

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



21 2018  
ЧАСТЬ I

16+

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

Международный научный журнал

Выходит еженедельно

№ 21 (207) / 2018

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

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

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хуснидин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук

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

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

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

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

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ. Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

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

**Международный редакционный совет:**

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

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

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

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

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

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

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

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

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

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

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

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

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

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

Искаков Руслан Маратбекович, *кандидат технических наук (Казахстан)*

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, *кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)*

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

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

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

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

Кошербаева Айгерим Нуралиевна, *доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)*

Курпаяниди Константин Иванович, *доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)*

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

Кыят Эмине Лейла, *доктор экономических наук (Турция)*

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

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

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

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

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

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

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

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

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

Узаков Гулом Норбоевич, *доктор технических наук, доцент (Узбекистан)*

Федорова Мария Сергеевна, *кандидат архитектуры (Россия)*

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

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

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

Шуклина Зинаида Николаевна, *доктор экономических наук (Россия)*

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

**Ответственный редактор:** Осянина Екатерина Игоревна

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

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

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

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

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

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 13.06.2018. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

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

---

---

**Н**а обложке изображен *Петр Демьянович Успенский* (1878–1947 гг.) — русский философ, теософ, эзотерик, оккультист, таролог, журналист и писатель.

Родился в 1878 году в Москве в семье разночинцев. После окончания общей гимназии получил математическое образование. В 1907 году увлекся теософией, работая журналистом в газете «Утро». Сотрудничал с «левыми» изданиями; отправился на Восток в поиске тайных знаний, а посетив йогов Индии, пришел к выводу, что оккультная мудрость заключается в активной деятельности, а не в созерцании, и заинтересовался мистическими целями ислама. В 1913 году во время новой поездки в Индию, где он в Адьяре жил в штаб-квартире Теософского общества, Успенский познакомился с мистиком Германом Кезерлингом, и они решили создать мистическое общество. Однако этим планам помешала Первая мировая война. В 1915 году Петр Успенский встретился с Георгием Гурджиевым и стал его учеником и соратником, но из-за напряженных отношений ученика и учителя их совместной деятельности довольно быстро пришел конец. Во время Февральской революции 1917 года философ был советником майора Пайндера, главы Британской экономической делегации. После Октябрьской революции 1917 года в России эмигрировал за границу. П. Д. Успенский вел групповую эзотерическую деятельность в Англии, Франции и США.

Успенский стал разрабатывать свою собственную систему, согласно которой приобрести эзотерические

знания невозможно без приобщения к истинной педагогической традиции. В 1938 году он создал лондонское «Историко-психологическое общество» — институт изучения эзотерического развития человека. Среди посещавших лекции П. Д. Успенского в Лондоне были известные писатели Олдос Хаксли, Томас Элиот и другие.

В 1941 году Успенский поселился в Нью-Йорке, где продолжил свою оккультную деятельность.

Главные идеи многогранной системы Успенского заключаются в том, что человек является собой соединением двух начал: земного (человеческая фабрика по производству энергии), и духовного — сознания. Сознание человека без работы над собой находится в состоянии «сна». Фаза пробужденности возникает, когда человек осознает этот мир и самого себя. Для достижения этого состояния требуются определенные усилия: вспоминать себя в моменте, останавливать поток ассоциативных бесконтрольных мыслей, управлять своими чувствами и направлять свою энергию на построение высшего начала в себе.

Петр Успенский является автором книг «Странная жизнь Ивана Осокина», «В поисках чудесного», «Новая модель Вселенной», «Четвертый путь», «Психология и космология возможного развития человека», «Совесть: поиск истины», «Искания новой жизни», «Разговоры с дьяволом» и др.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

- Метелёв Д. А., Тохтуев А. Н.**  
Исследование влияния числа Маха и температуры вязкой сверхзвуковой струи на срезе сопла летательного аппарата на структуру течения в спутном сверхзвуковом потоке .....1

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Аккаев А. Р.**  
Мехатронная система автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения ..... 10
- Алнажжар Аят А. С.**  
Технология строительства проекта Eden в качестве примера конструкции геодезических куполов .....14
- Андрианов А. В.**  
Разработка объектно-ориентированной модели процесса разработки программного проекта АСУ ТП ..... 17
- Ассыллов Е. С.**  
Макет бортовой информационной вычислительной системы ..... 20
- Белавина К. Э., Любич Е. А.**  
Сравнение общих положений расчета стальных конструкций по Еврокоду 3 EN 1993–1–1 и СП 16.13330.2017 .....22
- Варламова Е. О., Анищенко О. В.**  
Анализ процессов получения базовых масел ...24
- Великанов С. А.**  
Основные законы развития технических систем в сочетании с прогнозированием развития технических систем .....26

- Гаппаров Ф. А., Нарзиев Ж. Ж., Ирмухамедова Л. Х.**  
Результаты исследований процесса фильтрации в теле грунтовой плотины и её химическое влияние на пьезометры .....34
- Давыдов С. И.**  
Исследование эффективности использования солнечной фотоэлектрической станции в условиях Амурской области для энергоснабжения автономных потребителей ...38
- Ермаков Н. О., Новиков М. В.**  
Обеспечение энергоэффективности при реконструкции жилых домов первых массовых серий ..... 40
- Ковырзина К. С.**  
Расчет зоны действия громкоговорителя для оповещения населения в случае чрезвычайной ситуации .....44
- Комаров Ю. Я., Евстафьев Р. О., Игнатов А. А.**  
Концепция мобильного приложения для информирования водителей в зоне перехватывающих парковок .....46
- Копосов А. А.**  
Одноэлементная плоская строительная система высокоскоростного монтажа многоэтажных полносборных зданий .....49
- Кузьменко Н. С., Карпов А. В.**  
Модернизация цеховой тележки для перемещения корпусов автосцепки ..... 51
- Курбанов Ж. М., Курбанова Р. Ж., Курбанов Ш. Ж.**  
Образование «синергетического эффекта» в технике переработки пищевых продуктов .....53
- Kurbanova R. J.**  
Improvement of the method for determining of technical condition of the service company ...56

<b>Логинова В. А.</b> Транспортные проблемы в городе.....	60	<b>Русских Е. В., Ташкалов Э. М., Петренко А. Л., Халидуллин Р. И.</b> Оперативное определение эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора .....	76
<b>Малфыгина О. Н., Романюк А. В.</b> Совершенствование организации перевозок с помощью автоматизации складских помещений.....	62	<b>Смышляев Н. А.</b> Технология устройства подземного паркинга ...	85
<b>Митин В. А.</b> Разработка лабораторного стенда для изучения работы с модулями ввода-вывода промышленного контроллера на базе ПЛК-110 .....	64	<b>Сычёва Н. Н.</b> Проблемы быстро разрастающихся агломераций.....	88
<b>Мордвинкин Н. А.</b> Использование теории L-систем в автоматизированных системах управления персоналом .....	65	<b>Ташкалов Э. М., Петренко А. Л., Халидуллин Р. И.</b> Совершенствование конструкции винтовых забойных двигателей на основе опыта строительства скважин малого диаметра.....	89
<b>Назаров А. И.</b> Ультрафиолетовое оборудование для обработки открытых ран и лечения кожных заболеваний..	67	<b>Федосеев Н. В., Семёнов С. В.</b> Расчетное исследование влияния типа конечных элементов на коэффициент запаса топологически оптимизированной конструкции .....	92
<b>Нефедьев А. И., Коноваленко А. А.</b> Комбинированный датчик контроля пламени ...	69	<b>Халилуллин Р. Р.</b> Исследование и разработка измерительных циклов для компенсации погрешностей базирования на станках фрезерной группы .....	96
<b>Петренко А. Л., Ташкалов Э. М., Халидуллин Р. И.</b> Повышение помехозащищенности передаваемого сообщения телеметрической системы .....	71	<b>Чинько Е. Д.</b> Определение пульсационной составляющей ветровой нагрузки на мачту с многоярусными оттяжками.....	99
<b>Реймов К. М., Нажимова А. М., Алланазарова П. Ж., Турманова Г. М., Сейтмуратов Б. Т.</b> Оптимизация распределения активной нагрузки энергосистемы между ТЭС и ГЭС с использованием программа MATLAB .....	73	<b>Шеховцов А. С., Григорьев А. И.</b> Расчет сечения сборно-монолитной конструкции в стадии эксплуатации .....	102

## ФИЗИКА

### Исследование влияния числа Маха и температуры вязкой сверхзвуковой струи на срезе сопла летательного аппарата на структуру течения в спутном сверхзвуковом потоке

Метелёв Данила Андреевич, студент магистратуры;

Тохтуев Александр Николаевич, студент магистратуры

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана

*С помощью пакета прикладных программ ANSYS было изучено влияния числа Маха и температуры вязкой сверхзвуковой струи, истекающей из сопла летательного аппарата, на её течение в спутном сверхзвуковом потоке.*

*Данное исследование проводилось с целью выяснения характера структуры течения вязкой сверхзвуковой струи в спутном сверхзвуковом потоке, для уточнения влияния числа Маха и температуры на срезе сопла на изменение размеров начального участка струи. Расчеты истечения вязкой сверхзвуковой струи в спутный поток проводились при определяющих параметрах, схожих с параметрами, указанными в [1]. Полученные в результате выполнения расчетов графики для распределения температуры и давления вдоль оси струи и параметры изменения размеров начального участка струи сравниваются с имеющимися экспериментальными данными.*

**Ключевые слова:** срез сопла, летательный аппарат, сверхзвуковой поток, начальный участок струи, ось струи, течение струи, граница струи, число Маха, температура, давление, степень нерасчетности, поток, струя, ударная волна.

В наши дни наука проявляет особый интерес к изучению начального участка вязкой сверхзвуковой струи, истекающей в спутный сверхзвуковой поток. Большую ценность представляет исследование влияния параметров струи на течение в спутном потоке. Процессам, возникающим при попадании струи в спутный сверхзвуковой поток посвящено множество работ [1–5], в которых разрешаются вопросы влияния друг на друга двух газовых потоков и установлены основные закономерности изменения газодинамических характеристик. Среди всех этих трудов особенно стоит выделить статью Б.Д. Ковалева и В.И. Мышенкова [2], статью В.И. Мышенкова [1] и работу В.С. Авдеевского, А.В. Иванова, И.М. Карпмана, В.Д. Трасковского, М.Я. Юделовича [4]. Именно их исследования легли в основу работы, результаты которой будут представлены в данной статье.

В результате проведенных экспериментов [1], [2], [4] было выяснено, что при взаимодействии струи со спутным сверхзвуковым потоком возникают различные подструктуры течения: основная, отраженная и висющаяся ударные волны. Установлено значительное влияние спутного сверхзвукового потока на размеры начального (первая «бочка») участка вязкой сверхзвуковой струи, помимо этого, при изменении параметров потока изменяется расположение границы струи, давление вдоль которой становится переменным. Кроме того, значительное влияние на картину течения на начальном участке оказывают числа Маха (отношение скорости течения в данной точке к местной скорости звука)  $M_a$  и температура  $T_a$  на срезе сопла летательного аппарата. При увеличении температуры  $T_a$  на срезе сопла размеры струи (первая «бочка») уменьшаются, при увеличении же числа Маха  $M_a$  на срезе сопла характерные размеры струи (первая «бочка») напротив — увеличиваются, экстремумы температуры и давления в конце начального участка струи на графиках распределения вдоль оси струи смещаются вправо.

Целью настоящей работы является установление структуры течения вязкой сверхзвуковой струи в спутном сверхзвуковом потоке и оценка влияния чисел Маха  $M_a$  и температуры  $T_a$  на срезе сопла летательного аппарата на течение струи в спутном потоке. Чтобы упростить исследование и представить результаты в наиболее удобном формате было принято решение рассматривать изучаемые процессы и явления в двухмерном пространстве, задача осесимметрична. В пакете

программ «Ansys» была задана схематичная геометрия исследуемого тела (рис. 1), на которой мы можем наблюдать сопло летательного аппарата, расположенное внутри расчетной области.

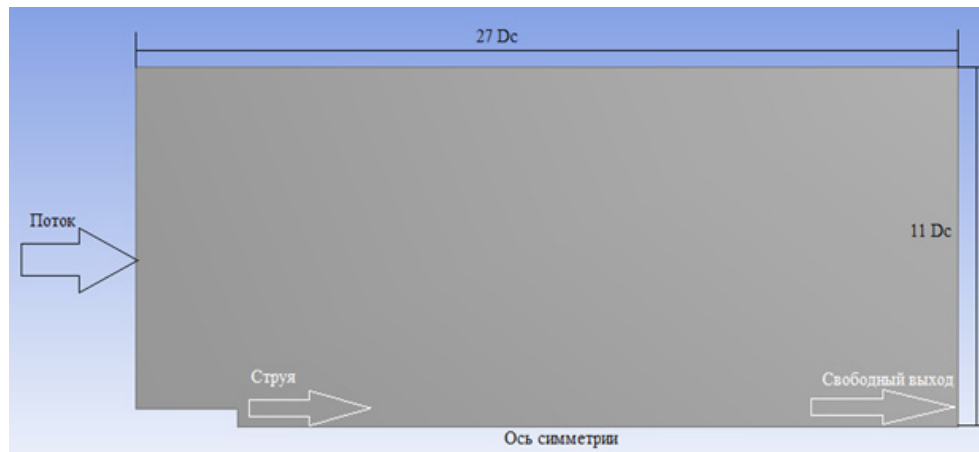


Рис. 1. Геометрия среза сопла летательного аппарата, расчетная область

Для проведения необходимых исследований влияния чисел Маха  $M_a$  были заданы следующие параметры: число Маха  $M_a$  на срезе сопла летательного аппарата варьировалось в пределах от 1.5 до 4, число Маха  $M_\infty$  спутного потока = 4, степень нерасчетности (отношение давления на срезе сопла к давлению окружающей среды)  $n = 10$ , температура струи на срезе сопла летательного аппарата  $T_a = 300$  К, температура окружающей среды  $T_\infty = 300$  К. Для проведения исследований влияния температуры струи на течение в спутном потоке были заданы следующие параметры: число Маха  $M_a$  на срезе сопла летательного аппарата = 3, число Маха  $M_\infty$  спутного потока = 3, степень нерасчетности  $n = 5$ , температура  $T_a$  струи на срезе сопла летательного аппарата варьировалась в пределах от 300 К до 2400 К. Исходя из заданных значений было изучено течение вязкой сверхзвуковой струи в спутном сверхзвуковом потоке и установлено влияние изменения числа Маха  $M_a$  и температуры  $T_a$  на срезе сопла летательного аппарата на течение струи в спутном сверхзвуковом потоке.

Все необходимые расчеты проводились в пакете программ «Ansys». Полученную в процессе проведения опыта картину течения (рис. 2) можно сравнить со структурой течения (рис. 3), представленной в работе Б.Д. Ковалева и В.И. Мышенкова [2].

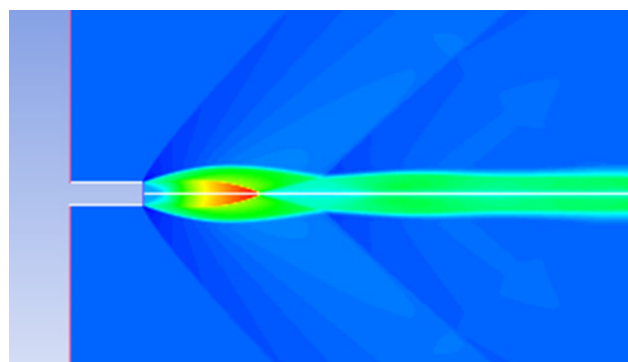


Рис. 2. Полученная в программе Ansys картина течения струи в спутном сверхзвуковом потоке



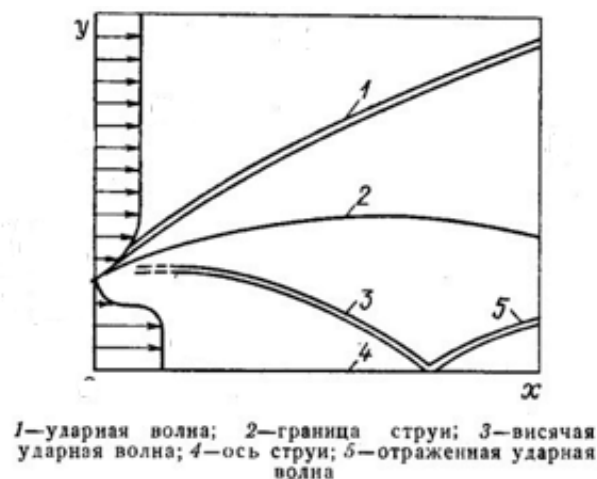


Рис. 3. Схема течения вязкой сверхзвуковой струи в спутном сверхзвуковом потоке

Следует отметить, что на полученной при расчетах картине (рис. 2) течения вязкой сверхзвуковой струи в спутный сверхзвуковой поток наблюдается образование различных подструктур течения на начальном участке струи, характерных для данной задачи: основная, висячая и отраженная ударные волны, четко прослеживается граница струи. Полученные результаты совпадают со схемой течения струи в спутном потоке, представленной в [2].

Теперь изучим влияние, оказываемое числом  $M_a$  на течение струи в спутном потоке. Рассмотрим структуру течения (рис. 4) при числе  $M_a = 1.5$

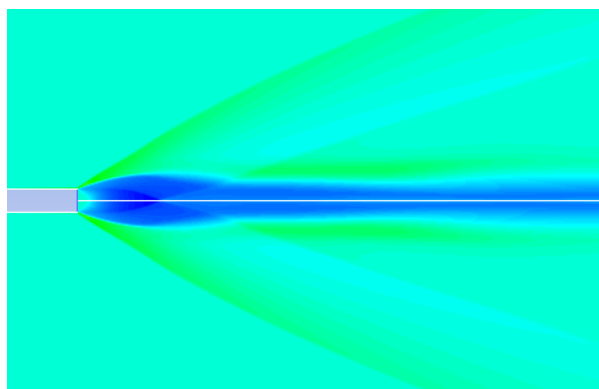


Рис. 4. Результат, полученный при числе  $Ma = 1.5$

При указанных выше параметрах вычислений длина начального участка струи  $L = 7Dc$  ( $Dc$  — диаметр сопла,  $nDc$  — размер, эквивалентный  $n$  диаметрам сопла), ширина начального участка струи  $H = 2.2Dc$ . Хорошо прослеживается бочкообразная структура течения с явно выраженными ударными волнами и границей струи. Теперь примем значение числа Маха  $M_a$  на срезе сопла летательного аппарата равным 2 и понаблюдаем за изменением размеров начального участка струи (рис. 5).

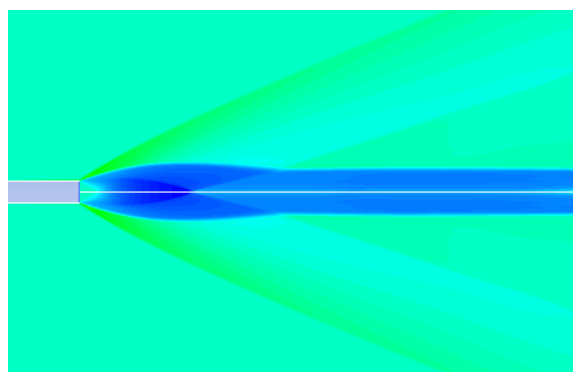


Рис. 5. Результат, полученный при числе  $Ma = 2$

Для заданного значения числа  $M_a$  можно заметить явное увеличение размеров начального участка струи:  $L = 9D_c$ ,  $H = 2.7D_c$ . На этот раз увеличим значение числа Маха  $M_a$  на срезе сопла до 3, в результате также наблюдается осязательное увеличение размеров первой «бочки» в сравнении с результатами, полученными ранее:  $L = 13.5D_c$ ,  $H = 3.3D_c$  (рис. 6).

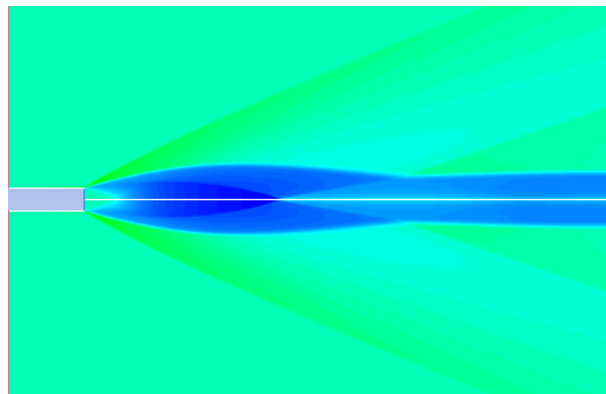


Рис. 6. Результат, полученный при числе  $Ma = 3$

Установим значение числа  $M_a = 4$  и выясним как изменится структура течения струи в спутном потоке при высокой скорости на срезе сопла (рис. 7). На рисунке мы можем наблюдать, что для истечения струи при числах Маха  $M_a$  на срезе сопла, при скоростях, значительно превышающих скорость звука, размеры начального участка струи возрастают еще больше  $L = 20D_c$ ,  $H = 3.7D_c$ .

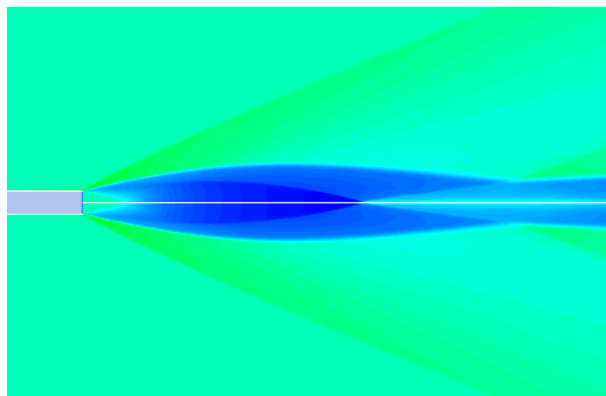


Рис. 7. Результат, полученный при числе  $Ma = 4$

Используя результаты вычислений, полученные в пакете прикладных программ «Ansys» построим графики распределения температуры (рис. 8) и давления (рис. 9) вдоль оси струи при различных числах Маха  $M_a$  на срезе сопла летательного аппарата, а так же графики зависимости длины (рис. 10) и ширины (рис. 11) начального участка струи от чисел Маха  $M_a$  на срезе сопла летательного аппарата.

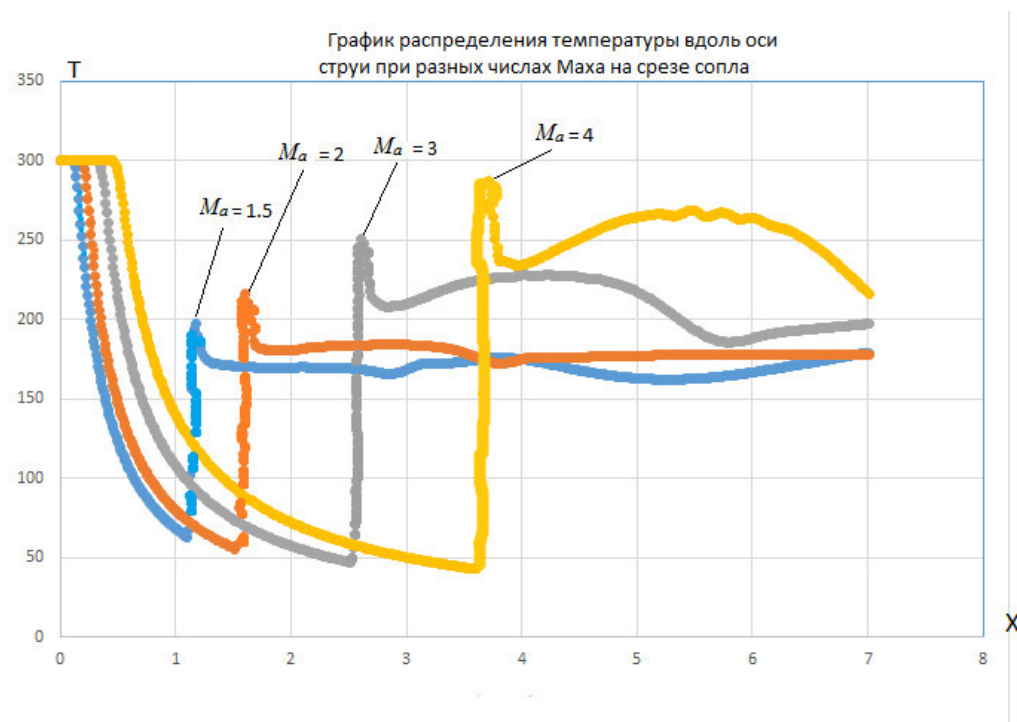


Рис. 8. Графики распределения температуры вдоль оси струи

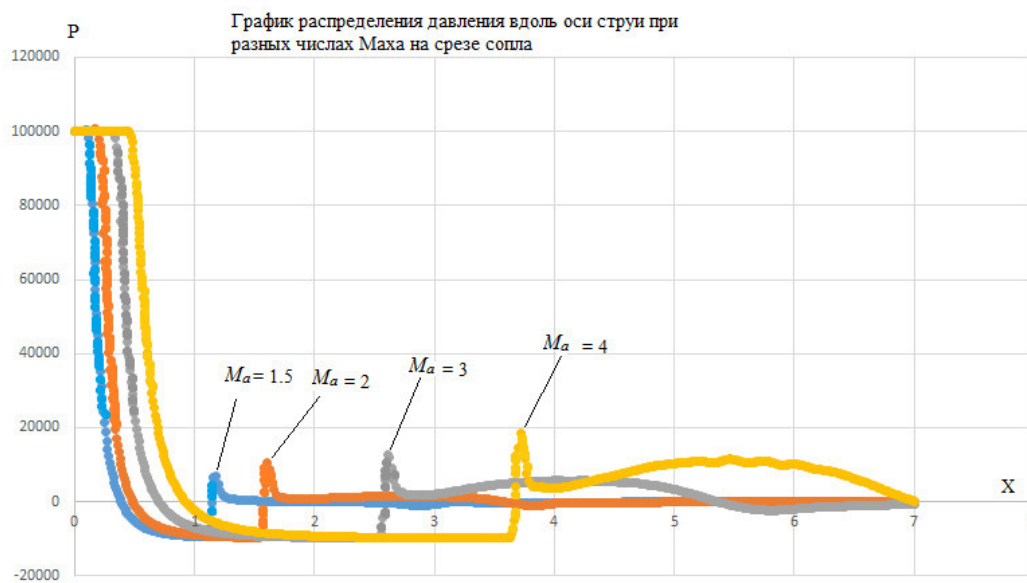
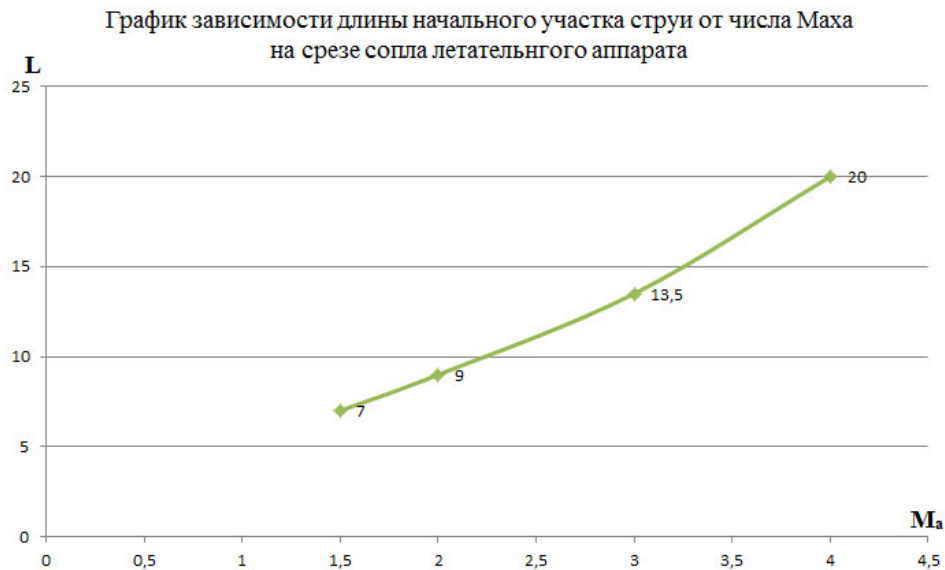


Рис. 9. Графики распределения давления вдоль оси струи

Рис. 10. График зависимости длины начального участка струи от  $M_a$ Рис. 10. График зависимости ширины начального участка струи от  $M_a$ 

На графиках распределения температуры и давления можно наблюдать постепенное смещение экстремумов вдоль оси струи по мере увеличения числа Маха  $M_a$  на срезе сопла, а также увеличение длины и ширины начального участка струи по мере возрастания числа Маха  $M_a$  на срезе сопла.

Полученные при проведении исследования результаты частично совпадают с экспериментальными данными [1], [2], что позволяет судить об их относительной точности и достоверности.

Теперь изучим влияние, оказываемое температурой  $T_a$  на срезе сопла летательного аппарата на течение струи в спутном потоке. Рассмотрим структуру течения (рис. 11) при  $T_a = 300$  К.

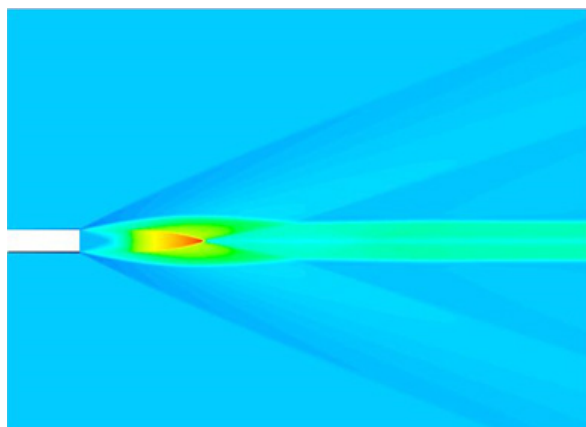


Рис. 11. Результаты, полученные при  $T_a = 300$  К

Хорошо прослеживается бочкообразная структура течения с явно выраженными ударными волнами и границей струи, длина начального участка струи  $L = 10D_c$ , ширина начального участка струи  $H = 2,2D_c$ . Теперь примем значение числа температуры  $T_a$  на срезе сопла летательного аппарата равным 1000 К и зафиксируем изменения на начальном участке струи (рис. 12).

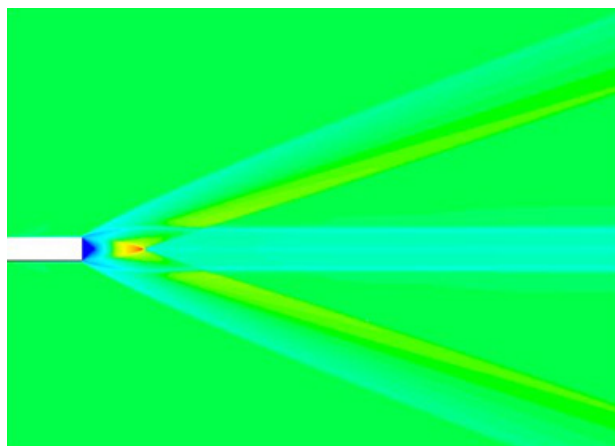


Рис. 12. Результаты, полученные при  $T_a = 1000$  К

Для заданного значения  $T_a$  можно заметить явное и весьма сильное уменьшение размеров начального участка струи:  $L = 6D_c$ ,  $H = 2D_c$ . На этот раз установим значение числа температуры на срезе сопла на 2400 К, в результате по-прежнему наблюдается ошутимое уменьшение размеров первой «бочки» в сравнении с результатами, полученными ранее (рис. 13):  $L = 3D_c$ ,  $H = 1,8D_c$ .

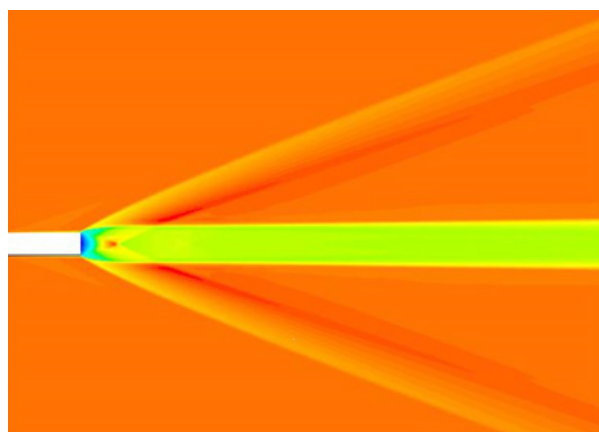


Рис. 13. Результаты, полученные при  $T_a = 2400$  К

По полученным для изменения температуры  $T_a$  на срезе сопла данным построим графики зависимости длины (рис. 14) и ширины (рис. 15) начального участка струи.

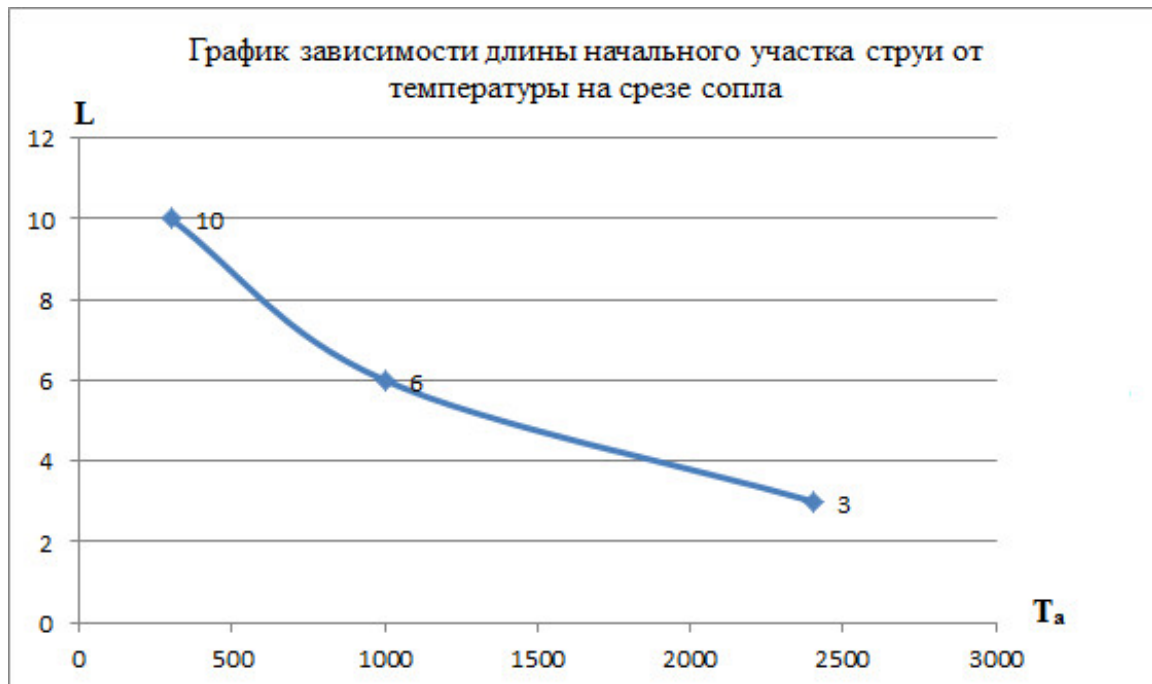


Рис. 14. График зависимости длины начального участка струи от  $T_a$

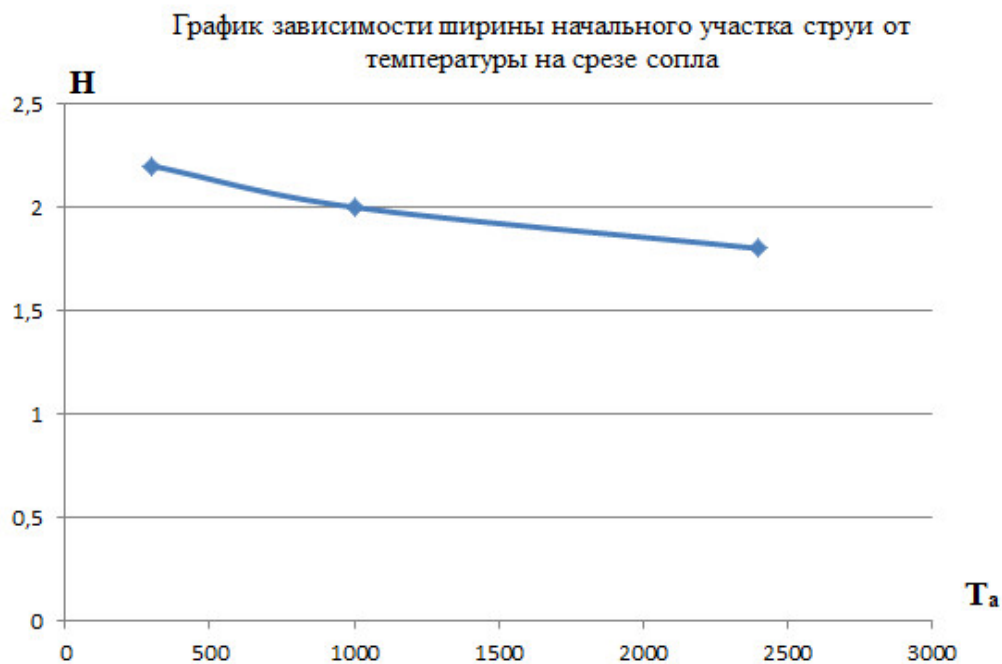


Рис. 15. График зависимости ширины начального участка струи от  $T_a$

Полученные результаты частично совпадают с явлениями, описанными в работах [1] и [2], что свидетельствует об их относительной точности и достоверности.

Заключение: при помощи пакета прикладных программ «Ansys» было проведено исследование взаимодействия вязкой сверхзвуковой струи, истекающей из сопла летательного аппарата, и спутного сверхзвукового потока при различных числах Маха и температуре на срезе сопла. Получены следующие результаты:

1. Исследованы основные подструктуры течения вязкой сверхзвуковой струи, истекающей в спутный сверхзвуковой поток, влияние друг на друга струи и спутного потока, изучено влияние, оказываемое числом Маха и температурой на срезе сопла летательного аппарата, на размеры начального участка струи.
2. Установлено, что при увеличении числа Маха на срезе сопла летательного аппарата размеры начального участка струи значительно возрастают.
3. Выяснено, что при увеличении числа Маха на срезе сопла летательного аппарата экстремумы на графиках распределения температуры вдоль оси струи возрастают и смещаются вдоль оси.
4. Выяснено, что с возрастанием числа Маха на срезе сопла летательного аппарата экстремумы на графиках распределения давления вдоль оси струи возрастают и смещаются вдоль оси.
5. Установлено, что с увеличением температуры на срезе сопла, уменьшаются длина и ширина начального участка струи.

#### Литература:

1. Мышенков, В. И. Расчет течения вязкой ламинарной сверхзвуковой струи в спутном потоке // Вычислительная математика и математическая физика. — 1979. — № 2. — с. 474–485.
2. Ковалев, Б. Д., Мышенков В. И. Расчет вязкой сверхзвуковой струи, истекающей в спутный поток // Ученые записки ЦАГИ. — 1978. — № 3. — с. 125–130.
3. Абрамович, Г. Н. Теория турбулентных струй. — 2 переработанное и дополненное. — М.: Наука, 1984. — 714 с.
4. Авдеевский, В. С., Иванов А. В., Карпман И. М., Трасковский В. Д., Юделович М. Я. Течение в сверхзвуковой вязкой недорасширенной струе // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. — 1970. — № 3. — с. 63–69.
5. Авдеевский, В. С., Иванов А. В., Карпман И. М., Трасковский В. Д., Юделович М. Я. // Влияние вязкости на течение в начальном участке сильно недорасширенной струи // Доклады АН СССР. — 1971. — № 1. — с. 46–49.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Мехатронная система автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения

Аккаев Амин Рамазанович, студент магистратуры  
Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова (г. Нальчик)

Проблема экономии электроэнергии имеет большое народнохозяйственное значение. В системах освещения расходуется около 13% всей генерируемой электрической энергии — почти 107,6 млрд. кВт·ч. Количество осветительных приборов в стране превышает 1 млрд. штук, при этом, исследования показывают, что существует возможность практически вдвое снизить расход электроэнергии без ухудшения условий освещенности. Это достигается за счет совершенствования технических средств и способов освещения, модернизации действующих установок и организации их правильной эксплуатации [1].

Естественное и искусственное освещение играет важную роль в жизни человека. Восемьдесят процентов информации воспринимается человеком именно посредством органов зрения. Безопасность и здоровье, условия труда в значительной степени зависят от освещенности рабочих мест и помещений. Недостаток освещенности утомляет зрение и вызывает утомление организма и может стать причиной травматизма. Поэтому важна правильная организация управления и сбалансированность как искусственного, так и естественного освещения в помещении. Контроль освещения рассматривается как одна из важнейших функций систем управления. С помощью современных системы управления можно регулировать уровень освещенности в помещении в зависимости от сезона года, времени суток и присутствия человека, что позволяет существенно экономить электроэнергию, продлевать срок службы оборудования и значительно повысить уровень комфорта и самочувствия человека.

В вопросах энергосбережения в системах, связанных с освещением можно выделить два основных направления: экономия электроэнергии за счет использования более современных осветительных приборов; применение систем микропроцессорного управления, обеспечивающих баланс естественного и искусственного освещения с целью создания комфортные условия для жизни и работы.

Системы управления освещение обычно включают в себя ряд устройств, которые могут использоваться как самостоятельно так во взаимодействии друг с другом [2].

Примерами таких устройств являются — регуляторы света, сумеречные выключатели, датчики освещенности, датчики движения, таймеры, лестничные выключатели, с различными видами подключения (проводное или беспроводное) и управления (обычное кнопочное или по радиоканалу).

Система управления освещением не является полной без возможности контролировать моторизированные жалюзи и шторы. Они выполняют важную роль в формировании правильного освещения и помогают создать комфортные условия для жизни и работы. Наибольшее распространение получили системы на основе датчиков освещенности, поскольку позволяют работать не только в ключевом режиме (включить-выключить), но и регулировать уровень освещенности как помещения целиком, так и отдельных его участков.

Существенным недостатком предлагаемых на рынке решений по-прежнему остается достаточно высокая цена. В данной статье представлено описание проекта простой мехатронной системы автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения. Структурная схема системы показана на рисунке 1.

Система включает в себя навесной модуль, прикрепляемый к карнизу жалюзи. Закрытие и открытие жалюзи осуществляется с помощью системы круглозубых звёздочек, протягивающих шариколенту, в автоматическом режиме закрытие и открытие производится с помощью провода с шаговым электродвигателем. Система управления включает два цифровых датчика освещенности, один из которых служит для измерения внешней освещенность (за окном помещения), другой для освещенности внутри помещения. В состав системы включен датчик движения (присутствия), регистрирующий наличие человека в контролируемом помещении.

На механизме открывания жалюзи установлен небольшой магнит, а на корпусе карниза установлены два магнитоуправляемых датчика положения под углом 90° один относительно другого. Таким образом, один из датчиков срабатывает в положении жалюзи «открыто», а



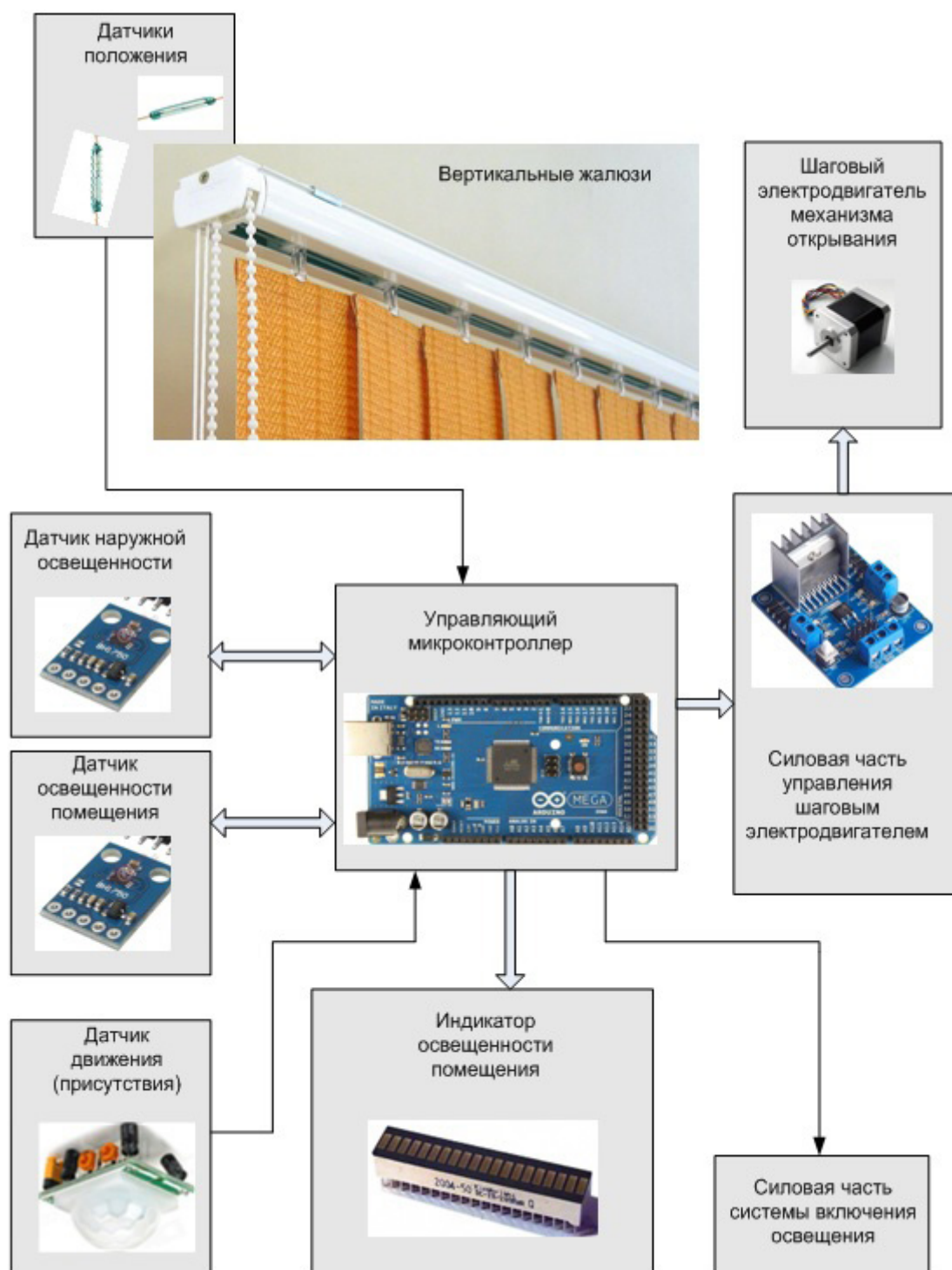


Рис. 1. Структурная схема мехатронной системы автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения

другой в положении «закрыто». Автоматическое открытие/закрытие жалюзи производится шаговым электродвигателем, по команде от управляющего микроконтроллера. Для отображения уровня освещенности внутри контролируемого помещения в системе установлен светодиодный индикатор.

На рисунке 2 представлена принципиальная электрическая схема системы автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения.

В системе управления автоматического регулирования внутреннего освещения используется AVR микроконтроллер ATmega2560 фирмы Atmel (DD1) [3–5]. Все микроконтроллеры AVR имеют гарвардскую архитектуру, которая предполагает разделение памяти программ и данных. Используемые при этом средства адресации позволяют создавать эффективные программы с высоким быстродействием. В состав схемы входит стабилизированный источник питания (DD2). К выводам микроконтроллера

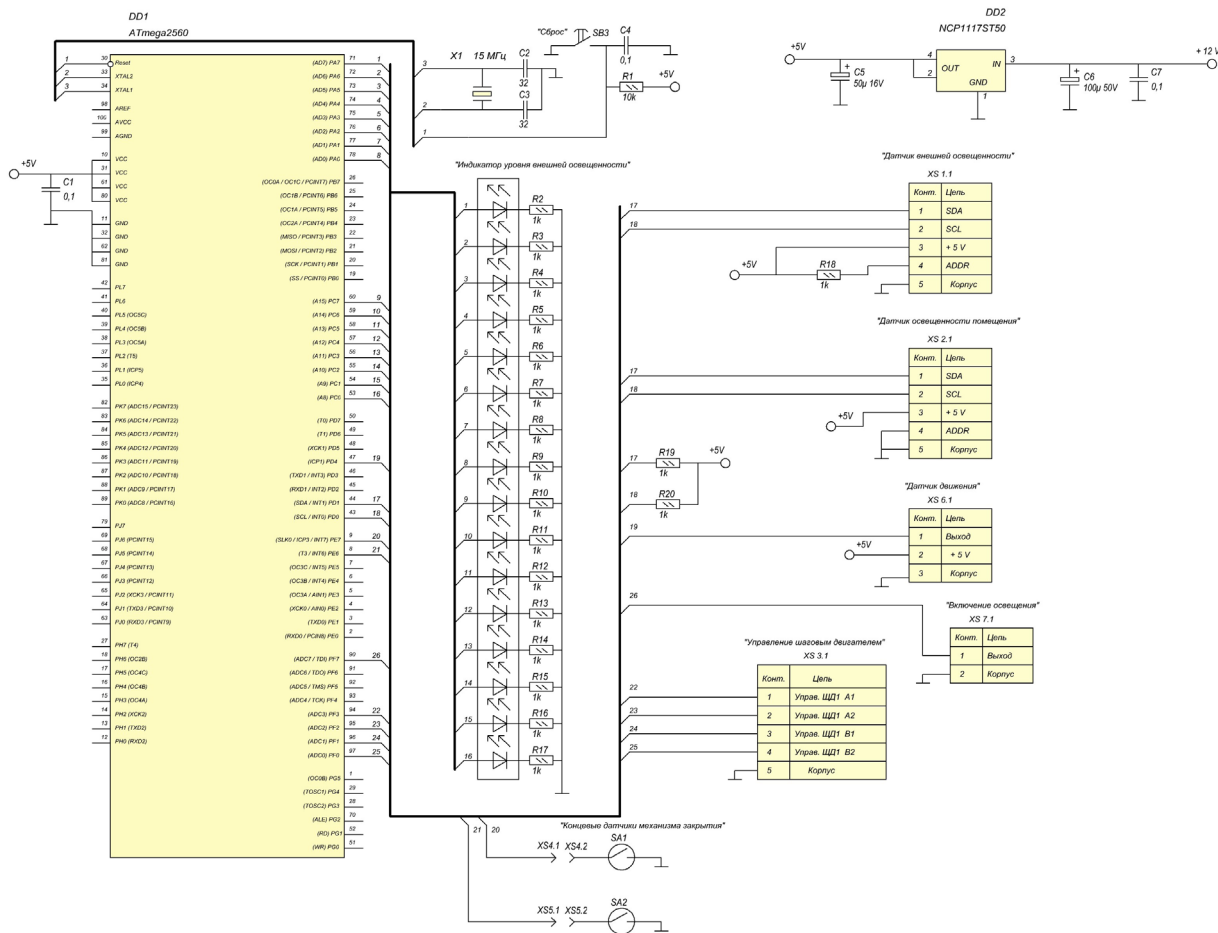


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема системы автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения

подключены разъемы датчиков наружной и внутренней освещенности, датчика движения, датчики положения жалюзи (открыто/закрыто) и разъем для подключения силовой схемы управления шаговым электродвигателем.

В качестве датчика присутствия в системе используется пиротехнических фотоприемников (ПФП) в основе работы которого положен пирозлектрический эффект кристаллов, сущность которого заключается в изменении поляризации пирозактивного кристалла в процессе изменения температуры на его гранях [6]. Поляризация кристалла — это пространственное разделение зарядов, при котором на одной из граней кристалла возникает положительный заряд, а на второй — отрицательный. Она происходит спонтанно при отсутствии внешнего электрического поля при постоянной температуре. Однако при постоянстве температуры поверхностные заряды компенсируются объемной и поверхностной проводимостями кристалла и не могут быть обнаружены.

Поэтому пирозлектрический эффект проявляется только при изменении температуры кристалла во времени. Этот эффект наблюдается при приеме модулированного или импульсного излучения.

Пирозлектрический ток при изменении температуры пирозактивного кристалла можно определить по формуле

$$I = \frac{dP_c}{dt} = \frac{dP_c}{dT} \frac{dT}{dt} = \gamma \frac{dT}{dt} \tag{1}$$

где  $P_c$  — коэффициент спонтанной поляризации;  $T$  — температура;  $\gamma$  — пирозлектрический коэффициент.

Если облученный кристалл подключить к внешнему сопротивлению нагрузки и представить его как генератор тока, то можно вычислить интегральную чувствительность пирокристалла:

$$S_{\text{и}} = \frac{A_{\phi} \omega \alpha \gamma R_{\text{з}}}{C_0 G (1 + \omega^2 \tau_T^2)^{\frac{1}{2}} (1 + \omega^2 \tau_{\text{з}}^2)^{\frac{1}{2}}} \tag{2}$$

где  $A_{\phi}$  — площадь приемной площадки фоточувствительного элемента;  $\alpha$  — коэффициент поглощения;  $R_{\text{з}}$  — эквивалентное сопротивление нагрузки;  $C_0$  — суммарная емкость кристалла и нагрузки (входной емкости усилителя);  $\omega$  — круговая частота модуляции потока;

$$\tau_T = \frac{C}{G} \text{ — тепловая постоянная времени (отношение}$$

теплоемкости кристалла  $C$  к коэффициенту теплопотерь  $G$ );  $\tau_Э = R_Э C_0$  — электрическая постоянная времени.

Решающее влияние на основные параметры пироэлектрических приемников оказывает значение пироэлектрического коэффициента  $\gamma$ . Большинство типов фотоприемников, использующих внутренний фотоэффект, обладают избирательной чувствительностью. Тепловые же фотоприемники, использующие пироэффект, обладают практически равномерной чувствительностью во всем рабочем диапазоне длин волн.

Особенностью пироэлектрических приемников излучения является то, что они, будучи по существу емкостными элементами, имеют очень большое внутреннее со-

противление ( $10^{10} \dots 10^{11}$  Ом) и низкие выходные токи ( $10^{-12} \dots 10^{-13}$  А). Это создает значительные трудности при согласовании их с входными каскадами усилителей. К входным цепям усилительных устройств, работающим совместно с пироэлектрическими приемниками, предъявляется ряд специфических требований: высокое входное сопротивление, малая входная емкость, низкий уровень собственных шумов. Совокупности указанных требований удовлетворяют полевые транзисторы и усилители на их основе. Принципиальная электрическая схема устройства, содержащего пироэлектрический элемент (ПФП), подключенный к интегральному операционному усилителю с входным дифференциальным каскадом усиления на основе полевых транзисторов (ДА), приведена на рисунке 3.

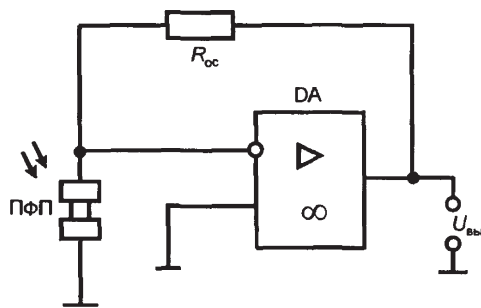


Рис. 3. Схема устройства с пирофотоприемником.

