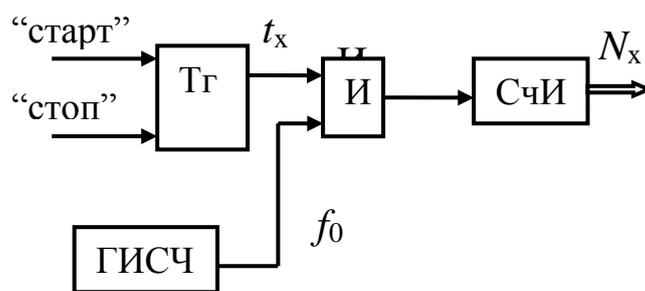


Рис. 2

Основная погрешность преобразователя обусловлена погрешностями квантования и инструментальной из-за погрешности частоты ГИСЧ f_0 . Обе погрешности определяются параметрами ГИСЧ: его номинальной частотой $f_{0н}$ и относительной погрешностью частоты ГИСЧ

$$\delta_r = (\Delta f_0 / f_{0н}) 100\%, \quad (1)$$

где $\Delta f_0 = f_0 - f_{0н}$ – абсолютная погрешность частоты ГИСЧ.

Абсолютная погрешность квантования $\Delta t_{кв} = \Delta t_1 + \Delta t_2$ (рис. 1), как сумма двух равномерно распределенных величин, распределена по треугольному закону в интервале $[-T_0; +T_0]$, где $T_0 = 1/f_0$ – период ГИСЧ [3].

Суммарная абсолютная погрешность преобразователя Δt равна (рис. 1)

$$\Delta t = t_{xp} - t_x = N_x T_{0н} - t_x, \quad (2)$$

где $t_{xp} = N_x T_{0н}$ – результат преобразования интервала времени t_x в код (рис.1); N_x – число импульсов периода T_0 , зафиксированных за время t_{xp} (рис. 1)

$$N_x = \text{Ent}[(t_x + \Delta t_1) / T_0], \quad (3)$$

где $\text{Ent}[\dots]$ – оператор вычисления целого значения от числа в $[\dots]$; Δt_1 – погрешность несинхронности “старт-импульса” и импульса ГИСЧ, равномерно распределенная на интервале $[0; T_0]$ (рис. 1).

Величину T_0 в (3) с учетом (1) можно выразить через δ_r

$$T_0 = (f_{0н} + \Delta f_0)^{-1} = [f_{0н}(1 + \Delta f_0/f_{0н})]^{-1} = [f_{0н}(1 + \delta_r/100)]^{-1}. \quad (4)$$

Из (3) и (4) при условии равномерного распределения $\Delta t_1/T_0$ в интервале $[0;1]$ [3] получим выражение для результата преобразования N_x , которое и является математической моделью основной погрешности преобразователя

$$N_x = \text{Ent}[t_x f_{0н} (1 + \delta_r/100) + \Delta_1], \quad (5)$$

где Δ_1 – случайная величина, равномерно распределенная в интервале $[0;1]$.

В преобразователях “интервал времени-код” для построения высокостабильных ГИСЧ в качестве комплектующих используются кварцевые резонаторы, задающие номинальную частоту ГИСЧ $f_{0н}$ [4]. Реальная частота отдельных экземпляров резонаторов отличается от $f_{0н}$, вследствие чего в процессе их серийного производства отбираются резонаторы с отклонением их частоты от $f_{0н}$ не превышающим $\pm \Delta f_{0м}$. Поэтому частоту резонаторов данного типа, а следовательно и частоту ГИСЧ, следует рассматривать как случайную величину с равномерным законом распределения в интервале $[f_{0н} - \Delta f_{0м}; f_{0н} + \Delta f_{0м}]$.

Исходя из вышеизложенного в (5) следует принять равномерный закон распределения δ_r в интервале $[-\delta_m; +\delta_m]$, где $\delta_m = (\Delta f_{0м} / f_{0н})/100\%$ – предельная относительная погрешность частоты резонаторов данного типа. Это позволит учесть влияние δ_r на основную погрешность преобразователей.

Программная реализация имитационного моделирования преобразователя сводится к формированию случайных чисел с заданными законами распределения, вычислению погрешности, определению характеристик погрешности.

Алгоритм моделирования является циклическим и включает следующее.

1. Задается диапазон измерения $[0; t_m]$ и параметры ГИСЧ: номинальная частота ГИСЧ $f_{0н}$ и предельная относительная погрешность частоты ГИСЧ δ_m .

2. В i -ом цикле выполнения алгоритма генерируются независимые случайные числа с равномерными законами распределения: 1) t_{xi} в интервале $[0; t_m]$, имитирующие измеряемую величину; 2) δ_{i1} в интервале $[-\delta_m; +\delta_m]$, имитирующие относительную погрешность частоты ГИСЧ; 3) Δ_{i1} в интервале $[0; 1]$, имитирующие погрешность несинхронности “старт-импульса” и импульса ГИСЧ.

3. В каждом цикле по выражению (5) вычисляется значение выходного кода N_{xi} , абсолютная погрешность преобразования $\Delta t_i = N_{xi}/f_{0н} - t_{xi}$, формируется массив ее значений $\{\Delta t_i\}$.

4. Для массива $\{\Delta t_i\}$ путем статистической обработки определяются МХ основной погрешности преобразователя, нормируемые в соответствии с [1].

По итогам моделирования анализируется зависимость МХ основной погрешности от диапазона измерения t_m и параметров ГИСЧ $f_{0н}$ и δ_m (%).

Даются рекомендации по выбору параметров преобразователей данного типа: 1) диапазона измерения; 2) параметров ГИСЧ f_0 и δ_m (%) исходя из минимизации МХ основной погрешности [1].

Т.о. имитационное моделирование является эффективным средством оценки МХ СИ и позволяет найти оптимальные решения при проектировании.

Список литературы

1. ГОСТ 8.009-84. “Нормируемые метрологические характеристики средств измерений”.
2. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии – СПб, “Альтекс”, 2004.
3. Метрология, стандартизация, сертификация: учебник для высших учебных заведений / [Б.Я. Авдеев, В.В. Алексеев, Е.М. Антонюк и др.]; под ред. В.В. Алексеева. –М. “Академия”, 2007.
4. Альтшуллер Г.Б., Елфимов Н.Н., Шакулин В.Г. Кварцевые генераторы. Справочное пособие. – М. “Радио и связь”, 1984.

СЕКЦИЯ №15.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

КОМПОНОВКА ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Федоров Е.Ю., Хайруллина Г.С., Шакирзянова Н.Ш.

Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева - КАИ, г. Казань

Задача компоновки элементов электрооборудования системы электроснабжения летательного аппарата заключается в объединении этих элементов в конструктивные узлы [1, 2]. При создании летательного аппарата предъявляются жесткие требования к весовым и габаритным параметрам, связанных с условиями расхода топлива, маневренностью, ремонтпригодностью, эстетическими качествами и т.д. Элементы электрооборудования (электромагнитные реле, контакторы, выключатели и другая коммутационная аппаратура) должны располагаться упорядоченно и занимать как можно меньше объема пространства [3].

Задача компоновки в общем виде формулируется следующим образом: требуется разбить множество компонуемых элементов E на α непересекающихся подмножеств E_S , представляющих собой элементный набор конструктивных узлов [4].

При решении этой задачи множество ограничений C формируется с использованием элементов множества признаков системной модели и следующих инженерных требований:

- должны быть выполнены требования электромагнитной, тепловой, механической совместимости, надежности;
- обеспечен заданный коэффициент заполнения конструктивных узлов;
- ограничен объем конструктивных узлов

Принципиальную электрическую схему, состоящую из множества элементов $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$, соединенных между собой электрическими цепями из множества $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$, будем называть коммутационной схемой.

