

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



49 2019  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 49 (287) / 2019

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

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

*Редакционная коллегия:*

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Жураев Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук (Узбекистан)  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
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 (Казахстан)  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
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 (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
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 (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, 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)  
Кожурбаева 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)



---

---

На обложке изображен *Федор Петрович Гааз* (1780–1853), московский врач немецкого происхождения, филантроп, которого при жизни называли «святой доктор».

Федор Петрович (нем. Фридрих Йозеф) родился в Бад-Мюнстерайфеле (Пруссия) в многодетной и небогатой семье аптекаря. Все свое детство и молодость он провел на родине, где получил отличное медицинское и философское образование в престижнейших Йенском и Геттингенском университетах.

В 1806 году Гааз приехал в Россию в качестве домашнего врача семейства Репниных-Волконских. Будучи главным врачом военного госпиталя, Гааз ездил по Северному Кавказу, где открыл, исследовал и подробно описал источники целебных минеральных вод, вокруг которых позднее возникли известные курорты — Железноводск, Пятигорск, Ессентуки и Кисловодск. Когда армия Наполеона вторглась в Россию, доктор сопровождал русские войска в походах от Москвы до Парижа: оперировал, лечил больных, контуженых, раненых, переводил с французского, беседовал с солдатами и офицерами.

После получения отставки Гааз ненадолго уехал на родину. Похоронив отца, он окончательно вернулся в Россию, в совершенстве овладел русским языком и даже взял русское имя. По предложению генерал-губернатора Москвы князя Голицына Гааз возглавил медицинское ведомство города. Он активно боролся со злоупотреблениями чиновников, чем, конечно же, вызывал их недовольство.

Именно Гааз впервые в России разработал основные положения о работе городской неотложной медицинской помощи. Московские власти отрицательно отнеслись к этому начинанию, сочтя его «излишним» и «бесполезным». Гааз был вынужден подать в отставку.

В 1829 году он стал членом попечительного комитета о тюрьмах и главным врачом московских тюрем. Он выступал за отмену пересылки арестованных «на пруте» (группы осужденных по 8–10 человек прикреплялись наручниками к одному пруту, который не снимался даже по ночам) и за облегчение кандалов. Гааз добился того, что своей властью мог заменять прут на кандалы. Он также разработал новые кандалы меньшего веса с кожаными подкандалниками, препятствовавшими образованию язв и отморожению конечностей.

Федор Петрович уделял особое внимание судьбам детей арестованных, боролся против разлучения их с родителями. На собранные им средства в пересыльной тюрьме на Воробьевых

горах была учреждена больница для арестантов и при ней открыта школа для арестантских детей.

Арестанты с уважением относились к Гаазу, называли его «святым доктором». В Нерчинском остроге в память о нем ссыльными была установлена икона великомученика Феодора Тирона. О Гаазе с уважением и теплотой писали Ф. М. Достоевский, А. П. Чехов, М. Горький.

Любил доктор Гааз не только людей, но и животных, и с особенной нежностью относился к лошадям, выполнявшим тяжелый труд. Он покупал их на специальном рынке, где продавали уже непригодных, «разбитых» лошадей как «конину», и тихонько ездил на них, а когда они по болезни и старости отказывали окончательно, отпускал их свободно доживать свой век, а сам вновь покупал таких же изношенных, спасая их от ножа и бойни. Часто, проголодавшись в дороге, Гааз выходил из своей старомодной коляски и покупал четыре калача — один для себя, другой для кучера и по калачу для каждой лошади. Всю же имевшуюся у него провизию, как и подарки, он всегда отдавал заключенным.

Его считали юродивым, сумасшедшим: доказывая свою правоту, он часто выглядел нелепо — суетился, хватался за голову, размахивал руками.

Когда его хоронили, более 20 тысяч человек пришли проводить доктора в последний путь на Введенское кладбище в Москве. В православных храмах служились панихиды по немцу-католику. А на могильном камне высекали слова: «Спешите делать добро», которым он всегда следовал и которые можно считать его завещанием всем нам.

После его смерти в скромной квартирке доктора в Гаазовской больнице нашли плохую мебель, поношенную одежду, несколько рублей денег, книги и астрономические инструменты. Они были единственной слабостью покойного, и он покупал их, отказывая себе во многом остальном. После тяжелого трудового дня он отдыхал, глядя в телескоп на звезды.

В 1897 году А. И. Полем была опубликована книга, написанная Гаазом, «Призыв к женщинам». В этом своего рода духовном завещании автора изложены нравственные и религиозные начала его жизни.

Память о Федоре Петровиче увековечена в названиях улиц, городских приютов, школ, больниц и памятниках «святому доктору».

В 2011 году в архиепархии Кёльна начался канонический процесс причисления Федора Гааза к лику блаженных.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Арешин Я. О., Зарецкий С. В., Косов С. П.</b> Выбор технических решений для формирования облика аэродромной радиолокационной станции посадки на основе анализа требований к системе .....	159
<b>Биколова М. А.</b> Нефтеперерабатывающие предприятия как элемент нефтегазовой отрасли .....	163
<b>Вардияшвили А. А., Мейлиев Э. М.</b> Расчет среднего коэффициента энергетической концентрации параболоцилиндрического концентратора .....	168
<b>Гасанов И. Р.</b> Определение гидравлического сопротивления при фильтрации жидкости в зонально неоднородном пласте .....	170
<b>Каримов Ш. Б., Каримов Б. Х., Юлдашалиев Д. К., Алиев М. И., Алиев И. Х.</b> Альтернативный ветровой аэратор для рыбных водоёмов .....	173
<b>Князев С. А., Пыжов С. И.</b> Анализ технико-экономической целесообразности внедрения аддитивных технологий в вертолестроении .....	175
<b>Метальников А. М., Карпанин О. В., Чайкин М. С.</b> Основы метода измерений вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов в автоматизированной обучающей системе ...	184
<b>Мольков А. В.</b> Оценка эффекта от внедрения цифровых технологий и систем управления электросетевыми организациями .....	187
<b>Федоров М. Е., Рябов И. М.</b> Методика расчёта изменений давления в шинах .....	189
<b>Потёмкина М. Д., Кашин Д. А., Абаканович Н. Д., Михайлова К. Н.</b> Эхоледомер .....	194

<b>Потёмкина М. Д., Кашин Д. А., Михайлова К. Н., Абаканович Н. Д.</b> Термоядерная энергия. Реактор ITER .....	197
<b>Потёмкина М. Д., Михайлова К. Н., Кашин Д. А.</b> Электрокатализ электродных реакций в топливных элементах. Оптимизация процесса .....	200
<b>Ровенских А. С., Шубенкова Е. Г., Игумина В. А., Карючина А. Е.</b> Исследование влияния температуры на вязкостные характеристики смазочных материалов .....	202
<b>Свечников Д. А., Малий В. И., Кузьмин Н. А., Фень А. А.</b> Анализ конструктивных схем активного рулевого управления .....	206
<b>Тернавская М. В.</b> Выявление и характеристика основной тенденции показателей инновационного развития предприятия ООО «Газпром трансгаз Сургут» .....	209
<b>Чаплыгин М. Е., Давыдова С. А., Подзорнов А. В.</b> Динамика технической оснащённости уборки зерновых культур в России и перспективы ее развития .....	211

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Вахитова Н. А.</b> Возведение пирамиды Джосера в Древнем Египте. Зодчий Имхотеп .....	215
<b>Вахитова Н. А.</b> Кинетическая архитектура на примере финансового центра Бунд в Шанхае .....	216
<b>Володин А. А., Степанец В. Г.</b> Выбор типов конструкций дорожных одежд на мостах с ортотропной плитой проезжей части .....	218
<b>Жердев А. А.</b> Стиль модерн в архитектуре губернского Ставрополя .....	222

---

<b>Красина Ю. И.</b> Развитие комфортности жилища с учетом исторических периодов ..... 225	<b>Фетисов А. Н.</b> Организация строительства газоперерабатывающего и газохимического комплекса по переработке природных углеводородных газов различных месторождений ..... 232
<b>Новицкий О. В.</b> Ремонт и усиление фундаментов ..... 227	
<b>Plotnikova T.</b> At the intersect of Art and Science. What is Immersive Experience Design? ..... 230	

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Выбор технических решений для формирования облика аэродромной радиолокационной станции посадки на основе анализа требований к системе

Арешин Ярослав Олегович, студент

Высшая школа системного инжиниринга Московского физико-технического института (г. Долгопрудный, Московская обл.)

Зарецкий Станислав Витальевич, кандидат технических наук, начальник отдела;

Косов Сергей Петрович, начальник тематического центра

ОАО «НПК» Научно-исследовательский институт дальней радиосвязи (г. Москва)

*В настоящей работе на примере разрабатываемой на предприятии аэродромной РЛС посадки рассмотрен процесс формирования ее технического облика и выбора системотехнических решений, который проводился на основе анализа предъявляемых потребителем требований. Приведен итоговый технический облик системы, и обозначены его преимущества перед радиолокаторами, разрабатываемыми с использованием «классических» решений (сканирующие импульсные системы).*

**Ключевые слова:** посадочный радиолокатор, технический облик радиолокатора, анализ требований к системе

Набор требований к любой технической системе формируется исходя из потребностей и пожеланий конечного потребителя и отображается в техническом задании на систему. Однако анализ причин разной степени продвижения новых товаров на рынке показывает, что в современных условиях успех новой продукции на 70–90% зависит от точности соответствия предпочтениям потребителей и лишь 10–30% обусловлен техническими или технологическими факторами [1].

Достижение тех или иных характеристик системы, необходимых заказчику, возможно путем реализации различных технических решений, при этом довольно часто разработчики вынуждены идти на компромисс, отказываясь в разумных пределах от некоторых характеристик продукта с целью совершенствования других.

В связи с этим разработка новой системы под потребности заказчика должна начинаться не с подбора и оптимизации имеющихся готовых решений, а со всестороннего анализа требований к данной системе и выбора системотехнических решений, позволяющих достичь максимального соответствия поставленным требованиям.

В работе представлен процесс формирования технического облика новой радиолокационной системы на основе анализа требований к ее основным функциям, на примере аэродромной РЛС посадки.

#### Формулирование требований к системе и функциональный анализ

Посадочный радиолокатор (ПРЛ) представляет собой радиолокационную систему аэродромного базирования, расположенную по центру взлетно-посадочной полосы (ВПП) и в непрерывном режиме контролирующую довольно ограниченную зону захода на посадку для воздушных объектов (ВО) [2]. В рамках настоящей работы рассмотрены требования к основному, информационному функционалу ПРЛ. Требования, относящиеся непосредственно к функционированию системы, но не связанные с реализацией основного ее предназначения (надежность, ремонтпригодность, климатическая устойчивость и т.п.), при грамотном проектировании и конструировании являются заведомо реализуемыми.

Главной и основной задачей, которую выполняет любое радиолокационное средство, является предоставление конечному потребителю информации о наличии в заданной зоне ответственности (ЗО) объектов различного типа, их местоположении и параметрах движения. При этом состав информационных сообщений определяется как потребностями потребителя, так и техническими решениями и программно-алгоритмическим обеспечением, заложенными в системе. Исходя из этого, базовым требованием к вы-

бранному техническому решению становится перечень первичной информации, доступной при его реализации.

Для формирования технического облика системы необходимо до определённого, достаточного для выбора технического решения, уровня декомпозировать требования к ней, поставив в соответствие к каждому требованию выполняемую системой функцию. На основе полученных данных формируется множество альтернатив, позволяющих реализовать искомый функционал, из которых уже делается осознанный выбор решения (в общем случае, с учетом экономических показателей эффективности).

Исходя из этого, главное требование к системе — обеспечение информацией об отклонениях ВО в зоне посадки — может быть представлено как реализация следующего минимального набора функций системы:

- формирование радиолокационного поля, покрывающего требуемую ЗО;
- обнаружение различных объектов, находящихся в ЗО;
- измерение параметров движения обнаруженных в ЗО объектов;
- расчет отклонения местоположения обнаруженных ВО от заданных значений для участка траектории маневра посадки;
- выдача информации конечному потребителю.

При этом выполнение ряда функций определяется непосредственно аппаратурной частью системы, а часть функций зависят от программной реализации. Те функции, выполнение которых реализуется на уровне программного обеспечения, в настоящей работе не рассматриваются.

На основе подлежащих реализации функций системы формулируются исходные требования, которые фиксируются в технических заданиях (или итоговых спецификациях системы) с указанием конкретных числовых значений. Для ПРЛ в качестве типичных можно рассматривать следующие значения характеристик, отвечающих за реализацию исходных требований:

- зона обзора — 10 градусов по углу места, 30 градусов по азимуту, не менее 40 км по дальности;
- темп обновления информации — не более 1 секунды;
- точность определения пространственного местоположения ВО — не хуже 0.6 градуса по углу места, 1.2 градуса по азимуту и 100 м по дальности;
- диапазон рабочих температур — от минус 50°C до плюс 50°C.

Таким образом, при формировании технического облика ПРЛ следует учесть необходимость выполнения приведенных выше требований.

### **Анализ возможных системотехнических решений**

Задача приема отраженных от объектов эхо-сигналов в пределах заданной ЗО ПРЛ может быть решена несколькими различными способами, имеющими как свои преимущества, так и недостатки:

1. механическое сканирование пространства путем вращения антенных систем с узким лучом диаграммы направленности;

2. электронное сканирование пространства фазированной антенной решеткой;

3. цифровое формирование диаграмм направленности, позволяющее строить все направления одновременно.

При этом сам процесс сканирования обуславливает необходимость излучения мощности в определенный момент времени в заданном направлении, для синхронизации с приемной системой.

Тем не менее, системы с механическим сканированием в настоящее время являются наиболее изученными и, как следствие, наиболее распространенными. В качестве примера можно привести RP-5GN (Tesla) [3] и отечественную РСР-10МН [4]. Конструктивно данные ПРЛ представляют собой две зеркальные антенны, выполняющие сканирование в азимутальной и угломестной плоскостях по заданному алгоритму, с последующей обработкой данных посредством аппаратуры вычислительного комплекса, расположенной отдельно в аппаратурном контейнере. При этом данные системы построены на общеизвестных принципах импульсной радиолокации: на время излучения зондирующего сигнала приемники выключаются, после излучения идет прием отраженных эхо-сигналов в отсутствии излучения.

В качестве систем с электронным сканированием пространства можно привести систему ПРЛ «Низовье» [5], в основе работы которой лежит принцип частотного сканирования пространства и применение плоской антенной решетки.

Однако сама идея сканирования пространства в импульсном режиме, особенно при разработке систем с относительно небольшой дальностью действия, имеет ряд недостатков:

- усложнение конструкции системы и алгоритмов управления ее подсистемами;
- ограничения по минимальной дальности обнаружения объекта (в соответствии с минимальной длительностью зондирующего импульса);
- необходимость обслуживания и относительно частого проведения регламентных работ подвижных антенн (в случае механического сканирования), что связано с выведением изделия из эксплуатации и с затратами на регламентное обслуживание;
- ограниченное время облучения цели, что затрудняет выполнение доплеровской селекции целей при работе в условиях помех и отражений от местных предметов, а также ограничивает возможности длительного когерентного накопления сигнальных данных.

Выбор типа зондирующего сигнала под требуемое значение разрешающей способности системы по дальности до объекта рассмотрен во многих работах, например, в [6]. Кроме того, для существует ряд программных средств, позволяющих исходя из требований к системе предложить оптимальную форму зондирующего сигнала



(например, MATLAB, [7]). Тип зондирующего сигнала определяет также архитектуру и требуемые мощности вычислительных средств, однако в настоящее время это не является критическим узлом при разработке системы.

### Формирование технического облика

При выборе технических решений, на основе которых будет изготовлена новая система, следует учитывать, что

данное решение применяется к системе в целом. Например, если выбор сделан в пользу приемных антенн с механическим сканированием, то и передающая часть должна подсвечивать определенные области ЗО по реализованному в части приема сигнала алгоритму (тоже реализован алгоритм сканирования пространства).

В таблице 1 приведен сравнительный анализ основных потребительских свойств системы при реализации разных подходов к разработке.

Таблица 1. Сравнение потребительских свойств РЛС для различных системотехнических решений

	Механическое сканирование	Электронное сканирование	Многолучевые цифровые диаграммы
Наличие минимальной дальности обнаружения	Определяется длительностью импульса зондирующего сигнала		Отсутствует
Минимальное время обзора ЗО	Определяется алгоритмом сканирования, вычислительными мощностями		Определяется длительностью приема сигнала и вычислительными мощностями
	а также возможностями механической части		
Максимальное число наблюдаемых ВО	Определяется скоростью сканирования и вычислительными мощностями		Определяется исключительно вычислительными мощностями
Точности определения местоположения ВО	Одинаковые, достаточные потребителю		
Возможность доплеровской селекции ВО	На этапе вторичной или межпериодной обработки		По единичными измерениям
Частота и стоимость регламентного обслуживания	Высокая	Средняя	Низкая
Общая стоимость разработки	Соизмерима для различных решений (по экспертным оценка стоимость разработки системы с многолучевыми ДН может быть незначительно (15–20%) выше стоимости разработки)		

Таким образом, анализ степени удовлетворения потребностей заказчика, которая достигается каждым из предложенных системотехнических решений, говорит о том, что она максимальна при реализации многолучевых цифровых диаграмм направленности (параллельном, а не последовательном, обзоре пространства).

В качестве источника зондирующего сигнала используется передающий модуль с антенной, который облучает всю зону действия ПРЛ в режиме постоянного излучения.

Для приёма используются две цифровые фазированные антенные решетки (ФАР) для одновременного и независимого измерения углового местоположения объекта в азимутальной и угломестной плоскостях, каждая из которых имеет набор плоских диаграмм направленности (ДН), сформированных в цифровом виде. Таким образом, каждый объект в ЗО ПРЛ облучается зондирующим сигналом непрерывно, а две приёмные ФАР (каждая из которых имеет одновременно весь набор плоских ДН, изображенных на рисунке 1) производят угловые измерения курса и глиссады.

Данное системотехническое решение имеет следующие преимущества:

1. Конструкция передающей части предельно упрощается, она становится неуправляемой и с фиксированной мощностью излучения;
2. Каждая цель может облучаться сигналом в течение длительного времени (вплоть до периода обновления радиолокационной информации), что кардинально повышает возможности по доплеровской селекции.
3. Отсутствует необходимость оперативного управления антенной системой, не требуется управлять лучами (т.е. на передачу работает ровно один луч, а на приём одновременно все лучи).

ПРЛ, при построении его по указанной схеме, будет состоять из следующих функциональных подсистем:

- передающее устройство (в составе усилителя мощности и ФАР с фиксированной ДН);
- два комплекта приемных ФАР в комплекте с малошумящими усилителями;
- модули приема и оцифровки радиолокационных сигналов;
- модуль цифрового формирования диаграмм направленностей приемных ФАР;
- вычислительный комплекс;

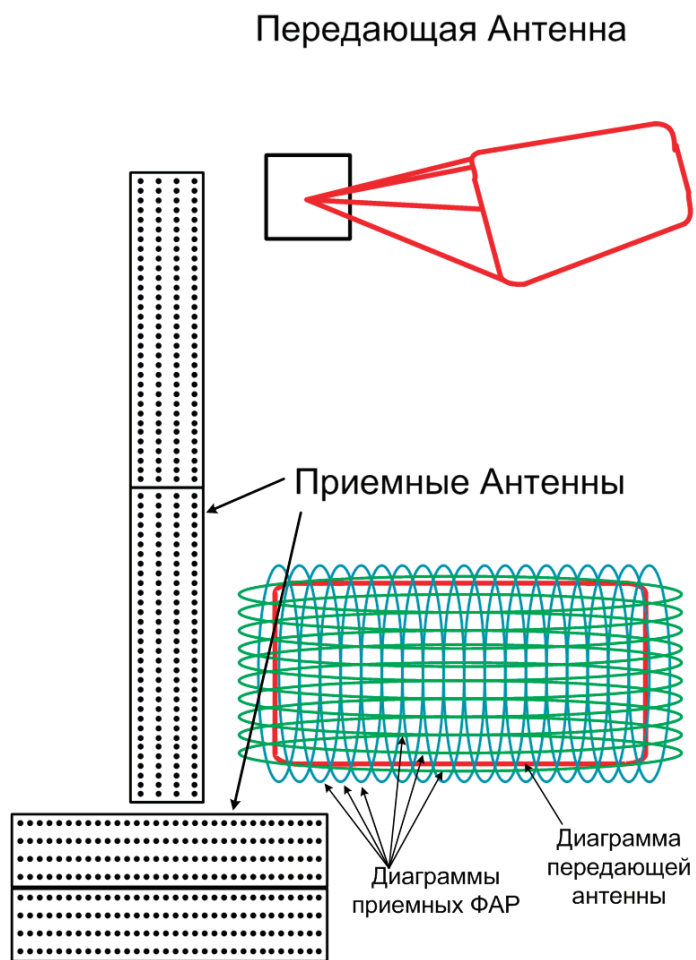


Рис. 1. Диаграммы направленности приемных и передающей ФАР



Рис. 2. Демонстрационный макет ПРЛ/демонстратор технологии

— средства отображения, управления и контроля.

Размещение приемной аппаратуры, чувствительной ко всевозможным климатическим воздействиям, возможно как в конструктиве антенн, так и в оборудованном климатической системой аппаратурном контейнере, включающем в себя наиболее чувствительную к ним аппаратуру вычислительного комплекса и средства отображения и управления. Внешний вид действующего макета ПРЛ, разработанного в ОАО «НПК» НИИДАР» и используемого для отработки предложенного системотехнического решения, приведен на рисунке 2.

Подобная реализация, существенно отличающаяся от предыдущих разработок как в конструктивном, так и в программно-алгоритмическом плане, требует выявления критических элементов системы, проведения анализа ее показателей надежности, в том числе с точки зрения вариантов изготовления и размещения в изделии критичных подсистем.

В то же время, необходимые заказчику потребительские свойства ПРЛ получаются не хуже (а, по некоторым харак-

теристикам, даже превосходят), чем у существующих систем. В случае же рассмотрения затрат на систему на всем ее жизненном цикле за счет малого и нечастого регламентного обслуживания становится очевидной экономическая целесообразность описанных в работе технических решений.

### Заключение

Разработанный на основе выбранных по результатам анализа требований к системе системотехнических решений демонстрационный макет ПРЛ позволил оценить потенциальную достижимость требуемых потребителю технических характеристик. Анализ потенциальных характеристик, достижимым при реализации предлагаемой технологии построения системы, в том числе с учетом экономической эффективности разработки, демонстрирует ее привлекательность и для решения других задач, связанных с мониторингом ближней области пространства, в том числе в условиях множественных, малоразмерных или высокоманевренных целей.

### Литература:

1. Шмелева Ю. А. Принципы взаимодействия предприятия с потребителями на этапе разработки нового товара // Проблемы современной экономики. — 2011. — № 3. — С. 181–184
2. Большаков Ю. П., Нечаев Е. Е. Посадочные радиолокаторы гражданской авиации и тенденции развития техники их построения // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. — 2005. — № 96. — С. 97–102
3. RP-5G [электронный ресурс] // URL: <http://www.radartutorial.eu/19.kartei/03.atc/karte026.en.html> (дата обращения: 10.04.2019)
4. Лобачев Ю. В., Худобин В. А. Посадочный радиолокатор ПРЛ-10 МН. Учебное пособие по курсу радиолокационные системы. — 2004. — 89с.
5. Николаев с. Ф., Сеницын Е. А., Сеницын В. А. Радиолокатор «Низовье» обеспечит безопасность на взлетной полосе // Инновации — 2009. — № 9 — С. 18–19
6. Ширман Я. Д., Теоретические основы радиолокации // М.: изд-во «Советское радио» — 1970. — стр. 560
7. Waveform Design and Analysis [электронный ресурс] // URL: [mathworks.com/help/phased/waveform-design-and-analysis.html](http://mathworks.com/help/phased/waveform-design-and-analysis.html)

## Нефтеперерабатывающие предприятия как элемент нефтегазовой отрасли

Бикулова Марина Андреевна, студент магистратуры

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Топливо-энергетический комплекс (далее — ТЭК) объединяет отрасли, связанные с добычей и производством первичных энергетических ресурсов, их переработкой, например, в нефтепродукты и преобразованием в другие виды энергии (электрическая, тепловая энергия и др.), а также транспортировкой и распределением по потребителям. Главная задача ТЭК — обеспечить население и экономику всеми видами энергии, вторая — обеспечить бюджет страны за счёт экспорта энергоресурсов, в первую очередь нефти и газа. ТЭК

России занимает 2-е место в мире (после США) по производству энергетических ресурсов и 3-е — по их внутреннему потреблению (после США и Китая). Структура ТЭК Российской Федерации представлена на рисунке 1.

ТЭК России включает в себя топливную промышленность и электроэнергетику.

Топливная промышленность — отрасль добывающей промышленности, включающая в себя добычу, переработку и транспортировку топлива.



Рис. 1. Элементы топливно-энергетического комплекса

Электроэнергетика — отрасль обрабатывающей промышленности, занимающаяся производством электроэнергии и передачей её потребителю.

Раскроем более подробно сущность составляющей топливной промышленности, а именно — нефтяную промышленность, которая, в свою очередь, является ключевым звеном нефтегазового комплекса Российской Федерации.

Нефтяная промышленность — перспективная индустрия не только на просторах России, но и всего мирового пространства во всех частях земного шара.

Развитие нефтяного сегмента топливно-энергетического комплекса Российской Федерации считается одним из двигателей прогресса и экономики государства. Одновременно с этим состояние нефтяной отрасли Российской Федерации требует изучения научным сообществом, что имеет непосредственное теоретическое и практическое значения для всего топливно-энергетического комплекса государства. Значимость наличия ресурсной базы выражается тем, что топливно-энергетический комплекс Российской Федерации занимает 1/3 от всего промышленного производства, играет ключевую роль в экономике страны, обеспечивает более 45% поступлений в доходную часть консолидируемого бюджета Российской Федерации, доля отраслей ТЭК в объеме внутреннего валового продукта составляет почти 30%.

Нефтяная промышленность в настоящее время играет наиболее важную роль для экономического развития

страны, т.к. она считается наиболее конкурентоспособным сегментом производства на мировой арене. При этом текущее состояние нефтяной отрасли России открывает возможности по дальнейшему развитию всего топливно-энергетического комплекса.

Россия, как один из ведущих игроков на нефтяном рынке с каждым днем существенно прибавляет в росте экономических показателей за счет как раз нефтеперерабатывающего производства.

Нефтяная индустрия, как промышленный и экономический сегмент, очень выгоден для развития страны в целом. При этом ведущие эксперты считают, что в будущих годах стратегия развития нефтяной индустрии будет нацелена, как и прежде, на централизацию и укрепление позиции Российской Федерации на соответствующем рынке.

Стоит отметить, что зависимость экономики государства от мировых цен на нефтепродукты растет. Так за период с 2004 по 2013 года доля доходов в федеральный бюджет выросла на 15,9%.

Под нефтяной промышленностью принято понимать группу отраслей, сфера деятельности которых охватывает полный цикл добычи, транспортировки, переработки, хранения и сбыта углеводородного сырья.

К смежным отраслям нефтяной промышленности относят бурение, геофизику, производство нефтегазового оборудования. Основу нефтяной промышленности составляют вертикально-интегрированные нефтяные компании (ВИНК).



Нефтяная промышленность Российской Федерации, подразумевает следующие элементы:

- 1) разведка и добыча нефти;
- 2) переработка нефти;
- 3) транспортировка нефти.

Следует отметить, что связь внутри отраслевого состава может быть, как вертикальной, так и горизонтальной.

При вертикальной связи наблюдается иерархия отраслей по возрастанию, а при горизонтальной связи отрасли состоят в одной категории.

Примером вертикального отраслевого состава может служить нефтехимическая промышленность и нефтяная промышленность, как ее составляющая.

По состоянию на 1 января 2019 г., добычу нефти и газового конденсата (нефтяного сырья) на территории Российской Федерации осуществляли 290 организаций, имеющих лицензии на право пользования недрами, в том числе:

- 100 организаций, входящих в структуру 11 ВИНК;
- 187 независимых добывающих компаний, не входящих в структуру ВИНК;
- 3 компании, работающие на условиях соглашений о разделе продукции (далее — операторы СРП).

Основной объем национальной нефтедобычи (85,2% от общероссийского показателя) как и ранее формируется крупнейшими ВИНК. Одновременно возрастает доля независимых нефтедобывающих компаний, общий вклад которых в суммарном производстве нефти по стране достиг по итогам 2018 г. 14,8%. Из них 3,4% приходится на операторов СРП.

По итогам 2018 г., объем национальной добычи нефтяного сырья вырос относительно 2017 г. на 9,1 млн.т. (+1,7%) и составил в абсолютном выражении 555,9 млн т. Из полученного прироста, более половины (+5,0 млн т, +13,5%) получено на новых месторождениях со сроком

эксплуатации до 5 лет. Объем добычи нефти в Российской Федерации представлен на рисунке 2.

В случае нефтяной промышленности план отраслевого состава состоит из горизонтальных связей:

- 1) добыча ресурса;
- 2) транспортировка ресурса;
- 3) первичная переработка;
- 4) вторичная переработка.

Нефтедобыча является сложным производственным процессом, включающим в себя геологоразведку, бурение скважин и их ремонт, очистку добытой нефти от механических примесей.

Нефтедобычей занимается нефтегазодобывающее управление (НГДУ) — предприятие (или структурное подразделение предприятия) занимающееся добычей и перекачкой «сырой» нефти и газа до узла коммерческого учёта. Инфраструктура НГДУ включает в себя:

- 1) дожимные насосные станции;
- 2) кустовые насосные станции;
- 3) узел предварительного сброса воды;
- 4) внутрипромысловые трубопроводы (нефтепроводы).

Особая роль в развитии и размещении нефтяной промышленности принадлежит трубопроводному транспорту. Он признан наиболее дешевым и эффективным средством транспортировки нефти.

Нефтепроводы — это инженерно-технические сооружения трубопроводного транспорта, предназначенные для транспортировки нефти. Различают два вида нефтепроводов — магистральные и промысловые.

Для транспортировки нефти по водным путям используются танкеры и супертанкеры.

Нефтепереработка подразумевает производство нефтепродуктов, прежде всего, различных топлив (автомобильных, авиационных, котельных и т.д.) и сырья для последующей химической переработки.

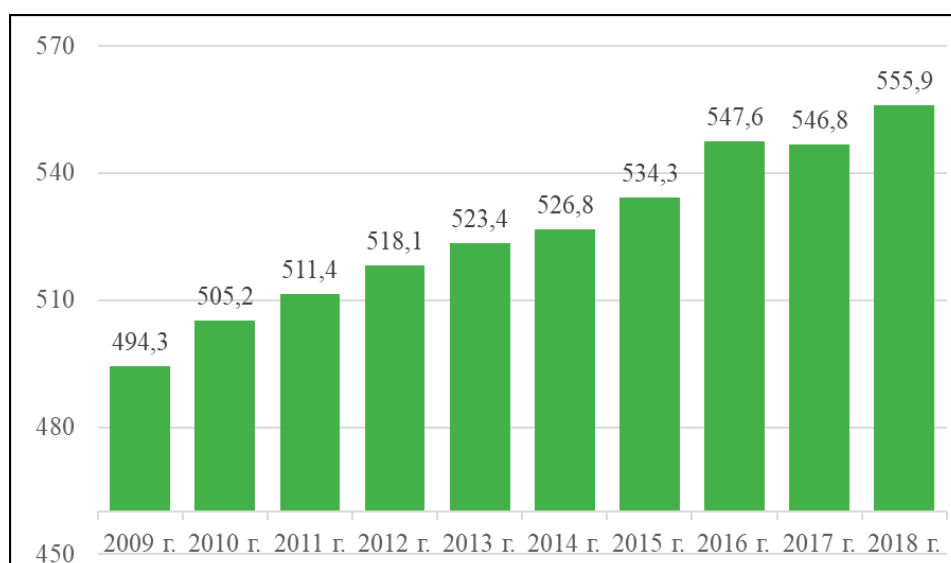


Рис. 2. Объем добычи нефти (включая газовый конденсат) в Российской Федерации, млн тонн

В 2017 г., в соответствии с данными отраслевой отчетности Минэнерго России, переработку нефти и газового конденсата на территории страны и промышленное производство из всех видов нефтяного сырья товарных нефтепродуктов осуществляют 80 специализированных нефтеперерабатывающих предприятий (НПЗ и ГПЗ), общий объем первичной переработки нефтяного сырья на нефтеперерабатывающих предприятиях России незначительно (на  $-0,2\%$ , или  $-0,7$  млн т.) снизился по сравнению с аналогичным показателем 2016 г. и составил 279,9 млн тонн. Производственные показатели нефтеперерабатывающей отрасли представлены на рисунке 3.

Нефтепереработка производится НПЗ и включает в себя четыре основных этапа:

- 1) предварительная подготовка;
- 2) первичная переработка;
- 3) вторичная переработка;
- 4) очистка нефтепродуктов.

Предварительная подготовка заключается в очистке «сырой» нефти от воды и солей. Далее субстанция проходит термообработку для испарения фракций и конденсации при определенных температурах. Если результат не достигнут, то проводят последующие этапы. В современных НПЗ обработка происходит на молекулярном уровне для получения более качественного продукта. Этот процесс называется конверсией или крекингом. По сравнению с европейскими и американскими технологиями, в России обработка довольно несовершенна и требует доработки.

Поскольку нефть является сложным комплексом веществ, а современные технологии подразумевают не просто перегонку, а сложный многоэтапный процесс, то на выходе получается большое разнообразие фракций, дальнейшая обработка которых позволяет выделить большое

количество субстанций, иначе можно сказать вторичные продукты переработки нефти, которые представлены.

К ним относятся такие продукты переработки нефти, как топлива, масла, синтетический каучук, азотные удобрения, различные виды пластмасс, моющие средства, синтетические волокна, жирные кислоты, эфиры, спирты, ацетон, фенол и так далее.