Если датчик построить всего на одном фотоэлементе, то он будет срабатывать не только от движущихся предметов, а также просто от внешней температуры, солнечных лучей, от радиаторов отопления и изменения температуры самого датчика, точнее его корпуса. Другими словами, помехо-

защищенность такого датчика слишком низкая. Чтобы ее повысить пироэлектрические датчики изготавливаются на базе двух фотоэлементов, включенных встречно, как показано на рисунке 4, что позволяет компенсировать только что упомянутые факторы.

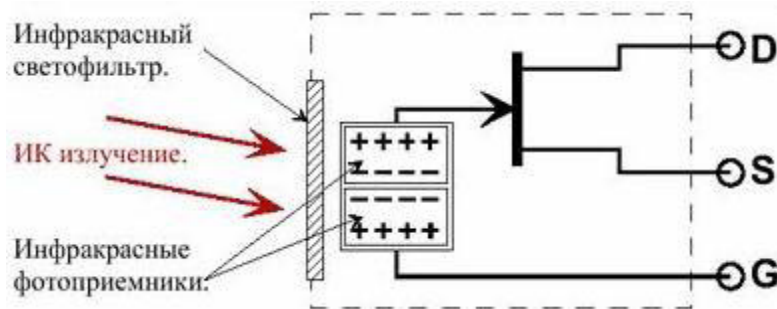


Рис. 4. Пироэлектрический датчик с двумя фотоэлементами.

Такой датчик реагирует только на изменение величины излучения, что позволяет использовать его в качестве детектора движения. Еще большую надежность в работе датчику обеспечивает светофильтр, настроенный на длину волны 5–14 мкм. Такое излучение наиболее характерно для человеческого тела.

Основные технические характеристики датчика: напряжение питания 4,5–20 В; угол обзора — 110°; дистанция обнаружения 7 м.

Для измерения освещенности в системе использован цифровой датчик ВН1750FVI выполненный в виде микросхемы с цифровым выходом (интерфейс I<sup>2</sup>C). Датчик может использоваться в различных электронных и механических устройствах, для получения данных о внешней освещенности (например, системы управления освещением зданий, для автоматической регулировки яркости экранов ЖК телевизоров и мобильных телефонов и т. д.).

Датчик позволяет измерять интенсивность света в широком спектре с высоким разрешением от 1 до 65535 лк.

Краткие характеристики датчика: интерфейс I<sup>2</sup>C; спектральная чувствительность близка к чувствительности человеческого глаза; встроенный 16-и разрядный аналого-цифровой преобразователь; широкий диапазон измерений освещенности (1–65535 лк).

Датчик имеет несколько режимов измерения освещенности. Режим высокого разрешения (с разрешением 1 лк) позволяет фиксировать небольшой уровень освещенности (менее 10 лк). Режим с разрешением в 0,5 лк позволяет фиксировать излучение практически в полной темноте.

#### Заключение

Разработанная мехатронная система автоматического регулирования внутреннего освещения жилого помещения отличается простотой и может использоваться в

больничных палатах с лежачими больными, в теплицах, и других местах, где необходимо обеспечить стабильное освещение без участия человека. Устройство легко устанавливать на карниз без каких-либо изменений конструкции стандартных бытовых жалюзи.

В системе управления автоматического регулирования использован современный микроконтроллер и высокочувствительные цифровые датчики освещенности и движения. Система позволяет обеспечить комфортный уровень освещенности за счет правильной организации управления и сбалансированности как искусственного, так и естественного освещения в помещении.

По предварительным оценкам внедрение такой автоматической системы позволило бы сэкономить приблизительно 15–20 % потребляемой электроэнергии за счёт более рационального использования внешних источников света.

#### Литература:

1. Энергосбережение в освещении. Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Знак, 1999, с. 264.
2. Вернер, В. Интеллектуальная система управления внутренним освещением // Светотехника. 1993. № 4. с. 15–19.
3. Хартов, В. Я. Микроконтроллеры AVR. Практикум для начинающих. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007, — 240 с.
4. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы «Atmel» — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. — 560 с.
5. Ревич, Ю. В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. — СПб.: БВХ-Петербург, 2008. — 384 с.
6. Михеев, В. П., Просандеев А. В. Датчики и детекторы: Учеб. Пособие. — М.: МИФИ, 2007. — 172 с.

## Технология строительства проекта Eden в качестве примера конструкции геодезических куполов

Алнажжар Аят А. С., магистрант

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**Геодезический купол** представляет собой полусферическую структуру с тонкой оболочкой (решетчатую оболочку) на основе геодезического многогранника. Треугольные элементы купола структурно жесткие и распределяют структурные нагрузки по всей конструкции, что делает геодезические купола способными выдерживать очень большие нагрузки для их размера.

**Проект Eden** — крупнейший в мире искусственный комплекс теплиц в Корнуолле, Великобритания.

**Основы проекта** — место нахождения: Корнуолл, Великобритания. Самый большой биом: длина 240 м, высота 55 м, ширина 110 м; Общая площадь: 39.540 м<sup>2</sup>. Общий вес стали: 700 тонн. Общая длина от всех балок: 36000 м. Вес стали на поверхность меньше: 24 кг / м<sup>2</sup>. Завершение:

апрель 2001 г. Команда дизайнеров: Николас Гримшоу и партнеры, Тим Смит, Аруп инжиниринг.

**Фон проекта** — весной 2001 года, на юго-западной оконечности Англии в Корнуолле, проект Eden был открыт для публики. Этот проект является одним из крупнейших британских проектов тысячелетия. В открытой зоне 15 гектаров и в двух гигантских оранжереях современный Эдемский сад представляет различные климатические зоны мира с их типичной растительностью. Стальная конструкция двух огромных куполов была разработана из системы рамы MERO: трубы соединяются болтами с помощью узлов. Из-за очень низких допусков и быстрой сборки экономичные конструкции могут быть реализованы даже для сложных геометрических конфигураций. Для системы облицовки были выбраны очень

легкие и прозрачные, но также прочные воздушные покрытия из фольги. Система покрытия такого размера никогда ранее не строилась. Проект стоимостью 125 миллионов евро имеет большой успех. После официального открытия в марте 2001 года тысячи посетителей ежедневно получают удовольствие от садов. Проект «Эдем» был назван восьмым чудом света британской прессой.

**Технология строительства:**

1) Генерация геометрической модели; Структурная сеть купола в проекте Eden состоит из двух концентрических сферических сетей с заданной разностью в радиусе

или структурной глубиной между ними. Здесь внешние и внутренние сети взаимосвязаны с набором линий, называемых диагоналями, что приводит к созданию двухслойной сферической сети с трехмерным переносным поведением.

2) Статический расчет; После окончательной конструкции геометрии был выполнен расчет стальной конструкции. Геометрия была перенесена в статическую трехмерную компьютерную модель (рис. 1). Верхние элементы шнур и дуги — элементы балки, нижний шнур и диагонали моделируются с использованием элементов фермы.

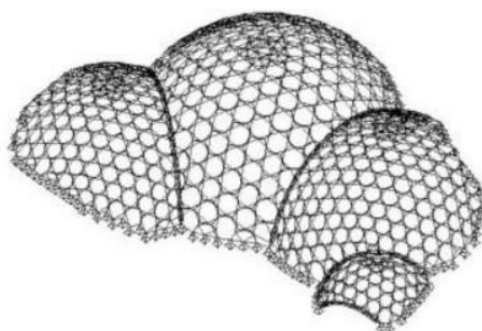


Рис. 1. Статическая 3D-модель купола

3) узлы; Основными параметрами дизайна для подключения в верхнем аккорде были:

Жесткое соединение для трех трубок с  $d = 193$  мм и шарнирное соединение для трех диагональных элементов;

- быстрая и простая конструкция;
- минимальные допуски, без боковой сварки;
- прозрачность крепления веревки для крепления купола снаружи и архитектурно приятного.

В результате этих требований был выбран так называемый узел чаши (рис. 2). Этот тип узла представляет собой усовершенствование типа узла, используемого MERO, когда круглые или прямоугольные полые трубки соединены вместе болтами. Верх этого соединения даже с трубами, так что оболочка может быть вставлена прямо поверх нее. Узел чаши выполнен из чугуна (GGG40), а вес составляет около 80 кг. Диаметр 1100 узлов составляет около 400 мм, а толщина стенки 40 мм. Каждый узел был разрезан и просверлен машиной, которая ограничивала допуск до минимума.



Рис. 2. Верхний узел хорды

4) верхние хордовые балки; конструкция стенок верхнего хорда привела к диаметру трубки 193,7 мм. Чтобы использовать одно и то же соединение с узлом, все верхние ходовые трубы имеют одинаковый диаметр, но с разной толщиной стенки в зависимости от силы и длины балок. Так как все необходимые геометрические углы, чтобы сформировать купол, помещаются в узел, концы верхних хордовых балок разрезаются прямоугольными, что позволяет быстро и эффективно изготавливать.

На каждом конце сваривается торцевая плита, а на верхней части балки — разрез строительной скважины

(рис. 3). Для соединения пучков с узлом чаши использовались высокопрочные предварительно напряженные болты (M27 и M36). Дополнительный жирный M16 использовался для фиксации балки в правильном положении и для передачи крутильных моментов. На вершине балок были скреплены короткие скобы, которые поддерживают алюминиевое каркасное покрытие для покрытия.

5) система поддержки купола; Проблемой был дизайн системы поддержки. Поскольку основание 800 м в длину изменяется, каждая из опорных точек 187 геометрически отличается. Опорная конструкция также состоит из труб

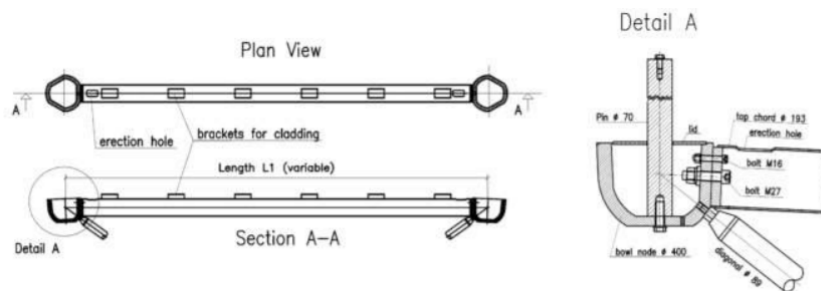


Рис. 3. Деталь верхней гармоник хорды и участка узла

диаметром 193 мм, которые свариваются вместе. Соединительные верхние хордовые пучки и диагонали соединены болтами. Базовые плиты закреплены на фундаменте анкерными болтами M27 и M36, а горизонтальные силы передаются сдвиговыми блоками.

6) Производство; Большая часть стальной конструкции была изготовлена в мастерской MERO недалеко от Вюрцбурга в Германии. Только арки и опорная точка были изготовлены в другом месте. Изготовление пучков и узлов MERO проводилось с использованием компьютеризированной машины. Торцевая пластина и опорные крон-

штейны верхних хордовых балок были сварены вручную. Каждый элемент и узел имеют уникальный номер, который оставался неизменным на этапе проектирования, производства и строительства. Для защиты от коррозии все стальные элементы горячего оцинкованы. Из-за их размеров сегменты арки были оцинкованы компанией во Франции, которая имеет одну из крупнейших гальванических ванн в Европе. Узлы чаши, выполненные из чугуна GGG40, также были оцинкованы. При общей проверке каждые два года стальная конструкция рассчитана на техобслуживание на 30 лет.



Рис. 4. Установленное покрытие купола

7) Покрытие; более 800 шестигранных элементов покрыты покрытыми воздухом покрытиями. Эти покрытия изготовлены из прозрачной пленки ETFE (этилтетрафторэтилена). Основной материал составляет от 50 до 200 мкм толщиной 1,5 м. Материал фольги разрезали и сваривали. Обычные покрытия состоят из трех слоев. Верхний и нижний слои образуют покрытия, несущие нагрузки. Дополнительный слой между ними имеет функцию повышения теплоизоляции, а также разделения воздушного пространства в случае утечки. В областях с высоким локальным ветровым всасыванием внешняя поверхность покрытия была усилена с использованием двух слоев фольги.

8) Процесс строительства; Строительство стальной конструкции началось в ноябре 1999 года. Широкое наземное движение и строительство бетонного фундамента длиной 858 м было выполнено генеральным подрядчиком. Основание имеет ширину 2 м и высоту 1,5 м. Он опира-

ется на бетонные сваи длиной до 12 м, которые были пробурены в землю.

Для строительства конструкции были созданы строительные леса. У этого леса есть место в Книге рекордов Гиннеса как самый большой и самый высокий свободный стоящий поднос в мире. Большинство шестиугольников собраны на землю, а затем подняты на место башенными кранами, а затем болтами вместе (рис. 5). Заготовки для арки были длиной около 13 м. Они также устанавливаются на леса и затем свариваются вместе. После монтажа стальной конструкции леса были удалены. Установка подушек из фольги была выполнена с помощью съемников. Работы на земле внутри биомов можно выполнить параллельно с работой по облицовке. Облицовка была закончена вовремя в сентябре 2000 года, так что Биомы могли нагреваться, а посадка могла торговаться зимой. Проект Eden открыл двери для публики в марте 2001 года.



Рис. 5. Строительство купола

Литература:

1. (Geodesics, Domes, Spacetime) Книга Тони Ротмана «Наука в Ла-Море», Издательство Принстонского университета, 1989.
2. АЛАН, С. ДЖОНС: Гражданское и структурное проектирование проекта «Иден», Международный симпозиум по шкафам с охватом в Университете Бата, 26–28 апреля 2000 года.
3. FULLER, R. В.: В: Справочник строителя купола: Под редакцией Джона Прениса; Бегущий пресс Филадельфия Пенсильвания; 1973.
4. ПАВЛОВ, Г. Н.: Определение параметров кристаллических решетчатых поверхностей, состоящих из шестиугольных плоскостных граней; Int. Журнал космических структур; Vol. 5 № 3 и 4 1990 Multi-Science Publishing.
5. RSTAB 5: Ingenieursoftware Dlubal GmbH <http://www.rstab.de>.
6. Техническое утверждение MERO; Z-14.4–10 erteilt vom DIBT Берлин.

## Разработка объектно-ориентированной модели процесса разработки программного проекта АСУ ТП

Андрианов Андрей Владимирович, студент магистратуры  
Уфимский государственный авиационный технический университет

Разрабатываемая система поддержки принятия решений относится к классу интеллектуальных информационных систем и предполагает применение специальных интеллектуальных моделей, методов и алгоритмов управления знаниями. Интеллектуальность системы с точки зрения обеспечения возможности интеграции, анализа и оперирования большим количеством достаточно разрозненной информации, отражающей различные аспекты реализации исследуемого процесса, вынуждает применять особые подходы к организации ее проектирования. В данной ситуации наряду с методом объектно-ориентированного моделирования был также использован известный подход, позволяющий адекватно отразить ее интеллектуальное содержание: метод объективно-когнитивного анализа, интегрирующий методы объектно-ориентированного анализа, онтологического анализа и семантической сети представления знаний.

В рамках данного исследования предлагается использовать специальные методы и средства объектно-ориентированного моделирования, призванные создать концептуальное системное описание исследуемой предметной

области. Совокупность диаграмм языка UML является самодостаточной с точки зрения содержания всей информации, которая необходима для реализации проекта сложной системы. Создаваемые в рамках данного подхода модели представляют собой результат системного анализа исследуемой предметной области и позволяют с самых ранних этапов сформировать формализованное пространство знаний о сущности и структуре протекающих в ней процессов. В реальных условиях чаще всего для моделирования системы бывает достаточно использовать лишь небольшой набор диаграмм, например, диаграммы требований, диаграммы прецедентов, диаграммы классов и диаграммы последовательностей.

Основой разработки любого проекта, в том числе проекта сложно программно-информационной системы, является определение и формулировка требований. Требования помогают выявить потребности «заинтересованных сторон» (пользователей, разработчиков и т. д.), а также однозначно определить тот функционал, которым система должна впоследствии обладать, чтобы удовлетворить эти

потребности. Согласованные требования создают базу для планирования работ по разработке системы, ее тестированию и приемке, и управлению рисками. Также известно, что качество определяется через степень соответствия совокупности присущих характеристик требованиям.

Существуют различные методы моделирования для разработки требований (диаграммы потоков данных, диаграммы состояний, методы перспектив и т. д.). Объектно-ориентированное моделирование, а именно ме-

тодология *UML*, позволяет, в том числе организовать и описать процесс работы с требованиями. В соответствии с приведенными рассуждениями была построена соответствующая диаграмма требований с помощью специального CASE-инструмента для проектирования информационных систем Enterprise Architect (EA).

Диаграмма требований, отражающая совокупность требований, предъявляемых к системе с целью обеспечения должной функциональности

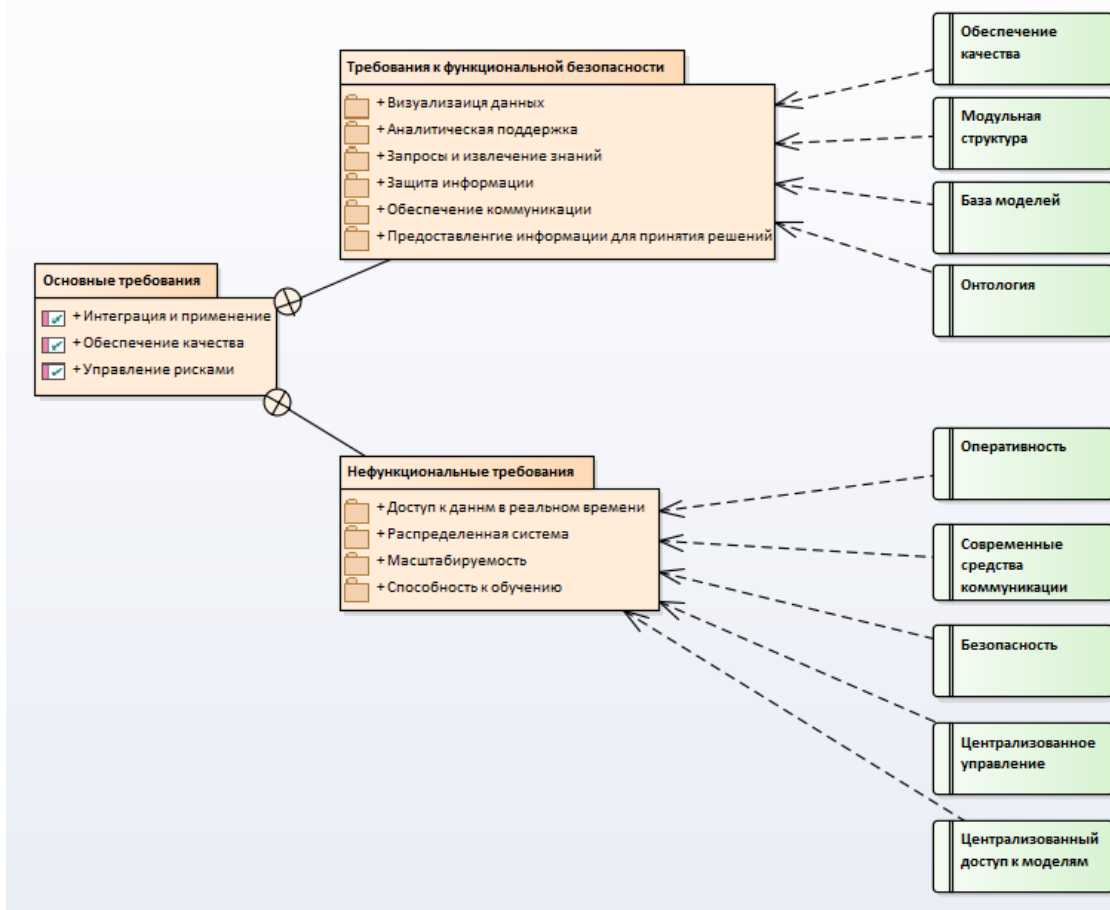


Рис. 1. Диаграмма требований

Среди всей совокупности требований, предъявляемых к системе, первоначально были выделены наиболее общие, отражающие основные цели и особенности функционирования разрабатываемой системы. Выделенные требования были декомпозированы на две наиболее значимые группы функциональной безопасности и нефункциональных требований (системные требования). Первая группа раскрывает основные аспекты поведения и механизмы функционирования разрабатываемой системы в рамках решаемых ею задач и достижения поставленных целей. Нефункциональные требования не связаны с непосредственной функциональностью разрабатываемой системы и предназначены, например, для выяснения ограничений и характеристик системы, связанных с обеспечением надежности,

безопасности, масштабируемости, производительности, оперативности, требуемых характеристик интерфейса и др.

В данной модели наибольший интерес для дальнейшей разработки представляет группа требований к функциональной безопасности. Именно ее содержание позволяет системно оценить функциональные назначения и характеристики разрабатываемой информационной системы и отследить их в дальнейшем в процессе объектно-ориентированного моделирования.

Достаточно важным моментом при управлении требованиями является как организация связей (*traceability*) между различными уровнями требований, так и их отслеживание на различных этапах проектирования системы. Так, выделенные требования должны отчетливо просле-



живаться на следующих этапах моделирования при создании диаграмм вариантов использования.

Диаграмма вариантов использования отражает взаимодействие пользователя и разрабатываемой системы, не раскрывая при этом механизма реализации данного воздействия. Каждый вариант использования охватывает некоторую очевидную для пользователя функцию системы и решает некоторую дискретную задачу. Список всех вариантов использования фактически определяет функциональные требования к разрабатываемой системе (рис. 2.7).

Так, согласно предложенной модели основными функциями разрабатываемой системы являются:

- Управление рисками;
- Обеспечение качества;
- Выдача отчета о результатах;

При этом актером (*actor*) или действующим лицом может считаться любая взаимодействующая с системой извне сущность (человек, процесс, технические условия или любая другая система). Актеры служат для обозначения согласованного множества ролей, которые могут играть пользователи в процессе взаимодействия с проектируемой системой.

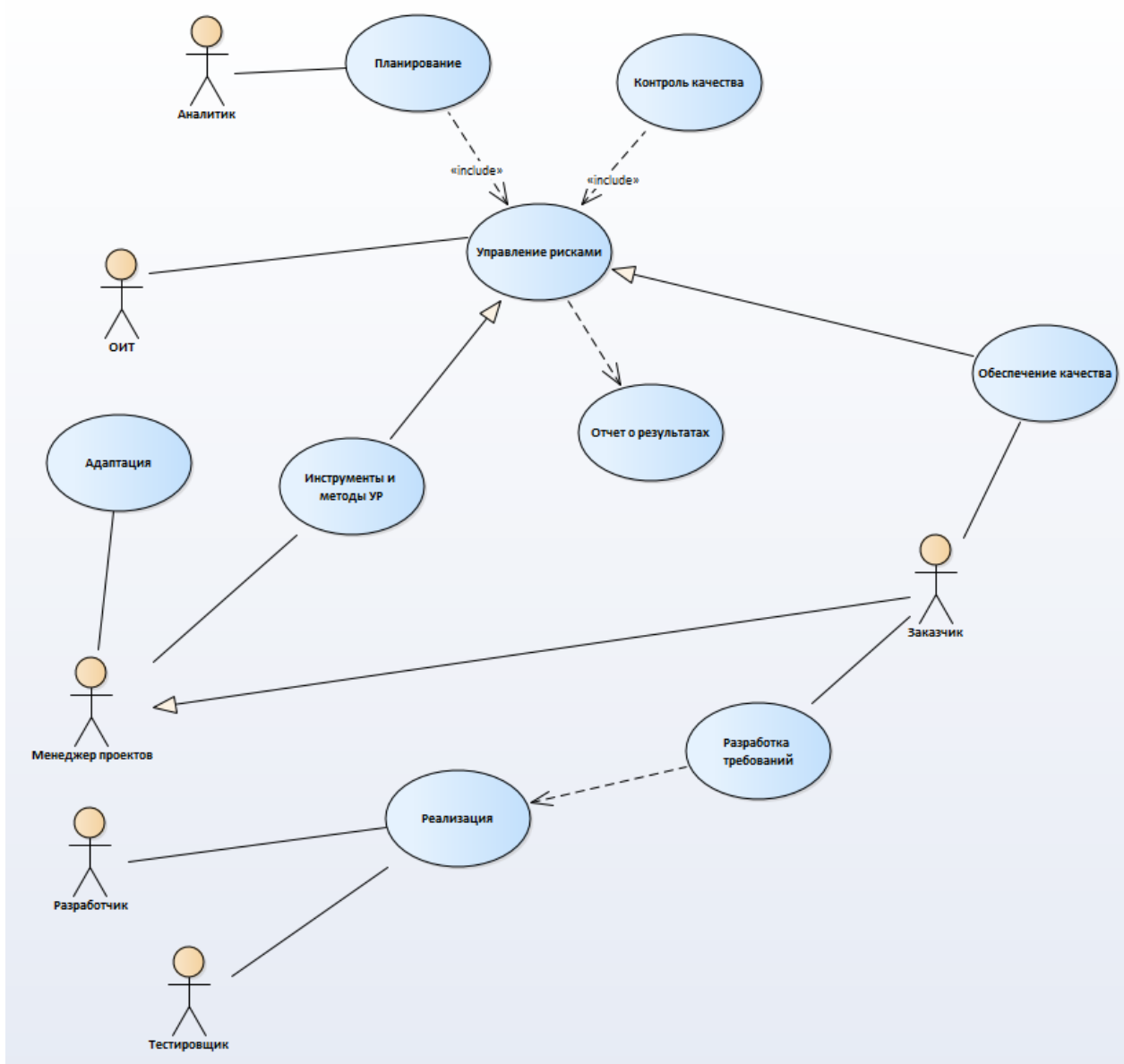


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Центральное место в объектно-ориентированном анализе и проектировании занимает разработка логической модели системы в виде диаграммы классов (*Class*

*diagram*). Данная диаграмма является основной моделью объектного подхода, так как включает все множество объектов предметной области и их отношения.

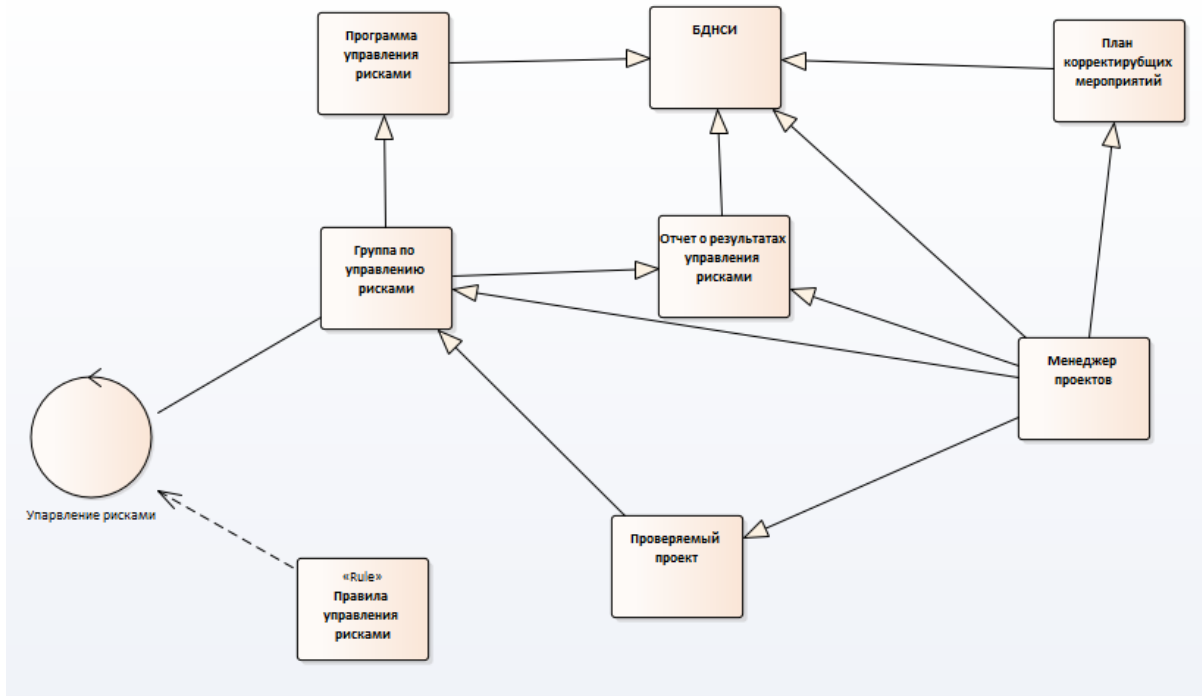


Рис. 3. Модель структуры классов

На основе спроектированных диаграмм возможно провести онтологический анализ реализации программного проекта АСУ ТП. В дальнейшем исследовании планируются

разработать онтологическую модель и разработать правила поддержки принятия решений для повышения функциональной безопасности программных проектов.

Литература:

1. Гузаиров, М.Б. Интеграция моделей знаний на основе объектно-когнитивного анализа / М.Б. Гузаиров, Р.А. Бадамшин, Б.Г. Ильясов, Л.Р. Черняховская, Р.А. Шкундина // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: тр. VI междунар. конф. Самара: Самарск. науч. центр РАН. — 2004. — с. 197–201.
2. Давлетбаева, А.Р., Черняховская Л.Р. Применение моделей и методов интеллектуальной поддержки принятия решений для обеспечения результативности процесса дистанционного обучения // Информационные технологии и системы (21 февраля — 1 марта 2015 г., Банное): труды 4-й межд. науч. конф. — Челябинск: Издательство Челябинского государственного университета, 2015. — с. 79–81
3. Бадамшин, Р.А., Ильясов Б.Г., Черняховская Л.Р. Проблемы управления сложными динамическими объектами в критических ситуациях на основе знаний / Р.А. Бадамшин, Б.Г. Ильясов, Л.Р. Черняховская. — М.: Машиностроение, 2003. — 240 с.

### Макет бортовой информационной вычислительной системы

Ассылов Евгений Сергеевич, студент магистратуры  
 Московский государственный технологический университет «Станкин»

Современные комплексы бортового оборудования обладают по большей части раздельно-интегральной структурой. Информационные системы в ней сконструированы по типу автономного оборудования, в составе которого имеются вычислительные блоки БЭВМ. Одновременная работа абсолютно всех информационных систем, определенное дублирование оборудования и программного обеспечения, а

также модульная конструкция позволяют выполнить требуемую задачу даже во время выхода из строя некоторого количества информационных систем. Помимо этого, раздельная конструкция обеспечивает легкое изменение конфигурации комплекса. Она делает его менее дорогим и сложным или добавляет некоторые дополнительные информационные системы, если есть необходимость.

Большинство задач, которые решает БВС, применяют стандартный набор базовых алгоритмов — математических функций. В разных режимах функционирования бортового комплекса используются практически полностью совпадающие алгоритмы обработки имеющейся информации, причем количество их может оказаться достаточно большим. Для удовлетворения всех требований к БИВС необходимо создание так называемого ядра, которое инвариантно к режимам работы комплекса. При должном уровне оптимизации решения стандартных задач данное ядро может применяться для бортовых комплексов разного назначения. Ядро должно иметь возможность перестраивать собственную структуру в зависимости от поставленных задач, сложность и состав которых для БВС разных классов заметно различаются. Построение подобной БВС требует разработки новых подходов, которые призваны объединить глубокую унификацию, открытость архитектуры, аппаратную интеграцию и высокую степень технологичности. [1, с. 102]

Концепция открытой архитектуры базируется на применении ограниченного количества унифицированных стандартных элементов (программных и аппаратных модулей) и позволяет делать масштабируемые средства для вычисления с широким набором характеристик, что обеспечит:

- повышение вычислительных мощностей отдельной БЭВМ, а также бортовой вычислительной системы в целом для решения СЛОЖНЫХ задач без изменения структуры обособленных бортовых ЭВМ;

- повышение продолжительности рабочего цикла БВС за счет улучшения БВС путем обыкновенной замены морально изживших себя программно-аппаратных модулей на более совершенные.

Концепции глубокой стандартизации и унификации обеспечивают спад затрат и сокращение установленных сроков для разработки и последующих модернизаций. Стандартизация и унификация распространяются на каждый компонент БВС — аппаратный модуль, конструктивные особенности бортовых ЭВМ, тип и состав интерфейсов, средства отработки и само программное обеспечение.

Концепция программной и аппаратной интеграции позволяет выстроить единую интегрированную вычислительную среду, обеспечивающую расширение возможностей функционирования БРЭО на основе комплексного подхода обработки информации.

Использование концепции высокой технологичности обеспечивает внедрение автоматизации в проектирование, разработку и модернизацию БВС, а также программного обеспечения. Данная концепция способствует снижению технического риска во время создания БВС, снижению затрат на техническое обслуживание и эксплуатацию системы.

Для решения данных задач предлагается использовать подход к исследованию и проектированию по БИВС на базе виртуального макета, который сочетает в себе зна-

чительные принципы проектирования и новые технологические и методические решения, позволяющие учитывать особенности БВС перспективных и современных ЛА. В основе исследования и проектирования БВС с помощью создания виртуальных макетов с поддержкой комплекса инструментальных средств стоит принцип описания заданного объекта в виде виртуального макета на базе обобщенной программной математической модели. Сущность предлагаемого подхода состоит в следующем — начинается проектирование БВС с концептуального, высокоуровневого анализа, определения задач и целей, которые потенциально требуется решать создаваемому комплексу. В пределах обозначенной сферы применимости БВС совокупность всех его действий детализируется с помощью иерархической многоуровневой декомпозиции. В результате этого образуется иерархически структурированная, полностью управляемая наглядная структура поставленных задач перед БВС, конкретизирующая функции по всем уровням. [2]

Блоки соединяются в группы, где путем встраивания всех систем в общую структуру задач комплекса конструируется модель частных задач комплекса. Математические модели использующихся блоков для обеспечения повышения гибкости предлагаемого подхода к процессу проектирования БВС воплощаются в виде алгоритмически независимых друг от друга программных модулей, в которых нет каких-либо predetermined заранее связей. Для создания связей каждый элемент проходит определение протокола информационного взаимодействия, при котором есть возможность полного изменения данного протокола или последующего уточнения. Таким образом, образуется реестр интерфейсов, в который входят математические модели. В интересах создания гибких связей математических моделей создается фазовое единое пространство, компоненты которого группируются самим пользователем инструментального средства согласно его произвольным критериям. С иной стороны, компоненты фазового пространства рассматриваются как линии для передачи информации между комплексными системами. Для создания протокола информационного взаимодействия используется выбор элемента линии передачи, значение которого поступает на вход или туда, куда будет поступать информация с выхода какой-либо математической модели. Конструктор создает макет комплекса бортового оборудования с целью последующего исследования путем отбора из нескольких задач верхнего уровня таких, которые будут решаться конкретным комплексом. Создание макета, таким образом, может производиться в ручном режиме с помощью непосредственного выбора алгоритмов или систем, которые должны содержаться в комплексе, а также в автоматизированном режиме с помощью указания задач, которые необходимы для решения в процессе функционирования. В последнем случае комплекс инструментальных средств создает автоматический быстрый синтез структуры БВС в виде модели с множеством компонентов, ее состава и связей между блоками,

обеспечивающей решение поставленных задач. Подобная структура учитывает вероятность последующего динамического изменения конфигурации модели БИВС во время его работы. Полученный виртуальный макет далее может исследоваться при помощи моделирования в целях комплексной оценки его данных. Подход на базе виртуального макета предполагает применение программных моделей работы бортовых СИО, которые обеспечивают естественный вариант получения информации для изуча-

емой предметной области. Применение подхода на базе виртуального макета имеет циклический характер, который предполагает коррекцию свойств данного макета по результатам оценивания его характеристик во время вычислительного эксперимента. Разработан комплекс виртуального моделирования и макетирования для автоматизации и поддержки описанных процессов, он также позволяет производить весь цикл предварительного создания проекта БИВС.

#### Литература:

1. Кучерявый, А. А., Бортовые информационные системы: Курс лекций, Ульяновск: УлГТУ, 2004. — 504 с.
2. Петров, В. Г. Моделирующий комплекс для разработки бортовых приборных комплексов. // Тезисы докладов II Всероссийской технической конференции молодых ученых «Современные проблемы аэрокосмической науки». — М: ЦАГИ.

## Сравнение общих положений расчета стальных конструкций по Еврокоду 3 EN 1993–1–1 и СП 16.13330.2017

Белавина Ксения Эдуардовна, студент магистратуры;  
Любич Елена Андрисовна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В статье сравниваются основные принципы российских и европейских норм для проектирования стальных конструкций на основе нормативных документов и исследований по данной проблеме.*

**Ключевые слова:** стальные строительные конструкции, Еврокод 3, СП Стальные конструкции, расчет стальных конструкций.

В строительной отрасли давно встают вопросы о необходимости согласования российских и европейских строительных норм. Это связано с тем, что современные тенденции строительства направлены на сотрудничество с международными компаниями и обмен опытом. В условиях глобализации, в строительство крупных проектов в России все чаще вовлекают иностранных инвесторов, проектные организации, девелоперов. В пользу применения Еврокодов есть весомые аргументы: существенная экономия металла, снижение стоимости проектных и монтажных работ.

Необходимость согласования норм подтверждается работой на рынке конкретных крупных фирм. Например, компания ArcelorMittal выпускает особо прочный стальной прокат, необходимый для применения при строительстве уникальных зданий и сооружений. Данный прокат имеет разную структуру в «теле» материала и по краям. СП [4] не дает метода измерения прочности для данного случая, а Еврокод [2] — дает. По подобным причинам каждый раз, когда на российском рынке появляется новая иностранная продукция, появляется необходимость проводить научное исследование, чтобы установить, соответствует ли конкретная продукция рос-

сийским нормам, что, как следствие, замедляет процесс строительства.

В российских нормах степень сопротивления металла хрупким разрушениям принято устанавливать методом ударной вязкости, в то время как в европейских — на образце с острым надрезом, поэтому нормы расчета и таблицы коэффициентов могут отличаться. Кроме того, считается, что Еврокоды разрабатываются с учетом анализа статистики последних катастроф и аварий, которые происходят в разных странах мира. Однако, разнообразие видов разрушений современных зданий и сооружений из металлических конструкций трудно себе представить.

Национальные объединения строителей и проектировщиков уже начали проводить работу по техническому анализу большинства частей Еврокодов. Результаты говорят о том, что по большому счету, между Еврокодами и СП гораздо больше сходства, чем различий. Рассмотрим некоторые результаты сопоставительных расчетов.

Согласно [5] при сопоставительном расчете металлоконструкций многопролетного одноэтажного здания выяснилось, что по расходу стали на прогоны, балки и колонны разница варьируется от 12% до 16% с перерасходом по Еврокоду. При проведении сопоставительного

расчета стальных конструкций каркаса двухпролетного одноэтажного здания с мостовыми кранами показатели перерасхода стали составили 13–30% по сравнению с расчетами по российским нормам. Это объясняется тем, что снеговые и ветровые нагрузки по Еврокоду значительно превышают нагрузки, рассчитанные по нормам СП. По снегу превышение составляет почти двукратное, по ветру — более 30%.

При сопоставительном расчете стальных вертикальных цилиндрических резервуаров объемом 50000 м<sup>3</sup> со стальной стационарной сферической крышей выяснилось, что в списке возможных национально определяемых параметров EN 1991–1–3 [2] отсутствует снеговая нагрузка на сферические купольные покрытия. При этом в Еврокодах запрещается менять (дополнять, изменять) список национально определяемых параметров. Следовательно, проектирование резервуаров с применением Еврокода невозможно.

Если более подробно рассматривать подход к расчету элементов, единственный раздел СП [4], где прослеживается разница в расчете элементов с сечениями разных классов — это расчет изгибаемых элементов.

Фундаментальный подход один и тот же, вытекающий из сопротивления материалов — необходимо найти максимальное напряжение в сечении и сравнить его с пределом текучести. Однако, прослеживаются некоторые различия в деталях:

1. В проверке по напряжениям при сложном напряженном состоянии СП [4] допускает 15% превышение  $R_y$ , а Еврокод 3 [1] нет.

2. В Еврокод 3 [1] есть указания по расчету на кручение, в частности, о возможности пренебречь свободным кручением при расчете сечений открытого профиля.

Относительно пластичности все наоборот. Методики расчета абсолютно различные, но в Еврокод 3 [1] она значительно проще, охватывает больше сечений и, кроме того, учитывает еще и кручение.

При проверке в пластике используется пластический момент сопротивления  $W_{pl}$ , который соответствует образованию пластического шарнира, т. е. исчерпанию несущей способности сечения. В российских нормах же используется коэффициент «с», соответствующий максимальной остаточной деформации после разгрузки  $3R_y/E$ . Если  $W_{pl}$  можно для любого профиля взять из набора его геометрических характеристик (он равен удвоенному статическому моменту, который фигурирует в формуле Журавского), то алгоритм получения «с» требует длительных операций, интерполяции и прочего. При этом добавочная величина от  $3R_y/E$  по сравнению с  $W_{pl}$  составляет последнее слагаемое в числителе. Максимальное различие составляет около 2%, поэтому все сложности математических раскладок теряют актуальность и расчет по Еврокод 3 [1] более оптимален при расчете на изгиб.

Помимо этого, среди различий, в СП [4] в отличие от Еврокода учитывается бимомент. В Еврокод 3 [1] упоминание о нем есть и даже в разделе «Обозначения» есть символы для него и напряжений от него. Есть также указание, что нормальные напряжения от бимомента существуют, и что в пластической стадии нужно учитывать составляющую от бимомента, полученную из упругого расчета, но без упоминания конкретных формул. В СП [4] для сечений 1-го класса формула содержит бимомент, а для 2-го и 3-го — нет. Что не совсем логично, так как только одна часть сечений, и соответственно, элементов, рассчитывается с учетом бимомента. Поэтому влияние бимомента на прочность элементов ставится под вопрос, как и необходимость его расчета.

Таким образом, расчет по СП 16.13330.2017 Стальные конструкции и Еврокоду 3 EN 1993–1–1–2009 обладает как различиями, так и сходствами, и для дальнейшего согласования требует доработки на уровне разработчиков норм как с одной, так и с другой стороны.

#### Литература:

1. ТКП EN 1993–1–1–2009. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий / Минстройархитектуры Республики Беларусь. — Минск, 2009.
2. ТКП EN 1991–1–3–2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки / Минстройархитектуры Республики Беларусь. — Минск, 2010.
3. ТКП EN 1991–1–3–2009. Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1–4. Общие воздействия. Ветровые воздействия / Минстройархитектуры Республики Беларусь. — Минск, 2010.
4. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции / Минстрой России. — Москва, 2017.
5. Пугачев, С.В. Применение Еврокодов в строительстве / С.В. Пугачев // СтройПРОФИ. — 2014. — № 21. — с. 16–21.

## Анализ процессов получения базовых масел

Варламова Екатерина Олеговна, студент магистратуры;  
Анищенко Оксана Витальевна, кандидат химических наук, доцент  
Волгоградский государственный технический университет

*В статье проведён анализ процессов получения высокоиндексных базовых масел. Для действующего производства на Волгоградском ВПП предложен способ повышения эффективности процесса изодепарафинизации. Замена катализатора, выработавшего свой ресурс на более современный, обеспечит повышение выхода базового масла с высоким индексом вязкости.*

**Ключевые слова:** гач, депарафинизация, гидроизомеризация, базовое масло, катализатор.

Высокий уровень конкуренции среди производителей индустриальных и других видов масел, а также все более жесткие требования со стороны потребителей, обусловили быстрое развитие новых технологий производства базовых масел. Среди наиболее востребованных, по-прежнему остаются базовые масла с невысокой себестоимостью и хорошими трибологическими свойствами. Новая техника и повышение степени экологической ответственности требует снижение содержания в базовых маслах примесей гетероорганических соединений в первую очередь сероорганических. Немаловажную роль играет индекс вязкости базовых масел. По существующей классификации американского института нефти API различают пять групп базовых масел. Основными критериями этой классификации является индекс вязкости и серосодержание. В нашей стране до сих пор велик выпуск масел I и II групп, к которым относят минеральные масла после селективной очистки и сольвентной депарафинизации, доля таких базовых масел, еще до недавнего времени, составляла 95–98%. Но в последнее время наметилась тенденция вовлечения все больших объемов минеральных базовых масел в процессы гидрооблагораживания. В первую очередь, это гидроочистка, а также гидроизомеризация, гидродепарафинизация и гидрокрекинг.

Минеральные масла представляют собой сложную смесь парафиновых, нафтеновых, ароматических и нафтенно-ароматических углеводородов, а также кислородных, сернистых и азотистых производных этих углеводородов, которые являются наиболее высокотемпературными компонентами масел и в наибольшей степени определяют их температуру текучести. Небольшое увеличение содержания этих компонентов ведет к значительному ухудшению низкотемпературных характеристик.

Одним из основных требований к маслам любого назначения является их подвижность при низких температурах. Потеря подвижности масел объясняется способностью высокомолекулярных твердых углеводородов при понижении температуры кристаллизоваться из растворов нефтяных фракций, образуя структурированную систему, связывающую жидкую фазу. Для получения нефтяных масел с низкой температурой застывания в технологию их производства включен процесс депарафинизации. [2, с. 192]

В промышленности для этого существует 3 типа процессов [3, с. 7]:

- низкотемпературная депарафинизация с использованием растворителей (сольвентная депарафинизация);
- каталитическая депарафинизация;
- изодепарафинизация (гидроизомеризация).

Процесс депарафинизации кристаллизацией с избирательными растворителями основан на разной растворимости твердых и жидких углеводородов при низких температурах и может применяться для масляного сырья любого фракционного состава. При этом достигаются конечные температуры охлаждения и фильтрования до минус 60°C с использованием не только аммиачных или пропановых холодильников (достигается температура застывания масла до -20°C), но и этановых (достигается температура застывания масла до -45°C). [1, с. 257]

Депарафинизации кристаллизацией подвергаются рафинаты селективной очистки дистиллятных и остаточных масляных фракций. Рафинаты селективной очистки дистиллятных масляных фракций содержат твердые высокомолекулярные алканы с нормальной или слаборазветвленной цепью атомов углерода. Эти углеводороды выпадают при охлаждении в виде крупных кристаллов. Процесс депарафинизации является наиболее сложным, трудоемким и дорогостоящим в производстве нефтяных масел. Его экономичность и эффективность зависят, в частности, от скорости фильтрования суспензий, которая зависит от фракционного состава сырья, природы, состава и расхода растворителя, способа его подачи, температуры конечного охлаждения, скорости охлаждения раствора, введения присадок и технологических условий процесса. От совокупности этих факторов зависит протекание кристаллизации твердых углеводородов, содержащихся в сырье, а следовательно, и основные показатели, характеризующие процесс депарафинизации. [2, с. 193]

Сольвентная депарафинизация была разработана раньше прочих процессов депарафинизации и получила широкое распространение в промышленности. Классические процессы получения масел, основанные на использовании различных растворителей, в большинстве случаев позволяют получать только базовые масла I группы по классификации API. Для получения более качественных

масел необходимо использование гидрокаталитических процессов. [3, с. 7]

Каталитическая депарафинизация — технология, при которой масляное сырье в присутствии водорода подвергалось превращению на катализаторах, содержащих морденит и платину.

В первый раз технологии каталитической депарафинизации были запущены в производство фирмой British Petroleum в семидесятые годы прошлого века и использовалась для получения низкозастывающих базовых масел.

Катализатор обеспечивал гидрокрекинг *n*-парафинов сырья и позволял значительно улучшить его температуру текучести. Процесс каталитической депарафинизации фирмы BP наиболее подходил для переработки легкого масляного сырья и не получил широкого распространения в промышленности.

В 1981 году процесс каталитической депарафинизации был разработан фирмой Mobil. Компания Mobil использовала каталитическую депарафинизацию вместо депарафинизации селективными растворителями, но все же сочетала ее с экстракцией селективными растворителями для производства обычных дистиллятных масел средней вязкости. При этой технологии использовались более простые способы удаления *n*-парафинов и парафинистых боковых цепей из других молекул за счет их расщепления на более мелкие молекулы. Это снижало температуру предела текучести базового масла так, что оно становилось текучим при низких температурах подобно маслам, депарафинизованным селективными растворителями.

В этих процессах использовались катализаторы на основе цеолита ZSM-5. Этот цеолит, в отличие от морденита, отличается более высокой избирательностью по отношению к *n*-парафинам сырья, что позволяет проводить реакции их гидрокрекинга с большей селективностью и получать более высокие выходы депарафинированного продукта. [3, с. 8]

Chevron была первой компанией, применившей сочетание каталитической депарафинизации, гидрокрекинга и гидрорафинирования на своем предприятии по производству базовых масел в Ричмонде, Калифорния, в 1984 г. Это была первая промышленная демонстрация всей технологической схемы гидроочистки для производства базовых смазочных масел.

Основной недостаток процессов каталитической депарафинизации — относительно невысокие выходы депарафинированного продукта, снижающиеся по мере увеличения содержания *n*-парафинов в сырье. Это связано с тем, что *n*-парафины подвергаются селективному гидрокрекингу до легких углеводородов, не входящих в состав целевого продукта. [4, с. 56]

При использовании в качестве сырья процесса каталитической депарафинизации рафинатов селективной очистки, как правило, получают масла I группы. При использовании схемы, предполагающей последовательное применение процессов гидрокрекинга и каталитической депарафинизации возможно получение масел II и III групп.

Следует отметить, что на сегодняшний день для снижения температуры текучести масляного сырья после процессов гидрокрекинга или гидроконверсии рафинатов преимущественно используют более эффективные процессы изодепарафинизации, тогда как процессы каталитической депарафинизации, в основном, используются для переработки масляного сырья после сольвентных процессов.

В 1993 г., первая современная технология изодепарафинизации была поставлена компанией Chevron на коммерческую основу. Это был большой шаг вперед по сравнению с более ранними видами каталитической депарафинизации, поскольку температура предела текучести базового масла уменьшилась за счет изомеризации *n*-парафинов и других молекул с длинными боковыми цепями в требуемые соединения с разветвленной цепью с превосходными смазывающими свойствами вместо их расщепления и удаления. Данная революционная технология использовала катализатор компании Chevron ISODEWAXING® для того, чтобы значительно повысить выход продукта при депарафинизации и улучшить эксплуатационные характеристики базового масла.

В процессе изодепарафинизации (гидроизомеризации) снижение температуры текучести сырья достигается не за счет гидрокрекинга *n*-парафинов сырья, а за счет их гидроизомеризации. Изопарафины, образующиеся в реакциях гидроизомеризации, остаются в составе целевого продукта, что приводит к значительному увеличению выхода депарафинированного масла. Увеличение доли изопарафинов в получаемом продукте улучшает не только его низкотемпературные характеристики, но и такие показатели как летучесть и стойкость к окислению. Следует отметить, что термин «изодепарафинизация» (isodewaxing) все чаще используется не только для обозначения процесса фирмы Chevron, но и для всех процессов этого типа.

Процессы гидроизомеризации осуществляются на платиновых катализаторах, содержащих цеолиты специфической структуры. Такие катализаторы быстро отравляются сернистыми соединениями, поэтому при содержании серы в сырье более 0,03–0,04 масс. % его перед гидроизомеризацией подвергают гидрообессериванию.

С момента начала промышленной эксплуатации в 1993 году, специалистами фирмы Chevron было разработано 4 поколения катализаторов процесса ISODEWAXING. [3, с. 10]

В свою очередь, фирма ExxonMobil на сегодняшний день предлагает второе поколение катализаторов процесса MSDW. Катализаторы изодепарафинизации, содержат благородный металл и, таким образом, в наибольшей степени подходят для переработки сырья, содержащего очень малые количества соединений серы и азота, к примеру, продуктов гидрокрекинга вакуумного газойля, гачей или петролатумов. [3,5]

К преимуществам процесса изодепарафинизации по отношению к процессам сольвентной и каталитической депарафинизации можно отнести следующие факторы [3]:

1. Выходы базовых масел для этого процесса выше достигаемых в процессах сольвентной или каталитической депарафинизации. При этом, чем больше содержание н-парафинов в исходном сырье, тем выше эта разница.

2. В процессе изодепарафинизации вырабатываются базовые масла с более высокими значениями индекса вязкости, с меньшей летучестью и лучшими показателями стойкости к окислению.

3. В процессе изодепарафинизации в качестве побочных продуктов образуются ценные средние дистилляты, которые могут быть использованы в качестве компонентов реактивного и дизельного топлив.

На Волгоградском нефтеперерабатывающем заводе реализована технология изодепарафинизации (гидроизомеризации) гача установки КМ-3 с мощностью 75,2 тыс. тонн в год.

Гидроизомеризация осуществляется в адиабатическом реакторе с аксиальным вводом сырья с неподвижным слоем катализатора ICR-408, ICR-424. Данные катализаторы поставляет фирма Шеврон. Они представляют собой функциональные катализаторы на основе благородных

металлов. Процесс проводят при температуре 330–400°C, давлении 4,9–5,1 Мпа, скорости подачи сырья 0,5–1,5 ч<sup>-1</sup>, кратности циркуляции ВСГ — 1500–2000 нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, при расходе водорода (в расчете на 100% водород) — 0,5–1% масс.с.

На действующем производстве основной проблемой является дезактивация катализатора, а так же необходимость улучшения эффективности работы и повышение выхода базового масла с высоким ИВ.

Причинами снижения активности и дезактивации катализатора являются каталитические яды. Такие как сера-, азотсодержащие соединения, влага.

В качестве улучшения действующего производства предлагается замена катализаторов ICR-408, ICR-424 на более усовершенствованный ICR-432. Данный катализатор демонстрирует более высокие показатели выхода базового масла с высоким ИВ (с 40,7 до 46,1% масс.), а так же предлагаемый катализатор является более стойким к воздействию каталитических ядов, что соответственно увеличивает срок службы катализатора и срок регенерации катализатора.

#### Литература:

1. Гайнуллин, Р.Р. Получение низкозастывающих нефтепродуктов методами депарафинизации / Р.Р. Гайнуллин, Э.Т. Гизятуллин, Н.Л. Солодова, А.И. Абдуллин // Вестник Казанского технологического университета. — 2013. — № 10. — с. 257–265.
2. Капустин, В.М. Технология переработки нефти. Часть 3. Производство нефтяных смазочных материалов / В.М. Капустин, Б.П. Тонконогов, И.Г. Фукс. — «Химия», 2014. — 324 с.
3. Герасимов, Д. Н., Изодепарафинизация нефтяного сырья на платиновых цеолитсодержащих катализаторах: дис...канд. тех. наук: 05.17.07/ Герасимов Денис Николаевич. — М., 2014. — 134 с.
4. Шабалина, Т.Н. Использование современных гидрокаталитических процессов для получения базовых масел специального назначения / Т.Н. Шабалина, Е.В. Кашин, И.В. Пиголева // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. — 2014. — № 4 (277). — с. 100.
5. Капустин, В.М. Химия и технология переработки нефти. / В.М. Капустин, М.Г. Рудин. — М.: Химия, 2013. — 496 с.

## Основные законы развития технических систем в сочетании с прогнозированием развития технических систем

Великанов Сергей Александрович (г. Москва)

**П**рогнозирование развития технических систем является важнейшим компонентом всего многообразного процесса подготовки базовых направлений развития на определённую перспективу и на определённые технические и коммерческие цели.