Каждый i -ый элемент имеет множество соединенных выводов $C_i = \{c_{i_1}, c_{i_2}, \dots, c_{i_k}\}$. Внешние выводы схемы, служащие для связи с другими схемами (например, через электросоединитель), удобно представить фиктивным элементом e_0 .

Принципиальную электрическую схему представим в виде графа коммутационной схемы (ГКС). Он содержит три типа вершин соответствующих: E – элементам, C –

выводам элементов, V – цепям (комплексам). Рёбра делятся на элементные F и сигнальные W :

$$G = (E, V, C, F, W) \quad (1)$$

Структуру ГКС можно задать одной матрицей $T = \|t_{ij}\|_{mk}$, строки которой соответствуют элементам, а столбцы выводам элемента, причём

$$k_i = \max k_i, i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где n – число элементов.

Матрица T называется матрицей цепей. Для построения матрицы цепей необходимо каждой цепи присвоить номер.

Наиболее приемлемым критерием является критерий минимизации числа связей между конструктивными узлами, т.к. он дает уменьшение массы изделий, минимизирует взаимные наводки, увеличивает надежность, упрощает конструкцию. Недостаток данного критерия в том, что он не учитывает массогабаритные характеристики электрических связей, а именно сечение проводов, связывающих конструктивные узлы.

Например, в результате решения задачи компоновки получено два решения (рис. 1 а, б).

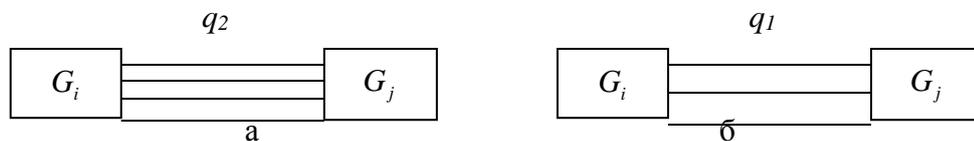


Рис. 1

Из рисунка 1 видно, что вариант 1 предпочтительнее по критерию учета внешних связей, но если учесть сечения проводов (пусть $S_{q1} = 4\text{мм}^2, S_{q2} = 1\text{мм}^2$) то значение критерия по варианту 1:

$$S_1 = 3\text{мм}^2, S_{q1} = 12\text{мм}^2$$

Значение критерия по варианту 2:

$$S_2 = 4\text{мм}^2, S_{q2} = 4\text{мм}^2$$

Таким образом, предпочтительнее вариант 2.

В разрабатываемом алгоритме компоновки конструктивных узлов необходимо учитывать этот фактор введением дополнительного коэффициента цепи k_q , который учитывает сечение провода.

На основе последовательных алгоритмов разработаем алгоритм с использованием матрицы цепей $T = \|t_{ij}\|_{n \times k_1}$, где n – количество элементов, $k_1 = \max_i k_i, i = \overline{1, n}$, а t_{ij} – номер цепи, связанной с элементом e_i и его j -м выводом. Кроме матрицы T задается список запрещенных элементов, которые не могут находиться в одной подсхеме.

Сначала число элементов в каждой подсхеме равно нулю. Далее распределяем по кускам запрещенные элементы. Если таких элементов нет, то произвольно предварительно распределяем элементы по кускам.

Последовательно выбираем строки e_i из матрицы T определяем тот кусок G_j , при помещении в который элемент e_i дает наименьшее приращение числа связей между кусками.

Определяем приращение числа связей ΔK_j^i при помещении элемента e_i в кусок G_j . Вначале рассмотрим условие появления приращения по цепи:

1. По матрице T для элемента e_i построим вспомогательную строку $S_0^i = \|s_{0\delta}^i\|_{1 \times m}$, где

$$s_{0\delta}^i = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } e_i \text{ подключен к цепи с номером } \delta \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3)$$

Тогда первым условием появления приращения по цепи q является условие, что $S_{0q}^i = 1$, то есть элемент e_i связан с цепью q .

Вторым условием появления приращения по цепи q является условие, что до внесения элемента e_i в кусок j ни один элемент этого куска не имел связь с цепью q , то есть:

$$S_{jq} = 0 \text{ или } \overline{S_{jq}} = 1 \quad (4)$$

Третьим условием является наличие связей цепи q с элементами других кусков, исключая кусок G_j , то есть

$$\bigcup_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^l s_{kq} = 1 \quad (5)$$

Тогда наличие приращения связи по цепи q определится по формуле:

$$K_q^i = k_q \cdot s_{oq}^i \cdot \overline{s_{jq}} \cdot \left(\bigcup_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^l s_{kq} \right) \quad (6)$$

где k_q - коэффициент цепи, равный минимальному сечению

При $k_q^i = 1$ приращение имеется, при $k_q^i = 0$ – нет, а по всем m цепям:

$$\Delta K_j^i = \sum_{q=1}^m k_q \left[s_{oq}^i \cdot \overline{s_{jq}} \cdot \left(\bigcup_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^l s_{kq} \right) \right] \quad (7)$$

Тогда алгоритм будет следующим:

1. В матрице T выбираем строку e_i
2. Строим строку s_0^i
3. Определяем приращения $\Delta K_j^i, j = \overline{1, p}$, в куски $1 \div p$ (или l на первом шаге)
4. Выбираем $\Delta K_{j^*}^i = \min_j \Delta K_j^i$
5. Строку s_{j^*} матрицы S модифицируем путем поразрядной дизъюнкции со строкой s_0^i .
6. Если число элементов в куске G_j равно заданному, то кусок G_j сформирован, если меньше, то берем очередной элемент и повторяем сначала.

**Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-7706.2016.8.*

Список литературы

1. Федоров Е.Ю. Синтез системы распределения электрической энергии грузового автомобиля. Диссертация . кандидата технических наук : 05.09.03 / Каз. нац. исслед. техн. ун-т им. А.Н. Туполева. Казань, 2014. 196 с.
2. Федоров Е.Ю., Ференец А.В. Оптимизационные задачи при автоматизированном проектировании бортовой кабельной сети летательного аппарата. В сборнике: Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 206-210.
3. Хайруллина Г.С., Терещук В.С. База данных для автоматизированного проектирования системы электроснабжения транспортных средств. В сборнике: Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2015» Международная научно-техническая конференция : Материалы конференции . Министерство образования и науки Российской Федерации Российский фонд фундаментальных исследований Министерство образования и науки Республики Татарстан Академия наук Республики Татарстан Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ) Лаборатория МФТП (КНИТУ-КАИ). 2015. С. 383-387.
4. Федоров Е.Ю., Шакирзянова Н.Ш., Хайруллина Г.С. Специализированное программное обеспечение автоматизированного проектирования электротехнических комплексов транспортных средств. В сборнике: Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2015» Международная научно-техническая конференция : Материалы конференции . Министерство образования и науки Российской Федерации Российский фонд фундаментальных исследований Министерство образования и науки Республики Татарстан Академия наук Республики Татарстан Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ) Лаборатория МФТП (КНИТУ-КАИ). 2015. С. 373-376.

СЕКЦИЯ №16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДАРОПРОЧНЫХ КЕРАМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

Кулик В.И., Нилов А.С.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, РФ, г. Санкт-Петербург

Постоянно растущие требования к броневым конструкциям приводят к необходимости создания новых защитных структур с улучшенными свойствами и более широкой областью применения. Выбор конкретных типов броневых материалов и их структур, их размещения по толщине защитных элементов во многом определяется задачами, стоящими перед создаваемой защитной конструкцией (например, классом защиты), объектами, на которых они размещаются, а также целевыми функциями проектирования (минимальностью массы, стоимости, максимальной живучестью и другими).