В результате глубокой обработки минимизируется количество отходов. В дальнейшем все эти вещества также могут пройти очистку и подготовку, для этого применяется огромное количество технологий, таких как каталитический крекинг, риформинг, деасфальтизация и экстракция, коксование, изомеризация, алкинирование.

За 2017 г. на внутренний рынок страны поставлено [2]:

- автомобильных бензинов — 35,2 млн т. ( $+0,9\%$  к 2016 г.);
- дизельного топлива — 33,1 млн т. ( $+1,8\%$ , или  $+0,6$  млн т к 2016 г.);
- авиационного керосина — 9,7 млн т. ( $+7,9\%$ , или  $+0,8$  млн т. к 2016 г.);
- мазута топочного — 10,3 млн т. ( $-17,6\%$ , или  $-2,2$  млн т).

Статистические данные производства автобензинов на территории Российской Федерации представлены на рисунке 4.

Технологическо-экономические преимущества нефти и получаемых на ее базе продуктов обусловили особую роль нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности в мировом хозяйстве.

Нефтеперерабатывающая промышленность России — организационно высококонцентрированная и территориально диверсифицированная отрасль нефтегазового комплекса, обеспечивающая переработку порядка половины объема жидких углеводородов, добываемых в стране.

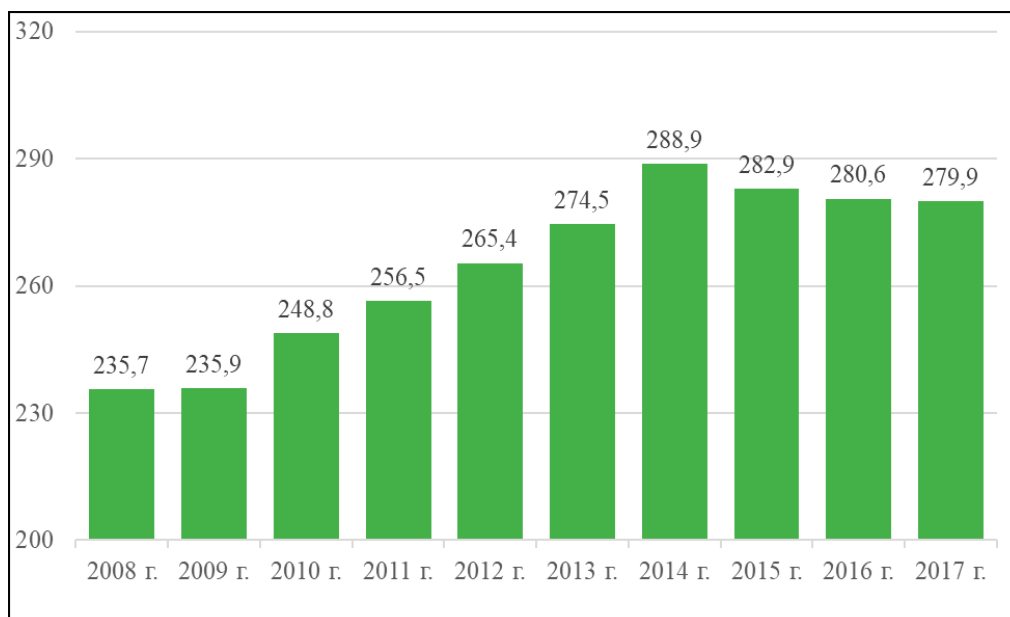


Рис. 3. Производственные показатели нефтеперерабатывающей отрасли в 2008–2017 гг., млн тонн

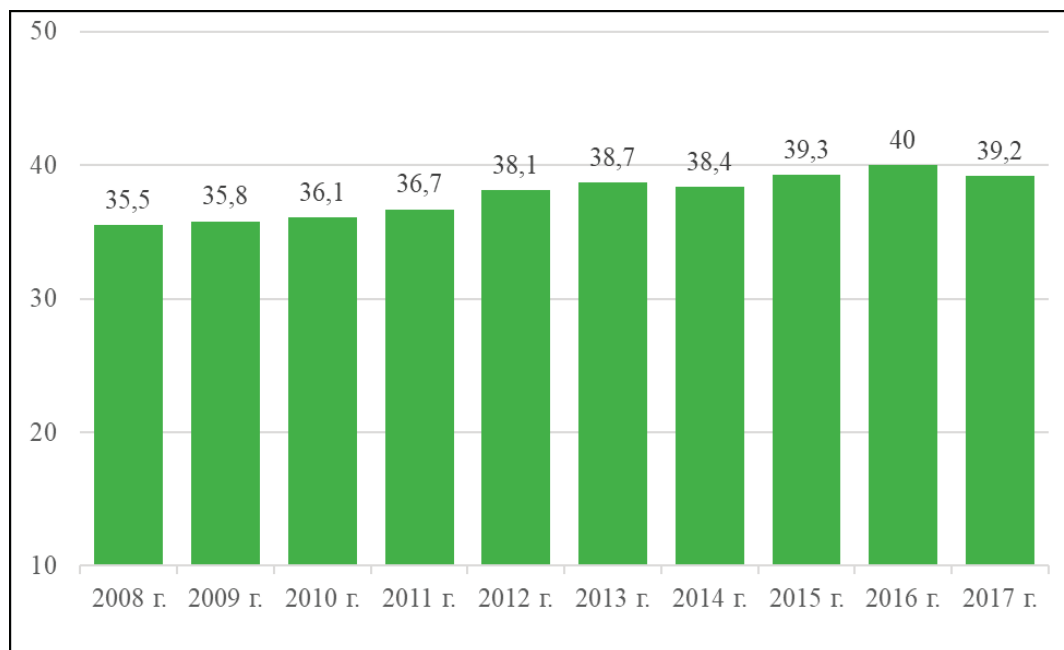


Рис. 4. Производство автобензинов в Российской Федерации

Все изменения в отрасли за последние годы во многом были связаны с законодательными решениями в сфере налогообложения, ограничивающими экспорт темных низкокачественных нефтепродуктов (мазута и отчасти дизельного топлива), используемых за рубежом в качестве сырья.

Выделим несколько основных проблем, с которыми приходится сталкиваться нефтяной промышленности [5]:

- 1) замедление скорости добычи нефти в связи подорожанием этих работ, а также в результате того, что месторождения находятся в труднодоступных местах;
- 2) невысокий показатель извлечения нефти, что приводит к нерациональному использованию ресурса;
- 3) использование устаревшего и изношенного оборудования и техники в процессе добычи нефти;
- 4) некачественная утилизация и применение нефтяного попутного газа;
- 5) нерациональное применение новых инновационных технологий в процессе добычи нефти.

Несмотря на имеющиеся проблемы нефтяная промышленность России выпускает нефтепродукты, имеющие спрос на мировом рынке

Согласно энергетической стратегии государства, долгосрочное развитие нефтегазовой отрасли в России предполагает решение следующих вопросов [4]:

- Обдуманное потребление имеющихся запасов нефти и газа;
- Обширное применение сырья нефтегазовой индустрии;
- Расширение энергосберегающего сектора;
- Транспортировка и сбережение ресурсов без потерь или с минимальным расходом энергии;
- Максимальное использование всех полезных компонентов при переработке нефти и газа;
- Строительство новых центров добычи полезных ископаемых.

На данный момент нефтегазовая индустрия России — мощный конгломерат, который распространяет свое влияние не только на территории государства, но и далеко за ее пределами. Но, даже учитывая то, что нефтяная промышленность, как составная часть нефтегазового сектора — крупнейшая структура страны, требуется вложение капитала в развитие нефтегазовой отрасли в России.

#### Литература:

1. Добыча нефтяного сырья // Сайт Министерства энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (дата обращения: 04.12.2019).
2. Краснов А. В., Садыкова З. Х., Пережогин Д. Ю., Мухин И. А. Статистика чрезвычайных происшествий на объектах нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 2007–2016 гг. // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн.. — 2017. — № 6. URL: <http://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2017-6-179-191> (дата обращения: 04.12.2019).
3. Мастепанов А. М. Топливо-энергетический комплекс на рубеже веков: Состояние, проблемы и перспективы развития. — 4-е изд. — М.: Издательство ИАЦ «Энергия», 2009. — 470 с.
4. Отчет Эспо — Глава 5 — Оценка рисков // Nord Stream. URL: <https://www.nord-stream.com/ru/informatsiya-dlya-pressy/biblioteka/?q=&category=&type=3&page=3&country=> (дата обращения: 04.12.2019).

5. Эдер Л. В., Филимонова И. В., Проворная И. В. Особенности развития нефтяной промышленности на современном этапе // Бурение и нефть. 2006. № 12. С. 3–14.
6. Эдер Л. В., Филимонова И. В., Проворная И. В., Немов В. Ю. Основные проблемы инновационного развития нефтегазовой отрасли в области добычи нефти и газа // Бурение и нефть. 2014. № 4. С. 16–23.

## Расчет среднего коэффициента энергетической концентрации параболоцилиндрического концентратора

Вардияшвили Афдандил Аскарлович, кандидат технических наук, доцент;  
Мейлиев Элбек Махмудович, студент магистратуры  
Каршинский государственный университет (Узбекистан)

*В статье приведен расчет определения средней плотности потока лучистой энергии в фокальной плоскости парабоцилиндрического концентратора, что долю энергии, падающей на центральную часть фокального изображения, можно определить графически по кривой в фокальной плоскости парабоцилиндрического концентратора.*

**Ключевые слова:** солнечные лучи, коэффициент отражающей поверхности концентратор, фокальная плоскость, зеркальные концентрирующие системы, парабоцилиндрические концентраторы, коэффициент пропускания, поток лучистой энергии, парабоцилиндрические концентраторы.

Зеркальные концентрирующие системы (ЗКС), предназначенные для улавливания и концентрации потока излучения, являются одним из важнейших компонентов энергетических установок, преобразующих лучистую энергию в тепловую и электрическую. ЗКС чрезвычайно перспективны для использования в установках, моделирующих тепловое воздействие мощного потока излучения на различные объекты, высокотемпературных установках для теплофизических исследований и технологических целей, гелиотехнических энергетических установках и имитаторах космического солнечного излучения в барокамерах. Указанные области применения обуславливают особенности зеркальных концентрирующих систем.

При проектировании концентрирующих устройств необходимо заранее установить геометрию концентратора, требования к качеству зеркал и юстировке и т.д. Методы расчета концентрирующих систем развивались параллельно с потребностями практики.

Для расчета зеркальных систем траектория падающих и отраженных лучей Солнца рассматривается в виде совокупности бесчисленного множества отдельных элементарных пучков, опирающихся вершинами на точки отражающей поверхности системы. Эти пучки солнечных лучей, имеющие форму эллиптического конуса, называют элементарными отображениями. Лучи, находящиеся на внешней поверхности конуса, называются краевыми лучами, а угол между ними — угловым размером элементарного отражения. Таким образом, размеры элементарного отображения зависят от размеров солнечного диска и геометрии отражателя.

Для расчета среднего коэффициента энергетической концентрации  $K_s^{cp}$  по формуле

$$K_s^{cp} = \frac{E_{cp}}{E_o} \quad (1)$$

необходимо знать среднюю плотность концентрированного потока солнечной энергии в фокальной плоскости  $E_{cp}$ . Величину  $E_{cp}$  можно определить по упрощенной формуле

$$E_{cp} = \frac{F_3}{F_n} R_3 K_{зат} K_{зан} \tau_c, \quad (2)$$

Где  $\frac{F_3}{F_n} = K_m$  - коэффициент геометрической концентрации;

$K_{зат}$  - коэффициент затемнения концентратора приемником;

$K_{зан}$  - коэффициент запыления зеркальной поверхности;

$\tau_c$  - коэффициент пропускания прозрачной оболочки приемника.

Подставляя выражение (2) в (1), получаем:

$$K_s^{cp} = \frac{F_3}{F_n} R_3 K_{зат} K_{зан} \tau_c \quad (3)$$



Формулу для определения средней плотности потока лучистой энергии в фокальной плоскости парабоцилиндрического концентратора  $E_{cp}$  можно вывести с помощью формулы экспоненциального распределения энергии в фокальной плоскости по парабоидных концентраторов. Допустим, что  $\Phi_r$  - величина солнечной энергии, проходящей в единицу времени через центральную прямоугольную площадку фокального изображения шириной  $b = 2r$  и длиной  $L$ . Тогда мы можем написать

$$\Phi_r = 2C_2 \int_0^L dL \int_0^r e^{-C_2 r^2} dr = 2E_{\max} L \int_0^r e^{-C_2 r^2} dr, \quad (4)$$

Где коэффициент  $C_1$  и  $C_2$  находятся по формулам:

$$C_1 = E_{\max} = \frac{8}{\pi} \left( \frac{180}{\pi} \right)^2 E_0 R_3 A_{\max} h^2 \quad (5)$$

$$C_2 = \left[ \frac{180}{\pi} \frac{h}{p} (1 + \cos \alpha) \right]^2 \quad (6)$$

Для парабоцилиндрических концентраторов геометрическая функция  $A_{\max}$  определяется формулой:

$$A_{\max} = \frac{b\sqrt{2}}{2} (\cos \alpha + 2) \sqrt{1 - \cos \alpha}. \quad (7)$$

Интеграл (4) имеет следующее приближенное решение:

$$\Phi_r = \frac{E_{\max} L}{\sqrt{C_2}} (1 - e^{-C_2 r^2}). \quad (8)$$

При интегрировании (8) по всей фокальной плоскости (от 0 до  $\infty$ ) получим полный лучистый поток  $\Phi_0$ , равный

$$\Phi_0 = \frac{E_{\max} L}{\sqrt{C_2}} \int_{r=0}^{r=\infty} (1 - e^{-C_2 r^2}) dr = \frac{E_{\max} L}{\sqrt{C_2}}. \quad (9)$$

Если обозначим относительный поток лучистой энергии через  $\eta = \frac{\Phi_r}{\Phi_0}$  и относительную плотность потока через

$\eta = 1 - e^{-C_2 r^2}$  то получим

$$\eta = 1 - e^{-C_2 r^2} \quad (10)$$

$$\varepsilon = e^{-C_2 r^2} \quad (11)$$

Из формул (10) и (11) следует, что для любого значения  $r$  выполняется соотношение:

$$\varepsilon + \eta = 1, \quad (12)$$

которое показывает, что долю энергии, падающей на центральную часть фокального изображения радиусом  $r$ , можно определить графически по кривой в фокальной плоскости парабоцилиндрического концентратора получим:

$$E_{cp} = \frac{\Phi_r}{2\pi L} = \frac{E_{\max}}{2\pi\sqrt{C_2}} (1 - e^{-C_2 r^2}). \quad (13)$$

Выражение (10) можно переписать в следующем виде:

$$C_2 r^2 \ln e = \ln \frac{1}{1 - \eta}, \quad (14)$$

Отсюда:

$$r\sqrt{C_2} = \sqrt{\ln \frac{1}{1 - \eta}}. \quad (15)$$

С учетом выражения (15) уравнение (13) имеет вид:

$$E_{cp} = E_{\max} \frac{\eta}{\sqrt[2]{\ln \frac{1}{1 - \eta}}}. \quad (16)$$

Подставив значение  $E_{cp}$  в уравнение (1) для средней величины  $K_s^{cp}$  получим формулу:

$$K_{cp} = E_{\max} \frac{h}{2E_0 \sqrt{\ln \frac{1}{1 - \eta}}}. \quad (17)$$

Полученные выражения можно использовать для практических расчетов. Например, при  $E_{\max} = 5,14 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>;  $E_0 = 800$  Вт/м<sup>2</sup> и  $\eta = 0,9$  вычисленные по формулам (6) и (7) значения  $E_{cp}$  и  $K_s^{cp}$  были равны:  $E_{cp} = 2,04 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> и  $K_s^{cp} = 25$ .

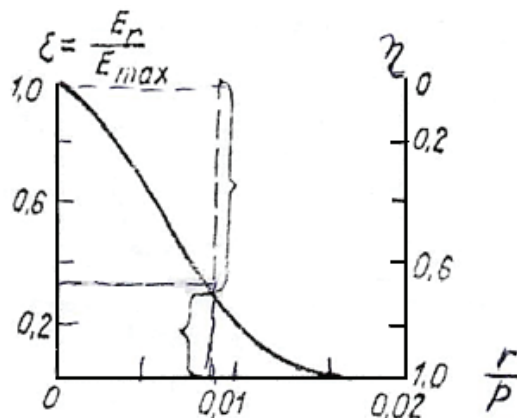


Рис. 1. Графическое определение  $K_3^{cp}$  по  $\varepsilon$  ( $h=3$ ;  $\alpha=61^\circ 52'$ )

Литература:

1. Захидова Р. А., Зеркальные системы концентрации лучистой энергии. «Фан» 1986 г. 174 стр.
2. Поток энергии солнца и его изменения. Под ред. Уайта о. Москва, «Мир» 1980 г. 558 стр.
3. Мак-Вейг Д. Применение солнечной энергии. Под ред. Проф. Б. В. Гарнижевского, «Энергоиздат» 1981 г. 215стр.
4. Г. П. Попов Концентрические оптические системы и их применение в оптическом приборостроении «Наука», Москва 1998 г
5. М. М. Мухиддинов, С. Ф. Эргашев Солнечные параболоцилиндрические установки. «Фан», Ташкент 1995 г 208 стр.
6. Вардияшвили А. А. Исследование теплоэнергетической эффективности и теплообменных процессов в гелиотеплицах с использованием тепловых отходов. Автореферат дис. на соиск. ученой степени к.т.н. ФТИ «Физика-Солнце» АН РУз. Ташкент — 2009 г. 27 стр.
7. Вардияшвили Асф.А. Теплофизика испарения и конденсации в гелиоопреснителе с термодинамическим контуром. Республика Кыргызстан. Ош. между. журнал 2009 г. № 1 — с. 71–73.
8. Асф. А. Вардияшвили, А. Абдурахмонов, А. Б. Вардияшвили Расчёты моделирования тепло-и массообменных процессов в параболоцилиндрическом гелиоопреснителе. //Кимёвий технология назорат ва бошқарув. Халқаро илмий-техникавий журнал. Тошкент № 5/2010 г. 30–30 бетлар.

## Определение гидравлического сопротивления при фильтрации жидкости в зонально неоднородном пласте

Гасанов Ильяс Раван оглы, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела  
Научно-исследовательский проектный институт «Нефтегаз» (SOCAR) (г. Баку, Азербайджан)

*Гидравлическое сопротивление является одной из важных физических величин, характеризующих фильтрацию жидкости в пористой среде. В данной статье делается попытка определения гидравлического сопротивления при фильтрации жидкости в зонально неоднородном пласте.*

**Ключевые слова:** гидравлическое сопротивление, зональная неоднородность, фильтрация жидкости, число Рейнольдса, среднее значение.

Предположим, что фильтрация в пласте происходит по закону Дарси. Тогда скорость фильтрации можно определить по формуле [1,2]:

$$v = \frac{k(p_k - p_c)}{\mu} \cdot \frac{1}{\ln \frac{r_k}{r_c}} \cdot \frac{1}{r} \quad (1)$$

Определим гидравлическое сопротивление, которое образуется при такой фильтрации жидкости:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}, \text{ где } \text{Re} = \frac{\nu dp}{\mu m}, d = 4\sqrt{\frac{2k}{m}} \quad (2)$$

тогда

$$\nu = \frac{\mu m \text{Re}}{dp} = \frac{64\mu m}{4\sqrt{\frac{2k}{m}}\lambda\rho} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu}{\rho\sqrt{k}\lambda} \quad (3)$$

А теперь предположим, что имеется зонально-неоднородный пласт, состоящий из двух зон. Первая имеет протяженность от  $r_c$  до  $r_1$ , а вторая от  $r_1$  до  $r_k$ .

Учитывая (1), (3) и приравнивая правые части формул, получим следующие выражения:

$$\frac{k_1}{\mu} \cdot \frac{(p_1 - p_c)}{\ln \frac{r_1}{r_c}} \cdot \frac{1}{r} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu}{\rho\sqrt{k_1}\lambda_1}, r_c \leq r \leq r_1 \quad (4)$$

$$\frac{k_2}{\mu} \cdot \frac{(p_k - p_1)}{\ln \frac{r_k}{r_1}} \cdot \frac{1}{r} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu}{\rho\sqrt{k_2}\lambda_2}, r_1 \leq r \leq r_k \quad (5)$$

$$\text{или } \lambda_1 = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu^2 r \ln \frac{r_1}{r_c}}{\rho k_1^{1.5} (p_1 - p_c)}, \quad \lambda_2 = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu^2 r \ln \frac{r_k}{r_1}}{\rho k_2^{1.5} (p_k - p_1)} \quad (6)$$

Представим уравнения (4) и (5) в виде:

$$\frac{p_1 - p_c}{r} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu^2}{\rho k_1 \sqrt{k_1} \lambda} \ln \frac{r_1}{r_c} \quad (7)$$

$$\frac{p_k - p_1}{r} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu^2}{\rho k_2 \sqrt{k_2} \lambda_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \quad (8)$$

Если сложим по отдельности правые и левые части этих уравнений, то получим:

$$\frac{p_k - p_c}{r} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu^2}{\rho} \left( \frac{1}{k_1 \sqrt{k_1} \lambda} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2 \sqrt{k_2} \lambda_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right) \quad (9)$$

Среднее значение проницаемости и гидравлического сопротивления можно определить из равенства скоростей в реальном неоднородном и эквивалентно однородном пластах:

Для эквивалентного однородного пласта:

$$\frac{p_k - p_c}{r} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5}\mu^2}{\rho k_{cp} \sqrt{k_{cp}} \lambda_{cp}} \ln \frac{r_k}{r_c} \quad (10)$$

Приравнивая правые части формул (8) и (9) и произведя несложные преобразования получаем:

$$\frac{1}{k_{cp} \sqrt{k_{cp}} \lambda_{cp}} = \frac{1}{k_1 \sqrt{k_1} \lambda_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2 \sqrt{k_2} \lambda_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \quad (11)$$

С другой стороны, дебит потока в силу установившегося движения несжимаемой жидкости будет постоянен через любую цилиндрическую поверхность, соосную скважине:

$$Q = \frac{2\pi k_1 h (p_1 - p_c)}{\mu \ln \frac{r_1}{r_c}} = \frac{2\pi k_2 h (p_k - p_1)}{\mu \ln \frac{r_k}{r_1}} \quad (12)$$

Используя свойство производных пропорций, находим из последних равенств:

$$Q = \frac{2\pi h}{\mu \ln \frac{r_1}{r_c}} (p_1 - p_c) = \frac{2\pi h (p_k - p_1)}{k_2 \ln \frac{r_k}{r_1}} = \frac{2\pi h (p_k - p_c)}{\mu \left( \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right)} \quad (13)$$

Здесь также среднее значение проницаемости можно определить из равенства дебитов аналогичных потоков в неоднородном и однородном пластах:

$$Q = \frac{2\pi h}{\mu} \frac{(p_k - p_c)}{\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1}} = \frac{2\pi h (p_k - p_c)}{\mu \frac{1}{k_{cp}} \ln \frac{r_k}{r_c}} \quad (14)$$

откуда имеем

$$\frac{1}{k_{cp}} = \frac{\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1}}{\ln \frac{r_k}{r_c}} \text{ или } k_{cp} = \frac{\ln \frac{r_k}{r_c}}{\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1}} \tag{15}$$

При наличии в пласте двух кольцевых зон с различной проницаемостью распределение давления в этих зонах можно найти, приравняв скорости на границе этих зон, т. е.

при  $r = r_1 \Rightarrow v_1 = v_2 = v_{cp}$

$$\frac{k_1 (p_1 - p_c)}{\mu} \cdot \frac{1}{\ln \frac{r_1}{r_c}} \cdot \frac{1}{r_1} = \frac{k_2 (p_k - p_1)}{\mu} \cdot \frac{1}{\ln \frac{r_k}{r_1}} \cdot \frac{1}{r_1} = \frac{p_k - p_c}{\mu \left( \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right)} \cdot \frac{1}{r_1} \tag{16}$$

Здесь также использовано свойство производных пропорций, тогда:

$$\frac{k_1 (p_1 - p_c)}{\ln \frac{r_1}{r_c}} = \frac{(p_k - p_c)}{\left( \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right)}$$

или  $p_1 = p_c + \frac{(p_k - p_c) \ln \frac{r_1}{r_c}}{\ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{k_1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1}}$  (17)

Подставляя значение  $P_1$  из (17) в формулах (6) получаем

$$\lambda_1 = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5} \mu^2 r \left( \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right)}{\rho (p_k - p_c) \sqrt{k_1}} = \frac{A}{\sqrt{k_1}} \tag{18}$$

$$\lambda_2 = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5} \mu^2 r \left( \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right)}{\rho (p_k - p_c) \sqrt{k_2}} = \frac{A}{\sqrt{k_2}} \tag{19}$$

где  $A = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5} \mu^2 r \left( \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} \right)}{\rho (p_k - p_c)} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5} \mu^2 r \ln \frac{r_k}{r_c}}{\rho (p_k - p_c) k_{cp}}$  (20)

Здесь использована формула (15) для  $k_{cp}$ .

Так как аналогично формулам (6)

$$\lambda_{cp} = \frac{8\sqrt{2}m^{1.5} \mu^2 r \ln \frac{r_k}{r_c}}{\rho k_{cp}^{1.5} (p_k - p_c)} = \frac{A}{\sqrt{k_{cp}}} \tag{21}$$

А теперь выразим  $\lambda_{cp}$  через  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Для этого используем формулу (15). Умножая правую и левую части уравнения (15) на  $A^2$  получаем:

$$\frac{A^2}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_c} + \frac{A^2}{k_2} \ln \frac{r_k}{r_1} = \frac{A^2}{k_{cp}} \ln \frac{r_k}{r_c} \tag{22}$$

Учитывая (18), (19) и (21) имеем

$$\lambda_1^2 \ln \frac{r_1}{r_c} + \lambda_2^2 \ln \frac{r_k}{r_1} = \lambda_{cp}^2 \ln \frac{r_k}{r_c} \tag{23}$$

$$\lambda_{cp} = \sqrt{\frac{\lambda_1^2 \ln \frac{r_1}{r_c} + \lambda_2^2 \ln \frac{r_k}{r_1}}{\ln \frac{r_k}{r_c}}} \tag{24}$$

Последнюю формулу можно также получить, умножая обе части формулы (11) на  $A^3$ .

Обобщив формулу (24) можно сказать, что если неоднородный пласт состоит из  $n$  зон то, для каждой зоны гидравлические сопротивления будут соответственно



$$\lambda_1 = \frac{A}{\sqrt{k_1}}, \quad \lambda_2 = \frac{A}{\sqrt{k_2}}, \dots, \lambda_n = \frac{A}{\sqrt{k_n}} \quad (25)$$

где  $A$  определяется с помощью формулы (20).

$A$  среднее значение гидравлического сопротивления эквивалентного однородному пласту можно определить с помощью формулы

$$\lambda_{cp} = \sqrt{\frac{\lambda_1^2 \ln \frac{r_1}{r_c} + \lambda_2^2 \ln \frac{r_2}{r_1} + \dots + \lambda_n^2 \ln \frac{r_k}{r_{n-1}}}{\ln \frac{r_k}{r_c}}} \quad (26)$$

Таким образом, в данной статье получены формулы для определения гидравлических сопротивлений, каждой зоны. А также дается формула для среднего значения гидравлического сопротивления эквивалентного однородному пласту.

Литература:

1. Подземная гидравлика. Учебник для вузов./ К. С. Басниев, А. М. Власов, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. — М.: Недра, 1986—303 с.
2. Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика. М.: Гостоптехиздат, 1963.

## Альтернативный ветровой аэратор для рыбных водоёмов

Каримов Шавкат Боходирович, соискатель;

Каримов Боходир Хошимович, кандидат физико-математических наук, доцент;

Юлдашалиев Дилшод Кулдашалиевич, преподаватель  
Ферганский государственный университет (г. Фергана, Узбекистан)

Алиев Мухторжон Икромович, старший преподаватель  
Ферганский политехнический институт (г. Фергана, Узбекистан)

Алиев Ибратжон Хатамович, учащийся 10 класса  
Специализированная школа № 21 г. Ферганы (г. Фергана, Узбекистан)

*В статье рассмотрены вопросы проектирования и конструирования аэратора для рыбных прудов и водоёмов, основанных, на базе ветровой энергии, также в статье указаны способы по применению устройства. За счет интенсивной аэрации продуктивность рыбной промышленности водоёмов будет увеличена 4–5 раз!*

**Ключевые слова:** аэратор, ветровая энергия, воздушный поток, рыбный пруд и водоём, кислород, проектирования, конструкция, технология, подводный мир.

Дыхание является источником жизни не только для людей, но и для всех животных. Известно, что даже растения, которые благодаря фотосинтезу выделяют кислород, в ночное время, когда солнечный свет отсутствует, дышат, т.е. потребляют кислород. В кислороде нуждаются не только те, кто находится на поверхности, но также те, кто обитает под водой.

В связи с этим, проектирование и конструирование аэраторов для рыбных прудов и водоёмов является актуальной задачей.

Аэратор — гидромеханический прибор, насыщающий воду кислородом. Рыбам и прочим живым организмам, обитающим в прудах и водоёмов, для жизни необходима определённая концентрация кислорода. Нехватка воздуха негативно отражается на здоровье всего живого.

В естественных условиях, где водоемы перетекают один в другой, происходит насыщение воды кислородом. Непрерывно бьющие источники пополняют водоемы микроэлементами. Но для рыбных прудов и водоёмов требуется принудительная аэрация. Необходимость в этом обусловлена рядом причин:

— Сезонные и суточные температурные перепады. Чем теплее вода, тем быстрее происходит обмен веществ у обитателей флоры и фауны. Это приводит к большему потреблению кислорода.

— Слишком большое количество ила. Этот осадок мешает нормальному кислородному обмену.

— Излишек растительности. Если вовремя не чистить пруд, то водоросли занимают большую территорию и затрудняют свободный газообмен.

– Излишнее количество обитателей. Чем больше представителей фауны, тем активнее жизнедеятельность и тем больше выделяется ее продукты.

– При аэрации производится нормализация температурного режима.

Если вы определили, что необходимо срочно спасти живность в вашем пруду и водоёму, то на помощь придут специальные приспособления, которые позволяют это сделать — аэраторы. Аэраторы в основном работают электричеством.

В работе рассмотрено конструкция аэратора на основе альтернативных источников энергии — ветра для рыбных прудов и водоёмов.

В естественных условиях кислород попадает в воду при ветре, дожде, разбрызгивания и перемешивания воды от впадающего ручья или водопада и за счет процесса фотосинтеза, происходящего в водных растениях. Теплая вода содержит меньше растворенного кислорода, этим и объясняется то, что летом вода в пруду быстрее «зацветает», в ней может погибнуть рыба, а водные растения становятся вялыми.

Промышленность выпускает аэраторы разного типа — они отличаются не только названиями, но и принципом действия. Выбирая компрессор, учитывают размеры водоёма — каждый прибор рассчитан на определённый объём воды. Что ещё нужно знать о насыщении воды кислородом. Количество кислорода в воде должно соответствовать потребностям рыб — избыток его также вреден, как и нехватка. Потребность в кислороде меняется в зависимости от времени года. Тип аэратора, его конструкция и принцип действия выбирается в соответствии с назначением водоёма. Выбирая аэратор, его оценивают по таким показателям: мощность компрессора; шумность; граничные температуры для использования аппарата. Стоимость аэраторов для большого зарыбленного водоёма стоит около 100 тыс. руб. Оптимальное соотношение производительности компрессора к объёму воды — 1 л/ч на 1 л воды. Для каждого конкретного водоёма аэратор подбирается с учётом множества факторов: плотности зарыбления; наличия водных растений; температуры воды; биохимического состава грунта; глубины водоёма; наличия мелководья; конфигурации дна; наличия тени над водной поверхностью. Установив аэратор, мониторят концентрацию кислорода в зоне распыления посредством специальных тестов. Чтобы аэрация была качественной, необходимо, чтобы суточный поток воды системы был вчетверо больше всего объёма водоёма. При определенных обстоятельствах приходится наращивать мощность аэрационной системы, увеличив количество аэраторов в пруду, если: водоём перенасыщен водорослями; в водоём попадает органика вместе с ливневыми водами; водоём имеет неправильную форму — это затрудняет перемешивание воды. В среднем на каждые 10000 кв.м водоём необходим как минимум один аэратор [1,2,3].

Для осуществления данной проблемы была проектирована и конструирована автономный аэратор на основе ветровой энергии для рыбных прудов и водоёмов. Работа выполняться совместно с рыбным фермерским хозяйством «Урокбой Ота» города Ферганы. Экспериментально, работа была произведена в научно-экспериментальной лаборатории «Инновационная разработка устройств на основе альтернативных источников энергии и внедрение их на практике» Ферганского Государственного Университета.

Процесс сборки ветровых аэраторов прост и не требует дорогостоящих деталей. Это автономно работающая установка. Для работы ему не нужно электричество — он питается энергией ветра.

Для разработки аэраторов сконструирован воздушный насос. Поставленная цель достигается тем, что воздушный насос на основе кинетической энергии ветра включает установленный на вышке вал, насаженный на нем ветровое колесо с двенадцатью лопастями и эксцентриковый подшипник. Эксцентриковый подшипник использован в воздушном насосе для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное движение с меньшей частотой. Внизу на площадке вышки установлен воздушный насос. Для движения воздуха по трубе, в воздушном насосе имеется два клапана, входной внизу и выходной сбоку. Ветровое колесо с двенадцатью лопастями вращается даже при очень слабом течении ветра. Для поворота ветра на колесо установлен поворотный механизм. С помощью установки вода насыщается кислородом. Изготовить распылители можно самостоятельно. Для этого, нужно взять полиэтиленовые трубы диаметром 15 или 20 см. В них проделываются отверстия диаметром 1 мм при помощи дрелью. Для того, чтобы выходящие пузырьки были еще меньшего размера, можно обернуть сосуды в поролон.

Насыщение кислорода воды положительно влияет на развитие рыб в прудах и водоемах. Применение аэраторов увеличивает обогащение водной среды кислородом, которое действует положительно на качество и количество обитателей водной среды.