Общее прогнозирование как бы определяет укрупнённые параметры и критерии развития техники и технологии. Но для перехода к более конкретному и более детальному планированию нужны новые подходы, выте-

кающие из условий, сложившихся в инновационной экономике.

Развитие человечества уже много столетий связано с развитием техники. На протяжении многих лет люди улучшали и модернизировали существующую технику и изобретали новую. Так продолжалось практически до возникновения цифровых технологий, которые не во всём представляют собой конкретные привычные технические решения, а в значительной степени представляют собой



многочисленные интегративные сочетания устройств, программ, способов и систем.

В привычных рамках и приложениях техника помогала людям развиваться самим, улучшать свои навыки и способности.

Но, как и весь наш мир, техника существует и развивается на основе законов.

На стандартное и в значительной степени эволюционное развитие и усовершенствование необходимо время — модифицируемая и модернизируемая система должна созреть и быть готовой принять и абсорбировать новые технические идеи.

Во многом сегодняшние базовые технические законы развития направлены на комплексную оптимизацию процессов и аппаратов за счёт включения в комплексы классических технических решений систем и агрегатов цифровых технологий, которые способствуют оптимизации существующих элементов техники без изменения базовых компонентов технических систем в классическом понимании этого определения.

Разработка законов развития технических систем велась уже достаточно давно. Первую работу по законам развития техники написал Георг Гегель. В разделе «Объективность» работы «Наука логики» он писал: «Таким образом, механическая или химическая техника, будучи по своему характеру определенной извне, сама собой предлагает себя отношению цели...».

В 1843 году Вильгельм Шульц описал прототип закона полноты частей системы. Он писал, что «... можно провести границу между орудием и машиной: заступ, молот, долото и т. д., системы рычагов и винтов, для которых, как бы искусно они ни были сделаны, движущей силой служит человек... все это подходит под понятие орудия; между тем плуг с движущей его силой животных, ветряные и т. д. мельницы следует причислить к машинам».

Чуть позже некоторые законы развития техники были описаны К. Марксом и Ф. Энгельсом.

Как только техническая система входит в структурные особенности современной инновационной экономики, так появляется необходимость во-первых — сочетать формулировку законов развития технических систем с новыми требованиями и условиями глобализации экономики, и во-вторых — сочетать формулировки законов технического развития с системами и сводами законов и положений о защите прав интеллектуальной собственности, особенно, если техническая система имеет в составе компоненты, происходящие из различных базовых техно-технологических культур, определяющих различные юридические формы патентно-лицензионной стратегии.

## Статика

### 1. Закон полноты частей системы

Этот закон подтверждается входящими практически во все патентные законы формулировками признаков соответствия технического решения признакам изобретения.

Раньше, до возникновения цифровых технологий, технологий микро-миниатюризации, технологий создания

композитных материалов и т. п., можно было удовлетвориться таким определением, раскрывающим смысл закона полноты частей системы:

*Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является наличие и минимальная работоспособность основных частей системы.*

Следствие из закона 1:

*Чтобы система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна её часть была управляемой.*

Теперь эти формулировки никак и ни в чём не могут определять закон полноты частей системы, так как исходя из многочисленных примеров наиболее успешных продуктов-систем, понятие «минимальная работоспособность» не соответствует реальным требованиям и условиям существования технических систем — все части технической системы и её эквиваленты, входящие в соответствующие инфраструктурные соединения, должны иметь оптимальную работоспособность, можно сказать, максимальную и абсолютную.

Безусловно, при применении процессорного управления и контроля в режиме реального времени нельзя согласиться с формулировкой, что, чтобы система была управляемой, необходимо, чтобы хотя бы одна её часть была управляемой.

В условиях, сложившихся во всех сферах использования технических систем, все элементы должны иметь эквивалентный уровень управления. Более того, технический уровень систем управления и контроля должен быть однотипным и взаимозаменяемым вплоть до эквивалентной элементной базы всех узлов и агрегатов более сложных комплексов.

### 2. Закон «энергетической проводимости» системы

*Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является сквозной проход энергии по всем частям системы.*

Следствие из закона 2:

*Чтобы часть технической системы была управляемой, необходимо обеспечить энергетическую проводимость между этой частью и органами управления.*

На рисунке 1 показан комплексный модуль для гомогенизации или эмульсификации топлива в термодинамическом оборудовании, в котором унифицированы параметры энергетической проводимости и гомогенизированы все параллельные топливные потоки по принципу равной турбулентности для снижения уровня потери давления в потоках топлива и повышения стабильности процессов сгорания в камерах сгорания оборудования, как-то: турбин, дизель-генераторов, бойлеров, котлов и т. п.

Новые требования к работоспособности в технических системах с обратной связью показывают, во-первых, что энергетическая проводимость должна функционировать в двух направлениях, а во-вторых, что энергетическая проводимость должна иметь также элементы защиты от несанкционированных воздействий и проникновений.

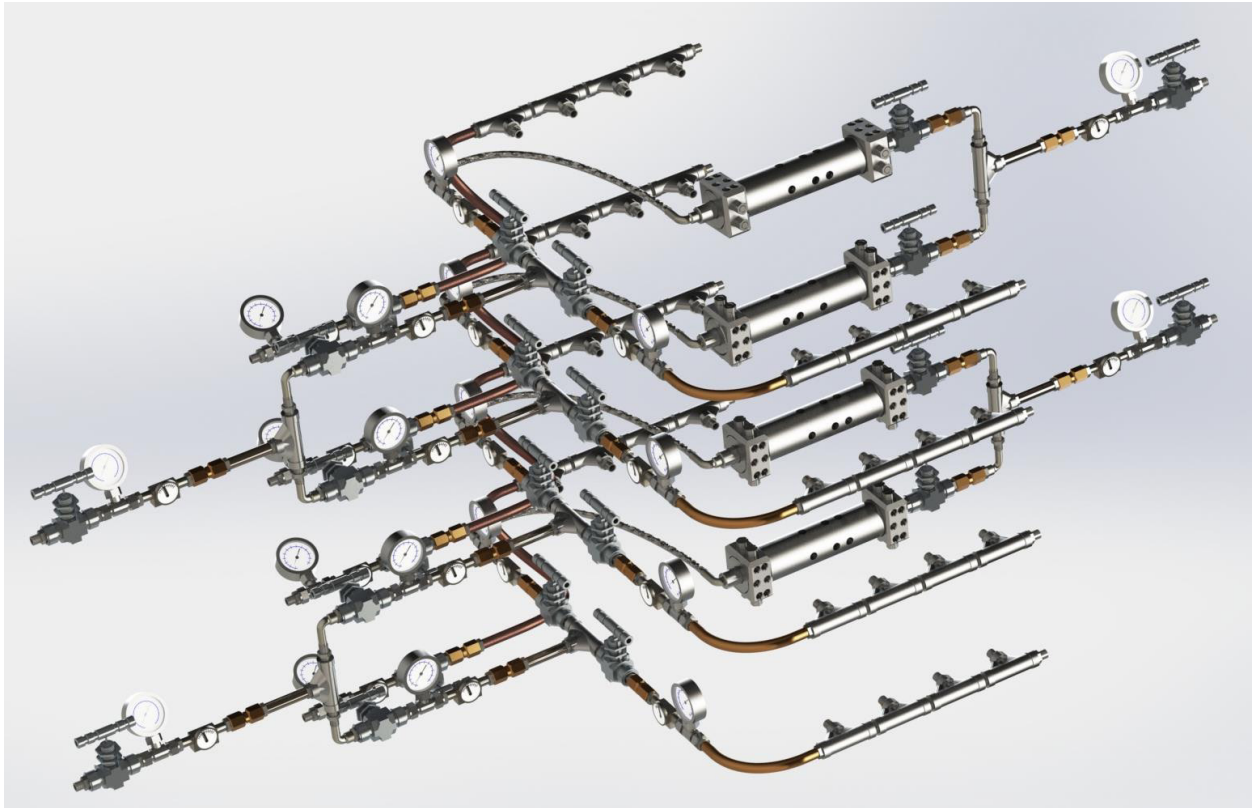


Рис. 1. Комплексный модуль для гомогенизации или эмульсификации топлива в термодинамическом оборудовании

### 3. Закон согласования ритмики частей системы

Для современных технических систем, в основном имеющих цифровое программное управление и контроль, нет необходимости в согласовании ритмики основных частей системы — каждая из них может иметь свой вариант производственного и технологического ритма.

Сегодня принципиальная жизнеспособность технической системы зависит только от быстродействия составляющих элементов и от быстродействия процесса согласования ритмики всех рабочих и контрольных элементов.

*Необходимым условием принципиальной жизнеспособности технической системы является согласование ритмики (частоты колебаний, периодичности) всех частей системы.*

#### Кинематика

### 4. Закон увеличения степени идеальности системы

*Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.*

Начнём с того, что основной толкающий фактор при создании инновационных технических решений — это фактор по возможности более реального достижения идеального конечного результата.

В этом процессе особенно важным является правильное понимание и формулировка самой сущности и содержания определения — идеальный конечный результат.

Так как многолетний опыт показывает, что достижение теоретического уровня идеального конечного результата практически невозможно, необходимо с момента возникновения и квалификации идеи технической системы, пра-

вильно организовать развитие интегрированных в ней подсистем в направлении увеличения степени идеальности и, на сегодняшний день, также в направлении функциональной координации всех используемых подсистем с программой интеграции в рабочем цикле интегрированной системы.

Для достижения идеального конечного результата существует несколько вариантов программного дизайна, но наиболее действенным является путь компьютерного моделирования и симуляции рабочего цикла головной системы перед переходом к непосредственному дизайну и отработке всех элементов технических и эксплуатационных характеристик системы.

### 5. Закон неравномерности развития частей системы

*Развитие частей системы идет неравномерно; чем сложнее система, тем неравномернее развитие её частей.*

На рисунке 2 представлены иллюстрации к закону неравномерности развития частей системы на примере узла устройства для смешивания, эмульсификации и гомогенизации топливных или других жидкостей.

Так как в узле нет подвижных частей, на примере геометрических особенностей конструктива входящих деталей можно увидеть процесс неравномерного развития частей системы в плане их изготовления на станках с числовым программным управлением с различными поколениями рабочих и инструментальных систем.

На этом рисунке показана сборка и все составные, входящие в эту сборку, детали.



Рис. 2. Узел устройства для смешивания, эмульсификации и гомогенизации жидкостей

Как видно из трёхмерных моделей этих деталей, их геометрия и условия изготовления, несмотря на то, что все они — детали вращения, существенно образом отличаются.

Для изготовления этих же деталей ранее было бы необходимо иметь наряду со станками с числовым программным управлением также и универсальные металлорежущие станки, имеющие совершенно другие технические характеристики и возможности.

Сегодня для изготовления таких деталей даже нет необходимости готовить чертежи в обычном понимании — достаточно модели этих деталей в современной конструкторской программе направить по электронной почте к производителю, и станки с числовым программным управлением автоматически подстраиваются на процесс обработки деталей.

Таким образом, несмотря на явную разницу в точности, элементах дизайна и геометрии, уровень развития и возможностей современного технологического оборудования позволяет сгладить имеющуюся и необходимую неравномерность развития частей (деталей) системы.

#### 6. Закон перехода в надсистему

Современные комплексы могут иметь различные структурные особенности, которые трудно разделить на элементы более высокого уровня и более низкого уровня, так как в конечном счёте микро-размеры не всегда определяют уровень системы, а количество и размеры подсистем не всегда ограничивают их технический уровень, который, кстати, может существенно увеличиться в другой надсистеме.

*Исчерпав возможности развития, система включается в надсистему в качестве одной из частей; при этом дальнейшее развитие идет уже на уровне надсистемы.*

Это заключение может быть и справедливо по отношению к традиционным технологиям, но при анализе современных технических систем с новейшими процессорами и программируемыми контроллерами — свойства и качество электронных компонентов и, в том числе и качество и продвинутость программного обеспечения, могут перевести подсистему в надсистему за счёт неограниченных возможностей, заложенных в расширении функ-

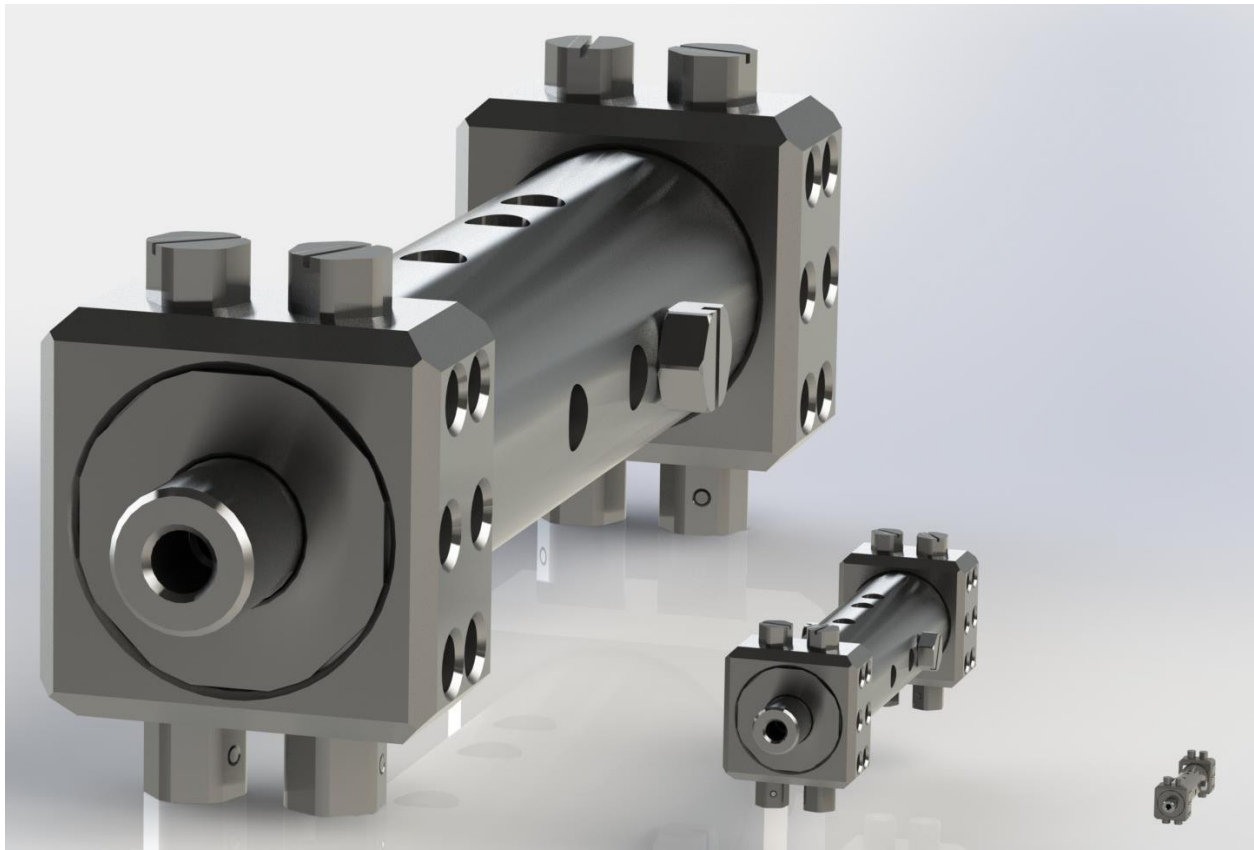


Рис. 3. Пример перехода с макро- на мини- и микроуровень

циональных характеристик классических технических систем при предельно эффективной оптимизации функций управления и контроля.

#### Динамика

#### 7. Закон перехода с макроуровня на микроуровень

*Развитие рабочих органов системы идет сначала на макро-, а затем на микроуровне.*

Рисунок 3 демонстрирует переход (геометрический) с макроуровня на мини- и микроуровень без изменения основных геометрических пропорций и размерных и масштабных характеристик.

Для определения правильности исходных технических решений первый прототип изготавливается с максимальными размерами и техническими характеристиками.

При квалификационных испытаниях и при последующих опытно-промышленных испытаниях определяются предельные (размерные и масштабные) параметры технической характеристики и основные зависимости между максимальными и минимальными пределами масштабирования системы.

Рисунок 4 так же, как и предыдущий, демонстрирует переход (геометрический) с макроуровня на мини- и микроуровень без изменения основных геометрических пропорций и размерных и масштабных характеристик.

Безусловно, это стало возможным после полного цикла испытаний и моделирования всех возможных нагрузочных

и рабочих ситуаций, привязанных к реальным техническим характеристикам базового объекта оптимизации и модификации.

#### 8. Закон увеличения степени вепольности

*Развитие технических систем идет в направлении увеличения степени вепольности.*

Изобретений, в которых решение получено введением «пустоты», очень много.

«Пустоту» можно вводить по-разному — например снаружи объекта или внутри объекта. «Стремление» технических систем соединиться с «пустотой» обусловлено действием закона увеличения степени идеальности. «Пустота» дает возможность объекту без утяжеления увеличить число выполняемых функций.

Простейший путь к увеличению числа функций — переход к бисистеме и подсистеме. Но такой переход связан с умножением исходного объекта. Возникает противоречие: объединяться надо, чтобы увеличить число выполняемых функций, но объединяться нельзя, чтобы не уменьшать степень идеальности объекта. Разрешение противоречия заключается в объединении с «пустотой»: объединение есть и объединения как бы нет...

Разработчики компании Apple в соответствии со своей корпоративной стратегией пошли по пути увеличения числа выполняемых функций своих аппаратов, что постоянно уменьшает степень идеальности объекта и, в со-

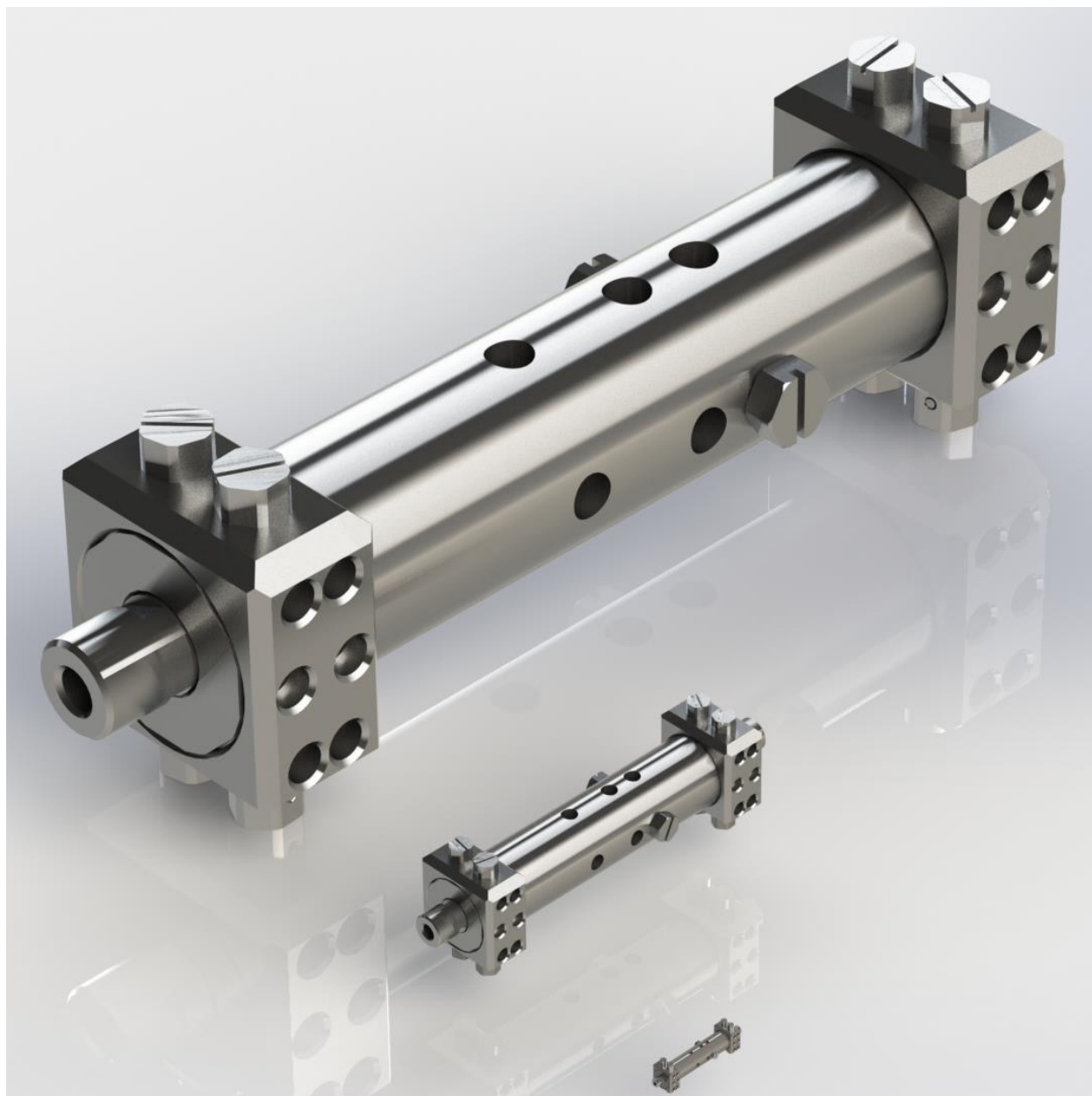


Рис. 4. Пример перехода с макро- на мини- и микроуровень

вокупности, определяет причину того, что их абсолютно и принципиально новое, инновационное ещё 5 лет тому назад изделие сегодня превратилось в серый аморфный продукт.

Несколько сглаживает эти и другие постоянно возникающие проблемы совершенство постоянно обновляемого программного обеспечения.

Нетрудно заметить общее направление линии: увеличивается взаимодействие между объектом и «пустотой» вплоть до превращения этих компонентов в единую систему.

Наличие общего направления усовершенствования не означает, однако, что в принципе невозможен «обратный ход». Встречаются задачи на устранение вредной или ненужной «пустоты». Существуют и боковые линии: на каждом этапе возможно увеличение динамичности, структурированности, переход к би- и полисистемам.

Следует также подчеркнуть: «объектом», развивающимся по линии увеличения «пустотности», могут быть инструмент, изделие, внешняя среда и различные сочетания этих компонентов системы.

Поэтому увеличение степени «пустотности» отнюдь не такая линия, как может показаться на первый взгляд.

Раньше мы говорили: «Моносистема переходит в би-систему». Или: «Степень дисперсности системы увеличивается». Просто и неопределённо!

Теперь выясняется, что переходы не одноактны — это линии со многими этапами. Наши представления о механизмах эволюции систем начинают претерпевать очередное изменение. Они становятся глубже и сложнее.

А научные представления должны отражать объективную реальность.

И эта реальность бесконечно сложна. Поэтому, по мере совершенствования аппарата ТРИЗ — представления,

инструменты, идеи, информационный фонд и т. д. — неизбежно усложняется.

Так происходит во всех науках и со всеми техническими системами.

Современный самолёт неизмеримо сложнее самолётов начала века, но современный самолёт способен летать со скоростью, немыслимой для самолёта братьев Райт.

...продолжение следует...

Литература:

1. Патентно-лицензионный материал на систему и метод для координирования и контроля инфузионных насосов:

**United States Patent Application** 20180126067  
**Kind Code** A1  
**LEDFORD; Rick; et al.** May 10, 2018

#### SYSTEMS AND METHODS FOR COORDINATING AND CONTROLLING INFUSION PUMPS

##### Abstract

A real-time embedded server system for controlling, in real-time, at least one infusion pump. The embedded server system includes an embedded server including a memory and a processor electrically coupled to the memory and configured to implement a control engine configured to issue control commands to at least one infusion pump, a messaging engine configured to issue messages to and receive messages from at least one infusion pump, an aggregation engine configured to aggregate data related to the operation of the at least one infusion pump, and a networking engine configured to control network access of the embedded server and the at least one infusion pump. A patient care system including at least one embedded server controlling device configured to make patient-specific care decisions and an associated network of devices operably coupled to a patient and configured to be controlled by the at least one controlling device.

2. Патентно-лицензионный материал на процесс обработки осадка сточных вод:

**United States Patent Application** 20180118599  
**Kind Code** A1  
**Christy; Richard W.** May 3, 2018

#### PROCESS FOR TREATING SEWAGE SLUDGE

##### Abstract

An apparatus, method and system is provided for treating sewage sludge by dewatering the sewage sludge, heating the sewage sludge being treated to destroy pathogens, and then reducing volatile solids in the sewage sludge being treated through biochemical decomposition to produce a treated biosolids product that meets government regulations for pathogen reduction and vector attraction reduction.

3. Патентно-лицензионный материал на метод и систему для оценки риска и лечения кожных увечий, связанных с давлением:

**United States Patent Application** 20180125411  
**Kind Code** A1  
**Bly; Deborah C** May 10, 2018

#### METHOD AND SYSTEM FOR PRESSURE RELATED SKIN INJURY RISK ASSESSMENT AND TREATMENT

##### Abstract

A system or method for pressure related skin injury risk assessment and treatment including measuring extrinsic and intrinsic skin pressure of the patient through assigned ratings responsive to the skin pressure measurement, measuring oxygenation of the patient and assigning a rating responsive to the oxygenation measurement, measuring perfusion of the patient and assigning a rating responsive to the perfusion measurement, summing the skin pressure, oxygenation and perfusion ratings to obtain a POP Box score, determining a risk of pressure related skin injury for the patient in response to the POP Box score, and determining or selecting a recommended treatment from among a plurality of recommended treatments for the patient in response to the determined risk of pressure related skin injury.

4. Патентно-лицензионный материал на метод и аппарат для анализа и обработки волос (окраска волос):

**United States Patent Application** 20180125207  
**Kind Code** A1  
**Shami; Farouk M.** May 10, 2018

METHOD AND APPARATUS FOR ANALYZING AND TREATING HAIR

**Abstract**

An apparatus includes a housing, a dispensing system disposed in the housing, a spectral measurement device, and a computing system. The dispensing system includes at least one storage container, a pump operatively connected to each of the storage containers, and a mixing chamber. The computing system includes a control mechanism operatively connected to the pump and the spectral measurement device, a processor, a storage device, an input, and a display.

5. Патентно-лицензионный материал на метод и систему для динамического управления процессом обработки сточных вод для оптимизации потребления мощностей:

<b>United States Patent Application</b>	<b>20180121889</b>
<b>Kind Code</b>	<b>A1</b>
<b>SUBBARAYALU VENKITAPATHI; Prabhu Raja; et al.</b>	<b>May 3, 2018</b>

METHOD AND SYSTEM FOR DYNAMICALLY MANAGING WASTE WATER TREATMENT PROCESS FOR OPTIMIZING POWER CONSUMPTION

**Abstract**

The present disclosure relates to method and system for dynamically managing waste water treatment process in a water treatment plant. Operational data related to water treatment process are collected from various data sources and operational parameters are identified at various levels using the operational data. Historical and real-time threshold values of operational parameters are identified based on historic and real-time operational data and real-time operational data respectively. Degrees of significance of operational parameters on the water treatment processes are calculated at each level. Further, plurality of inflection points, indicating optimal range of operational data, are identified based on degrees of significance, historical and real-time thresholds. Finally, water treatment processes are optimized based on inflection points, thereby optimizing power consumption for the water treatment plant. The above method enables large-scale management of the water treatment processes, without actually visiting a water treatment plant, thereby reducing dependency on expertise and skilled resources.

6. Патентно-лицензионный материал на метод и магнитно-резонансный аппарат для определения частот, основанных на импульсных ответах от градиентных систем:

<b>United States Patent Application</b>	<b>20180120397</b>
<b>Kind Code</b>	<b>A1</b>
<b>Kluge; Thomas</b>	<b>May 3, 2018</b>

METHOD AND MAGNETIC RESONANCE APPARATUS FOR DETERMINING A SCAN SEQUENCE BASED ON A PULSE RESPONSE OF THE GRADIENT SYSTEM

**Abstract**

In a magnetic resonance installation and a corresponding method, a scan sequence is determined based on a representation in k-space of a pulse response of a gradient system of the magnetic resonance installation.

7. Патентно-лицензионный материал на метод и систему для локального контроля снабжения энергией электросети:

<b>United States Patent Application</b>	<b>20180131188</b>
<b>Kind Code</b>	<b>A1</b>
<b>Metcalf; Malcom</b>	<b>May 10, 2018</b>

METHOD AND SYSTEM FOR LOCALLY CONTROLLING POWER DELIVERY ALONG A DISTRIBUTION FEEDER LINE OF AN ELECTRICITY GRID

**Abstract**

A method and a system for controlling grid power distribution by using a controllable real power resource at nodes on the feeder line and a tap changer in a substation on the feeder line by setting a target phasor value at each node that maintains a required power delivery to the real and reactive power resources with a defined acceptable voltage at all nodes with a feeder line loss below an allowable feeder line power loss threshold. The target phasor value is selected to use the substation tap changer less frequently as compared to the reactive power resource to provide voltage management of the feeder line, wherein the power resource is adjusted so that the actual voltage magnitude moves towards the target voltage magnitude at each node.

## Результаты исследований процесса фильтрации в теле грунтовой плотины и её химическое влияние на пьезометры

Гаппаров Фуркат Ахматович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;  
Нарзиев Жасур Жураевич, младший научный сотрудник;  
Ирмухамедова Людмила Хасановна, кандидат технических наук, доцент  
Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Узбекистан)

*В статье приводится определение градиентов фильтрационного потока в теле плотины, анализ причин их изменения по поперечному сечению на примере плотины Ташкентского водохранилища. Кроме того, проанализирован химический состав воды в пьезометрах, определено агрессивное влияние сульфатных солей на пьезометры, определена их коррозия. Отмечены мероприятия по систематическим наблюдениям за пьезометрами.*

**Ключевые слова:** плотина, фильтрация, пьезометры, напор, поток, градиент, агрессивное влияние.

Для оценки агрессивности потока фильтрации в теле плотины водохранилища нужно знать закономерность движения фильтрационной воды по телу плотины и влияние его на элементы плотины. Результаты оценки приобретают важное значение при обеспечении устойчивости плотины водохранилища и его частей [1].

Фильтрационные воды по телу плотины водохранилища движутся обычно в беспорядочном потоке, а именно, фильтрационный поток бывает безнапорным. Как известно, при безнапорном движении фильтрационный поток имеет открытую поверхность, движется в сторону с верхней части плотины в нижнюю. При этом разница напоров будет  $\Delta H = H_1 - H_2$ .

Отношение разницы напоров ( $\Delta H = H_1 - H_2$ ) фильтрационного потока в теле плотины к длине фильтрационного пути называется градиентом фильтрационного потока и обозначается ( $J$ ):

$$J = \frac{\Delta H}{l} \quad (1)$$

Фильтрационный поток в теле плотины подчиняется закону Дарси. Такое движение подробно можно наблюдать в грунтах основания и тела плотины, в том числе в породах песка, суглинка и супеси [2].

Расход фильтрационного потока в теле плотины на основании закона французского учёного Дарси можно определить по следующей формуле:

$$Q = K_\phi F \frac{\Delta H}{l} = K_\phi F J \quad (2)$$

где:  $Q$  — расход фильтрационного потока, то есть количество воды профильтрованной грунтом за единицу времени, м<sup>3</sup>/сут;

$K_\phi$  — коэффициент фильтрации, то есть количество, обозначающее способность грунта составляющего плотину пропускать через себя воды, м/сут;

$F$  — площадь поперечного сечения зоны фильтрационного потока, м<sup>2</sup>;

$l$  — длина пути фильтрационного потока, м;

$\Delta H$  — разница напоров верхнего и нижнего бьефов, м;

Разделив обе стороны уравнения на ( $F$ ), обозначаем скорость фильтрации  $v = K_\phi J$ .

Значит, по закону Дарси, считается, что скорость фильтрации или движения ( $v$ ) потока в грунтах, составляющих тело плотины пропорционально градиенту напора фильтрации ( $J$ ) и коэффициенту фильтрации.

В условиях, когда градиент напора  $J = \frac{\Delta H}{l} = 1$  уравнение  $v = K_\phi J$  примет вид  $v = K_\phi$ , т. е. коэффициент фильтрации будет в отношении цифрового значения равно скорости фильтрации [3]

При оценке фильтрационной устойчивости грунтовой плотины и его противифльтрационных элементов необходимо выполнение следующих условий:

$$J_{est,m} = \frac{\Delta H}{t_2} \leq J_{cr,m} = J_{доп} \text{ ёки } J_{est,m} \leq \frac{1}{\gamma_n} J_{cr} \quad (3)$$

где:  $J_{est,m}$  — средний градиент расчётного элемента плотины.

$\gamma_n$  — коэффициент надёжности плотины (I-класс-1,25; II-класс-1,2; III-класс-1,15; IV-класс-1,1);



$J_{cr}$  — средний градиент фильтрации допустимый в грунтовых плотинах.

Плотина Ташкентского водохранилища из местного грунта с ядром. Для таких плотин расчётное количество среднего градиента напора фильтрации для ядра и призмы определяется по следующей формуле:

$$\text{Для ядра } J_{доп} = \frac{1}{\gamma_n} J_{cr} \tag{4}$$

$$\text{Для призмы } J_{доп} = \frac{1}{\gamma_n} J_{cr} \tag{5}$$

На основании полевых исследований рассчитаны градиенты между 1, 2, 3, 4 и 5 пьезометрами, расположенными в створе № 9 (ПК 22+00) плотины Ташкентского водохранилища и результаты приведены в таблице 1 и на диаграмме рисунок 2. Поперечное сечение плотины Ташкентского водохранилища приведено на рисунке 1.

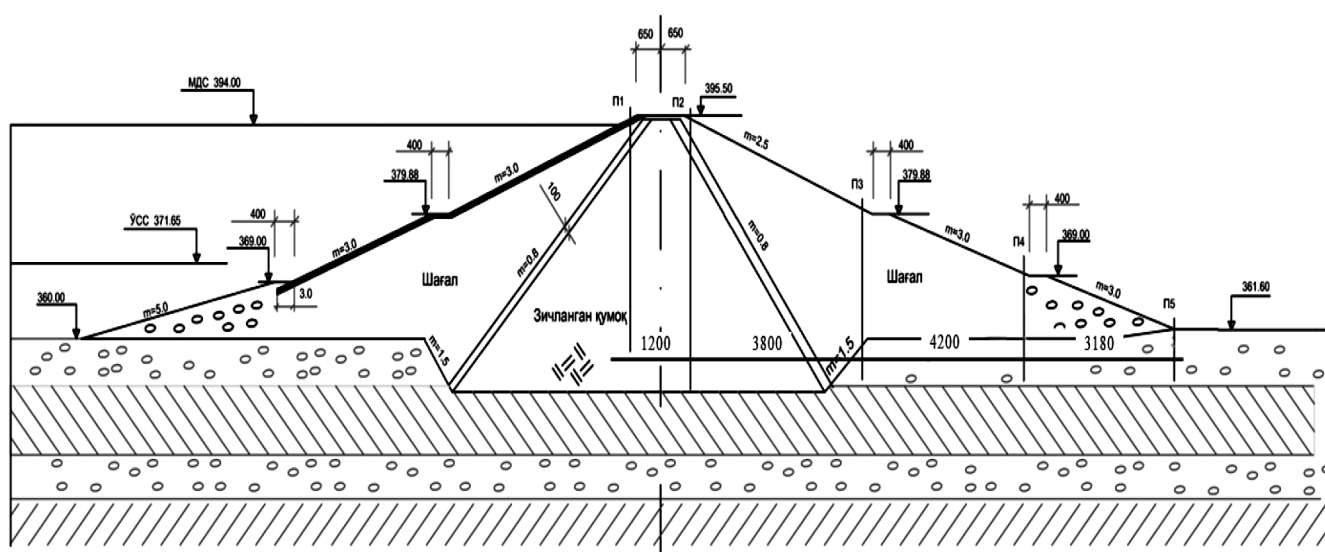


Рис. 1. Поперечное сечение плотины Ташкентского водохранилища.

Таблица 1. Расчёт градиентов между пьезометрами на плотине Ташкентского водохранилища

Номера пьезометров	Расчётные градиенты	Годы					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
П1-П2	0.75	1,33	0,92	1,17	1,42	1,16	1,08
П2-П3	0.55	0,42	0,42	0,42	0,42	0,39	0,39
П3-П4	0.024	0,017	0,024	0,018	0,019	0,024	0,024
П4-П5	0.031	0,031	0,031	0,029	0,028	0,031	0,031

Анализы показывают, что по расчётным результатам в сечении между 1,2 и 3 пьезометрами скорость движения фильтрационных вод, разница напоров большие и путь фильтрации короткий, в сечении между 3.4 и 5 пьезометрами наоборот, т. е. скорость движения фильтрационных вод, разница напоров маленькие и путь фильтрации длинный. В результате в сечении между 3.4 и 5 пьезометрами градиент напора резко уменьшается. Если количество градиента напора очень маленькое, то наблюдается устойчивость воды в пьезометрах.

По результатам проведенных исследований считается, что движение грунтовой фильтрации изменчиво. Это изменчивость зависит от количества градиентов между пьезометрами, расположенными в плотине, т. е. если градиент на уровне нормы, изменение движения фильтрации будет на основании закономерности, если количество градиента напора слишком маленькое, то наблюдается устойчивость воды в пьезометрах.

В целях определения состояния происходящих в результате указанных выше изменений в кругу исследований и оценки влияния фильтрации воды на элементы сооружения проведён анализ изменений качества воды, взятых из собранных в бассейне Ташкентского водохранилища и дренажа нижнего бьефа (таблица 2 и рисунок 3).

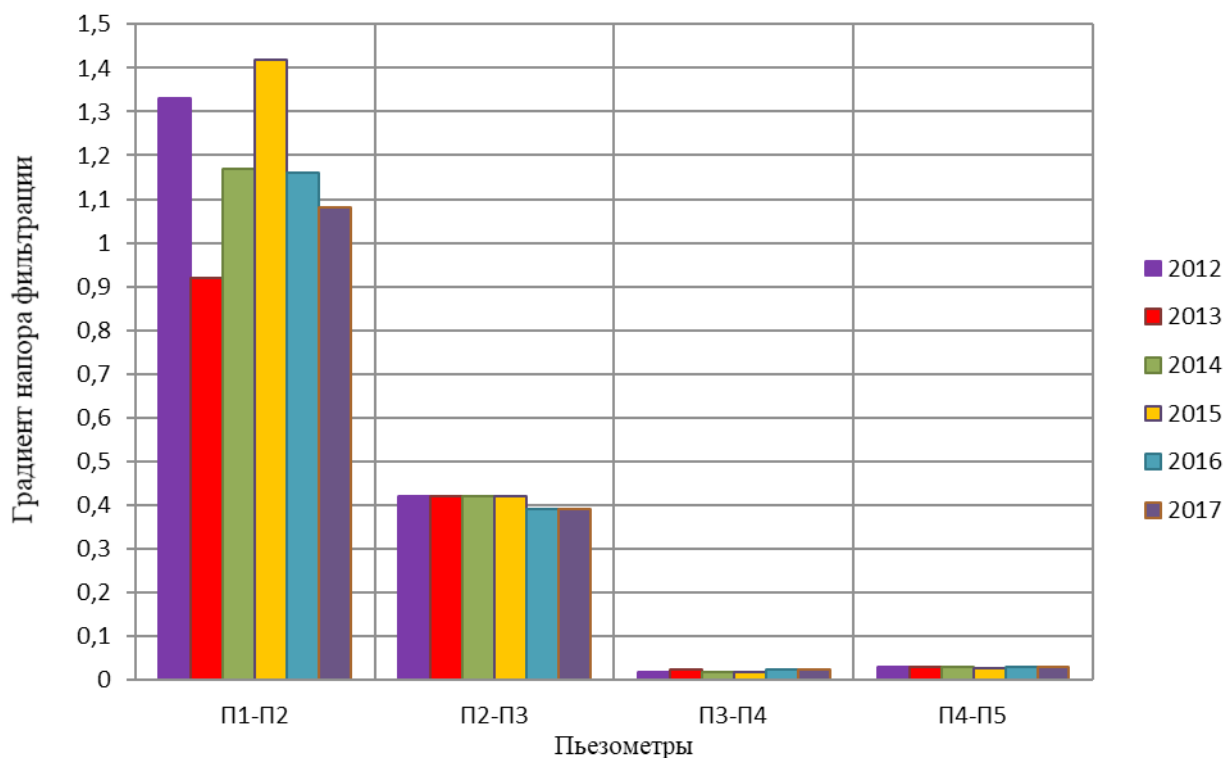


Рис. 2. Изменение градиентов между пьезометрами на 9 створе (ПК 22+00) плотины.

Таблица 2. Химический анализ качества воды набранного в бассейне Ташкентского водохранилища

Точка взятия пробы воды	рН	Жёсткий остаток, мг/л	Количество основных ионов растворенных в воде, мг/л					
			НСО <sub>3</sub>	Сl <sup>»</sup>	SO <sub>4</sub>	Са <sup>..</sup>	Mg <sup>..</sup>	Na <sup>»</sup> + K <sup>-</sup>
Бассейн водохранилища	7,4	265,7	134,4	15,3	74,6	48,8	11,2	20,5
Воды дренажа	7,59	842,8	242,8	28,7	351,3	148	26	59

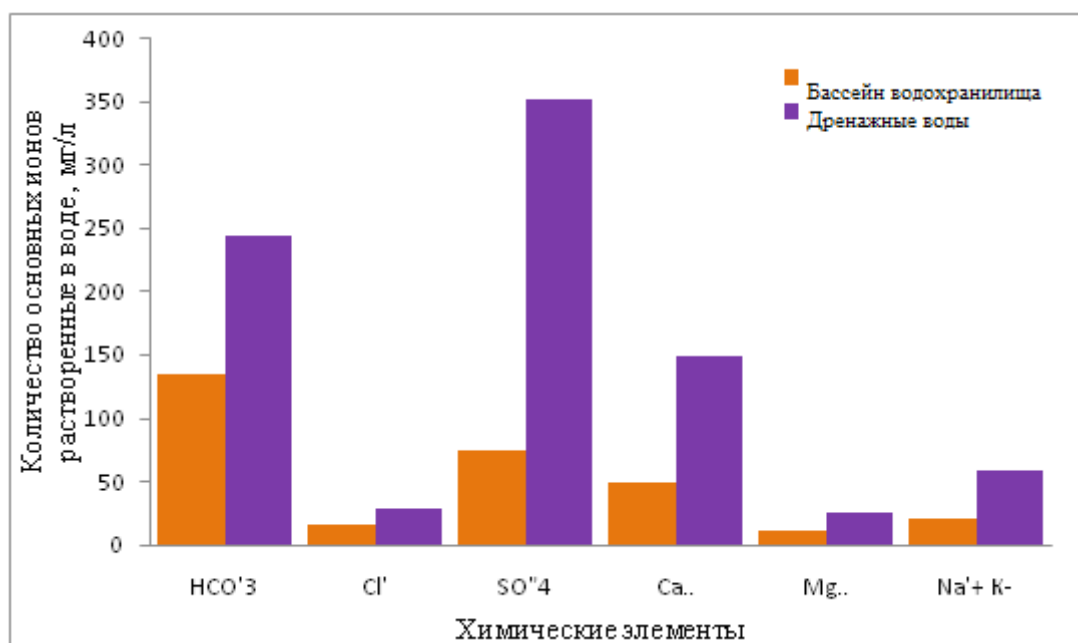


Рис. 3. Диаграмма химического анализа качества воды, набранной в бассейне Ташкентского водохранилища

В оценке устойчивости агрессивности фильтрационного потока элементов плотины в водохранилище надо учитывать коэффициент фильтрации грунта. Агрессивное влияние воды на элементы, расположенные в грунтах, где коэффициент фильтрации большой, тоже бывает высоким. Исходя из этого, также определена агрессивность воды по отношению к бетонным сооружениям в верхнем бьефе в бассейне Ташкентского водохранилища (таблица 3). Также было уточнено агрессивное влияние по отношению к бетонным сооружениям и пьезометрам, расположенным в плотине фильтрационных вод в теле плотины (таблица 4).

Таблица 3. Агрессивность воды по отношению к бетонным сооружениям в верхнем бьефе в бассейне Ташкентского водохранилища.

№ №	Название данных	Результаты анализа лаборатории	Безнапорное сооружение		Результаты определения агрессивности относительно бетонных сооружений
			Портланд-цемент обыкновенный и сульфатостойкий	Пуцаллан и портландцемент со шлаком обыкновенный и сульфатостойкий	
1.	Вид сооружения	безнапорный			
2.	Величина сооружения, м	Более 2,5			
3.	$K_{\phi}$ , м/сут	$0,1 < K_{\phi} < 10$			
4.	$Ca^{2+}$ , мг/л	48,8			
5.	pH	7,76	5,2	5,5	Нет агрессивности общей кислотности воды
6.	$HCO_3^-$ , мг-экв/л	0,7872	0,4	не нормировано	Нет щелочной агрессивности воды
7.	Кислота карбоновая $CO_2$ , мг/л	не определено			Нет карбоновой кислотной агрессивности воды
8.	Хлорид, $Cl^-$ , мг	32,9			
9.	Сульфат $SO_4^{2-}$ , мг/л	74,6	74,6 < 350	74,6 < 350	Нет сульфатной агрессивности для обыкновенных цементных сооружений
10.	$Mg^{2+}$ , мг/л	11,2	11,2 < 1000	11,2 < 1000	Не существует магниевой агрессивности воды

Таблица 4. Агрессивное влияние относительно бетонных сооружений и пьезометров, расположенных в плотине фильтрационных вод в теле плотины Ташкентского водохранилища.

№	Название данных	Результаты анализа лаборатории	Безнапорное сооружение		Результаты определения агрессивности относительно бетонных сооружений
			Портланд-цемент обыкновенный и сульфатостойкий	Пуцаллон и портландцемент со шлаком обыкновенный и сульфатостойкий	
1.	Вид сооружения	безнапорный			
2.	Величина сооружения, м	Более 2,5			
3.	$K_{\phi}$ , м/сут	$0,1 < K_{\phi} < 10$			
4.	$Ca^{2+}$ , мг/л	148			

5.	pH	7,59	5,2	5,5	Нет агрессивности общей кислотности воды
6.	$\text{HCO}_3^-$ , мг-экв/л	3.98	0,4	не нормировано	Нет щелочной агрессивности воды просачивающей из плотины водохранилища
7.	Кислота карбоновая $\text{CO}_2$ , мг/л	не определено			Нет карбоновой кислотной агрессивности воды
8.	Хлорид, $\text{Cl}^-$ , мг	28,7	28,7<1000	28,7<1000	Ускоряет коррозию металлических конструкций
9.	Сульфат $\text{SO}_4^{2-}$ , мг/л	351,3	351,3>350	351,3>350	Имеет сульфатную агрессивность для обыкновенных цементных сооружений и металлических конструкций
10.	$\text{Mg}^{2+}$ , мг/л	26	26<1000	26<1000	Не существует магниальной агрессивности воды

**Вывод:** Воды фильтрационного потока в теле плотины Ташкентского водохранилища сульфатно агрессивные по отношению к бетонным и металлическим сооружениям, они ускоряют коррозию пьезометров в плотине. Это требует проведения мероприятий по обработке гидроизоляционными материалами поверхности бетонных покрытий и швов, расположенных в верхнем откосе плотины Ташкентского водохранилища и обеспечению хорошей ра-

боты дренажа в нижней части плотины. Надо проверять чувствительность пьезометров, расположенных в плотине водохранилища, при проверке чувствительности надо произвести заливку воды в пьезометры или извлечь из них, при этом в пьезометрах происходит процесс замены воды. В результате, понижается агрессивность воды фильтрационного потока по отношению к пьезометрам.

Литература:

1. Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика. — М.: Стройиздат, 1983.—543 с.
2. КМК 2.06.05—98. Плотины из грунтовых материалов. — Т.: Госкомитет по архитектуре и строительству, 1998—200 с.
3. СН 249—63 «Признаки и нормы агрессивности воды — среды для железобетонных конструкций». <http://www.meganorm.ru>.

## Исследование эффективности использования солнечной фотоэлектрической станции в условиях Амурской области для энергоснабжения автономных потребителей

Давыдов Сергей Игоревич, студент магистратуры;

Научный руководитель: Ижевский Андрей Станиславович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Дальневосточный государственный аграрный университет (г. Благовещенск)

*В статье рассматривается из каких элементов состоит, наиболее подходящий вид солнечной фотоэлектрической станции для Амурской области.*

**Ключевые слова:** эффективность, возобновляемые источники энергии, солнечная фотоэлектрическая станция

Непрекращающееся истощение природно-ресурсного потенциала планеты в целом и отдельно взятых её частей, провоцирует человечество на постановку экологических целей. Одна из них — это увеличение энергетического потенциала посредством использования возобновляемых источников энергии: энергия Солнца, энергия воды и энергия ветра. Усиление активности Солнца влечет

за собой увеличение количества солнечной энергии, которую можно преобразовывать в электрическую. Благодаря неисчерпаемому, постоянно поступающему на поверхность нашей планеты потоку энергии Солнца, данный источник энергии является естественно восполняемым.

При исследовании эффективности использования солнечной фотоэлектрической станции, стоит исследовать не

только экономические факторы, способствующие снижению затрат на электроэнергию, но и уменьшение объёмов загрязнения окружающей среды при получении электроэнергии.

Немаловажным является тот факт, что Российская Федерация в целом, и в частности, территория Амурской области, располагают значительными ресурсами для развития гелиоэнергетики.

С экологической и экономической точки зрения, исследование гелиоресурсов приведет к следующим последствиям:

- увеличение финансирования исследований по учету ресурсов альтернативных возобновляемых источников энергии;
- создание условий для бесперебойного электро- и теплоснабжения населения и предприятий;
- разработка автономных энергетических систем, использующих весь потенциал солнечной возобновляемой естественным образом энергии;
- восполнение недостатков традиционных видов топливно-энергетического комплекса и уменьшение объёмов органичного топлива поставляемого в труднодоступные части области;

— электроснабжение децентрализованных населенных пунктов и промышленных объектов.

Фактором, наиболее характерным для Амурской области, является нахождение большинства потребителей электроэнергии вне систем централизованного энергоснабжения. Создание же портативных автономных энергоустановок высокой мощности до нескольких сотен киловатт — это решение вопроса об оптимальных источниках энергии для труднодоступных местностей, на территории которых не пролегают сети линий электропередач. Увеличение тарифов на электроэнергию и на горюче-смазочные материалы обеспечивает высокие затраты на обслуживание таких бензиновых и дизельных генераторов, которые снабжают автономных потребителей. Другим отрицательным фактором являются массовые выбросы продуктов сгорания в окружающую среду, а также высокий уровень зашумленности. Поэтому было принято решение об исследовании эффективности использования солнечных фотоэлектрических станций.

Стандартная солнечная фотоэлектрическая станция состоит из следующих элементов: солнечной батареи, контроллера, аккумулятора.



Рис. 1. Схема снабжения солнечной энергией

Бесспорными преимуществами использования солнечных лучей в качестве источника энергии стоит считать:

- экологичность преобразования и аккумуляции энергии;
- возобновляемость ресурса;
- прочность фотомодулей солнечной фотоэлектрической станции — отсутствие затрат на ремонт в первые 30–40 лет.

Минусы использования фотоэлектрических солнечных станций:

- по истечении 30 лет эффективность фотоэлектрических элементов снижается, а присутствующий в их составе кадмий не дает возможности свободно утилизировать данные элементы;
- значительным минусом является необходимость очистки поверхности панелей с фотоэлектрическими элементами.

Солнечная электростанция — это специализированное сооружение, целью которого является преобразование солнечной радиации в электрическую энергию.

Наиболее распространенными видами солнечной электростанции являются солнечные фотоэлектрические станции или гелиоустановки. Такие фотоэлектрические станции используются для получения электрической энергии любой мощности, и могут применяться как для подключения к центральным системам электроснабжения, так для использования в быту. Состоят они из множества элементов — фотоэлектрических преобразователей, которые напрямую преобразуют солнечную энергию в электрический ток. В данном случае электрический ток в фотоэлектрическом генераторе возникает в результате преобразования солнечной энергии, которая, посредством солнечных лучей попадает на фотоэлементы батарей. В качестве светочувствительного полупроводника

дника используют кремний, который получают из кварцевого песка, находящегося в неограниченных количествах. Кремний может быть трех видов — это аморфный, поликристаллический и монокристаллический. Как видно в

таблице 1, наиболее высокий показатель коэффициента полезного действия был обнаружен при использовании фотоэлектрических преобразователей из монокристаллического кремния.

Таблица 1. КПД разных видов кремния

Вид кремния	КПД, %
монокристаллический	15–20%
поликристаллический	10–14%
аморфный	5–6%

Различают три вида фотоэлектрических систем: автономные, резервные и соединенные с сетью системы:

При отсутствии сетей централизованного электроснабжения устанавливают автономные фотоэлектрические системы. Если у того или иного объекта есть подключение к сети электроснабжения, но существуют перебои или сеть ненадежна, необходимо устанавливать резервные солнечные системы. При хорошем снабжении объекта электроэнергией от общей центральной сети и желании использовать дополнительные природные источники энергии отдают предпочтение соединенным с сетью гелиосистемам.

Благоприятный климат и ландшафт Амурской области способствуют размещению солнечной фотоэлектрической станции преимущественно на открытых местностях в горных районах. Преобладающие в зимний период времени мощные антициклоны создают на всей территории Амурской области малооблачную и очень солнечную погоду. В летний период времени для Амурской области характерен преобладанием действия циклонов. Благодаря

горным хребтам происходит преграждение проникновению прохладных воздушных масс на территорию области, и, как следствие, в области преобладает в летнее время сухая и жаркая погода. При установлении электростанций, которые аккумулируют и преобразовывают энергию Солнца, стоит учесть, что преобладающее количество часов солнечного сияния характерно для юго-западных, а также южных районов области.

Интересным фактом является то, что Амурская область граничит с Китаем, а это государство является наибольшим производителем и потребителем солнечной электроэнергии.

В заключении, можно сделать вывод о том, что на данный момент, использование солнечной энергии, при рассмотрении с точки зрения климатических ресурсов, возможно на территории всей Амурской области Российской Федерации, но экономически целесообразно лишь для энергоснабжения населенных пунктов, находящихся в изоляции.

Литература:

1. <http://www.rea.org.ua/dieret/Solar/solar.html>
2. <https://alter220.ru/solnce/solnechnaya-energiya.html>

## Обеспечение энергоэффективности при реконструкции жилых домов первых массовых серий

Ермаков Никита Олегович, студент магистратуры;  
Новиков Михаил Викторович, кандидат технических наук, доцент  
Воронежский государственный технический университет

Тепловая эффективность здания, определяемая средним годовым расходом топлива на отопление и горячее водоснабжение одного квадратного метра общей площади, является важным показателем энергосбережения. В домах первых массовых серий такой показатель составляет 80–85 кг/м<sup>2</sup>, в то время как в странах Запада — 24–26 кг/м<sup>2</sup> [1–3]. Столь неблагоприятное положение связано с низкими теплозащитными качествами наружных ограждений (стен, окон, покрытий, перекрытий над неотапливаемыми подпольями и подвалами) эксплуатируемых зданий, несовершенством систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Указанные выше недостатки особенно присущи жилым домам первых массовых серий, которые были построены в 1950–1960 годах, в эпоху индустриального развития СССР. В то время в стране началось активное строительство жилых домов секционного типа для посемейного заселения квартир [1]. Учитывая ограниченность ресурсов, проектирование квартир велось в условиях жёсткой экономии материальных средств. Проектными институтами были разрабо-

таны специально упрощенные проекты жилья массовых серий — панельные дома серии 1–464 и кирпичные дома серии 1–507. Общая площадь жилищного фонда России, размещенного в 4–5 этажных домах первых массовых серий составила более 250 млн. м<sup>2</sup>.