В настоящее время для создания элементов броневой защиты широко используются различные баллистические материалы, начиная с полимерных композитов на основе органических волокон (например, арамидные волокна типа Кевлар и СВМ, волокна сверхвысокомолекулярного полиэтилена типа Spectra и Dyneema), металлических сплавов (броневые стали и сплавы титана) и заканчивая различными неармированными керамиками [2, 4]. Каждый из этих материалов обладает рядом недостатков. Относительно мягкая бронепанель из полимерного композита, в разумных пределах толщин и поверхностных плотностей, не обеспечивает необходимую бронестойкость. Металлические сплавы имеют высокий удельный вес и недостаточную твердость, что приводит к существенному росту поверхностной плотности бронепанелей при попытке увеличить класс защиты. Керамика имеет низкую ударную вязкость, что приводит, как правило, к разрушению броневых элементов уже после первого его поражения баллистическим элементом.

Вместе с тем в настоящее время особую актуальность приобретает проблема защиты от пуль с термоупрочненным сердечником. В отличие от мягких пуль, эффективная остановка твердого, практически недеформируемого сердечника броневой пули возможна только по механизму его хрупкого разрушения преградой. Эффективность таких преград возрастает с увеличением их твердости и ударной вязкости. Поскольку стальная броня существенно уступает в твердости броневой пуле, она не является, в этом случае, эффективной защитой.

В этих условиях наиболее перспективными и практически безальтернативными материалами для создания средств бронезащиты по 5 – 6а классу (ГОСТ Р 50744-95) являются ударопрочные керамики [3]. Благодаря высокой твердости, превосходящей по твердости материал сердечника пули, эти материалы рассматриваются как эффективная защита от современных средств поражения. Кроме того, керамические баллистические материалы имеют по сравнению с металлическими меньшую плотность, что значительно повышает эргономические и весовые характеристики бронезащитных систем. В связи с этим применение керамических материалов является перспективным направлением развития защитных элементов и конструкций как индивидуального назначения (бронезилеты), так и различных транспортных средств (автомобилей, танков, судов и летательных аппаратов).

Однако монолитная керамика характеризуется и рядом существенных недостатков, которые во многом сужают возможности использования керамики в изделиях баллистического назначения. Главные из них – низкая прочность при растяжении, хрупкость и низкая вязкость разрушения, что приводит к низкой живучести броневых элементов.

Низкие характеристики трещиностойкости монолитной керамики могут быть серьезно улучшены за счет введения волокнистой армирующей фазы, т.е. перехода к керамоматричному композиту (КМК). Повышенные характеристики таких КМК являются следствием двух основных факторов: во-первых, очень высокого уровня физико-механических характеристик, достигаемых в современных волокнистых армирующих наполнителях; во-вторых, реализации значительно более сложного, по сравнению с монолитной керамикой, механизма разрушения КМК, особенно в условиях воздействия ударных нагрузок. Создание волокнисто-армированных КМК улучшает их баллистические и физико-механические свойства. КМК обладают большим сопротивлением развитию трещин, жизнестойкостью и ударной вязкостью.

КМК могут быть получены различными методами:

- твердофазными – путем введения армирующих волокон в порошковую шихту при реализации методов горячего прессования;
- жидкофазными – путем пропитки волокнистого каркаса керамосодержащим полимером с последующим пиролизом и образованием кокса, обогащенного керамическим материалом (Liquid Polymer Infiltration – LPI процессы) и путем пропитки углеродсодержащего полуфабриката расплавом металла. При получении SiC матрицы – это пропитка расплавом кремния (Liquid Silicon Infiltration – LSI процессы);

- газофазными – путем осаждения матричного материала в объеме волокнистого каркаса из газового прекурсора (Chemical Vapor Infiltration – CVI процессы).

Более подробно эти технологические методы рассмотрены авторами в работе [1].

Среди волокнистых КМК, получаемых жидко- и газофазными способами, наиболее широкое практическое применение получили композиты с SiC-матрицей, армированные различного типа карбидокремниевыми и углеродными волокнистыми материалами (нитьями, лентами, тканями и др.). При этом коммерчески более привлекательным является применение в качестве армирующего материала – углеродных волокон.

КМК имеют достаточно высокий потенциал для их применения в качестве бронезащитного материала. Можно выделить следующие основные преимущества элементов защиты из КМК по сравнению с монолитной керамикой: более высокие показатели живучести – способность выдерживать многократные удары; более высокие технологические характеристики для получения сложнопрофильных крупногабаритных изделий; меньшая плотность (особенно по сравнению с металлическими бронематериалами), что значительно повышает, эргономические свойства индивидуальной защиты и весовую эффективность конструкций для коллективной защиты; возможность подгонки геометрии к имеющимся конструкциям; существенное снижение требований к модификации несущих рам транспортных средств. Кроме того, появляется возможность создавать наиболее эффективные броневые элементы с твердостью и прочностью, изменяемой по толщине (функционально градиентные материалы), а также в составе многослойных комбинированных защитных элементов.

В последнее время появилось достаточно много научных статей и патентов, где КМК рассматривается как самостоятельный или в комбинации с другими типами керамик перспективный элемент бронезащиты. На рис. 1 приведена фотография плит из КМК, получаемых по технологии LSI, марок SIGRASIC и TAVCOR (SGL Group, Германия) с различными видами углеволокнистого материала, используемые в качестве антибаллистической защиты [5]. При этом средства защиты из КМК марки SIGRASIC имеют практически высший пятый уровень степени защиты по стандарту STANAG - 4569 для защиты бронированных машин легкой категории.

Необходимо отметить, что наиболее перспективным направлением применения антибаллистических КМК является их использование для создания защитных конструкций сложной геометрической формы, в том числе и большого размера. Такие защитные системы могут легко монтироваться и крепиться, например, под обшивкой транспортного средства (рис. 2) [5]. Этими качествами в полной мере обладают бронепанели на основе КМК, получаемые жидко- и газофазными способами.

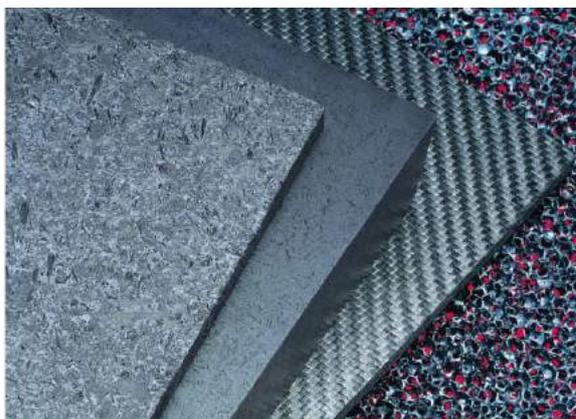


Рис. 1. Плиты из КМК (C/C-SiC), марок SIGRASIC и TAVCOR (SGL Group, Германия), используемые в качестве антибаллистической защиты

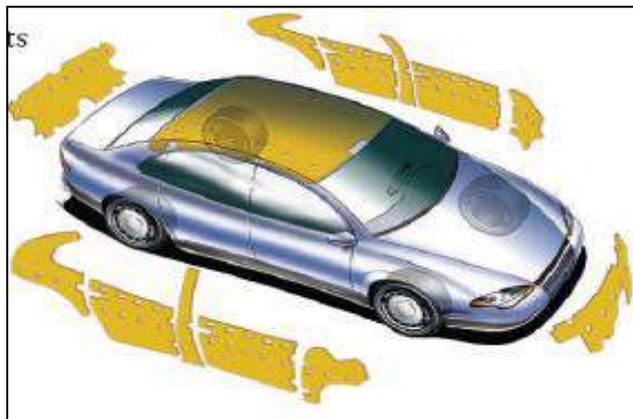


Рис. 2. Защищаемые области легкового автомобиля и вид закладных защитных элементов из КМК

Как правило, введение в КМК волокнистых наполнителей понижает его средненную твердость, делая ее существенно ниже твердости монолитной керамики. Поэтому наибольший эффект при применении КМК в качестве броневоего материала дает создание на его основе функционально-градиентных и слоистых материалов, что является одним из вариантов регулирования и оптимизации эксплуатационных характеристик изделий из КМК. Такой подход позволяет создавать материалы, в которых отдельные слои выполняют одну или несколько своих самостоятельных функциональных задач. Считается, что такие структуры будут способствовать диссипации кинетической энергии поражающего элемента при разрушении материала под действием ударных нагрузок, где более твердые слои предназначены для деформирования и разрушения поражающего элемента, а более эластичные – для погашения кинетической энергии осколков ударника и материала предыдущих слоев.