Аэрация может помочь природе в поддержании естественной потребности в растворенном в воде кислороде и активизировать жизнь водоёма. Повышение концентрации растворенного в воде кислорода при аэрации приводит к сбалансированности биологических процессов в пруду. Аэрация помогает очищать застойные воды в водоёмах и улучшает качество воды.

Добавление кислорода в воду водоёма с помощью различных аэрационных устройств решается вопросы:

- Позволить содержать в пруду больше рыбы.
- Устранить или сезонные изменения в воде весной и осенью.
- Улучшить общее качество воды.
- Ускорить процесс разложения органических веществ.

– Уменьшить количество фосфора, который активизирует развитие растений.

– Создать циркуляционные потоки, которые могли бы создать благоприятные условия для водорослей, конкурирующих с синие-зелеными водорослями.

Также укажем, что использование аэраторов для рыболовства гарантирует необходимый уровень обогащения воды кислородом, циркуляцию и потока образование. За счет интенсивной аэрации рыбопродуктивность водоёмов будет увеличена 3–4 раза.

### Вывод

Спроектировано и построено аэратор для рыбных прудов и водоёмов, основанных, на базе ветровой энергии и указано способы по применению устройства. Применение аэраторов увеличивается обогащение водной среды кислородом, которое действует положительно на качество и количество обитателей водной среды. За счет интенсивной аэрации рыбопродуктивность водоёмов будет увеличена 3–4 раза.

### Литература:

1. Фрог, Б. Н. Водоподготовка Текст. учеб. пособие для вузов / Б. Н. Фрог. — М.: Изд-во МГУ, 1996. 680 с.
2. Акимов, В. А. Технические средства аэрации рыбоводных водоёмов Текст. / В. А. Акимов. М.: Агропромиздат, 1990. — 77 с.
3. Посупонько, С. В. Водосливные аэраторы решение проблем малых и средних станций аэрации Текст. / С. В. Посупонько [и др.] // ВСТ: Водоснабжение и санитарная техника. — 2005. — № 6. — С. 30.

## Анализ технико-экономической целесообразности внедрения аддитивных технологий в вертолетостроении

Князев Сергей Алексеевич, студент

Высшая школа системного инжиниринга Московского физико-технического института (г. Долгопрудный)

Пыжов Сергей Игоревич, главный конструктор

АО «Камов» (г. Москва)

*В данной статье проведено теоретическое исследование целесообразности применения аддитивных технологий для изготовления конкретной детали, изначально созданной с помощью литья. Описан процесс ее перепроектирования, произведен расчет себестоимости изготовления и дана экономическая оценка применимости 3D печати с учетом стоимости оборудования в сравнении с классическим изготовлением с помощью литья.*

*Ключевые слова: аддитивные технологии, SLM, вертолетная техника, топологическая оптимизация, экономическое обоснование, себестоимость АТ, снижение массы.*

В настоящий момент перед многими компаниями по производству авиационной техники серьезно стоит вопрос внедрения аддитивных технологий. При этом далеко не каждое предприятие четко понимает возможную пользу от внедрения, особенно в экономическом плане. В данной статье рассмотрен конкретный пример узла вертолета на предмет возможностей АТ для его изготовления. Стоит отметить, что для полного раскрытия потенциала АТ зачастую применяют методы топологической оптимизации, что позволяет как уменьшить вес получаемого изделия при тех же прочностных характеристиках, так и уменьшить расход материала для изготовления детали, тем самым сокращая затраты на изготовление.

Также стоит отметить специфику производства вертолетной техники в России, которая в настоящий момент носит мелкосерийный, а порой и единичный характер. Лишь некоторые успешные модели могут считаться среднесерийными. Согласно статистике прошлых лет выпуск вертолетной техники в год варьировался от 200 до 250 единиц в год, при том, что в настоящее время производится номенклатура более чем из 15 вертолетов и их модификаций. Мощности же текущих предприятий позволят произвести в год до 300 единиц вертолетной техники. Данный факт позволяет судить о большом разнообразии выпускаемых вертолетов при не очень больших сериях. Кроме того, следует отметить возрастающую необходимость создания все более персонифицированных под определенные нужды заказчика машин. Данные обстоятельства безусловно благоприятно сказываются на возможности приме-

нения аддитивных технологий при создании вертолетной техники т.к. достаточно хорошо известно, что себестоимость деталей, изготовленных аддитивным методом, слабо зависит от величины партии.

Исследование предполагает комплексный подход к решаемой задаче, которая будет состоять из непосредственной оценки исходной детали на предмет оптимизации, перепроектирование с помощью инструментов топологической оптимизации и экономическую оценку применения аддитивных технологий для изготовления получившейся после оптимизации топологии детали.

### Исходные данные

Исходная деталь для перепроектирования представляет собой кронштейн системы управления (см. Рисунок 1), изготовленный с помощью литья и дальнейшей механообработки посадочных мест под качалки и болты. Сложность формы кронштейна обусловлена обеспечением места под ход качалок с необходимыми зазорами, а также разнесенным в пространстве относительно друг друга положением качалок.

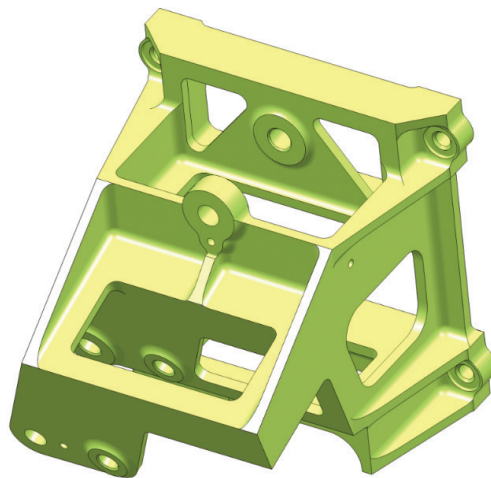


Рис. 1. Исходный кронштейн

Масса кронштейна составляет 617 г. Материал исходного кронштейна — алюминиевый литейный сплав АЛ9 по ОСТ 1 90021—92, который обладает механическими характеристиками, представленными в Таблице 1.

Таблица 1. Механические свойства АЛ9

Наименование параметра	Условное обозначение	Значение	Единица измерения
Предел прочности	$\sigma_b$	19	кгс/мм <sup>2</sup>
Предел текучести	$\sigma_{0,2}$	11	кгс/мм <sup>2</sup>
Плотность	$\rho$	2,66	г/см <sup>3</sup>
Предельная деформация	$\delta$	4%	

Кронштейн закреплен на четырех болтах и нагружен через вставленные в проушины болты. Основная нагрузка на кронштейн осуществляется за счет движения ручки продольно-поперечного управления (ППУ). В качестве расчетных случаев были выбраны нагрузки согласно пунктам авиационных правил 29.301, 29.303, 29.305, 29.397 «Эксплуатационные моменты и крутящие усилия от пилота». На Рисунке 2 представлены основные расчетные случаи со всеми необходимыми значениями нагрузок и их направлением. Кроме представленных в расчет были включены и нагрузки в обратном направлении. Также в значениях нагрузок были учтены все необходимые коэффициенты запаса. Всего для расчета использовано 8 случаев нагружения.

Кроме того, были сформулированы следующие требования для оптимизированного кронштейна:

1. Кронштейн не должен подвергаться разрушению от заданных расчетных нагрузок.
2. Для эксплуатационных нагрузок (в 2,25 раза меньше расчетных) кронштейн не должен иметь остаточных деформаций.

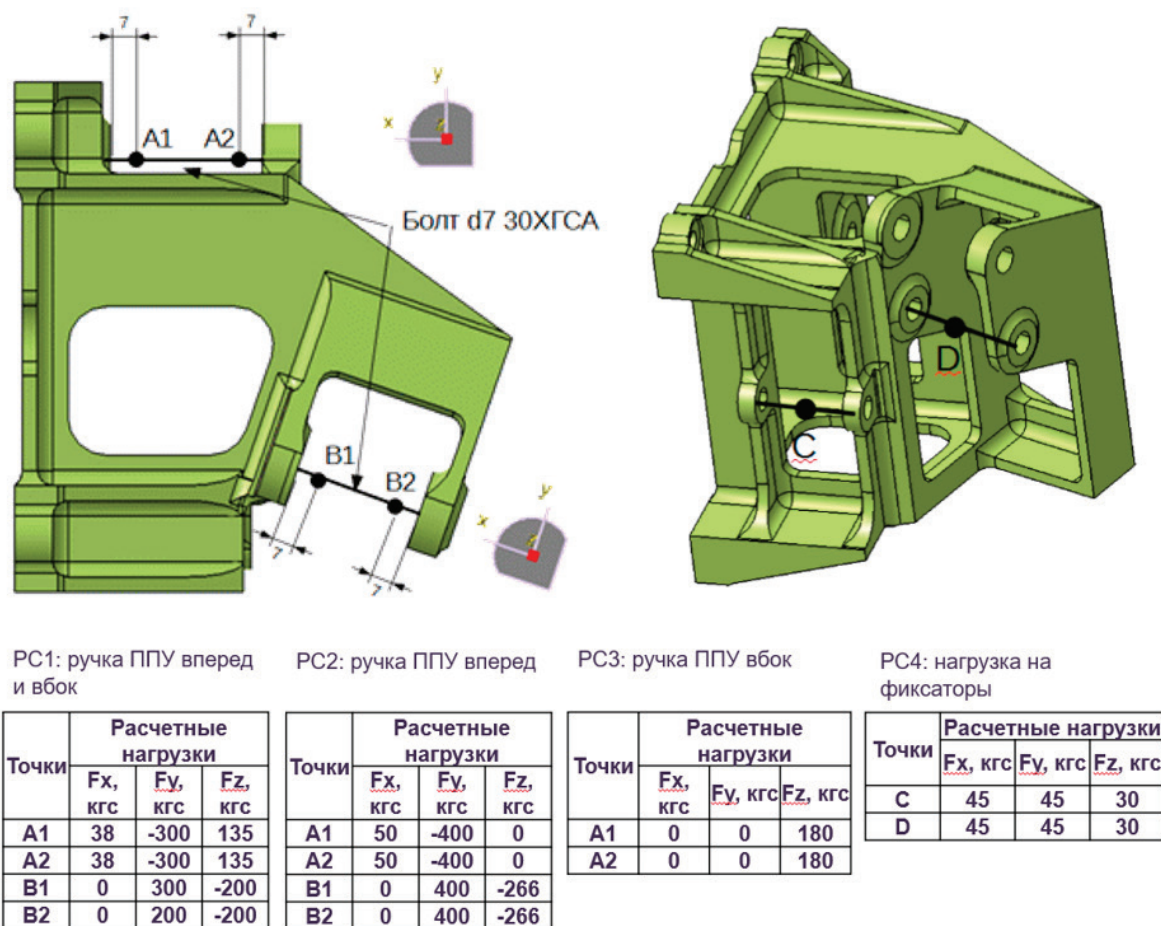


Рис. 2. Расчетные случаи нагружения

3. Максимальные линейные перемещения для эксплуатационных нагрузок не должны превышать 1 мм.
4. Кронштейн не должен иметь частот собственных колебаний, близких 5,08; 25,4; 50,8; 76,2 Гц.
5. Необходимо сохранить пространство для размещения качалок и тяг.

Для оптимизированной детали была выбрана технология селективного лазерного сплавления SLM и в качестве используемого материала — алюминиевый сплав AlSi10Mg. Данный сплав имеет довольно широкое распространения для 3D печати, является аналогом материала исходной детали AL9 и даже немного превосходит его. Кроме того, для получаемых характеристик материала имеет значение выбор установки для аддитивной печати и режима работы. В данном примере была выбрана установка EOS M 290, с получаемыми в ней механическими характеристиками материала Al-Si10Mg, представленными в Таблице 2.

Таблица 2. Механические свойства AlSi10Mg на оборудовании EOS

Наименование параметра	Условное обозначение	Значение	Единица измерения
Предел прочности	$\sigma_b$	33	кгс/мм <sup>2</sup>
Предел текучести	$\sigma_{0,2}$	21	кгс/мм <sup>2</sup>
Плотность	$\rho$	2,67	г/см <sup>3</sup>
Предельная деформация	$\delta$	7,2%	

### Оптимизация

Процесс оптимизации кронштейна проводился в специализированной программе Altair Inspire. Выбор данного программного обеспечения не был обусловлен какими-либо серьезными преимуществами данного ПО для топологической оптимизации. Основными факторами выбора стали доступность, наличие всего необходимого функционала и относительная простота использования.



Оптимизации проводилась по критерию достижения максимальной жесткости при целевых параметрах массы. После проведения ряда итераций была получена геометрия, удовлетворяющая исходным требованиям по прочности, максимальным отклонениям и частотам собственных колебаний. Полученная геометрия детали, представляет собой пространственную раму из соединённых между собой изогнутых стержней (см. Рисунок 3).

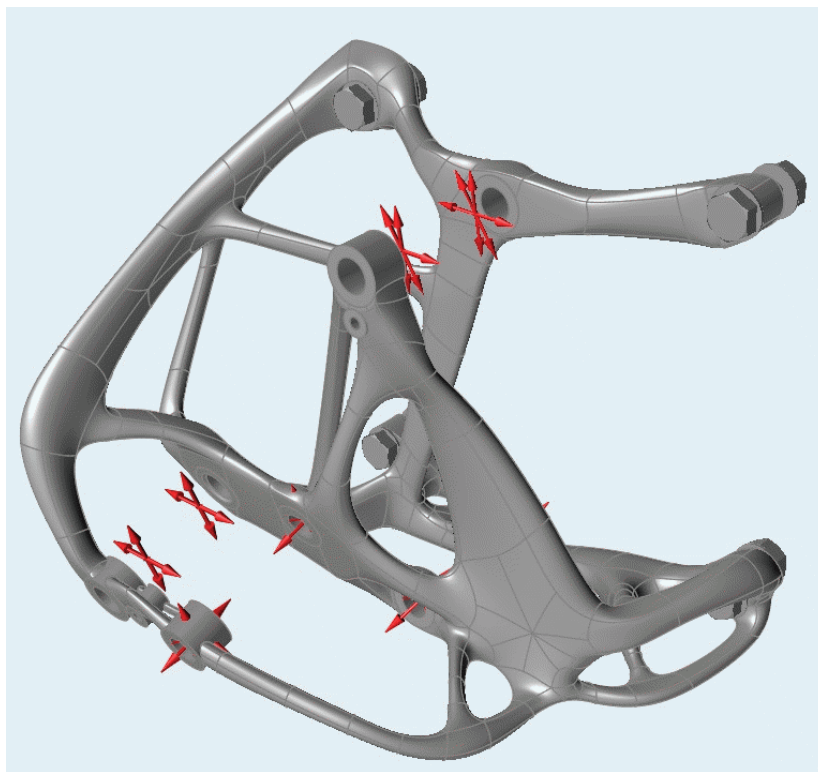


Рис. 3. Оптимизированный кронштейн

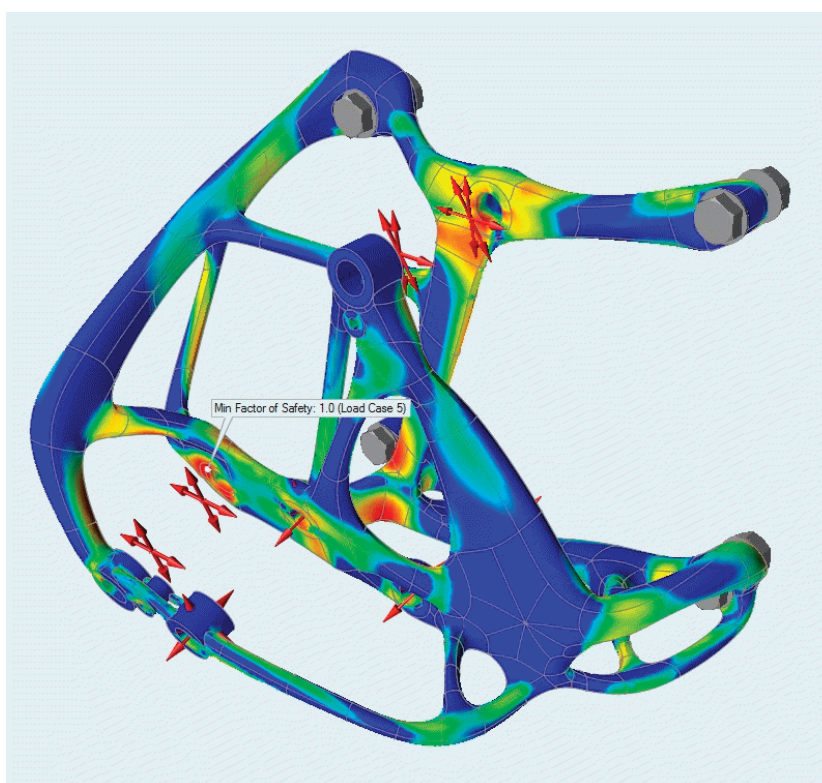


Рис. 4. Распределение напряжений в детали

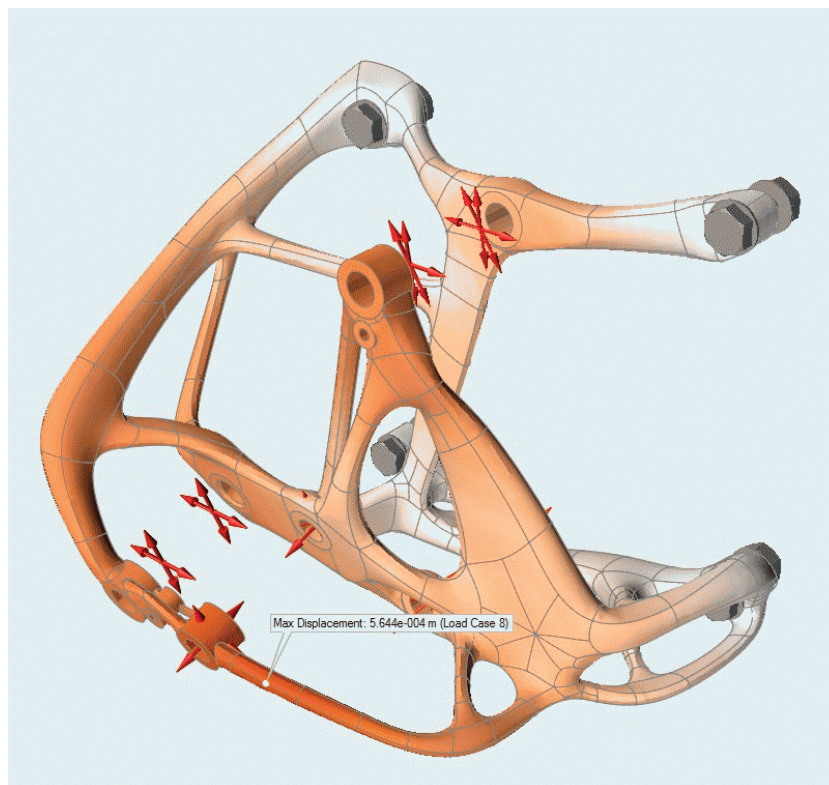


Рис. 5. Максимальные перемещения при нагрузках

Полученная картина напряжений (см. Рисунок 4) показывает успешное выполнение исходных требований по прочности. Неравномерное распределение напряжений обусловлено обеспечением необходимых требований по максимизации жёсткости конструкции.

Максимальные линейные перемещения при этом не превышают 0,56 мм (см. Рисунок 5), что также удовлетворяет исходным требованиям.

Основным результатом топологической оптимизации является снижение массы полученной детали. В данном случае удалось снизить массу на 51 %, которая в итоге составила 305 г. Снижение массы было обеспечено как использованием методов топологической оптимизации, так и использованием материала с ощутимо лучшими характеристиками чем исходный.

#### Расчет экономической целесообразности

Расчёт экономики для сравнения двух технологий производился с точки зрения оценки затрат. Для подобного расчета необходимо получить или рассчитать себестоимость изготовления детали методом АТ и литья, а также учесть стоимость станка 3D печати с одной стороны и стоимость оснастки для литья с другой стороны.

Для расчета себестоимости изготовления детали методом АТ была использована методика компании AMPower Insights. В соответствии с данной методикой расходы на деталь, изготовленную методом АТ можно разделить на следующие типы:

- Затраты на подготовку данных
- Затраты подготовки и загрузки машины
- Затраты во время работы машины
- Затраты на очистку машины
- Затраты на термообработку
- Затраты на удаление поддержек
- Затраты на дополнительную механообработку

Необходимые параметры для расчета взяты из технических характеристик установки EOS M 290. Другую часть данных для расчета составляют полученные габариты и масса оптимизированного кронштейна. Кроме того, геометрия кронштейна и габариты камеры 250x250x325 позволили разместить в ней 2 кронштейна (см. Рисунок 6), что позволяет снизить себестоимость изготовления.

Для расчета всех вышеприведенных затрат были использованы следующие формулы:

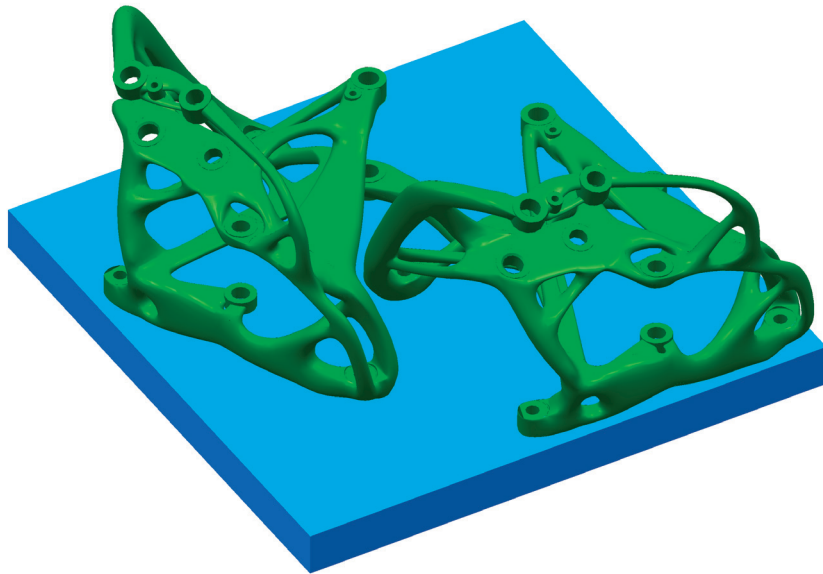


Рис. 6. Размещение деталей в габаритах камеры

Расчет затрат на подготовку данных

$$DP = \frac{t_D \cdot C_L}{N_T}$$

Расчет затрат на подготовку и загрузку машины

$$MS = \frac{t_M \cdot (C_L + C_{AM})}{N_B}$$

Расчет затрат во время работы машины

$$MRT = \frac{(M_M + M_M \cdot F_M) \cdot C_M + \left( \left( \frac{V_M}{P_M \cdot F_L} \right) + \left( \frac{t_R}{3600} \right) \cdot \left( \frac{h_B}{S_L \cdot 1000} \right) \right) \cdot C_{AM}}{N_B}$$

Затраты на очистку машины и детали

$$MU = \frac{t_U \cdot C_{AM} + t_B \cdot C_L}{N_B}$$

Затраты на удаление поддержек

$$SR = \frac{t_P \cdot C_L}{N_B}$$

Итоговую стоимость можно определить как сумму всех затрат:

$$C = DP + MS + MRT + MU + SR + C_H + C_C$$

Необходимые значения для расчета затрат приведены в Таблице 3

Таблица 3. Данные для расчета себестоимости АТ

Наименование параметра	Условное обозначение	Значение	Единица измерения
<b>Параметры установки</b>			
Время для подготовки машины	$t_M$	2	ч
Время нанесения нового слоя порошка	$t_R$	10	сек
Время очистки машины	$t_U$	2	ч

Наименование параметра	Условное обозначение	Значение	Единица измерения
Общая высота заполнения камеры (габарит детали по высоте)	$h_B$	117	мм
Толщина слоя	$S_L$	90	нм
Скорость построения	$P_M$	27.8	см <sup>3</sup> /ч
Коэффициент использования лазера	$F_L$	1	
Коэффициент материальных потерь	$F_M$	5%	
Потребление энергии		5.5	кВт
<b>Параметры детали</b>			
Объем одной детали	$V$	114.13	см <sup>3</sup>
Объем деталей и поддержек в камере	$V_M$	251.09	см <sup>3</sup>
Масса одной детали	$M$	0.305	кг
Масса деталей и поддержек в камере	$M_M$	0.671	кг
Габарит по X	$X$	136	мм
Габарит по Y	$Y$	163	мм
Габарит по Z	$Z$	117	мм
Количество деталей за одну загрузку	$N_B$	2	шт
Общее количество деталей	$N_T$	30	шт
<b>Расходы на материалы и энергию</b>			
Стоимость материалов (AlSi10Mg)	$C_M$	300	€/кг
Машинно-часовой тариф включая потребление энергии и расходные материалы	$C_{AM}$	4.4	€/ч
<b>Прочие</b>			
Стоимость труда	$C_L$	5	€/ч
Время для подготовки данных	$t_D$	2	ч
Время очистки готового изделия	$t_B$	1	ч
Время на удаление поддержек	$t_P$	0.2	ч
Стоимость термообработки на деталь	$C_H$	10	€
Стоимость механообработки одной детали	$C_C$	15	€

Итоговая стоимость изготовления детали методом АТ для партии из 30 единиц составила около 175,5€ (см. Рисунок 7). При этом себестоимость изготовления исходной детали литьем составляет около 15€. Соответственно, себестоимость изготовления детали методом АТ на порядок выше и требуется проведение дальнейшей оценки с учетом затрат на оборудование в случае применения АТ и затрат на изготовление оснастки в случае литья.

Ввиду отсутствия машин аддитивного производства металлических деталей в холдинге Вертолеты России необходимо принять ряд гипотез по работе установки. Стоит понимать, что установка имеет возможность изготавливать широкую номенклатуру изделий и, поэтому, следует учитывать при расчёте некоторую предполагаемую загрузку станка. По опыту предприятий, имеющих в распоряжении установки для 3D печати металлами, а особенно по опыту компаний западных стран, установка становится прибыльной только при максимальной нагрузке, в идеале работая 24 часа в сутки 7 дней в неделю. На текущей стадии технологического развития технологии 3D печати в холдинге спрогнозировать загрузку станка довольно проблематично, поэтому примем ее равной 50%. За расчетный период возьмем 10 лет как стандартный период амортизации оборудования. Необходимые капитальные затраты для установки EOS M 290 представлены в Таблице 4.

С учетом предполагаемой нагрузки в 50% и расчетного периода в 10 лет возможно распределить стоимость станка на весь период, что в итоге составит 13.2€ за час работы приобретенного оборудования. Время использования машины для изготовления каждой детали можно рассчитать, как сумму времени загрузки, времени изготовления и времени очистки машины, деленную на количество деталей в одной партии. Время изготовления в свою очередь возможно рассчитать по следующей формуле:

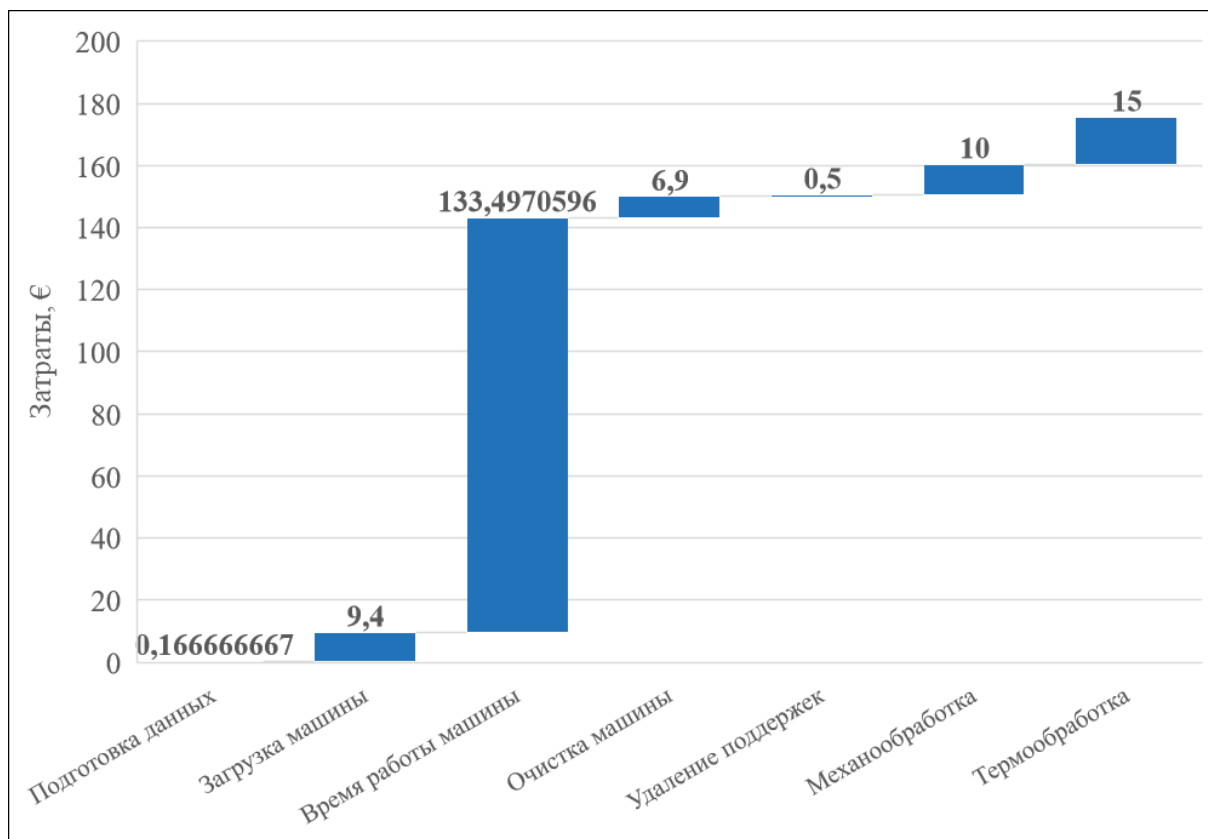


Рис. 7. Распределение затрат на изготовление детали методом АТ

Таблица 4. Капитальные затраты на станок EOS M 290

Капитальные затраты	Величина
Базовая версия станка EOS M 290	480 000 €
Необходимая периферия для смены порошка, очистки машины и изделия, удаления поддержек	100 000 €
ИТОГО	580 000 €

$$t_{MRT} = \left( \frac{V_M}{P_M \cdot F_L} \right) + \left( \frac{t_R}{3600} \right) \cdot \left( \frac{h_B}{S_L \cdot 1000} \right)$$

В данном случае получим время изготовления 2-х деталей за один цикл равное 12,64 часа. Суммарное время составит соответственно 16,64 часа, т.е. 8,32 часа на одну деталь. Таким образом, распределенные затраты на машину для аддитивного производства добавляют к каждой детали еще по 110,2 €, тем самым получая итоговую себестоимость в 285,8 € за единицу.

Для итоговой оценки себестоимости литья была взята стоимость изготовления металлической оснастки (кокиль), которая составила около 7850 € за единицу. Соответственно в случае с литьем проявляется эффект масштаба и себестоимость оснастки распределяется по всей партии изготовленных деталей. Составив график расходов на изготовление детали методом литья и АТ (см. Рисунок 8) можно наблюдать, что экономически сопоставимы по себестоимости две технологии становятся при партиях около 30 единиц для данного примера. При меньшем объеме АТ становятся ощутимо выгоднее, а при больших же партиях стоит обратить внимание на серийное изготовление методом литья.

Для сравнения на графике также представлены расчеты стоимость изготовления детали с таким же объемом и материалом у сторонних организаций, занимающихся 3D печатью. Колебания цены значительны и располагаются в диапазоне от 430 € до 630 € за единицу при изготовлении партии из 2-х единиц. Также для наглядности была представлена информация о стоимости изготовления исходной детали без оптимизации, но изготовленную также с помощью АТ, стоимость которой составила 440 €, что более чем в полтора раза выше, чем у оптимизированной детали.

Однако следует обратить внимание также еще на один экономический эффект, который достигнут в этом примере неявно. В данном случае это снижение массы на 312 грамм, что имеет свою отдачу в виде увеличения полезной нагрузки летательного аппарата. Некоторые оценки стоимости от экономии веса можно увидеть в Таблице 5.



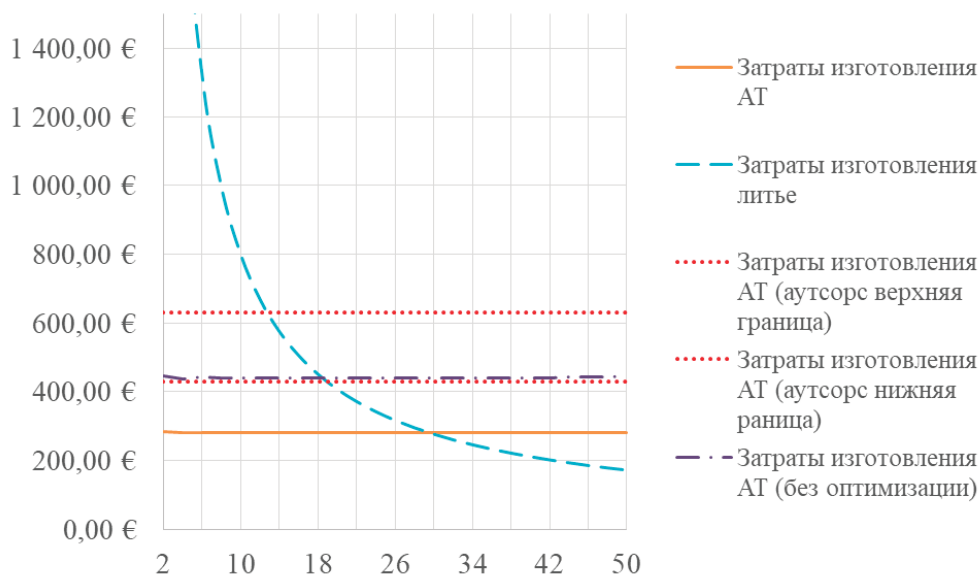


Рис. 8. Сравнительная диаграмма затрат АТ и литья

Таблица 5. Стоимость экономии по отраслям

Область	Стоимость экономии веса, \$/кг
F1 спортивные гонки	Более чем 120000
Космическая индустрия	25000
Авиация	1200–13000
Автомобилестроение	20–600
Грузовики, экскаваторы и др.	1,3–12,7
Заводское оборудование	0–6

Источник: J’son & Partners Consulting по материалам Economist.com

Но напрямую учесть фактор экономии на снижении массы в данном расчете проблематично т.к. экономия отражается у эксплуатанта вертолетной техники, а не изготовителя. Благоприятный же экономический эффект для производителя вертолетной техники может быть достигнут за счет усиления конкурентной позиции ввиду лучших характеристик изделия, что может сказаться благоприятно на объеме продаж и их маржинальности. Оценка такого влияния может быть отдельной серьезной и весьма интересной темой для исследований, что позволит найти определить некоторые эмпирические коэффициенты, позволяющие дать лучший прогноз для экономически обоснованного числа серии изготовления деталей.