Мировой опыт дает основание утверждать, что реконструкция ветхого жилого фонда в экономическом отношении в ряде случаев выгоднее сноса и последующего нового строительства. В этой связи необходимо проведение объективного экономического анализа эффективности сноса и нового строительства или реконструкции «ветхого» фонда. Модернизация зданий, находящихся в состоянии удовлетворяющим нормативы жилых требований, более экономно, чем снос и постройка новых. Одним из примеров является модернизация «хрущевки» в Томске. В результате реконструкции здание получило класс энергоэффективности «В», в то время как сегодня многие новостройки сдаются в эксплуатацию с присвоенным классом «С». По экспертной оценке, срок эксплуатации дома после реновации «повысился» ещё на 50 лет.

В связи с указанным, целью работы являлось обеспечение комфортных условий проживания и здорового микроклимата в помещениях жилых домов первых массовых серий при оптимальных затратах энергетических ресурсов.

Для реализации поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- выполнить техническое и тепловизионное обследование типового здания серии 1–464 в г. Воронеже;
- определить класс энергетической эффективности здания;
- разработать рекомендации по повышению класса энергоэффективности.

Жилой дом расположен в г. Воронеже по ул. Домостроителей. Проект дома был разработан институтом Гипростройиндустрия в 1960 г. Пятиэтажный жилой дом панельного типа, с высотой помещений 2,5 м, имеет 1, 2, 3-комнатные квартиры.

Конструктивная схема дома решена с несущими поперечными стенами, расположенными через 2,6 и 3,2 м, с опиранием панелей перекрытия по контуру (рисунок 1). Пространственная жесткость здания обеспечивается системой поперечных и продольных стен из железобетонных панелей размером на комнату, соединенных между собой и с панелями междуэтажных перекрытий стальными связями. Дом состоит из торцевых и рядовых секций. Фундамент — ленточный, смонтированный из сборных железобетонных плит и бетонных блоков. Наружные стены — железобетонные панели из ячеистого бетона толщиной 24 см, железобетонные плиты перекрытий — 140 см; железобетонные перегородки — 12 см.

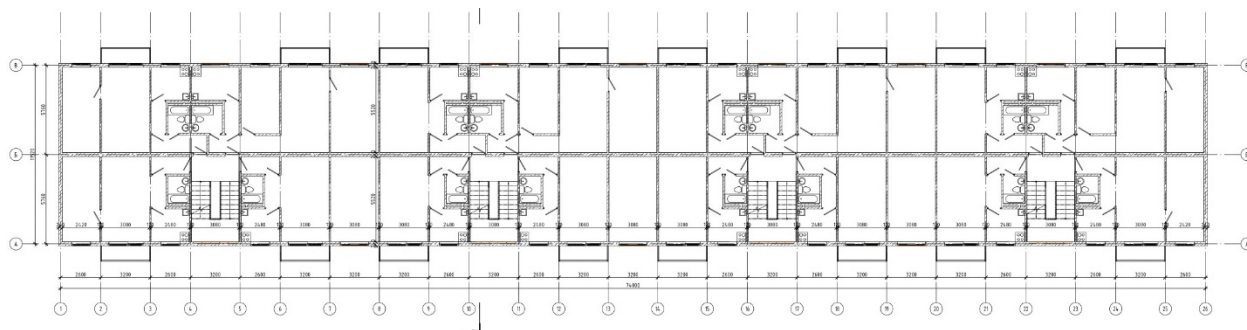


Рис. 1. План типового этажа обследуемого здания

В результате технического обследования было выявлено то, что на всех фасадах здания присутствуют разрушения штукатурно-отделочных слоев стен, следы плесени, характерные трещины на стыках панелей, отслоение защитного слоя бетона балконных плит, местами с оголением и коррозией арматуры, разрушение отмостки (рисунок 2).

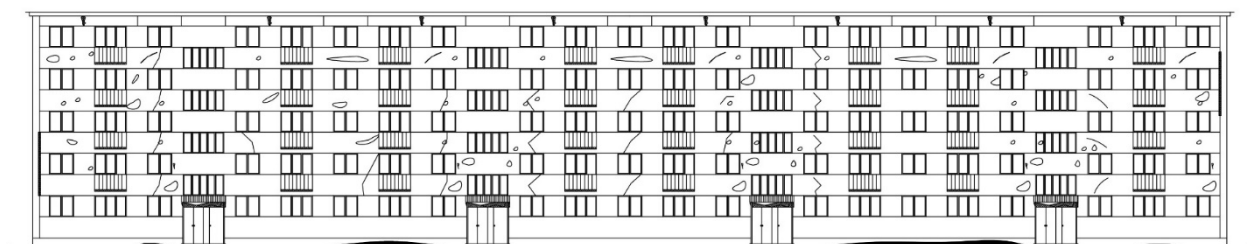


Рис. 2. Карта дефектов фасада в осях 1–26

В задачу тепловизионного обследования входило выявление участков, в которых нарушается однородность температурного поля, получение термограмм и составление карт дефектов ограждающих конструкций. Тепловизионное обследование объекта, проведенное с помощью тепловизора FLIR B425, показало высокие теплотери через не утепленную цокольную часть наружных стен, углы примыкания наружных стен, стыки наружных стен с внутренними стенами и перегородками, стыки стен с межэтажными перекрытиями или совмещенным покрытием, железобетонные перемычки в зоне сопряжения с монтажными швами оконных блоков. Были выявлены дефекты монтажа оконных блоков в стеновые проемы: неравномерность монтажного шва, локальные участки с плохой адгезией монтажной пены к оконному блоку и стеновому проему. Характерные термограммы участков фасада представлены на рисунках 3 и 4.



Рис. 3.



Рис. 4.

Класс энергетической эффективности здания определялся по величине отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление  $q_{\tau}^p$  от нормативного  $q_{\tau}^н$  (таблица 1).

Общее сопротивление теплопередаче наружной стены определялось по формуле

$$R_o^p = \frac{1}{\alpha_b} + \sum(R_i) + \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,24}{0,38} + \frac{1}{23} = 0,788 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}; \tag{1}$$

где  $\alpha_b = 8,7 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$  коэффициент тепловосприятости для наружных стен;

$\alpha_n = 23 \text{ Вт/м}^2\text{°С}$  коэффициент теплоотдачи наружных стен;

$R_i = \delta_i/\lambda_i$  — термические сопротивления слоев конструкции;

$\lambda_i$  — расчетные коэффициенты теплопроводности материалов.

Расчетные коэффициенты теплопроводности для ячеистобетонной панели  $\lambda_1 = 0,38 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$ . Сопротивление теплопередаче заполнения оконного проема для двойных спаренных деревянных переплетов  $R_o^{окна} = 0,4 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$ .

Площадь окна составляет  $F_{окна} = 2,7 \text{ м}^2$ .

Площадь газобетонной стены  $F_{стены} = (3,0 \times 2,8 - 2,7) = 5,7 \text{ м}^2$ .

Значение приведенного общего сопротивления теплопередаче участка стены определялось по формуле

$$R_o^p = \frac{R_o^{стены} \cdot F_{стены} + R_o^{окна} \cdot F_{окна}}{F_{стены} + F_{окна}} = \frac{0,788 \cdot 5,7 + 0,4 \cdot 2,7}{5,7 + 2,7} = 0,663 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Wt}; \tag{2}$$

Расчетный тепловой поток за отопительный период равен

$$q_{\tau}^p = \frac{t_{в} - t_{н}}{R_o^p} = \frac{20 - (-2,5)}{0,663} = 33,9 \frac{Wt}{m^2}; \tag{3}$$



Таблица 1. Классы энергетической эффективности зданий

Наименование класса	Обозначение класса	Величина отклонения расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление $q_{\tau}^p$ от нормативного $q_{\tau}^н$ , %	Рекомендуемые мероприятия, разрабатываемые субъектами РФ
При проектировании эксплуатации новых и реконструируемых зданий			
Очень высокий	A++	Ниже -60	Экономическое стимулирование
	A+	От -50 до -60 включительно	
	A	От -40 до -50 включительно	
Высокий	B+	От -30 до -40 включительно	Экономическое стимулирование
	B	От -15 до -30 включительно	
Нормальный	C+	От -5 до -15 включительно	Экономическое стимулирование
	C	От +5 до -5 включительно	
	C-	От +15 до +5 включительно	
При эксплуатации существующих зданий			
D	Пониженный	От +15,1 до +50 включительно	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании
E	Низкий	Более +50	Реконструкция при соответствующем экономическом обосновании, или снос

Величина нормативного теплового потока  $q_{\tau}^н$  определялась по значению нормативного сопротивления теплопередаче

$$q_{\tau}^н = \frac{t_{в} - t_{н}}{R_0^н} = \frac{20 - (-2,5)}{2,9} = 7,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}; \tag{4}$$

где  $R_0^н$  — нормируемое значение сопротивления теплопередаче, определяемое исходя из условий энергосбережения для стен жилых зданий

$$R_0^н = 1,4 + 0,00035 \times 4275 = 2,9 \text{ м}^2\text{С/Вт}. \tag{5}$$

Параметр ГСОП =  $(t_{в} - t_{он}) z_{он}$  равен  
 $\text{ГСОП} = (20 - (-2,5)) 190 = 4275 \text{ }^\circ\text{С сут}; \tag{6}$

где  $z_{он} = 190 \text{ сут}$ .

Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания  $q_{\tau}^p$  от нормативного  $q_{\tau}^н$ , % составляет

$$\frac{q_{\tau}^p - q_{\tau}^н}{q_{\tau}^н} = \frac{33,9 - 7,76}{33,9} = 0,772 = 77 \%; \tag{7}$$

В соответствии с таблицей 1 класс энергетической эффективности ограждения E (низкий). С целью повышения класса энергетической эффективности ограждения увеличим общее сопротивление теплопередаче наружной стены и заполнения оконных проемов до значений, рекомендуемых нормами [4,5].

Сопротивление теплопередаче заполнения оконного проема примем для двухкамерного стеклопакета в одинарном переплете с межстекольным расстоянием 8мм

$$R_w^н = 0,51 \text{ м}^2\text{С/Вт}.$$

Утепление стены произведем плитами из пенополистирола плотностью до  $10 \text{ кг/м}^3$ ,  $\delta_2 = 0,052$ . Тогда, требуемая толщина утеплителя составит:

$$\delta_2 = 0,052 \left( 4,032 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,24}{0,38} - \frac{1}{23} \right) = 0,170 \text{ м};$$

Принимаем толщину утеплителя 0,170 м. Выполним проверку соответствия ограждения заданному классу энергетической эффективности.

Общее сопротивление теплопередаче стены

$$R_o^{\text{стены}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum (R_i) + \frac{1}{\alpha_{н}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,24}{0,38} + \frac{0,17}{0,052} + \frac{1}{23} = 4,057 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}};$$

Приведенное расчетное сопротивление теплопередаче ограждения

$$R_o^{\text{стены}} = \frac{4,057 * 5,7 + 0,51 * 2,7}{5,7 + 2,7} = 2,91 \frac{\text{м}^2 * \text{°C}}{\text{Вт}};$$

Расчетное значение теплового потока

$$q_{\tau}^{\text{н}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_o^{\text{п}}} = \frac{20 - (-2,5)}{2,91} = 7,73 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

Отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания  $q_{\tau}^{\text{п}}$  от нормативного  $q_{\tau}^{\text{н}}$ , % составляет

$$\frac{q_{\tau}^{\text{п}} - q_{\tau}^{\text{н}}}{q_{\tau}^{\text{п}}} = \frac{7,73 - 7,76}{7,73} = -0,003 = -0,38 \%;$$

$$+5\% < -0,38\% < -5\%;$$

В соответствии с таблицей 1 класс энергетической эффективности ограждения С (нормальный). Рекомендуется экономическое стимулирование [5].

Обследование и расчеты показали, что можно предложить для увеличения класса энергоэффективности обследуемого жилого дома. Это ремонт стыков между панелями наружных стен, теплоизоляция фасадов здания в соответствии с нормами, замена инженерных коммуникаций, установка пластиковых стеклопакетов, энергосберегающих ламп, многотарифных счетчиков, поквартирных приборов учета с возможностью дистанционной передачи данных, светорегуляторов и датчиков движения, улучшение естественного освещения (чистые окна, светлая отделка стен), содержание в чистоте светильников и плафонов, установка теплоотражающих экранов за батареями.

Литература:

1. Ермаков, Н. О. Обеспечение энергоэффективности при реконструкции жилых домов / Н. О. Ермаков, М. В. Новиков // Научный журнал. Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. — Воронеж, 2017. — № 2 (7). — с. 46–50.
2. Круссер, А. И. Пути повышения энергетической эффективности зданий и сооружений / А. И. Круссер, В. И. Милованова, М. В. Новиков // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. — Воронеж, 2016. — № 1 (22). — с. 220–223.
3. Новиков, М. В. Оценка энергоэффективности кладки наружных стен из крупноформатных теплоэффективных блоков / М. В. Новиков, А. А. Зарубина // Академическая наука — проблемы и достижения: матер. XIV Международ. науч.-практ. конф. Том 3. — North Charleston, USA: CreateSpace, 2017. — с. 65–73.
4. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
5. СП 23.101.2004. «Проектирование тепловой защиты зданий».

## Расчет зоны действия громкоговорителя для оповещения населения в случае чрезвычайной ситуации

Ковырзина Ксения Сергеевна, студент магистратуры  
Уфимский государственный авиационный технический университет

*Ключевые слова:* рупорные громкоговорители, оповещение населения, расчет зоны действия громкоговорителя.

Согласно Федеральному закону от 12 февраля 1998 № 28-ФЗ «О гражданской обороне» первоочередной задачей в области гражданской обороны являются, ставящейся перед сотрудниками МЧС России, является своевременное оповещения населения об угрозе возникновения или о возникновении чрезвычайной ситуации (далее — ЧС) природного или техногенного характера.

Одной из составных частей системы управления гражданской обороной и мероприятиями по предупреждению ЧС является региональная автоматизированная система централизованного оповещения (далее — РАСЦО). Задачей си-

стемы РАСЦО есть своевременное оповещение людей, органов управления, руководителей муниципальных образований, сил ГО и прочих органов о появлении любых особых ситуаций или только об угрозе их возникновения. Региональная автоматизированная система централизованного оповещения содержит в себе множество элементов, начиная от абонентской сети и уличных громкоговорителей и заканчивая автоматизированным оповещением всех организаций по телефону.

Наиболее надежным и распространенным методом оповещения граждан в населенных пунктах являются уличные громкоговорители, установленные на зданиях, принадлежащих муниципалитетам.

Установка рупорных громкоговорителей на местности выглядит следующим образом, на высокую штангу на определенную высоту устанавливаются громкоговорители, направленные в четыре разные стороны, благодаря чему сигнал от громкоговорящих технических средств оповещения равномерно распространяется на территории и образует круг. Схема процесса распространения звука на местности представлена ниже (рис. 1).

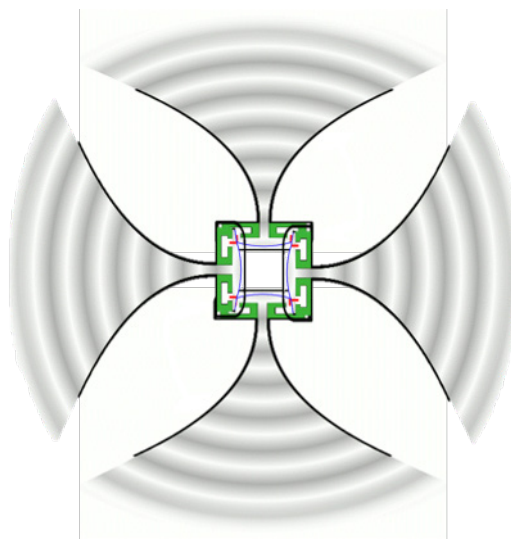


Рис. 1. Процесс распространения звука на местности

Для равномерного распределения локальных систем оповещения на местности и максимального покрытия звуковым сигналом населения, необходимо рассчитать дальность действия звукового сигнала. На определение зон звукопокрытия в первую очередь влияет проводимая мощность (Ватт) и SPL — чувствительность (дБ) в эффективно воспроизводимом диапазоне частот и разборчивость слов рупорных громкоговорителей.

Также при расчетах необходимо принять во внимание уровень звука постоянного шума на территории, где должно производиться оповещение: средний уличный шум для городской застройки — 70 дБ, для сельской местности — 55 дБ, при этом уровень звука во всех точках зоны адекватной идентификации речевого сигнала оповещения должен превышать уровень шумов на 15 дБ.

Уровень звука во всех точках зоны оповещения должен превышать уровень шумов на 15 дБ для адекватной идентификации речевого сигнала, поэтому требуемый уровень звукового давления составляет:

$$SPL + 15 = 20 \lg P_{тр} / P_0, \text{ где}$$

SPL — средний уличный шум (дБ),

$P_0$  — звуковое давление, принятое за нулевой уровень (порог слышимости человеческого уха), равное  $2 \times 10^{-5}$

Н/м» (Па). Отсюда:

$$P_{тр} = 10^{SPL/20} * 11.247 * 10^{-5}$$

Звуковое поле с уровнем звукового давления:

$$P_{зв} \text{ (дБ)} = P_{гр} + 20 \lg \sqrt{P_n} = P_{гр} + 10 \lg P_n, \text{ где}$$

$P_{гр}$  — звуковое давление на 1Вт, 1м, 1кГц (дБ),

$P_n$  — номинальная мощность громкоговорителя (Вт), следовательно

$$P_{зв} \text{ (Н/м}_2\text{)} = P_0 * 10^{(P_{зв} \text{ (дБ)}/20)}$$

При учете однородности среды распространения звука и равномерном затухании максимально удаленная точка с требуемым уровнем звукового давления окажется на расстоянии:

$$a = P_{зв} / P_{тр} = (P_0 * 10^{P_{зв} \text{ (дБ)}/20}) / (10^{SPL/20} * 11.247 * 10^{-5}) = (P_0 * 10^{(P_{гр} + 10 \lg P_n)/20}) / (10^{SPL/20} * 11.247 * 10^{-5})$$

Благодаря полученной формуле можно рассчитать зону покрытия звуковым сигналом из громкоговорителя, при учете того, что речь будет разборчива во всех точках зоны.

Также рупорные громкоговорители имеют возможность работы на более высоких частотах и с большим звуковым давлением в режиме сирены, тогда дальность радиуса покрытия увеличивается. Формула выглядит следующим образом:

$$a_{\max} = P_{\text{зв max}} / P_{\text{тр}} = (P_0 * 10^{(P_{\text{тр max}} + 10 \lg P_0) / 20}) / (10^{\text{SPL} / 20} * 11.247 * 10^{-5}).$$

Литература:

1. Сайт ГУ МЧС России по Республике Адыгея — 2009. Электронный ресурс — Режим доступа. — URL: <http://01.mchs.gov.ru/document/615594>
2. Сайт ГУ МЧС России по Оренбургской области. Электронный ресурс — Режим доступа. — URL: <http://56.mchs.gov.ru/document/39858774>
3. Сайт ООО «Сенсор-М». Электронный ресурс — Режим доступа. — URL: <http://by.sensor-m.com/gromkogovoriteli-rupornye-sensor/>

## Концепция мобильного приложения для информирования водителей в зоне перехватывающих парковок

Комаров Юрий Яковлевич, кандидат технических наук, доцент;  
Евстафьев Роман Олегович, студент;  
Игнатов Антон Александрович, студент  
Волгоградский государственный технический университет

Использование мобильных приложения носит всё более широкий характер, потенциал приложений, которые взаимодействуют с интернетом можно использовать для обеспечения водителей полной информацией о перехватывающих парковках, при этом сократить расход ресурсов на осуществление мероприятий по информированию водителей.

Система, использующая приложение является гибкой, информация обновляется мгновенно и она является полностью автоматической.

Существующие альтернативы приложений для парковок таких как: парковки Москвы, Яндекс. парковки, ParkApp. Являются некорректными, зачастую они не проработаны и у них очень ограниченный функционал, у одних есть навигация парковки, но нет сервиса для работы с самой парковкой, у других ситуация диаметрально противоположная.

Предлагается объединить и расширить функции данных приложений и применить их предложенных проектов перехватывающих парковок в городах курортах и крупных мегаполисах.

Приложение состоит из нескольких основных инструментов.

1. Навигация до перехватывающей парковки  
В приложении на карте будут отмечены все действующие перехватывающие парковки города, в режиме реального времени будет возможно проложить маршрут до любой из них (рисунок 2), а также будет доступна информация о дорожной обстановке по проложенному маршруту (заторы, дорожные работы, ДТП).

2. База парковок + состояние заполненности  
В приложении будет доступен список перехватывающих парковок с информацией про них: адрес, общее количество мест и состояние заполненности, которое будет обновляться в режиме реального времени (таблица 1).

3. Прогнозирование заполненности на основе статистических данных

Прогноз заполненности будет строить из статистических данных, собранных в будние и выходные дни, а также в праздники. Любой пользователь может посмотреть свободна ли удобная для него парковка в любой из будущих дней, в утреннее или вечернее время (таблица 2).

4. Улучшение работы навигатора для планирования поездок.

Сервис «Яндекс Пробки» предоставляет возможность в режиме реального времени следить за ситуацией на до-

Таблица 1. Состояние заполненности отображаемое в приложении

Расположение (Район)	Свободно	Всего	Заполняемость	Обновление
Парковка 1 (район 1)	200	330	60%	31 секунд назад
Парковка 2 (район 2)	30	356	8%	23 секунд назад
Парковка 3 (район 3)	300	530	56%	56 секунд назад

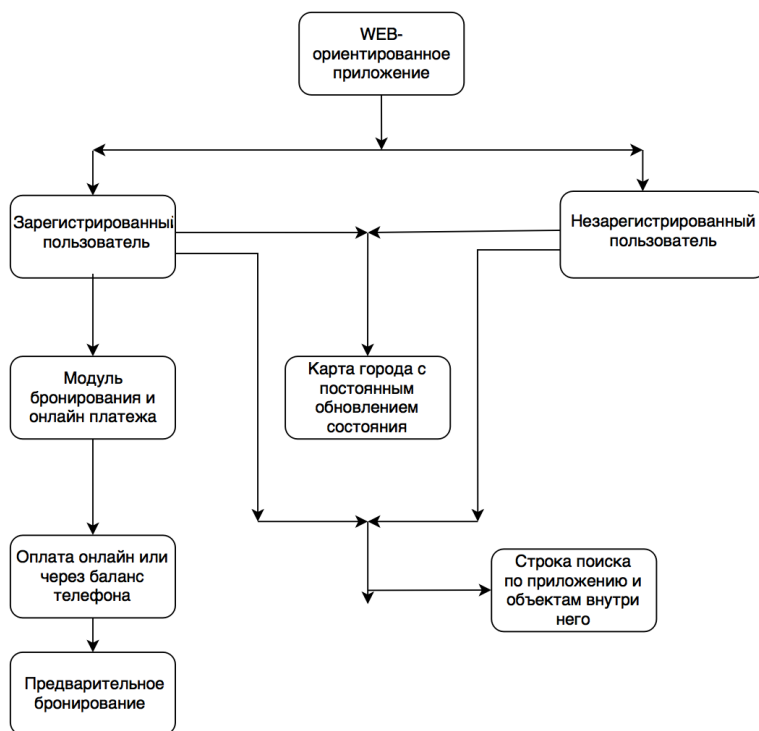


Рис. 1. Концептуальная схема приложения

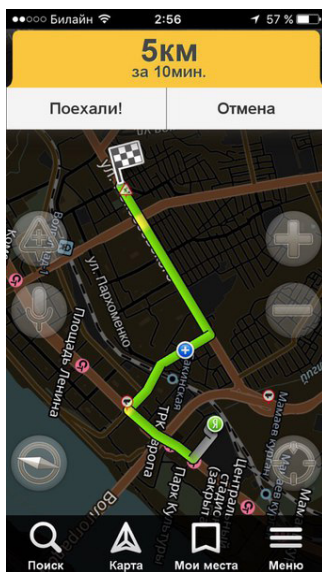


Рис. 2. Схема проезда, построенная при помощи Яндекс. Навигатора, интегрированного в приложение

Таблица 2. Статистический прогноз заполненности парковки

Расположение (Район)	Дата	Время	Заполняемость
Парковка 1 (район 1)	17.09.2018	8–10 утра по местному времени	45–55%
Парковка 2 (район 2)			90–100%
Парковка 3 (район 3)			55–65%

роге. Также у данного сервиса имеется возможность прогнозировать ситуацию на час вперед и получать статистические данные о дорожной ситуации на протяжении недели.

Но одна неделя, это совсем мало! Данный сервис появился в 2006 году, и начал накапливать статистику, в чем мы можем убедиться, изучая исследования Яндекса по пробкам в Москве.

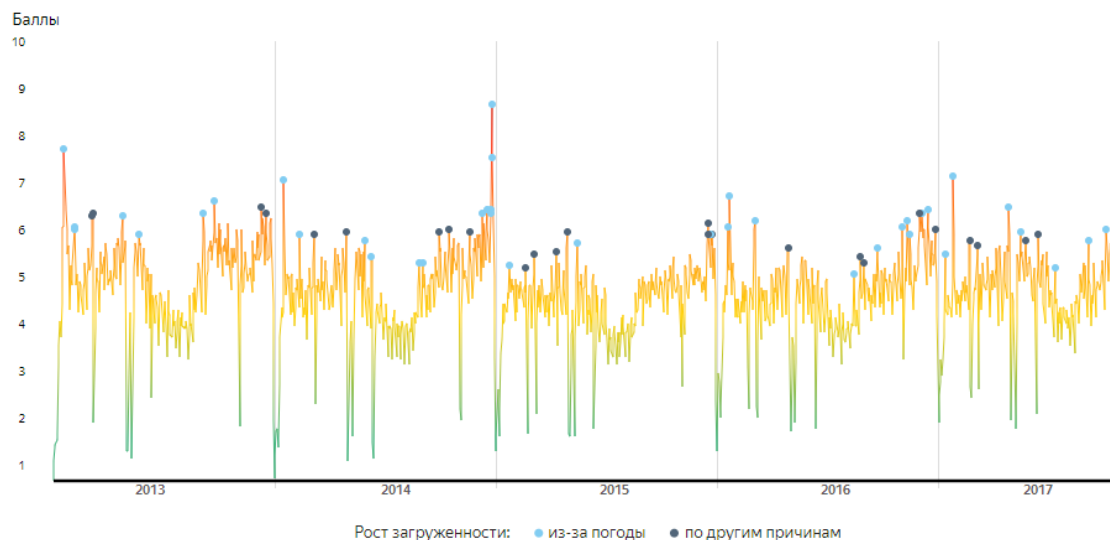


Рис. 3. История заторов в Москве за 2013–2017 г.

Интуитивно мы знаем, что заторы случаются по ряду причин: ДТП, утреннее и вечернее передвижение граждан и т. д. И конечно же, из-за погодных условий. Судя по графику, представленному выше, снегопады и дожди (передвижение туристов в городах-курортах), которые усложняют дорожную ситуацию, имеют некую сезонность, которую можно заключить в вероятность появления аномальных заторов в длительной перспективе.

Например:

Если учесть эти вероятностные данные при построении маршрута до перехватывающей парковки, то можно проложить другой маршрут, возможно более долгий, но с меньшей вероятностью попасть в многокилометровый и многочасовой затор.

Таблица 3. Статистический прогноз релевантности маршрута

17.09.2018				
Маршрут	Средняя скорость (км/ч)	Расстояние	Время (мин)	Релевантность поездки
А-В (вариант 1)	30	10	20	1
А-В (вариант 2)	25	9	21,6	2
А-В (вариант 3)	15	11	44	3

Для наиболее эффективного воздействия на пользователей приложения, следует указывать факты об аномальных заторах в виде напоминаний в приложении и совета не планировать поездку на автомобиле в определенный день, так как вероятность простоя в заторе велика.

Заключение: при помощи данных инструментов, использовать перехватывающие парковки станет проще, так как информированность водителей достигнет нового уровня.

Литература:

1. Яндекс Пробки — информация о дорожных пробках от компании Яндекс // Яндекс Пробки. URL: <https://yandex.ru/probki/> (дата обращения: 24.05.2018).
2. Данилина, Н.В. Система транспортно-пересадочных узлов и «перехватывающие» стоянки: монография / Н.В. Данилина Д.Н. Власов. — Saarbrücken: Lap Lambert Academic Publ., 2013. — 82 с
3. Пробки в Москве: 2013–2017 // Яндекс. URL: [https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow\\_traffic\\_2017](https://yandex.ru/company/researches/2017/moscow_traffic_2017) (дата обращения: 24.05.2018).

## Одноэлементная плоская строительная система высокоскоростного монтажа многоэтажных полносборных зданий

Копосов Александр Александрович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В данной статье автор затрагивает актуальные проблемы, связанные с современным строительством быстровозводимых энергоэффективных зданий и сооружений. Также в статье представлена разработанная автором новая одноэлементная плоская строительная система высокоскоростного монтажа полносборных зданий. Разработанная система не имеет аналогов в современном строительстве, что добавляет актуальность и новизну данной статье.*

В связи с изменением климатическими условиями и увеличением населения на планете, ученые всего мира задумываются о проблеме возведения быстровозводимых энергоэффективных зданий и сооружений, которые возможно строить в любой точке земного шара, и они будут приспособлены для комфортного повседневного проживания людей.

В настоящее время, в малоэтажном строительстве быстровозводимых зданий популярностью пользуется технология строительства с применением панелей, которая обеспечивает скорость и качество строительства зданий и сооружений различного назначения [1]. По мнению автора, в панельной технологии одним из минусов является применение конструктивных элементов в сочетании с ограждающими конструкциями в виде панелей. В следствии этого, автор предлагает идею создания типового элемента, который выполняет функцию ограждающих конструкций и в тоже время является несущим элементом из стали и стекла. На базе такого типового элемента появляется возможность создавать разнообразные здания массовой серии.

Технической задачей типового элемента является снижение сроков строительства зданий, повышение качества строительства зданий за счет создания элементов в

заводских условиях и расширение архитектурно-планировочных возможностей, а также повышение энергоэффективности зданий.

Поставленная задача решается тем, что все здание изготавливается из одинаковых строительных элементов, которые производятся в заводских условиях и проходят ряд испытаний на прочность, гибкость и энергоэффективность. Строительный элемент состоит из стального каркаса, остекления, элементов крепления остекления к стальному каркасу. Стальной каркас снабжен болтовыми отверстиями для присоединения элементов друг к другу с помощью высокопрочных болтов и планок. Строительные элементы снабжены креплениями для монтажа.

На рис. 1 представлен общий вид основного элемента для строительства зданий с разных ракурсов. Быстровозводимое одноэлементное стеклянное здание состоит из одинаковых строительных элементов, которые крепятся между собой при помощи болтовых соединений.

Стеклоянная составляющая элемента выполнена по технологии triplex, которая широко используется во всем мире. Стекло элемента предполагается производить по многослойной формуле: стекло 9 мм + 1,5 мм пленка + стекло 9 мм + воздушная прослойка из аргона 16 мм + стекло 9 мм + противоположное заполнение 5 мм + стекло 9 мм. Общая

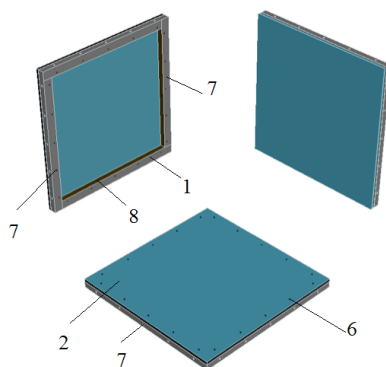


Рис. 1. Общий вид основного элемента для строительства зданий с разных ракурсов. (1-типовой строительный элемент, 2-высокопрочные болтовые соединения. 3-стальной каркас, 4-триплекс стеклопакет, 5-специальные крепления, 7-каналы для прокладки инженерных сетей)

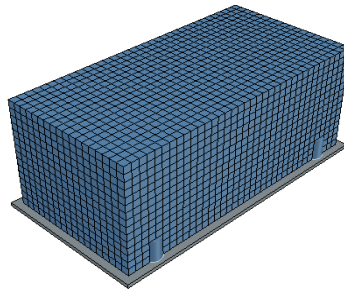


Рис. 2. Концептуальное пятиэтажное здание по технологии на основе одноэлементной плоской системе

толщина составляет 5,85 см. Внешний слой имеет термоотражающие свойства. Внутренний слой стекла каленый, что позволяет придать стеклянной особую прочность, а при повреждении минимизирует количество осколков. Выбор аргона в качестве воздушной прослойки обусловлен тем, что

теплопроводность этого газа составляет 0,68 от воздуха [4]. Также большим плюсом является большая вязкость аргона, что снижает скорость конвекции, а соответственно теплообмен между стеклами. Структура стеклянной составляющей элемента представлена на рис. 3.

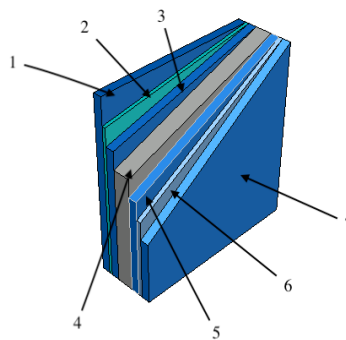


Рис. 3. Структура стеклопакета. (1-стекло 9 мм, 2-пленка 1,5 мм, 3-стекло 9 мм, 4-аргон 16 мм, 5-стекло 9 мм, 6-противопожарный наполнитель 5 мм, 7-стекло 9 мм)

Автором был произведен теплотехнический расчет типового элемента для условий эксплуатации в Санкт-Петербурге. Величина приведенного сопротивления теплопередаче получилась равной  $1,45 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . Для сравнения, сопротивление стеклопакета с двумя камерами и обычным флоак-стеклом составляет не больше  $0,47 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ . В случае использования энергоэффективного стекла в двухкамерном стеклопакете приведенное сопротивление будет равным  $R = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  [6].

Предполагаемый типовой элемент из стали и стекла обладает следующими определенными преимуществами:

- быстровозводимые здания и сооружения, возведенные на основе предполагаемых элементов, не нуждаются в отделке фасада и внутренней отделке помещений, так как она может быть произведена на заводе изготовителе;
- изготовление элемента в заводских условиях на 100%;
- возможность скоростного монтажа типовых элементов на стройплощадке;

- возможность изготавливать панели для зданий, находящихся в разных климатических условиях без изменения производства;

- многообразие планировочных решений.

Быстровозводимым энергоэффективным зданиям из предложенных автором типовых элементов свойственны совокупные характеристики, такие как:

- панели из стекла и стали имеют минимальное количество типовых размеров и могут использоваться для возведения объектов различного назначения (малоэтажное домостроение, промышленные, гражданские и сельскохозяйственные объекты), выполняя функции несущих и ограждающих конструкций, покрытий и перекрытий.

- предложенные элементы являются унифицированными для стен и перекрытий, что позволяет создавать резервы быстровозводимых зданий и сооружений на случай чрезвычайной ситуации и складировать на базах МЧС;

- однотипность предложенных элементов позволяет снизить затраты на стадии производства, транспортировки и монтажа конструкций;



— на стадии монтажа здания из совмещенных плит покрытия и стеновых панелей образуется пространственный блок, которому не требуется установка вертикальных и горизонтальных связей;

Вывод: типовые элементы на основе стали и стекла позволяют обеспечить наиболее эффективный способ возведения быстровозводимых энергоэффективных зданий и сооружений. Оптимизируются финансовые и трудовые за-

траты за счет применения типовых одинаковых элементов с повышенной заводской готовностью, технологичности изготовления, относительно небольшого веса отдельных плит и панелей, минимальных сроков монтажа объекта. Быстровозводимые энергоэффективные здания по предложенной технологии возможно проектировать экологически чистыми и с требуемым классом пожарной опасности со сроком службы более 70 лет.

#### Литература:

1. Казаков, Ю.Н. Быстровозводимые индивидуальные жилые дома // Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. 10–11 декабря 1998 г. — СПб., 1998. — с. 176–178.
2. Бадьин, Г.М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. — СПб.: БВХ-Петербург, 2011. — 432 с.
3. Ясин, В.Ю., Борискина И.В., Плотников А.А., Захаров А.В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий: Учебное пособие. — М.: Издательство АСВ, 2003 г. — 320 с.
4. Александров, А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. Сопротивление материалов: Учебник для вузов — 3-е изд. испр. — М.: Высш. шк., 2003. — 560 с.
5. Zerboni, C. Static calculations on glass Text. / C. Zerboni //Glaston Technologies 2003. — С. 36–40
6. Бадьин, Г.М., Сычев С.А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. — СПб.: БВХ-Петербург, 2013. — 141 с.

## Модернизация цеховой тележки для перемещения корпусов автосцепки

Кузьменко Никита Сергеевич, студент;

Карпов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Иркутский государственный университет путей сообщения.

Сервисное локомотивное депо Иркутское (СЛД-80 Иркутское) выполняет ремонт и обслуживание электровозов пассажирского движения ЭП1, ЭП1П, грузовых электровозов подталкивающего движения ЗЭС5К (Ермаки) и маневровых тепловозов.

В депо производят следующие виды обслуживания и ремонта: ТО-2, ТО-3, ТО-4, ТО-5в, ТР-1, ТР-2 [1].

Техническое обслуживание ТО-2 выполняется работниками пунктов технического обслуживания локомотивов на специально оборудованных смотровых канавах. Объем работ включает осмотр ходовой части, тормозной системы, тяговых двигателей, вспомогательных машин, трансформаторов и электрических аппаратов.

Техническое обслуживание ТО-3, производимое на стойлах основного депо, предназначается для ревизии всего оборудования тепловоза и производства в установленные сроки профилактических работ.

Техническое обслуживание ТО-4 выполняется с целью поддержания профиля бандажей колёсных пар в установленных пределах Обточка бандажей выполняется без выкатки колёсных пар из-под локомотива.

Техническое обслуживание ТО-5в выполняется для подготовки к эксплуатации локомотива, прибывшего в

недействующем состоянии после постройки, ремонта вне локомотивного депо или передислокации.

Текущий ремонт ТР-1 выполняется в локомотивном депо, к которому приписан локомотив.

Текущий ремонт ТР-2 выполняется в специализированных локомотивных депо железной дороги, к которой приписан локомотив.

Так же в депо производят ремонт корпусов автосцепного устройства, что относится к техническому обслуживанию ТО-3 [2]. На рисунке 1 показан корпус автосцепки, а на рисунке 2 — наиболее вероятные дефекты и места их расположения. Основными причинами появления неисправностей корпусов автосцепных устройств являются:

— большие нагрузки при торможениях и начале движения, при маневровых работах, при проходе составом кривых участков пути и сортировочных горок:

— трение деталей при движении подвижного состава,

— нарушение технологии изготовления и ремонта;

— большие перепады температур;

Для выполнения контроля, ремонта и перемещения одновременно четырёх корпусов автосцепного устройства между механическим и сварочным цехом, имеется ручная тележка, изготовленная в данном депо, рисунок 3.



Рис. 1. Корпус автосцепки

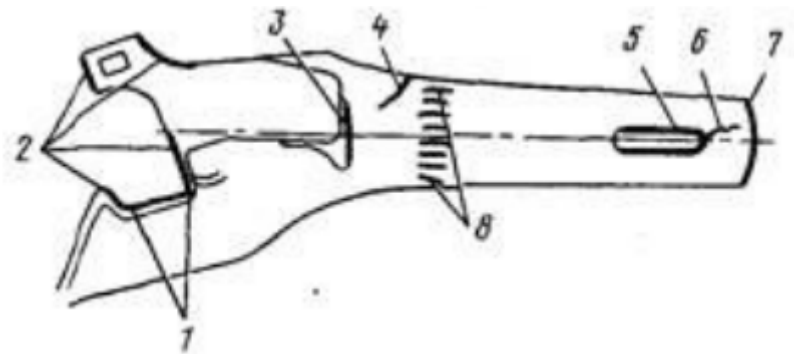


Рис. 2. Дефекты автосцепки и места их наиболее вероятного расположения: 1. трещины в углах зева. 2. износы тяговых и ударных поверхностей большого и малого зубьев, 3. износ поверхности упора головы автосцепки, 4. трещины в месте перехода головы к хвостовику, 5. смятие стенки отверстия от взаимодействия с клином хомута, 6. трещины в стенке отверстия для клина тягового хомута, 7. износ упорной поверхности хвостовика, 8. износ поверхностей корпуса

Перед тем как установить корпус автосцепки на тележку, его проверяют дефектоскописты. Если на корпусе автосцепки выявлены трещины, непригодные для ремонта, то их бракуют. Если есть небольшие трещины, то корпус ремонтируют. На тележку устанавливают одновременно 4 корпуса автосцепки, подлежащие ремонту.

Габариты этой тележки 176\*93\*125 мм. Перемещается тележка по рельсам вручную. На тележке имеются 4 станины со стойками. На каждой стойке имеется по 2 больших неподвижных круга и 2 маленьких подвижных круга. Они служат для установки и поворота корпуса автосцепки при контроле и ремонте. Между большим и малым кругом установлены 6 подшипников. Малый круг служит для базирования корпуса автосцепки, а подшипники для ручного поворота. Корпус автосцепки упирается головой в малый круг. Для предотвращения смещения корпуса автосцепки на тележке, круги на каждой станине расположены под небольшим углом.

На тележке выполняются следующие виды работ, это контроль шаблонами в местах износа корпусов автос-

цепков, и отмечают места наплавки. После контроля корпуса перемещают в сварочный цех для наплавки в местах износа. После наплавки, тележку с корпусами перемещают в механический цех, для механической обработки на фрезерных станках. В конце всех проделанных работ выполняется окончательный контроль.

Перемещение тележки между цехами рабочие осуществляют вручную, и поворачивают автосцепки тоже вручную. За все время существования тележки на предприятии никто не пытался ее модернизировать. Вес одного корпуса автосцепки примерно 215 кг, а вес самой тележки составляет примерно 1000 кг, в сумме рабочие передвигают около 2 тонн. Для одного работника это очень тяжело. Поэтому перемещение тележки производят 2–3 человека.

Для облегчения работы, и ускорения перемещения тележки с корпусами между цехами предлагается механизировать тележку. А именно установить на тележку электропривод. Для этого необходимо немного изменить конструкцию тележки. Это предполагается выполнить в следующем этапе работы.



Рис. 3. Тележка для автосцепок

Литература:

1. Анализ работы сервисно-локомотивного депо на примере предприятия ООО «ТМХ Сервис» // Олбест. URL: [https://knowledge.allbest.ru/transport/3c0a65625b3ac79b4d53b89521316d27\\_0.html](https://knowledge.allbest.ru/transport/3c0a65625b3ac79b4d53b89521316d27_0.html)
2. Технология ремонта автосцепки СА-3 // Мир Знаний. URL: <http://mirznanii.com/a/220355/tekhnologiya-remonta-avtostseпки-sa-3>

## Образование «синергетического эффекта» в технике переработки пищевых продуктов

Курбанов Жамшед Маджидович, профессор;  
Курбанова Рахима Жамшедовна, старший преподаватель;  
Курбанов Шохрух Жамшедович, магистрант  
Самаркандский институт экономики и сервиса (Узбекистан)

*В данной работе описан механизм образования «синергетического эффекта» в технике на примере переработки пищевых продуктов (сушки плодов и овощей), при взаимодействии электромагнитного поля инфракрасного и сверхвысокочастотного диапазона волн с влагой пищевых продуктов.*

Началом выделения синергетики в отдельное направление научных исследований стал момент, когда Г. Хакен впервые ввел понятие «синергетика», подразумеваемая под этим наука, которая занимается изучением систем, состоящих из большого числа частей, компонентов или подсистем, одним словом, деталей, сложным образом взаимодействующих между собой (1,2).

В настоящее время синергетика характеризуется следующими понятиями: открытая система, самоорганизация,

самоуправление, антопозис, аттрактор, нелинейность, флуктуация, бифуркация, порядок и хаос, когерентность, конволюция, фрактальность, диссипация, многовариантность, альтернативность и другими характеристиками, которые дают перспективность ее использования [3].

Целесообразно указать, что основной целью взаимодействия такого рода систем выступает синергия, т. е. объединенное функционирование двух или более факторов, характеризующееся тем, что оно значительно пре-

восходит эффект каждого отдельно взятого компонента и их суммы (1, 4). Таким образом, «синергетический эффект» — это всегда результат трансформации простых производственных систем в более сложные.

В общем, «синергетический эффект» — это положительный результат деятельности системы относительно результатов ее составляющих. Такой эффект описывается формулой « $2 + 2 = 5$ ». Это означает, что суммарный результат деятельности любой системы больше, чем сумма результатов отдельных организационных элементов этой системы. По своей природе синергетический эффект является организационным эффектом, поэтому задача состоит в том, чтобы найти набор элементов и так соединить их между собой, используя прогрессивные формы организации, при котором синергия обеспечивала бы качественное и количественное увеличение как потенциала, так и результатов функционирования системы и составных частей.

Целью нашей работы является объяснение образования «синергетического эффекта» в технике, как результата бифуркации, флуктуации, диссипации и когерентности (резонанса), возникающего за счет воздействия энергии электромагнитного поля СВЧ, ИК диапазона волн на пищевые продукты.

Известно, что квантовая природа ЭМП наиболее ярко проявляется в СВЧ, ИК видимом и УФ-диапазонах ЭМВ, а также при рентгеновском и гамма-излучениях.

Большинство пищевых продуктов и сред представляет собой несовершенные (реальные) диэлектрики. Они имеют достаточно высокую диэлектрическую проницаемость и низкую электропроводность, обусловленную в основном свободными ионами вещества. Такие среды могут подвергаться обычному нагреву током проводимости и диэлектрическому нагреву, связанному с дипольной, ионной и наведенной поляризацией отрицательных зарядов, атомов и молекул вещества в электрическом поле.

Потери энергии, связанные с дипольной поляризацией, имеют широкий максимум, лежащий для большинства веществ в диапазоне волн с частотой  $f = (10^2 - 10^5)$  МГц (длина волны  $\lambda = 0,3 - 0,003$  м), т. е. в диапазоне волн сверхвысоких частот (СВЧ).

С этой точки зрения диэлектрический нагрев пищевых сред, для которых характерна именно дипольная поляризация, в СВЧ диапазоне волн наиболее предпочтителен.

Диэлектрический нагрев эффективно используют (в целях интенсификации) в различных процессах пищевой технологии, таких как размораживание, варка, бланширование, выпечка, инактивация ферментов, пастеризация и стерилизация, сушка, хлебопечение, поджаривание, дезинсекция, а также для быстрого приготовления пищи.

В целях обоснования эффективности электрофизического метода воздействия на пищевые продукты и образование синергетического «Эффекта» нами были сопоставлены некоторые характеристики СВЧ, ИК, УФ и рентгеновские методы воздействия на влажный материал, в результате чего было выявлено, за счет бифуркации и флуктуации поля критических точек, что происходит диссипация энергии со значительным увеличением плотности теплового потока на поверхности материала. Также наблюдается воздействие ЭМП на состояние влаги в материале, этосказывается в условиях когерентности волн, резонанса частоты внешнего ЭМП и частоты собственных колебаний молекул воды, из-за чего возникает синергетический «Эффект», в свою очередь способствующий появлению технологического и энергетического эффекта (5).

Нами была составлена таблица 1, показывающая сопоставление энергетических характеристик воды со спектром электромагнитного поля, причем нас интересовал энергетический уровень воздействия, т. е. наиболее эффективный метод подвода энергии на пищевые влажные материалы.

Данное сопоставление показало, что из ИК, СВЧ, УФ-методов энергоподвода энергия ИК-излучения равна

Таблица 1. Сопоставление энергии ЭМП с энергетической характеристикой молекулы воды

Энергетические характеристики молекулы воды	Энергия электрофизических воздействий, ЭВ			
	Микроволны $4 \cdot 10^{-5}$	ИК-излучение $4 \cdot 10^{-3} - 0,4$	УФ-излучения 41	Рентгеновские лучи $4 \cdot 10^3$
Энергия нулевого колебания		0,575		
Энергия электронного возбуждения при $=1220\text{А}$			10,0	
Ионизационный потенциал			12,62–18,0	
Энергия диссоциации			5,11–4,4	
Энергия вращательных переходов				
Энергия нижних колебаний переходов		0,035 0,198		
Изменение внутренней энергии при $100^\circ\text{C}$		0,39		
Изменение внутренней энергии при фазовом переходе лед I, лед II при $t=35^\circ\text{C}$	0,00083			

энергии нулевого колебания. Энергия нижних колебаний переходов и энергия изменения внутренней энергии при 100°С является аттрактором и способствует появлению бифуркации, флуктуации, диссипации энергии, а особенности когерентности вызывают резонанс волн и образуют синергетический «Эффект». Поэтому ИК, СВЧ и УФ-методы наиболее приемлемы для нагрева пищевых продуктов при высокоинтенсивной обработке (выпечке, сушки и т. п.).

Если СВЧ электромагнитного поля намного меньше, чем энергия нулевого и нижнего колебания и др., но примерно равна энергии вращательных переходов молекул воды, то энергия УФ-излучения намного больше и приемлема для сопоставления с энергией электронного возбуждения, ионизации и диссоциации молекул воды. Следовательно, изложенные методы электрофизического воздействия за счет синергетического «Эффекта» эффективны при различных видах обработки пищевых продуктов.

По результатам сравнительного анализа процессов можно выделить интенсивный (традиционный нагрев) и высокоинтенсивный (синергетический «Эффект»), способствующий различному темпу прогрева материала и создающий различные тепловые напряжения на поверхности продукта.

В целях определения скорости прогрева (в процессе сушки) методом ИК, СВЧ, ИК-СВЧ, СВЧ-ИК, традици-

онно-конвективный нагрев использовали параболический закон изменения температуры поверхности образцов плодов и овощей, в результате была составлена сводная таблица теплофизических характеристик и расчетов методом А.С. Гинзбурга (6) коэффициента, характеризующего скорость нагревания поверхности (таблица 2).

Целесообразно отметить то, что, для расчета нами были выбраны максимальная температура прогрева плодов и овощей, а также фиксированная продолжительность нагрева (7,8).

По результатам расчета, коэффициент С (скорость нагревания поверхности образца) колеблется: традиционный, конвективный нагрев: от 0,42 до 0,9 и при СВЧ и ИК нагрев от 1,31 до 2,3, в среднем 1,85 К/С<sup>1/2</sup>, что почти в 3 раза больше, чем традиционный нагрев в процессе сушки плодов и овощей.

Предел колебания коэффициента С зависит также от вида нагреваемого образца, от способа нагрева, а также от конструктивных особенностей аппаратов, где они нагреваются и т. п.

Из вышеизложенного можно отметить то, что образование синергетического «Эффекта» в технике переработки пищевых продуктов действительно высоко интенсифицирует процесс тепловой обработки и способствует технологическому и энергетическому эффекту.

Таблица 2. Сводная таблица расчета коэффициента, характеризующего скорость нагревания поверхности

№	Наименование плодов и овощей	Метод начального импульса (НИ)	T <sub>max</sub> , К	τ <sub>max</sub> , мин.	λ, Вт/МК	q <sub>1</sub> , М <sup>2</sup>	C <sub>0</sub> , Дж/кгК	ρ, Кг/М <sup>3</sup>	cρ10 <sup>-6</sup> Дж/М <sup>3</sup> К	C, К/С <sup>1/2</sup>
1	Виноград (рад. сол. сушка)	Конвект.	355	30	0,52	5,2	3790	1010	3,9	0,42
		ИК	365	25	0,52	2,6	3790	1010	3,9	1,31
2	Айва (рад. сушка)	Конвект.	353	35	0,46	2,5	3560	955	3,8	0,9
3	Яблоки (т. р. сушка)	ИК	353	35	0,50	1,2	4020	890	3,1	1,48
		СВЧ кон.	392	2	0,50	4,9	4020	890	3,6	1,33
4	Абрикосы	СВЧ.	341	15	0,51	4,3	3768	950	3,6	1,48
		ИК	348	2	0,48	4,2	3768	960	3,6	1,4
5	Вишня	ИК-СВЧ	347	2,5	0,51	4,4	3790	1090	4,1	1,6
		СВЧ-ИК.	383	2–8	0,48	4,6	3790	1090	4,1	1,48
6	Персики	СВЧ.	341	30	0,58	4,9	3810	930	3,5	1,23
		ИК.	338	30	0,51	4,6	3810	1010	3,8	1,4
7	Груша	СВЧ.	378	15–30	0,47	4,4	3810	1010	3,8	1,6
		ИК-СВЧ.	344	3/4	0,49	4,2	3680	980	3,6	1,5
8	Слива	ИК-СВЧ.	373	1–2	0,49	4,6	3680	980	3,6	1,7
		СВЧ.	363	2–3	0,58	4,8	3515	986	3,5	1,5
9	Картофель	СВЧ.	363	2–3	0,58	4,8	3515	986	3,5	1,5
		ИК вакуу	343		0,58	4,3	3515	986	3,5	1,34
10	Свекла	ИК.	363	2–3	0,47	4,3	3900	650	2,5	2,3
11	Морковь	СВЧ.	363	2	0,60	4,4	3936	1040	4,1	1,14
12	Капуста	ИК.	359	3–5	0,34	3,1	3894	700	2,7	2,13

Литература:

1. Ансофф, И. Новая корпоративная стратегия / И. Ансофф / пер. с англ.; под ред. Ю. Н. Каптуревского. — СПб.: Питер, 1999. — 416 с.
2. Мироненко, В.Н. О синергетическом эффекте и его использовании при управлении развитием компании. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.pro Frost.ru/papers/110.html>.
3. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен. — М.: Мир, 1985. — 419 с.
4. Курбанова, М.Ж. — Интенсификация тепло-массообменных процессов начальным импульсным энергоподводом. Монография. Самарканд: ГП издательство «Zarafshon» — 2017. 136 с.
5. Kurbanova, M.J., Dodaev K.O., Kurbanov J.M. Thermochemical techniques of processing the initial impulse in technology of drying fruits and vegetables // Austrian journal of technical and natural sciences. Vienna, 2016. — № 5–6. — P. 20–24. (02.00.00; № 12).
6. Курбанова, М.Ж., Додаев К.О., Курбанов Ж.М. Исследование процесса сушки плодов яблок СВЧ-конвективным способом // Пищевая промышленность. — Москва, 2015. — № 10. — С. 19–21.
7. Курбанова, М.Ж., Додаев К.О. Интенсификация сушки плодов и овощей с применением начального импульса // Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефте-газовой и пищевой промышленности. Ташкент, 2016. -с. 36–38.
8. Курбанова, М.Ж. Смысловой анализ процессов обработки пищевых продуктов начальным импульсом // Международная научно-практическая конференция. 22-декабря 2016 г, Часть 3, Стерлитамак, Россия. — С. 98–104.