Такие градиентные и слоистые материалы могут быть получены:

- за счет изменения внутренней структуры, химического состава, технологических процессов формования;
- путем создания слоистых пакетов с различными свойствами каждого из отдельных его слоев;
- путем создания на поверхностях изделий из КМК различного рода функциональных покрытий.

Другим путем улучшения баллистических характеристик КМК является создание гибридных композитов, в которых для армирования керамической матрицы используется комбинирование дисперсных частиц и волокнистого наполнителя. Наиболее эффективно

этот путь реализуется, когда в межволоконное пространство армирующего наполнителя вводятся углеродные нанотрубки или наноразмерные частицы углерода, кремния, бора, оксидные соединения алюминия и пр. Полученные таким способом КМК обладают повышенными характеристиками прочности и ударной вязкости.

Таким образом, проведенный анализ показал, что существует большой потенциал для дальнейшего повышения баллистической эффективности керамических средств защиты за счет использования в них КМК. Причем, наиболее перспективный подход к решению данной проблемы основан на совершенствовании структуры керамического материала и броневых элементов как на макро-, так и на микро- и наноразмерах.

Список литературы

1. Гаршин А.П. Фрикционные материалы на основе волокнисто-армированных композитов с углеродной и керамической матрицей для систем торможения / А.П.Гаршин, В.И.Кулик, А.С.Нилов // Новые огнеупоры, 2008. - №9. - с. 54-60.
2. Григорян В.А. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / В.А. Григорян, И.Ф. Кобылкин, В.М. Маринин, Е.Н. Чистяков. – М.: РадиоСофт, 2008. – 406 с.
3. Келина И.Ю. Ударопрочная керамика на основе карбида кремния / И.Ю. Келина, В.В. Ленский, Н.А. Голубева и др. // Огнеупоры и техническая керамика, 2010. - № 1-2. – С. 17 – 24.
4. Легкие баллистические материалы / Под ред. А. Бхатнагара. М.: Техносфера, 2011. – 392 с.
5. [Электронный ресурс]. – режим доступа: www.sglgroup.com/.../ballistic...ceramics/index.html

СЕКЦИЯ №17.

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Андреев С.А.

ФГБОУ ВО Российский государственный университет
«МСХА имени К.А.Тимирязева», г. Москва

Сортировка сельскохозяйственной продукции остается одним из наименее автоматизированных технологических процессов АПК. Сортировка продукции может начинаться на этапе ее уборки, периодически возобновляться в период хранения, а также проводиться при предпродажной подготовке с последующей фасовкой. Обычно сортировка осуществляется вручную и сводится к визуальному осмотру каждой единицы продукции и дальнейшему ее размещению в соответствующей таре. Иногда удается частично механизировать процесс сортировки за счет подачи продуктов на движущуюся ленту транспортера, их осмотра и ручного изменения траектории перемещения. В этом случае сортируемые продукты медленно перемещаются транспортером, а располагающиеся по обеим сторонам операторы перебрасывают продукты на противоположные стороны ленты в зависимости от контролируемых свойств. В качестве сортируемых объектов могут выступать корне-клубнеплоды, яблоки, груши, томаты и другие сельскохозяйственные продукты.

На сегодняшний день наиболее распространенные способы автоматического получения информации о качестве продуктов основаны на контроле их оптических свойств. При реализации этих способов анализируемые продукты подвергаются облучению монохроматическим излучением, а воспринимающие органы совместно с логическими устройствами осуществляют распознавание контролируемых признаков по соотношению отраженного и поглощенного потоков. Вместе с тем, несмотря на относительно глубокую проработку проблемы выявления соответствия продуктов какому-то признаку, реализация последующего механического воздействия на сортируемые объекты далека от совершенства. Пневматические исполнительные механизмы вследствие существенных отклонений рабочих показателей при нестандартных размерах и формах сортируемых объектов широкого распространения не получили. Электромеханические толкатели и управляемые направляющие поверхности из-за вызываемой ими повреждаемости объектов оказались недостаточно эффективными. А технические решения по использованию электростатических сил для изменения траектории движения

диэлектрических предметов или магнитных сил для воздействия на объекты из ферромагнитных материалов пока не выходят за рамки лабораторий.

Анализ состояния развития сортировального оборудования и современных тенденций в приборостроении позволил сделать вывод о возможности достижения существенного прогресса в автоматизации сортировки сельскохозяйственной продукции при качественно новом подходе с применением робототехнических средств. Примером такого технического решения может послужить роботизированная система для сортировки единичных объектов, функциональная схема которой изображена на рис.1 и ее разрезы по стрелкам А-А, Б-Б и В-В – на рис.2, рис.3 и рис.4 соответственно.

Роботизированная система для сортировки единичных объектов содержит загрузочный бункер 1, подающий транспортер 2 с приводом 3. По подающему транспортеру 2 сортируемые объекты 4 перемещаются в зону контроля и механического воздействия. Роботизированная система также содержит источники 5 рассеянного света, установленные над зоной контроля, датчики 6 (а,б,в,г) контролируемого параметра, исполнительные механизмы 7 (а,б,в,г) и приемники 8 разделяемых фракций.

Каждый исполнительный механизм 7 содержит два электромагнита 9 с подвижными сердечниками 10, две полые П-образные рамки (11 и 12) и втулки 13, установленные на осях 14 и 15. П-образные рамки 11 и 12 входят одна в другую с образованием раздвижного подпружиненного прямоугольника.

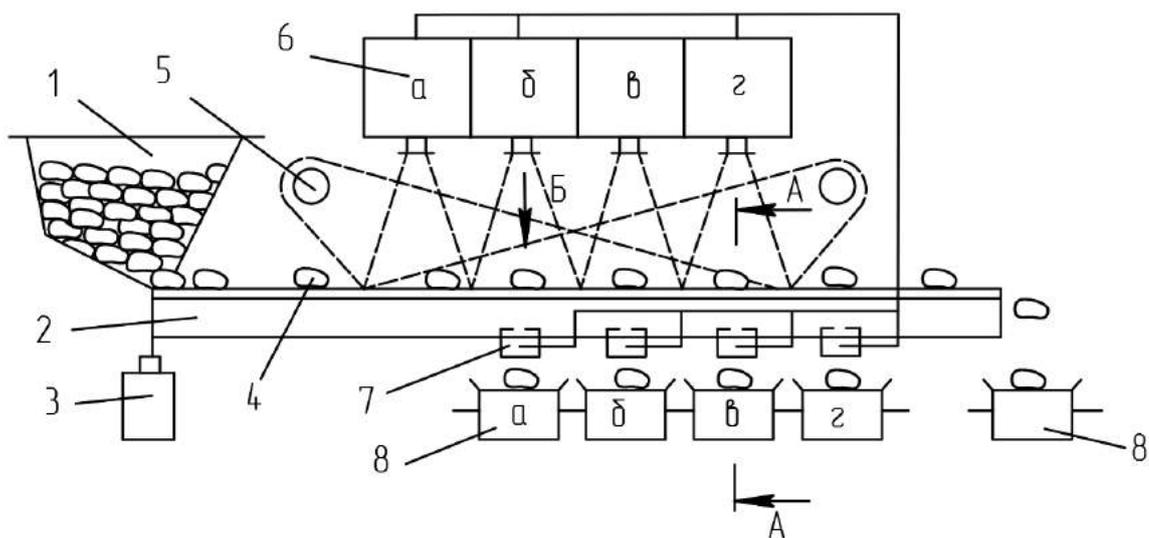


Рис.1. Функциональная схема роботизированной системы для сортировки единичных объектов.