### Выводы

1. Полученный в данном примере диапазон экономической целесообразности применения АТ указывает на возможность применения технологии для штучного и мелкосерийного производства, что может соответствовать текущим реалиям по выпуску определенных изделий ВТ, но, тем не менее, требует уточнения для каждого конкретного изделия.
2. Как видно из расчетов, топологическая оптимизация гармонично дополнила АТ благодаря ощутимому снижению себестоимости производства. Стоит заметить, что при этом АТ обеспечивает возможность применения топологической оптимизации.
3. Для успешного внедрения АТ на предприятии необходимо четкое понимание возможной загрузки оборудования т.к. без этого невозможно дать реальную оценку выгод от АТ.

### Литература:

1. В. А. Кудряшов, А. А. Лапышев, Создание аддитивных технологий с учетом усталостного поведения материала в авиационном инжиниринге / Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 20, № 4(3), 2018 г.

2. EOS, характеристики материала AlSi10Mg на оборудовании EOS, URL: [https://cdn0.scrvt.com/eos/8b10a79e70834745/8101b7ed6758/AlSi10Mg\\_9011-0024\\_M400\\_Material\\_data\\_sheet\\_Flexline\\_03-18\\_en.pdf](https://cdn0.scrvt.com/eos/8b10a79e70834745/8101b7ed6758/AlSi10Mg_9011-0024_M400_Material_data_sheet_Flexline_03-18_en.pdf)
3. А. М. Бутов, Рынок Вертолетов Гражданского назначения, 2019 г.
4. Wycisk, Eric & Munsch, Maximilian & Schmidt-Lehr, Matthias. (2017). Ampower Insights: Additive Manufacturing — Make or Buy?. 10.13140/RG.2.2.16262.68168.
5. Рынок 3D печати в России и мире (Аддитивное Производство, АП / Additive Manufacturing, AM), 2018, URL: [http://json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/rynok-3d-pechati-v-rossii-i-mire-additivnoe-proizvodstvo-ap-additive-manufacturing-am-2018-g-20190117060056](http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/rynok-3d-pechati-v-rossii-i-mire-additivnoe-proizvodstvo-ap-additive-manufacturing-am-2018-g-20190117060056)

## Основы метода измерений вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов в автоматизированной обучающей системе

Метальников Алексей Михайлович, кандидат технических наук, доцент;  
 Карпанин Олег Валентинович, старший преподаватель;  
 Чайкин Максим Сергеевич, студент магистратуры  
 Пензенский государственный университет

*В статье приводится обобщенная структурная схема измерителя вольт-амперных характеристик автоматизированной обучающей системы. Представляются реализуемые схемы измерения на примере биполярного транзистора, а также решения по релейной коммутации схем измерений и образцов.*

**Ключевые слова:** измерения, вольт-амперные характеристики, полупроводниковые приборы, автоматизированная обучающая система.

Для практической реализации идей и подходов, положенных в основу построения автоматизированной обучающей системы (АОС), выбран проект АОС для исследований свойств и характеристик полупроводниковых приборов и структур [1]. С учетом охвата более широкого круга тем обучения аппаратное обеспечение такой системы должно позволять проводить измерения основных характеристик полупроводниковых приборов как можно более широкого набора типов. В первую очередь это, конечно, вольтамперные характеристики (ВАХ) двухполюсников и трехполюсников [2]. Преобразователи, входящие в состав аппаратного обеспечения измерительной части АОС, должны включать управляемые источники напряжения и тока для формирования воздействия на объект исследований и преобразователи сигналов отклика на заданное воздействие.

Для аналого-цифрового преобразования сигналов должны использоваться аналого-цифровые преобразователи и цифро-аналоговые преобразователи, обеспечивающие требуемую точность преобразования. Для сопряжения автоматизированных средств измерений с персональным компьютером (ПК) целесообразно использовать USB интерфейс, позволяющий установить АОС практически на любом ПК.

Обобщенная структурная схема измерителя ВАХ полупроводниковых приборов, поясняющая принцип измерений, положенный в основу разработки аппаратной части АОС представлена на рисунке 1.

Объект измерений (ОИ) представляет собой находящийся в термокамере двухполюсник или трехполюсник. Источник напряжения (ИН) предназначен для подачи напряжения на электроды двухполюсников и электроды

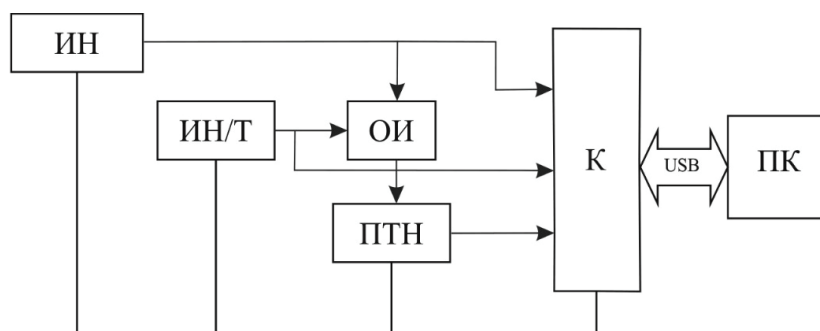


Рис. 1. Обобщенная структурная схема измерителя ВАХ

трехполюсников, соответствующие коллектору и эмиттеру биполярных транзисторов, стоку и истоку полевых транзисторов. Источник напряжения/тока (ИН/Т) формирует управляющее напряжение или ток для измерений ВАХ трехполюсников в зависимости от того, какой управляющий сигнал требуется. Для измерений ВАХ двухполюсников ИН/Т не используется. Преобразователь ток-напряжение (ПТН) является устройством с нулевым входным сопротивлением и предназначен для преобразования тока, протекающего через ОИ, в пропорциональное напряжение. Контроллер (К) — это микропроцессорный модуль с набором преобразователей аналогового и цифрового ввода/вывода. Источники и преобразователь ток-напряжение являются программируемыми и управ-

ляемыми от контроллера устройствами. Для упрощения структурной схемы на ней не показаны цифровые и аналоговые сигналы управления этими устройствами от контроллера. На схеме представлены только связи, поясняющие то, что в контроллер поступает информация о напряжении на приборе и его управляющем электроде, а также информация о протекающем через него токе. Для управления измерениями и обработки измерительных данных используется ПК, который подключается к контроллеру через интерфейс USB.

На рисунках 2, 3 представлены схемы измерений различных ВАХ на примере биполярного транзистора, которые позволяют реализовать представленная структурная схема.

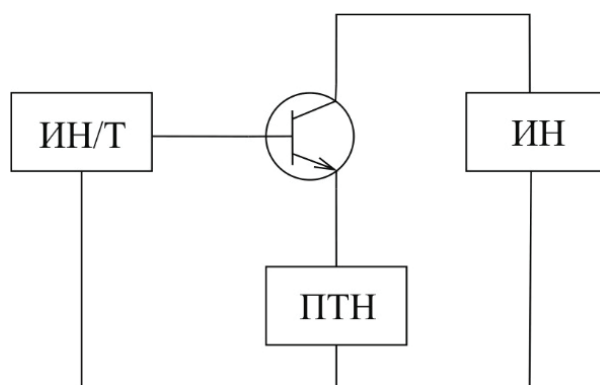


Рис. 2. Измерение входных и выходных ВАХ биполярного транзистора в схеме с общим эмиттером

Аналогично реализуется измерение входных и выходных ВАХ биполярного транзистора в схеме с общей базой.

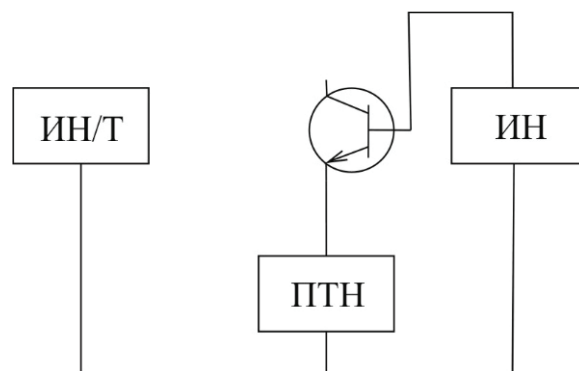


Рис. 3. Измерение ВАХ эмиттерного перехода биполярного транзистора

Таким же образом реализуется измерение ВАХ коллекторного перехода биполярного транзистора.

Подключение исследуемого прибора в измерительную цепь по требуемой схеме осуществляется с помощью программно управляемой релейной коммутации (рисунок 4).

Для автоматического подключения в измерительную цепь различных образцов исследуемых полупроводниковых приборов используется также программно управ-

ляемая релейная коммутация (рисунок 5). Это позволяет одновременно измерять ВАХ различных образцов, находящихся в термокамере при высокой температуре.

Представленный метод измерений ВАХ обладает высокой универсальностью. Реализация автоматизированного исследования набора разнообразных полупроводниковых приборов делает разрабатываемый проект в рамках АОС перспективным на рынке учебного оборудования.

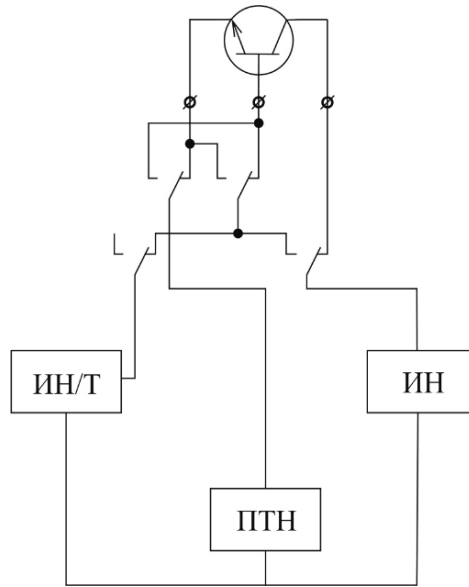


Рис. 4. Релейная коммутация схемы измерений ВАХ

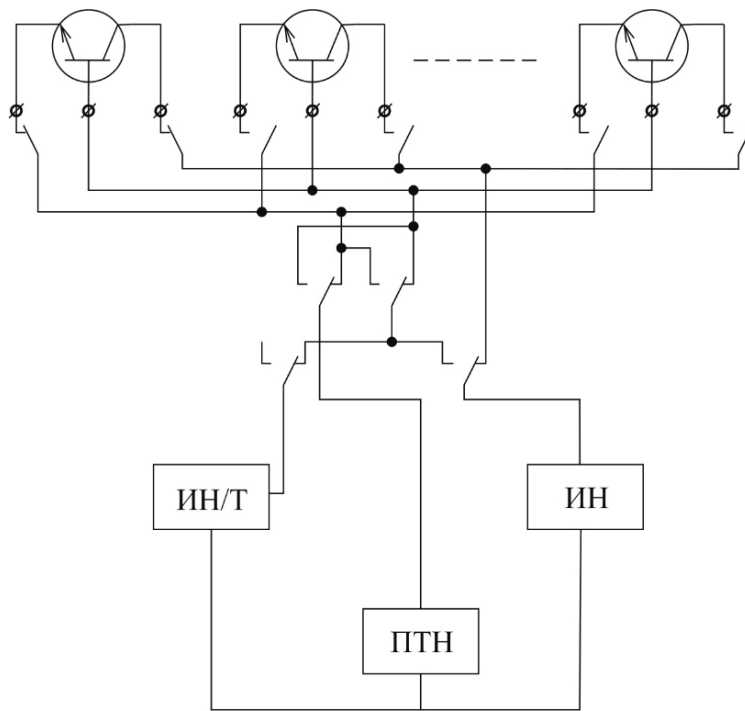


Рис. 5. Релейная коммутация исследуемых образцов

Литература:

1. Волчихин В. И., Медведев С. П., Вареник Ю. А., Метальников А. М., Карпанин О. В., Печерская Р. М. Полупроводниковые структуры и приборы (Автоматизированный лабораторный практикум): Учеб. пособие под ред. д-ра техн. наук, проф. Р. М. Печерской. Пенза, Изд-во ПГУ 2013 г. — 198 с.
2. Глинченко А. С., Егоров Н. М., Комаров В. А., Сарафанов А. В. Исследование параметров и характеристик полупроводниковых приборов с применением интернет-технологий: учебное пособие. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 352 с.

## Оценка эффекта от внедрения цифровых технологий и систем управления электросетевыми организациями

Мольков Александр Владимирович, инженер  
 Филиал «Ивэнерго» ПАО «МРСК Центра и Приволжья» (г. Иваново)

Научный руководитель: Колибаба Владимир Иванович, доктор экономических наук, профессор  
 Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина (г. Иваново)

*Исследование научной статьи посвящено анализу эффекта от внедрения цифровых технологий и систем управления электросетевыми организациями в России. Выделены основные преимущества, которые электросетевые организации приобретают при внедрении цифровых технологий в производство. Разработана поэтапная система управления цифровой трансформации электросетевых организаций.*

**Ключевые слова:** цифровые технологии, электросетевые организации, электроэнергетика, электрические сети, цифровая трансформация.

## Assessment of the effect of the introduction of digital technologies and management systems for electric network organizations

*The research of a scientific article is devoted to the analysis of the effect of the introduction of digital technologies and control systems of electric grid organizations in Russia. The main advantages that power grid companies acquire when introducing digital technologies into production are highlighted. A phased management system for the digital transformation of electric grid organizations has been developed.*

**Keywords:** digital technologies; power grid organizations; electric power industry; Electricity of the net; digital transformation.

Современный период трансформации мировой и отечественной экономики способствует усилению интеграционных процессов между коммерческой деятельностью и цифровыми технологиями, последние из которых выступают главным фактором стремительного развития бизнес-субъектов. В рамках данной тенденции прослеживаются такие процессы, как развитие информационных технологий, разработка интеллектуальных технологий, и практическое применение высокоинтеллектуальных инноваций в рамках совершенствования бизнес-процессов предприятий. Одним из последних процессов выступает и развитие цифровых технологий для совершенствования систем управления в организациях электроэнергетической отрасли Российской Федерации.

Актуальность научного исследования заключается в том, что старые методы и механизмы функционирования деятельности электросетевых организаций становятся экономически неэффективными и снижают уровень их производственной продуктивности. В связи с этим, все актуальнее становится разработка и внедрение цифровых технологий и систем управления, как по отдельности, так и в составе комплексной программы инновационного развития электросетевого бизнеса.

Целью научной статьи выступает анализ эффекта от внедрения цифровых технологий и систем управления электросетевыми организациями в России.

Основными драйверами цифровой трансформации на предприятиях электроэнергетики России выступают следующие факторы, описанные в таблице 1.

Таблица 1. Основные драйверы цифровой трансформации электросетевых предприятий [2; 3].

Драйвер	Характеристика
Автоматизация производства	Применение робототехники и технологии автоматизации производственных процессов
Цифровое проектирование	Проектирование всех процессов благодаря цифровому моделированию с использованием 3D-технологии
Виртуализация	Применение компьютерных технологий для исследования эффективности работы объекта без реального представления его существования
Кросс-канальные коммуникации	Использование различных технологий коммуникаций с партнерами и потребителями при помощи инновационных инструментов



Цифровизация, это в первую очередь, информатизация и автоматизация бизнес-процессов электросетевых организаций, которые переходят в физическую форму цифровых данных, анализ и систематизация которых позволяют ускорить и повысить эффективность разработки и принятия управленческих решений.

Одним из наиболее актуальных примеров применения цифровых технологий является программа BIM, используемая для новых цифровых систем в энерге-

тике, которая позволяет совершенствовать процессы электросетевых организаций при моделировании своих проектов, строительных работ, создания новых сетевых мощностей, линий и при разработке проектной документации.

В отчете исследования McGraw Hill Construction Report представлены результаты расчетов возврата инвестиций в зависимости от уровня внедрения BIM-технологий в компании (рисунок 1).

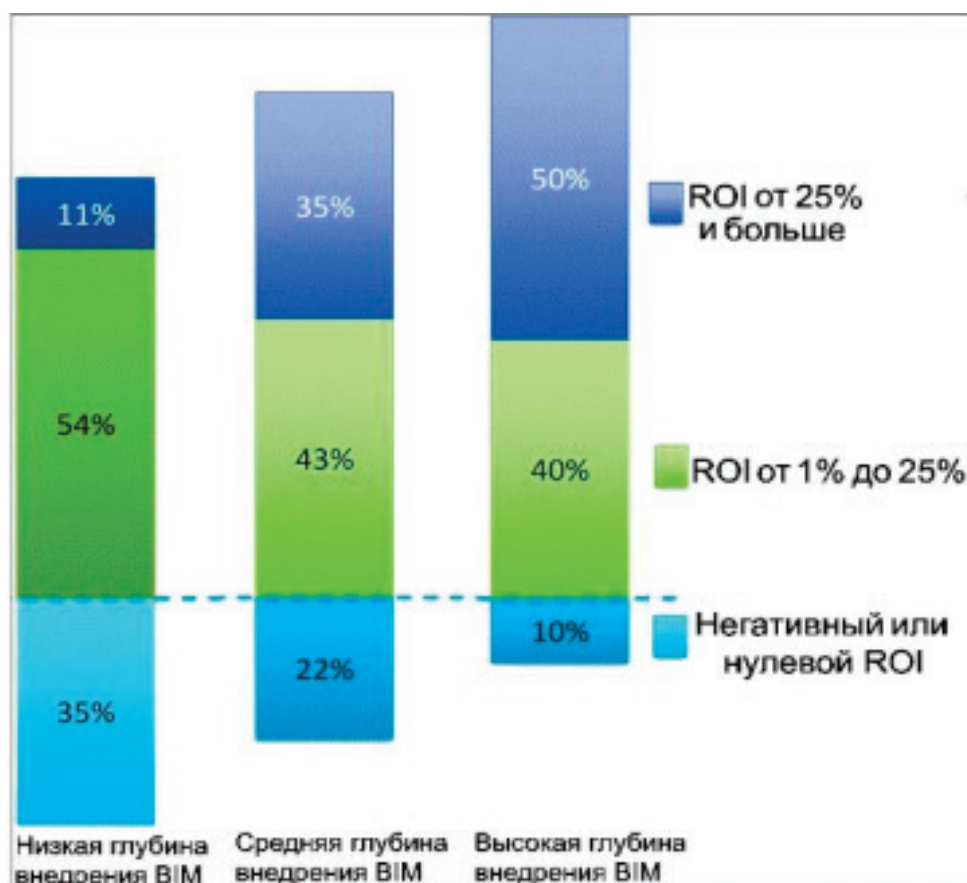


Рис. 1. Возврат инвестиций от внедрения цифровых технологий моделирования компаниям и электросетевой сферы [4]

Как видно из рисунка 1, глубокое внедрение BIM-технологий позволяют компаниям увеличить возврат инвестиций (ROI) от 25% и больше, что доказывает реальный положительный экономический эффект от внедрения цифровых технологий в управлении электросетевыми организациями.

На пример, такая организация как ПАО «МРСК Центр», в рамках концепции «Цифровая трансформация 2030», планирует производить автоматизацию и цифровизацию своего электросетевого хозяйства в несколько этапов, до 2020 года инвестиции в первый этап составят порядка 5 млрд рублей.

К основным преимуществам цифровизации на предприятиях электроэнергетики стоит относить [1]:

- исключение лишних посредников и контрагентов во время реализации электроэнергетики;

- оптимизация издержек путем снижения расходов на поиск информации, идентификацию и измерение транзакционных издержек;

- ускорение деятельности бизнес-процессов предприятия и снижение временного срока операционного цикла;

- снижение времени на введение коммуникационных процессов в рамках операционного и управленческого цикла на предприятии;

- сокращение времени на реакцию изменения внешней среды и рынка электроэнергетики.

Подходя к вопросу аспектов управления цифровой трансформацией электросетевых организаций, необходимо разработать поэтапную систему действий, задачами которой будут:

- подготовка электросетевой организации к цифровой трансформации;

- подготовка электросетевой компании к интеграции с цифровой моделью экономики;
- адаптация организационной структуры, операционного цикла и финансовой деятельности электросетевой организации к цифровой трансформации;
- создание системы управления цифровой трансформацией электросетевой организации.

Таким образом, подводя итоги научного исследования, важно заметить, что деловая среда электросетевой от-

расли Российской Федерации будет совершенствоваться при переходе отечественных компаний на цифровые технологии ведения бизнеса и соединения их с производством. Их использование и распространение облегчает работу, прежде всего снижая транзакционные издержки. А значит, создаются дополнительные источники прибыли и конкурентные преимущества.

#### Литература:

1. Халин В. Г., Чернова Г. В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, выводы, угрозы и риски. URL: <https://www.acjournal.ru/jour/article/view/943/0#> (дата обращения: 19.11.2019).
2. Пять шагов к цифровизации энергетики // РБК Тренды. URL: <https://www.rbc.ru/trends/innovation/5d6796719a7947b5b36a5972> (дата обращения: 19.11.2019).
3. Садовский Г. Л. Анализ современных тенденций цифровой трансформации промышленности // Молодой ученый. — 2017. — № 14. — С. 427–430.
4. Дмитриев А. Н., Барешенкова К. А., Марченкова С. В. Концепция перехода на внедрение цифровых технологий информационного моделирования в московском строительстве. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_37238127\\_94605386.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_37238127_94605386.pdf) (дата обращения: 23.11.2019).

## Методика расчёта изменений давления в шинах

Федоров Максим Евгеньевич, аспирант;  
Рябов Игорь Михайлович, доктор технических наук, профессор  
Волгоградский государственный технический университет

*Негативное влияние ненормативного давления в шинах на эффективность эксплуатации АТС является общепризнанным фактом, как в России, так и за рубежом. Так, по сообщению Департамента Энергоресурсов США, перерасход топлива, вызванный недостаточным давлением в шинах, составляет более чем 3,5 млн галлонов (14 млн литров) ежедневно. Актуальность проблемы определяется не только величиной финансовых потерь, но и тем, что ненормативное давление в шинах снижает безопасность, т.к. влияет на устойчивость, управляемость и тормозные свойства автомобилей. Доля шин, которые изнашиваются быстрее из-за ненормированного давления, составляет около 10%, что соответственно увеличивает выбросы вредных веществ. Так же, в нашей стране остро стоит вопрос с переработкой автомобильных шин, т.к. предприятий по их утилизации крайне мало.*

**Ключевые слова:** автомобильные шины, давление, износ шин, шина, шина автомобиля, градиент концентрации, материал шины.

Известно, что при эксплуатации автомобильных шин, давление в них постепенно снижается вследствие диффузионной проницаемости материалов.

Согласно первичной статистической информации, многими водителями и владельцами автомобилей не осуществляется регулярный контроль за давлением, что приводит при эксплуатации автомобилей к негативным последствиям, о которых было сказано выше. Это связано с тем, что отсутствует научно обоснованная методика определения оптимальной периодичности проверки давления, учитывающая условия эксплуатации АТС.

Разработанная методическая модель падения давления в шине вследствие диффузии заправленных в нее газов (азота и кислорода) через резину. Приводя основные данные и соотношения, определяются наиболее важные компоненты, на которые можно влиять, для расчёта скорости диффундирования газа через материал шины. Стадии процесса диффузии представлены на рис. 1:

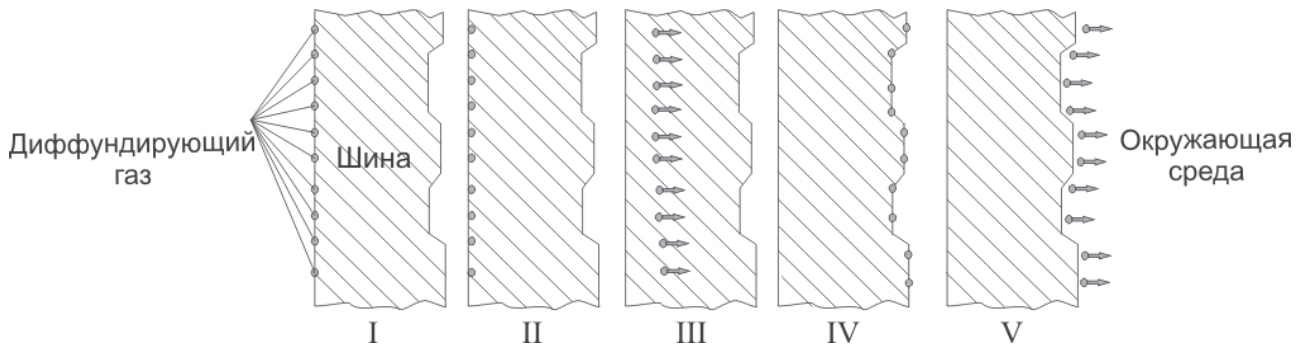


Рис. 1. Стадии диффузии газа в шине автомобиля

I стадия — адсорбция газа-наполнителя на внутренней поверхности шины; II — растворение газа в материале шины со стороны этой поверхности; III — активизированная диффузия газа в шину и через нее; IV — выделение газа из раствора на противоположную поверхность шины; V — десорбция газа с этой поверхности шины.

Диффузию газа через материал шины описывает второй закон Фика, который для одномерного переноса в направлении нормали к поверхности имеет вид:

$$I = -D\left(\frac{\partial c}{\partial x}\right), \tag{1}$$

где:  $I$  — количество вещества, прошедшего в единицу времени через единицу площади сечения по нормали;  $D$  — коэффициент диффузии;  $\frac{\partial c}{\partial x}$  — градиент концентрации. Знак минус в уравнении показывает, что диффузия идет в направлении убывания концентрации (давления).

Принимаем допущение, что диффузионный поток газа для шины является дискретно стационарным, т. е. давление в шине и её температура за рассматриваемый период не изменяется.

Для стационарного потока решение уравнения Фика приводит к выражению:

$$Q = D \frac{\Delta c}{\delta} St \tag{2}$$

Здесь  $Q$  — количество вещества, прошедшего через участок шины толщиной  $\delta$  и площадью  $S$  за время  $t$  при градиенте концентрации  $\Delta c$ . Поскольку концентрация зависит от давления газа в шине  $\Delta p$ , то:

$$Q = k \frac{\Delta p}{\delta} St, \tag{3}$$

где величина

$$k = D\sigma = \frac{Q\delta}{\Delta p St} \tag{4}$$

называется коэффициентом диффузионной проницаемости. Этот коэффициент зависит от многих факторов: структуры материала шины, его толщины, строения и размеров молекул газа, температуры, давления и т. д. Он определяется экспериментально.

Для случая, когда градиент концентрации равняется 1, для определения коэффициента диффузии применима формула Эйнштейна:

$$D = \frac{RT}{N6\pi\eta r}, \tag{5}$$

где  $R$  — газовая постоянная,  $T$  — абсолютная температура (К),  $N$  — число Авогадро,  $\eta$  — вязкость среды (Па\*с),  $r$  — радиус диффундирующих молекул.

Исходя из общих факторов, оказывающих влияние на интенсивность падения давления, можно предложить следующий вид общей математической модели:

$$\Delta p_w(t) = k_{загр} * k_{стар} * k_{дин} * \Delta p_w^{стат} * t, \tag{6}$$

где  $\Delta p_w$  — потери давления газа в шине;  $k_{загр}$  — коэффициент, учитывающий степень загрузки автомобиля;  $k_{стар}$  — коэффициент, учитывающий степень старения шины;  $k_{дин}$  — динамический коэффициент, т. е. учитывающий увеличение потерь газа-наполнителя при динамической деформации, по сравнению со статическими потерями;  $\Delta p_w^{стат}$  — коэффициент статических потерь внутреннего давления газа-наполнителя шины;  $t$  — период эксплуатации.

Далее эта модель может быть уточнена и тогда принимает вид:

$$\Delta p_w(t) = k_{пмасс} * k_{стар} * k_{дин} * \Delta p_w^{дифф} * t, \tag{7}$$

где  $k_{пмасс}$  — коэффициент влияния нагружения шины максимальной допустимой вертикальной нагрузкой (при полной массе автомобиля),  $\Delta p_w^{дифф}$  — коэффициент потери давления ненагруженной вертикальной нагрузкой шины (в результате диффузии).

Однако, в случае эксплуатации в различных режимах (городской/внегородской) одного и того же вида ПС необходимо ввести коэффициент режима движения:

$$k_{реждв} = l_{гор} * k_{гор} + (1 - l_{гор}) * k_{внегор}, \tag{8}$$

где  $k_{гор}$  — коэффициент влияния городского цикла движения на скорость потери газа в шине автомобиля,  $k_{внегор}$  — коэффициент влияния внегородского цикла движения,  $l_{гор}$  — доля городского участка движения, а  $1 - l_{гор}$  — доля внегородского цикла движения.

Тогда:

$$\Delta p_w(t) = k_{пмасс} * k_{стар} * k_{реждв} * k_{дор} * k_v^{cp} * k_{реждв} * \Delta p_w^{дифф} * t \tag{9}$$

Или

$$\Delta p_w(t) = k_{пмасс} * k_{стар} * k_{реждв} * k_{дор} * k_v^{cp} * (l_{гор} * k_{гор} + (1 - l_{гор}) * k_{внегор}) * \Delta p_w^{дифф} * t, \tag{10}$$

где  $k_{дор}$  — коэффициент качества дорожного покрытия,  $k_v^{cp}$  — коэффициент учёта средней скорости движения,  $k_{клим}$  — погодный коэффициент.

Данная модель может быть использована для определения потерянного шиной давления исходя из конкретных условий эксплуатации. А, отнеся это значение к норме давления и сравнив с нормой отклонения (рекомендовано 5%), можно определить и спланировать оптимальную частоту контроля, как для отдельных маршрутов или даже единиц подвижного состава, так и для всего парка автомобилей (при однородных условиях эксплуатации).

Приводится теоретический обзор требований к устройствам поддержания давления для различных типов транспорта, которые можно оптимизировать с помощью вышеизложенной математической модели. На базе знаний об основных условиях и особенностях эксплуатации приводятся рекомендации к разработчикам подобных устройств. Эти рекомендации исходят, как из конструктивных особенностей и возможностей, так и из эксплуатационных условий.

В результате теоретических и экспериментальных исследований приводятся расчёты и анализ затрат, вызванных повышением износа и риска выхода из строя автомобильных шин исходя из объёма продаж шин легковых и малых грузовых автомобилей.

Согласно ранее описанной методике наблюдения, было проведено исследование падения давления в процессе эксплуатации (с его подкачкой), которое позволило определить влияние отдельных факторов на интенсивность изменения давления в шинах (рис. 2). Это влияние определялось согласно таблицам группировок различных данных по принципу подобия и сопоставления их между собой.

Данные по состоянию давления в автомобильных шинах обрабатывались согласно ранее предложенной методике. Была проверена и подтверждена гипотеза о соответствии распределения нормальному отклонению с математическим ожиданием в 91% от нормативного давления (рис. 3).