## Improvement of the method for determining of technical condition of the service company

Kurbanova Rahima Jamshedovna, senior teacher  
Samarkand Institute of Economics and Service (Uzbekistan)

First criterion of services in service companies providing services is their comprehensive modernization. In this regard, technological upgrading of enterprises takes an important place. Technical modernization means the introduction of «new (the innovative) technology» in production is the first place.

«New technology» is the result of scientific and technological victories. In the country as compared to the previously known and a prototype or analog using this growing power production and meet the needs of society as a product of high interest.

Therefore, in the enterprise, where services are provided service to a new technology (and new technology), it need to look not only as a new product and a new object of exploitation, but also in a broader sense.

«New technology» if it is a new product in the producing company, the company becomes a new object of exploitation for user. Therefore, from time to time it need to change the pace, power resources of scientific and technological progress and clarify effective rate, which is considered a crucial vehicle for enhancing the process.

To increase the utilization of new technologies in production, of course, the following is important: the optimality of its key indicators, the quality of the structure and technology, the conditions of its implementation and condition are important.

When people talk about the technical condition of enterprise's technology, they understand the assessment of baseline production towards improved by comparison and relativity. The main mission is the relative improvement of products to comply with the intended functional definitions. However, you can learn planning techniques, quality improvement and compliance with international standards. If you are comparing products with the definition of customer value and social need, it need to be understood as the technical and economic level. That is, on the one way, if it is possible to assess the using and replacement of one another, and to compare it with the other way, the definition of social labor expended in its creation and using [1].

At the present, the regulations (GOST, OST, GOST 15467–79) in determining the technical state compares the main technical and economic indicators of production. However, this state indicates that the theory is not improved and this approach is often not possible to compare with samples issued abroad.

If the technical conditions of production economics indiscriminately is characterized as improved, the technical and economic level linked to economic performance and knowing the technical development, then we can compare the technical level with foreign models completely.

At present, in many cases, the method of the experiment, that is, in the opinion of the research team with the exchange of some other equipment remains without solution accurate measurement. Such a state, all the time does not address the issue properly and as a result profitability may be negatively affected.

This task on a large industrial power plants can be solved in modeling and measurements in different ways. Technical grade products in many parameters, seen as a function and is calculated. That is, the  $j$  — technical conditions of production is determined by the parameters [2]  $X_i (i=1, n)$ :

$$K_{i0j} = \varphi(x'_{ij}; x'_{i0}; a_i) \tag{1}$$

Here:  $x'_{i0}$  — i- basic assessment rate;  
 $a_i$  — i- Benefit's rate.

If you will assess the technical business degree, then it has to be taken into account and additional economic indicators. The coefficient of the technical and economic level will be:

$$K_{i0} = \psi(x'_{ij}; x'_{i0}; Z_{lj}; Z_{l0}), \tag{2}$$

Here:  $Z_{lj}$  — industry costs. ( $l=1, 1$ )

In this mathematical model, the degree of technical and techno-economic level of each other is not opposed, but rather can make each other.

We believe in the assessment of modernization should use both models. Because, if the technical level shows enterprise's level, technical and economic level shows a direct link Profitability.

According to the calculation of technical and techno-economic level there are many views. In the calculation of the technical and economic level, we considered the most widely used method [3]:

- in determining of technical and economic indicators with the help of experts or other means should be to determine the coefficient advantage
- choose to calculate the main parameters, such as natural indicators (relative material compatibility, relative power consumption) and the estimated value of the relative, the relative real costs. As a general indicator of the degree of technical and economic performance discount is available to take the costs of labor;
- integrated technical and economic indicators of the degree to GOST 15467–70 and integrated quality approach each other;
- lagging performance of the new machine from the average degree of the industry with the expiration of a few years, is understood as the technical and economic level;
- in determining the technical and economic level to determine the corresponding value of consumption to labor costs;
- in determining the degree of technical comparison with the world advanced manufacturing in this industry.

Similarly, in determining the degree of technical use different methods. For example, in industrial plants for the production of electronic equipment and instrumentation it offers following:

- the calculation using the generalized complex indices;
- when you are choosing integrated indicators with statistical indicators of primary bond or advantage [4];
- in determining the degree of technical  $K_{td}(t+t) > K_{td1}(t)$  the conditions determined on the primary;
- in any device, equipment should be selected key parameters;
- for comparing the election and require basic equipment designs;
- If  $K_{td}$  overall, the expression to the primary indicators will be  $K_{TD}(x_i, a_i)$  and  $K_{td}$ , select the largest. [5]

In calculating the overall technical level when compared to the primary, the calculations will be more accurate, that is necessary to take the ratio  $K_{td}(x_{ij}, a_i)$  to  $K_{tdb}(x_{ij}, a_i)$ . If the multiplicative form,  $K_{tdj} / K_{tdb}$  the additive function is as follows:

$$\sum_i a_i \frac{x'_{ij}}{x'_{ia}} \neq \frac{\sum_i a_i x'_{ij}}{\sum_i a_i x'_{ia}} \tag{3}$$

If (4) the device to model the total cost of technical degree, then for determine the actual value of the condition scale is required to be:

$$\frac{K_{tdir}}{K_{tdif}} = constV \tag{4}$$

$$j = \overline{1, m}; r = \overline{1, R} \ell = \overline{1, R}$$

Actually it performs the following relationship:

$$K_{tdi}^* = \alpha K_{tdir} = \beta K_{tdif} \tag{5}$$

Here: —  $K_{tdi}^*$  generalized version of the actual value of the cost

—  $\alpha \beta$  characterizing factor of scale models.

Analysis of constructed mathematical models of technical equipment and tool's degree showed that the implementation of the above conditions in relation to the widely used (especially in the sector instrument) qualimetry following models are available:

$$K_{td} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot P_i \tag{6}$$

$$K_{td} = \prod_{i=1}^n a_i \cdot P_i^{a_i} \tag{7}$$

$$Ktd = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n a_i \cdot P_i} \tag{8}$$

$$K_{td} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot P_i^{a_i} \tag{9}$$

$$K_{td} = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2 (1 - q_i)^2} \tag{10}$$

(6) — (9) function(x<sub>i</sub>) the absolute, the same (q<sub>j</sub>) for primary relative indicators (10) function is only relative values for (6) functions to implement the terms of scaling is applied (4) is:

$$a_{ir} = \gamma \frac{x'_{ir}}{x'_{i\ell}} a_{i\ell} \tag{11}$$

Here:  $\gamma$  — factor to calculate the value's total cost (K<sub>td</sub>) of the real technical degree;

In many cases, if  $\gamma = 1$ , then K<sub>td</sub>=K\*<sub>td</sub>.

When you are selecting equipment recorded and dynamics of the technical degree (at the time), and therefore the dynamics of technical degree are determined.

To determine the dynamics of the technical degree of tools and equipment, that is, measuring of change in time use the following formula:

$$K_{\tau\mu}(t) = \frac{1}{1 + d \exp[-\alpha(t - t_0)]} \tag{12}$$

Here: if it is time K<sub>td</sub>(t<sub>0</sub>) = K<sub>td0</sub> will be factor

$$d = \frac{1 - K_{td0}}{K_{td0}} \tag{13}$$

The same:

$$\alpha = \frac{\ln \left( \frac{1 - K_{td1}}{K_{td1}} \right)}{t_1 - t_0} \tag{14}$$

To determine and year (time) when a new instrument is used according to expert opinion is determined by K, this factor is determined, and it is concluded. Here sometimes not to improve the accuracy of expert judgment used indicators of multi-factor models. For example, they may have the expression

$$\text{For the group A: } K_{td} = 0,98 \cdot q_1^{0,27} \cdot q_2^{0,027} \cdot q_3^{0,039} \cdot q_4^{0,021} \cdot q_5^{0,018}$$

$$R = 0,798; \delta = 2,91 \% ; F_1 = 8,41; F_2 = 2,14$$

$$\text{For the group B: } K_{\tau\mu} = 0,90 \cdot q_1^{0,042} \cdot q_2^{0,026} \cdot q_3^{0,018}$$

$$R = 0,93; \delta = 3,2 \% ; F_1 = 10,1; F_2 = 8,8$$

Here

– Group A: q<sub>1</sub> — Operating temperature; q<sub>2</sub> — voltage operating voltage range; q<sub>3</sub> — changing the voltage on the different states; q<sub>5</sub> — further term.



– For the group:  $q_1$  - Measuring range;  $q_2$  - Accuracy class;  $q_3$  — the rate of change;  $R$  — the correlation coefficient;  $\delta$  — standard deviation;  $F$  — coefficient Fisher.

From these it is clear that for each instrument or group of instruments Multivariate regression primary indicators will increase the accuracy of its calculations, but the calculation process is complicated and reduces its effectiveness.

In the same way, this method is used for microprocessors:

$$K_{td} = \left[ \sum_{i=1}^l \beta_l \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_{il} \frac{x_{il}}{x_{l0}} + \Delta S \right] K_{no} \tag{15}$$

Here:

$\beta_l$  — Weighting element  $l$  of the microprocessor;

$i$  — The primary indicator;

$l$  — The element weight to factor;

$l = \overline{1, L_S}$  — The structure of a set S;

$\alpha_{il}$  —  $i$  — a primary indicator;  $l$  — weight to the element ratio;

$\Delta S$  — Peer-review the development of architecture set S;

$K_{nos}$  — The degree of programmability of the set S.

In addition, there is a method of cluster analysis, it is calculated proximity indicators comparisons across groups dendrogrammy.

We have considered the analysis of the various methods used to update tselyu equipment (tools, equipment, products, etc.) used in various industries.

The analysis shows that these methods are suitable only for individual or groups of similar, but their use within the plant equipment in this form for a complex and innovative updates and technical base leads to complex calculations.

Therefore, mainly for services with the use of industrial methods of calculations and computations technical performance of service companies offer the following:

1. Grouping base of the company on key indicators. Each group must calculate the  $K_{tn}$  — coefficient of technical degree and their average — a mathematical value must be taken as a technical degree of business:

$$K_{ktl} = \left[ \frac{\sum_{n=i}^j K_{tdij}}{n} \right] \tag{16}$$

Here:

$n$  — The number of groups;

3.  $\overline{K_{tdij}}$  — The average value of the calculated level of technical objects (machinery, equipment, etc.) from each group.

$$K_{ktl} = \left[ \frac{\sum_{n=i}^j K_{tdis}}{n} \right] \tag{17}$$

Here:

$n$  — the number of objects in the group.

$K_{tdis}$  -coefficient of technical degree objects (tools, equipment, products, etc.). To calculate the chosen formula (4), and for the scale of the formula  $K_{tdij}$  (11), i.e validity will be considered the main indicators of computational objects (tools, equipment, products, and so do you).

4. To determine the dynamics of enterprise technical degree coefficient  $Ktd$  calculated on the basis of the formulas (13) and (14) will determine the dynamic coefficients.

## References:

1. Yampolsky S. M., Galuza S. G., The economic problems of management of scientific and technical progress. — Kiev: Nukova Dumka. — 1976. p-364
2. Terekhin V. I., Improving the Efficiency of the new technology. — Moscow: The Economy. 1987. p-50
3. Rozenplenter A. E., Shirokoryadova B. Basics of creating a new technical. -Kiev: Vishcha School, Prague dim, 1984. — p-45
4. Pogozhev I. B., «Summary measures of development programs of ACS and Operations Research. — Novosibirsk: Publishing Computing Center, 1976. p-88
5. Abdukarimov B. A., «Trade economics». Tashkent: 2013. -p-65.

## Транспортные проблемы в городе

Логинова Виктория Андреевна, студент  
Государственный университет по землеустройству (г. Москва)

*Ключевые слова:* транспорт, движение, проблема транспортного обслуживания.

Сегодняшний город — это скопище на сравнительно небольшой местности каких-либо строений (жилых нежилых зданий), промышленных заводов и предприятий, управленческих, медицинских и культурных учреждений. Город считается узлом железных дорог и автодорог. Полноценная жизнь в городе зависит от того, в какой степени в нем налажен автотранспортный сервис.

Е. М. Лобанов писал: «Современное городское движение ставит перед архитекторами, строителями дорог и работниками транспорта задачи, от решения которых зависят не только характеристики работы городского транспорта, но и развитие самого города. Именно поэтому в современном градостроительстве сформировалось новое направление в разработке и оценке транспортных качеств всей планировки города, получившее название транспортной планировки городов. Это направление охватывает комплекс транспортных, строительных, планировочных и природоохранных мероприятий. Их цель — создание рациональной структуры улично-дорожной сети, наилучшим образом решающей проблему транспортного обслуживания населения города.

Основная суть транспортной проблемы зависит от величины города. Этому две причины. Первая — повышение с укрупнением города плотности расселения, вторая — увеличение площади города и удлинение городских путей сообщения. Обе эти причины приводят к одному следствию: увеличению числа находящихся в городе автомобилей, которым требуется большая площадь для стоянок и густая сеть улиц с высокой пропускной способностью» [1, с. 240].

Также, в продолжении, говоря об этой проблеме Е. М. Лобанов замечает: «Основным преимуществом использования легковых автомобилей для поездок в го-

родах является комфорт поездки и большая, по сравнению с общественным транспортом, скорость сообщения. Что касается такого преимущества легкового автомобиля, как поездка на нем «от двери до двери», то в условиях многоэтажного жилищного строительства и размещения мест труда в крупных производственных и административных зданиях стоянки для хранения автомобилей решаются в виде крупных многоярусных сооружений. В этом случае время, необходимое для того чтобы поставить автомобиль на стоянку и взять его оттуда, становится сравнимым со временем подхода к остановке общественного транспорта и временем отхода от остановки» [1, с. 240].

Основным обстоятельством повышения удобства поездки в социальном (общественном) транспорте считается сокращение наполняемости его подвижного состава до нормы — три стоящих человека на 1 м<sup>2</sup> незанятой площади пола во время наивысшей нагрузки транспорта.

Этот принцип дает вероятность поездки на местах, где должны сидеть пассажиры, которые совершают достаточно удаленные поездки, а не в часы пик — для всех пассажиров. В нашей стране такие условия передвижения на транспорте уже предоставляются, но только на маршрутах наземного транспорта, доставляющего пассажиров к метро и остановкам.

С обеспечением наибольшего удобства передвижения на транспорте объединены такие формы организации поездок социального транспорта как: — привоз людей, которые работают по принципу «дом — работа, работа — дом» — это, например, доставка рабочих с какого-либо строящегося объекта до места проживания; — создание передвижения транспорта с незначительным, но постоянным количеством пассажиров. Для поездок используют такие транспортные средства как, автобусы небольшой

вместимости, но только с сидячими местами. Остановочные пункты не устанавливаются и производятся только по просьбе пассажиров при постоянстве трассы маршрута и его конечных пунктов.

Эти две формы организации поездки на общественном транспорте дают комфортабельный перевоз пассажиров, и, соответственно, у городских людей появляется больше времени на передвижение.

Также, по мнению Е. М. Лобанова: «К действенным мероприятиям по снижению затрат времени при поездке на общественном транспорте относятся различные формы координации работы скоростных видов общественного транспорта с его обычными, нескоростными видами. Такая координация осуществляется следующими способами:

1. Наземный транспорт подвозит пассажиров к линии рельсового скоростного транспорта; координация в этом случае осуществляется совмещением конечных станций с обеспечением удобных пересадок и увязкой расписания движения; при параллельных линиях наземного и скоростного транспорта координация осуществляется рациональным размещением промежуточных остановочных пунктов и согласованием расписания.

2. Если рельсовый скоростной транспорт имеет неравномерно распределенные по длине линии пассажиропотоки, то наземные виды транспорта дублируют скоростные на участках с наиболее мощными пассажиропотоками.

3. Организация системы скорых (полуэкспрессных) автобусных маршрутов, дублирующих основные маршруты. Остановки скорых маршрутов размещаются в местах с большим пассажирооборотом. Сокращение времени поездки происходит как за счет увеличения скорости в связи с большим расстоянием между остановочными пунктами, так и за счет сокращения времени задержек на остановочных пунктах, число которых значительно уменьшается» [1, с. 240].

Литература:

1. Е. М. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов — М.: Транспорт, 1990. —240 с.

Кроме всего вышперечисленного, важная значимость в уменьшении времени передвижения на общественном транспорте — это скорость движения самого транспорта на дорогах местности, зависящая от плотности потоков транспорта.

В данный момент в городах используются такие виды ограничения движения легковых машин, например, запрещают стоянки легковым автомобилям на правых крайних полосах. По этим крайним полосам обычно движется общественный транспорт. Помимо правых крайних полос запрещают автомобилям движение и в двух правых рядах, которые в принципе предназначены для передвижения социального транспорта.

Для того, чтобы уменьшить время, которое люди тратят на поездку на наземном общественном транспорте при движении без пересадок, нужно использовать следующие методы:

- увеличение плотности транспортного сервиса, для того чтобы уменьшить время, которое люди тратят на дорогу к остановочным пунктам;

- введение в городах (особенно в центрах больших городов) отдельные полосы улиц, где передвигаться будет только общественный транспорт.

В общем, когда происходит движение нескольких видов общественного транспорта, получается, что есть возможность уменьшить время поездки благодаря целесообразной организации пересадок, а также благодаря времени, которое люди проводят в ожидании транспорта при пересадке путем согласования расписания по прибытию и отправлению.

Я думаю, что главная цель градостроительного проектирования — это разделение пешеходных и транспортных потоков в пространстве и времени при удобном транспортном обслуживании. Разделение пешеходов и транспорта в значительной степени поможет сократить количество дорожно-транспортных происшествий.

## Совершенствование организации перевозок с помощью автоматизации складских помещений

Малфыгина Ольга Николаевна, студент магистратуры;  
Романюк Анастасия Витальевна, студент магистратуры  
Государственный университет управления (г. Москва)

*В статье представлен один из путей совершенствования организации ООО «ПЭК», такой как автоматизация управления процессами складов. Рассмотрены основные аргументы, обосновывающие целесообразность внедрения данного новшества. Разобраны отличительные особенности именно для транспортных потоков на территории организации. Представлены основные преимущества применения программного обеспечения по автоматизации в организации.*

**Ключевые слова:** система WMS, автоматизация, управления процессами складов, складской комплекс, складские операции, логистическая система, транспортные потоки.

Сегодня многие транспортно-логистические компании используют систему WMS (Warehouse Management System), которая систематизирует хранение, расположение и сортировку грузов на складе. Это программное обеспечение предназначено для автоматизации управления процессами склада и работы складского комплекса в целом. Функционал WMS разрешает пользователям централизованно, с применением рабочих станций и радиотерминалов выполнять складские операции. Эксплуатация склада с внедрением системы осуществляется просто и эффективно, позволяя свести к минимуму потери при выполнении складских операций.

При использовании данной системы компания получает большие преимущества при обслуживании клиентов, такие как:

— доставка заказов осуществляется в установленные сроки и без задержек, этому способствует то, что WMS содержит точную информацию о местоположении груза и обеспечивает возможность быстрой сборки необходимого товара в нужном количестве;

— обеспечивается управление процессами и контроль выполнения складских операций (приёмки, перемещения, хранения, комплектации, отгрузки и т. д.) благодаря тому, что WMS-система применяется для автоматизации работы склада;

— обеспечивается полная прозрачность данных в цепочке поставок всей компании благодаря тому, что WMS интегрируется с учетными программами организации.

Адаптивность и широта настроек позволяет компании постепенно создать свою собственную логистическую систему, отражающую индивидуальные потребности для управления транспортно-логистическим бизнесом. Основные возможности WMS-системы в организации представлены в таблице 1.

Чтобы автоматизировать склад необходимо в первую очередь разобраться с тем, что происходит на территории организации. Поэтому для того чтобы не создавать заторов на стоянке компании, в местах погрузки и выгрузки, надо наладить транспортные потоки на территории ООО

«ПЭК». Для этого перед въездом в организацию необходимо настроить электронные терминалы, которые распознают транспортное средство по государственному номеру автомобиля. Они должны быть настроены таким образом:

1. Водитель прикладывает карточку к электронному терминалу и получает талон, в котором содержится порядковый номер на стоянке и номер электронной очереди;

2. Водитель ждет на стоянке смс-оповещение или дублирующий звонок, в которых будет содержаться информация о том, на какой пандус ему необходимо подъехать, для сдачи/забора груза. В отсутствие очереди водитель получит это оповещение сразу после въезда на территорию.

3. На пандусе водитель получает квитанцию о сдаче/заборе груза с уникальным кодом (индексом);

4. Пока машину выгружают/загружают водитель отправляется в офис для оформления документов по квитанции;

5. Водитель забирает машину с пандуса и выезжает с территории.

Именно обучение совмещается с началом эксплуатации автоматического склада. Кратко описание работы автоматизированного склада представлено ниже.

После того, как сотрудник склада принял грузовое место от клиента, он крепит к нему уникальный штрих-код (индекс), сканирует его и отправляет на конвейер, который в свою очередь транспортирует груз к автоматическому складу. Он, в свою очередь, приняв грузовое место определяет его в готовящуюся к отправке партию. В какую из партий определить тот или иной груз склад понимает из команды, которая ему поступила от сотрудника склада после сканирования перед конвейером. Таким образом, партии для отправки в различные страны и города создаются сразу в ходе приема товаров, без участия грузчиков.

Когда какая-то партия будет готова к отправке, склад начнет выдавать груз на конвейер, который дальше займется транспортировкой товара на тот пандус, где ожидается погрузки назначенный автомобиль. После загрузки и пломбировки транспортное средство незамедлительно на-

Таблица 1. Основные возможности WMS-системы

Возможность	Описание
Совершенствование процесса приёма груза	Система управляет работой склада по предварительно настроенным процессам, выполнение которых является обязательным условием при осуществлении всех операций, в том числе и приёма груза. Процесс приёма может быть настроен по требованиям пользователей WMS, но основной задачей системы при этом все же должно оставаться обеспечение приёма груза с минимальными ошибками, экономя при этом время на выполнение операции выгрузки транспортного средства. WMS ведет учет груза, предоставляя актуальную информацию о его количестве, позволяет минимизировать остатки на складе
Экономия складского пространства и бесперебойная работа склада	Возможность достигается за счет оптимального распределения и хранения запасов. Система предоставляет различные эффективные схемы хранения грузов, учитывающие их вес, объём, характер груза и т. д. Это позволяет организовать процесс хранения таким образом, что более востребованные или тяжелые грузы будут располагаться ближе к зоне отгрузки или грузы, отгружаемые вместе, будут храниться рядом друг с другом, за счет чего времени для его обработки потребуется гораздо меньше. Учет многочисленных факторов хранения обеспечивает эффективную работу склада
Автоматизация большинства процессов работы склада	WMS включает в себя автоматизацию большинства процессов работы склада, устраняя необходимость ведения бумажного документооборота, требующего значительных ресурсов, предоставляя всем пользователям общий доступ к базе данных, обеспечивая работников необходимой информацией для быстрой и качественной работы
Обеспечение качественной сборки заказов	WMS обеспечит, чтобы правильно собранный заказ был доставлен по верному адресу в нужное время
Повышение качества обслуживания клиентов	Возможность достигается за счет быстрой и безошибочной обработки заказов грузоотправителей и их своевременной доставки. Высокое качество обслуживания повышает конкурентоспособность компании, позволяет формировать лояльность текущих заказчиков и привлекать новых клиентов
Контроль производительности персонала	По результатам анализа данных производительности труда, доступного в автоматизированной системе складского учета можно принимать наиболее оптимальные управленческие решения, такого например, как оперативного перераспределения нагрузки путем направления сотрудников из других рабочих зон

правляется сразу к складу-грузополучателю, т. к. весь документооборот будет в электронном виде.

На складе выгрузки дождавшись своей очереди водитель паркуется на выгрузку, где в дело вступает телескопический конвейер, который начинает выгружать и передавать груз конвейеру-транспортировщику. Дальше груз поступает в склад карусельного или лифтового типа, где распределяется по своим местам после сканирования кодов на грузе, также, как и после приёма.

Таким образом, автоматический склад позволяет существенно сократить рабочую силу, исключает ошибки чело-

веческого фактора, увеличивает скорость всех складских операций, экономит пространство складского помещения, уменьшает время погрузочно-разгрузочных работ, что влечет за собой уменьшение срока доставки и положительный настрой клиентов, упрощает документооборот, а также увеличивает производительность компании в целом.

Автоматизация склада — это очередная ступень развития организации, которая поможет повысить показатель эффективности её деятельности, а также уменьшить издержки путем максимальной оптимизации бизнес-процессов.

Литература:

1. Красильникова, О. А., Юматов М. С. Совершенствование организации автомобильных перевозок // Международный студенческий научный вестник. — 2015. — № 3–2. — с. 289–290;
2. Менеджмент на транспорте: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Н. Н. Громов, В. А. Персианов, Н. С. Усков и др.; под общей редакцией Н. Н. Громова, В. А. Персианова. — 4-е издание — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 528 с.
3. Официальный сайт ООО «ПЭК» <https://pecom.ru/>
4. Официальный сайт Министерства Транспорта РФ — [www.mintrans.ru](http://www.mintrans.ru)

## Разработка лабораторного стенда для изучения работы с модулями ввода-вывода промышленного контроллера на базе ПЛК-110

Митин Владислав Андреевич, студент;

Научный руководитель: Савчиц Артем Вячеславович, кандидат технических наук, доцент  
Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Современные экономические реалии и быстрое развитие техники и информационных технологий требуют от выпускников технических вузов соответствующего уровня теоретических знаний и практических навыков. Это достигается рациональным сочетанием лекционных занятий и лабораторных практикумов в процессе обучения, что, в свою очередь, требует постоянной модернизации материально-технической базы учебных лабораторий.

Одним из лучших способов обучения, несомненно, является использование специальных лабораторных установок и комплексов, построенных на них. Благодаря им учебный процесс становится более увлекательным и позволяет улучшить понимание технической базы средств автоматизации, отточить практические навыки работы с алгоритмическим и программным обеспечением автоматизированных систем.

Учебные лабораторные стенды созданы для организации полноценного обучения студентов и проведения исследовательских работ. Эта техника позволяет будущим специалистам получить не только теоретические, но и практические навыки работы. Только учебные лабораторные стенды позволяют без возможного вреда для здоровья, и максимально приближенно к реальности, получить навыки работы с реальными объектами управления, параллельно изучая основы построения и новые технологии АСУ ТП. Симуляция позволяет проводить различные испытания АСУ, гибко перестраивать объекты управления и ее КИПиА под различные варианты исполнения.

Для обучения студентов работе с современными программируемыми логическими контроллерами, а также модулями расширения, был разработан новый учебный стенд на базе контроллера ПЛК-110 фирмы ОВЕН.

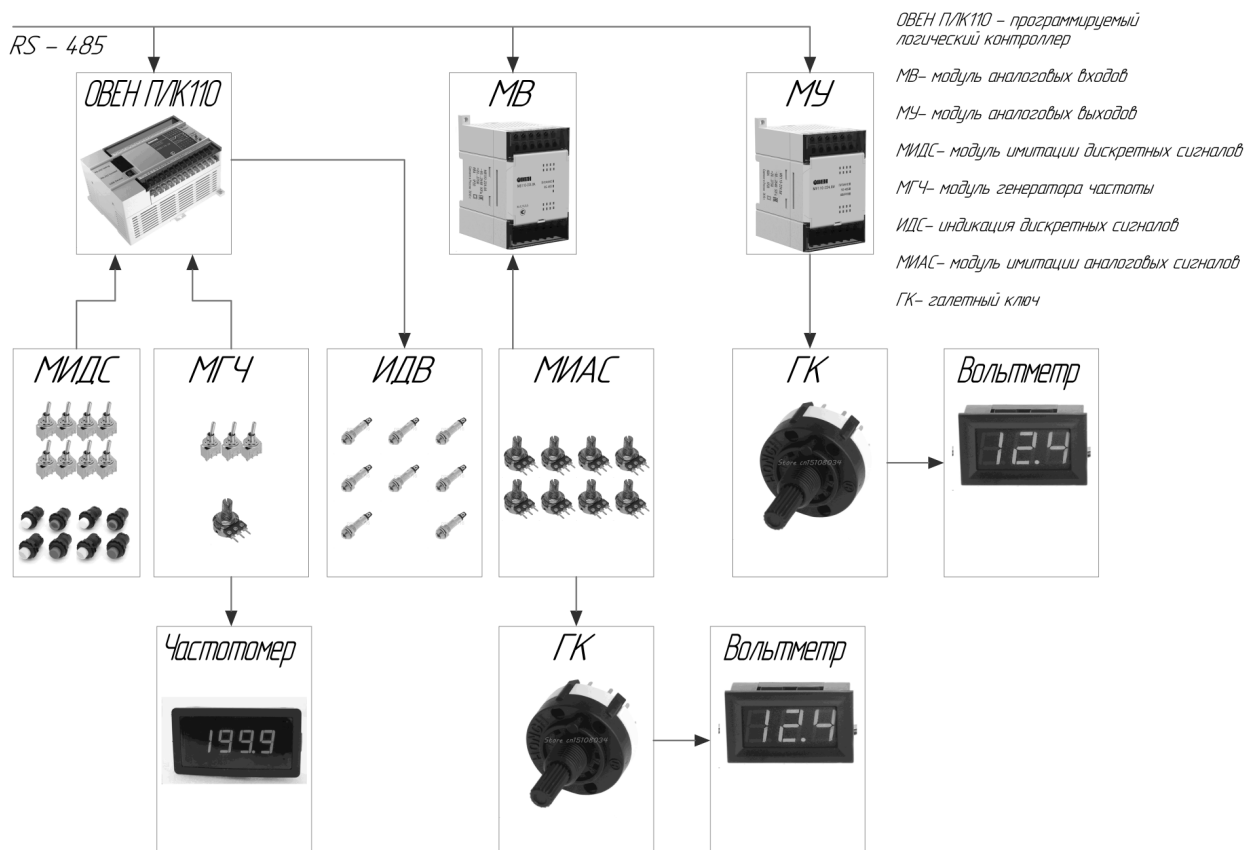


Рис. 1. Структурная схема лабораторной установки

Контроллер имеет дискретные входы и выходы, но не имеет аналоговых входов и выходов, поэтому к контроллеру по промышленному интерфейсу RS-485 подключены модули расширения:

- модуль аналоговых входов МВ110—8А;
- модуль аналоговых выходов МВ110—8И.

К контроллеру подключены имитаторы аналоговых и дискретных сигналов, которые позволяют подавать на него аналоговые и дискретные сигналы, а также имитировать обрыв измерительной линии.

В стенде присутствует генератор частоты, позволяющий генерировать ШИМ-сигналы, подаваемые на быстросрабатывающие входы контроллера.

Помимо светодиодной индикации, расположенной на передней панели контроллера, реализованы:

- индикация дискретных выходов;
- отображение значений имитируемых аналоговых сигналов;
- отображение значений выходных аналоговых сигналов;
- отображение значений частоты генерируемых ШИМ-сигналов;

Литература:

1. Майер, Р.В. Основы электроники. Курс лекций: Учебно-методическое пособие. — Глазов: ГГПИ, 2011. 80 с.
2. Герке, А. Р. Роль и задачи подготовки студентов в лаборатории измерительных приборов современных технологических производств / Герке А. Р., Лира А. В. // Вестник Казан. технол. ун-та — 2013. — Т. 16, № 2. — с. 276—278.
3. Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП: Методическое пособие. Книга 2. — СПб.: Издательство ДЕАН, 2009. 944 с.
4. Николаенко, С. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. Пособие / Николаенко С. А., Цокур Д. С., Харченко Д. П., Волошин А. П. — Краснодар: Изд-во ООО «КРОН», 2016. — 218 с.
5. Преобразователь частоты. Устройство, принцип работы, схемы управления и расчеты преобразователя частоты, инвертора. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.eti.su/articles/elektroprivod/elektroprivod\\_776.html](http://www.eti.su/articles/elektroprivod/elektroprivod_776.html) / (Дата обращения 20.04.2018)

— отображение значений частоты выходных ШИМ-сигналов.

Структурная схема лабораторной установки представлена на Рис. 1.

ЭВМ, подключенная к контроллеру, позволяет как показать визуализацию технологического процесса, так и позволяет студентам получить практические навыки работы с такими SCADA-системами, как ОВЕН Телемеханика ЛАЙТ, MasterSCADA и TraceMode.

Стенд позволяет изучать принципы программирования с использованием различных языков программирования МЭК 6—1131—3 и программного пакета CoDeSys. При работе со стендом студенты налаживают полный интерфейс для оператора с использованием ПК, разрабатывают собственные программы и отлаживают их на контроллере.

Стенд является универсальным, с достаточно большим набором возможностей, поэтому на его базе можно построить целый комплекс лабораторных работ для полноценного обучения студентов или для научно-исследовательской деятельности.

## Использование теории L-систем в автоматизированных системах управления персоналом

Мордвинкин Никита Андреевич, студент магистратуры  
Рязанский государственный радиотехнический университет

Сегодня довольно сложно представить деятельность более-менее крупного предприятия без разного рода систем, позволяющих автоматизировать те или иные процессы, протекающие там. Одним из таких процессов является управление персоналом, автоматизация которого достигается за счет внедрения и использования различных систем управления персоналом. В данной статье предлагается к рассмотрению возможность использования те-

ории L-систем при проектировании систем управления персоналом в части оплаты труда.

Свою историю L-системы или, как их ещё называют, системы Линденмайера начинают в 1968 году в работах венгерского ботаника и биолога Аристиды Линденмайера. В своих трудах Линденмайер изложил оригинальный способ моделирования роста клеток и растений [1], описание которого представлено ниже.

Система Линденмайера представляет собой кортеж вида  $G = (V, \omega, P)$ , где:

$V$  — это алфавит системы, т. е. некое множество символов, содержащее как переменные (такие элементы, которые могут быть заменены), так и константы;

$\omega$  — аксиома (строка, состоящая из элементов множества  $V$ , задающая начальное состояние системы);

$P$  — множество правил, по которым одни элементы множества  $V$  заменяются другими.

Далее, на основе кортежа, последовательно выполняются следующие этапы:

- 1) выбирается какая-либо аксиома;
- 2) к аксиоме применяются правила, в результате чего получается некоторое выражение;
- 3) к получившемуся выражению снова применяется набор правил;
- 4) третий пункт выполняется итеративно.

Рассмотрим небольшой пример.

Пусть  $V = \{A, B, \bar{A}\}$ ;

$P = \{A \rightarrow BB, B \rightarrow AB, \bar{A} \rightarrow A\}$ .

- 1) берем аксиому:  $A$
- 2) применяем правила:  $A \rightarrow BB$
- 3) к « $BB$ » опять применяем набор правил:  $BB \rightarrow ABAB$
- 4) к « $ABAB$ » опять применяем правила:  $ABAB \rightarrow BBAABBAB$
- 5) и т. д.
- 6) Этот подход может быть применим к системам управления персоналом.

На сегодняшний день можно встретить немало определений автоматизированной системы управления персоналом (АС УП). Здесь и далее под АС УП мы будем подразумевать некое прикладное программное обеспечение, служащее для автоматизации таких видов деятельности организации как кадровое делопроизводство, расчёт заработной платы и организацию штатного расписания [2].

Одной из проблемных компонентом в таких системах является организация подсистемы расчетов. Проблемной она является потому, что в любой организации может существовать не один десяток, а то и сотни различных выплат: начиная от зарплаты и премии и заканчивая оплатой по договорам гражданско-правового характера, оплатой за работу в выходной день и т. д. Соответственно для каждой такой выплаты должен быть реализован алгоритм, по которому рассчитывались бы эти выплаты.

Литература:

1. Grzegorz Rozenberg, Arto Salomaa. The mathematical theory of L systems. — New York: Academic Press, 1980.
2. Эльвира Бойко Компьютеризация кадрового делопроизводства. М.: Управление персоналом, 2010.

Выходом из такой ситуации может служить теория L-систем, о которых шла речь в начале статьи.

Основную идею, как использовать системы Линденмайера в АС УП, можно представить следующим образом.

В кортеже  $G = (V, \omega, P)$  четко разграничим  $V: G = (C, O, \omega, P)$ , где теперь  $C$  — это множество констант, представляющими собой атомарный вид оплаты, а  $O$  — множество переменных, сводящихся к  $O$ .

Используя такой подход к L-системам, у разработчика, занимающегося созданием АС УП, появляется возможность определить для каждого атомарного вида оплаты метод, возвращающий непосредственное значение, а с помощью аксиомы задать в реквизитах документа, по которому необходимо произвести оплату, выражение, с помощью которого необходимая сумма может быть вычислена, с использованием переменных. Для лучшего понимания рассмотрим пример.

Предположим, у нас есть клиент, по которому необходимо произвести расчет. У клиента из атомарных видов оплаты имеется: оклад, значение коэффициента премии, районный коэффициент, надбавка за выслугу лет. Для каждого такого вида зададим константу:

- оклад —  $O$ ;
- значение коэффициента премии —  $P$ ;
- районный коэффициент —  $R$ ;
- надбавка за выслугу лет —  $L$ ;
- норма рабочих дней/часов в периоде —  $H$ ;
- фактически отработанное время в периоде —  $\Phi$ .

— Установим следующие переменные:

—  $Z$  — ежемесячная зарплата.

$Z \rightarrow (O * P * L * (H/\Phi))$ ;

$C$  — ежемесячная премия.  $C \rightarrow (Z * P * (H/\Phi))$ .

Предположим, что сотрудники получают ежемесячно зарплату и премию, тогда в документе, где будет производиться расчет заработной платы, в реквизите будет установлено следующее выражение: « $Z+C$ », из которого по правилам L-систем и получится выражение, состоящее только из констант. Проанализировав это выражение программно, можно будет вызвать заранее определенные методы, которые вернут необходимые значения для каждой константы, вычислив которые, будет получен искомый результат.

Таким образом, использование теоретических концепций L-систем позволяет повысить эффективность проектных решений в применении к расчетам по оплате труда.



## Ультрафиолетовое оборудование для обработки открытых ран и лечения кожных заболеваний

Назаров Андрей Игоревич, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*На сегодняшний день ультрафиолетовое оборудование находит все более широкое применение в самых различных областях науки и техники, в том числе и в медицине. Особо важное место занимает УФ оборудование, применяемое для обработки кожных покровов и лечения кожных заболеваний. В рамках данной статьи анализируется применение УФ оборудования для лечения таких заболеваний кожи как псориаз, акне и витилиго, а также рассматриваются тенденции развития данной области техники в современных условиях.*

**Ключевые слова:** ультрафиолетовое оборудование, болезни кожи, обработка кожных покровов, лечение кожных заболеваний, ускорение заживления ран.

Нельзя отрицать, что за последние годы произошло большое увеличение интереса к ультрафиолетовому оборудованию для лечения заболеваний кожи. Каждый месяц ведущие производители представляют все новые модели УФ оборудования, превосходящие предыдущие по многим факторам [1]. Нередко встречаются технические решения, направленные на улучшение не одного, а сразу нескольких технико-экономических показателей. С учетом значимости этих показателей для потребителей, и их совокупности, присущей каждому техническому решению, представляется возможным исследовать влияние конкретного изобретения на технический уровень соответствующей продукции и выделить наиболее значимые изобретения и решения из числа обнаруженных по результатам данного исследования.

Среди таких решений можно выделить «Метод обработки открытых ран при помощи излучения UV-C» (US Patent № 6283986, патентообладатель Medfahx, Inc (US)). Метод относится к обработке открытых ран с использованием UVC излучения. Описывается возможность облучения поверхности раны UVC излучением на расстоянии и длительностью достаточной для достижения бактерицидного эффекта. Метод наиболее эффективен при длинах волн от 243 до 255 нм при интенсивности лампы от 5 до 20 мкВт/см<sup>2</sup> с длительностью облучения от 5 до 60 секунд и расстоянием до поверхности раны от 6 до 75 мм. Было обнаружено, что при соблюдении данных параметров наблюдается сильный бактерицидный эффект, погибают до 100% микроорганизмов в ране, облегчая дальнейшее заживление (репродуктивный цикл большинства инфекционных микроорганизмов значительно быстрее чем у окружающих клеток и, следовательно, они более восприимчивы к данному воздействию). Для получения необходимых параметров излучения была разработана гермидная ртутная лампа Medfahx V-254. Описаны режимы работы, необходимые для уничтожения микроорганизмов различных видов, порядок подготовки раны перед обработкой [2].

Другое американское изобретение «Фототерапевтический метод для лечения угревой сыпи» (US Patent

№ 6663658, патентообладатель General Hospital Corporation (US)) относится к методам лечения угревой сыпи. Метод включает в себя облучение угревой сыпи ультрафиолетовым излучением с длиной волны от 320 до 350 нм. При этом наблюдается эффект уменьшения, предотвращения либо избавления от угревой сыпи. Рекомендуется использование длины волны 335 нм (N<sub>2</sub> или NdYAG лазеры). Обработка угрей может производиться через недельные промежутки времени, при этом пациент последовательно подвергается облучению УФ излучением для достижения положительного эффекта, который обуславливается гибелью бактерий *Propionibacterium acnes* вызывающих воспалительный процесс [3]. Данное изобретение имеет высокую актуальность, т. к. заболеванию подвержено огромное количество людей по всему миру. Важным отличием данного изобретения от остальных является использования наиболее эффективной для обработки угрей длины волны 335 нм. Это позволяет оказывать не только лечебный, но и превентивный эффект [4].

Следующее решение «Лечение Витилиго» (US Patent № 6979327, патентообладатель Mount Sinai School of Medicine (US)) имеет отношение лечению кожного заболевания Витилиго, при котором нарушается пигментация определенных участков кожи. Описывается инновационный метод лечения витилиго с использованием эксимерного лазера UVB диапазона. Изобретение описывает метод постепенного увеличения экспозиции участков кожи подверженных заболеванию UVB излучению лазера для восстановления их нормальной пигментации. Использование источника когерентного лазерного излучения с низким углом расходимости позволяет UVB излучению проникать в более глубокие слои кожи и воздействовать на меланоциты находящиеся непосредственно под бляшками витилиго. Отличием от известных методов является лучшая стимуляция глубоких меланоцитов кожи и достижения лучшего терапевтического эффекта. Низкая расходимость позволяет производить обработку только больных участков кожи и тем самым снизить риск развития рака [5].

Итальянское изобретение «Аппарат с ультрафиолетовой лампой для лечения псориаза» (US Patent № 6979327, патентообладатель El. Ep S.P. A (IT)) относится к лучевым методам лечения псориаза. Устройство включает в себя эксимерную лампу с длиной волны 308 нм, основным отличием от существующих образцов является лучшая оптимизация процесса обработки с гибкой настройкой необходимых параметров (интенсивности). Устройство оборудуется рефлектором и держится на расстоянии 10–30 см от участка обрабатываемой кожи. Была достигнута большая степень эффективности лечения псориаза по сравнению с существующими образцами [6].

Следующее решение «Обработка кожи и ногтей для предотвращения и лечения воспаления кожи и ногтей» (US Patent № 7494502, патентообладатель Keraderm LLC (US)) описывает методику лечения инфекций кожи и ногтя, вызванных различными микроорганизмами. Методика основывается на воздействии на кожу излучением такого типа, при котором происходит ее изменение, в связи с чем она перестает быть питательной средой для данных микроорганизмов, описывается облучение кожи и ногтя UVC излучением дозой от 5 до 100 мВт\*с/см<sup>2</sup>, что приводит как к непосредственной гибели бактерий. Основным отличием данной методики является пролонгированный эффект, обусловленный распадом питательных веществ на поверхности кожи, которые являются пищей для бактерий [7].

Следующее американское изобретение «Фототерапевтическая повязка» (University of Florida Research Foundation LLC (US)) позволяет ускорить заживление ран, уменьшить болевые ощущения. В повязку встроен гибкий источник УФ излучения, равной интенсивности по всей длине повязки, имеется встроенная батарея. Повязка является гибкой и фиксируется на большом участке кожи, не стесняя действий пациента. Основным отличием является высокая мобильность и возможность длительного использования [8].

Российское изобретение «Способ лечения псориаза» (Патент РФ № 2391122, патентообладатель Уральский научно-исследовательский институт дерматовенерологии и иммунопатологии Федерального агентства по высокотехнологичной медицинской помощи) (RU)) может быть использовано для лечения псориаза. Для этого проводят ультрафиолетовое облучение длиной волны 311 нм. После облучения пациенту дополнительно внутривенно вводят 200 мл озонированного физиологического раствора с концентрацией 3,5–4,0 мг/л в количестве 10 процедур. Курс ультрафиолетового облучения составляет 12–15 процедур. Заявленный способ позволяет повысить эффективность и безопасность лечения псориаза за счет более быстрого и выраженного противовоспалительного эффекта, а также снизить общее количество облучений, за счет чего снизить разовую максимальную дозу и кумулятивную дозу облучения [9].

Анализ показал, что применение ультрафиолетового оборудования для обработки открытых ран и лечения кожных заболеваний является перспективным во многих областях медицины и косметологии, для лечения широкого спектра заболеваний, таких как витилиго, псориаз, угревая сыпь и т. д. Данное направление осваивается быстрыми темпами и многие компании используют данную технологию для достижения конкурентного преимущества. Ведущими фирмами в области разработки ультрафиолетового оборудования для обработки открытых ран и лечения кожных заболеваний без сомнения являются американские компании: PhotoMEDex Inc., Thermotec Inc., Senasco Inc.

Следует отметить, что основными тенденциями развития технологии являются: уменьшения массы, габаритных размеров и энергопотребления оборудования, создание портативного оборудования, улучшение качества обслуживания пациента (переносная техника, уменьшение времени облучения), снижение риска возникновения рака и возможных заболеваний.

#### Литература:

1. Аравийская, Е. Р. Ультрафиолет, его влияние на кожу. Современные принципы фотопротекции / Е. Р. Аравийская, Е. В. Соколовский // Вестн. дерматол. и венерол. 2003. — № 2. — с. 14–16.
2. Патент США № 6283986
3. Алексеев, Ю. В., Анфимова Н. А., Макарова Ю. Б., Бондаренко В. М., Ткаченко С. Б. Применение фотодинамической терапии в комплексном лечении *acne vulgaris*. // Клиническая дерматология и венерология. — 2004, — № 4. — с. 55–57.
4. Патент США № 6663658
5. Патент США № 6979327
6. Патент США № 6968325
7. Патент США № 7494502
8. Патент США № 6663656
9. Патент РФ № 2391122

## Комбинированный датчик контроля пламени

Нефедьев Алексей Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор;

Коноваленко Артем Александрович, аспирант  
Волгоградский государственный технический университет

Стабильно горящее пламя в топках печей является необходимым и важным условием их работы [1,2]. Контроль за наличием пламени осуществляется при помощи специальных датчиков, основное предназначение которых заключается в обеспечении безопасного функционирования различных установок по сжиганию твёрдого, жидкого или газообразного топлива [3,4]. Датчики и приборы для контроля пламени также участвуют в автоматическом или полуавтоматическом процессе розжига пламени, осуществляют постоянный контроль за процессом сгорания топлива с учётом всех требуемых условий и мероприятий по защите. Таким образом, надёжность и безотказность работы котельных установок всецело зависит от правильного выбора датчиков контроля пламени [5].

Для контроля наличия пламени при сжигании в топках котлов газа и жидкого топлива применяются как методы прямого контроля (ультразвуковой, термометрический, ионизационный, фотоэлектрический), так и методы косвенного контроля (контроль за разрежением в топке, контроль за давлением топлива в подающем трубопроводе, за давлением или перепадом давления перед горелкой, а также контроль за наличием постоянного источника воспламенения) [6].

В малых газовых нагревателях и отопительных котлах отечественного производства, газовых калориферах применяют приборы, которые основаны на фотоэлектрическом, термометрическом и ионизационном методах контроля. Также широко применяется методы контроля, основанные на электрическом потенциале пламени, и на электрической пульсации пламени [7].

Наиболее часто применяемый фотоэлектрический метод контроля за горением топлива заключается в измерении степени видимого и невидимого излучения пламени соответствующими фотодатчиками, фиксирующими оптические свойства пламени. Фотодатчики, применяемые в таких системах, осуществляют регистрацию всех изменений интенсивности принимаемого ими светового потока, и отличаются они друг от друга по длине волны, принимаемой от источника излучения. Эти свойства фотодатчиков необходимо учитывать, так как спектральные характеристики пламени в значительной степени зависят от вида используемого топлива. При сгорании топлива излучение происходит в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом спектре. Основная часть энергии, излучаемой пламенем, соответствует инфракрасной части спектра, и характеризуется длиной волны 0,8–800 мкм. Видимому излучению соответствует длина волны в диапазоне 0,4–0,8 мкм, ультрафиолетовому излучению соответствует длина волны в диапазоне 0,28–0,4 мкм (области УФ-А и

УФ-В). В соответствии с выбранным чувствительным элементом фотодатчики делятся на инфракрасные, ультрафиолетовые или просто датчики светимости. Каждому диапазону излучения соответствует чувствительный элемент фотоприемного устройства [7]. Серьезной проблемой при использовании оптических датчиков пламени является их низкая селективность, особенно характерная для горелочных котлов, имеющих три или более горелок. При ошибочном сигнале оптического датчика о наличии пламени возможна серьезная аварийная ситуация.

Вторым часто используемым методом контроля пламени является ионизационный метод, основанный на использовании электрических свойств пламени. Работа датчика ионизации основана на фиксировании электрических процессов, возникающих и протекающих в пламени. К таким процессам можно отнести способность пламени проводить ток, возбуждать в электродах, помещенных в пламя, собственную э. д. с., выпрямлять переменный ток, что во всех случаях обуславливается степенью ионизации пламени [8,9].

Преимуществом ионизационного метода является безынерционность, так как при погасании контролируемого пламени ионизационные процессы сразу прекращаются, что приводит к практически мгновенному отключению подачи газа в горелки котла. Этот метод позволил разработать приборы контроля, основанные на электропроводности пламени, возникновении э. д. с. пламени, его вентильном эффекте и электрической пульсации. Например, за рубежом широко применяется метод контроля пламени, основанный на вентильном эффекте, что обеспечивает высокую достоверность обнаружения пламени [10]. Недостатком ионизационного метода контроля является нестабильная работа в условиях с интенсивно запыленной рабочей атмосферой, а также в условиях сильного вихревого движения газов. Ионизационный контроль надежно работает в условиях прямоструйного факела, не имеющего застойных вихревых зон.

Надежность работы датчика пламени, и надежность всей системы защиты от погасания пламени зависят как от правильного выбора типа датчика, так и от места и способа его установки. Все типы датчиков пламени имеют определенные достоинства и недостатки, и неправильный выбор типа датчика или его неправильная установка может вызвать возникновение ложного сигнала. Для снижения вероятности ошибки обнаружения пламени при выборе датчиков для конкретного проекта необходимо принимать во внимание все их особенности [11].

Таким образом, для повышения надежности работы и уменьшения количества остановов котла из-за подачи

ошибочного сигнала от датчика пламени необходимо применять несколько различных датчиков, работающих на принципиально независимых друг от друга принципах.

Работа в этом направлении привела к созданию интеллектуального комбинированного датчика пламени, работающего на двух независимых принципах: оптическом и ионизационном. Такое сочетание типов датчиков позволит нивелировать вышеупомянутые недостатки отдельных датчиков, что позволит обеспечить повышенную надежность определения наличия пламени в топке котла.

Для решения этой задачи был разработан комбинированный датчик контроля пламени горелки, сочетающий в себе два принципа работы: оптический и ионизационный. В оптической части разработанного датчика происходит выделение и усиление переменного сигнала, характеризующего процесс горения. При горении топлива образуются пульсации яркости пламени горелки, которые

преобразуются в электрический сигнал при помощи фотодатчика, сигнал с которого усиливается и поступает в микроконтроллерное устройство обработки сигнала. Вторым датчик — ионизационный, сигнал на выходе которого имеется только при наличии электропроводности среды между электродами, что бывает только при наличии пламени.

Конструкция комбинированного оптоионизационного датчика контроля пламени горелки приведена на рис. 1. Датчик состоит из кварцевого стержня 1, помещенного в корпус 2, керамического стержня 3, внутри которого находятся два электрода из жаропрочной стали, представляющих собой датчик ионизации ДИ, устройство обработки сигналов, в состав которого входят фотодатчик ФД, усилитель-формирователь сигналов фотодатчика УФ1, усилитель-формирователь сигналов датчика ионизации УФ2, и микроконтроллер МК. Микроконтроллер связан с блоком автоматики через разъем Р.

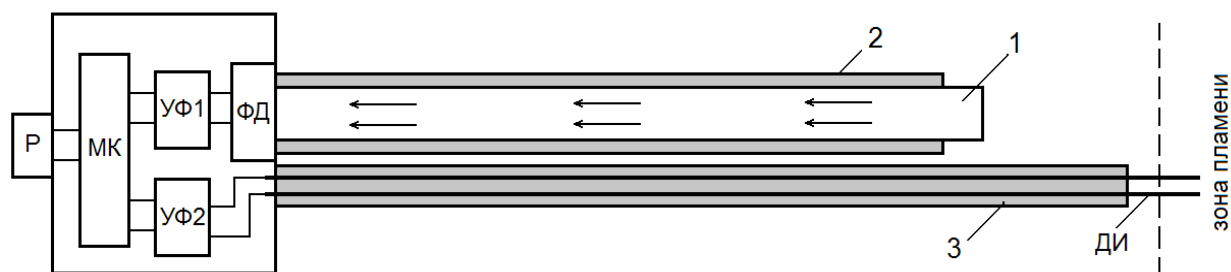


Рис. 1. Комбинированный оптоионизационный датчик контроля пламени

Сигналы переменной амплитуды, возникающие при наличии пульсаций пламени, с фотодатчика ФД и ионизационного датчика ДИ усиливаются и приводятся к логическим уровням при помощи усилителей-формирователей УФ1 и УФ2 соответственно. Микроконтроллер МК предназначен для обработки сигналов с фотодатчика ФД и датчика ионизации ДИ, и формирования управляющего сигнала для блока автоматики котла.

Устройство обработки сигналов обеспечивает выделение высокочастотных пульсаций факела, полученных с фотоприемника при работающей горелке, и обеспечивает формирование признака наличия и отсутствия факела, а также самодиагностику с выводом состояния датчика на световой индикатор.

Предложенный комбинированный датчик позволяет контролировать наличие пламени при сжигании газа или жидкого топлива. Для повышения надежности работы применены режимы автоматической и ручной настройки чувствительности датчиков и влияния фонового излучения, самоконтроля прибора по превышению температуры, контроля обрыва линий связи, засорения стекла, потери чувствительности. К устройству подключается внешний светодиодный индикатор интенсивности факела и сигнализатор превышения температуры внутри прибора.