Подающий транспортер 2 выполнен в виде попарно-параллельных бесконечных эластичных ремней 16 с зазором между ними. Оси 14 и 15 установлены вертикально в углах П-образных рамок 11 и 12 и попарно соединены пружиной 17, а втулки 13 взаимодействуют с эластичными ремнями 16.

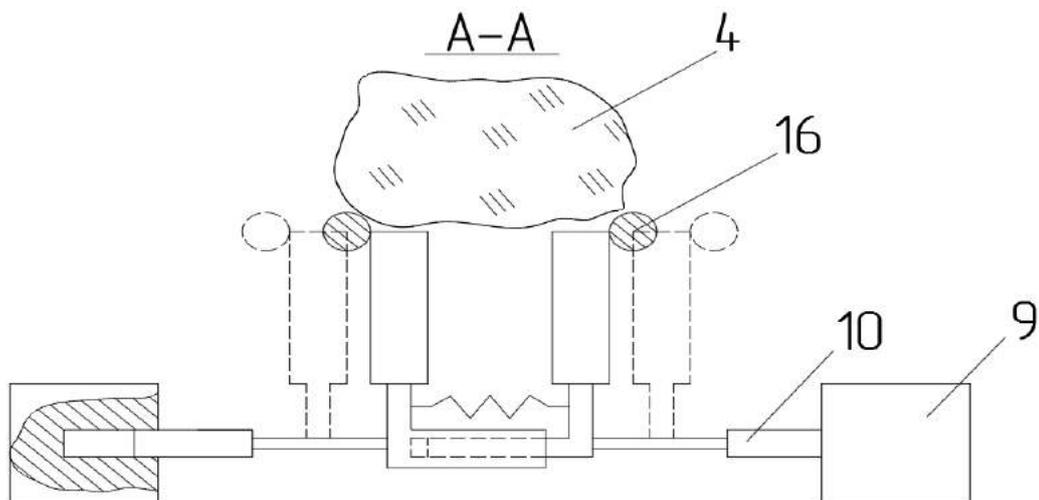


Рис 2. Разрез А-А.

Подвижный сердечник 10 каждого электромагнита 9 связан с соответствующим датчиком 6 (а,б,в,г) контролируемого параметра.

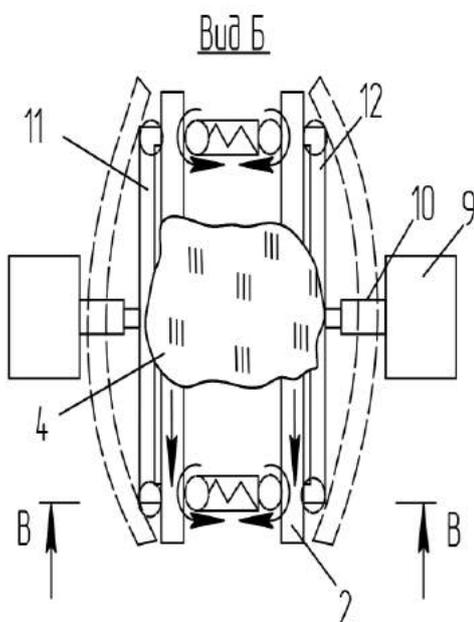


Рис.3. Разрез Б-Б.

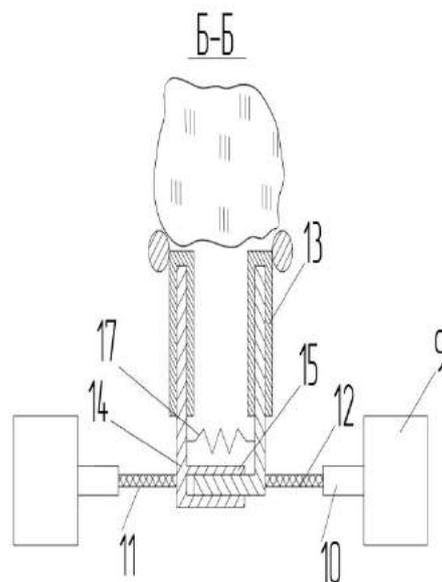


Рис.4.Разрез В-В

Датчик ба предназначен для обнаружения твердых примесей и некондиции, датчик бб – для распознавания объектов, не стандартных по размерам, датчики бв и бг – для обнаружения нестандартных объектов по плотности и форме соответственно.

Роботизированная система работает следующим образом.

Анализируемый поток единичных (штучных) объектов 4 направляется из загрузочного бункера 1 подающим транспортером 2 в зону контроля, где подвергается облучению от источника рассеянного света 5. Распознающее приспособление (датчики ба,б,в,г) последовательно анализирует в соответствии с заданным алгоритмом распознавания движущиеся поштучно с заданным интервалом единичные объекты 4. Датчик ба, настроенный на распознавание инородных примесей и некондиционных предметов, при наличии единичного объекта 4 искомого класса в зоне контроля выдает командный импульс одновременно на оба электромагнита 9. Подвижные сердечники 10 электромагнитов 9 втягиваются, раздвигая рамки 11 и 12, и создают между эластичными ремнями 16 зазор, больший максимального размера единичного объекта 4. Причем, командный сигнал с датчика ба подается на электромагниты 9 с учетом задержки, необходимой для перемещения единичного объекта 4 от датчика ба до центра зоны падения (осевая перемещения сердечников 10). Свободно падающий единичный объект 4 попадает на приемник 8 разделяемых фракций. После снятия импульса пружины 17 возвращают П-образные рамки 11 и 12 в исходное (сдвинутое) положение. Аналогично датчик бб анализирует поток единичных объектов 4 по размерам и при отклонении контролируемого параметра от требований ГОСТ выдает командный импульс на электромагнит 9 для выброса единичного объекта 4 на приемник 8 разделяемых фракций.

Датчики бв и бг распознают нестандартные предметы соответственно по плотности и форме, выводя их в приемники 8 разделяемых фракций для нестандартных фракций.

Поштучная подача единичных объектов 4 с интервалом между ними, не меньшим длины П-образной рамки, обеспечивает их гарантированное разделение на фракции. Конечным результатом сортировки является идеальный поток сортируемых единичных объектов 4 (штучных предметов), полностью соответствующий поставленным задачам сортирования.

Применение устройства на 10...20% повышает эффективность процесса сортирования, снижает в 1,5...2 раза повреждаемость продуктов и упрощает компоновку технологического оборудования.

Список литературы

1. Бородин И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления. – М.: КолосС, 2005. – 352 с.
2. Башилов А.М., Старовойтов В.И., Андержанов А.Л. Автоматизация контроля качества картофеля, овощей и плодов: [Текст] : производственно-практическое

издание / В.И.Старовойтов, А.М.Башилов, А.Л. Андержанов - М. : Агропромиздат, 1987. - 197 с.

3. Авторское свидетельство №1395393 СССР. МКИ А 01 С 5/342 Устройство для сортировки штучных предметов / Андержанов А.Л., Андреев С.А., Ковалев С.И., Каюмов К.М. – № 4113465/30-13; заявл. 22.08.1986; опубл. 15.05.1988. Бюл. № 18.

СЕКЦИЯ №18.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, СРАВНЕНИЕ С ТРАДИЦИОННОЙ СТАЛЬНОЙ АРМАТУРОЙ

Будко А.А. Потехин А.А. Акопян А.А.

ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова

Композитная арматура — это неметаллическая арматура, предназначенная для армирования сооружений из бетона в целях придания дополнительных прочностных и эксплуатационных характеристик.