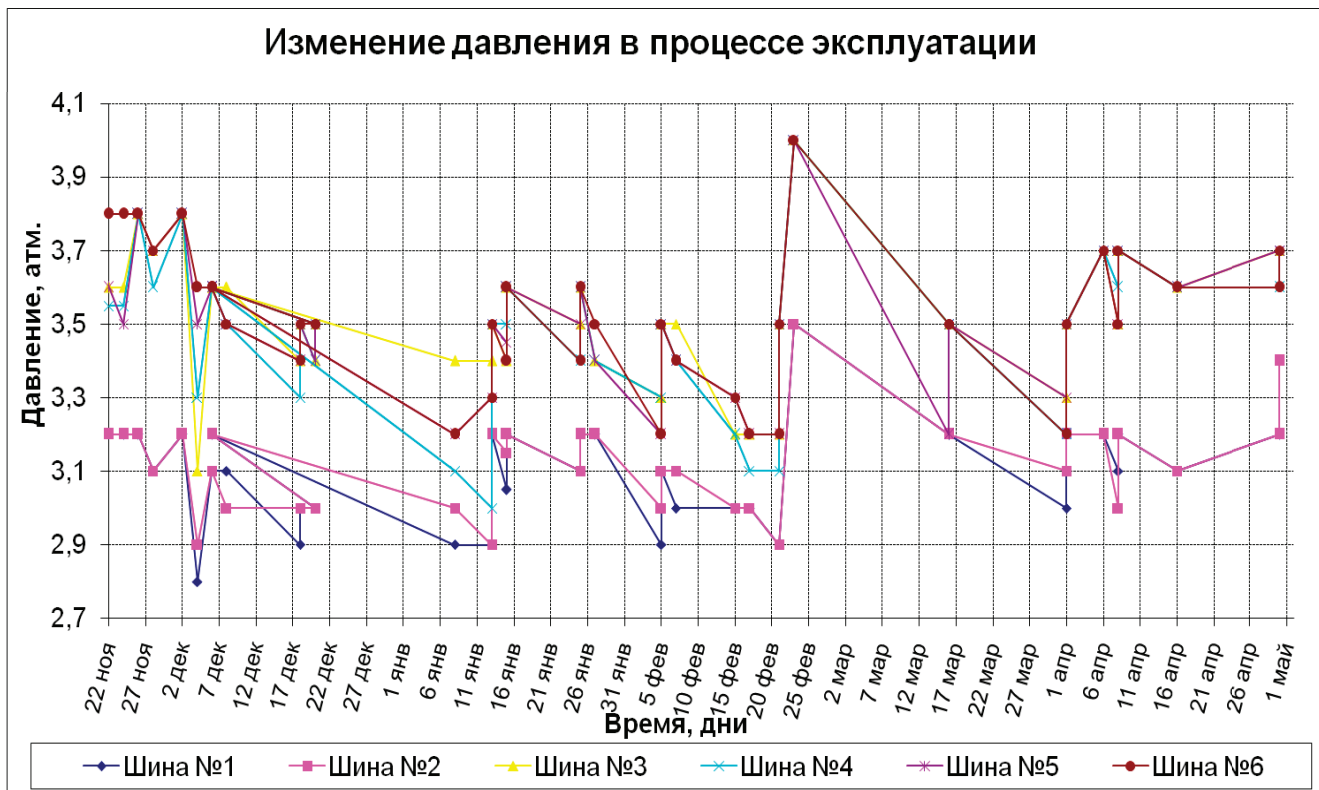


Рис. 2. Изменение давления в процессе эксплуатации

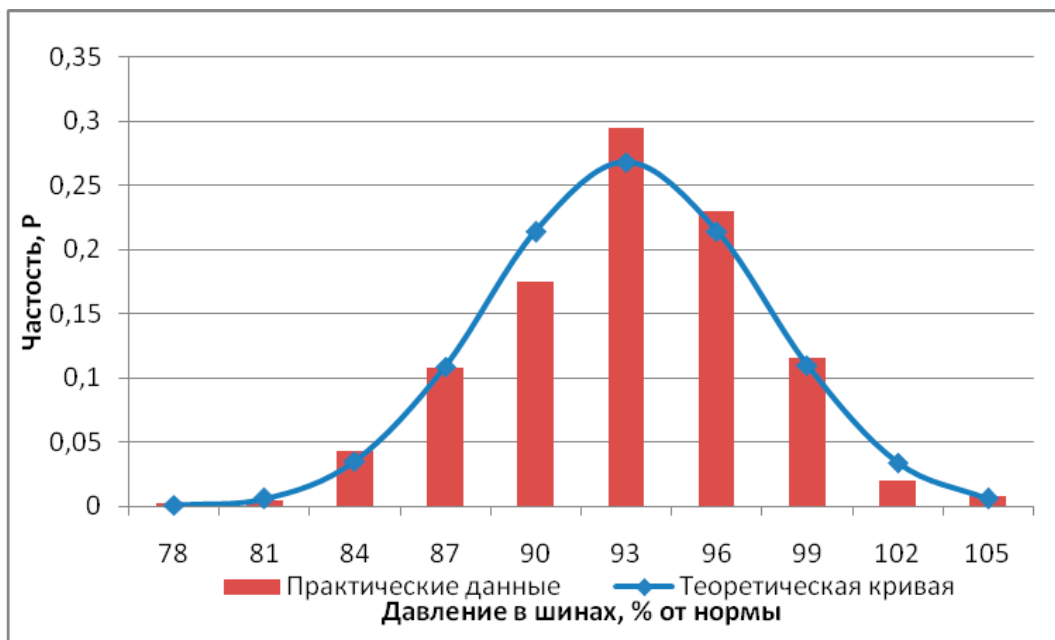


Рис. 3. Гистограмма распределения опытных данных и выравнивающая её теоретическая кривая нормального закона распределения

Определено влияние частоты проверки давления на величину амплитуды температур, входящих в этот интервал измерений. По этим данным (рис. 4) обоснована оптимальная периодичность проверки давления в 3 дня (средние колебания ниже 5%).

В качестве разработок, которые можно считать решением вопроса стабилизации давления можно предложить следующие:

1. Средства восстановления давления, которые предназначены на облегчение и ускорения процесса проверки и/или восстановления нормативного давления. Принципиальной схемой можно считать предложенную на рис. 5.



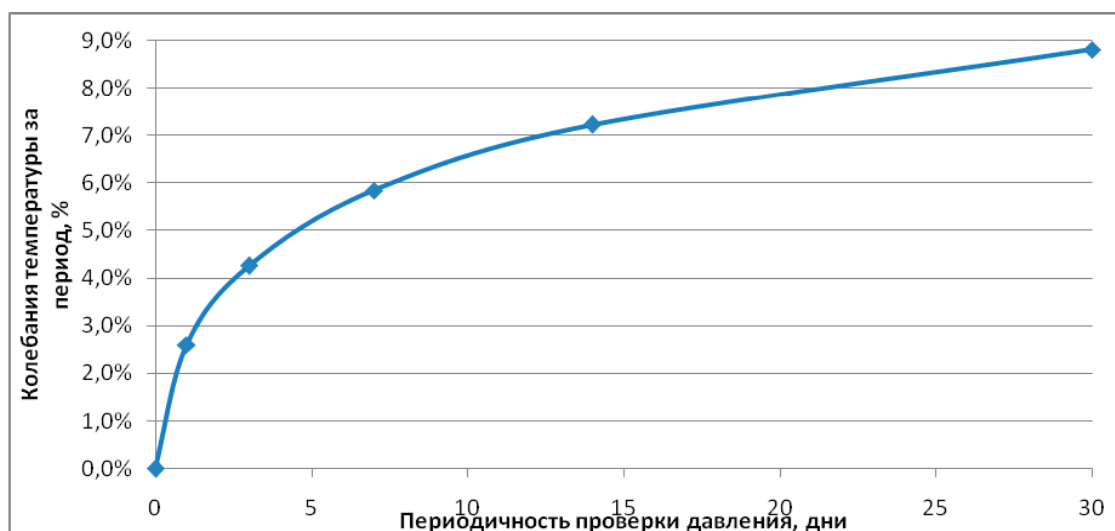


Рис. 4. Влияние интервала контроля давления на величину среднего отклонения давления в шине

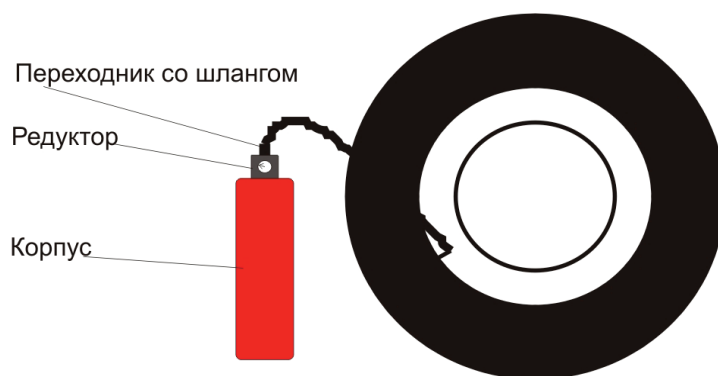


Рис. 5. Принципиальная схема системы восстановления давления

Представленная схема в качестве корпуса с газом может использовать готовый элемент (например, небольшой баллон с указателем давления, заправленный азотом или воздухом). Редуктор также имеет указатель заправляемого давления и предохранительный клапан, исключающий перекачку шины. Главное преимущество данной системы — возможность создать резервный запас азота, исключив необходимость постоянной подкачки на специальных пунктах заправки азотом, что экономит время и снижает затраты. Заправка баллона может осуществляться на заправочных станциях.

2. Система поддержания давления кумулятивного типа (рис. 6) позволяет поддерживать давление вне зависимости от режима эксплуатации за счёт создания резервного объёма газа в дополнительной полости и подачи его через редуктор. При этом происходит не только компенсация потерянного давления, но и создание аварийного резерва на случай повреждения целостности шины.

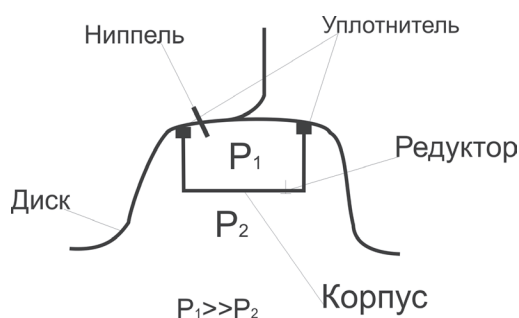


Рис. 6. Принципиальная схема системы стабилизации давления с компенсационной камерой

Таким образом, предложенные устройства позволят существенно стабилизировать давление в автомобильных шинах.

## Литература:

1. Гудков В. А. Анализ факторов, влияющих на изменение давления газа в шинах при эксплуатации / В. А. Гудков, И. М. Рябов, А. В. Сычев, К. В. Чернышев // Автотранспортное предприятие. — 2007. - № 5. — С. 46–48.
2. Гудков В. А. Обоснование необходимости постоянного контроля давления в шинах автомобиля / В. А. Гудков, И. М. Рябов, А. В. Сычев // Шина плюс: всеукраинский журнал. — 2007. — № 2. — С. 2–4.
3. Гудков В. А. Обоснование необходимости постоянного контроля давления в шинах автомобиля / В. А. Гудков, И. М. Рябов, А. В. Сычев // Шина плюс: всеукраинский журнал. — 2007. — № 1. — С. 2–5.
4. Сычев А. В. Методика исследования диффузии газа в шине автомобиля / А. В. Сычев, И. М. Рябов // XI Региональная конференция молодых исследователей Волгоградской области, г. Волгоград, 8–10 ноября 2006 г.: тез. Докл./ВолгГТУ и др. — Волгоград, 2009. — С. 85–86.;
5. Рябов И. М. Влияние состава материала автомобильной шины на потери давления / И. М. Рябов, А. В. Сычев // Прогрессивные технологии в обучении и производстве: матер. IV Всерос. Конф., г. Камышин, 18–20 октября 2010 г./ КТИ (филиал) ВолгГТУ и др. — Камышин, 2010. -Т1. -С.93–95.
6. Рябов И. М. Технологии применения и получения азота для наполнения автомобильных шин / И. М. Рябов, А. В. Сычев // Прогрессивные технологии в обучении и производстве: матер. IV Всерос. Конф., г. Камышин, 18–20 октября 2006 г./ КТИ (филиал) ВолгГТУ и др. — Камышин, 2006. -Т1. -С.96–97.
7. Сычев А. В. Проблемы давления в шинах в России и за рубежом / А. В. Сычев, И. М. Рябов // Ежегодная XVIII междунар. Интернет –конф. Молодых учёных и студентов по современным проблемам машиноведения (МИКМУС-2006): матер. (тез. Докладов) конф. 27–29 декабря 2006 г. / Ин-т машиноведения им. А. А. Благоврадова РАН и др. — М., 2006. -С24.
8. Рябов И. М., Поздеев А. В., Сурхаев Г. М., Федоров М. Е., Горина В. В. Способ повышения надежности пневматической подвески подвижного состава в зимних условиях эксплуатации // Молодой ученый. — 2018. — № 50. — С. 53–58.

## Эхоледомер

Потёмкина Мэри Давидовна, студент магистратуры;

Кашин Дмитрий Александрович, студент магистратуры;

Абаканович Николай Дмитриевич, студент;

Михайлова Ксения Николаевна, студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Для обеспечения безопасной навигации автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) в районах Северного Ледовитого океана необходимо иметь информацию о глубине, толщине, профиле нижней границы раздела «вода-лёд» ледового покрова. Эхоледомеры предназначены для измерения этих параметров. Могут размещаться как на подводных аппаратах, так и на подводных лодках и стационарных буйковых станциях. Сегодня существуют два типа эхоледомеров: акусто-гидростатический и акустический (или гидроакустический).

Принцип действия эхоледомера заключается в излучении вертикально вверх ультразвуковых импульсов, которые отражаются на границах «вода-лёд» и «лёд-воздух». Толщина льда определяется по формуле:

$$\Delta L = H - h = (t_2 - t_1) / c$$

где  $H$  — глубина погружения АНПА

$h$  — расстояние до нижней границы льда

$t_2$  — время распространения сигнала до верхней границы льда

$t_1$  — время распространения сигнала до нижней границы льда

Если  $t_1 = t_2$ , то лёд над АНПА отсутствует или имеет незначительную толщину.

В акусто-гидростатическом эхоледомере значение толщины льда находится как разность между глубиной АНПА, измеренная датчиком гидростатического давления, и расстоянием от АНПА до нижней границы льда, которое измеряется направленным вверх эхолотом, где  $P$  — преобразователь гидростатического давления;  $A$  — антенна эхоледомера; ПП — приёмно-передающий тракт.

Это даёт возможность вычислять осадку льда  $Z_{\text{л}}$  в соответствии с выражением

$$Z_{\text{л}} = H_{\text{ни}} - r_i$$

где  $H_{\text{ни}}$  — глубина погружения  $i$ -й акустической антенны;  $r_i$  — кратчайшее расстояние между антенной и нижней поверхностью льда в точке излучения. Значение  $r_i$  вычисляется по формуле:

$$r_i = r_i' \cos \theta \cos \psi = (t_i c) / 2 \cos \theta \cos \psi$$

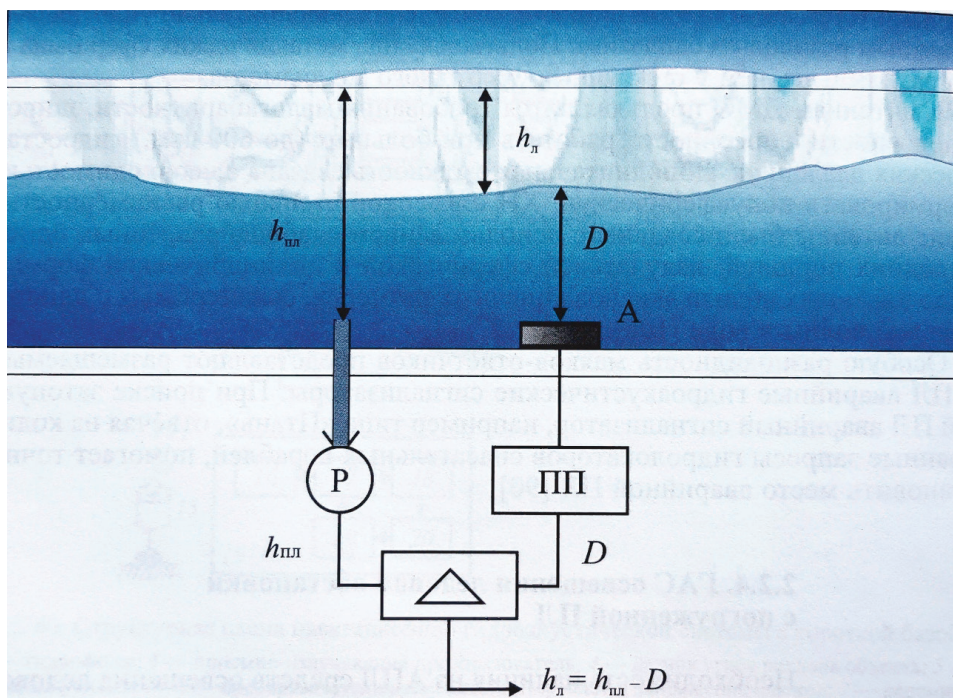


Рис. 1. Принцип действия акусто-гидростатического эхоледомера

где  $r_i' = (t_i c) / 2$  — вычисленная по времени запаздывания  $t_i$  — дистанция до нижней кромки льда от  $i$ -й антенны;  $c$  — значение средней по трассе распространения скорости звука;  $\theta, \psi$  — соответственно значения углов крена и дифферента объекта в момент излучения;  $i = 1, 2, \dots$  — номер антенны.

В общем случае эхоледомер может использовать несколько антенн, находящихся в разных точках АНПА.

Эхоледомер является измерительным устройством, которое должно обеспечивать измерение осадки льда с возможно меньшей погрешностью. Чтобы обеспечить безопасность подлёдного плавания, необходимо точно знать толщину и осадку льда.

Преимущества акусто-гидростатического эхоледомера:

- принципиальная простота
- наглядность получаемых данных (рис. 1.2)

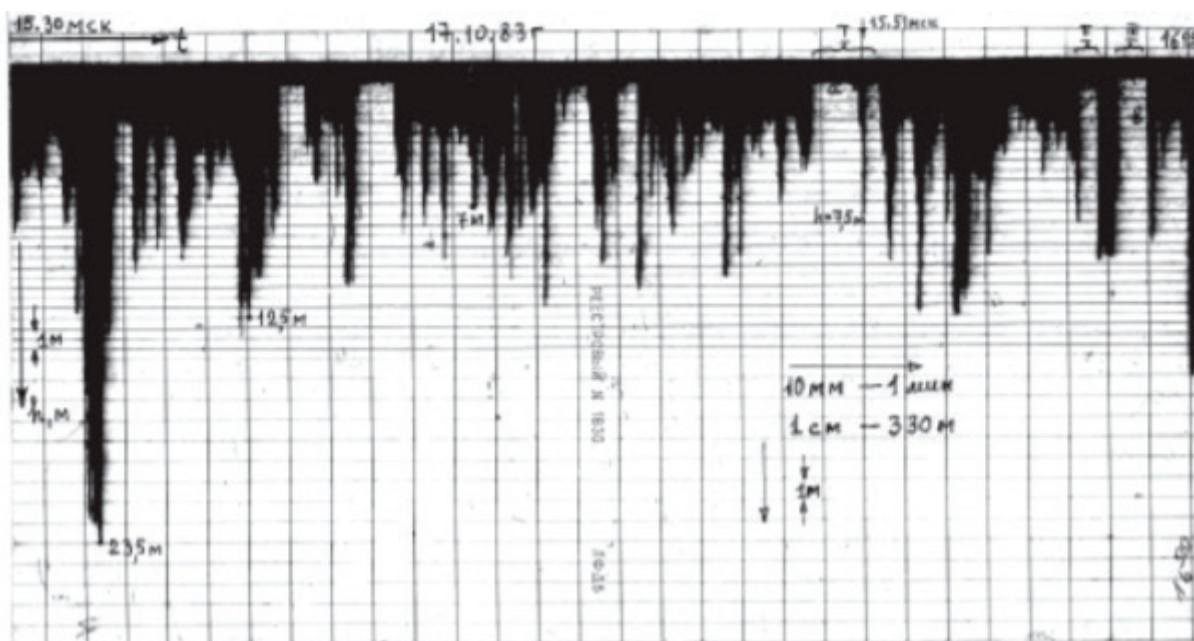


Рис. 2. Изображение нижней границы ледового покрова на ленте самописца. Масштабы по оси времени и по глубине отличаются в 100 раз



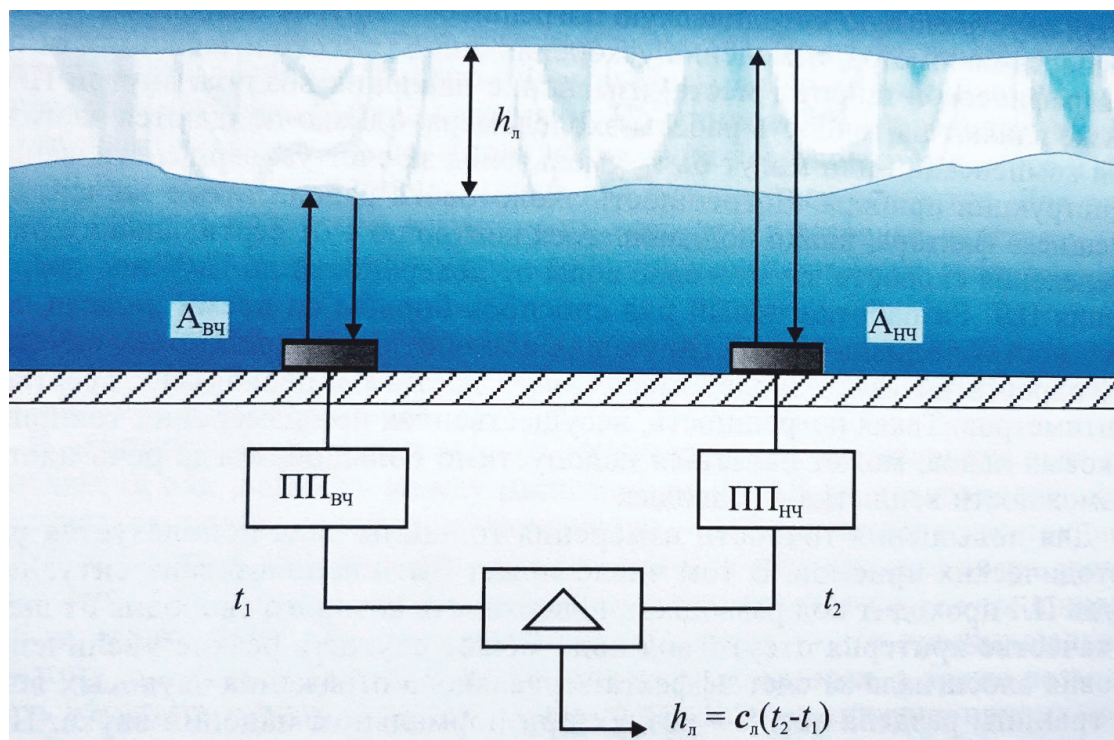


Рис. 3. Принцип работы гидроакустического эхоледомера. ПП<sub>вч</sub>, ПП<sub>нч</sub> — приёмно-передающая аппаратура высокочастотная и низкочастотная

— возможность измерять осадку льда практически любой толщины.

Для измерения льда можно также использовать и только акустический способ измерения. Этот способ применяется на гидроакустическом эхоледомере.

Измерение толщины льда в гидроакустическом эхоледомере осуществляется с помощью направленного вертикально вверх эхолота, излучающего сигналы одновременно на высокой (50–100 кГц) и низкой (до 1 кГц) частотах. Высокочастотный сигнал отражается от границы «вода-лёд», а низкочастотный — от границы «лёд-воздух». Принцип действия гидроакустического эхоледомера показан на рис. 3.

Частотная зависимость коэффициента затухания для молодых льдов описывается выражением  $\beta \approx 7,5f^{1/2}$ , из кото-

рого следует, что даже при очень низкой для эхолотов частоте в 1 кГц и при толщине льда всего 0,5 м сигнал ослабевает на 7,5 дБ в слое льда, а при частотах 50...100 кГц сигнал ослабевает настолько сильно, что отражение происходит только от нижней границы льда. Следовательно, для осуществления акустического способа нижняя частота должна быть равной примерно 1 кГц, а высокая — 50... 100 кГц.

Преимущества гидроакустического эхоледомера:

— показания не зависят от абсолютного гидростатического давления и скорости звука в воде

Недостатки:

— точность зависит от знания средней скорости звука в слое льда

— реализация требует преодоления сложных технических и технологических трудностей

#### Литература:

1. Богородский А. В., Островский Д. Б. Гидроакустические навигационные и поисково-обследовательские средства. — СПб.: Изд. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. — 243 с.
2. Гидроакустическая техника исследования и освоения океана / А. В. Богородский, Г. В. Яковлев, Е. А. Корепин, А. К. Должиков. Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 264 с.
3. Корякин Ю. А., Смирнов С. А., Яковлев Г. В. Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. — СПб.: Наука, 2004. — 409 с.
4. Морской энциклопедический справочник: В двух томах. Том 2 / Под ред. Н. Н. Исанина. — Ленинград: Судостроение, 1987. — 520 с.

## Термоядерная энергия. Реактор ITER

Потёмкина Мэри Давидовна, студент магистратуры;  
 Кашин Дмитрий Александрович, студент магистратуры;  
 Михайлова Ксения Николаевна, студент магистратуры;  
 Абаканович Николай Дмитриевич, студент  
 Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Современная энергетика и современная промышленность с каждым годом требует всё больше и больше энергии. Также последнее время возрастают требования к экологичности энергии. Современные альтернативные источники энергии (ветряные электростанции, солнечные панели, гидроэлектростанции и др.) хоть и активно развиваются, но всё равно имеют ограничения заключающиеся в том, что количество энергии, которое переносят те виды природных явлений, работа которых и преобразуется в электроэнергию, ограничено при сохранении комфортности среды обитания. Поэтому рано или поздно, даже с эффективными преобразователями, при использовании альтернативных источников энергии для увеличения выработки приходится увеличивать ко-

личество электростанций, что сопряжено с использованием местности без возможности её как-то дополнительно ещё использовать, также для разных видов альтернативных электростанций имеют требования к местности размещения и условиям окружающей среды (например солнечные электростанции будут эффективно работать только в условиях солнечной местности, ветряные в условиях равнинной и т.п.). К сожалению наша страна имеет много климатических и географических ограничений для некоторых видов альтернативных электростанций, в наших условиях эффективно будут работать только ветряные, приливные электростанции и электростанции, основанные на переработке биоматериалов.

### Альтернативные источники энергии

 <p><b>Приливная электростанция</b></p> <p>Франция Китай Россия Канада Индия Великобритания</p>	 <p><b>Ветровые электростанции</b></p> <p>Западная Европа США Индия Китай</p>
 <p><b>Геотермальная электростанция</b></p> <p>Исландия США Россия Филиппины Япония</p>	 <p><b>Солнечная электростанция</b></p>

С задачами выработки большого количества энергии и её экологичности хорошо справляются ядерные электростанции, также ядерная энергия является одной из самых дешёвых видов энергии. ЯЭС не зависят от места, могут представлять из себя достаточно компактные установки, но ЯЭС для работы, хоть и очень долгой, используют добываемые, либо искусственно синтезируемые материалы. Материалы и отходы являются радиоактивными

материалами, отчего присутствует риск утечки их в окружающую среду, что окажет на неё очень серьёзное пагубное воздействие, а также всегда присутствуют траты на герметизацию и утилизацию радиоактивных отходов. Современной и перспективной веткой развития энергетики является Термоядерная энергетика. У неё есть как минимум несколько предполагаемых преимуществ: Генерация большого количества энергии — реакции тер-



моядерного синтеза, на которых основана идея будущих реакторов, являются более выгодными с точки зрения выделения энергии, чем ядерные реакции деления; Более экологически чистые — продуктами термоядерных реакций являются стабильные элементы, не наносящие большого вреда окружающей среде; Доступность расходного топлива — термоядерные реакции используют в основном водород и его изотопы, которые в природе встречаются намного чаще и имеют большее распространение во вселенной, поэтому также водород и его изотопы можно получить в чистом виде, а не в виде руды, вследствие чего его не надо дополнительно обогащать.

Для осуществления термоядерной реакции нам нужно сблизить два водородоподобных атома (водород и его изотопы), отсюда проблема — наличие кулоновского барьера. Для его преодоления атомы можно пере-

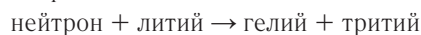
вести в возбуждённое состояние, тогда атом будет «стремиться» заполнить некомпенсированные энергетические уровни и начнёт притягивать соседние частицы, сила притяжения может преодолеть кулоновской барьер. Для возбуждения атомов можно использовать мощные ЭМ поля, но они потребуются очень мощные, а также частицы будут получать дополнительное ускорение из-за силы Лоренца и поляризоваться, что может усилить кулоновский барьер. Можно использовать высокие температуры, например, с помощью плазмы, как это происходит в звёздах — единственном естественном источнике термоядерной энергии. Но плазма — нестабильная субстанция, теория её устойчивости и поведения в целом до сих пор полностью не разработана, но попытки создания устройств для генерации управляемого сгустка плазмы производятся довольно давно.



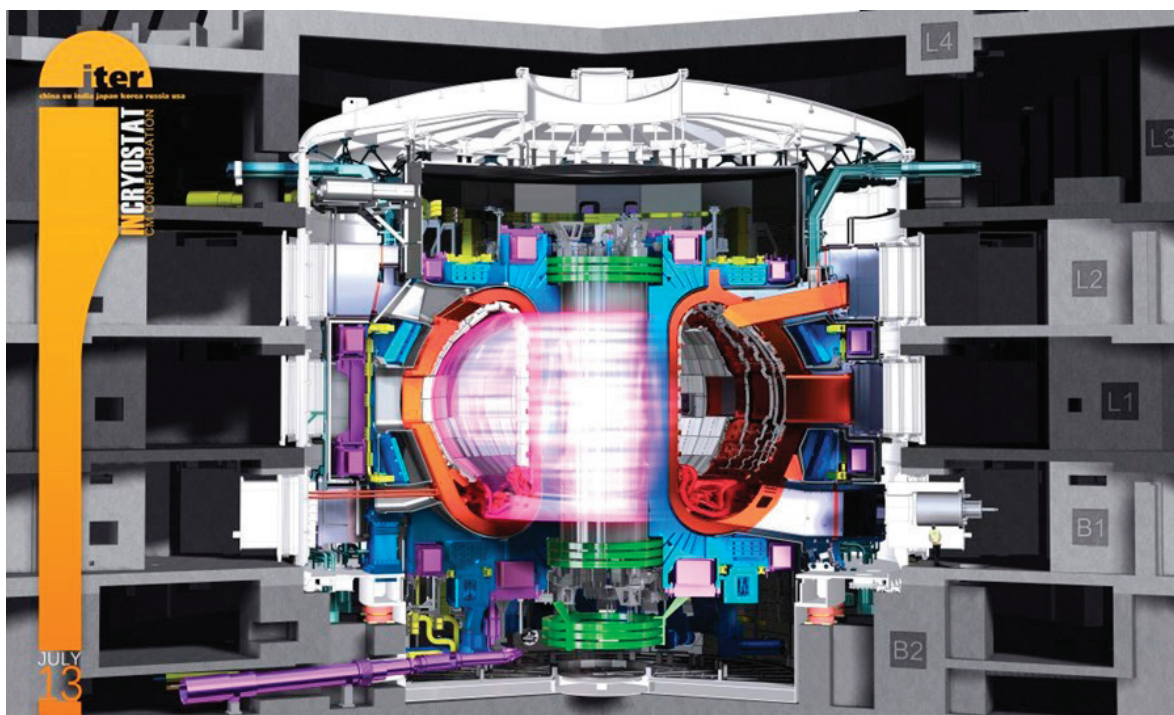
Так в 1950 году в Советском Союзе предложили установку «Токамак» (тороидальная камера с магнитными катушками), которая легла в основу современной разрабатываемой экспериментальной термоядерной установки — международного экспериментального термоядерного реактора ITER (International Tokamak Experimental Reactor), описываемой ниже. Его строительство идёт сейчас во Франции, а в работе участвуют Страны ЕС, США, Россия, Казахстан, Япония, Китай, Южная Корея и Индия.

Устройство и принцип работы термоядерной электростанции: В центральной части располагается тороидальная (в форме бублика) камера объемом ~2000 м<sup>3</sup>, заполненная тритий-дейтериевой (Т-D) плазмой, нагретой до температуры выше 100 М°С. Образующиеся при реакции синтеза (1) нейтроны покидают «магнитную бутылку» и попадают в показанную на рисунке оболочку с толщиной около 1 м.

Внутри оболочки нейтроны сталкиваются с атомами лития, в результате чего происходит реакция с образованием трития:



Кроме этого, в системе происходят и конкурирующие реакции (без образования трития), а также много реакций с выделением дополнительных нейтронов, которые затем также приводят к образованию трития (при этом выделение дополнительных нейтронов может быть существенно усилено, например, за счет введения в оболочку атомов бериллия и свинца). Общий вывод состоит в том, что в этой установке может (по крайней мере, теоретически) происходить реакция ядерного синтеза, при которой будет образовываться тритий. При этом количество образующегося трития должно не только обеспечивать потребности самой установки, но и быть даже несколько большим, что позволит обеспечивать тритием и новые установки. Именно эта концепция работы должна



быть проверена и реализована на описываемом ниже реакторе ITER.

Кроме этого, нейтроны должны разогревать оболочку в так называемых пилотных установках (в которых будут использоваться относительно «обычные» конструкционные материалы) примерно до температуры 400°C. В дальнейшем предполагается создать усовершенствованные установки с температурой нагрева оболочки выше 1000°C, что может быть достигнуто за счет использования новейших высокопрочных материалов (типа композитов из карбида кремния). Выделяющееся в оболочке тепло, как и в обычных станциях, отбирается первичным отводящим контуром с теплоносителем (содержащим, например, воду или гелий) и передается на вторичный контур, где и образуется водяной пар, подающийся на турбины.

Для поддержания нужного состояния плазмы и питания подсистем, в ITER используются подстанции, что указывает на недостаток — огромные энергетические затраты на работу проекта ITER — и вообще любой установки для синтеза. Термоядерные реакторы — установки пока что экспериментальные, и в них происходит два вида потребления электричества. Первый — необходимые подсистемы, например, криостаты, вакуумные насосы, обогрев, вентиляция и кондиционирование зданий; эта энергия тратится всё время, даже когда плазма неактивна. В случае с ITER этот непрерываемый поток электричества находится в пределах 75–110 МВт, как писал Дж. С. Гаскон с соавторами в статье 2012 года для журнала *Fusion Science & Technology*, «Design, Challenges and Key Features for the ITER Electrical Power Distribution».

Второй вид потребления связан с самой плазмой и работает импульсно. Для ITER потребуется не менее 300 МВт на несколько десятков секунд для разогрева плазмы и установления её стабильной конфигурации. В 400-се-

кундной рабочей фазе потребуется порядка 200 МВт для поддержки термоядерного горения и контроля стабильного поведения плазмы.

Даже во время оставшихся восьми лет строительства электростанции потребление энергии будет находиться в районе 30 МВт — это довольно большие затраты по эксплуатации при наличии ещё и других трат, предшествующие будущим непрерываемым тратам энергии.

В наиболее передовых существующих установках типа токамак давно достигнуты температуры порядка 150 М°C, близкие к значениям, требуемым для работы термоядерной станции, однако реактор ITER должен стать первой крупномасштабной энергетической установкой, рассчитанной на длительную эксплуатацию. В дальнейшем необходимо будет существенно улучшить параметры ее работы, что потребует, главным образом, повышения давления в плазме, так как скорость слияния ядер при заданной температуре пропорциональна квадрату давления. Основная научная проблема здесь опять-таки в недостаточной разработанности теории поведения плазмы для прогнозирования её поведения, но уже имеющиеся модели предсказывают возникновения очень сложных и опасных сингулярностей, то есть нестабильных режимов работы.

Как видно из вышесказанного, проекты термоядерной энергетики пока не выходят за пределы экспериментальных установок, которые требуют огромных финансовых вложений, не имея финансовой отдачи, огромных временных затрат, людских ресурсов и довольно часто встречают скепсис по поводу их целесообразности. То, что подобные установки разрабатываются даже несмотря на серьёзные теоретические трудности, говорит о том, что человечество переходит в новый этап энергетики, отказываясь от технологий прошлого тысячелетия, ставя в центр будущего уклада эффективность, чистоту и наукоёмкость.