Параметры комбинированного датчика:

Коммуникационный протокол	RS-485
Время срабатывания, при появлении/погасании пламени с, не более	0,5/1
Напряжение питания, В	12–24
Потребляемый ток, А, не более	0,2
Температура окружающего воздуха, °С	–25...+85
Масса, кг, не более	0,3

Основными функциями комбинированного опто-ионизационного датчика контроля являются сигнализация погасания пламени, что вызывает немедленное срабатывание защиты и прекращение подачи топлива, самоконтроль исправности датчика, автоподстройку параметров датчика, сохранение параметров датчика в энергонезависимой памяти микроконтроллера при исчезновении питания и сбоях в работе, а также формирование дискретного выходного сигнала для устройства автоматики.

Таким образом, сочетание в одном устройстве двух различных датчиков, работающих на двух принципиально независимых друг от друга принципах, и имеющих общее устройство обработки сигналов, позволит обеспечить повышенную надежность определения наличия пламени в топке котла.

## Литература:

1. Береснев, А.Л., Будко А.Ю. Повышение эффективности теплоэнергетических установок методом контроля горения топлива по сигналу ионного тока. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, № 4. — Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1973> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
2. Хватов, О. С., Дарьенков А. Б., Самоявчев И. С. Оценка топливной экономичности в единых электростанциях автономных объектов на базе [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, № 3. — Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1870/> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
3. Fristrom, R. M. Flame structure and processes // Oxford University Press, N. Y. Oxford. 1995.
4. Huth, A. Heilos. Fuel flexibility in gas turbine systems: impact on burner design and performance // A volume in Woodhead Publishing Series in Energy, Siemens AG Energy, Germany, 2013, P. 635–684.
5. Полтавцев, О.В. Датчики контроля пламени — один из важнейших факторов безопасной работы котельной [Электронный ресурс] / О.В. Полтавцев // Новости теплоснабжения, — 2016. — № 12 (196). — Режим доступа: [www.gosteplo.ru/nt/196](http://www.gosteplo.ru/nt/196) (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
6. Берсенев, И. С. Автоматика отопительных котлов и агрегатов / И. С. Берсенев, М. А. Волков, Ю. С. Давыдов. — М.: Стройиздат, 1979. — 376 с.
7. Приборы контроля наличия пламени [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://prommatika.ru/staty/113-priborplameni> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
8. Приборы контроля пламени, сигнализаторы горения [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.termonika.ru/ini/pribory-kontrolya-plameni-signalizatory-goreniya.shtml> (доступ свободный) — Загл. с экрана. — Яз. рус.
9. ГОСТ Р 51983–2002. Устройства многофункциональные регулирующие для газовых аппаратов. Общие технические требования и методы испытаний. введ. 01.01.2004. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. — 35 с.
10. ГОСТ Р 51843–2001. Термoeлектрические устройства контроля пламени. Общие технические требования и методы испытаний. введ. 24.12.2001. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. — 20 с.
11. Луговской, А.И. Контроль за работой печей и факельного хозяйства / А.И. Луговской, С.А. Логинов, Г.Д. Паршин, Е.А. Черняк // Химия и технология топлив и масел. — 2000. — № 5. — с. 50–52.

## Повышение помехозащищенности передаваемого сообщения телеметрической системы

Петренко Алексей Леонидович, студент;  
Ташкалов Эльдар Маратович, студент магистратуры;  
Халидуллин Руслан Ильдарович, студент  
Тюменский индустриальный университет

*Статья посвящена анализу работы повышения помехозащищенности передаваемого сообщения телеметрической системы при бурении нефтяных и газовых скважин.*

**Ключевые слова:** помехозащищенность, телеметрическая система.

Одним из вариантов повышения защиты передаваемых с забоя данных от воздействия случайных помех в гидроканале является помехоустойчивое кодирование информации [1]. Необходимо применять код передачи, позволяющий не только обнаруживать, но и по возможности исправлять ошибки, возникающие при передаче дискретного сообщения с забоя. При этом возникает избыточность в передаваемой информации, а поскольку передача сообщения осуществляется на достаточно низких частотах, необходимо оценить увеличение времени поступления данных с забоя при использовании помехо-

защищенного кода. За исключением частоты вращения двигателя и осевой нагрузки, остальные параметры, измеряемые на забое, можно считать меняющимися относительно медленно, по сравнению с частотой опроса датчиков, вследствие этого наибольший интерес представляет информация, содержащаяся в четырех младших разрядах передаваемого параметра. Для значений азимута и угла установки отклонителя четыре младших разряда содержат информацию о максимальном изменении угла на 7.5 градусов, что вполне достаточно для вычисления текущего значения. Таким образом, для повышения надеж-

ности передачи значений параметров, имеющих относительно медленную скорость изменения, можно кодировать четыре младших разряда, а старшие передавать в неизменном виде. При этом периодически (например, один цикл из пяти) необходимо передавать в кодированном виде полное значение параметра для контроля текущего значения и предотвращения накопления ошибки. Возникновение ошибок при передаче данных с забоя возможно вследствие воздействия на сигнал случайной помехи, вызванной изменением момента на долоте. Данная помеха имеет Гауссов закон распределения, при этом ошибки, возникающие в передаваемых кодовых словах, можно считать независимыми. При таких условиях использование помехозащищенного кода, позволяющего исправлять однократные ошибки, оказывается достаточно эффективным [2].

Для кодирования параметров, имеющих относительно медленную скорость изменения, будем использовать линейный блочный код Хемминга. Использование данного кода позволяет обнаруживать ошибки кратности <2 и исправлять все однократные ошибки. При передаче ин-

формации о значении частоты вращения вала забойного двигателя и нагрузке на долото возможно использование проверки передаваемого кода на четность. В конце передачи и приема каждого параметра производится передача контрольной суммы. Число бит в слове, передаваемом с забоя на поверхность, должно быть четным. Если значение параметра выражается нечетным числом бит, то добавляется лишний бит в контрольном разряде. Компьютер палубного модуля управления проверяет слово на четность. Если принятое наверху число бит нечетно, то значение параметра считается ложным и отбрасывается, при этом исправление возникшей ошибки невозможно. Применение кодирования с проверкой на четность приведет к увеличению на две единицы количества разрядов для передачи каждого из параметров.

Оценивая общее время, необходимое для передачи блока данных с забоя на поверхность, можно отметить, что использование кода Хемминга при кодировании младших разрядов отдельных параметров приводит к увеличению времени передачи на 21–25%, по сравнению с передачей сообщения без применения кодирования, и на 4–5%, по

Таблица 1. Характеристики режимов работы телесистемы

Режим	Такт	Параметр							Цикл	Скорость передачи	Дальность связи
		Номер канала									
		1	2	3	4	5	6	7			
Бурение с отклонителем											
P1-1	0.5-2	A	Z	F	T	G	A	F	49-196	2-0.5	До 4000
P1-1	2.5-4	A	Z	F	T	G	A	F	245-392	0.4-0.2	Св. 4000
Бурение без отклонителя											
P2-2	0.5-2	A	Z	P	N	T	G	Ti	40-158	2-0.5	До 4000
P2-2	2.5-4	A	Z	P	N	T	G	Ti	198-316	0.4-0.25	Св. 4000

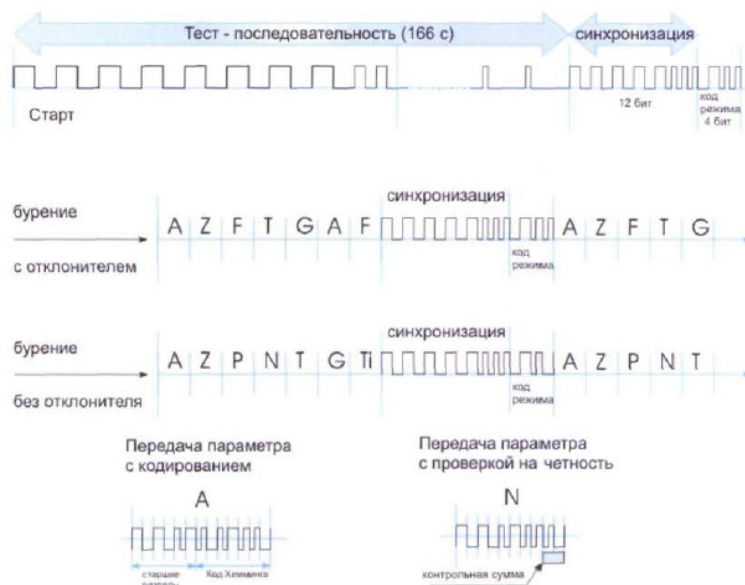


Рис. 1. Структура данных, передаваемых с забоя

сравнению с вариантом использования проверки на четность для всех значений.

На основании изложенного выше можно систематизировать режимы работы телесистемы в зависимости от вида бурения, длительность такта передачи, кодирования, организации циклов опроса измерительных каналов, а также рекомендуемой дальности связи. Характеристики

режимов для предложенного набора передаваемых значений приведены в таблице 1.

Общая структура сообщения, передаваемого с забоя, с учетом последовательности, генерируемой при начале сеанса работы телесистемы, будет иметь вид, показанный на Рис. 1.

Литература:

1. Брунов, Б. Я., Гольденберг Л. М., Кляцкин И. Г., Цейтлин Л. А! Теория электромагнитного поля. М.-Л., Госэнергоиздат, 1962.
2. Вернер, М. Основы кодирования. М. «Техносфера» 2004.
3. Ковшов, Г. Н., Алимбеков Р. И., Жибер А. В. Инклинометры (основы теории и проектирование). Уфа 1998
4. Рабинер, Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М., Мир, 1978

## Оптимизация распределения активной нагрузки энергосистемы между ТЭС и ГЭС с использованием программа MATLAB

Реймов Камал Мамбеткаримович, PhD, старший преподаватель;

Нажимова Айсулу Махмудовна, магистр, инженер;

Алланазарова Пердегул Жуманияз кызы, студент магистратуры

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова (Узбекистан)

Турманова Гулназ Махмутовна, магистр, ассистент;

Сейтмуратов Байрамбай Турганбаевич, магистр, ассистент

Каракалпакский государственный университет имени Бердаха (г. Нукус, Узбекистан)

*В работе исследованы оптимальное распределение активной нагрузки энергосистемы между гидравлическими и тепловыми электростанциями с использованием программного комплекса Matlab. Рассмотрен пример оптимального покрытия графика нагрузки энергосистемы всех суточных интервалов, обеспечивающих минимальный расход топлива.*

**Ключевые слова:** энергосистема, электростанция, оптимизация, расход топлива, расход воды, график нагрузки, программирование.

В задаче краткосрочного оптимального планирования режимов гидротепловых энергосистем вместе с тепловыми электростанциями (ТЭС) расчетными станциями являются также гидроэлектростанции (ГЭС), имеющие водохранилища с регулированием расхода воды и, соответственно, мощности в рассматриваемом периоде. ГЭС, работающие на бытовом расходе рек, мощности которых определяются текущими притоками воды, заменяются соответствующими отрицательными нагрузками и не участвуют в оптимизационном процессе [1–3].

В тех случаях, когда режимы работы энергосистемы в отдельные моменты времени независимы друг от друга, задача оптимизации ее режима за цикл регулирования сводится к последовательной оптимизации режима для коротких интервалов (моментов) времени, например, для каждого часа суточного цикла регулирования, в отдельности. Задача оптимизации значительно усложняется в тех случаях, когда необходимо вводить условия, определяющие связь между режимами в отдельных интервалах времени. Такая связь возникает при наличии в энергосистеме электростанций с ограниченными запасами энергоресурсов, в частности ГЭС с водохранилищами и заданными расходами воды за цикл регулирования [2].

Условие баланса мощностей в энергосистеме без учёта потерь активной мощности в сети запишется как

$$W = P_T + P_G - P_C,$$

где  $P_T, P_G, P_C$  — соответственно активные мощности ТЭС, ГЭС и нагрузки ЭЭС.

Для ГЭС с суточным циклом регулирования сумма часовых расходов воды  $Q^{(t)}$  за сутки должна быть равна заданному суточному притоку воды  $Q_{сут. прит.}$  к водохранилищу.

$$\sum_{t=1}^{24} Q^{(t)} = Q_{\text{сут.прит.}} = Q_{\text{зад}}.$$

Для определения минимума расхода условного топлива на генерируемые ТЭС и ГЭС при условии соблюдения баланса активных мощностей в сети и притока воды на ГЭС составляется функция Лагранжа в виде:

$$L = \sum_{t=1}^{24} B^{(t)}(P_T^{(t)}) + \sum_{t=1}^{24} \mu W^{(t)} + \lambda \left( \sum_{t=1}^{24} Q^{(t)}(P_G^{(t)}) - Q_{\text{сут}} \right),$$

и, берутся частные производные от неё, приравняв их к нулю:

$$\frac{\partial L}{\partial P_T^{(t)}} = \frac{\partial B_T^{(t)}}{\partial P_T^{(t)}} + \mu^{(t)} = 0,$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_G^{(t)}} = \lambda \frac{\partial Q^{(t)}}{\partial P_G^{(t)}} + \mu^{(t)} = 0,$$

где

$$\frac{\partial W}{\partial P_G^{(t)}} = \frac{\partial W}{\partial P_T^{(t)}} = \mu^{(t)}.$$

Отсюда

$$-\mu^{(t)} = \frac{\partial B_T^{(t)}}{\partial P_T^{(t)}} = \lambda \frac{\partial Q^{(t)}}{\partial P_G^{(t)}}.$$

Тогда критерием оптимального распределения активной нагрузки энергосистемы между ТЭС и ГЭС является:

$$-\mu^{(t)} = b_T^{(t)} = \lambda q_G^{(t)}.$$

Величина  $\lambda$  носит название коэффициента Лагранжа и показывает какому количеству сэкономленного топлива  $\Delta B$  соответствует увеличение на  $1 \text{ м}^3$  пропускаемого через турбину ГЭС объёма воды. Таким образом, ГЭС сводится к разряду ТЭС. Значение  $\lambda$  остаётся постоянным для всех расчётных часов.

Для определения значения  $\lambda$  можно воспользоваться методом подбора.

Задавшись некоторым достоверным значением  $\lambda$  и умножив его на характеристику относительных приростов (ХОП) расхода воды ГЭС, осуществляется распределение графика нагрузки энергосистемы между ТЭС и ГЭС. Затем, опираясь на полученные мощности ГЭС, определяются часовые расходы воды  $Q^{(t)}$ , сумма которых даёт суточный расход  $Q_{\text{сут}}$ .

Если при этом заданный суточный расход воды ГЭС  $Q_{\text{зад}}$  равен расчетному  $Q_{\text{сут}}$  с достаточной точностью  $\varepsilon$ , то дальнейшая коррекция не производится. В противном случае значение  $\lambda$  изменяется последовательно в большую сторону, если  $Q_{\text{сут}} > Q_{\text{зад}}$ , и в меньшую сторону, если  $Q_{\text{сут}} < Q_{\text{зад}}$ .

На основе полученного вывода разработан программный комплекс на базе Matlab. Программа составлена для оптимального распределения графиков суммарных активных нагрузок энергосистемы между тепловыми и гидроэлектростанциями. Она позволяет определить оптимальные графики нагрузок всех электростанций, участвующих в оптимизации, с учетом технологических ограничений. Программа предусматривает выполнения оптимизации в условиях наличия в энергосистеме множества тепловых и гидроэлектростанций. Она дает возможность определить оптимальные режимы электростанций и энергосистемы с высокой точностью и надежностью [4].

Эффективность алгоритма, данного предложенного программного комплекса исследован на примере в оптимальном покрытии суммарного графика нагрузки энергосистемы (табл. 1) за цикл регулирования, состоящий из четырёх интервалов, одним ТЭС и ГЭС со следующими исходными данными:

1. Расходные характеристики эквивалентных ТЭС и ГЭС, заданные в виде полиномов второй степени:

$$B_1(P_1^T) = 100 + 0,2 \cdot P_1^T + 0,003 \cdot (P_1^T)^2;$$

$$Q_1(P_1^T) = 140 + 0,15 \cdot P_1^T + 0,005 \cdot (P_1^T)^2.$$

2. Суточный расход воды на ГЭС  $Q_{\text{сут}} = 9600 \text{ м}^3$ .
3. Регулировочный диапазон электростанций:



Для ТЭС,  $250 \leq P_1^T \leq 600$ , соответственно для ГЭС  $100 \leq P_1^Г \leq 300$

Таблица 1. Суммарный график нагрузки энергосистемы.

Время суток, ч	0–6	6–12	12–18	18–24
Суммарная нагрузка $P_H$ , МВт	430	650	820	490

Ниже приводятся результаты данного исследования, полученные в программном комплексе Matlab.

Суточный график нагрузки энергосистемы:

$P_H = [430,000 \ 650,000 \ 820,000 \ 490,000]$

Оптимальные значения относительных приростов для каждого интервала нагрузки:

$b_{opt} = [1,880 \ 2,750 \ 3,420 \ 2,120]$

Оптимальное значение выработки мощности ГЭС для каждого часа нагрузки:

$P_{opt} = [149,492 \ 225,613 \ 284,235 \ 170,491]$

Оптимальное значение выработки мощности ТЭС для каждого часа нагрузки:

$P_{opt} = [280,000 \ 425,000 \ 536,667 \ 320,000]$

Значения расхода топлива на ТЭС для каждого часа интервала:

$V_{расх} = [391,200 \ 726,875 \ 1071,367 \ 471,200]$

Значения расхода воды на ГЭС для каждого часа интервала:

$Q_{расх} = [274,163 \ 428,348 \ 586,583 \ 310,909]$

Заданное значение расхода воды для ГЭС  $[м^3]$ :

$Q_{зад} = 9600,000$

Расчетное значение расхода воды для ГЭС  $[м^3]$ :

$Q_{расчет} = 9600,003$

Значение  $\lambda$  удовлетворяющее условию заданного расхода воды:

$\lambda = 1,143$ .

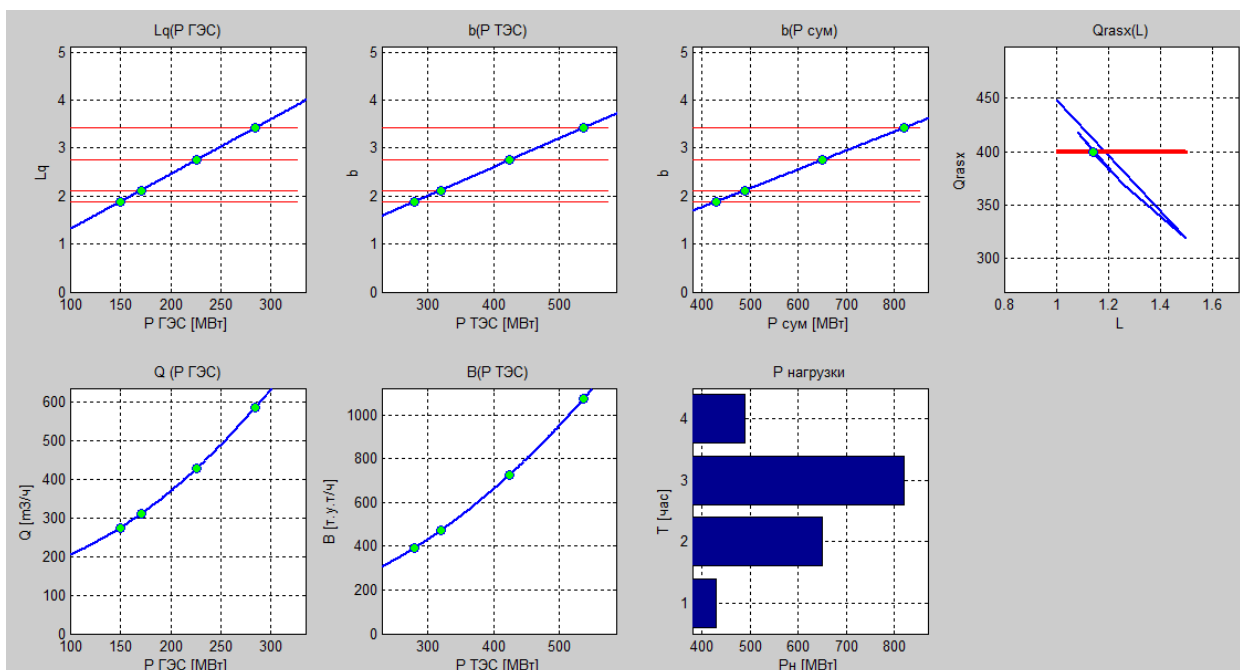


Рис. 1. Результаты расчета в программе Matlab.

Полученные результаты с высокой точностью совпадают с результатами, полученными методом равенства относительных приростов расхода топлива (ОПРТ) (табл. 2).

Таблица 2. Результаты равенств ОПРТ.

Интервал времени	$P_C$	$P_T$	$P_T$	$Q_{\text{час}}$ , часовой расход воды	$Q_{\text{инт}}$ , расход воды за каждый интервал
часы	МВт	МВт	МВт	м <sup>3</sup> /ч	м <sup>3</sup>
0–6	430	149,781	280,219	274,639	1647,831
6–12	650	225,569	424,431	428,241	2569,447
12–18	820	284,132	535,868	586,274	3517,645
18–24	490	170,450	319,5	310,834	1865,004
Суточный расход воды, $Q_{\text{сут}}$					9599,927

Окончательное значение  $\lambda^{(к)} = 1,1417072$

Максимальный небаланс воды  $\Delta Q_{\text{сут}} = 9600 - 9599,927 = 0,073 \text{ м}^3$

Расход топлива на ТЭС за сутки  $B_{\Sigma \text{сут}} = 14998,811 \text{ т. у. т.}$

#### Вывод:

Данная программа может быть использована диспетчерскими пунктами энергосистем для оптимального управления их режимами, также при проведении лабораторных и практических занятий по курсам «Электрические сети и системы», «АСУ и оптимизация режимов электрических станций и систем».

#### Литература:

1. Фазылов, Х. Ф., Насыров Т. Х. Установившиеся режимы электроэнергетических систем и их оптимизация. — Т.: Молия, 1999.
2. Гайибов, Т. Ш. Алгоритм оптимизации краткосрочных режимов гидротепловых энергосистем кусочно-линейной аппроксимацией нелинейных зависимостей. Электрика, 2009, № 4, с. 26–30.
3. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике/ Под общей ред. Ю. Н. Руденко и В. А. Семёнова. — М.: Изд-во МЭИ, 2000.—648 с.
4. Гайибов, Т. Ш., Реймов К. М. Программа «TESGES» для оптимального покрытия графиков нагрузок энергосистемы тепловыми и гидравлическими электрическими станциями. /Программа для ЭВМ/ № DGU 03033. 10.02.2015 г. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

## Оперативное определение эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора

Русских Евгений Владимирович, студент магистратуры;  
Ташкалов Эльдар Маратович, студент магистратуры;  
Петренко Алексей Леонидович, студент;  
Халидуллин Руслан Ильдарович, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

На сегодняшний день главными задачами являются сокращение расходов на строительство скважин и увеличение добычи углеводородов. Для этого продолжает совершенствоваться технология их строительства, так стали появляться горизонтальные скважины с несколькими ответвлениями от основного ствола (МЗС). Данные скважины имеют сложные профили — длинную протяжённость открытого ствола, в связи с чем, осложнения, вызванные в процессе строительства скважины, такие как: поглощение промывочной жидкости, ГНВП, осыпи и обвалы стенок скважины и ГРП приводят к ухудшению ТЭП. Нестабильность стенок открытого ствола скважины может сопровождаться осыпанием горных пород и привести к полной ликвидации скважины и резке дополнительных стволов. Большинство проблем возникает в слабосвязанных отложениях глин, глинистых сланцев и аргиллитов. Влияние на них бурового раствора приводит к их набуханию и разрушению. На устойчивость породы большее влияние оказывает эквивалентная циркуляционная плотность бурового раствора. На месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ — Западная Сибирь» перечисленные инциденты имеют место быть.

**1. Актуальность работы**

Циркуляционная система скважины состоит из ряда элементов (интервалов), в каждом из которых происходят гидродинамические потери давления нагнетания бурового раствора. При сложении потерь давления во всех этих элементах получим потери давления в циркуляционной системе скважины (величину давления, показываемую манометром на стояке).

Таблица 1. Схема циркуляционной системы скважины

1	Стояк/верхний привод/ведущая труба
2	Бурильные трубы
3	УБТ
4	Скважинный инструмент
5	Насадки долота
6	Кольцевое пространство: открытый ствол/бурильная колонна
7	Кольцевое пространство: обсадная колонна/бурильная колонна

Полные потери давления в скважине могут быть выражены следующим образом:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{назем.оборудование}} + P_{\text{БК}} + P_{\text{долото}} + P_{\text{к.п.}} \tag{1}$$

Где, каждое слагаемое можно подразделить ещё на несколько элементов и найти потери в них при помощи соответствующих вычислений. Для расчёта давления, которое ЭЦП оказывает на пласт, необходимо сложить потери давления циркуляции в кольцевом пространстве в интервале интересующей нас глубины скважины до устья и гидростатическое давление бурового раствора на глубине. Эта сила выражается как плотность бурового раствора, которая вызвала бы гидростатическое давление, эквивалентное такому давлению.

При бурении многозабойных и горизонтальных скважин на Южно-Виньтойском месторождении в период 2016–2017 гг. получены осложнения, такие как поглощение, ГНВП и ГРП. Одной из возможных причин является большое значение ЭЦП (таблица 1).

Таблица 2. Скважины с осложнениями

Куст	Скважина	Осложнение
29	1069Г (РГС 5)	поглощение БР
17	1292Г	поглощение БР
17	1270Г	поглощение БР

При бурении одного из ответвлений многозабойной скважины 1069Г получено поглощение бурового раствора (РУО ВЕТА IМАХ 1001–1005 кг/м<sup>3</sup>) интенсивностью 0,3–0,9 м<sup>3</sup>, также поглощение отмечалось во всех остальных горизонтальных участках (№ 1, 4, 5 и 5). Суммарное поглощение бурового раствора составило 6 м<sup>3</sup>. Одной из возможных причин осложнения является высокое значение ЭЦП, что привело к уменьшению проектной плотности БР на следующую многозабойную скважину этого же месторождения до 999–1010 кг/м<sup>3</sup>. скважина 1270Г — зафиксировано поглощение БР в объёме 24 м<sup>3</sup>, плотность БР составляла 1018 кг/м<sup>3</sup>, выявлено набухание глинистых отложений. Скважина 1292Г — потеря давления при нагрузке на долото, ввод кольматирующей пачки, суммарное время НПВ 20 ч.

**Целью** работы является создание метода оперативного определения эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- анализ существующих пробуренных скважин с осложнениями;
- сравнение проектных и фактических данных плотности бурового раствора и давления на манифольде, для выявления фактического значения ЭЦП и определения «окна бурения»;
- нахождение зависимости между давлением на манифольде и ЭЦП;
- описание влияния ЭЦП на разрушаемую породу;
- создание метода влияния на ЭЦП.

**Объектом** исследования являются участки скважин (наклонно-направленный (ННУ) и горизонтальный) на Южно-Виньтойском месторождении в 2016–2017 гг.

**Предметом** исследования является эквивалентная плотность бурового раствора.

## 2. Теоретическая основа влияния эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора на открытый ствол скважины

Границы «окна бурения» проходят между градиентом гидроразрыва пласта и поровым давлением. Данные подтверждаются геомеханической моделью. Так, при превышении верхней границы, может произойти поглощение бурового раствора, а нижней осыпание стенок ствола скважины. Особенно ярко это выражено в горизонтальном участке, где из-за зашламовывания ствола скважины и относительно малых диаметрах происходит увеличение ЭЦП. Находясь в таких крайне жёстких условиях, требуется преждевременно определять «окно бурения» для предотвращения возможных осложнений.

### 3. Инженерный расчет буримости осложненных скважин

На основании проектных и фактических данных произведён расчёт для определения планового и фактического значения ЭЦП по данным из «Индивидуального технического проекта» и фактических данных из суточных рапортов супервайзера. Расчёт произведён в несколько этапов с использованием программного обеспечения (ПО) «WellPlan» и расчётных формул ЭЦП и «Метода Итона» для определения градиента гидроразрыва пласта (ГРП).

Согласно расчётам в ПО WellPlan, плановое значение ЭЦП в наклонно-направленном участке отличается от фактического на 5%, а в ГУ на 10%. В горизонтальном участке значения находятся на границе значения ГРП, что подтвердил расчёт на скважину 1069Г, где отмечено поглощение бурового раствора.

Определение верхней границы «окна бурения» было выполнено по «методу Итона»

$$FG = FP + (OBG - PP) \cdot \frac{v}{(1-v)} \quad (2)$$

где FP — градиент порового давления;

OBG — градиент порового давления;

v — коэффициент Пуассона.

Формула расчёта градиента гидроразрыва пласта (ГРП) применяется в программных продуктах «Eclipse» и «Petrel» компании «Шлюмберге». Нижняя граница — поровое давление остаётся постоянной.

Расчётные формулы для расчёта ЭЦП:

$$ECD = \frac{P}{H \cdot g} + \rho_{б.р.} + (\rho_{г.п.} - \rho_{б.р.}) \cdot \frac{\text{Соб.доля частиц}}{100} \quad (3)$$

Формула Бабаян Э. В., Черненко А. В. — Инженерные расчёты при бурении [1].

где P — давление на стояке;

H — глубина по вертикали;

g — ускорение свободного падения;

$\rho_{б.р.}$  — плотность бурового раствора;

$\rho_{г.п.}$  — плотность горной породы;

C — собственная доля твердых частиц.

$$ECD = \frac{P_h + P_f}{0.052 \cdot (D_{tvd})} \quad (4)$$

Формула Dong Ying — University of Petroleum Press [2].

где  $P_h$  — точка перехода гидростатики в динамику;

$P_f$  — точка перехода потерь давления в ЭЦП;

$D_{tvd}$  — глубина по вертикали;

0,052 — константа перевода.

В ПО «WellPlan» расчёты проводились в двух вариантах (от проектных и фактических данных). Информация по скважинам принята из «Индивидуальных технических проектов» и фактических данных супервайзера. При расчёте плановых значений использовалась «классическая» компоновка низа бурильной колонны, в то время как для фактических компоновка подбиралась индивидуально. Согласно расчётам, фактическое значение ЭЦП отличается от планируемого. Связано это с тем, что фактическая компоновка может включать дополнительные элементы отличные от «классической»: диаметрами, отклонениями свойств бурового раствора (чаще всего превышение плотности) и изменением самой траектории ствола скважины. В сумме все эти факторы, при расчёте, дают повышенное значение ЭЦП.

### 4. Описание способов определения эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора

При традиционном бурении плотность бурового раствора подбирается так, чтобы его статический градиент был выше давления скрытого пласта. Во время циркуляции давление, приложенное к пласту, повышается вследствие потерь на трение. Согласно расчётам в ПО «WellPlan», из-за реологических свойств бурового раствора и особенностей конструкции скважины (малый диаметр кольцевого пространства) эквивалентная циркуляционная плотность варьируется в пределах от 1250–1500 кг/м<sup>3</sup>, в то время как градиент ГРП равен 1,52 кг/м<sup>3</sup>. Таким образом, во время цирку-

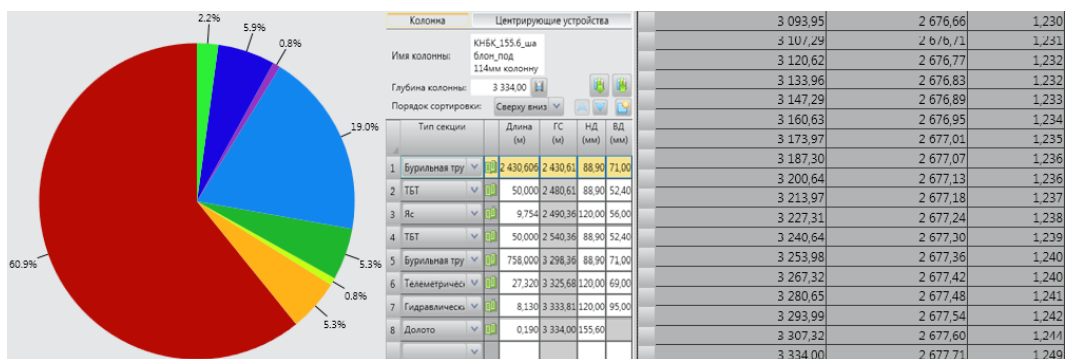


Рис. 1. Параметры ПО «WellPlan»

ляции на пласт оказывается требуемое противодавление, но при этом в статических условиях пластовое давление перестаёт быть скомпенсированным, что приводит к притоку пластового флюида. В то же время потеря циркуляции ведёт к снижению уровня раствора и гидростатического давления в скважине, что опять приводит к притоку (проявлению) пластового флюида.

При расчёте ЭЦП для наклонно-направленного участка учитывались средняя глубина по вертикали составляет 2745,5 м, давление на манифольде 14 Мпа, фактическая плотность бурового раствора, значения которой принимаются из суточного рапорта супервайзера, отличается от плановой в рамках правил безопасности. Результаты показывают, что «зона неопределённости ЭЦП» составляет 5%. Осложнений, связанных с высоким значением эквивалентной циркуляционной плотностью, выявлено не было, что подтверждают результаты расчёта по формулам и в программном продукте.

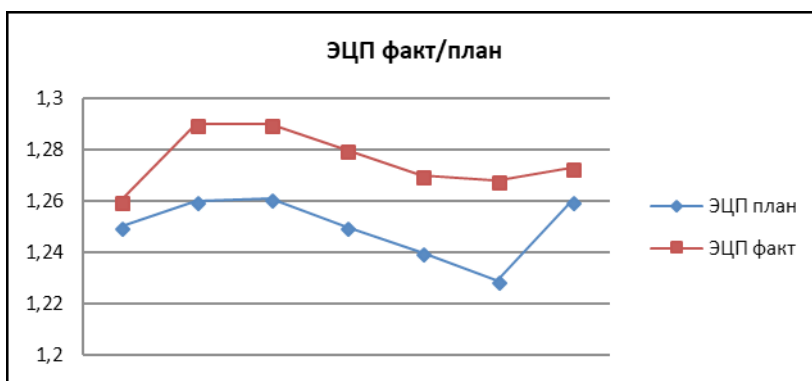


Рис. 2. «Зона неопределённости ЭЦП» для ННУ

Таблица 3. Исходные данные для расчёта по результатам выборки

Скважина	Раствор	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Пл. Вязкость, мПа*с	СНС, дПа		Q <sub>факт</sub> , л/с	Насадки
		План	Факт		10 сек	10 мин		
1292Г	ПГК	1,16	1,16	15–22	10–40	20–70	32	4x15/2x11,1
1402Г	ПГК	1,16	1,19	15–22	10–40	20–80	32	8x11,1
1069Г	Voremax	1.16	1.18	15–22	10–40	20–70	32	3x12/3x16
1044Г	ПГК	1,16	1,17	15–22	10–50	20–80	32	8x11,1
1229Г	ПХКР	1,14	1,16	15–22	5–25	15–50	32	4x9,5
1360Г	ПГК	1,16	1,18	12–22	10–50	20–70	32	8x9,5
1430Г	ПГК	1,16	1,18	12–22	10–50	20–70	32	8x9,5

До настоящего времени бурение горизонтальных участков в условиях поглощения бурового раствора на углеводородной основе велось с применением кольматирующих добавок. Данный способ может ухудшить фильтрационно-емкостные свойства продуктивного пласта в зависимости от объёма поглощённого бурового раствора и кольматанта. При-

существует риск не добиться восстановления циркуляции промывочной жидкости для дальнейшего углубления скважины и достижения проектной глубины.

Так, для определения «окна бурения» рассчитывается градиент ГРП «по методу Итона». Поровое давление принимается за 1. По результатам расчёта в ПО «WellPlan» (таблица 2, таблица 3) создаётся «зона неопределённости ЭЦП» от плановых и фактических значений. При совмещении диаграмм (ЭЦП план/факт) складывается искомая «зона неопределённости ЭЦП», в пределах которой и находится фактическое значение. Поглощение бурового раствора, полученное на скважине 1069Г, подтверждает результат расчёта и доказывает, что фактическое значение ЭЦП проходит на границе градиента ГРП. Результаты, полученные при расчёте по формулам в горизонтальном участке, отличаются от ПО «WellPlan» более чем на 15%.

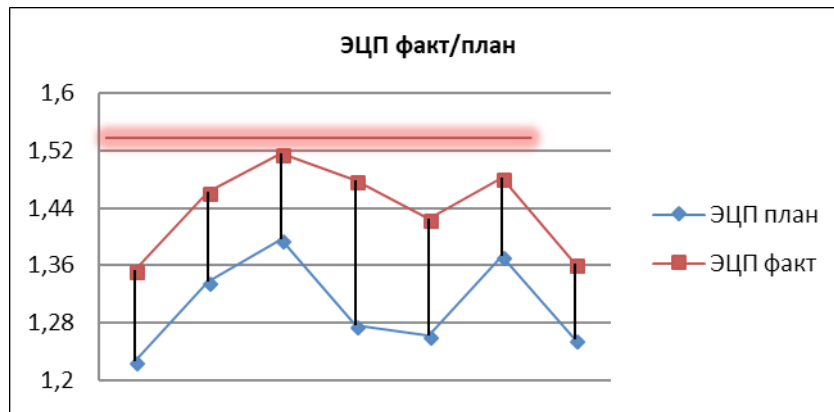


Рис. 3. «Зона неопределённости ЭЦП» для ГУ

Таблица 4. Исходные данные для расчёта по результатам выборки

Скважина	Раствор	Плотность		Пл. Вязкость, мПа*с	СНС, дПа		Q <sub>факт</sub> , л/с	Насадки	Обороты ротора
		План	Факт		10 сек	10 мин			
1292Г	ALK-SB GN	1.08	1.09	8–18	20–70	40–120	16	4x15,9/2x11,1	20
1402Г	BETA MAX	1.08	1.09	10–20	10–40	20–80	16	6x11.0	30
1069Г	BETA MAX	1,04	1,04	20	30	40	14	3x8/4x11	30
1044Г	БИБР	1,08	1,10	8–18	20–70	20–70	16	6x11,1	25
1229Г	SBGN KCL	1.08	1.07	8–18	20–70	40–120	14	4x7,1/ 2x11,1	30
1360Г	SB	1,08	1,09	12–22	10–50	20–70	16	6x11,0	40
1430Г	SB GN	1,08	1,09	8–18	20–70	40–100	16	6x11,0	20

Исходя из этого, просматривается зависимость значения ЭЦП и давления на манифольде при бурении горизонтального участка, следуя которой можно принять коэффициент расчёта ЭЦП для формулы (1), который равен 0,011–0,013. Результат определяется как отношение давления на манифольде (Мпа) к расчётному коэффициенту.

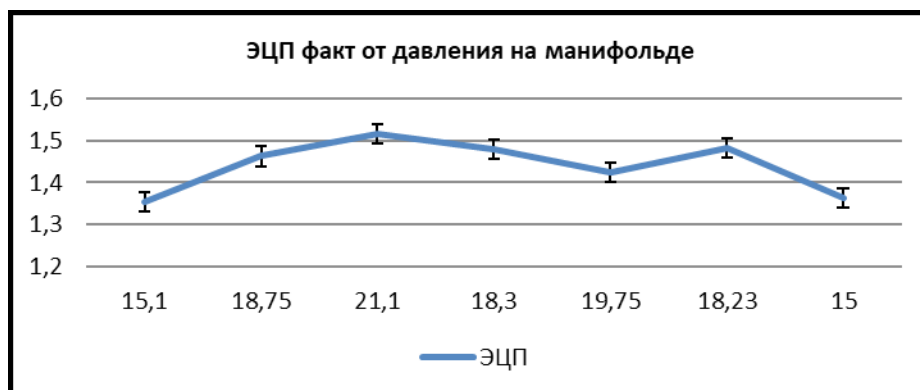


Рис. 4. График изменения ЭЦП от давления на манифольде

Данный коэффициент приближает нас к созданию метода «оперативного определения ЭЦП».

Основная задача работы — это поиск способа оперативного определения эквивалентной циркуляционной плотности в полевых условиях, где отсутствует программное обеспечение, а оперативные решения требуется принимать незамедлительно. Так, при рассмотрении зависимости фактических значений ЭЦП и давления на манифольде, прослеживается следующая зависимость: чем выше давление манифольде, тем больше значение ЭЦП (Рисунок 4). «Маркерами» в данном случае является зависимость от глубины скважины. На крайних значениях, скважины 1292Г и 1430Г, где давление на манифольде 15,1 и 15 Мпа, глубина по вертикали 2688,65 м и 2682,29 м соответственно, видно, что значения ЭЦП практически равны. Следующие скважины: 1069Г, 1044Г и 1360Г показывают точно такой же результат. Диаграмма (рисунок 4) отображена с учётом погрешности в 5 %.

Из-за переменного давления столба жидкости в скважине, при переходе из статического состояния в динамическое и последующим увеличением давления, буровой раствор может проникать в призабойную зону либо выходить из неё — «дыхание скважины». При подъёме бурового инструмента происходит снижение давления и ЭЦП до нижней границы «зоны неопределённости», то есть ниже порового давления, что может вызвать обвалы стенок скважины. В среднем, время подъёма инструмента от забоя составляет 40–60 секунд на свечу, сокращение этого времени приведёт к критическому значению ЭЦП (рисунок 5).

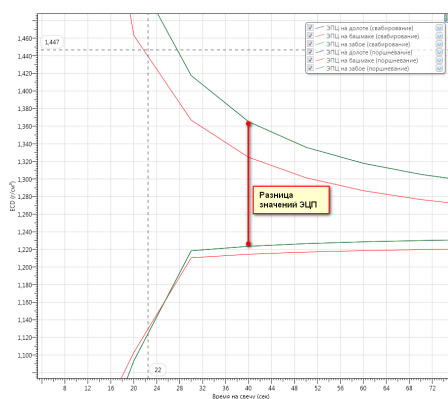


Рис. 5. ЭЦП при подъёме бурового инструмента

Разница, возникающая между значениями ЭЦП в процессе спуска и подъёма бурового инструмента, составляет около 15 %. Для расчёта оптимального значения ЭЦП в ПО «WellPlan» требуется отдельная лицензия на данный модуль. Если заранее просчитать и определить оптимальное значение, то можно сократить «зону неопределённости» до 7 % и уменьшить риск возникновения осложнений.

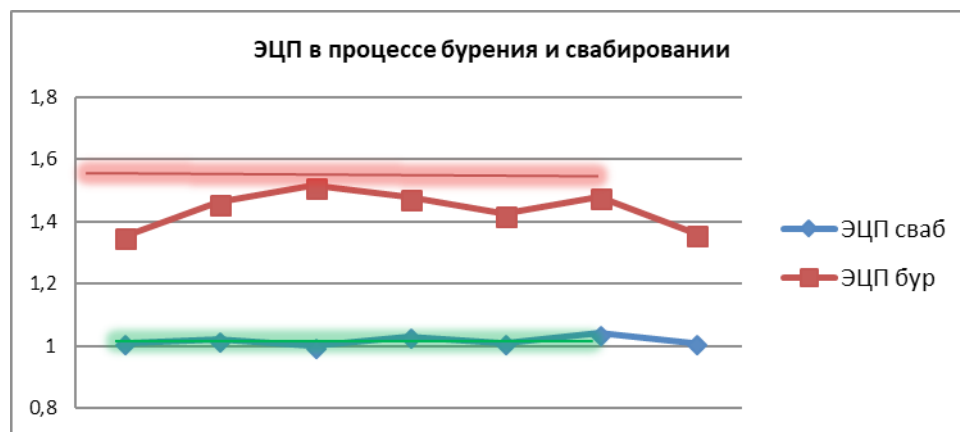


Рис. 6. Разница значений ЭЦП при операциях

### 5. Влияние ЭЦП на открытый ствол скважины

Время бурения горизонтального участка в среднем составляет 100 часов, так как в качестве примера были использованы скважины, пробуренные, в интервале залегания аргиллитов Ванденской свиты Южно-Выйинтойского месторождения, то целесообразно показать результаты воздействия ЭЦП на данную горную породу. В процессе разрушения

горной породы происходит увеличение каверны в интервале залегания аргиллитов, что подтверждают результаты кавернометрии.

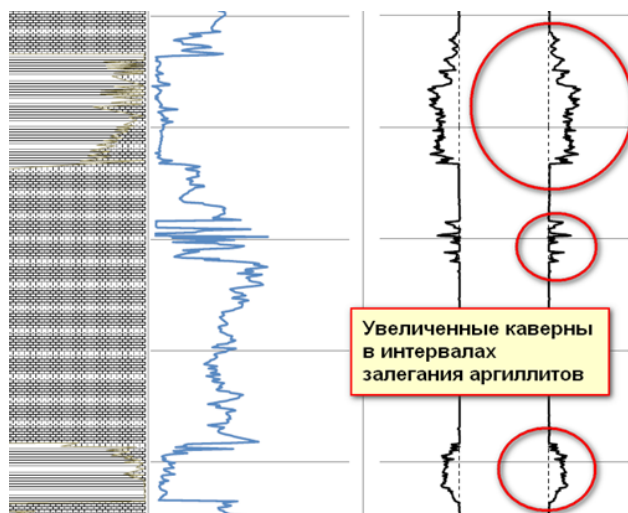


Рис. 7. Кавернометрия

Во время бурения аргиллиты теряют стабильность. Стабильность аргиллитов находится под влиянием характеристик как самой породы (минералогия, пористость и т. д.), так и характеристик бурового раствора. Для проведения теста на образование трещин использовались 4 образца керна. Образцы подвергались воздействию различных флюидов в течение 6 дней.



Рис. 8. Образец керна

Таблица 5. Результаты лабораторных исследований

Образец	Среда	48 часов	144 часа
№ 1	вода	увеличение трещин	раскол
№ 2	20% NaCl	увеличение трещин	разрушение в местах сколов
№ 3	7% KCl	увеличение трещин	уменьшение стабильности
№ 4	7% KCl + 3% KLA-STOP	незначительное увеличение трещин	незначительное увеличение трещин

## 6. Методика управление эквивалентной циркуляционной плотностью

Эквивалентная циркуляционная плотность зависит от следующих факторов: свойств бурового раствора, диаметра кольцевого пространства, скорости вращения буровой колонны. Существующие способы представляют собой использование дорогостоящего забойного и наземного оборудования, которое было создано для морского бурения и оптимизировано для бурения на суше.

Исходя из проектных данных, правил безопасности и паспортных данных забойного оборудования (ВЗД, БТ, Долото) мы имеем интервал регулирования определённых параметров, влияющих на ЭЦП.



При расчёте значения ЭЦП в ПО «WellPlan» используются следующие параметры: диаметр кольцевого пространства, состав и плотность бурового раствора, пластическая вязкость, предел текучести, максимальный и минимальный расход, диаметр частиц шлама, плотность шлама, пористость пласта, скорость проходки, скорость вращения ротора и СНС. Результаты расчётов представлены в таблице 9.

Следуя алгоритму расчёта в гидравлическом модуле, указываем вышеперечисленные параметры согласно фактическим данным из сводки супервайзера. В процессе бурения происходит изменение свойств бурового раствора. С увеличением концентрации твёрдой фазы в промывочной жидкости возрастает её плотность, но одновременно снижается показатель фильтрации; обработка промывочной жидкости полимером для уменьшения показателя фильтрации вызывает рост вязкости жидкости.

Используем вышесказанное, при расчёте в ПО «WellPlan». На примере скважины 1292Г куста № 17, где было зафиксировано поглощение бурового раствора (ПГК плотностью 1160 кг/м<sup>3</sup>) и расчётное ЭЦП составило 1343 кг/м<sup>3</sup>. Расчёт производится в «фактическом кейсе», с использованием режимов и диаметров из данных супервайзера. Так, при изменении некоторых входных расчётных параметров удалось добиться изменения значения ЭЦП.

Таблица 6. Параметры расчёта

Скважина	Пластика факт	СНС факт		Обороты	ЭЦП от факта	ЭЦП измен
1292Г	12 (-4)	29 (-9)	49 (-4)	20 (+20)	1307	— 8%
1402Г	12 (-4)	30 (-10)	40	30 (+10)	1463	— 9%
1069Г	34 (-15)	40 (-15)	45 (-17)	30 (+10)	1517	— 9%
1044Г	12 (-3)	20	70 (-30)	25 (+15)	1479	— 4%
1229Г	11 (-2)	29 (-8)	53 (-13)	30 (+10)	1425	— 10%
1360Г	10 (-2)	39 (-10)	59 (-10)	40	1482	— 10%
1430Г	8	39 (-10)	49 (-10)	20 (+20)	1363	— 9%
Среднее улучшение, %						8,5%

Поддержание параметров бурового раствора на более низком проектном уровне и увеличение числа оборотов ротора позволило уменьшить значение ЭЦП в горизонтальном участке на 8,5% (таблица 9).

### 7. Мировой опыт влияния и контроля за ЭЦП

«НК Роснефть» была опробована система «Бурение с регулируемым давлением» (БРД), её особенностью является полная герметичность на участке буровой насос — газосепаратор, что позволяет управлять всеми процессами на забое скважины во время бурения и существенно минимизировать риск возникновения ГНВП. Основные элементы БРД представлены на рисунке 8.

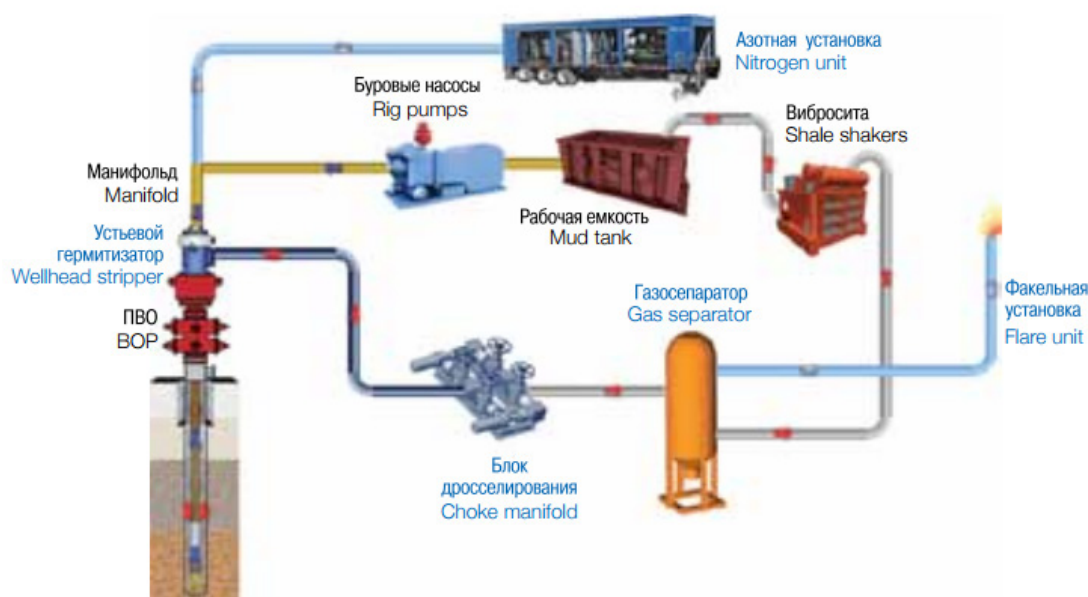


Рис. 9. Система БРД

Роторный устьевой герметизатор обеспечивает герметизацию ствола скважины при нахождении в ней бурового инструмента; 2) азотная установка используется для производства и подачи азота в объёме до 35 м<sup>3</sup>/мин с рабочим давлением до 24,5 Мпа; 3) дроссельный блок обеспечивает создание требуемого противодавления в скважине как в динамических, так и в статических условиях; 4) газосепаратор эффективно отделяет газовую фазу от жидкости; 5) факельная установка применяется для сжигания газа, поступающего из газосепараторной установки.

При бурении удалось добиться поддержания ЭЦП в пределах 0,78–0,82 г/см<sup>3</sup> при подаче бурового раствора 11 л/с и производительности азотных установок 20м<sup>3</sup>. Главную роль в определении ЭЦП сыграл газовый расходомер.

Одна из основных задач применения систем БРД заключается в сокращении объёмов поглощаемого бурового раствора при бурении. Объём поглощения бурового раствора в среднем по месторождению составляет 4082 м<sup>3</sup>/1000м, в то время как в первой скважине, пробуренной с применением БРД, данный показатель существенно ниже — 637м<sup>3</sup>/1000м.



Рис. 10 Объём поглощений

Еще одним способом является изменение геометрии бурильных труб с целью снижения эксцентриситета, который приводит к уменьшению потерь давления в кольцевом пространстве [5]. В процессе работы была построена математическая модель бурильной трубы с учётом всех конструктивных элементов. После этого проведены расчёты с использованием программного обеспечения для диаметров 89 мм, 102 мм и 127 мм. Результат показал, что при уменьшении наружного диаметра соединения на 5 % возможно уменьшить значение ЭЦП на 10 %.

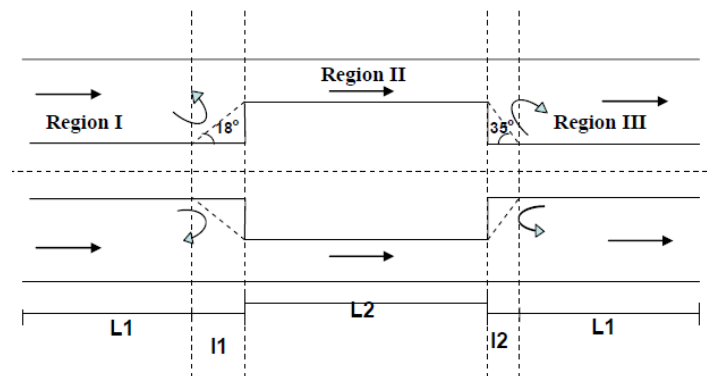


Рис. 11. Области перепада давления

**Заключение**

Полученные результаты расчёта ЭЦП по фактическим значениям показывают, что при бурении горизонтальных участков фактическое давление близко либо находится на границе ГРП, что доказывают значения и зафиксированные осложнения на ранее пробуренных скважинах. При СПО происходит уменьшение ЭЦП на 15 %. Расчётом доказано, что значение ЭЦП может быть ниже «границы порового давления», что в свою очередь может привести к осыпям стенок ствола скважины.

Доказано, что высокое значение ЭЦП негативно сказывается на интервале залегания аргиллитов, в котором зафиксированы осложнения.

Определён расчётный коэффициент для формулы (1) с помощью которого, можно определить значение ЭЦП, равное расчёту в ПО «WellPlan» с поправкой в 10–15 %.

Метод оперативного определения эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора позволяет в сжатые сроки узнать фактическое значение ЭЦП, следовательно, определить фактическое забойное давление.

Следующим этапом работы является использование существующей модели расчёта для установления зависимости для бурильных труб с диаметрами 73 мм и 102 мм различных производителей и уменьшение процента ошибки при расчёте ЭЦП.