Традиционной стальной арматуре, применяемой в строительной отрасли на протяжении последних десятилетий, грозит серьезная конкуренция. Наряду с неоспоримыми достоинствами, главным из которых являются прочностные характеристики, стальная арматура имеет ряд недостатков. Прежде всего, это высокая подверженность действию коррозии, как обычной, так и химической. К недостаткам можно отнести и слишком большой вес, а также высокую степень электро и теплопроводности.

Композитная, или полимерная арматура совершенно лишена этих недостатков. Именно это и сделало ее главным конкурентом арматуры стальной.

В зависимости от химического состава полимерная арматура бывает стеклопластиковая и базальтопластиковая.

По типу поверхности стержня: гладкопрофильная и имеющая периодический профиль.

Базальтопластиковая композитная арматура имеет гораздо большую прочностную характеристику, чем стеклопластиковая. Однако и стоимость ее гораздо выше.

Для стеклопластика характерен такой недостаток, как капиллярная гидродеструкция, то есть свойство стеклянных волокон при соединении двух сред вода-воздух натягивать на себя воду. Именно это качество ограничивает в некоторой степени применение арматуры из стеклопластика в строительстве.

Базальтопластиковая композитная арматура

Достоинства:

К основным достоинствам можно отнести высокие показатели термо- и огнестойкости, напрямую связанные с низкой степенью теплопроводности.

Базальтовую пластиковую арматуру характеризуют высокие прочностные характеристики на разрыв, изгиб и растяжение. По сравнению с обычной арматурой из стали эти показатели превышают порог прочности почти в 3 раза.

Степень коррозионной устойчивости композитной базальтовой арматуры практически равна уровню нержавеющей стали. Причем коррозионная стойкость наблюдается и при взаимодействии с агрессивной средой. Особенно это касается хлористых солей, серной и соляной кислоты и оксидов азота.

Эти качества в значительной степени продлевают межремонтный цикл эксплуатации объекта в сравнении с обычными железобетонными конструкциями.

К явным достоинствам материала можно отнести и устойчивость к значительным температурным перепадам: от -70 до +100 градусов Цельсия, а также малый вес - в 5 раз легче стального аналога. Этот тип арматуры совершенно не проводит электрический ток, то есть является по сути отличным диэлектриком. Абсолютная инертность базальтопластика в отношении влияния электромагнитного излучения делает его незаменимым при строительстве медицинских учреждений, аэропортов и радиолокационных станций, где используется высокочувствительная к электромагнитным излучениям аппаратура.

Все эти качества композитной базальтопластиковой арматуры в совокупности с высокими показателями характеристик на прочность и деформацию, а также обеспечение прочного сцепления с бетоном, позволяют широко применять полимерную базальтовую арматуру при строительстве морских и портовых сооружений, автомобильных магистралей, фундаментов, теплосберегающих ограждающих конструкций, опор линий электропередач и инженерных сетей.

Недостатки:

Основным недостатком, тормозящим широко распространение базальтопластиковой арматуры, безусловно, является ее цена. Стоимость композитной арматуры из базальта и пластика в несколько раз выше чем стоимость арматуры металлической или стеклопластиковой.

Стеклопластиковая композитная арматура

Композитная стеклопластиковая арматура производится из стеклянных волокон, придающих ей высокую прочность, и термореактивных смол, которые используются как связующий материал.

Стеклопластиковая арматура имеет поперечное рифление в виде спирали.

Достоинства:

Основное ее достоинство - малый вес и высокая степень прочности. В основном стеклопластиковая арматура применяется в бетонных конструкциях с ненапряженным и преднапряженным армированием.

Как и базальтовая, стеклопластиковая арматура практически не подвергается воздействию коррозии. Механические свойства при взаимодействии с солями, кислотами и другими агрессивными веществами изменяются совсем в незначительной степени.

Арматура данного вида полностью сохраняет свои прочностные показатели под воздействием магнитного и электрического поля и радиоволн. Арматура из стеклопластика переносит чрезмерные нагрузки, обладая высоким показателем упругости при малом коэффициенте относительного удлинения, высокими реологическими свойствами.

Характеристики прочности несколько не уменьшаются и при действии сверхнизких температур. Коэффициент теплового расширения стеклопластиковой арматуры соответствует показателям бетона. Этот фактор исключает возникновение трещинообразования и порывов в бетонном слое.

Значительным преимуществом является легкий вес стеклопластиковой арматуры - она в 4 раза легче металлической. Технология сборки при этом практически не имеет отличий. Исключение составляет только соединение с помощью полимерных кабельных стяжек или проволоки.

Недостатки:

1. Недостаточная термостойкость

Несмотря на то, что стеклоткань, лежащая в основе арматуры, весьма жаропрочна, связующий пластиковый компонент высокую температуру не выдерживает. Это не делает данный материал огнеопасным – по горючести эта арматура соответствует группе Г1 – самозатухающие материалы, но при температуре, превышающей 200°C, она начинает

терять свои прочностные качества. Поэтому, если к бетонным конструкциям по любой причине предъявляются требования огнестойкости, использовать для них арматуру из стеклопластика нельзя. Так что пользоваться стеклопластиковой арматурой можно только в тех строительных сферах, где высокотемпературный нагрев полностью исключен. Стоит отметить, что это вполне применимо к любому жилищному строительству и к большей части строительства промышленного.

Стоит также отметить невысокую устойчивость к пожарам: если температура достигает 600°C, бетонный каркас практически остается без арматуры. Следовательно, в пожароопасных местах такая арматура использоваться быть не может.

2. Низкий модуль упругости

Таблица 1

		Стальная арматура	Стеклопластиковая арматура
Прочность на растяжение	МПа	483 - 690	1000
Модуль упругости	ГПа	200	35,0 – 51,0
Деформация при разрыве	%	6,0 – 12,0	1,2 – 3,1

Благодаря низкому модулю упругости арматура из стеклопластика легко изгибается. Если при изготовлении дорожных плит и фундаментов это ни в коей мере не мешает, то при устройстве перекрытий потребуются проведение специальных расчетов. Но при этом упругости оказывается достаточным для того, чтобы из арматуры нельзя было согнуть криволинейные элементы, поэтому такие детали гнут в производственных условиях.

3. Прочие недостатки

Со временем прочность стеклопластиковой арматуры снижается, а под воздействием веществ, имеющих щелочную реакцию, она разрушается. Впрочем, появилась технология, в ходе которой из стекловолокна выщелачиваются редкоземельные металлы, и оно становится нечувствительным к воздействию щелочи. Многие относят к минусам стеклопластиковой арматуры невозможность соединения сваркой, хотя и металлическую арматуру сейчас предпочитают вязать.

Выводы: Хочется отметить один несомненный плюс, который подчас является решающим - цена. В настоящее время применение композитной арматуры для заливки фундаментов для частного домостроения, обходится в среднем на 50 процентов дешевле, чем заливка аналогичного фундамента с металлической арматурой.

Список литературы

1. Научно технический отчет по теме: «Конструкции с композитной неметаллической арматурой. Обзор и анализ зарубежных и отечественных нормативных документов». Кузенов Дмитрий Владимирович Москва 2012.
2. ТР 013-1-04. Технический рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры в бетонных конструкциях.

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ОБЩАЯ СХЕМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ СУДНО И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ ЕЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ

Артюшина Т.Г.