Литература:

1. Daniel Jassby, «ITER is a showcase ... for the drawbacks of fusion energy», 2012, [Электронный ресурс]. — URL: <https://thebulletin.org/2018/02/iter-is-a-showcase-for-the-drawbacks-of-fusion-energy/>
2. Игорь Семёнов, «Энергетика будущего: управляемый термоядерный синтез. Что такое термоядерный реактор ИТЭР и почему так важно его создание?», видеолекция, [Электронный ресурс]. — URL: [https://elementy.ru/video/114/Energetika\\_budushchego\\_upravlyаемyy\\_termoyadernyy\\_sintez\\_Chto\\_takoe\\_termoyadernyy\\_reaktor\\_ITER\\_i\\_pochemu\\_tak\\_vazhno\\_ego\\_sozdanie](https://elementy.ru/video/114/Energetika_budushchego_upravlyаемyy_termoyadernyy_sintez_Chto_takoe_termoyadernyy_reaktor_ITER_i_pochemu_tak_vazhno_ego_sozdanie)
3. «What the ITER», [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iter.org/proj/inafewlines>
4. «What is a TOKAMAK», [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.iter.org/mach/tokamak>

## Электрокатализ электродных реакций в топливных элементах. Оптимизация процесса

Потёмкина Мэри Давидовна, студент магистратуры;  
Михайлова Ксения Николаевна, студент магистратуры;  
Кашин Дмитрий Александрович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Электрокатализ — это процесс изменения скорости некоторых, селективных, электрохимических реакций, который происходит на границе электрода и электролита в случае каталитического действия. Он важен в процессе превращения химической энергии в электрическую и наоборот.

Данное явление впервые было замечено в начале XX века, когда установили зависимость скорости катодного выделения водорода от материала электрода. Электрокатализ получил широкое распространение после 1960 благодаря развитию исследований, посвященных проблеме топливных элементов.

По своей сути электрокатализ похож на гомогенный катализ — явление, которое представляет собой изменение скорости химической реакции при воздействии вспомогательных веществ — катализаторов.

Особенностью данного процесса является то, что сами по себе катализаторы, принимая активное участие в реакции, не изменяются во время прохождения реакции — то есть не расходуются. По причине возможного многократного использования подобного вещества, его количество, используемое в реакции, меньше, чем с реагентами.

Другая не менее значимая способность катализаторов — повышение избирательности протекания реакции или селективности. Другими словами, если без использования катализатора реагенты реагируют между собой, то в итоге есть вероятность получения нескольких различных конечных продуктов. Такая вариативность объясняется условием строения и устойчивости (неустойчивости) промежуточных частиц, от которых зависит скорость протекания реакции и выбор ее направления. Если же применить в реакции «ускоритель», в большинстве случаев, получится только один, известный, продукт ре-

акции. Катализатор снижает энергию активации и направляет конкретное строение промежуточных частиц, которые заставляют реакцию происходить подобным образом.

Электрокатализ особенно значим при необходимости увеличения эффективности работы топливных элементов — часто, в подобных установках применяют электроды, покрытые катализаторами.

Топливный элемент — устройства, которые позволяют вырабатывать электрический ток и тепло из химического источника тока с высокой эффективностью. Простейшая установка такого типа состоит из полимерной мембраны, которая размещается между анодом и катодом вместе с соответствующими катализаторами и служит в качестве электролита. На рисунке 1 «Топливный элемент с протонообменной мембраной» показана схема такой установки.

Проходя через каналы на пластине, молекулы водорода поступают на анод, где случается реакция разложения молекул на отдельные атомы. После, благодаря абсорбции, атомы водорода под влиянием катализатора становятся положительно заряженными ионами водорода  $H^+$  или протоны. Через мембрану они поступают к катоду и происходит процесс диффузии, при котором протоны взаимодействуют с подведенным кислородом и образуют воду. Поток электронов поступает к катоду через внешнюю электрическую цепь, находящейся под нагрузкой (она является потребителем электроэнергии). Генерация тока происходит благодаря превращению химической энергии в электрическую на месте соприкосновения трех фаз: катализатора на носителе — электронном проводнике, электролите, выступающем ионным проводником, и газообразном реагенте.

Использование подобной схемы позволяет уменьшить конструкцию топливного элемента и увеличить его габ-





Рис. 1. Топливный элемент с протонообменной мембраной

риты, повысить количество материалов, которые могут применяться в топливных элементах, из-за снижения коррозионной агрессивности среды.

Тип среды в топливном элементе особенно сильно влияет на выбор электрокатализаторов, так как именно от нее зависит кинетика и механизм протекания электродных реакций. К примеру, наиболее изученным и универсальным катализатором является платина и, на данный момент, практически во всех прототипах подобных установок используются катализаторы на ее основе. Однако этот материал не является «выгодным» из-за своей стоимости и низкой стабильности.

Проблема поиска стабильных катализаторов, которые способны обеспечить высокую скорость и глубину реакции, является одной из главных при оптимизации токогенерирующего процесса в теплообменных аппаратах.

Помимо использования различных катализаторов в процессе, не менее важно учитывать вид твердого полимерного электролита: анодного или катодного. В случае с протонопроводящим электролитом в катодном пространстве, происходит накопление воды, образовавшейся при восстановлении кислорода. С точки зрения макрокинетики ее следует отводить для оптимизации данного процесса. Так же стоит отметить, что данная реакция может проходить при  $\text{pH} \sim 0$  и это условие позволяет протекать токогенерирующей реакции с высокой скоростью. Однако, в такой процесс влияет на материал, из которого сделан катализатор — ускоряет его разрушение. Поэтому к катодным твердым электролитам предъявляется требование в повышенной физико-химической стабильности (чаще всего они изготавливаются на основе платины, которая необходимыми характеристиками в полной мере не обладает).

В топливных элементах, где токогенерирующая реакция происходит в полости анода, вода образуется и накапливается при реакции электроокисления водорода. В ходе экспериментов было установлено, что самые высокие характеристики топливных элементов такого типа можно получить только при 100%-ом увлажнении то-

плива и окислителя. Поэтому в данном случае, в отличие от катодного типа, отвод воды не требуется. Следует отметить, что в таких топливных элементах использование катализаторов, содержащих платину, необязательно. Это связано с низкой коррозионной активностью гидроксильных групп, связанных с полимером.

Также следует учитывать экономический вопрос и обоснование топливных элементов — они должны выдерживать устойчивое функционирование продолжительностью более 30000 часов в стационарных условиях. Факторы, влияющие на потерю стабильности устройством можно подразделить на 2 группы:

1. Деградационные изменения, возникающие непосредственно генерацией тока в топливном элементе.
2. Эффекты, которые происходят при отравлении катализаторов и электролитов примесями, которые поступают в систему вместе с топливом и/или окислителем.

Обе группы имеют непосредственное влияние на скорость реакции и, иногда, на процесс токогенерирующей реакции.

Деградационные изменения при работе топливного элемента, где окислитель и топливо не содержат примеси, возникают в связи с высокой кислотностью среды полимерного электролита, приводящей к активной коррозии. Также, одной из основных «виновников» разрушения мембраны является проникновение кислорода и водорода в смежные электродные пространства в результате их сопряженной реакции на поверхности пластины.

Наличие вредных примесей в газах, которые попадают в топливный элемент, приводит к частичной блокаде активных центров катализаторов, а иногда и к разрушению полимерного электролита. Наиболее опасно наличие примесей серы и азота, чьи оксиды в состоянии изменить механизм процесса и заполнить 86% активной поверхности и могут заблокировать от 25 до 100% поверхности соответственно. Отдельно следует выделить примесь из аммиака, которая опасна для топливного элемента с протонпроводящим электролитом, тем, что вы-

зывает увеличение сопротивления мембраны и дезактивацию катализаторов (для анодпроводящих электролитов данное отравление не является критическим).

Одна из основных проблем оптимизации процесса получения тока в топливном элементе является нахождение стабильных электрокатализаторов, которые могут позволить происходить реакции с высокой скоростью и глу-

биной. Однако, так же следует учитывать стоимости и доступность (распространенность) предполагаемых для использования катализаторов. Другая, не менее важная проблема — обеспечение длительного стабильного периода использования топливного элемента. На данный момент поиск и разработка соответствующих заявленным требованиям материалов является значительной задачей.

#### Литература:

1. Электрокатализ.//Академик [Электронный ресурс]. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/153545/Электрокатализ> (дата обращения 19.11.2019)
2. Корчагин О. В., Тарасевич М. Р. Токотгенерирующие реакции в топливных элементах с протонпроводящим и анионпроводящим электролитами. Электрохимическая энергетика. 2014. Т. 14, № 3. С. 117–132
3. Багоцкий В. С., Васильева Б. Ю. Топливные элементы. Некоторые вопросы теории. М.: Наука, 1964. 140 с
4. Тарасевич М. Р., Корчагин О. В. Экспресс-диагностика характеристик и стабильности топливных элементов с протонпроводящим электролитом // Электрохимия. 2014. Т. 50, № 8. С. 821–834.
5. Тарасевич М. Р., Хрущева Е. И. Механизм и кинетика электровосстановления кислорода на металлических электродах // Кинетика сложных электрохимических реакций. М.: наука, 1981. С. 104–158.

## Исследование влияния температуры на вязкостные характеристики смазочных материалов

Ровенских Александра Сергеевна, студент;  
Шубенкова Екатерина Гаррьевна, кандидат химических наук, доцент;  
Игумина Виктория Андреевна, студент;  
Карючина Анна Евгеньевна, студент  
Омский государственный технический университет

*В статье рассмотрены физические свойства смазочных масел, оказывающие влияние на эксплуатационные характеристики двигателей. При помощи методов взвешивания при нагревании и капиллярной вискозиметрии установлены зависимости плотности и вязкости авиационных масел марок МС-20 и МС-8П от температуры, вычислены коэффициенты объемного расширения данных масел, составляющие соответственно 0,0018 1/град и 0,0010 1/град, а также индексы вязкости, равные 4,05 и 1,12. Данные результаты позволяют сделать вывод, что авиационное масло МС-8П обладает лучшими вязкостно-температурными характеристиками.*

**Ключевые слова:** смазочные масла, кинематическая вязкость, индекс вязкости объемное расширение, плотность, температура.

### I. Введение

Одними из важнейших продуктов химической и нефтеперерабатывающей промышленности являются смазочные масла, играющие весомую роль в эксплуатации современной техники. Предотвращая износ трущихся поверхностей и выполняя функцию электроизоляционной и теплоотводящей среды, они существенно увеличивают срок работы широкого спектра механизмов, в том числе и различных двигателей. Такая область применения данных материалов обусловлена их специфическими характеристиками.

Вязкость — это одна из наиболее важных характеристик масел, которая характеризует внутреннее трение, определяет текучесть и способность обеспечить жидкостной режим смазывания [1]. Для оценки текучести, то есть меры сопротивления течению под действием силы тяжести масел, используют кинематическую вязкость, равную отношению динамической вязкости жидкости к ее плотности при той же температуре.

При выборе масла необходимо учитывать, что его вязкость изменяется в зависимости от температуры: с понижением температуры вязкость увеличивается, а с повышением — уменьшается, причем интенсивность изменения широко



различается [2]. Для оценки скорости изменения вязкости от температуры было предложено несколько показателей. Наиболее широко используемый — это отношение величин вязкости при двух температурах: при +50°C и +100°C. Чем меньше отношение кинематической вязкости масла при 50°C к кинематической вязкости при 100°C, тем более пологой является вязкостно-температурная характеристика, и тем лучше эксплуатационные свойства масла. В ряде стандартов вместо данного отношения указывается минимально допустимый для данной марки масла индекс вязкости. Оценка по индексу вязкости основана на сравнении вязкостно-температурных свойств испытуемого масла с вязкостно-температурными свойствами двух групп эталонных масел.

Эталонные масла одной группы имеют очень пологую вязкостно-температурную кривую. Их индекс вязкости условно принят за 100. Масла другой группы обладают крутой вязкостно-температурной кривой и их индекс вязкости принят равным 0. Вязкостно-температурная кривая испытуемого масла обычно располагается между кривыми эталонных масел: чем кривая вязкости испытуемого масла более пологая, тем больше его индекс вязкости. Для определения индекса вязкости масло сравнивается при двух температурах с эталонными маслами.

Смазочные масла, как и любые другие капельные жидкости, обладают таким свойством, как тепловое расширение [3]. Данное свойство масел необходимо учитывать при их хранении и эксплуатации, так как увеличение объема масла при нагревании может создавать избыточное давление внутри резервуара либо двигателя, что приводит к их деформации и последующему разрыву, а с уменьшением объема масла происходит уменьшение давления над его поверхностью и, следовательно, быстрое истирание деталей двигателя.

Вышеуказанные свойства смазочных масел напрямую зависят от их плотности — физической величины, которая описывается отношением массы жидкости к объему, который эта жидкость занимает. Для смазочных масел наблюдается следующая зависимость: чем больше изменяется плотность масла при уменьшении или увеличении температуры, тем сильнее меняется его вязкость и увеличивается коэффициент теплового расширения, что негативно отражается на эксплуатационных характеристиках данного смазочного материала и, соответственно, двигателя. Следовательно, одним из главных свойств качественных масел является способность сохранять относительное постоянство плотности в рабочем интервале температур.

Особенно важно учитывать данное свойство при выборе смазочных материалов для двигателей, работающих в условиях высоких температур, давлений и нагрузок. Одними из наиболее широко используемых в современной авиации и при эксплуатации газотурбинных, турбовинтовых и газоперекачивающих агрегатов являются следующие марки масел и смеси на их основе:

- Масло МС-8П (ОСТ 38 101163–78)
- Масло МС-20 (ГОСТ 21743–76)

## II. Постановка задачи

Целью настоящей работы является исследование зависимости плотности и вязкости смазочных масел от температуры. Задачи исследования:

- Изучение теоретического материала по теме исследования;
- Исследование зависимости плотности масел марок МС-8П и МС-20 в интервале температур от –10 до 150°C;
- Исследование зависимости кинематической вязкости от температуры;
- Расчет вязкостно-температурных параметров масел марок МС-8П и МС-20;
- Анализ полученных данных и формулирование выводов.

## III. Теория

Работа выполнена в период июнь-август 2019 года в Омском государственном техническом университете. Объект исследования — масла марок МС-8П и МС-20.

Для достижения цели исследования были использованы весовой метод определения плотности и метод капиллярной вискозиметрии [4].

Расчет плотности производили по формуле 1:

$$\rho_i = \frac{m}{V} \tag{1}$$

Полученные зависимости плотности масел от температуры приведены на графиках (см. рис. 1, 2)

Коэффициент объемного расширения рассчитали по формуле 2:

$$\alpha_{\text{об}} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n}, \tag{2}$$

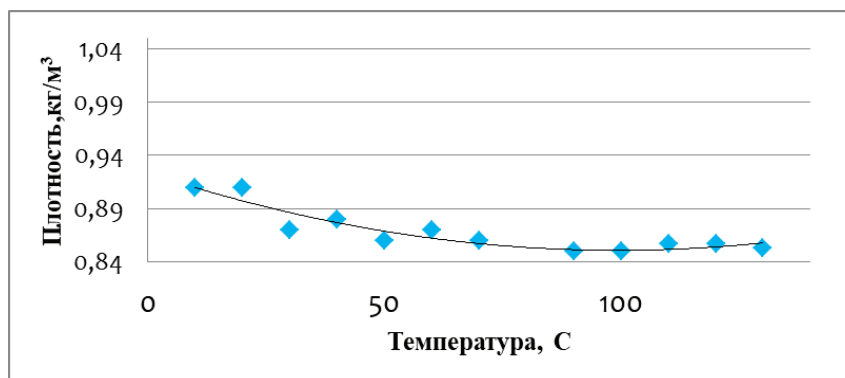


Рис. 1. График зависимости плотности авиационного масла марки МС-20 от температуры

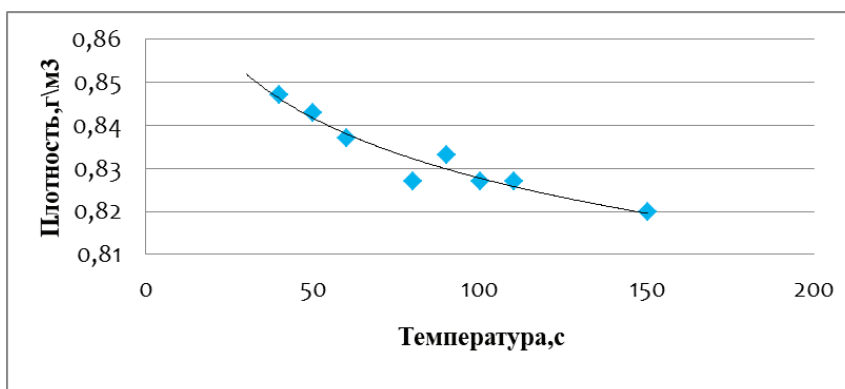


Рис. 2. График зависимости плотности авиационного масла марки МС-8П от температуры

где:

$\alpha_t$  — коэффициент объемного расширения смазочного масла при температуре  $t$  (°С), причем:

где:

$\alpha_t$  — коэффициент объёмного расширения смазочного масла, (1/град);

$\rho_0$  — плотность смазочного масла при температуре 20°С, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_t$  — плотность смазочного масла при температуре  $t$ , кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 1. Коэффициенты объемного расширения авиационных масел марок МС-20 и МС-8П

Масло	ср, 1/град
МС-20	0,0018
МС-8П	0,0010

Для определения кинематической вязкости использовали вискозиметр ВЗ-246 с диаметром отверстия 4 мм.

Кинематическая вязкость испытуемой жидкости прямо пропорциональна времени истечения через капилляр вискозиметра и определяется по формуле 4:

$$v = c \cdot \tau, \quad (4)$$

где:

$c$  — постоянная вискозиметра (мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>);

$\tau$  — среднее время истечения (с).

Полученные значения кинематической вязкости масел МС-8П и МС-20 представлены в таблице 2.

Индекс вязкости масел рассчитывали по формуле 5:

$$ИВ = \frac{v^{50}}{v^{100}} \quad (5)$$

Таблица 2. Кинематическая вязкость масел марок МС-8П и МС-20 при различных температурах

Масло	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с										
	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C
МС-8П	22,35	19,56	16,76	13,97	13,03	12,57	12,11	11,18	11,18	11,18	11,18
МС-20	1003,07	717,14	381,86	207,69	125,73	71,71	47,50	31,67	24,21	17,70	17,70

IV. Результаты экспериментов

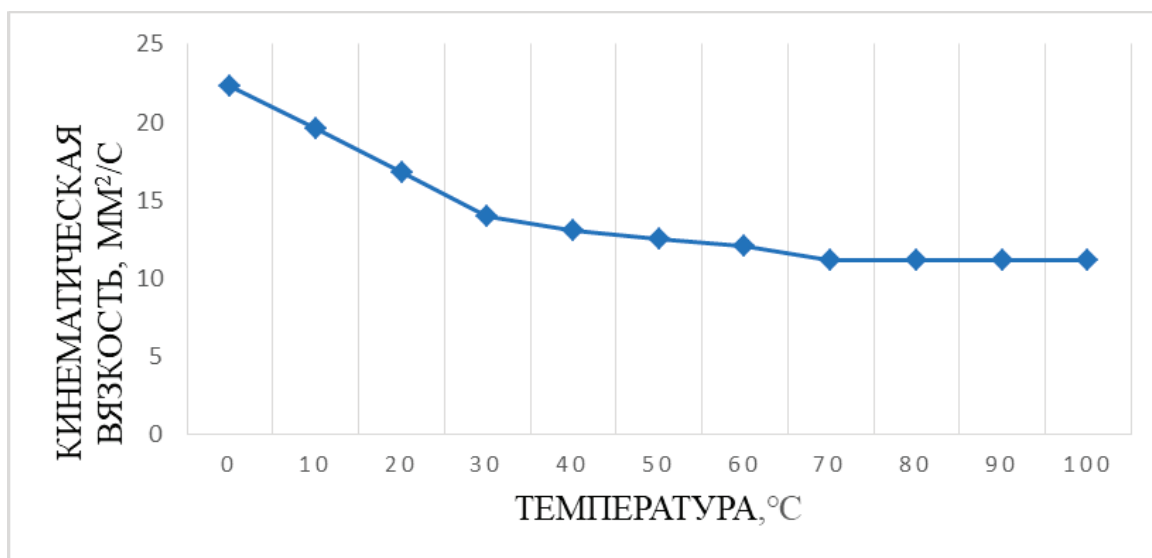


Рис. 6. График зависимости кинематической вязкости масла МС-8П от температуры.

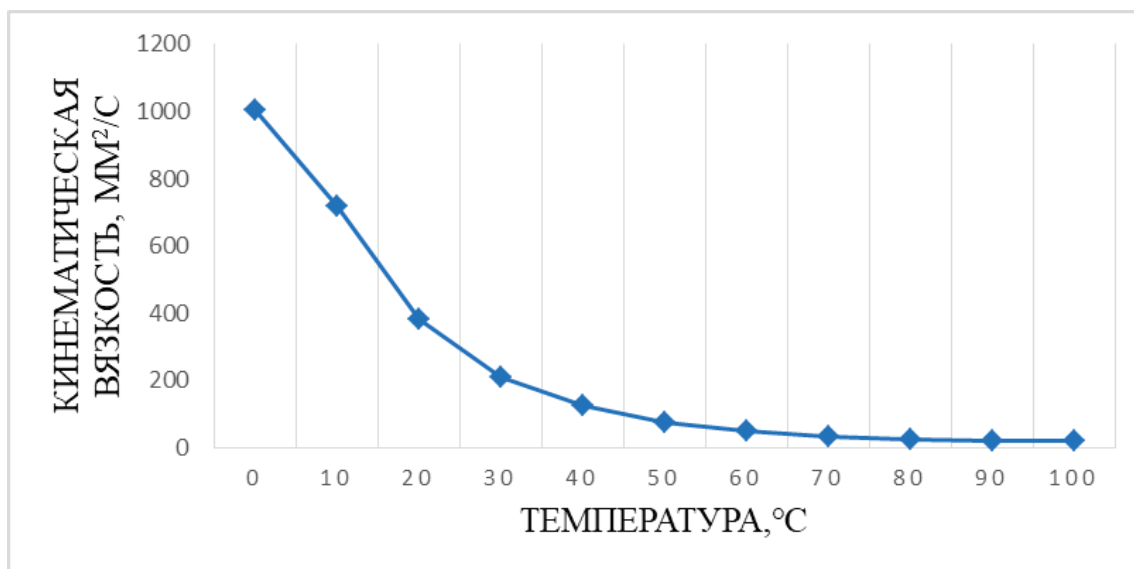


Рис. 7. График зависимости кинематической вязкости масла МС-20 от температуры

Таблица 3. Индексы вязкости авиационных масел МС-20 и МС-8П

Масло	Индекс вязкости
МС-20	4,05
МС-8П	1,12

## V. Выводы и заключение

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Определили зависимость плотности от температуры для смазочных масел МС-20 и МС-8П в интервале температур от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $150^{\circ}\text{C}$ .
2. Установили, что плотность исследованных масел с увеличением температуры уменьшается нелинейно. В интервале температур от  $100$  до  $130^{\circ}\text{C}$  для образца МС-20 плотность практически не изменяется.
3. Рассчитали коэффициент объемного расширения, для масел МС-20 и МС-8П он составил  $0,0018$  и  $0,00101/\text{град}$  соответственно.
4. Определили значения кинематической вязкости смазочных масел МС-8П и МС-20 при различных температурах.
5. Установили, что вязкость исследуемых масел уменьшается с увеличением температуры.
6. Рассчитали индексы вязкости смазочных масел МС-8П и МС-20, равные соответственно  $1,12$  и  $4,05$ .
7. Полученные результаты рекомендуется учитывать при эксплуатации технического оборудования и проектировании резервуаров хранения нефтепродуктов.

Литература:

1. Журавлев А. А., Савин Н. П., Филатова Н. О. Исследование зависимости вязкости моторного масла от температуры // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 12. С. 82–86.
2. Коняев Е. А., Немчиков М. Л. Химмотология авиационных масел и гидравлических жидкостей / М.: Изд-во МГТУ ГА, 2008. — 81 с.
3. Барекян А. Ш. Основы гидравлики и гидропневмоприводов: Учебное пособие. 1-е изд. Тверь: 2006. — 84с.
4. Чуркин В. А. Смазочные материалы: рекомендации к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 15.03.01 — «Машиностроение» (МШС) / Екб.: Изд-во УрГУ, 2015. — 14 с.
5. Нуруллаева З. В., Бакиева Ш. К., Суяров М. Т. Эксплуатационные свойства смазочных масел и улучшение их присадками // Молодой ученый. 2016. № 8. С. 274–276.

## Анализ конструктивных схем активного рулевого управления

Свечников Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;

Малий Владимир Иванович, кандидат педагогических наук, доцент;

Кузьмин Никита Александрович, студент;

Фень Александр Александрович, студент

Военная академия РВСН имени Петра Великого, филиал в г. Серпухове Московской области

*Статья раскрывает сущность активного рулевого управления, принцип работы, преимущества и недостатки его применения, проводится анализ и сравнение рулевых управлений, работающих по разным принципам. Кроме того, описывается проблема, связанная с обеспечением безопасности дорожного движения и значение применения активного рулевого управления в отечественном автомобилестроении.*

**Ключевые слова:** рулевое управление, безопасность дорожного движения.

Современный мир сложно представить без автомобилей. Как известно автомобиль является средством повышенной опасности и обеспечение безопасного управления им является важнейшей задачей в системе обеспечения безопасности дорожного движения. Одним из путей решения задачи обеспечения безопасного управления автомобилем является разработка рулевого управления автомобиля, которое будет способствовать облегчению управления транспортным средством и повысит управляемость автомобиля при его эксплуатации.

Большинство водителей, садясь за руль транспортного средства, не имеют представления о том, что такое

рулевое управление. Рулевое управление — это система управления направлением движения транспортного средства с помощью рулевого колеса, оно состоит из механизмов, преобразующих положение руля в пропорциональное изменение положения управляемых колёс или аналогичных управляющих направлением движения элементов.

В большинстве транспортных средств используется обычное рулевое управление с постоянным передаточным числом, при этом значение передаточного числа достаточно велико. Такое управление имеет положительные и отрицательные стороны. К положительным можно от-

нести низкую склонность к передаче ударов от дорожных неровностей с управляемых колёс на рулевое колесо, возможность передачи больших усилий, безопасное вождение на повышенных скоростях. Недостатками являются трудности при парковке и вождении в стеснённых условиях, так как количество оборотов рулевого колеса от упора до упора достаточно велико.

В современном мире огромным прорывом в области управления транспортным средством является применение активного рулевого управления, особенность которого заключается в изменении передаточного числа рулевого механизма, в зависимости от скорости движения транспортного средства, и воздействия водителя на рулевое колесо, что облегчает и повышает безопасность управления транспортным средством.

Одним из таких рулевых управлений является разработка инженеров BMW, носящая название система активного рулевого управления AFS. Суть разработки состоит в том, чтобы изменять реакцию колёс на вращение руля в зависимости от скорости машины. Так, к примеру, если вы решили припарковаться в сложном для этого месте, вам не придётся крутить рулём по несколько оборотов, чтобы вывернуть колеса — электроника отследит скорость, и передаточное число рулевого механизма снизится до минимума. На больших скоростях такая реакция, наоборот, вызывает дискомфорт и даже опасна, поэтому передаточное число увеличивается, и машина реагирует на руль более плавно. Можно подумать, что система активного руле-

вого управления очень сложна. На самом деле это не так, и принцип её работы довольно прост.

Ключевыми элементами AFS является: планетарный редуктор, блок управления, комплект датчиков [1].

Данная технология неразрывно связана с механизмом рулевого управления. В целом все выглядит так: в разрез рулевого вала вмонтирован блок с планетарным редуктором (рис. 1), внутри которого находится солнечная и эпициклическая шестерни, блок сателлитов и электродвигателей. Принцип работы данной системы заключается в следующем.

При движении автомобиля на поворотах при небольшой скорости, электродвигатель (рис. 2) подкручивает в одну сторону коронную шестерню, тем самым увеличивает передаточное число. При движении на больших скоростях электродвигатель подкручивает коронную шестерню в другую сторону, тем самым уменьшает передаточное число.

Исходя из такого принципа работы можно сделать вывод о том, что при воздействии на рулевое колесо управляемые колёса автомобиля будут поворачиваться на необходимый угол для обеспечения хорошей управляемости и безопасности движения.

Положительной стороной данной системы является то, что есть возможность изменения передаточного числа в зависимости от скорости автомобиля. Недостатком данной системы является наличие червячной передачи, сложность технологии изготовления, а также необходимость применения высокомоментного двигателя.



Рис. 1. Разрез рулевого вала с планетарным редуктором система активного рулевого управления AFS



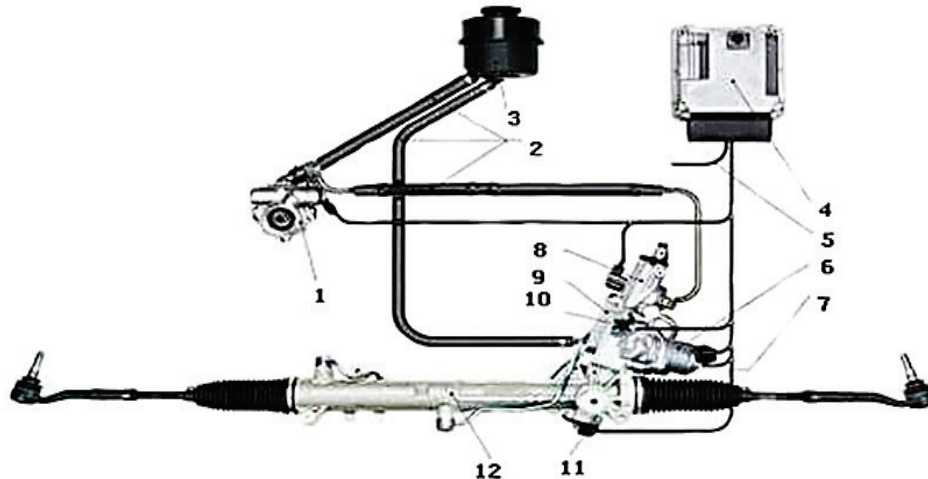


Рис. 2. Схема активного рулевого управления AFS: 1 — насос гидроусилителя руля; 2 — шланги; 3 — бачок для рабочей жидкости; 4 — электронный блок управления; 5 — шина обмена данными; 6 — электродвигатель; 7 — датчик угла поворота электродвигателя; 8 — клапан системы Servotronic; 9 — планетарный редуктор; 10 — аварийный фиксатор; 11 — датчик суммарного угла поворота; 12 — рулевой механизм

В 2014 году произошёл «психологический прорыв» в проектировании рулевого управления транспортных средств, связанный с отказом от жёсткой связи между рулевым колесом и управляемыми колёсами. Ярким примером такого рулевого управления является рулевое управление автомобиля Infiniti, марки Q50. Суть указанного типа рулевого управления заключается в том, что рулевое колесо не имеет жёсткой связи с рулевым валом, а поворот колёс осуществляют два электродвигателя, которые перемещают рулевую рейку. Скорость вращения электродвигателей регулируют три независимых блока управления, которые подают соответствующие сигналы на двигатели в зависимости от скорости движения транспортного средства и поворота рулевого колеса. Силовое воздействие на рулевое колесо обеспечивает электродвигатель обратной связи, который в зависимости от условий езды, создаёт необходимое усилие для обеспечения «чувства дороги». Однако у указанного устройства, как и у любого есть свои плюсы и минусы. Положительным является то, что имеется возможность широкого изменения передаточного числа в зависимости от движения данного транспортного средства, за счёт этого повышается безопасность и удобство управления транспортным средством. В отрицательную сторону можно отметить то, что при любом существенном отказе элементов системы включается аварийный режим, обеспечивающий жёсткую связь между рулевым колесом и рулевой рейкой, при этом рулевое управление перестаёт быть активным. Кроме того, из отзывов водителей, обладающих автомобилем с данной системой выявлен ещё один недостаток, заключающийся в том, что при использовании автомобиля в холодных климатических условиях выходит из строя электроника, отказывают блоки управления и система приходит в негодность, из-за чего использовать данный

автомобиль довольно критично или даже страшно, особенно на просторах территории Российской Федерации, ведь на первом месте стоит безопасность дорожного движения, а следовательно сохранение жизни и здоровья человека (водителя, пассажира, пешехода) [2].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что указанная выше система решает ряд определённых задач, но требует доработок в электронике, чтобы минимизировать отказ системы в различных дорожных условиях. Кроме того, усложняется техническое обслуживание системы рулевого управления водителем, связанная со сложной компоновкой сочленённых узлов, а также непростой электроникой, установленной на этих системах, в которой не каждому водителю дано разобраться.

Несмотря на имеющиеся недостатки, будущее безусловно за системами активного рулевого управления и несомненно скоро мы увидим их новые конструкции.

Анализ аварийности на дорогах Российской Федерации показывает, что в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) ежегодно погибают 27000 человек, и причиной совершения многих ДТП является наличие неисправности одной из систем автомобиля. По сравнению с 2016 годом в 2018 году процент таких ДТП увеличился на 20%, в том числе в эти 20% входят проблемы, возникающие с рулевым управлением, порой для предотвращения ДТП не хватает небольшого поворота рулевого колеса.

Проблема обеспечения безопасности дорожного движения, приводит в том числе и к выводу о необходимости разработки в отечественной автомобильной промышленности конструкции активного рулевого управления, что в значительной мере должно привести к сокращению количества ДТП и обеспечить более высокий уровень безопасности дорожного движения на дорогах Российской Федерации.

Литература:

1. Журнал «За рулём», № 10, 2002, «На пути к джойстику» А. Фомин стр. 68–72.
2. Журнал «За рулём», № 1, 2014, «Драйв нерукотворный», В. Соловьёв, стр. 36–39.