#### Литература:

1. Анвар, Х. Моделирование механических свойств геологической среды как средство расшифровки напряжений в горных породах / Х. Анвар, Т. Браун // Нефтегазовое обозрение. — 2005. — Том 9. — № 1. — 20 с.
2. Erdem Tercan, Managed pressure drilling techniques, equipment and applications / Erdem Tercan — Middle East Technical University, 2010. — 39–56 p.
3. Комиссаренко, А. А. Кондуктометрия и высокочастотное титрование. Учебно-методическое пособие / А. А. Комиссаренко, Г. Ф. Пругло. — ГОУ ВПОСПбГТУРП. СПб., 2009. — 64 с.
4. Желтов, Ю. П. Механика нефтегазоносного пласта / Ю. П. Желтов. — М.: «Недра», 1975. — 216 с.
5. Sarita Simoes, Stefan Miska SPE, U. of Tulsa 2007.
6. Усачев, Е. А. Прогнозирование состояния ствола горизонтальной скважины. / Е. А. Усачев, Т. В. Грошева. // Сборник докладов VIII конгресса нефтегазопромышленников России. — Уфа: Геофизика. — 2009. с. 207–211
7. Порцевский, А. К. Основы физики горных пород, геомеханики и управления состоянием массива / А. К. Порцевский, Г. А. Катков. — М.: МГОУ, 2004. — 120.
8. Tiejun Lin, Chenxing Wei, Calculation of equivalent circulating density and solids concentration in the annular space when reaming the hole in deepwater drilling, Chemistry and technology of fuels and oils. Vol. 52, No. 1, March, 2016.

## Технология устройства подземного паркинга

Смышляев Никита Александрович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**Ключевые слова:** подземный паркинг, технология устройства, автоматизированный паркинг, рамповый паркинг, транспортные средства, технология top-down

На сегодняшний день строительство многоэтажных зданий является основным направлением деятельности большинства строительных организаций. При расширении территории городов всё большая территория начинает застраиваться многоэтажными жилыми комплексами, в каждом из которых проживают тысячи человек. Такое близкое соседство ведет за собой одну из самых сложных проблем такой плотной застройки — отсутствие парковочных мест. Для людей, покупающих квартиры в отдаленных от делового центра районах, машина — основной способ передвижения.

Основным решением этой проблемы является строительство паркингов. Наиболее удобным среди всех видов можно назвать подземный паркинг. Данный вид сооружений имеет ряд существенных недостатков, таких как продолжительность, усложнение и удорожание строительного процесса. Но также подземные паркинги имеют и неоспоримые преимущества. К ним в первую очередь относится экономия территории в условиях и без того плотной застройки больших городов. К тому же условия хранения транспортных средств значительно комфортнее, чем у наземных парковок.

Существует несколько разновидностей подземных паркингов, различающихся по типу эксплуатации: классические рамповые паркинги и автоматизированные.

Классические рамповые паркинги представляют собой подземное пространство, разделенное перекрытиями на несколько этажей, на которых и хранятся транспортные средства. Передвижение между этажами осуществляется по наклонным проездам с уклоном не более 5–6°, аналогичным серпантину (рис. 1). Кроме относительной простоты устройства данного вида сооружения, его существенным преимуществом является скорость въезда и выезда транспортных средств из паркинга, отсутствие энергозатрат на работу подъемных лифтов.

Альтернативной и более современной разновидностью является автоматизированный подземный паркинг. Он может представлять собой бокс, цилиндр или иметь структуру карусельного типа. Главное отличие его от рампового заключается в наличии специализированного грузового лифта для спуска и подъема транспортных средств.

Рассмотрим подробнее примерную технологическую последовательность строительства паркинга на примере

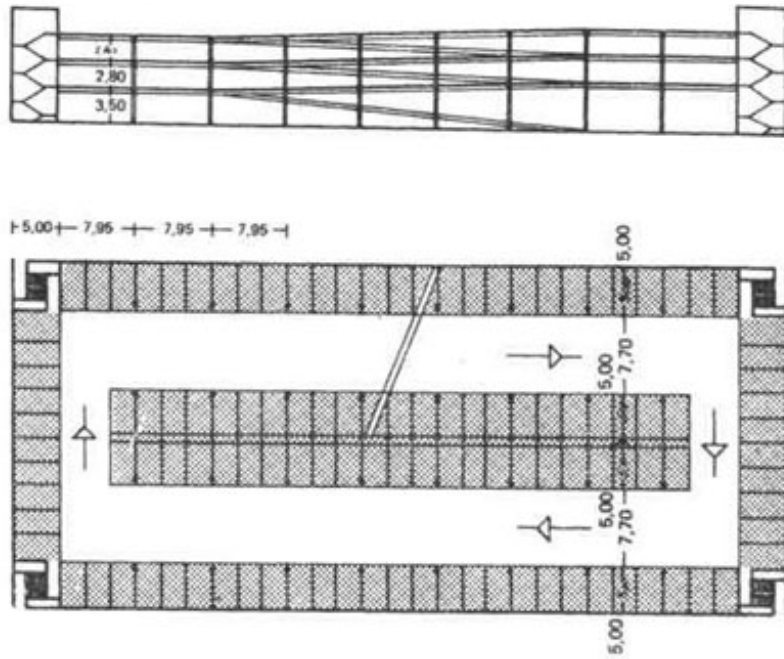


Рис. 1. Схема подземного рампового паркинга

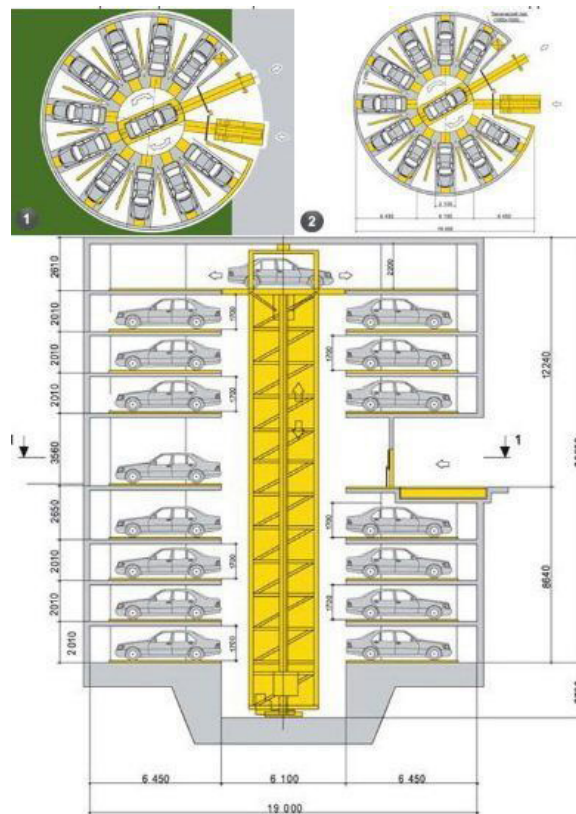


Рис. 2. Схема подземного цилиндрического автоматизированного паркинга

одной из самых сложных разновидностей: автоматизированный цилиндрический паркинг (рис. 2).

В первую очередь возводится фундамент будущего здания. В большинстве случаев это будет именно свайный фундамент, так как он будет подвержен значи-

тельным нагрузкам от паркинга, транспортных средств в нем и непосредственно самой конструкции надземной части здания. В том случае, если устройство паркинга осуществляется вблизи уже стоящих зданий, необходимо произвести закрепление существующих вблизи фунда-

ментов.. Для это на сегодняшний день существует целый ряд технологий:

1. усиление существующих фундаментов буроналивными сваями;
2. закрепление грунтов методом струйной цементации;
3. строительство с применением технологии методом «top-down».

На следующем этапе осуществляется устройство самой шахты будущего паркинга (рис. 3). Она может

быть возведена с помощью технологии «стена в грунте» или с применением буросекущихся свай. Сначала стены шахты устраиваются лишь на часть глубины, разработка грунта внутри шахты ведется еще меньшими захватками. По мере разработки грунта по периметру шахты устанавливается опалубка и бетонируется обделка. С определенным шагом армируются пояса. Когда шахта разработана до необходимой глубины на её дне устраивается песчаная и щебеночная подготовка и бетонируется плита необходимой толщины.

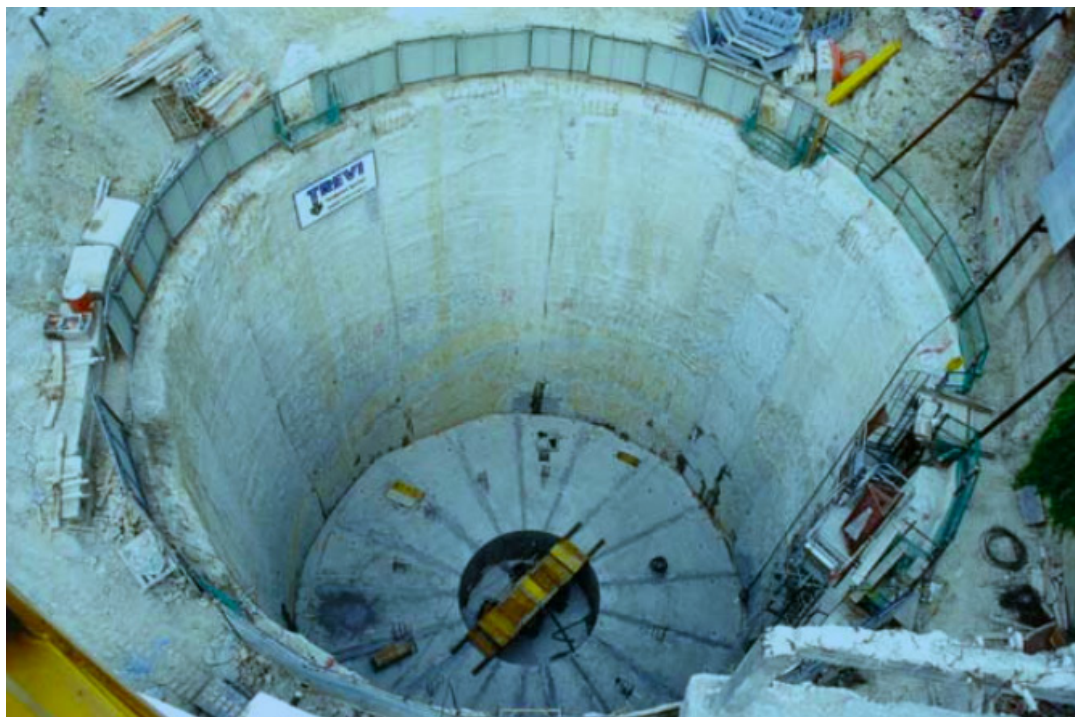


Рис. 3. Возведение шахты цилиндрического подземного паркинга

В центре шахты устраивается котлован для лифтового подъемного механизма, в котором так же устраиваются стены и плита днища. На нижние плиты шахты в дальнейшем будут опираться железобетонные конструкции, составляющие этажи паркинга.

После окончания устройства шахты в ней монтируются этажи, лифтовые подъемники, необходимые сети и прочее

оборудование. После выполнения всех работ касательно паркинга в верхней части шахты возводятся ростверки, и далее здание возводится по прежней технологии.

Несмотря на существенные финансовые и временные затраты, устройство подземных паркингов оправдывает все инвестиции и может помочь в решении одной из важнейших социальных проблем современных городов.

#### Литература:

1. Технологии устройства ограждений котлованов в условиях городской застройки и акваторий / А.Н. Гайдо, В.В. Верстов, Я.В. Иванов. — СПб.: СПбГАСУ, 2014. — 368 с.
2. Технология устройства свайных фундаментов: учебное пособие/ В. В. Верстов, А. Н. Гайдо; СПбГАСУ — СПб., 2010. 180 с.
3. Производство шпунтовых и свайных работ/В. В. Верстов, А. Н. Гайдо, Я. В. Иванов; СПбГАСУ. — СПб., 2011. — 292 с.
4. <http://engstroy.spbstu.ru>

## Проблемы быстро разрастающихся агломераций

Сычёва Наталья Николаевна, магистрант

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Строительство жилых домов повышенной этажности в наше время идет полным ходом, не затрагивая и не опираясь ни на какую логику, а производя зачастую низкокачественный продукт, занимающий достаточно большую площадь, из которой складывается общий образ города. А образ, в свою очередь формирует психологическую идентификацию человека, становление его личностных черт, способность к деятельности, приносящей пользу этому миру.

Основными чертами данного типа жилья отличает микрорайонный тип застройки. Данный тип застройки, несмотря на активную критику архитекторов и урбанистов, является данностью в российских реалиях, и при наличии всех аспектов инфраструктурной составляющей, живет своей жизнью. Если говорить, о новых, строящихся новостройках, где не предусмотрена ни инфраструктура, прилегающая к жилью, ни транспортно-комфортная среда, ни места для рекреаций и общественного отдыха, все это в комплексе с низкой художественной составляющей здания, создаёт печальную картину российских реалий жизни.

### Основными признаками «муравейников являются:

— Расположение за КАДом, т. к. цена земли в областях резко снижается, и инвесторам выгоднее покупать там землю, в реалиях разрастающейся агломерации это может иметь место только при комплексном планировании.

- отсутствие благоустройства, пригодного для людей
- дворы-парковки
- несомасштабность среды
- отсутствие попыток сделать жилье визуально привлекательным, несмотря на дешевизну материалов
- отсутствие местного саморегулирования по застройке и контролю строящегося жилья.

— транспортная нагрузка, в связи с величиной прибывших граждан, расходы на которую несет городской бюджет

— потеря человеческого капитала от отсутствия культурной составляющей

— хорошая экология, плюсы которой невозможно уловить в связи загазованными дворами-парковками и отсутствием рекреационной составляющей местности

Сегодняшнее жильё строится по принципу: чем больше площадь застраиваемой земли, чем выше строящееся жильё, тем выгоднее для застройщика. Площади для благоустройства, парковочных мест отводятся посредственно, для утверждения проекта экспертизой. Причинами этой российской тенденции служат то, что кредиты у нас много дороже, чем в Европе, а значит, девелоперу нужны быстрые деньги, вкладывать их со сроком окупаемости 25 лет он даже если захочет — не будет. Также, в отличии от Европы, в России строят намного больше, численность

населения также отличается. Люди хотят быстро и дешево купить жильё, не задумываясь о различных аспектах жизнедеятельности. Целые жилые районы появляются раньше всей необходимой инфраструктуры.

Проблемами таких районов является сильная маятниковая миграция, из-за недостаточной инфраструктурной составляющей района, которая ведет за собой ежедневные перемещения в центр города до мест работы/учёбы и обратно. Это приводит к дополнительным транспортным проблемам, необходимости подстраивать транспортную систему под новое количество жителей.

В Китае, к примеру, жильё повышенной этажности, строится из необходимости, в связи с количеством населения. Но и это жильё по своим стандартам намного качественней российских аналогов. Двор в таких жилых районах является частным, приватным, не запаркованным, он имеет выраженную ландшафтную составляющую и является местом отдыха жителей. Двор оснащен различными беседками, общественными пространствами, в целом составляющим образ парковой зоны. Т. к. преобладает велосипедный транспорт, при каждом доме имеется велосипедная парковка По программам переселения китайских крестьян переселяют в высотную застройку, где люди, привыкшие к близости земли, огородничеству, не отказываются от привычного образа жизни, обустраивают огороды прямо в микрорайонной застройке.

По мере роста современных городов, общая проблема во всем мире заключается в том, как переqualифицировать сельскохозяйственные земли и ресурсы для развития городов. В связи с социальными, экономическими и экологическими последствиями эта тема вызывает еще большую озабоченность в Китае, поскольку города быстро расширяются из-за роста огромного населения страны. Появилось значительное продвижение в вопросе взаимодействия городского и традиционного деревенского образа жизни. Генеральный план бюро Сасаки для Сончжуана предлагает революционное видение того, как урбанизация и сельское хозяйство могут быть интегрированы для улучшения взаимодействия между людьми и землей, создавая новые экономические возможности.

Шаблоны развития городов показывают нам, что сельское хозяйство расположено на периферии города. Расположенный на окраине Пекина, город Сунчжуана, неподалёку от городского ядра Пекина позволяет сформировать новую парадигму развития, где реконфигурируются традиционные отношения города, открытого пространства и сельскохозяйственных угодий. Генеральный план для Сунчжуана предусматривает серию самодостаточных сообществ, которые призваны поощрять творческие занятия, предлагать высокое качество жизни и интегрироваться с более

крупными региональными открытыми пространствами и гидрологические системы. План архитектурного бюро Сасаки предлагает внести традиционные аспекты национальной культуры в городскую среду. Проект, формирует периферию города и сельскохозяйственные угодья, что позволяет использовать множество периферийных условий, способствующих взаимодействию с городской тканью.

**Признаки благоприятной жилой застройки:**

— наличие различных общественных пространств, которые как повышают капитализацию района, так и подчеркивают индивидуальность места

— разнородность функционального состава, включение объектов коммерции и обслуживание в жилую застройку, «активные» фасады первых этажей зданий, где кипит жизнь, создавая безопасную среду, стимулирующую на коммуникации

— разделение на частное пространство для жителей и общественное

— отсутствие парковок во дворах, парковки по периметру дома и в подземных паркингах

— качественное озеленение и благоустройство

— условия для маломобильных групп населения

**Литература:**

1. sasaki.com — портал архитектурного бюро [Электронный ресурс], <http://www.sasaki.com/> режим доступа свободный
2. varlamov.ru — блог Ильи Варламова-сообщество бизнесмена, общественного деятеля и блогера-фотолюбителя Ильи Варламова [Электронный ресурс], <https://varlamov.ru/2225584.html> режим доступа свободный

**Совершенствование конструкции винтовых забойных двигателей на основе опыта строительства скважин малого диаметра**

Ташкалов Эльдар Маратович, студент магистратуры;  
 Петренко Алексей Леонидович, студент;  
 Халидуллин Руслан Ильдарович, студент магистратуры  
 Тюменский индустриальный университет

На сегодняшнее время одна из важнейших проблем в производстве и эксплуатации винтового забойного двигателя является разрушение резиновой обкладки статора. Повреждения эластомерной обкладки ведут к значительному снижению энергетических характеристик двигателя вплоть до его полного отказа.

Во время работы двигателя ротор планетарно вращается внутри статора, постоянно соприкасаясь с его зубьями и образуя камеры высокого и низкого давления. Резиновые зубья статора при этом получают циклические деформации.

При бурении глубоких скважин с высокими температурами на забое на обкладку статора ВЗД одновременно воздействует высокое давление промывочной жидкости и температура. Так же, резина имеет высокий коэффициент температурного расширения. Под действием этих двух факторов происходит искажение проектного циклоидального профиля обкладки статора.

Все последние исследования ведутся в сторону улучшения энергетических характеристик ВЗД, а именно увеличение жёсткости винтовых зубьев рабочих органов и улучшении отвода тепла от резиновой обкладки. Рассматривается стандартная конструкция статора, представляющая собой металлический остов с внутренней цилиндрической расточкой и прикрепленной резиновой обкладкой, имеющей внутреннюю винтовую поверхность циклоидаль-

ного профиля. Стандартная конструкция сравнивается с новой конструкцией статора, отличающейся тем, что металлический остов имеет внутреннюю винтовую поверхность циклоидального профиля и прикрепленную к нему резиновую обкладку. Известны следующие конструктивно-технологические решения по формированию внутреннего винтового профиля металлического корпуса статора:

— фрезерование внутренней поверхности трубной или цилиндрической металлической заготовки;

— ковка трубной металлической заготовки на винтовом сердечнике;

— литье металла в полость между корпусом и винтовым сердечником;

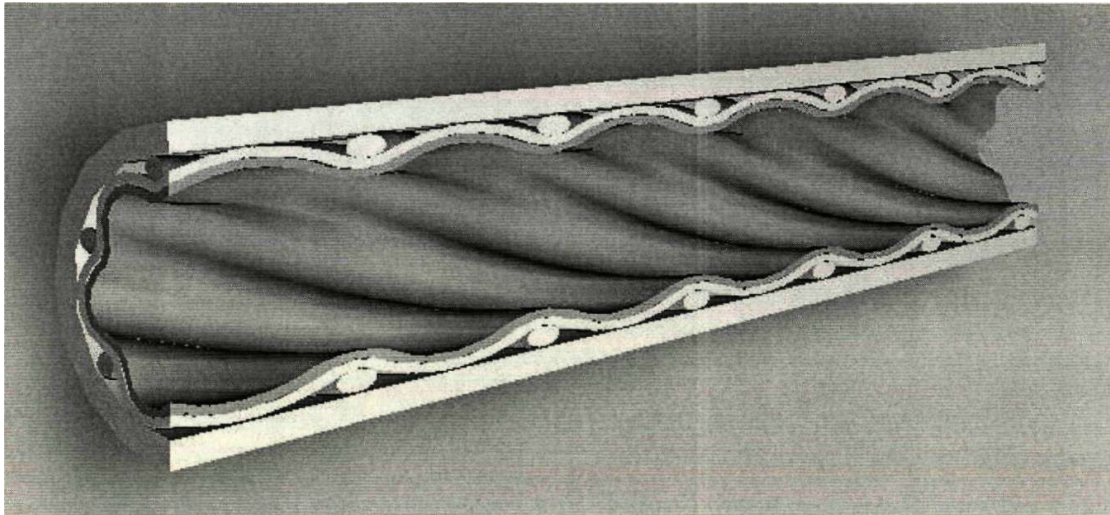
— пластическое деформирование методом обкатки роликами внутренней поверхности металлической заготовки;

— набор металлических пластин или сегментов с вырезанным циклоидальным профилем;

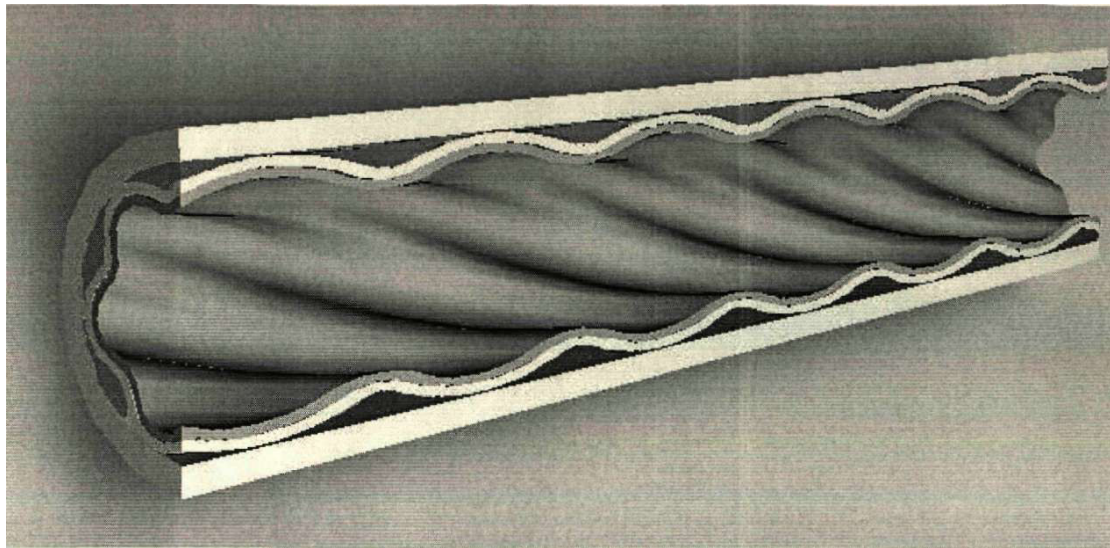
— установка в цилиндрический корпус тонкостенного винтового штампованного металлического вкладыша;

— установка в сердцевину резинового зуба металлического прутка.

Для устранения конструкционных и эксплуатационных недостатков стандартной конструкции статора предложена новая конструкция в двух вариантах конструктивного исполнения (рис. 1.1) — статор ВЗД, состоящий из металлического остова с внутренним винтовым циклоидальным



**а** — винтовая оболочка армирована металлическим цилиндрическим прутком



**б** — винтовая оболочка армирована теплопроводным наполнителем

**Рис. 1** Фрагмент новой конструкции экспериментальных статоров ВЗД

профилем и прикрепленной к нему упругоэластичной обкладкой постоянной толщины.

Для армирования резинового зуба статора используется тонкостенная винтовая металлическая оболочка. Оболочка изготовлена методом гидроштампирования. Кольцевая полость между цилиндрическим корпусом и гидроштампированной оболочкой заполняется теплопроводным наполнителем. В данную полость возможна установка металлического цилиндрического прутка.

Изготовление статора с остовом с внутренним винтовым металлическим профилем и резиновой обкладкой, профиль которой эквидистантен циклоидальному профилю металлического остова, приводит к повышению жесткости винтового зуба статора. При увеличенной жесткости винтовой зуб статора имеет значительно сниженные перемещения под действием перепада давления промывочной жидкости в рабочих камерах героторного механизма и воздействием ротора, сохраняя при этом

контактное взаимодействие рабочих органов. Уменьшаются утечки рабочей жидкости из камер высокого давления в камеры низкого давления. За счет снижения объемных потерь новая конструкция статора позволяет увеличить межвитковый перепад давления промывочной жидкости в рабочих камерах статора при его работе.

Момент на выходном валу двигателя напрямую зависит от межвиткового перепада давления в статоре:

$$M = \frac{P \cdot V}{2\pi}, H * м \tag{1}$$

где

P — перепад давления, Па

V — рабочий объем, м<sup>3</sup>

При увеличении перепада давления в статоре возрастает крутящий момент на выходном валу двигателя. Так по сравнению со стандартным статором новый статор с вин-



товым зубом повышенной жесткости увеличивает крутящий момент ВЗД.

При уменьшении объемных потерь в РО появляется возможность использовать меньший натяг в зацеплении без увеличения их длины и ухудшения энергетических характеристик, что должно снизить износ поверхностей скольжения ротора и статора, уменьшить механические потери на трение в механизме, а также уменьшить давление запуска двигателя.

Другим положительным моментом использования новой конструкции статора ВЗД является возможность уменьшения длины зацепления его РО без увеличения на-

тяга в зацеплении и ухудшения энергетических характеристик.

Значительное уменьшение протоков промывочной жидкости из рабочих камер двигателя, образованных винтовыми поверхностями ротора и статора, должно уменьшить падение оборотов ротора при возрастающем тормозном моменте на него или, другими словами, улучшить нагрузочную характеристику героторного механизма (сделать её более «жесткой»). Зависимость частоты вращения ротора от увеличения тормозного момента на выходном валу двигателя на графике становится более полой, как показано на рис. 1.8.

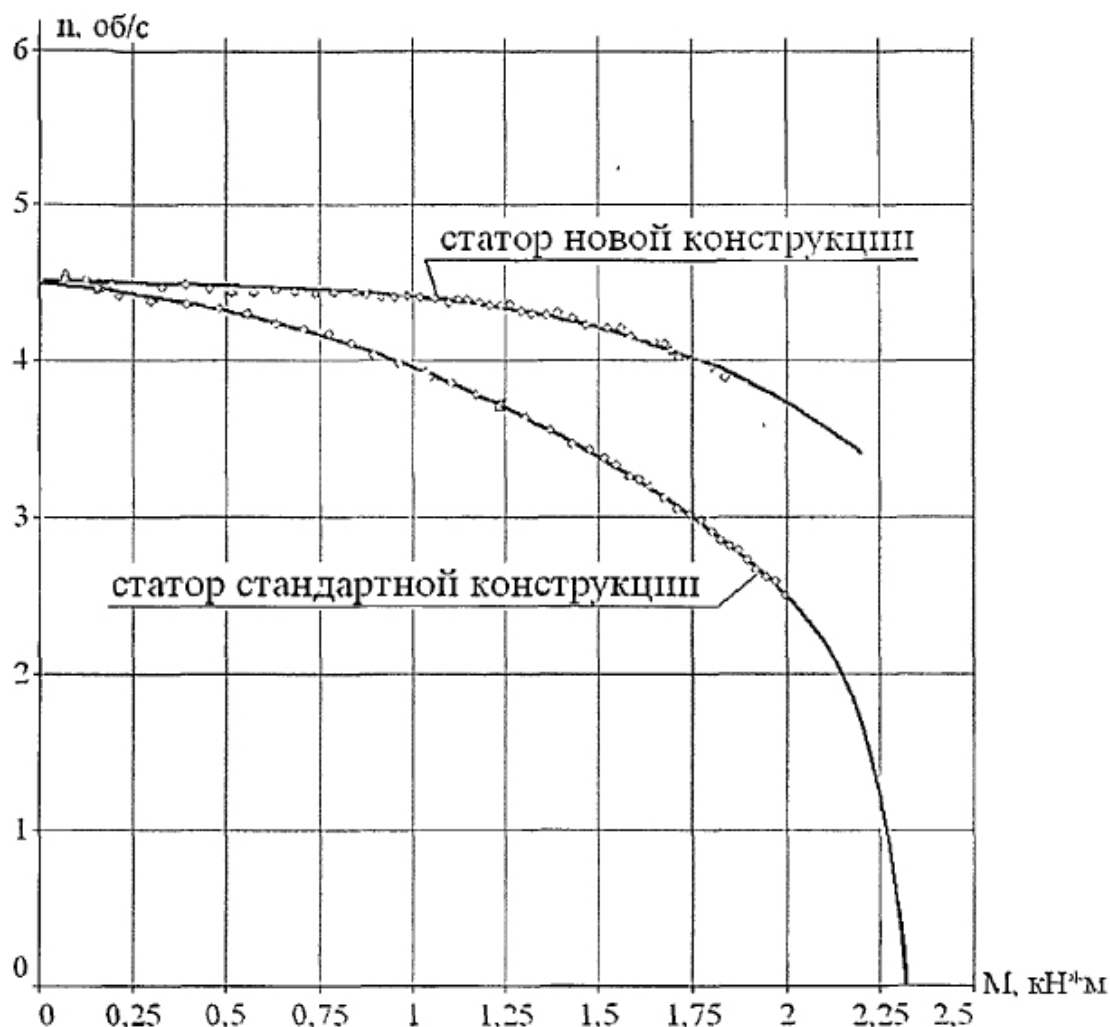


Рис. 2. Нагрузочная характеристика статоров габарита 95 мм сопоставимой длины с кинематическим отношением 5/6 при расходе 8 л/с

При бурении скважин винтовым забойным двигателем со статором новой конструкции его более жесткая нагрузочная характеристика обеспечивает значительно меньшее снижение частоты вращения ротора при увеличивающемся тормозном моменте на вал, который может возникнуть, например, при сужении ствола во время проработки скважины или увеличенной осевой нагрузке на забой. Также более жесткая нагрузочная характеристика

нового статора позволит более точно регулировать частоту вращения выходного вала ВЗД изменением расхода промывочной жидкости на буровых насосах.

Помимо таких явных преимуществ как повышение крутящего момента для эффективного использования долот РБС, уменьшения длины статора и уменьшения натяга в зацеплении рабочих органов применение новых статоров за счет повышения мощности привода позволит

снизить энергозатраты при бурении скважин. Новый статор может использоваться с той же эффективностью углубления скважины, что и стандартный статор, но при этом затрачиваться будет часть от его максимальной мощности в то время, как стандартный будет работать на

полную мощность. Другими словами, новый статор позволит работать при меньшем расходе рабочей жидкости, буровые насосы будут работать при меньшей производительности, что обуславливает экономическую эффективность.

#### Литература:

1. Балденко, Д.Ф. Отечественные винтовые забойные двигатели и прогресс буровой техники и технологии/ Ю.А. Кортаев//
2. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. — 2003. — № 5. — с. 14–22.
3. Балденко, Д.Ф. Одновинтовые гидравлические машины: в 2 т./ Ф.Д. Балденко, А.Н. Гноевых// — М. ЮОО «ИРЦ Газпром», 2007.
4. Бобров, М.Г. Результаты исследований энергетической характеристики винтового забойного двигателя Д1–195/ А.М. Кочнев // Нефтяное хозяйство. — 1988. — № 6.
5. Писаренко, Г.С. Сопротивление материалов: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1979. — 696 с.
6. Delpassand, Majid S., 1995, «Mud Motor Stator Temperature Analysis Technique», ASME Drilling Technology, Book No H00920. URL: <http://www.bicodrilling.com/spirostar.php> (дата обращения: 07.10.2007).
7. Захарченко, П.И. Справочник резинщика. Материалы резинового производства / Ф.И. Яшунская, В.Ф. Евстратов, П.Н. Орловский // — М.: Химия, 1971. — 608 с.
8. Балденко, Ф.Д. Особенности трения рабочих органов» одновинтовых гидромашин. — М.: ВНИИОЭНГ. — 1988. — № 3.

## Расчетное исследование влияния типа конечных элементов на коэффициент запаса топологически оптимизированной конструкции

Федосеев Николай Владимирович, студент;

Семёнов Сергей Валерьевич, ассистент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*Данная статья посвящена методу топологической оптимизации, который позволяет увеличить удельную прочность конструкции путем изменения её геометрии. В работе приведены теоретические основы топологической оптимизации, а также области применения этого метода. Кроме этого, в статье были исследованы на практике два типа оптимизации одной и той же конструкции: с линейными элементами и параболическими. Расчет на статическую нагрузку обоих оптимизированных конструкций и последующее их сравнение дало возможность выявить лучший тип оптимизации.*

**Ключевые слова:** топологическая оптимизация, конечно-элементная модель, линейный тип элементов, параболический тип элементов, коэффициенты запаса.

#### Введение

Развитие вычислительных методов и технологий производства позволяет создавать все более легкие и прочные детали. Наиболее бурное развитие данные вычислительные методы получили вместе со значительным увеличением мощности компьютеров. С их помощью появилась возможность более точно прогнозировать поведение конструктивных элементов под нагрузкой и более оптимально подбирать геометрические параметры конструкции, снижая, таким образом, к примеру, массу де-

тали и обеспечивая при этом максимум жесткости и прочности [1].

В последнее время особую популярность получили аддитивные технологии, обеспечивающие практически полную свободу формы детали, которая может быть изготовлена как из пластика, так и из металла. Основным преимуществом данных технологий является технологическая простота, а недостатками — время производства (значительно большее в сравнении с традиционными субтрактивными технологиями) и ограничение размеров детали (хотя существуют технологии, к примеру, с использо-

ванием методов плазменного наплавления, позволяющие обходить данное ограничение [2]).

Уменьшение веса деталей особенно приветствуется в авиационной промышленности, так как оно позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики летательных аппаратов. К примеру, в случае самолетов это может быть увеличение полезной нагрузки, а в случае дронов — возможность добавления новых функциональных элементов [3]. Уменьшение веса элементов может быть полезно и для других производственных отраслей — автомобильной промышленности, к примеру.

Одним из методов, получивших наибольшую популярность в решении задач, связанных с уменьшением массы деталей, является метод топологической оптимизации.

### Основы топологической оптимизации

Топологическая оптимизация (ТО) — это численный метод, который позволяет изменять структуру детали таким образом, чтобы удалить из нее ненагруженные части. Следовательно, данный метод может быть использован для уменьшения массы детали. Рассмотрим данный метод на основе следующей задачи — максимизации жесткости оптимизируемой детали. В основе ТО лежит обычная оптимизационная задача, поэтому все начинается с записи целевой функции [3]. Для определения нагрузок и граничных условий была выбрана опорная область, и в качестве задачи нахождения оптимального выбора значения жесткости  $E_{ijkl}(x)$ , который является переменным по всей области. Если введена 2-линейная форма энергии  $a$  (т. е. внутренняя работа упругого тела в равновесной ситуации  $u$  для произвольного виртуального перемещения  $v$ ), также называемая критерием соответствия, наряду с линейной формой деформации  $\epsilon$  и нагрузкой  $l$ . [4]:

$$a(u, v) = \int_{\Omega} E_{ijkl}(x) \epsilon_{ij}(u) \epsilon_{kl}(v) d\Omega$$

$$\epsilon_{ij}(u) = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

$$l(u) = \int_{\Omega} f u d\Omega + \int_{\Gamma_T} t u d\Omega$$

задача минимизации деформации (максимальной глобальной жесткости) принимает вид:

$$\min_{u \in U, E} l(u)$$

$$a_E(u, v) = l(v), v \in U$$

$$E \in E_{ad}$$

Другими словами, речь идет о получении конструкции, в которой будет наименьшая деформация при предполага-

емой нагрузке. Уравнение равновесия записано в простой, вариативной форме, где  $U$  — кинематически допустимое поле смещения,  $\bar{f}$  — сила, приложенная внутри тела,  $t$  — сила, приложенная на периферии области. Индекс  $E$  указывает на то, что 2-линейная форма энергии зависит от расчетных переменных, а  $E_{ad}$  является допустимым значением жесткости для данной задачи [4].

Для решения задачи с помощью численных методов типичным подходом является дискретизация модели с использованием метода конечных элементов. Следует отметить, что в интересующей области есть два поля: поле смещения  $u$  и поле жесткости  $E$ . используя одну и ту же сетку конечных элементов для двух полей и предполагая, что  $E$  постоянен в каждом элементе, можно записать дискретную форму задачи как:

$$\min_{u, E_e} f^T u$$

$$K(E_e)u = f$$

$$E \in E_{ad}$$

где:  $u$  и  $\bar{f}$  являются векторами смещения и нагрузок соответственно.

Матрица жесткости  $K$  зависит от жесткости  $E$  в пронумерованном элементе  $e = 1, \dots, N$ . тогда  $K$  можно записать в виде:

$$K = \sum_{e=1}^N K_e(E_e)$$

где:  $K_e$  — матрица жесткости элемента [4].

Из предложенных выше выражений следует, что на качество решения оптимизационной задачи напрямую влияет точность определения матриц жесткостей. В таком случае можно предположить, что использование параболических конечных элементов будет давать более точный результат при определении матриц жесткостей, чем при использовании линейных элементов. Проверим данную гипотезу на примере решения задачи топологической оптимизации кронштейна. В качестве критерия оценки качества оптимизации предлагается использовать коэффициент запаса прочности — чем он выше при одинаковом уменьшении массы, тем более удачная конфигурация конструкции была получена в результате оптимизации. Коэффициент запаса — величина, показывающая способность конструкции выдерживать прилагаемые к ней нагрузки выше расчетных [5]. Расчет конструкции осуществляется в пакете Autodesk Fusion 360.

### Методика расчетного исследования

Имеется некоторая пластиковая (ABS пластик) конструкция, используемая как элемент подвеса (кронштейн). Плотность детали  $0,001 \text{ г/см}^3$ .

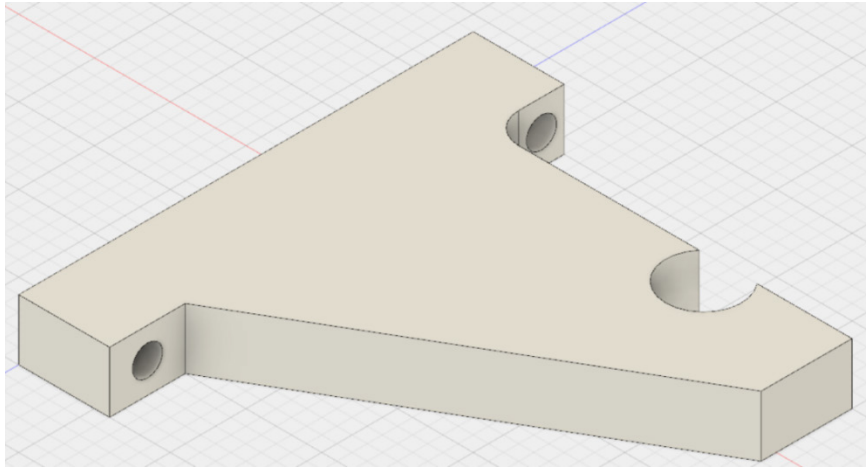


Рис. 1. Конструкция оптимизируемой детали

Определим запас прочности данной детали. Для этого, осуществим статический расчет данной конструкции на

изгиб, закрепив ее по отверстиям на левой грани и приложив усилие в 50 Н на крючок.

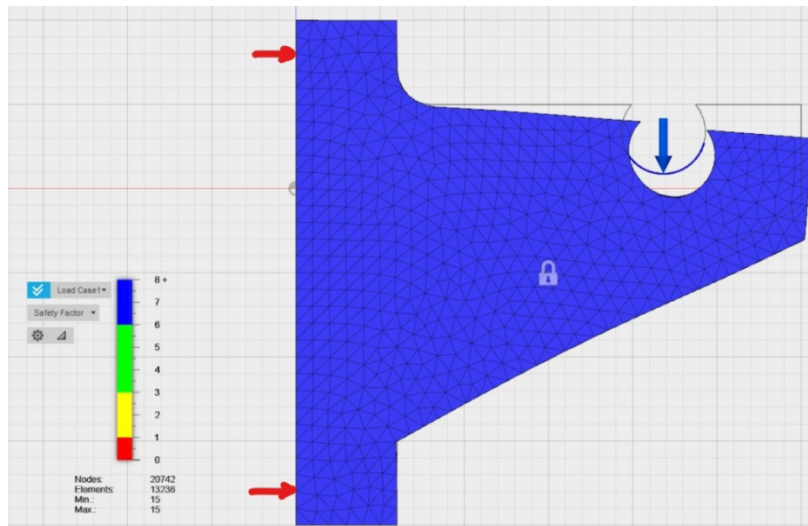


Рис. 2. Статический расчет коэффициента прочности кронштейна

Как видно из статического расчета, для данной конструкции запас прочности получился  $>15$ , что говорит о том, что прочность данной конструкции для данного типа нагружения избыточна.

Подвергнем данную конструкцию топологической оптимизации. Задача топологической оптимизации состоит в минимизации массы (на 30%) и максимизации жесткости, при ограничениях в виде граничных условий и условий нагрузки. Так же в приоритете стоит максимальное достижение в конструкции состояния равнопрочности [6].

Для данной процедуры критически важны параметры сетки. Было предложено использовать два варианта: с линейными элементами и параболическими (Рис. 3а, 3б). Размер элемента одинаков и составляет — 5 мм.

Как видно из рис. 3, для одинакового условия в 30% уменьшении массы для разного типа элементов конструкции получились разными.

Далее полученные детали были обрисованы с учетом результатов оптимизации. Внешний контур детали обрисовывается максимально одинаковым образом, а внутренний — следуя логике оптимизированной детали.

Производим расчеты статической нагрузки для полученных оптимизированных конструкций.

Как видно из расчетов минимальный запас прочности конструкции с параболическими элементами (13,03) больше, чем у конструкции с линейными элементами (10,27), т. е. использование параболических элементов позволило получить нам более высокие коэффициенты запаса при одинаковом уменьшении массы.

#### Заключение.

В данной работе была затронута тема топологической оптимизации, как метода определения наилучшей формы детали, которая бы обладала наибольшей жесткостью при ограничениях в массе и объеме.

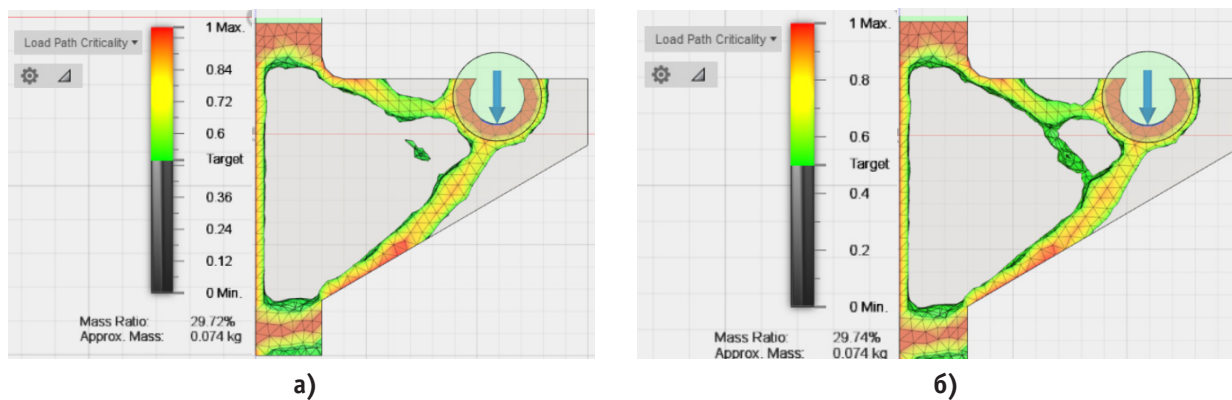


Рис. 3. Результаты топологической оптимизации конструкции с линейными элементами (а) и параболическими (б)

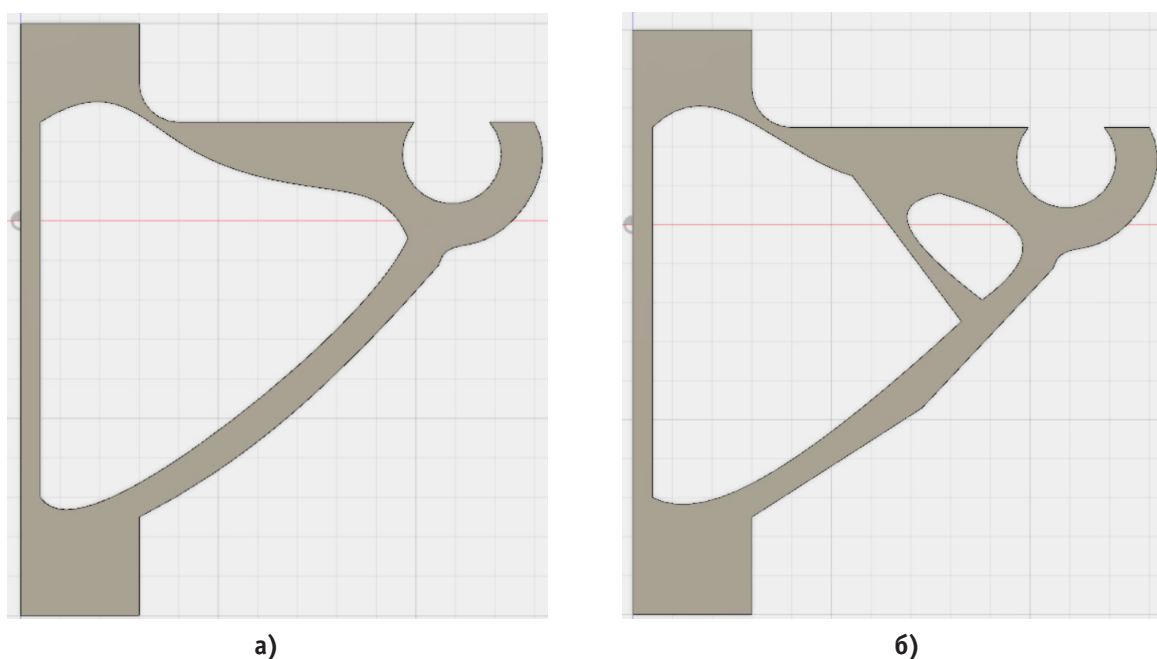


Рис. 4. Детали, полученные в результате топологической оптимизации с линейными (а) и параболическими элементами (б)

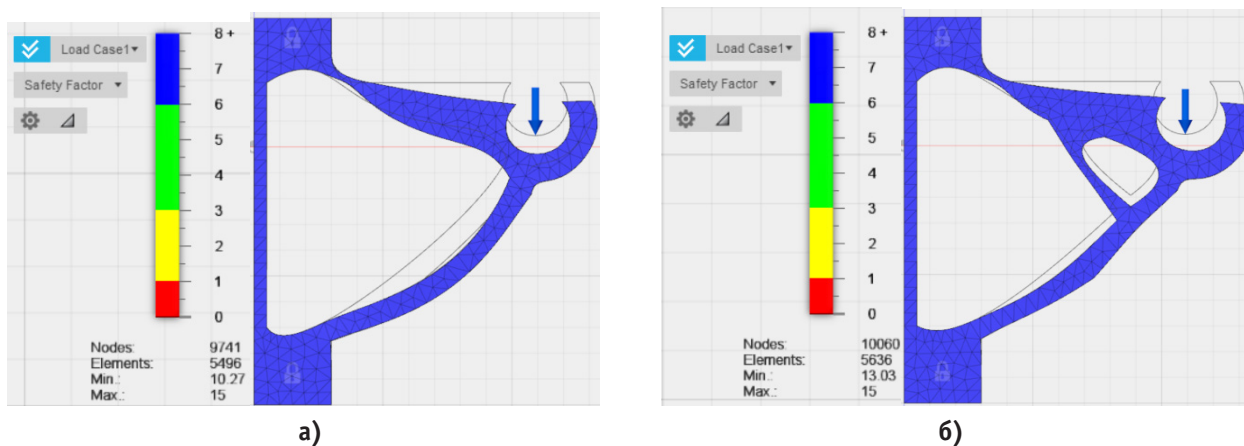


Рис. 5. Статический расчет коэффициента запаса прочности конструкции с линейными (а) и параболическими элементами (б)

Также были подвергнуты сравнению два типа топологической оптимизации: с линейными и параболическими элементами. В ходе сравнения были произведены расчеты, которые показали, что при одинаковом уменьшении массы лучший результат был получен для задачи, решаемой с помощью конечных элементов более высокого порядка.

#### Литература:

1. Huang, X., Xie M. Y. Evolutionary Topology Optimization of Continuum Structures: Methods and Applications. — iss. 1. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2010. — 237 с.
2. Мост MX3D // MX3D. URL: <http://mx3d.com/projects/bridge> (дата обращения: 18.05.2018).
3. К.А. Башин, Р.А. Торсунов, С.В. Семенов. Методы топологической оптимизации конструкций, применяющиеся в аэрокосмической отрасли // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника.. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия, 2017.
4. Bendsoe, M. P., Sigmund O. «Topology Optimization: Theory, Methods and Applications».. — iss. 2. — Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. — 370 с.
5. Коэффициент запаса // Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент\\_запаса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Коэффициент_запаса) (дата обращения: 18.05.2018).
6. Брюхова, К. С., Максимов П. В. Алгоритм топологической оптимизации на основе метода ESO // Международный научно-исследовательский журнал. — Екатеринбург: Индивидуальный предприниматель Соколова Марина Владимировна, 2016. — с. 16–18.

## Исследование и разработка измерительных циклов для компенсации погрешностей базирования на станках фрезерной группы

Халилуллин Раил Рушанович, магистр  
Московский государственный технологический университет «Станкин»

В настоящее время неотъемлемой частью любого высокотехнологичного производства является высокий процент использования станков фрезерной группы. В процессе развития машиностроения, под влиянием конкуренции на рынке, предприятия ставят перед собой следующие цели: сокращение времени на обработку единичного изделия; повышение качества и точности изготавливаемой продукции; понижение себестоимости производимой продукции.

Поставленные задачи реализуются путем интегрирования на уровне производственного предприятия совокупностью средств и методов, таких как: современные технологий, материалы, автоматизация технологических процессов производств. Одним из наиболее рентабельных и эффективных способов автоматизации промышленного предприятия, является внедрение станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Станки с ЧПУ получили широкое применение при изготовлении деталей различных поверхностей, требующих высокой точности обработки.

Актуальность рассматриваемой цели заключается в том, что на большинстве промышленных предприятий, станки с ЧПУ фрезерной группы оборудованы измерительными системами для привязки обрабатываемых заготовок. Учитывая, влияние базирования заготовки на качество и точность изготавливаемой продукции, целесообразным является применение измерительных циклов для определения положения детали в технологической системе станок-приспособление-инструмент-деталь (СПИД).

Для написания измерительных циклов, как правило, используют параметрическое программирование. Внедрение на предприятие новых измерительных циклов, для компенсации погрешности базирования, позволит значительно повысить эффективность производства — путем снижения времени обработки и в то же время повышением точности изготавливаемой продукции.

**Базирование заготовки на станках фрезерной группы. Классификация. Определение положения в пространстве.** В производственной промышленности лидирующими по численности единиц станочного парка являются станки фрезерной группы. Фрезерные станки предназначены для обработки различных плоскостей корпусных деталей, тел вращения, пуансонов, матриц, сплайновых контуров и других сложных поверхностей. Обработка формообразования производится с помощью фрез, где главным движением является вращение фрезы, а заготовка неподвижно закреплена на рабочей плоскости станка (стол, приспособление спутник и т. д.) совершает движение подачи. Данные станки могут быть оборудованы системой числового программного управления (ЧПУ).

При выполнении операции над заготовкой, на станках, важно учитывать реальное положение механизмов и узлов станка. Задача взаимной ориентировки станка и детали решаются базированием.

Базирование — это придание заготовки или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат [1].

При осуществлении механической обработки заготовки, на станках фрезерной группы, базирование обеспечивает придание некоторого требуемого положения относительно движения подачи обрабатывающего инструмента (фрезы). Базирование, так же исключает возможные смещения заготовки во время обработки, для этого следует воспользоваться наложением на заготовку двухсторонних связей, обеспечивающие постоянное положение тела относительно осей X, Y, Z, и поворотов A, B, C вокруг этих осей (рис. 1).

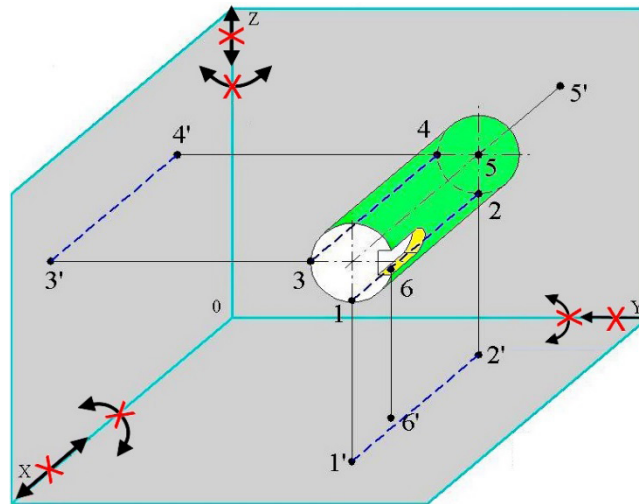


Рис. 1. Базирование вала по 6 точкам

Базы классифицируют: по назначению, по лишаемым степеням свободы и по характеру проявлений (рис. 2). Конструкторская — определяет положение сборочной единицы в сборке; Измерительная — база для контролирования размеров детали

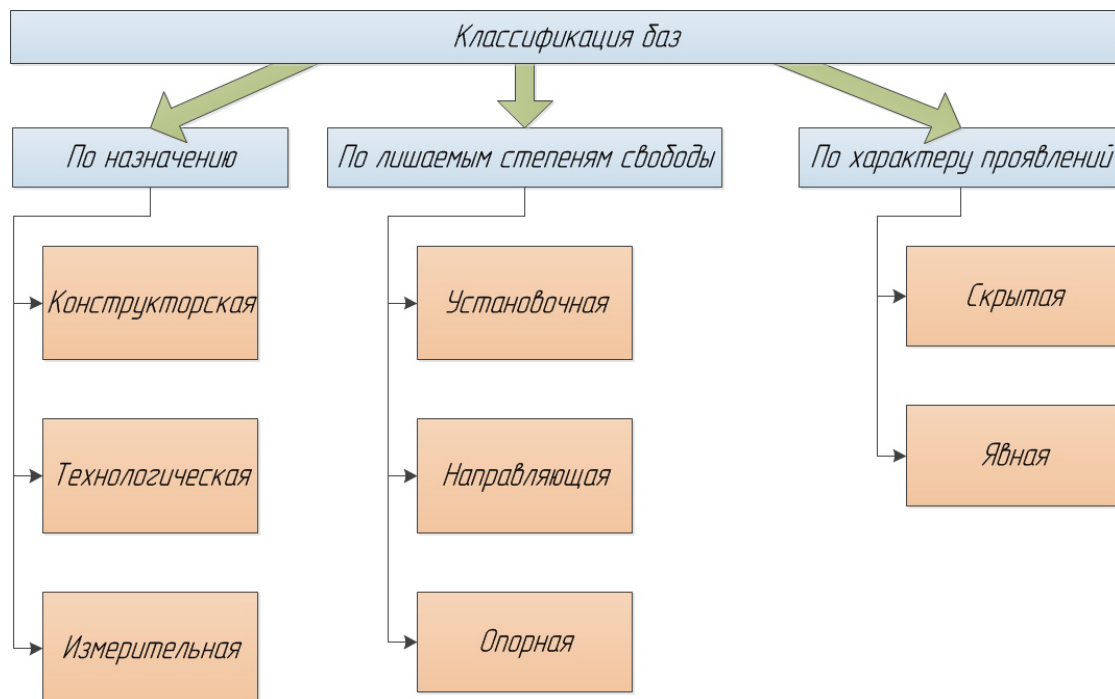


Рис. 2. Классификация баз

Технологическая — определяет положение заготовки при обработке его на станке;

Наибольшее влияние на качество получаемой поверхности обрабатываемой детали оказывает — технологическая база. В процессе изготовления детали в условиях серийного производства используется метод обработки по проверочным базовым поверхностям, т. е. поверхностям, по которым происходит выверка положения детали на станке. При использовании обрабатываемой поверхности в качестве проверочной базы — время на операцию сокращается. Совмещение основной технологической базы с конструкторской значительно увеличивает точность обработки [2].