к.т.н., доцент, кафедра “Высшая математика”

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва

Математическая модель “Судно” представляет собой сложную многоуровневую систему, для которой определены как глобальная цель создания самой системы, так и цели создания каждой подсистемы. В результате сложная система разделяется на группу более мелких подсистем с такой взаимосвязью, чтобы глобальная задача оптимизации преобразовалась в группу локальных задач оптимизации. При этом для каждой подсистемы системы "Судно" должна решаться собственная оптимизационная задача, а полученное решение должно быть согласовано в интересах системы "в целом". В

качестве системы верхнего уровня рассматривается “Судно в целом”, а качестве систем нижнего уровня – подсистемы: “Корпус”, “Грузовое устройство”, “Рулевое устройство”, “Энергетическая установка”, “Электроэнергетическая система”, “Гидродинамический корпус” и т.д. Для каждой системы (в том числе и системы верхнего уровня) есть функциональные ограничения, оптимизируемые переменные и критерии оптимизации. Краткие сведения по системам, используемых для исследования проблем многоуровневой оптимизации приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Наименование подсистемы	Оптимизируемые переменные	Функциональные ограничения	Критерий эффективности
Судно в целом	Главные размерения и коэффициент общей полноты	Грузоподъемность, вместимость, остойчивость, качка, надводный борт	Приведенные затраты
Корпус	Приведенные толщины палубы и днища	Момент сопротивления эквивалентного бруса	Вес корпуса
Гидродинамический комплекс	Дисковое отношение винта, диаметр винта, частота вращения винта	коэффициент оборотов – упора (условие применимости эмпирических зависимостей)	Потребная мощность энергетической установки
Энергетическая установка	Мощность главного двигателя, суммарная мощность ЭУ, частота вращения вала отбора мощности	Каталог главных двигателей, потребная мощность энергетической установки	Приведенные затраты
Электроэнергетическая система	Число генераторов, работающих в ходовом режиме, число генераторов, работающих на стоянке	Потребная мощность электростанции на ходовом режиме и на стоянке, каталог генераторов	Вес электроэнергетической системы
Рулевое устройство	Высота пера руля, ширина пера руля	Осадка судна, геометрические соотношения формы пера, эффективность рулевого устройства по Правилам	Стоимость рулевого устройства
Грузовое устройство	Число кранов, грузоподъемность крана	Минимальная и предельная грузоподъемность, число кранов, работающих на один люк	Длительность грузовых работ
Прочие	–	В ограничениях для судна в целом	–
Перевозимый груз	–	В ограничениях для судна в целом	–

Проблемы, которые необходимо решать при автоматизированном проектировании с разбиением одной системы на ряд подсистем – при оптимизации каждой подсистемы,

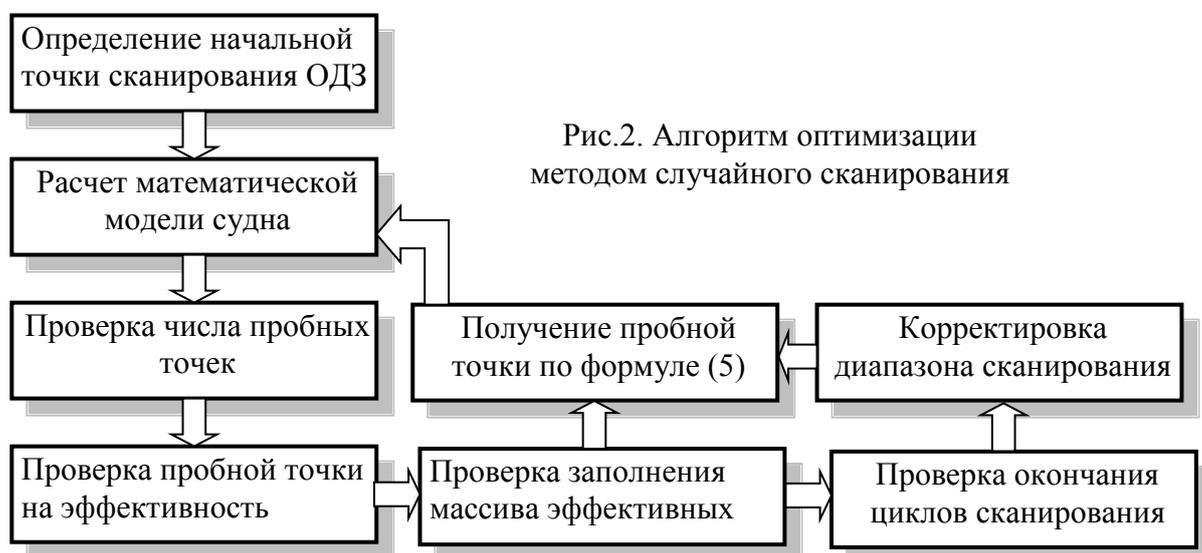
связаны с необходимостью согласовывать найденный оптимальный вариант для одной подсистемы с оптимальными вариантами для других подсистем.

Традиционный путь решения данной проблемы, исторически связанный с недостатком вычислительных мощностей компьютеров на ранних этапах развития автоматизированных систем проектирования, предполагает последовательную оптимизацию. В зависимости от экспертной оценки проектанта подсистемы ранжируются следующим образом. Первой оптимизируется самая важная подсистема, выбирается оптимальный вариант для данной подсистемы, далее проводится оптимизация следующей по важности подсистемы, при этом результат первого расчета (выбранный оптимальный вариант и те значения оптимизируемых переменных, при которых данный вариант был получен) выступает в роли ограничения для следующей оптимизируемой подсистемы. При этом проблема согласования решена за счет того, что оптимизируемые на предыдущем шаге переменные больше не меняются (они становятся ограничениями). Другой путь решения многоуровневой системы не требует согласования и является прямой противоположностью первого варианта – вычисление абсолютно всех возможных решений без определения оптимального варианта для каждой подсистемы, с определением оптимального решения после того, как будет рассчитан весь корабль. Однако, даже при сегодняшнем развитии компьютерной техники (развитии параллельных распределенных вычислений и соблюдении закона Мура), данный путь представляется тупиковым, так как математические модели имеют свойство постоянно усложняться за счет вновь появляющихся требований разработчиков и проектантов, и удовлетворить их никакой рост мощности компьютеров не сможет. Пошаговые сеточные алгоритмы могут уменьшить объем вычислений, но перестают гарантировать нахождение глобального оптимума (с точностью до шага сетки). Альтернативой сеточным алгоритмам могут служить алгоритмы случайного поиска. Обладая низкой теоретической сходимостью (нахождение решения с вероятностью 1 при бесконечно большом числе шагов алгоритма), тем не менее они показали свою высокую эффективность при решении целого ряда инженерных задач (школа Л.С. Растригина). Так, известен алгоритм случайного поиска, предложенный Р. Mandel и L. Reuven, усовершенствованный А.И. Гайковичем, успешно примененный для решения задач оптимизационного проектирования судов различных типов. К сожалению, средства настройки и управления данного алгоритма насчитывают около десятка параметров и требуют от пользователя хорошей математической подготовки. Поэтому был предложен упрощенный алгоритм случайного поиска, реализующий сканирование области определений функций ограничений и критерия эффективности путем псевдоравномерного наброса случайных точек. Формула

определения значения оптимизируемой переменной в предлагаемом алгоритме: $X_i = X_i \min + (X_i \max - X_i \min) \cdot Y$

где X_i – искомое значение i -й переменной, $X_i \min$, $X_i \max$ – диапазон изменения i -й переменной, Y – случайная величина, равномерно распределенная на сегменте $[0,1]$.

Блок-схема данного алгоритма показана на рис. 2.



Поиск решения оптимизационной задачи осуществляется следующим образом. Устанавливается число циклов "наброса" при сканировании области определения задачи и число пробных точек в цикле, т.е. число проверяемых координат в пространстве состояний проектируемого судна. Затем устанавливается предельное число эффективных точек, т.е. вариантов, для которых выполняется система ограничений. Таким образом, управление алгоритмом осуществляется всего с помощью 3-х параметров:

- числа циклов сканирования ("наброса");
- числа пробных точек в цикле;
- числа эффективных точек.