## **Выявление и характеристика основной тенденции показателей инновационного развития предприятия ООО «Газпром трансгаз Сургут»**

Тернавская Мария Вадимовна, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*Ключевые слова:* энергетическая компания, тенденции показателей, инновации, инновационное развитие.

В последние десятилетия мировая нефтегазовая отрасль демонстрирует стремительное ускорение инновационного развития и технологического усложнения производственных процессов. О роли российского нефтегазового сегмента экономики говорят следующие цифры: нефтегазовый сектор формирует около 20% ВВП, 50% доходов в структуре федерального бюджета. От экспорта нефти, газа и продуктов переработки в общем объеме экспорта мы получаем 67% валютных поступлений, нефтянка дает 25% объема инвестиций в основной капитал. Несмотря на динамичные темпы модернизации нефтегазового сектора России, до сих пор существуют проблемы несформированности инновационного поведения бизнеса и отсутствия координации между участниками инновационного процесса. В связи с этим особенно актуально изучение инновационного развития нефтегазовых компаний как основных субъектов инновационной системы России в целом.

Концепция национальных инновационных систем (НИС) привлекает внимание экономистов с 80-х гг. XX века. В целом, понятие национальной инновационной системы по-разному трактуется различными специалистами, однако большинство придерживается институционального подхода к его определению, в рамках которого под НИС понимается «совокупность институтов, относящихся к частному и государственному секторам, которые индивидуально и во взаимодействии друг с другом обуславливают разработку и распространение инноваций в пределах конкретного государства». Крупнейшие мировые нефтегазовые компании постоянно ищут пути повышения эффективности, в том числе за счет применения инноваций в поиске, разведке и добыче нефти. В таких условиях конкурентоспособность, а в долгосрочной перспективе и выживаемость российских нефтяных компаний определяется эффективностью их инновационной деятельности.

ООО «Газпром трансгаз Сургут» — глобальная энергетическая компания. Основные направления деятельности — геологоразведка, добыча, транспортировка,

хранение, переработка и реализация газа, газового конденсата и нефти, реализация газа в качестве моторного топлива, а также производство и сбыт тепло- и электроэнергии.

Общество видит свою миссию в надежном, эффективном и сбалансированном обеспечении потребителей природным газом, другими видами энергоресурсов и продуктами их переработки.

Стратегической целью является становление Общества как лидера среди глобальных энергетических компаний посредством диверсификации рынков сбыта, обеспечения надежности поставок, роста эффективности деятельности, использования научно-технического потенциала.

Развитие ООО «Газпром трансгаз Сургут» как глобальной энергетической компании и надежного поставщика энергоресурсов связано с постоянным решением стратегических, технологических, экономических и иных задач, требующих поиска, получения и применения новых знаний, непрерывного повышения активности и эффективности инновационной деятельности.

Достижения ООО «Газпром трансгаз Сургут» во многом определяются результатами научных исследований и разработок, проводимых в интересах Общества собственными исследовательскими центрами, научными организациями смежных отраслей промышленности, подразделениями Российской академии наук и вузов.

В таблице 1 представлены основные показатели инновационного развития предприятия ООО «Газпром трансгаз Сургут».

Из данных таблицы 1 можно сделать следующие выводы:

- объем НИОКР растет из года в год;
- за 2015–2016 гг. наблюдается значительное снижение величины расходов на исследования и разработки, что является негативной тенденцией;
- растет общее количество патентов, экономический эффект от их использования, а также затраты на энергосбережение и охрану окружающей среды.

Таблица 1. Основные показатели инновационного развития предприятия

Показатель	Объем НИОКР, млрд руб.	Общее количество патентов, ед.	в т.ч. использовано в производственной деятельности	Экономический эффект от использования объектов патентных прав, млрд руб.	Затраты на охрану окружающей среды, млн руб.	Затраты на капитальный ремонт основных производственных фондов по охране окружающей среды, млн руб.	Инвестиции в охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, млн руб.	Энергосбережение ПАО «Газпром», тыс. т у.т.	Расходы на исследования и разработки, млн руб.
2008	4,9	1687	278	1,2	17162,30	1428,80	3493,70	2798,30	15900
2009	7,4	1710	290	1,2	10376,50	962,7	6323,60	2566,00	15200
2010	7	1796	310	1,4	10289,80	1243,20	7744,40	2718,40	16800
2011	7,9	1820	325	1,7	11232,70	2571,80	9785,70	2802,60	17681
2012	7,7	1945	345	1,8	18354,70	2444,60	12885,80	2177,50	217200
2013	6,8	2035	350	1,8	20328,10	3106,50	24947,90	2317,90	22700
2014	10,8	2131	351	3,1	18047,90	4204,90	15578,30	2477,30	19653
2015	9,9	2238	356	6,1	16399,90	2962,90	15754,30	2685,00	30588
2016	6,3	2269	406	7,1	17189,70	2187,90	22541,90	2762,00	28990
2017	8,2	2342	427	7,9	18219,80	1752,60	35584,50	3626,70	16175
Абсолютное изменение	3,3	655	149	6,7	1057,5	323,8	32090,8	828,4	275
Темп прироста, %	67,3	38,8	53,6	558,3	6,2	22,7	918,5	29,6	1,7

Литература:

1. Федеральный закон от 23.08.1996 № 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) «О науке и государственной научно-технической политике» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.consultant.ru/>
2. Постановление Правительства РФ от 24.07.1998 № 832 «О Концепции инновационной политики Российской Федерации на 1998–2000 годы» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.consultant.ru/>
3. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р (ред. от 18.10.2018) «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.consultant.ru/>
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для бакалавров / В.Е. Гмурман. — М.: Юрайт, 2015. — 479 с.
5. Горлач Б.А. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие / Б.А. Горлач. — СПб.: Лань, 2015. — 320 с.
6. Инновационный потенциал: современное состояние и перспективы развития: монография / В.Г. Матвейкин [и др.]. — М.: Машиностроение-1, 2017. — 284 с.

## Динамика технической оснащённости уборки зерновых культур в России и перспективы ее развития

Чаплыгин Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;  
 Давыдова Светлана Александровна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;  
 Подзоров Алексей Викторович, научный сотрудник  
 Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (г. Москва)

В статье приведены результаты исследования динамики производства зерна и технического обеспечения уборочных работ в России за период 1990–2018 гг., выявлены основные перспективы развития технической оснащённости уборки зерновых культур.

**Ключевые слова:** зерновые культуры, уборочная площадь, валовые сборы, урожайность, техническая оснащённость, уборка, зерноуборочные комбайны, технологический уровень.

В современных экономических условиях России, важным фактором успешного развития товаропроизводителей является снижение затрат на производство сельхозпродукции за счет эффективного использования сельскохозяйственной техники. Особенно данная проблема актуальна для производителей зерна, поскольку в период 2000–2018 гг. произошло интенсивное развитие зернового комплекса, в том числе вследствие роста государственной поддержки сельского хозяйства и частных инвестиций. Цель исследования — оценить динамику производства зерна и технического обеспечения уборочных работ в России за период 1990–2018 гг., выявить основные перспективы развития технической оснащённости уборки зерновых

культур. В исследованиях использовали методы комплексного структурно-динамического анализа и экспертно-аналитический способ обработки информации статистических баз данных Росстат, ООО «Росагромаш», Промышленного союза «Новое содружество», каталогов продукции основных комбайностроительных предприятий.

В результате проведенного мониторинга показателей производства зерна в стране и его технического обеспечения выполнены графики изменения таких важных показателей, как уборочная площадь, валовый сбор зерна и урожайность, позволяющие получить представление о состоянии отрасли и спрогнозировать необходимые мероприятия по ее дальнейшему развитию (рис. 1) [1, 2].

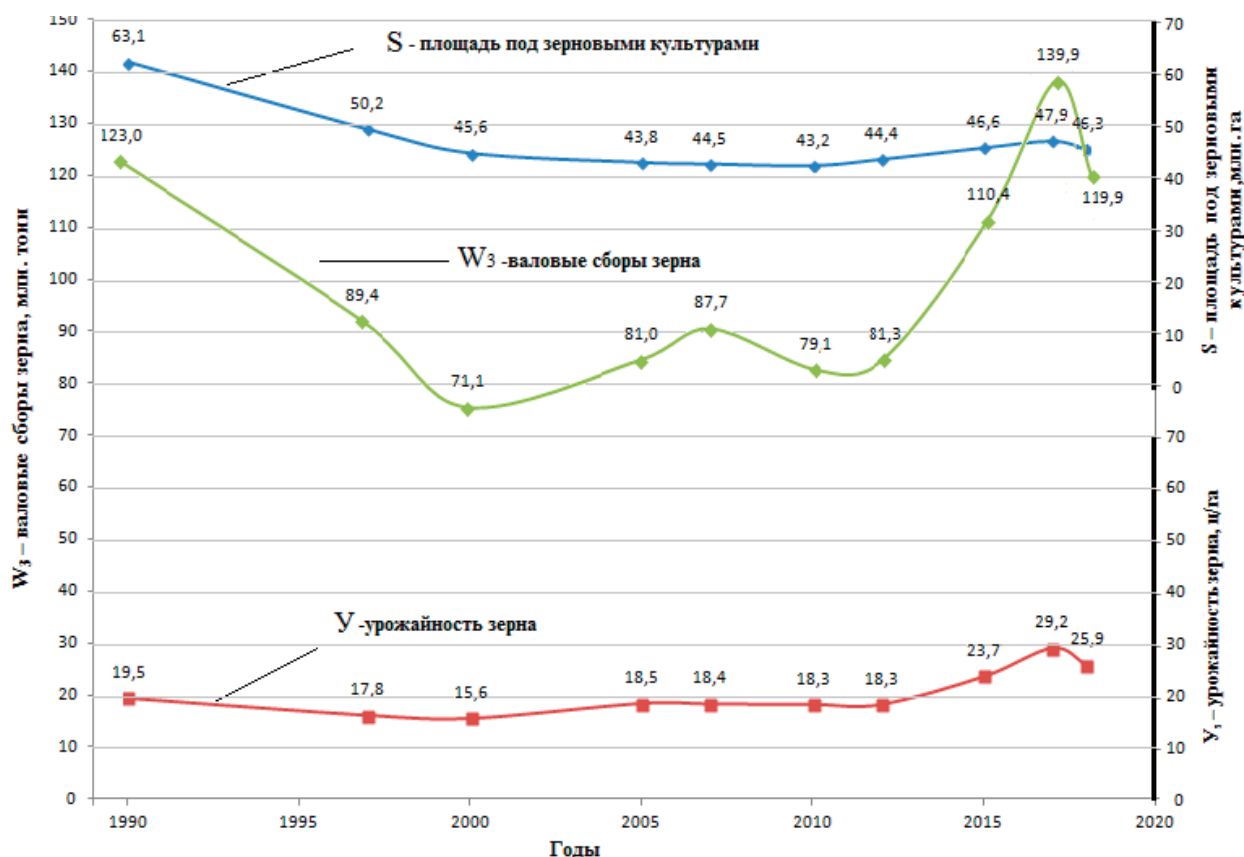


Рис. 1. Динамика уборочных площадей и валовых сборов зерна в Российской Федерации

В соответствии с приведенными данными видно, что произошло сокращение величины убираемой площади под зерновыми культурами на 26,6% (с 63,1 млн га в 1990 г. до 46,3 млн га — в 2018 г.), годовых валовых сборов зерна — на 9,5% (от 123 млн т до 111,3 млн т); при этом урожайность зерна увеличилась на 32,8% (от 19,5 ц/га до 25,9 ц/га). Колебания этих показателей по годам за последние 28 лет вызваны агроклиматическими условиями, реформированием структуры хозяйств с частичным их разукрупнением, недостатком технического обеспечения. Дефицит уборочной техники стал особенно ощутим с 2005 г., когда хозяйства засевали то количество площадей под зерновыми культурами, сколько могли убрать имеющейся техникой, при этом годовая нагрузка на каждый комбайн постепенно возрастала (рис. 2).

По сравнению с 1990 г. количество комбайнов в парке сократилось в 7,1 раза (с 407,8 тыс. шт. до 57,6 тыс. шт.), соответственно годовое производство комбайнов в 9,0 раз (с 65,7 тыс. шт. до 7,3 тыс. шт.), при этом нагрузка на один комбайн увеличилась в 2,8 раз (с 152 га до 427 га). Однако, следует учесть, что в предшествующие годы парк комбайнов состоял в основном из комбайнов класса 5–6 кг/с («Нива», «Сибиряк», «Енисей») и частично (5–8%) класса 9–10 кг/с (Дон-1500). К 2018 г. структура парка комбайнов существенно изменилась, появились новые отечественные комбайны: «Nova S320» класса 5–6 кг/с, «Vector-410» класса 7–8 кг/с, «Acros-530» класса 9–10 кг/с, «Дон-2600» и «Топит-740» класса 11–12 кг/с и ряд комбайнов зарубежных фирм — «John Deere», «Claas», «Case IH», «New Holland» и др. [1–3].

Из приведенных данных видно, что нагрузка на один комбайн возросла с 200 га до 417 га, что, безусловно, сопровождалось увеличением более чем в 2–3 раза сроков

уборки выше допустимых и повышенными потерями зерна — до 30%. Несмотря на осуществляемые в России меры государственной поддержки, количество комбайнов в парке продолжает сокращаться, приближаясь к критическому уровню. При достижении годовой нагрузки на один комбайн в 550 га и выше возникает вероятность того, что даже увеличение размера уборочных площадей не позволит достичь необходимого валового сбора зерна в размере 145–150 млн т, спровоцирует стагнацию всего зернопроизводства в целом, поскольку стоимость потерянного зерна будет превышать эксплуатационные издержки [4].

В экономически развитых странах мира сельское хозяйство является приоритетной отраслью и на его финансирование выделяются значительные бюджетные средства. Например, господдержка сельского хозяйства в России в расчете на единицу площади составляет около 6,0 долларов/га, в Норвегии данный показатель выше в 506 раз, ЕС — в 148 раз, США — в 27 раз. Среди стран СНГ господдержка сельского хозяйства в России самая низкая, менее 1,5% от общего госбюджета, в Казахстане — 18%, Белоруссии — 20%.

Для сравнения — годовая нагрузка на зерноуборочный комбайн за рубежом редко превышает 100–150 га (Белоруссия — 120 га, Англия — 77, США и Франция — 50, Германия — 53 га). При этом уборка всегда идет в агротехнические допустимые сроки и практически без биологических потерь, что важно поскольку средняя урожайность выше среднероссийской в 2–3 раза. Следовательно, чем выше урожайность, тем больше биологические потери зерна после агросрока допустимого стояния хлебов на корню [5]. В среднем за рубежом на 1000 га уборочных площадей приходится 4–5 комбайна, в России — 1,8–2,2, при этом по сравнению с 1990 г. коэффициент обновления

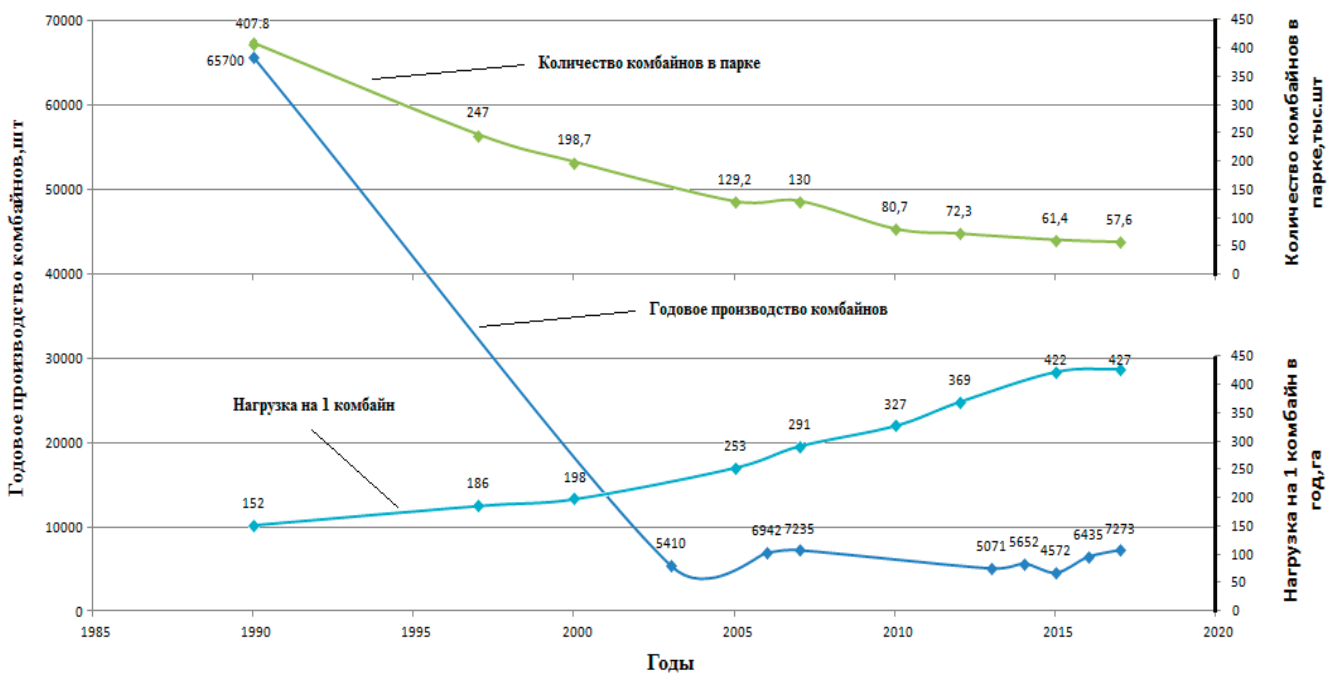


Рис. 2. Динамика технического обеспечения зерноуборочных работ в Российской Федерации



зерноуборочных комбайнов и валковых жаток в парке сократился в 2,5–3,3 раза (с 5–6% до 1,5–1,8%).

Стоит отметить тот факт, что технологический уровень отечественной зерноуборочной техники в сравнении с зарубежной в целом не уступает ей по основным своим возможностям. Отечественные комбайны, как и зарубежные, способны убирать хлеба раздельным и прямым комбайнированием. Россия долгое время отставала по применению технологии уборки методом очеса растений на корню. Однако в последние годы в связи с тем, что ПАО «Пензмаш» освоил производство очесывающих адаптеров модели «Озон» — это отставание было ликвидировано. Как и зарубежные комбайны, российские комбайны способны убирать при оборудовании соответствующими адаптерами кукурузу на зерно, различные масличные культуры, зернобобовые, рапс. В России ведутся хозяйственные испытания комплекса машин для уборки мелкосеменных кормовых культур с обработкой урожая на стационарном пункте. Подобная технология используется в настоящее время только в Канаде.

По техническому уровню отечественные комбайны отличаются от зарубежных аналогов по следующим показателям [6–7]:

- типаж комбайнов (в России принят типаж классов по пропускной способности — 1,0; 5–6; 7–8; 9–10; 12–14 кг/с; иностранные фирмы поставляют на рынок комбайны — от 1 кг/с до 16 кг/с и с более частой градацией);

- пропускная способность;

- количество модификаций (имеется большее разнообразие модификаций зарубежных комбайнов — крутосклонные, семеноводческие, селекционные, рисоуборочные, рапсовые и др.);

- энергоемкость на 1 кг/с по некоторым моделям (отечественные комбайны имеют двигатель мощностью до 420 кВт.; зарубежные класса 14–16 кг/с, фирма «CLAAS» (Германия) устанавливает двигатель мощностью порядка 450 кВт);

- наличие систем автоматического управления режимами рабочих органов комбайна (в России — опытные образцы; за рубежом — серийное производство);

- эксплуатационная надежность комбайнов, оцениваемая наработкой на один отказ (у российских комбайнов — 50–100 ч, зарубежные — 120–200 ч);

- стабильность частоты вращения вала двигателя (у отечественных — 5–6%; зарубежных комбайнов — не выше 2–3% от номинала);

Кроме того, преимущество отечественных комбайнов в сравнении с иностранными заключается в большей приспособленности к российским условиям зернопроизводства и меньшей стоимости, что обуславливает получение зерна с меньшей себестоимостью — на 25–40% в зависимости от модели комбайна и региона его использования [8].

Анализ российского рынка зерноуборочных комбайнов показывает, что в основном производство комбайнов

обеспечивают семь заводов, из которых три завода поставляют на рынок 97% техники (7044 шт.): «Ростсельмаш» — 75,3% (5500 шт.) «Claas — Краснодар» — 6,4% (466 шт.) и СП «Брянксельмаш» — 15,1% (~1100 шт.). Остальные имеют штучное производство комбайнов в год — 3% (около 230 шт.). При этом большинство комбайнов зарубежной разработки: ООО КЗ «Ростсельмаш» производит отечественные комбайны Nova, Vector, Agros и Topup; Краснодарский завод — Tusaпо немецкой фирмы «Claas»; СП «Брянксельмаш» — белорусские комбайны Палессе. Заводы выпускают комбайны под конкретные заявки, общее количество которых намного меньше необходимой потребности для проведения уборочных работ в агросрок. Это обусловлено низкой покупательной способностью хозяйств России. К тому же почти 30% хозяйств являются убыточными и держатся только благодаря господотациям. Рыночная цена комбайнов постоянно растет в соответствии с ростом цен на металл и энергоресурсы. Основными покупателями комбайнов являются крупные предприятия: колхозы, холдинги, СПК и т.п., только малая часть фермеров может приобрести новый комбайн [9]. Крупносериальное производство валковых жаток в России отсутствует. Штучно производство обеспечивает ООО КЗ «Ростсельмаш» и ряд частных предприятий. В связи с этим объем раздельной уборки резко сократился. Хлеба, предназначенные для раздельной уборки, убирают прямым комбайнированием, допуская большие потери зерна.

Из приведенных выше данных можно определить следующие тенденции развития отрасли зернопроизводства и зерноуборочного комбайностроения [10–11]:

- увеличение производства зерна до 145–150 млн т в год, посевных площадей — до 50 млн га, урожайности — до 30 ц/га;

- внедрение семиклассового типажа комбайнов по пропускной способности от 1 кг/с до 14 кг/с с оптимальным распределением комбайнов каждого класса по регионам страны (комбайны класса 1 кг/с — селекционные);

- увеличение площадей, убираемых раздельным способом, и, соответственно, производства семейства валковых жаток с шириной захвата от 4 до 12 м;

- расширение применения агропромышленных технологий уборки мелкосемянных культур (трав на семена) с обработкой мелкозерносоломистого вороха на стационарном пункте;

- увеличение энергонасыщенности комбайнов до 30–33 кВт на 1 кг/с пропускной способности и эксплуатационной надежности с достижением наработки на отказ 150–180 ч;

- внедрение в зерноуборочную технику электропривода, автоматизации управления режимами работы, навигационного оборудования, интеллектуальных систем контроля качества работы в зависимости от параметров агрофона, повышение экономичности и комфортности условий труда;

- внедрение технологии уборки зерновых культур с очесом растений на корню;
- внедрение технологии выгрузки зерна из бункера комбайна на ходу в рядом идущие большегрузные тракторные тележки (до 50 т);
- расширение типажа комбайнов за счёт модификаций базовых моделей для уборки хлебов в холмистых условиях, а также риса, клешевины, сорго, проса, рапса, и т.п.;
- разработка семейства мобильных энергосредств для агрегатирования зерновых, зерноуборочных жаток и другого транспортного, строительного, дорожного обо-

рудования с соблюдением принципа гармоничности по критерию: масса, цена, годовая загрузка.

Для реализации этих позиций и улучшения современного технического обеспечения хозяйств России зерноуборочной техникой на базе ФГБНУ ФНАЦ ВИМ ведутся разработки: комбайн класса 12–14 кг/с для уборки хлебов и кукурузы на зерно с урожайностью свыше 50 ц/га; селекционно-семеноводческий (фермерский) комбайн класса 1–3 кг/с; универсальное энергосредство с набором уборочных машин восьми наименований; технология и комплекс машин для уборки мелкосеменных культур.

#### Литература:

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) [Электронный ресурс]. URL: [http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 06.12.2019).
2. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. — 179 с.
3. Жалнин Э. В. О классификации зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. — 2016. — № 4. — С. 6–7.
4. Жалнин Э. В. Реформы в АПК: радужные мечты и горькие разочарования // Аграрное обозрение. — 2014. — № 2. — С. 3–7.
5. Ерохин Г. Н., Коновский В. В. Об уровне использования парка зерноуборочных комбайнов // Наука в центральной России. — 2016. — № 5 (23). — С. 14–19.
6. Жалнин Э. В., Ценч Ю. С., Пьянов В. С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2018. — Т. 12. — № 2. — С. 4–8.
7. Жалнин Э. В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции: монография. — М.: ВИМ. — 2011. — 101 с.
8. Ломакин с. Г., Бердышев В. Е. Анализ технического уровня зерноуборочных комбайнов «Ростсельмаш» // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». — 2017. — № 6(82). — С. 34–42.
9. Волкова К. Рынок зерноуборочных комбайнов. Текущая ситуация и прогноз // Ценовик. — 2019. — № 9. — С. 10–12.
10. Ожерельев В. Н., Жалнин Э. В., Никитин В. В. Перспективы развития конструкции зерноуборочного комбайна // В сборнике: Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В. А. Гулевского. — 2018. — С. 137–143.
11. Измайлов А. Ю., Лобачевский Я. П. Система машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2020 года // Сельскохозяйственные машины и технологии. — 2013. — № 6. — С. 6–10.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Возведение пирамиды Джосера в Древнем Египте. Зодчий Имхотеп

Вахитова Наталья Александровна, студент  
Томский государственный архитектурно-строительный университет

Имхотеп является выдающимся древнеегипетским архитектором периода Древнего царства. Он является первым наиболее знаменитым в мировой истории зодчим и учёным.

Имхотеп был зодчим, спроектировавшим первую ступенчатую пирамиду в Саккаре близ Мемфиса и комплекс сооружений архитектуры, окружающих пирамиду. Он первый применил в строительстве пирамидальную архитектурную форму. Так, Имхотеп считается основоположником традиции архитектуры всего Древнего царства, которая была построена на использовании пирамиды, ее формы в проектировании царских захоронений. Помимо этого, Имхотеп также выступает в качестве изобретателя колонны в зодчестве, его называют творцом храма в Эдфу.

В мифологии Египта Имхотеп являлся сыном мемфисского бога-творца Птаха. Его изображали в виде сидящего юноши, который держит развернутый папирус. Иногда он также выступал в качестве бога воздуха Шу, который призван отделять небо от земли. Таким образом, он предотвращал наступление хаоса. Пребывая также властелином искусств, его связывают с Хатхор, Маат и Аменхотепом, другим визирём и архитектором, который был позже обожествлён. Он жил во времена фараона XVIII династии Нового царства Аменхотепа III. Наиболее поздняя традиция, пришедшая с Греции (начиная с V века до н.э.) отождествляла бога Имхотепа с Асклепием.

Гробницу Имхотепа не удалось обнаружить, но считается, что она скорее всего должна располагаться неподалеку от пирамиды Джосера, в Саккаре [3].

Процесс строительства ступенчатой пирамиды Джосера для зодчего был довольно сложным. Идея, по которой создание монументального архитектурного произведения должно было идти путем наращивания его по вертикали появилась не сразу. Изначально была построена большая пирамида квадратной формы (выс. 8,32 м, дл. стороны 62,9 м). В качестве материала использовались куски известняка, облицованные хорошо отесанными плитами. Далее масштабу увеличили в несколько раз, и с востока перед ней были вырыты одиннадцать шахт, глубина каждой из ко-

торых была приблизительно 33 м. От каждой шахты на запад, под мастабу расстился коридор, составляющий в длину 13 м. Пройдя первые пять коридоров, можно было прийти к захоронениям членов семьи фараона Джосера, остальные коридоры использовались в качестве кладовых [1].

Первая группа помещений была облицована деревом. Погребения обставлялись довольно пышно. Умерших помещали в гробницы из дерева, которые покрывались листовым золотом, прикрепляющимся к дереву золотыми гвоздиками. Затем гробницы вставлялись в алебастровые саркофаги, поставленные на известняковые базы. Наличие имени фараона Джосера на оттисках цилиндрической печати подтверждает то, что все погребения были совершены именно при нем. К сожалению, не удалось прочесть имени лица, которому принадлежала печать, но зато был прочтен титул зодчего Имхотепа, того, что построил пирамиду Джосера.

После увеличения масштаба и строительства ее подземных помещений, были сделаны погребения. Об этом можно судить так потому, как коридоры от шахт обходят эти помещения. Мастаба была увеличена еще на 8,32 м для того, чтобы доступ к погребениям оказался закрытым. В плане она стала прямоугольной формы. Решение начать увеличивать масштабу вверх повлекло за собой радикальные изменения в технике строительства. Если раньше здания сооружали, накладывая горизонтальные пласты, то теперь эти пласты начали наращивать вертикально с наклоном в 15–17 градусов; камни каждого слоя укладывали перпендикулярно к сторонам пирамиды, уже не употребляя так много связующих растворов для их крепления. Облицовка была из известняка Туры.

Изначально у пирамиды насчитывалось четыре ступени, но уже при следующей надстройке с севера и запада, она стала выше еще на две ступени. При таком увеличении площадка, расположенная на самом вершине, оказалась слишком узкой, и поэтому было решено увеличить пирамиду еще на 2,6 м к северу. После всех изменений пирамида Джосера стала около 60 м по высоте с базой в 109,02x121 м.

В помещения, расположенные под пирамидой, можно было войти с севера. Изначально доступ в эту часть под землей был устроен так же, как и у ряда подобных мастаб. Он был в виде открытого прохода, который постепенно спускается вниз. Проход расстилался до шахты глубиной в 28 м. Внизу располагалась погребальная камера. Она была облицована гранитом, а вход в нее, который закрывали камнем, по форме напоминающим цилиндр (около 2 м высотой и весом свыше 3 тонн), находился в потолке. Вокруг погребальной камеры были устроены помещения различного назначения. Неподалеку от начала спуск под пирамиду пересекался 14 поперечным коридором. Оба его конца, вероятно, были предназначены для кладовых. Далее спуск скрещивался со вторым по счету коридором. Из его конца с запада и севера можно было пройти в группу кладовых, а к югу — в комплекс комнат, украшенных зелено-красными полированными изразцами, которые изображали плетения из тростника. Эти комнаты не были совсем отделены, но они производят достаточно сильное впечатление и в том виде, в котором они дошли до нас [4].

Декор двух других комнат, облицовка которых составлена из изразцов, была куда проще. От последней изразцовой комнаты проходил путь к юго-восточному углу погребальной камеры. От других ее сторон также отходили проходы, по которым можно было перейти в различные кладовые [2].

Литература:

1. Барбара Мерц. Древний Египет: Храмы, гробницы, иероглифы.: Издательство: М.: Центрполиграф. 2002—363 с.
2. Матье М. Э. Искусство древнего Египта.: — М., 1961—592 с.
3. Ступенчатая пирамида Джосера в Саккаре в Египте, 2013—2019 — URL: <http://jj-tours.ru/articles/Egypt/egypt-pi-pyramid-djoser.html>
4. Архитектура Древнего Царства, 2014 — URL: <http://egyptopedia.info/a/1431-arkhitektura-drevnego-tsarstva>

## Кинетическая архитектура на примере финансового центра Бунд в Шанхае

Вахитова Наталья Александровна, студент  
Томский государственный архитектурно-строительный университет

Всякий раз прогуливаясь по улицам своего города, мы видим вокруг множество различных зданий, имеющих разные функции. Какие-то из них предназначены для проживания, в другие люди ходят на работу, учебу или для проведения досуга. Объединяющим фактором для зданий различного назначения является то, что все они неподвижны. Казалось бы, что может быть более статичным, чем здание? Это недвижимость, то, что не может двигаться по определению. В сознании людей это звучит как истина. Но современные творцы, идущие в ногу с развитием технологий, способны изменить наше видение этого вопроса.

Пирамидный храм был в виде прямоугольника в плане. Начиная от входа вдоль восточной, северной и западной сторон храма шел коридор, пройдя по которому можно было попасть как в западную, так и в центральную группу помещений. Этот коридор начинался от входа и проходил вдоль восточной, северной и западной сторон храма, Центральная часть предназначалась для обрядов очищения фараона. Ее составляющими были два одинаковых двора, которые имели форму вытянутых прямоугольников; в полу западного двора начинался ход, ведущий под пирамиду. Южную сторону каждого двора замыкал портик, состоящий из четырех колонн с двадцатью каннелюрами, которые ставились на круглые базы, соединенные по две промежуточными стенками. Сделанные из добротного известняка Туры, со строгим профилем и хорошими пропорциями, эти портики были как бы фасадом храма, за которым находились галереи, коридоры и ряд помещений не совсем ясного назначения [1].

Таким образом, ступенчатая пирамида Джосера являлась наиболее важным этапом в истории архитектуры Древнего Египта, и дальнейшее строительство царских усыпальниц убедительно это показывает. Пирамиды Джосера и его преемников стали важнейшим этапом на пути к созданию классического типа пирамиды, который появляется при первом фараоне IV династии Снофру.

Кинетическая архитектура зарождалась постепенно из зарисовок и скетчей. Еще в период Средневековья предпринимались первые попытки выйти за рамки обыденности и спроектировать нечто новое, необычное, из области движущейся архитектуры. Так появились первые разводные мосты. Но открытым оставался вопрос о том, возможно ли заставить двигаться часть здания.

Особенно популярной эта проблема стала в первой половине XX века. В 1919 году состоялась презентация советского художника-конструктивиста Владимира Татлина, где он представил всеобщему вниманию свой проект башни в виде открытого металлического каркаса,

внутри которого находились отдельные подвешенные конструкции. По задумке автора, они имели способность вращаться. К сожалению, в то время воплощение в жизнь проекта было невозможным. С течением времени интерес общества к необычным движущимся зданиям возрастал. Стало выходить множество книг, посвященных этой тематике и, в конечном итоге, теоретические изыскания сумели найти применение на практике [1].

Один из самых известных и узнаваемых ныне живущих архитекторов Норман Фостер принял участие в строительстве финансового центра «Бунд», являющимся представителем современной кинетической архитектуры.