**Погрешность. Погрешности базирования на станках фрезерной группы**

Точность — это величина соответствия готового изделия по отношению к заданным начальным характеристикам. Обеспечение точности — это совокупность действий, направленных на достижение максимальной точности в рамках производственных ресурсов. Обеспечение точности является трудоемким и сложным процессом, который выполняется на всех этапах производства изделия.

Погрешность — величина фактического отклонения изделия от заданных начальных характеристик. Погрешность подразделяется на конструкторские и производственные.

Конструкторские погрешности — имеют свое влияние на точность изделия до его непосредственного производства, являются неисправимыми и в большинстве случаев их проявление обусловлено не достаточной квалификации инженеров-конструкторов.

Производственные погрешности — это основной класс погрешностей, который определяет технологическую точность изделия. При проведении исследования, проявления погрешности, следует декомпозировать производственный процесс на отдельные операции, с непосредственным выявлением каждого элемента погрешности и степени его влияния на ТП [3].

Производственные погрешности бывают двух видов:

- Случайные — невыясненные случайные факторы (налипание стружки, поломка инструмента и др.);
- Систематические — постоянные факторы погрешности (износ оборудования, свойства материала, неверных технологический подход к обработке и др.).

Производственные погрешности определены 4 группами: теоретические, погрешности базирования, настройки и обработки (рис. 3).

<i>Производственные погрешности</i>				
<i>Теоретические погрешности</i>	<i>Погрешности установки</i>	<i>Погрешности настройки</i>	<i>Погрешности обработки</i>	
			<i>Независимые</i>	<i>Зависимые</i>
<i>Основаны на составлении математической модели изделия с результирующими факторами погрешности</i>	<i>Основаны на геометрической сумме погрешностей базирования, закрепления и приспособления (несовпадение баз, смещение детали, точность установки)</i>	<i>Неточность устройств применяемых при наладке технологического оборудования и квалификации наладчика</i>	<i>Погрешность обусловлена неточностью оборудования, СТО и инструмента</i>	<i>Фактор влияния деформаций, износ, напряжений детали</i>
<b><math>\epsilon_{теор}</math></b>	<b><math>\epsilon_{уст}</math></b>	<b><math>\epsilon_{нс}</math></b>	<b><math>\epsilon_{обр}</math></b>	

Рис. 3. Группы производственных погрешностей

При расчете точности фактического значения и значения требуемого, суммарно число отклонений не должно превышать величину поля допуска

$$\sum \epsilon \leq T \quad \sum \epsilon \leq T \tag{1}$$

$$\sum \epsilon = \epsilon_{теор} + \epsilon_{уст} + \epsilon_{нс} + \epsilon_{обр} \quad \sum \epsilon = \epsilon_{теор} + \epsilon_{уст} + \epsilon_{нс} + \epsilon_{обр} \tag{2}$$



$$\varepsilon_{уст} = \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{зак} + \varepsilon_{пр} \varepsilon_{уст} = \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{зак} + \varepsilon_{пр} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{уст} \leq T - k_T \sqrt{(k_{T1} + \varepsilon_{баз})^2 + \varepsilon_{зак}^2 + \varepsilon_{нс} + \frac{\varepsilon_{обр}}{1 + k_{T2}} + (k_{T1} \times \omega)^2} \quad (4)$$

Где:  $\varepsilon_{баз}$  — погрешность базирования заготовки;  $\varepsilon_{зак}$  — закрепления заготовки;  $\varepsilon_{обр}$  — погрешность обработки;  $\omega$  — экономическая точность обработки;  $k_T$  — коэффициент величины закона нормального распределения;  $k_{T1}$  — коэффициент, предельного значения погрешности базирования;  $k_{T2}$  — погрешности обработки факторами, не зависящими от приспособления.

В рассмотренной формуле (4) можем наблюдать, что одним из наиболее влияющих факторов производственной погрешности является погрешность базирования заготовки.

Погрешности станка фрезерной группы — детали узлов станка могут быть выполнены с отклонениями, что влияет на постоянную погрешность, абсолютная точность работы станка невозможна. К примеру, ШВП имеет определенный диапазон погрешности соединений и точности, заданный в допусках заводом изготовителем, время работы станка, удовлетворяющей этим требованиям, определяется по математическим формулам расчета износа. В соответствие с этим требуются определенный период планово-принудительного ремонта узлов для обеспечения точности обработки.

Проанализировав все представленные факторы влияющие на точность изготовления конечного изделия на станках фрезерной группы, было выявлено, что наиболее значимым для контролирования фактором в вопросе структуры формирования погрешностей установки является — декомпозирование ее до погрешности базирования заготовки. Важно сформулировать механизм компенсации погрешности базирования заготовки относительно обрабатываемой плоскости станка [3].

Литература:

1. Сосонкин, В.Л., Мартинов Г.М. Концепция числового программного управления мехатронными системами: реализация диагностической задачи управления. //Мехатроника, автоматизация, управление. 2001. № 3. с. 26–29.
2. Основы базирования заготовок в машиностроении. [Электронный ресурс] // Сайт «Kursak.net» URL: <http://kursak.net/osnovy-bazirovaniya-zagotovok-v-mashinostroenii/> (Дата доступа 15.05.2018).
3. Государственный стандарт союза ССР. Базирование и базы в машиностроении // ЗАО «Кодекс», Издательство стандартов. 1990. с. 2–6.
4. Халилуллин, Р.Р. Исследование и разработка измерительных циклов для компенсации погрешностей базирования детали на станках фрезерной группы. // Халилуллин Р.Р.// Материалы международной студенческой научно-практической конференции «Автоматизация и информационные технологии (АИТ-2018)». Сборник тезисов докладов института автоматизации и робототехники. Под ред. Хитиной Н.А. — М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «Станкин», 2018. — 111 с.

## Определение пульсационной составляющей ветровой нагрузки на мачту с многоярусными оттяжками

Чинько Екатерина Дмитриевна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**Ключевые слова:** мачта с многоярусными оттяжками, пульсационная составляющая ветровой нагрузки, динамический расчет, программный комплекс ЛИРА-САПР 2013, линеаризация расчетной схемы.

Для мачт с многоярусными оттяжками пульсационную составляющую ветровой нагрузки в соответствии с [5] необходимо определять динамическим расчетом с учетом с первых форм собственных колебаний, так как вторая частота собственных колебаний меньше предельной. Количество с первых форм собственных колебаний определяется из условия  $f_s < f_{lim} < f_{s+1}$ . Динамический расчет выполняется в программном комплексе ЛИРА-САПР 2013.

Определение пульсационной составляющей ветровой нагрузки выполняется для мачты четырехгранного сечения, имеющей 5 ярусов оттяжек. Ствол мачты сформирован из секций высотой 6,75 м, размеры поперечного сечения 2,5х2,5 м. Секции являются пространственными фермами. Для предварительного расчета сечение пояса принято из круглых труб размером 245х20 мм, элементы решетки — 121х10 мм. Общий вид мачты представлен

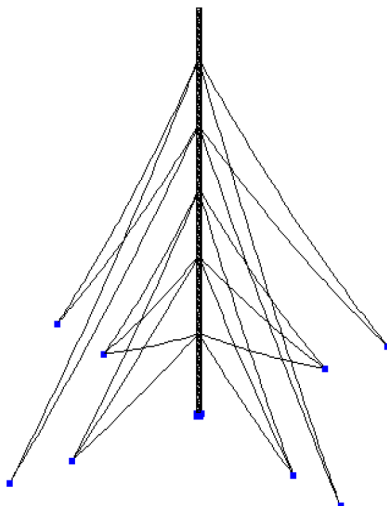


Рис. 1. Общий вид мачты

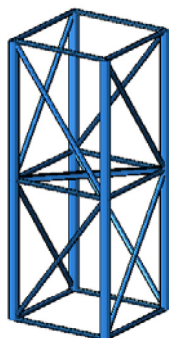


Рис. 2. Общий вид монтажной секции ствола мачты

на рис. 1, общий вид одной монтажной секции ствола мачты — на рис. 2.

В программном комплексе ЛИРА-САПР 2013 расчет на динамическое пульсационное воздействие возможен только в линейной постановке задачи. Мачта с многоярусными оттяжками является геометрически нелинейным сооружением, так как в ней присутствуют гибкие нити — оттяжки. В связи с этим производится линеаризация расчетной схемы мачты, в которой оттяжки заменяются упругими опорами, расположенными в местах крепления оттяжек к стволу мачты [1]. Жесткость упругих опор для каждого яруса оттяжек в горизонтальном направлении вдоль и поперек направления оттяжек вычисляется нелинейным статическим расчетом. Линеаризованная расчетная схема представлена на рис. 3.

Для линеаризованной расчетной схемы предварительно выполняется модальный анализ с целью определения числа  $s$  первых форм собственных колебаний, учитываемых при динамическом расчете, и сбор нагрузок. В расчете учитывается 14 первых форм собственных колебаний. Динамический расчет выполняется при действии собственного веса несущих

конструкций мачты, веса оборудования, предварительного натяжения оттяжек и статической составляющей ветровой нагрузки. Величина статической составляющей ветровой нагрузки является переменной по высоте мачты и в соответствии с [3] определяется с учетом следующих допущений. Во-первых, нагрузка принимается равномерно распределенной по длине элементов. Во-вторых, для элементов ствола мачты значение нагрузки принимается одинаковым в пределах пролета, а эквивалентная высота принимается равной высоте середины пролета. В-третьих, для оттяжек значение нагрузки принимается одинаковым по всей длине оттяжке в пределах яруса, а эквивалентная высота принимается равной  $2/3$  высоты оттяжки. Схема задания средней составляющей ветровой нагрузки на расчетную схему представлена на рис. 4.

Пульсационная составляющая определяется только для ветровой нагрузки, действующей на ствол мачты. Для оттяжек в расчете учитывается только средняя составляющая, потому что для гашения вибрации в оттяжках предусматривается установка виброгасителей [4].

Далее выполняется задание параметров динамического расчета: из статических загрузок формируются динами-



Рис. 3. Линеаризованная расчетная схема мачты

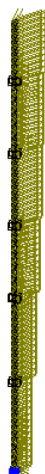


Рис. 4. Схема задания средней составляющей ветровой нагрузки на ствол мачты

ческие и задаются характеристики для расчета на динамические воздействия. На основании статических загрузений: собственного веса несущих конструкций, веса оборудования и предварительного натяжения оттяжек, формируются ма-

трицы масс. Параметры расчета на ветровое воздействие с учетом пульсации включают указание числа форм собственных колебаний, учитываемых при расчете, характеристики сооружения и наименование строительных норм.

Литература:

1. Перельмутер, А.В. Основы расчета вантово-стержневых систем / А.В. Перельмутер. — М.: Стройиздат, 1969. — 192 с.
2. Руководство по расчету зданий и сооружений на действие ветра / Центр. науч.-исслед. ин-т строит. конструкций им. В. А. Кучеренко. — М.: Стройиздат. 1978. — 217 с.
3. СН 376–67 Указания по проектированию металлических конструкций антенных сооружений объектов связи. — М.: Стройиздат, 1968. — 26 с.
4. СП 16.13330.2016. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23–81\*. — М.: [б. и.], 2017. — 145 с.
5. СП 20.13330.2017. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85\*. — М.: [б. и.], 2017. — 105 с.

## Расчет сечения сборно-монолитной конструкции в стадии эксплуатации

Шеховцов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Григорьев Антон Игоревич, студент магистратуры  
 Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

### 1. Расчетные данные

Материал ригеля:

Бетон тяжелый класса В30 с расчетными характеристиками при коэффициенте условий работы  $\phi_b=0,9$   $R_b = 0,9 \cdot 17=15,3$  МПа;  $R_{bt} = 0,9 \cdot 1,15=1,035$  МПа;  $R_{b,ser} = 22,0$  МПа;  $R_{bt,ser} = 1,75$  МПа;  $E_b = 32500$  МПа. Предварительно напряженная арматура- канаты класса К-7  $R_s = 1250$  МПа,  $R_{s,ser} = 1400$  МПа. Ненапрягаемая арматура класса А500С  $R_s = 450$  МПа,  $R_{s,ser} = 500$  МПа.

Материал плиты:

Бетон тяжелый класса В30 с расчетными характеристиками при коэффициенте условий работы  $\phi_b=0,9$   $R_b = 0,9 \cdot 17=15,3$  МПа;  $R_{bt} = 0,9 \cdot 1,15=1,035$  МПа;  $R_{b,ser} = 22,0$  МПа;  $R_{bt,ser} = 1,75$  МПа;  $E_b = 32500$  МПа. Предварительно напряженная арматура класса Вр1400  $R_s = 1167$  МПа,  $R_{s,ser} = 1400$  МПа.

Омоноличивание бетоном класса В30 с расчетными характеристиками при коэффициенте условий работы  $\phi_b=0,9$   $R_b = 0,9 \cdot 17=15,3$  МПа;  $R_{bt} = 0,9 \cdot 1,15=1,035$  МПа;  $R_{b,ser} = 22,0$  МПа;  $R_{bt,ser} = 1,75$  МПа;  $E_b = 32500$  МПа.

Значение  $b_i$ , вводимое в расчет, принято из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более 1/6 пролета, и не более 1/2 расстояния в свету между продольными ребрами. Таким образом,  $b_i=1950$  мм.

### 1. Расчет сечения по предельным состояниям первой группы

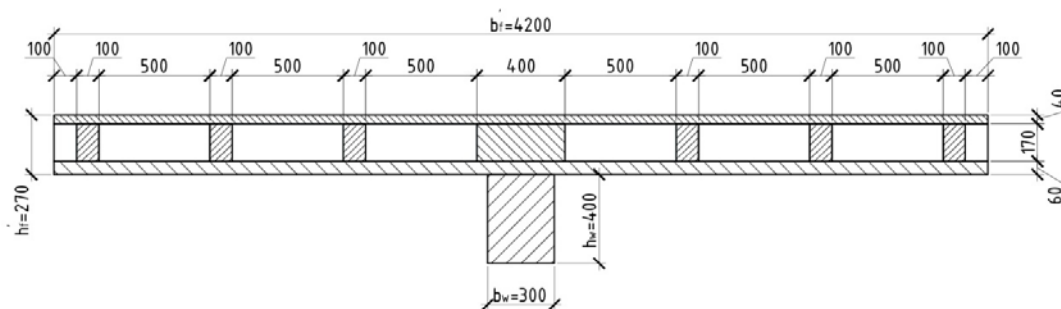


Рис. 1. Расчетное сечение

Сечение включает в себя: сборный преднапряженный ригель, сборную плиту-опалубку, пенобетонные блоки, монолитный бетон.

В рамках настоящей работы выполнен расчет характерного сечения плиты перекрытия типового этажа.

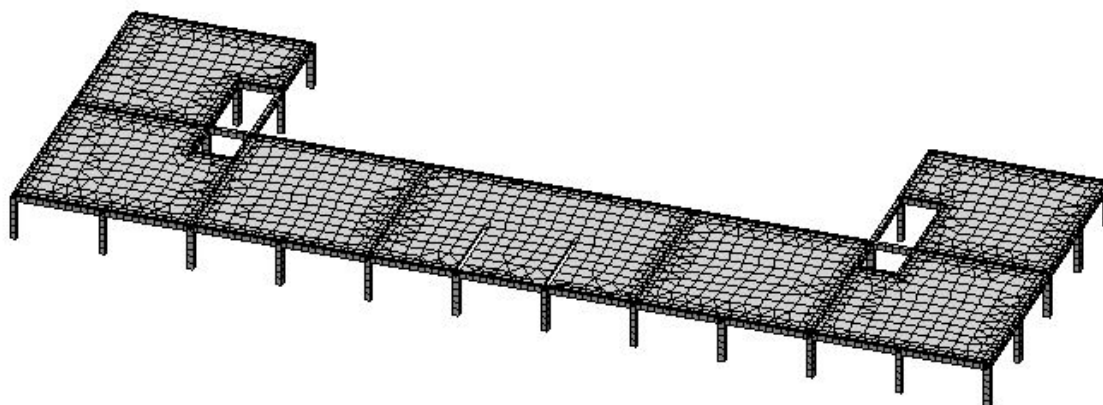


Рис. 2. Пространственная модель перекрытия

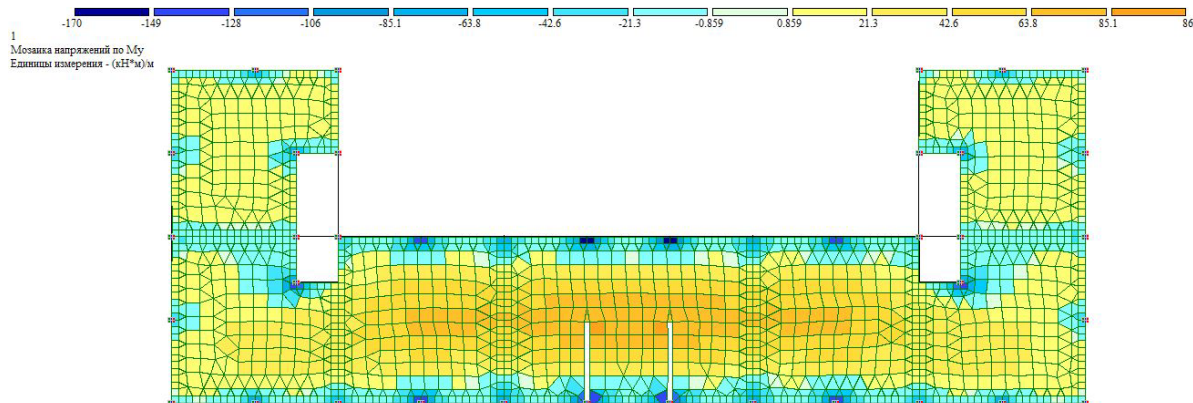


Рис. 3. Изополя изгибающего момента

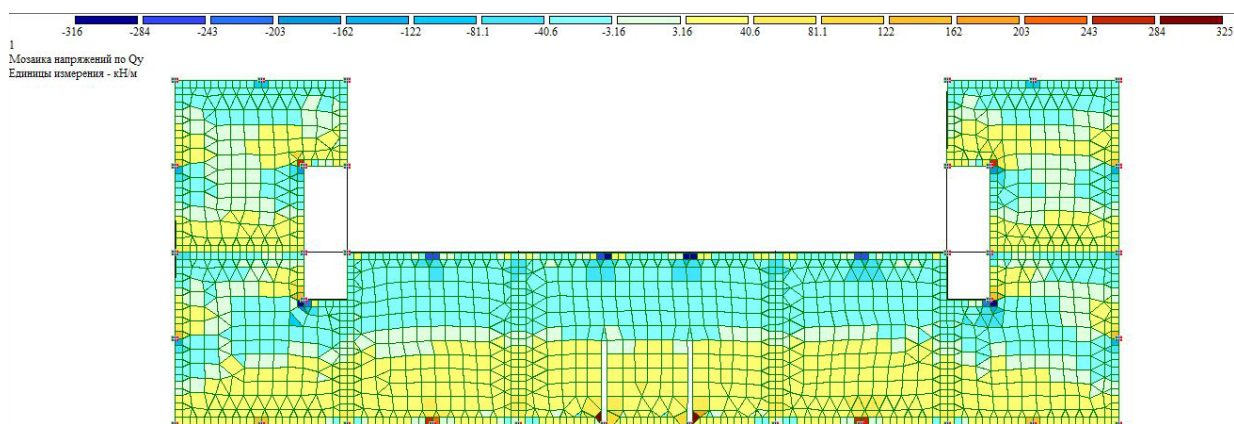


Рис. 4. Изополя поперечной силы

За расчетный изгибающий момент принят  $M = 86 \cdot 4,2 = 361,2 \text{ кНм}$

За расчетную поперечную силу принята  $Q = 40,6 \cdot 4,2 = 170,5 \text{ кН}$

Расчет прочности нормального сечения при действии изгибающего момента

Проверим условие  $R_s A_s \leq R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_f + R_{sc} A'_s$

$$R_s A_s = 1250 \cdot 565 + 435 \cdot 306 = 839360 \text{ Н}$$

$$R_{b2} = 15,3 \text{ МПа}$$

$$b'_f \cdot h'_f = 589490 \text{ мм}^2$$

$$R_{b2} \cdot b'_f \cdot h'_f = 15,3 \cdot 589490 = 9019197 \text{ Н}$$

$$839360 \text{ Н} \leq 9019197 \text{ Н}$$

Условие выполнилось, следовательно, граница сжатой зоны проходит в полке в пределах бетона омоноличивания.

Таким образом, далее расчет производится как для элемента прямоугольного сечения шириной  $b'_f$ , выполненного из бетона одного класса (монолитного), приняв что  $A'_s = 0$ .

$$M \leq R_{b2} \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a')$$

$$R_s A_s - R_{sc} A'_s = R_{b2} \cdot b \cdot x, \text{ следовательно,}$$

$$x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_{b2} \cdot b} = \frac{839360}{15,3 \cdot 4200} = 13 \text{ мм}$$

$$R_{sc} A'_s = 435 \cdot 476 + 435 \cdot 948 + 435 \cdot 402 = 794310 \text{ Н}$$

337кНм ≤ 361,2кНм, следовательно, прочность нормального сечения обеспечена.

Расчет по прочности при действии поперечной силы

Предложенная конструкция относится к сечению первого типа: сечение, состоящее по высоте из бетона сборного элемента и бетона омоноличивания.

Расчет элементов на действие поперечной силы для обеспечения прочности производят из условия:  $Q \leq Q_{b,com}$

$$\text{При расчете по рабочей высоте сборного элемента: } Q_{b,com} = 0,3\varphi_{w1,1}\varphi_{b1,1}R_{b1} \cdot b_1 h_{01}$$

Поперечная арматура ригеля класса А500С ( $R_{sw} = 300$  МПа,  $E_s = 20000$  МПа), в одном поперечном сечении 4Ø8 ( $A_{sw} = 201 \text{ мм}^2$ ) с шагом  $s = 100$  мм

$$\varphi_{w1,1} = 1 + 5 \frac{E_s A_{sw}}{E_{b1} b s} = 1 + 5 \frac{200000}{29000} \cdot \frac{201}{300 \cdot 100} = 1,2 < 1,3$$

$$\varphi_{b1,1} = 1 - 0,01R_{b1} = 1 - 0,01 \cdot 15,3 = 0,847$$

$$Q_{b,com} = 0,3\varphi_{w1,1}\varphi_{b1,1}R_{b1} \cdot b_1 h_{01} = 0,3 \cdot 1,2 \cdot 0,847 \cdot 15,3 \cdot 300 \cdot 330 = 461 \text{ кН} > Q = 170,5 \text{ кН}$$

При расчете по рабочей высоте сборно-монолитного элемента:

$$Q_{b,com} = 0,3\varphi_{w1,2}\varphi_{b1,2}R_{b2} \cdot b h_0 = 0,3 \cdot 1,2 \cdot$$

$$\varphi_{w1,1} = 1 + 5 \frac{E_s A_{sw}}{E_{b2} b s} = 1 + 5 \frac{200000}{29000} \cdot \frac{201}{300 \cdot 100} = 1,2 < 1,3$$

$$\varphi_{b1,1} = 1 - 0,01R_{b2} = 1 - 0,01 \cdot 15,3 = 0,847$$

$$Q_{b,com} = 0,3\varphi_{w1,2}\varphi_{b1,2}R_{b2} \cdot b h_0 = 0,3 \cdot 1,2 \cdot 0,847 \cdot 15,3 \cdot 300 \cdot 600 = 840 \text{ кН} > Q = 170,5 \text{ кН}$$

Проверка по разным расчетным схемам показала, что прочность по наклонной полосе обеспечена при расчете как по рабочей высоте сборного элемента, так и по рабочей высоте сборно-монолитного элемента. Следовательно, прочность конструкции по наклонной полосе обеспечена.

Проверка прочности сечения по наклонной трещине:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw}$$

$$Q_b = \frac{M_b}{c} = \frac{106}{0,48} = 221 \text{ кН} > Q = 170,5 \text{ кН}$$

Поскольку расчет по рабочей высоте сборного элемента показал, что прочность сборно-монолитной конструкции обеспечена, то расчет по рабочей высоте сборно-монолитного элемента можно не производить.

$Q_b = M_b / c$  ( $c$  — длина проекции наклонного сечения на продольную ось элемента, определяемая как расстояние от вершины наклонной трещины до опоры)

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{0,75q_{sw}}} = \sqrt{\frac{106}{0,75 \cdot 603}} = 0,48 \text{ м}$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{S_{sw}} = \frac{300 \cdot 201}{100} = 603 \text{ кН / м}$$

При расчете по рабочей высоте сборного элемента:

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_n)R_{bt}b(h_{01})^2 = 2(1 + 0,57) \cdot 1,035 \cdot 300 \cdot 330^2 = 106 \text{ кНм}$$

$$\varphi_{b2} = 2$$

$\varphi_n$  — коэффициент, учитывающий влияние предварительного напряжения в сборном элементе.

$$\varphi_n = 0,1 \frac{P}{R_{bt1} b h_{01}} = 0,1 \cdot \frac{580255}{1,035 \cdot 300 \cdot 330} = 0,57$$

$$P = \sigma_{sp2} \cdot A_{sp} = 1027 \cdot 565 = 580255H$$

Определение первых потерь:

Потери от релаксации напряжений в арматуре:

$$\Delta\sigma_{sp1} = 0,03 \cdot \sigma_{sp} = 0,03 \cdot 1260 = 37,8MPa$$

Максимально допустимое значение  $\sigma_{sp}$  без учета потерь-

$$\sigma_{sp} = 0,9 \cdot R_{sn} = 0,9 \cdot 1400 = 1260MPa$$

Потери от температурного перепада при агрегатно-поточной технологии принимаются равными 0:  $\Delta\sigma_{sp2} = 0$

Потери от деформации формы при электротермическом способе натяжения арматуры не учитывают:  $\Delta\sigma_{sp3} = 0$

Потери от деформации анкеров при электротермическом способе натяжения арматуры не учитывают:  $\Delta\sigma_{sp4} = 0$

Первые потери:  $\Delta\sigma_{sp(1)} = \Delta\sigma_{sp1} + \Delta\sigma_{sp2} + \Delta\sigma_{sp3} + \Delta\sigma_{sp4} = 37,8MPa$

Определение вторых потерь:

Потери от усадки бетона:  $\Delta\sigma_{sp5} = \xi_{b,sh} \cdot E_s = 0,0002 \cdot 2 \cdot 10^5 = 40MPa$

$\xi_{b,sh}$  - деформация усадки бетона, принимаемая равной 0,0002 — для бетона классов В35 и ниже.

$$\begin{aligned} \text{Потери от ползучести бетона: } \Delta\sigma_{sp6} &= \frac{0,8 \cdot \varphi_{b,cr} \cdot \alpha \cdot \sigma_{bp}}{1 + \alpha \cdot \mu_{sp} \left( 1 \pm \frac{e_{op1} \cdot y_s \cdot A_{red}}{I_{red}} \right) (1 + 0,8 \cdot \varphi_{b,cr})} = \\ &= \frac{0,8 \cdot 2,1 \cdot 9,10 \cdot 13,5}{1 + 9,10 \cdot 4,71 \cdot 10^{-3} \left( 1 + \frac{128,6 \cdot 198,6 \cdot 122661,2}{16,85 \cdot 10^8} \right) (1 + 0,8 \cdot 2,1)} = 155,2MPa \end{aligned}$$

$\varphi_{b,cr} = 2,1$  для класса бетона В35 и относительной влажности воздуха окружающей среды 40–75 %

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{1,8 \cdot 10^5}{0,33 \cdot 10^5} = 5,45$$

$$\mu_{sp} = \frac{A_{sp}}{A} = \frac{565}{300 \cdot 400} = 4,71 \cdot 10^{-3}$$

$$A_{red} = A + A_{sp} \cdot \alpha = 300 \cdot 400 + 565 \cdot 5,45 = 122661,2mm^2$$

$$e_{op1} = y_{sp} = 128,6mm$$

$$y_{sp} = y - a_p = 198,6 - 70 = 128,6mm$$

$$y = \frac{S + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a_p}{A_{red}} = \frac{24000000 + 9,10 \cdot 565 \cdot 70}{122661,2} = 198,6mm$$

$$S = A \cdot \frac{h}{2} = 300 \cdot 400 \cdot 200 = 24000000mm^3$$

$$\sigma_{bp} = \frac{P_{(1)}}{A_{red}} + \frac{P_{(1)} \cdot e_{op1} \cdot y_s}{I_{red}} \pm \frac{M \cdot y_s}{I_{red}} = \frac{690543}{122661,2} + \frac{690543 \cdot 128,6 \cdot 198,6}{16,85 \cdot 10^8} - \frac{31,22 \cdot 198,6}{16,85 \cdot 10^8} = 16,23MPa$$

$\sigma_{bp} = 16,23MPa > 0,9R_{bp} = 13,5MPa$ , следовательно, принимаем  $\sigma_{bp} = 13,5MPa$

$$P_{(1)} = A_{sp} (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp1}) = 565 \cdot (1260 - 37,8) = 690543H$$

$$I_{red} = I + \alpha \cdot A_{sp} \cdot y_{sp}^2 = \frac{300 \cdot 400^3}{12} + 5,45 \cdot 565 \cdot 128,6^2 = 16,85 \cdot 10^8 \text{ мм}^4$$

$$M = \frac{g_w \cdot l^2}{8} = \frac{3,3 \cdot 8,7^2}{8} = 31,22 \text{ кНм}$$

$$g_w = b \cdot h \cdot \rho \cdot \gamma_f = 0,3 \cdot 0,4 \cdot 25000 \cdot 1,1 = 3300 \text{ Н/м} = 3,3 \text{ кН/м}$$

Вторые потери:  $\Delta\sigma_{sp(2)} = \Delta\sigma_{sp5} + \Delta\sigma_{sp6} = 40 + 155,2 = 195,2 \text{ МПа}$

Суммарная величина потерь:  $\Delta\sigma_{sp(1)} + \Delta\sigma_{sp(2)} = 37,8 + 195,2 = 233 \text{ МПа} > 100 \text{ МПа}$

Напряжение  $\sigma_{sp2}$  с учетом всех потерь равно  $\sigma_{sp2} = 1260 - 233 = 1027 \text{ МПа}$

2. Расчет сечения по предельным состояниям второй группы

Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси конструкции

Таблица 1. Нагрузки, действующие на сборный элемент

Тип нагрузки	Нормативная, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная:</b>			
Преднапряженная плита-опалубка $\delta=60\text{мм}=0,06\text{м};$ $\rho=25000\text{Н/м}^3$	1500	1,1	1950
Пенобетон $\delta=170\text{мм}=0,17\text{м}; \rho=5000\text{Н/м}^3$	850	1,2	1020
Монолитный железобетон $\delta=40\text{мм}=0,04\text{м}; \rho=25000\text{Н/м}^3$	1000	1,1	1100
<b>Итого постоянная</b>	3350		4070

Постоянная нагрузка на сборный элемент:

нормативная-  $g_n \cdot S/l_p = 3350 \text{ Н/м}^2 \cdot 41,3\text{м}^2/8,65\text{м} = 15995 \text{ Н/м}$

расчетная-  $g_p \cdot S/l_p = 4070 \text{ Н/м}^2 \cdot 41,3\text{м}^2/8,65\text{м} = 19432 \text{ Н/м}$

Нагрузка от монолитных участков между пенобетонными блоками на ригель:

нормативная-  $\rho \cdot S \cdot \delta/l_p = 25000 \text{ Н/м}^3 \cdot 15,7 \text{ м}^2 \cdot 0,17\text{м}/8,65\text{м} = 7714 \text{ Н/м}$

расчетная-  $\rho \cdot S \cdot \delta \cdot \gamma_f/l_p = 25000 \text{ Н/м}^3 \cdot 15,7 \text{ м}^2 \cdot 0,17\text{м} \cdot 1,1/8,65\text{м} = 8485 \text{ Н/м}$

Постоянная длительная нагрузка, приложенная к сборному элементу до приобретения монолитным бетоном заданной прочности:  $q_1 = 23,7 \text{ кН/м}$ .

Таблица 2. Нагрузки, действующие на сечение

Тип нагрузки	Нормативная, Н/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	Расчетная, Н/м <sup>2</sup>
<b>Постоянная:</b>			
Ламинат $\delta=12\text{мм}$	118	1,3	153
Звукоизолирующая подложка «Акуфлекс» $\delta=4\text{мм}$	2	1,3	2,6
Цементно-песчаная стяжка армированная сеткой $\emptyset 5$ Вр I с ячейкой 50x50 мм t=54 мм	902	1,3	1172
<b>Итого постоянная</b>	1022		1328
Полезная нагрузка на перекрытие	2000	1,2	2400

Нагрузка, действующая на конструкцию после приобретения монолитным бетоном заданной прочности:  $q_2 = 14,4 \text{ кН/м}$ .

Момент от внешней нагрузки, приложенной до приобретения монолитным бетоном заданной прочности:



$$M_1 = \frac{q_1 l^2}{8} = \frac{23,7 \cdot 8,65^2}{8} = 221,7 \text{ кНм}$$

Момент от внешней нагрузки, приложенной после приобретения монолитным бетоном заданной прочности:

$$M_2 = \frac{q_2 l^2}{8} = \frac{14,4 \cdot 8,65^2}{8} = 134,7 \text{ кНм}$$

Геометрические характеристики приведенного сечения сборного элемента и сборно-монолитной конструкции:

$$\alpha_1 = \frac{E_s}{E_b} = \frac{1,8 \cdot 10^5}{0,33 \cdot 10^5} = 5,45$$

$$A_{red1} = A_{bl} + A_{sp} \cdot \alpha_1 = 300 \cdot 400 + 565 \cdot 5,45 = 1,23 \cdot 10^5 \text{ мм}^2$$

$$S_{red1} = 0,5b_1 h_1^2 + A_{sp} \alpha_1 a_{sp} = 0,5 \cdot 300 \cdot 400^2 + 565 \cdot 70 \cdot 5,45 = 242,1 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до растянутого края сечения:

$$y_1 = S_{red1} / A_{red1} = 242,1 \cdot 10^5 / 1,23 \cdot 10^5 = 197 \text{ мм}$$

Момент инерции приведенного сечения относительно оси, проходящей через его центр тяжести, и момент сопротивления указанного сечения относительно его растянутого края:

$$I_{red1} = \frac{b_1 h_1^3}{12} + b_1 h_1 (0,5 h_1 - y_1)^2 + A_{sp} \alpha_1 (y_1 - a_{sp})^2 = \frac{(300 \cdot 400^3)}{12} + 300 \cdot 400 x$$

$$x(0,5 \cdot 400 - 197)^2 + 565 \cdot 5,45(197 - 70)^2 = 1650,7 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

$$W_{red1} = \frac{I_{red1}}{y_1} = 1650,7 \cdot 10^6 / 197 = 8,4 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

Эксцентриситет усилия предварительного обжатия относительно центра тяжести приведенного сечения:

$$e_{0pl} = y_1 - a_{sp} = 197 - 70 = 127 \text{ мм}$$

Для сборно-монолитной конструкции:

$$A_{red} = A_{red1} + A_2 \cdot \alpha_2 = 1,23 \cdot 10^5 + 6,74 \cdot 10^5 = 7,97 \cdot 10^5 \text{ мм}^2$$

$$S_{red} = S_{red1} + \alpha_2 S_{red1} h_1^* = 242,1 \cdot 10^5 + 6,74 \cdot 10^5 \cdot 524 = 3773 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до растянутого края сечения:

$$y_{red} = S_{red} / A_{red} = 3773 \cdot 10^5 / 7,97 \cdot 10^5 = 473 \text{ мм}$$

Момент инерции сечения конструкции относительно оси, проходящей через его центр тяжести, и момент сопротивления указанного сечения относительно его растянутого края:

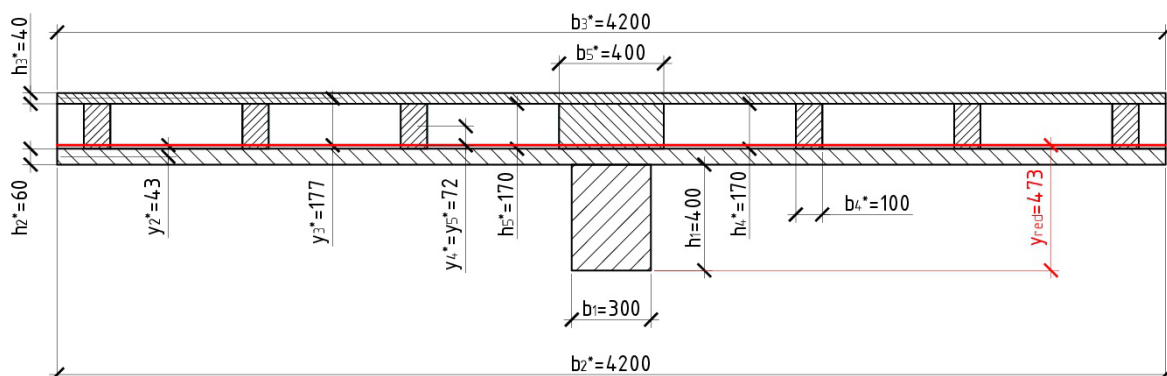


Рис. 5. Расстояния от ц. т. приведенного сечения до ц.т бетонных элементов

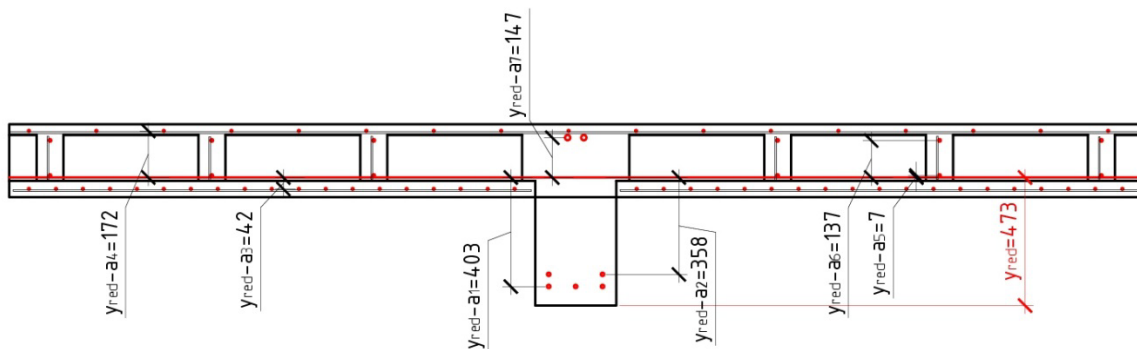


Рис. 6. Расстояния от ц. т. приведенного сечения до ц.т арматуры

$$\begin{aligned}
 I_{red} &= \frac{b_1 h_1^3}{12} + b_1 h_1 (0,5 h_1 - y_{red})^2 + \alpha_2 \left[ \left( \frac{b_2^* (h_2^*)^3}{12} + b_2^* h_2^* (y_2^*)^2 \right) + \right. \\
 &+ \left. \left( \frac{b_3^* (h_3^*)^3}{12} + b_3^* h_3^* (y_3^*)^2 \right) + 6 \left( \frac{b_4^* (h_4^*)^3}{12} + b_4^* h_4^* (y_4^*)^2 \right) + \left( \frac{b_5^* (h_5^*)^3}{12} + b_5^* h_5^* (y_5^*)^2 \right) \right] + \\
 &+ A_{sp1} \alpha_1 (y_{red} - a_1)^2 + A_{sp2} \alpha_1 (y_{red} - a_2)^2 + A_s^{пл} \alpha_3 (y_{red} - a_3)^2 + A_s^{MH} \alpha_3 (y_{red} - a_4)^2 + \\
 &+ A_s^{HK} \alpha_3 (y_{red} - a_5)^2 + A_s^{BK} \alpha_3 (y_{red} - a_6)^2 + A_s^{H.a} \alpha_3 (y_{red} - a_7)^2 = \frac{300 \cdot 400^3}{12} + \\
 &= \frac{300 \cdot 400^3}{12} + 300 \cdot 400 (0,5 \cdot 400 - 473)^2 + 1,0 \left[ \left( \frac{4200 \cdot 60^3}{12} + 4200 \cdot 60 \cdot 43^2 \right) + \right. \\
 &+ \left. \left( \frac{4200 \cdot 40^3}{12} + 4200 \cdot 40 \cdot 177^2 \right) + 6 \left( \frac{100 \cdot 170^3}{12} + 100 \cdot 170 \cdot 72^2 \right) + \left( \frac{400 \cdot 170^3}{12} + \right. \right. \\
 &400 \cdot 170 \cdot 72^2 \left. \left. \right) + 339 \cdot 6,06 \cdot 403^2 + 226 \cdot 6,06 \cdot 358^2 + 1064 \cdot 6,06 \cdot 42^2 + 476 \cdot 6,06 \cdot \right. \\
 &\left. \cdot 172^2 + 474 \cdot 6,06 \cdot 7^2 + 474 \cdot 6,06 \cdot 137^2 + 628 \cdot 6,06 \cdot 147^2 = 17758 \cdot 10^6 \text{ мм}^4
 \end{aligned}$$

$$\alpha_3 = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2,0 \cdot 10^5}{0,33 \cdot 10^5} = 6,06 \quad W_{red} = \frac{I_{red}}{y_{red}} = \frac{17758 \cdot 10^6}{473} = 38 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

Определим положение нулевой линии приведенного сечения конструкции. Допустим, что сборный элемент попадает в сжатую зону конструкции, тогда:

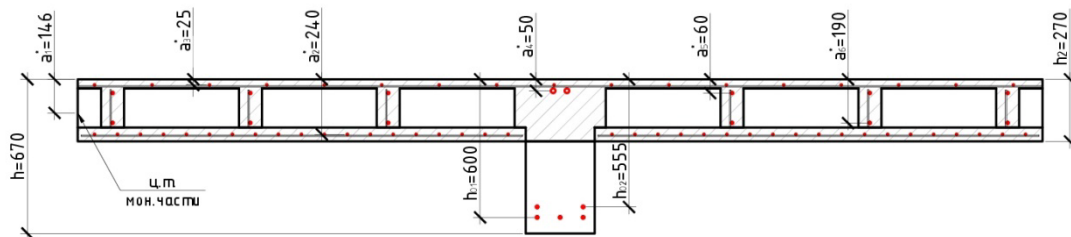


Рис. 7. Расстояния от ц. т. элементов до крайнего волокна

$$\alpha_2 A_{M.б.} (x - a_1^*) + \alpha_3 A_{sc}^B (x - a_2^*) + \alpha_3 A_{sc}^H (x - a_3^*) + \alpha_3 A_{sc}^P (x - a_4^*) +$$

$$+ \alpha_3 A_{sc}^{KH} (x - a_5^*) + \alpha_3 A_{sc}^{KB} (x - a_6^*) + b_1 \cdot 0,5(x - h_2)^2 - \alpha_1 A_s (h_{01} - x) -$$

$$- \alpha_1 A_s (h_{02} - x) - b_1 \cdot 0,5(h - x)^2 = 1,0 \cdot 6,74 \cdot 10^5 \cdot (x - 146) + 6,06 \cdot 1064 \cdot$$

$$\cdot (x - 240) + 6,06 \cdot 476 \cdot (x - 25) + 6,06 \cdot 628 \cdot (x - 50) + 6,06 \cdot 474 \cdot (x - 60) +$$

$$6,06 \cdot 474 \cdot (x - 190) + 300 \cdot 0,5 \cdot (x - 270)^2 - 5,45 \cdot 339 \cdot (600 - x) -$$

$$- 5,45 \cdot 226 \cdot (555 - x) - 300 \cdot 0,5 \cdot (670 - x)^2 = 0$$

Откуда  $x = 386\text{мм} > h_{\text{полки}} = 270\text{мм}$ , следовательно, принятое допущение оказалось верным.

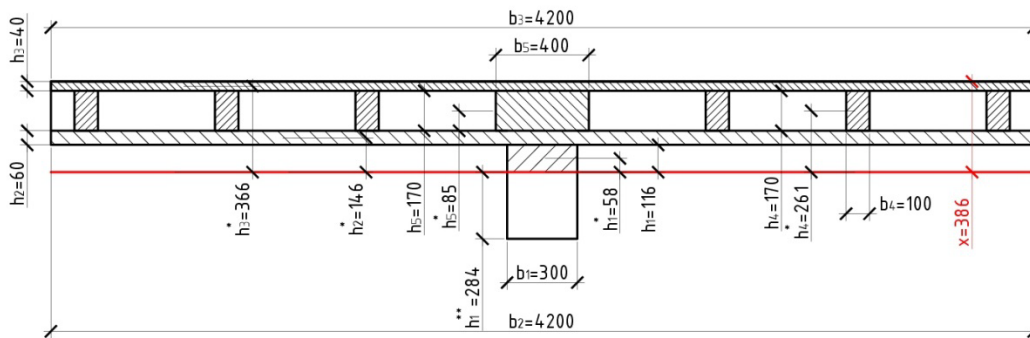


Рис. 8. Расстояния от н. л. до ц.т. бетонных элементов

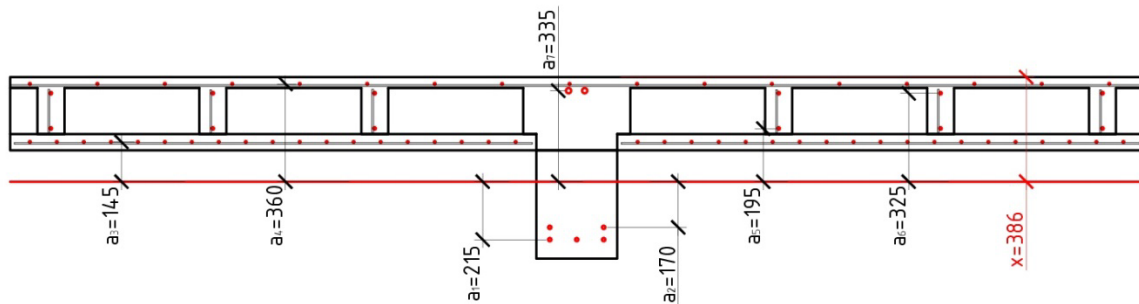


Рис. 9. Расстояния от н. л. до ц.т. арматуры

$$W_{pl} = \frac{2(I_{b0} + \alpha_1 I_{s0} + \alpha_3 I'_{s0})}{h - x} + S_{b0} = \left( \frac{b_1 h_1^3}{12} + b_1 h_1 (h_1^*)^2 + \alpha_2 \left( \frac{b_2 h_2^3}{12} + b_2 h_2 (h_2^*)^2 \right) + \right.$$

$$\alpha_2 \left( \frac{b_3 h_3^3}{12} + b_3 h_3 (h_3^*)^2 \right) + 6\alpha_2 \left( \frac{b_4 h_4^3}{12} + b_4 h_4 (h_4^*)^2 \right) + \alpha_2 \left( \frac{b_5 h_5^3}{12} + b_5 h_5 (h_5^*)^2 \right)$$

$$\alpha_1 A_p^H a_1^2 + \alpha_1 A_p^B a_2^2 + \alpha_3 A_{пл} a_3^2 + \alpha_3 A_{мн} a_4^2 + \alpha_3 A_{кес}^H a_5^2 + \alpha_3 A_{кес}^B a_6^2 + \alpha_3 A_{нр} a_7^2 \Big) x$$

$$x \frac{2}{(h - x)} + (b_1 h_1^{**} \frac{h_1^{**}}{2}) = \left( \frac{300 \cdot 116^3}{12} + 300 \cdot 116 \cdot 58^2 + 1,0 \left( \frac{4200 \cdot 60^3}{12} + 4200 \cdot 60 \cdot 146^2 \right) \right)$$

$$+ 1,0 \left( \frac{4200 \cdot 40^3}{12} + 4200 \cdot 40 \cdot 366^2 \right) + 1,0 \cdot 6 \left( \frac{100 \cdot 170^3}{12} + 100 \cdot 170 \cdot 261^2 \right) +$$

$$+ 1,0 \left( \frac{400 \cdot 170^3}{12} + 400 \cdot 170 \cdot 261^2 \right) + 5,45 \cdot 339 \cdot 215^2 + 5,45 \cdot 226 \cdot 170^2 + 6,06 \cdot 1064 \cdot 145^2 +$$

$$6,06 \cdot 476 \cdot 360^2 + 6,06 \cdot 474 \cdot 195^2 + 6,06 \cdot 474 \cdot 325^2 + 6,06 \cdot 628 \cdot 335^2 \cdot \frac{2}{670 - 386} +$$

$$+ 300 \cdot 284 \cdot 284 \cdot 0,5 = 261 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

Напряжения в наиболее обжатых волокнах сборного элемента до приобретения монолитным бетоном заданной прочности:

$$\sigma_{bl} = \frac{P}{A_{red1}} + \frac{Pe_{opl} y_1}{I_{red1}} - \frac{M_1 y_1}{I_{red1}} = \frac{580 \cdot 10^3}{1,23 \cdot 10^5} + \frac{580 \cdot 10^3 \cdot 127 \cdot 197}{17758 \cdot 10^6} - \frac{221,7 \cdot 10^6 \cdot 197}{17758 \cdot 10^6} = 3,08 \text{ Н/мм}^2 = 3,08$$

МПа

В наименее обжатых волокнах сборного элемента:

$$\sigma'_{bl} = \frac{P}{A_{red1}} - \frac{Pe_{opl} y'_1}{I_{red1}} + \frac{M_1 y'_1}{I_{red1}} = \frac{580 \cdot 10^3}{1,23 \cdot 10^5} - \frac{580 \cdot 10^3 \cdot (400 - 197) \cdot 127}{17758 \cdot 10^6} +$$

$$+ \frac{221,7 \cdot 10^6 \cdot (400 - 197)}{17758 \cdot 10^6} = 6,4 \text{ Н/мм}^2 = 6,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma'_{b2} = \frac{\alpha_2 y'_{red}}{y_{red}} (\sigma_{bl} + 2R_{bt,ser1}) = \frac{670 - 473}{473} (3,08 + 2 \cdot 1,75) = 2,74 \text{ МПа} \quad \varphi = 1,6 - \frac{\sigma'_{b2}}{R_{b,ser2}} = 1,6 - \frac{2,74}{22} = 1,48 > 1$$

Принимаем  $\varphi = 1$

$$r = \varphi \frac{W_{red}}{A_{red}} = 1 \cdot \frac{38 \cdot 10^6}{7,97 \cdot 10^5} = 47,7 \text{ мм} \quad \sigma'_b = \frac{y'_{red}}{y_{red}} (\sigma_{bl} + 2R_{bt,ser1}) = \frac{400 - 473}{473} (3,08 + 2 \cdot 1,75) = 0,99 \text{ МПа}$$

$$\varphi_1 = 1,6 - \left( \frac{\sigma'_{bl} + \sigma'_b}{R_{b,ser1}} \right) = 1,6 - \left( \frac{6,4 + 0,99}{22} \right) = 1,26 > 1$$

Принимаем  $\varphi_1 = 1$

$$r_1 = \varphi_1 \frac{W_{red1}}{A_{red1}} = 1 \cdot \frac{8,4 \cdot 10^6}{1,23 \cdot 10^5} = 68,3 \text{ мм}$$

$$M_{rp} = P(e_{op} + r_1) \frac{r \cdot A_{red}}{W_{red1}} + M_1 \left( 1 - \frac{r \cdot A_{red}}{W_{red1}} \right) = 580(127 + 68,3) \cdot \frac{47,7 \cdot 7,97 \cdot 10^5}{8,4 \cdot 10^6} + 221,7 \cdot$$

$$\left( 1 - \frac{47,7 \cdot 7,97 \cdot 10^5}{8,4 \cdot 10^6} \right) = 512,3 \text{ кНм}$$

Момент, воспринимаемый сечением конструкции при образовании нормальных трещин:

$$M_{crc} = M_{rp} + R_{bt,ser1} W_{pl}$$

$$M_{crc} = 512,3 \cdot 10^6 + 1,75 \cdot 261 \cdot 10^6 = 969 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 969 \text{ кНм}$$

$$M_r = M_1 + M_2 = 221,7 + 134,7 = 356,4 \text{ кНм} < M_{crc} = 969 \text{ кНм}$$

Следовательно, нормальные трещины не образуются.

Расчет по деформациям.

$$\frac{1}{r} = \frac{M_2 \varphi_{b2}}{0,85 E_{bl} I_{red}} = \frac{134,7 \cdot 2}{0,85 \cdot 325 \cdot 10^5 \cdot 0,0178} = 0,000547 \left( \frac{1}{\text{м}} \right)$$

$$f = \left( \frac{1}{r} \right) \cdot S \cdot l^2 = 0,000547 \cdot \frac{5}{48} \cdot 8,65^2 = 0,026 \text{ м} = 26 \text{ мм} \leq f_n = \frac{l}{207} = 41,8 \text{ мм}$$

Таким образом, существующий прогиб не превышает предельно допустимый.

Литература:

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07–85\*.
2. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52–01–2003.
3. Пособие к СП 52–102–2004 «Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона».
4. Справочное пособие к СНиП 2.03.01–84 Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметов И. Г.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Абдрасилов Т. К.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Искаков Р. М.  
Калдыбай К. К.  
Кенесов А. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кошербаева А. Н.  
Кузьмина В. М.  
Курпаяниди К. И.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матвиенко Е. В.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Паридинова Б. Ж.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сенюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.  
Федорова М. С.  
Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Ахмеденов К. М. (Казахстан)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)  
Игисинин Н. С. (Казахстан)  
Искаков Р. М. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Кошербаева А. Н. (Казахстан)  
Курпаяниди К. И. (Узбекистан)  
Куташов В. А. (Россия)  
Кыят Э. Л. (Турция)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Федорова М. С. (Россия)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)  
Шуклина З. Н. (Россия)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.**Ответственный редактор:** Осянина Е. И.**Художник:** Шишков Е. А.**Верстка:** Бурьянов П. Я., Голубцов М. В., Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:****почтовый:** 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;**фактический:** 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

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

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 06.06.2018. Тираж 500 экз.

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