Оптимальное решение определяется из множества эффективных точек по значению принятого критерия эффективности. Для улучшения сходимости алгоритма к оптимуму между циклами сканирования происходит корректировка области определения задачи. Такая корректировка подразумевает, что в качестве нижней границы переменной принимается наименьшее значение этой переменной на множестве эффективных точек, а верхней границей является максимальное значение переменной на указанном множестве. Проблема согласованности полученных локальных оптимальных решений решается, в отличие от подхода В.М. Пашина, отбрасыванием тех решений по подсистемам, которые приводят к нарушению ограничений глобальной задачи. Проблема непротиворечивости снимается оптимизацией подсистем по собственным критериям с последующей оценкой

по глобальному критерию для судна "в целом". Помимо проблем согласованности и непротиворечивости, при веерной структуре многоуровневой оптимизационной задачи возникает проблема согласования решений по подсистемам, если в их состав входят одни и те же параметры. В рассматриваемом случае это частота вращения винта, которая, естественно должна совпадать (с учетом возможной погрешности расчетов) с частотой вращения выходного вала редуктора энергетической установки. Для решения проблемы согласования в случае общих переменных используется новый для теории проектирования судов математический аппарат – теория нечетких множеств. Введем основные понятия теории нечетких множеств. Под нечеткой целью подразумевается цель, которую можно описать как нечеткое множество в соответствующем пространстве критериев эффективности. Пусть X – заданное множество альтернатив. Тогда нечеткая цель G будет определяться фиксированным нечетким множеством G в X . Цель и ограничение рассматриваются как нечеткие множества в пространстве альтернатив; это дает возможность не делать между ними различия при формировании решения, т.е. выбора одной или нескольких из имеющихся альтернатив. Проблема принятия решения в нечетких условиях интерпретируется тогда как комплексное влияние нечеткой цели G и нечеткого ограничения C на выбор альтернатив и характеризуется пересечением G с C , которое и образует нечеткое множество решений D , т.е. $D = G \wedge C$. На рис. 3 представлена общая блок-схема программы для расчета многоуровневой системы «Судно» с использованием математического аппарата нечетких множеств.

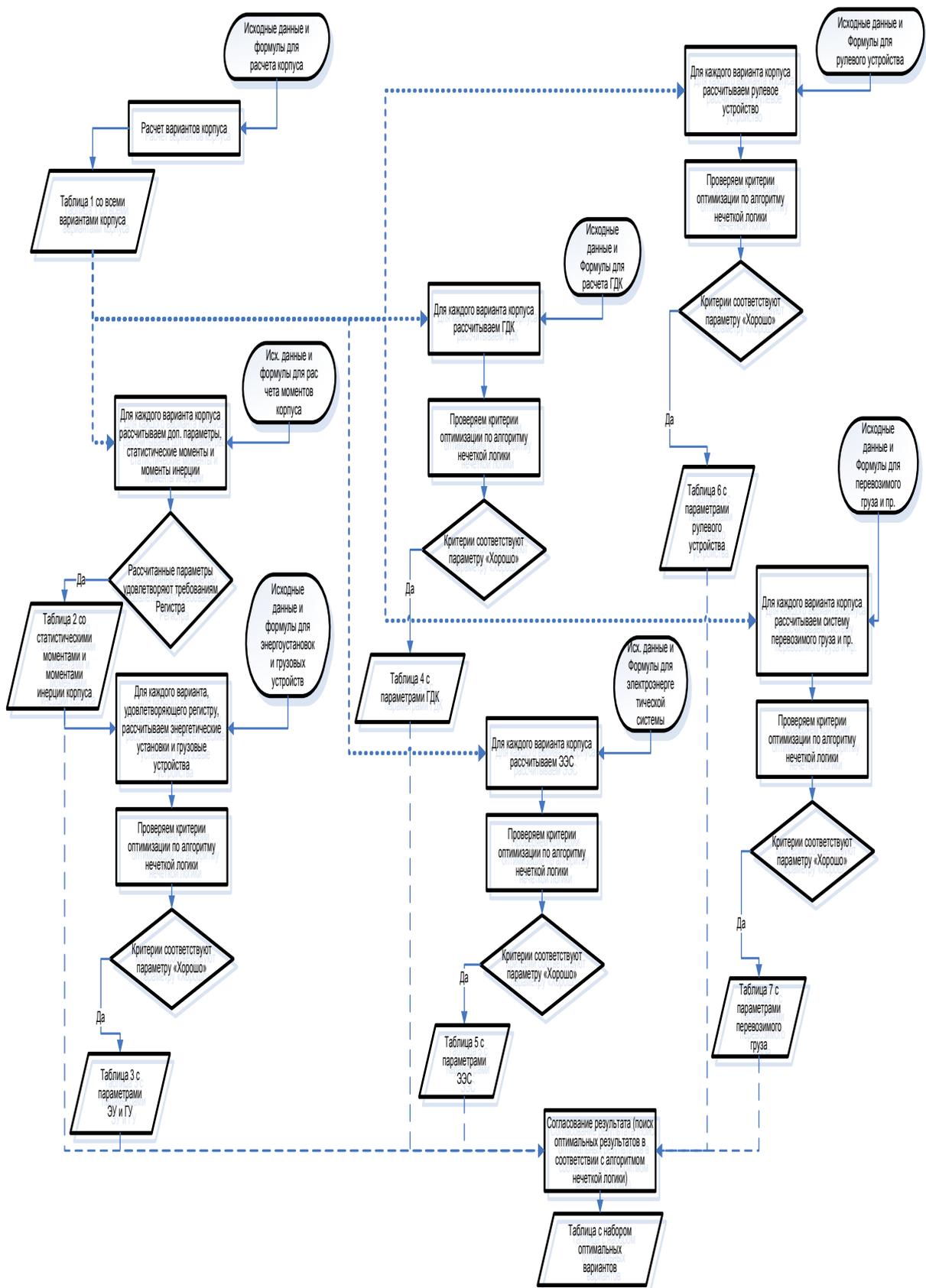


Рис.3 Общая блок схема многоуровневой системы “Судно”

Такой подход полностью отвечает основным требованиям системного анализа, так как обеспечивает при моделировании целостность рассмотрения сложной иерархической системы за счет *теории нечетких множеств*, позволяющих целиком удерживать в поле зрения всю систему в целом для решения задачи на всех уровнях управления с позиции системной цели

Список литературы

1. Артюшина Т.Г. Построение модели судна как сложной многоуровневой системы на основе теории нечетких множеств //СПб: Судостроение 2009, №6, с.47-47
2. Бобрик Г.И., Бобрик П.П. Агентная модель биржевого ценообразования товарных рынков // Уфа ,сборник: “Математические методы и модели в исследовании государственных и корпоративных финансов и финансовых рынков”,. 2015. с. 111-115.

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2016 ГОД

Январь 2016г.

III Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2016г.

Февраль 2016г.

III Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2016г.

Март 2016г.

III Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2016г.

Апрель 2016г.

III Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2016г.

Май 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2016г.

Июнь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2016г.

Июль 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук»**, г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2016г.

Август 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Технические науки в мире: от теории к практике», г. Ростов-на-Дону**

Прием статей для публикации: до 1 августа 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2016г.

Сентябрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Современный взгляд на проблемы технических наук», г. Уфа**

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2016г.

Октябрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития», г. Волгоград**

Прием статей для публикации: до 1 октября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2016г.

Ноябрь 2016г.

III Международная научно-практическая конференция **«Новые технологии и проблемы технических наук», г. Красноярск**

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2016г.

Декабрь 2016г.

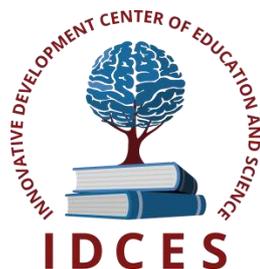
III Международная научно-практическая конференция **«Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж**

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2016г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2017г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Технические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Технические науки: тенденции, перспективы и
технологии развития**

Выпуск III

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 октября 2016г.)**

г. Волгоград

2016 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Подписано в печать 10.10.2016.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,9.
Тираж 250 экз. Заказ № 103.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58