Набережная Бунд или Вайтань представляет собой один из самых узнаваемых архитектурных символов города Шанхай. Название Бунд имеет историческое значение и соответствует ситуации здесь в прежние времена, когда земли около реки принадлежали Великобритании, и все здания на набережной строились в европейском колониальном стиле. В то время Шанхай функционировал как торговый город, который посещало большое количество иностранцев. В дальнейшем с развитием торговли слово Бунд перестало ассоциироваться с прежним значением и теперь является символом элегантности и успеха. Когда британское правление покинуло город, здесь начали появляться торговые компании, банки и консульства других государств. Они также строили свои объекты по традиционным канонам. После строительного бума этот район стал финансовым международным центром не только Китая, но и всей Восточной Азии. На сегодняшний день набережная Бунд, расположенная на западном берегу реки Хуанпу, является главной достопримечательностью Шанхая, где можно увидеть всю историю города в архитектуре позапрошлого века. С противоположной же стороны реки открывается панорамный вид на современный высотный район города под названием Пудун [3].

Новый многофункциональный проект, разработанный совместно Foster + Partners и Heatherwick Studio, призван оживить набережную Шанхая. Занимая видное место на набережной Бунд, здание центра определяют «конечную точку» самой известной улицы Шанхая и создает центральную связь между старым городом и новым финансовым районом.

Набережная Бунд является удивительным местом с многообразием исторической архитектуры. Так на полторакилометровом участке располагаются 52 здания различных архитектурных стилей, таких как классицизм, неоклассицизм, готический стиль, барокко, бозар и ар-деко. Перед архитекторами стояла достаточно сложная задача. Им нужно было не только найти новые способы связи современного района с удивительным историческим наследием Китая, но и создать общественный центр для объединения и обеспечения работой тысяч людей.

Под влиянием существенности и масштабов существующих исторических зданий вдоль Бунда, в рамках проекта был разработан ряд простых офисных, торговых и культурных зданий, которые сочетают в себе высокопроиз-

водительные системы остекления и каркасные рамы из камня. Эти структуры, в свою очередь, окружают новые общественные пространства и говорят о наследии исторических зданий Бунда.

Весь комплекс состоит из восьми зданий общей площадью 420 000 кв. метров. В соответствии с задумкой сделать центр соединительной точкой старого города и нового финансового района, две южные башни высотой 180 метров разместили на юге участка, а обращенные в сторону набережной здания, которые набирают высоту ступенчато, расположили, соответствуя масштабам и ритмам достопримечательностей XIX века вдоль Бунда.

В восьми зданиях, которые построены вокруг благоустроенной общественной площади, расположены офисы премиум-класса, а также гостиница и культурный центр. Кроме того, роскошные торговые точки включают в себя бутики, концептуальные магазины для международных брендов, торговый центр и рестораны. Края каждого объема сделаны из богато текстурированного гранита ручной работы с деталями из обработанного камня и бронзы. Они становятся тоньше по мере подъема, тем самым создается впечатление прочности монолитности у основания и невесомости и прозрачности сверху [2].

В основе композиции лежит многофункциональный культурно-художественный центр, являющийся платформой для проведения выставок и местом культурного обмена. Также здесь проводятся презентации новой продукции и различные мероприятия брендов. В многофункциональном центре создано объединение выставочных залов и залов, предназначенных для проведения мероприятий, где установлена площадка для выступлений. Вдохновением для такого решения послужили открытые сцены традиционных китайских театров.

Здание окружено движущейся завесой, которая способна приспосабливаться к изменениям в использовании функционала здания и показывает сцену на балконе и вид на Пудун. Фасад был разработан в сотрудничестве с инженерами университета Тунци и представляет собой завесу, которая решена по трем дорожкам и состоит из слоев 675 отдельных «кисточек» из магниевого сплава. Здесь архитекторы вдохновлялись традиционным китайским свадебным головным убором. Длина кистей колеблется от 2 до 16 метров. В то время как каждая отдельная дорожка движется независимо, завеса вращается с наложением кисточек, создавая различные визуальные эффекты и уровни непрозрачности [3].

В заключение, спроектированный на набережной Бунд культурный центр стал оптимальным сочетанием ремесла и современных технологий. Он вдохновлен традиционным китайским ткачеством и включает в себя новейшие передовые технологии, которые помогают противостоять землетрясениям, тайфунам и суровой погоде. Его уникальная форма обеспечивает незабываемый опыт для посетителей, в то время как освещенная сцена и движение завесы создают уникальный фон для театра городской жизни.



Литература:

1. Умные дома без электроники, кинетическая архитектура и живые здания, 2017 — URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/406733/>
2. Heatherwick and Foster unwrap Bund Finance Centre in Shanghai, 2017 — URL: <https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/heatherwick-and-foster-unwrap-bund-finance-centre-in-shanghai/10024305.article>
3. Культурный центр с подвижным фасадом в Шанхае, 2017 — URL: <https://realt.onliner.by/2017/06/16/shanghai-4>

## Выбор типов конструкций дорожных одежд на мостах с ортотропной плитой проезжей части

Володин Артем Александрович, студент магистратуры;  
 Степанец Виктор Георгиевич, кандидат технических наук, доцент  
 Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (г. Омск)

*В данной статье рассмотрены проблемы устройства асфальтобетонных покрытий на мостах с ортотропной плитой проезжей части, приведены основные типы конструкций дорожных одежд, применяемые в России, а также проведено сравнение данных конструкций по сроку службы.*

**Ключевые слова:** конструкция дорожной одежды, мост, ортотропная плита проезжей части, асфальтобетонное покрытие.

Срок службы металлической плиты на мосту определяется устройством качественного покрытия (дорожной одежды). В качестве основания для устройства дорожной одежды на мостах используется ортотропная плита проезжей части, которая деформируется под действием колесной нагрузки и оказывает влияние на работу дорожной одежды. Срок службы покрытия должен составлять до 15 лет. Практический срок службы дорожной одежды на отдельных мостах составляет 3–5 лет. Иногда после первого года эксплуатации моста в дорожной одежде появляются продольные трещины. В то же время мировая практика показывает, что срок службы дорожной одежды на больших мостах составляет 15–20 лет.

Причиной такого низкого срока службы является то, что при устройстве покрытий используется асфальтобетон, соответствующий требованиям ГОСТ 9128, аналогичный дорожному.

К дорожной одежде на плите проезжей части предъявляется ряд важных требований, в том числе:

- способность деформироваться, сохраняя структуру;
- шероховатость;
- необходимая жесткость;
- ровность;
- устойчивость к старению.

Дорожная одежда, устраиваемая на ортотропной плите проезжей части, не только воспринимает нагрузку от движущегося транспорта и передает ее на нижележащие конструкции, сопротивляется деформациям и обеспечивает хорошее сцепление колес с покрытием, но также защищает конструкции от поверхностной воды, которая способствует коррозии. В связи с необходимостью обеспечения вышеперечисленных требований, предъявляемых к конструкции дорожной одежды на мостах, устройство однослойных конструкций невозможно, поэтому более эффективным является применение многослойных системы, состоящей из нескольких слоев.

Проблема устройства качественной дорожной одежды, заключается в том, что в качестве привычного основания, выступает металлическая плита проезжей части, которая имеет свои характеристики.

На сегодняшний день применяемые методы расчет конструкций дорожных одежд на мостах не учитывают прочностные и деформативные характеристики современных материалов, работающие как при положительных, так и при отрицательных температурах.

В последнее время в мостостроении находят применение тонкослойные покрытия на основе полимерных смол толщиной 20–25 мм, которые выполняют как гидроизолирующую функцию, так и функцию слоя износа. Достоинством таких покрытий является то, что за счет малой толщины слоя, значительно снижается нагрузка на пролётное строение моста, а, следовательно, происходит уменьшение толщины ортотропной плиты и экономия металла.

Рассмотрим несколько типов конструкций дорожных одежд, которые были применены при устройстве покрытий на мостах в России:

1. Конструкция дорожной одежды с применением полиуретанового защитно-сцепляющего слоя Romex разработанная в Германии была применена на мосту через реку Москва на автомобильной трассе Москва-Рига. Обследование данного покрытия после годичной эксплуатации показало, что асфальтобетонное покрытие было разрушено.

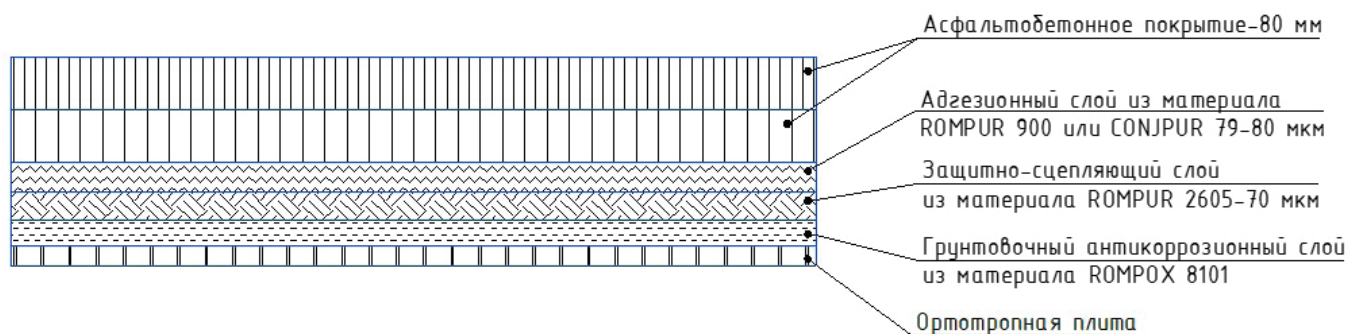


Рис. 1. Конструкция дорожной одежды с применением полиуретанового защитно-сцепляющего слоя Romex

2. Конструкция дорожной одежды с применением материалов фирмы «Sika» была применена на Бережковском мосту в г. Москве. Через 2 года эксплуатации в асфальтобетонном покрытии образовались продольные трещины, это говорит о том, что данная конструкция плохо работает на изгиб, и не может быть применена на мостовых конструкциях.

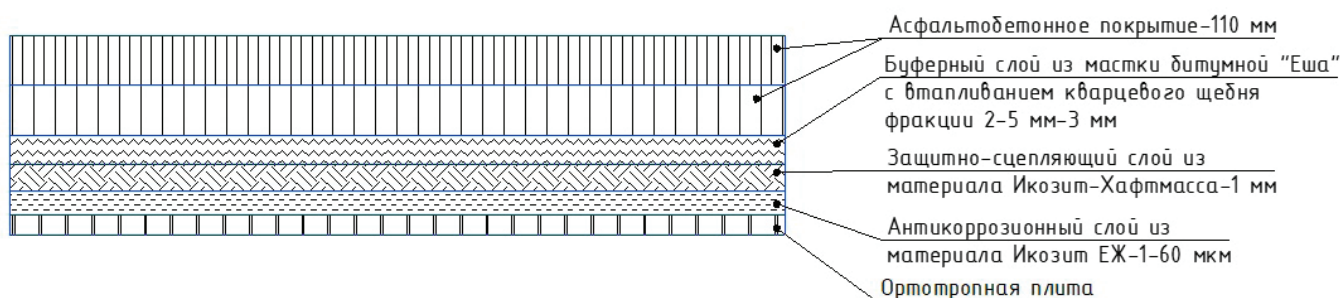


Рис. 2. Конструкция дорожной одежды с применением эпоксидного компаунда для защитно-сцепляющего слоя + буферный слой Зика

3. Конструкция покрытия с применением технологий фирмы Лемминкляйнен показала очень хороший результат. В течении 6 лет эксплуатации на данном покрытии дефектов не обнаружено. Такой результат получен благодаря применению литого прорезиненного асфальтобетона, который имеет большую прочность на изгиб в отличии от традиционных типов асфальтобетонов. Данный тип конструкции дорожной одежды разработан в Финляндии и был применен на мосту через р. Волгу у села Пристанное.

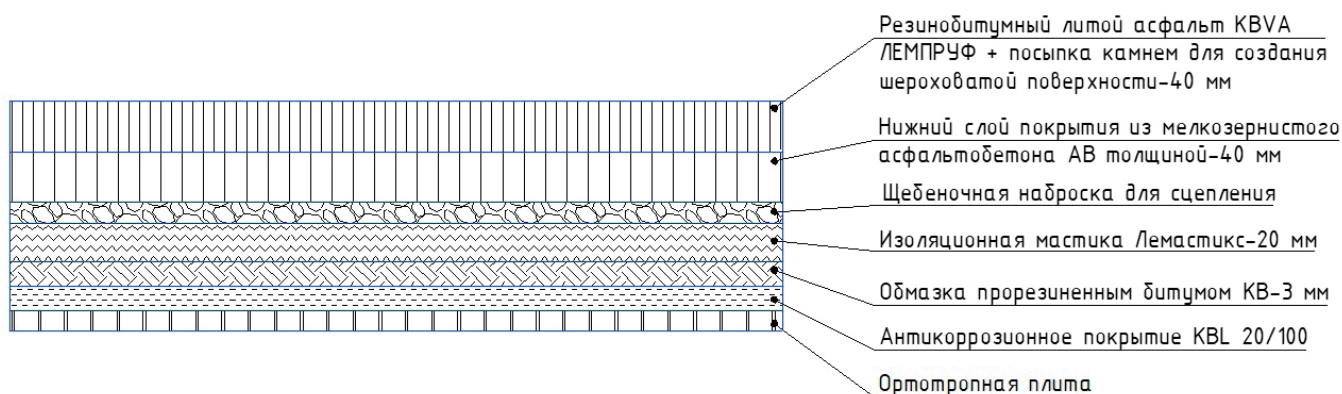


Рис. 3. Конструкция дорожной одежды из литого асфальтобетона технологии фирмы Лемминкляйнен

4. Конструкция дорожной одежды с защитно-сцепляющим слоем из рулонных наплавляемых материалов с двумя слоями асфальтобетонного покрытия. Такая конструкция характеризуется хорошей адгезией гидроизоляции как с плитой проезжей части, так и с асфальтобетонным покрытием.

Срок службы покрытия зависит не только от типов, асфальтобетонных смесей, которые применяются в слоях, но и от конструкции самой плиты. В последние годы на ортотропных плитах находит применение плотный асфальтобетон тип Б в качестве нижнего слоя и щебеночно-мастичный асфальтобетон в качестве верхнего слоя. Однако при таком сочетании напряжения в ЩМА превышают прочность на растяжение при изгибе, и срок службы таких покрытий составляет 3–5 лет.

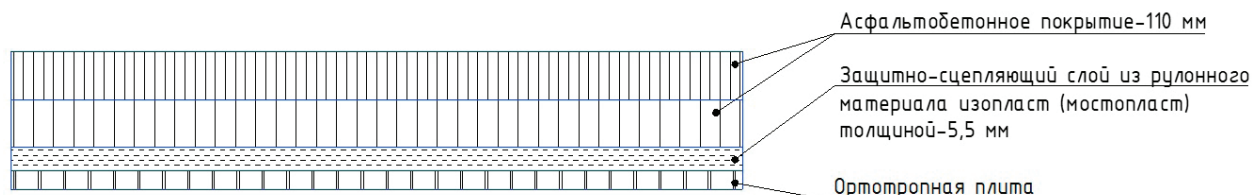


Рис. 4. Конструкция дорожной одежды с защитно-сцепляющим слоем из рулонных наплавляемых материалов

5. Конструкция дорожной одежды с применением рулонного полимерного материала «Поликров-Р200» по слою мастики «Поликров М-140» с асфальтобетонным покрытием, на основе модифицированного полимер-битумного вяжущего с добавкой ДСТ была применена на мосту через р. Обь у г. Сургут. При строительстве данной конструкции дорожной одежды, из-за отсутствия опыта ее применения возникли проблемы уплотнением, так как асфальтобетон быстро остывал и становился резиноподобным.

Через 3 года эксплуатации покрытия в нем проявились продольные и поперечные трещины, что привело к попаданию воды и образованию локального вспучивания.

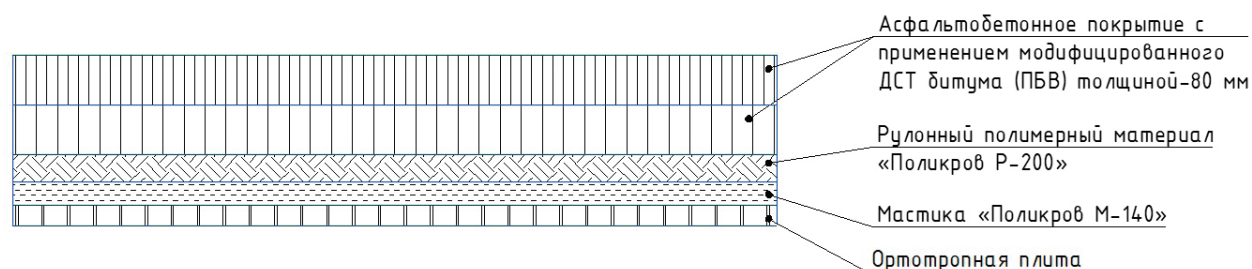


Рис. 5. Конструкция дорожной одежды с применением композиции «Поликров»

6. Применение тонкослойных покрытий Матакрил позволило увеличить срок службы в среднем до 11 лет. Такие покрытия были применены при строительстве моста через р. Сясь в Ленинградской области, и моста через р. Камчатка в Камчатском крае. После 7 лет эксплуатации существенных дефектов на покрытии не наблюдается.

Наиболее главным достоинством данного покрытия является то, что его вес в 10 раз меньше веса асфальтобетонного покрытия, что позволяет снизить нагрузку на пролетное строение, а, следовательно, уменьшить количество используемого металла до 15%.

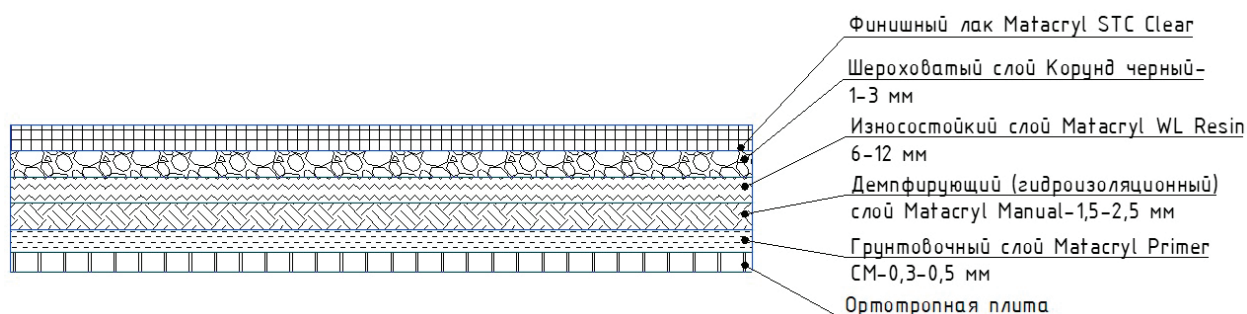
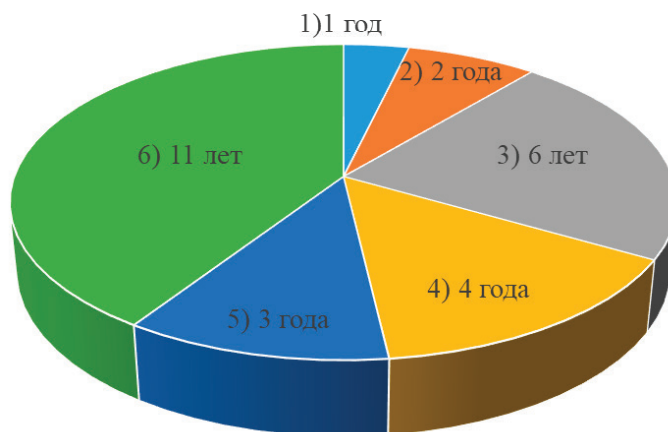


Рис. 6. Конструкция дорожной одежды с применением тонкослойных покрытий на основе (ПММА)

Срок службы рассмотренных конструкций дорожных одежд представлен в виде диаграммы.



**Рис. 7. Средний срок службы покрытия: 1 — Дорожная одежда с применением полиуретанового защитно-сцепляющего слоя Romex; 2 — Дорожная одежда с применением эпоксидного компаунда для защитно-сцепляющего слоя + буферный слой Зика; 3 — Дорожная одежда из литого асфальтобетона технологии фирмы Лемминкяйнен; 4 — Дорожная одежда с защитно-сцепляющим слоем из рулонных наплавляемых материалов; 5 — Дорожная одежда с применением композиции «Поликров»; 6 — Дорожная одежда с применением тонкослойных покрытий на основе (ПММА)**

Сравнивая рассматриваемые конструкции дорожных одежд можно сделать вывод, что тонкослойные покрытия на основе полиметилметакрилата (ПММА) имеют наибольший срок службы.

На сегодняшний день опыт применения такого покрытия незначителен. Кроме того, отсутствуют адекватные методы расчета покрытия из этого материала.

Для устройства качественной дорожной одежды на мостах с металлической плитой проезжей части, необходимо отказываться от применения традиционного асфальтобетона. Поэтому необходима разработка совершенно новых типов слоев, работа которых будет учитываться совместно с работой ортотропной плиты. Также необходимо совершенствовать нормативно-техническую базу.

Для практического внедрения рассмотренных материалов в качестве конструкций дорожных одежд на мостах с ортотропной плитой следует продолжать теоретические исследования.

Литература:

1. Овчинников И. Г., Овчинников И.И. Дорожная одежда на мостовых сооружениях: отечественный и зарубежный опыт // Интернет-журнал Науковедение. — 2014. — № 5. — С. 67–97.
2. Горелышева Л. А. Нежесткие дорожные покрытия на металлических мостах. М. — 2004. Информавтодор. Обзорная информация. Вып. 4. 80 с.
3. Овчинников И. Г., Овчинников И. И., Телегин М. А., Хохлов С. В. Эффективные конструкции дорожных одежд с применением асфальтобетона на мостовых сооружениях // Интернет-журнал Науковедение. — 2014. — № 1. — С. 1–18.
4. Овчинников И. Г., Илюшкин В. А., Овчинников И. И., Удалов М. В. Особенности устройства и работы дорожных одежд на мостовых сооружениях с ортотропной плитой проезжей части // Совершенствование методов расчета строительных конструкций и технологии строительства. Сборник науч. трудов. Саратов. СГТУ. 2010. с. 223–232



## Стиль модерн в архитектуре губернского Ставрополя

Жердев Александр Андреевич, студент  
Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь)

*В данной статье даётся характеристика хронологии, основных предпосылок, европейских и русских особенностей стиля модерн в культуре России конца XIX — начала XX веков. На основе сопоставительного анализа образцов архитектуры стиля модерн города Ставрополя, России и Европы будет предпринята попытка раскрыть каналы влияния западноевропейских и русских идеалов и приёмов стиля модерн на архитектуру города Ставрополя конца XIX — начала XX веков.*

**Ключевые слова:** Ставрополь, модерн, архитектура модерна, губернский Ставрополь, архитектура губернского Ставрополя, ставропольский модерн, русский модерн.

Модерн (от французского *Moderne* — современный) — это стилевое направление в европейском и американском искусстве конца XIX — начала XX в.в. В архитектуре модерна используются новые конструкции, свободная планировка и своеобразный символический декор [22]. Возникновение и становление стиля «модерн» в архитектуре стран Европы относится к 1880-м годам XIX столетия, а своё наиболее полное развитие стиль получает в конце XIX — начале XX века [20]. В Европе стиль модерн формировался под влиянием истощения архитектурного стиля историзм, предполагающего повторение ранних архитектурных стилей при строительстве зданий.

В России архитектура модерна возникла на подготовленной почве в 90-х г.г. XIX века, немаловажное значение имели изменения, происходившие в русской архитектуре в XIX веке. В частности, по мнению В.В. Кириллова, к основным предпосылкам становления стиля «модерн» в русской архитектуре следует отнести распад в середине XIX века старой монистической художественной концепции стиля классицизм, который привел к девальвации прежних эстетических ценностей и идеалов в архитектуре [9] и утверждению в русском зодчестве в начале XX века принципа утилитарной эстетики модерна, характерной для мировоззрения нового утверждающегося в России класса буржуазии, становление в России нового класса буржуазии, накопление пространственных рациональных элементов в интерьере, подготовивших переход к пространственной концепции модерна [10], прогресс строительной техники в начале XX века, создавший образцы архитектуры для массового потребителя, который привёл к рациональным тенденциям формообразования [23], необходимым для стиля модерн, социализация и демократизация общественного развития в России в середине XIX — начале XX веков. Расцвет архитектуры модерна в России относится к началу — первой трети XX века.

К основным чертам архитектуры европейского модерна в России начала XX века относится использование извилистых, плавных линий естественного природного мира: цветов, бутонов (символов нарождающейся жизни), экзотических растений, пламени костра, морских раковин и волн [20], плывущих облаков, формы на-

секомых и животных, бабочек, птиц, в формах интерьеров здания, отказ от прямых линий, природная линия становится органичным элементом художественного единства и выражением целостности замысла, что создаёт эффект завершенности и гармонии архитектурной постройки [14], культ стихии, неподвластный разумному началу, биологизм художественного образа, использование витражей и соединение металла и стекла, использование кованого гнутого железа, оконные переплёты и решётки лестниц, балконов, построенные на ритме изгибающихся растительных линий, «линия Орта», или «удар бича», в виде стилизованного цветка цикломена или непересекающихся изгибающихся параллельных линий в рисунке лестницы и пола, стен, отсутствие прямых плоскостей на фасаде, плавное перерастание колонн, поддерживающих несущую конструкцию, в растительные узоры [20], стремящиеся ввысь, плавно перерастающие одна в другую доминанты и формы, прямоугольные, широкие, вытянутые кверху окна, большие, магазинные крупные окна-витрины, использование эркеров — выступающих из фасадной плоскости призматических или цилиндрических вертикальных объёмов с окнами, увеличивающими площадь внутреннего помещения и улучшающие его освещённость [19], использование металлических стеклянных куполов над вестибюлями главного входа, покрытых металлическими пластинами, имитирующими форму листьев, использование эмали и витражей, майолики, а также панно в интерьере здания, использование полихромной архитектурной керамики в виде майоликовой голландской плитки бирюзового, золотистого и темно-красного цветов, архитектурное мифотворчество, выразившееся в изображении верхнего яруса из нескольких этажей в виде сказочного дома с башенками, уступами и выдвинутыми вперёд объёмами, декоративизм, тесное переплетение стекла и металлических конструкций, использование цветных кирпичей и ярких цветов при оформлении здания, изображении антропоморфных и флоральных мотивов в виде девичьих головок с пышными распущенными волосами, использующихся как украшение замковых камней окон, арок, дверных проёмов и в виде свободных орнаментов, растительные орнаменты в виде цветов в штукатурке и кованном металле



(аттики, ограждение балконов, участков городской территории,) [17] отделка темно-красным гранитом особой обработки, разнообразные по форме и размерам окна с зеркальным «корабельными» стеклами, изготовлявшимися по заказу в Германии, оригинальные балконы и лоджии, нарядные центральные башенки для часов [24].

Архитектура губернского Ставрополя отразила в себе европейское влияние нового для России стиля. *Основное влияние на развитие ставропольского модерна оказывали образцы данного стиля в архитектуре Санкт-Петербурга и Москвы, к отдельному каналу влияния следует отнести западноевропейскую архитектуру.* Первые попытки по внедрению стиля «модерн» в архитектуру губернского Ставрополя относятся к 1910-м годам и связаны с деятельностью ставропольского архитектора А. П. Булыгина. В «Аптеке» Байгера (1912 г.) нашли применение такие элементы европейского стиля модерн, как разнообразные по форме и размерам окна с зеркальным «корабельными» стеклами, изготовлявшимися по заказу в Германии, оригинальные балконы и лоджии в форме морских волн, нарядные центральные башенки для часов, большие, магазинные крупные окна-витрины и использование полихромной керамики на фасаде здания: фасад перед входом с боковых сторон отделан голландской глазурованной плиткой серого и белого цветов, балконы и эркеры оформлены в виде морской волны заимствованием европейского стиля модерн в аптеке Байгера является эффект, который передаёт глазурованная голландская плитка во время пасмурной погоды — ровный тон плитки в пасмурную погоду дополняется эффектом блеска под прямыми солнечными лучами, венчает здание нарядная центральная башенка для часов с завершением в виде металлических пластин. Приём использования майоликовой плитки в аптеке Байгера имеет сходство с приёмом использования этого же материала майоликовой плитки при отделке фасада дома на 15-й линии Васильевского острова, архитектора М. Ф. Еремеева, 1910—1913 гг. [5], где используется майоликовая плитка различных тёплых и ярких цветов, использование приёма одинаковых по форме мансард в стиле модерн по периметру крыши здания аптеки Байгера имеет свой аналог в мансардах Дома компании «Зингер» архитектора П. Ю. Сюзора, 1902—1904 г.) [1], подобную плавную форму корабельного окна-витрины Аптеки Байгера, поддерживаемую двумя стилизованными колоннами, следует отметить и в оформлении окна дома на улице Элизабетес, 10 а в Риге [12]. Окно на верхнем этаже дома на улице Элизабетес представлено в плавной, текучей форме, поддерживается двумя колоннами, что придаёт ей сходство с корабельным окном-витриной на нижнем этаже Аптеки Байгера. Мотив морской линии в виде растительного орнамента встречается и в оформлении заграждения дома Манжоса-Белого (рубеж XIX — начало XX веков), построенного в стиле раннего ставропольского модерна, а круглые окна характерны и для дома Ртищева в Ставрополе.

Приём европейского модерна в виде применения при украшении аттика майоликовой плиткой ярких цветов и приём использования прямоугольных и широких вытянутых сверху окон отразился и в оформлении фасада гостиницы «Коммерческая», перестроенной в 1913 г. архитектором А. И. Борисовым (1879—1970 г.г.) в стиле южнороссийского модерна. Данный приём использования при оформлении аттиков окон гостиницы полихромной архитектурной керамики в виде майоликовой плитки бирюзового, синего, светло-синего, фиолетового, золотистого, темно-красного и светло-зелёного, и светло-розового цветов, характерен и для оформления антресольных и поясов окон дома полярного исследователя Кушакова (1911 г.), окна эркеров дома Кушакова удлиняются и стремятся ввысь, прорывая плоскость пространства, а украшения на завершении угловой пилястры имеют растительный пояс со стилизованным якорем. Применение майоликовой плитки характерно и для других зданий ставропольского модерна. Так, в пазухах фасада синематографа Биоскоп (1908 г.) [4] архитектор А. П. Булыгин применил майоликовую плитку болотно-зелёного, светло-серого, тёмно-серого и тёмно-синего цветов. Подобный приём использования майоликовой плитки ярких цветов при украшении фасада здания находит отражение и в итальянском модерне. В Милане на via Malpighi, 3 фасад дома Галимберти украшен разноцветной майоликой с женскими и мужскими фигурами, разбавленными растительностью и орнаментами [15]. В русской архитектуре прототипом ставропольских майоликовых домов служит здание дома на 15 линии Васильевского острова, 70 в Санкт-Петербурге, на фасаде которого можно встретить майоликовую плитку красного, темно-синего и светло-розового тонов, светло-желтого, золотистого и бирюзового оттенков, не образующую единого рисунка [2].

Приём использования глазурованного цветного кирпича бирюзового цвета при отделке фасада дома в стиле модерн отразился в Особняке братьев с. и А. Озеровых, построенном в начале XX века неизвестным архитектором [4]. Аналогичный элемент использования красного и бирюзового кирпича при оформлении фасада здания наблюдается в Особняке Кекушевой в Москве (1903 г.) архитектора Л. Н. Кекушева (1862—1916 г.г.) [6] и торговом доме В. Ф. Аршинова в Старопанском переулке в Москве архитектора Ф. О. Шехтеля (1899—1900 г.г.) [21], кованное гнутое железное заграждение балкона дома Озеровых с характерным для бельгийского модерна растительным орнаментом в виде цветов повторяет рисунок решётки балкона дома Виктора Орты в Брюсселе (1898—1901 г.г.) [13], построенной на ритме изгибающихся растительных линий.

Такой метод архитектуры европейского модерна, как изображение антропоморфных и флоральных мотивов в виде девичьих головок с пышными распущенными волосами, использующихся как украшение замковых камней окон, арок, дверных проёмов и в виде свободных орнаментов, был применён неизвестным архитектором в укра-

шении наружного пространства между окнами на фасаде Замка барона Штейнгеля на Николаевском проспекте (начало XX века). Элементы в виде цветочных композиций на оконных сандриках дома Штейнгеля можно найти и в оконных сандриках Дома М. И. Кшесинской в Петербурге [8], а лопатки эркеров и угловых частей Замка Штейнгеля в виде мхов напоминают рисунки доходного дома Бака на Кирочной улице, д. 24, архитектора Б. И. Гиршовича, 1904–1905 г.г. и Замка д Оржеваль во Франции архитектора Эктора Гимара, 1904 г. [13]

Флоральный мотив девичьей головки в виде профиля женской головы Виктории (Победы) [3] с пышными распущенными волосами характерен и для оформления поля фронтона над главным входом в Здание бывшего офицерского собрания (1912 г., неизвестный архитектор, строительный подрядчик Михаил Лаверьчев) [4]. В оформлении здания угадывается обращение архитектора к идеалу испанского европейского модерна: использование кремнистого известняка в стиле романтического модерна с ажурными балкончиками. Такой приём наблюдается в оформлении фасада дома Кальветт в Барселоне в Испании (1899–1900 г.г.) архитектора Антонио Гауди (1852–1926 г.г.) [16].

Влияние западноевропейского модерна отразилось и в архитектуре театра «Пассаж», построенного на деньги купцов Меснянкиных в 1909-м году по проекту архитектора Г. П. Кускова и его помощников Александра Борисова и Ульяна Лоханова в 1909-м году [4]. Следует отметить орнаменты в пространствах между окнами. Использование такого элемента архитектуры модерна, как заполнение пространства между окнами символическими орнаментами и цветовая гамма из сочетания жёлтого и белого цветов в отделке фасада ставропольского «Пассажа» характерен для венского модерна, в частности, для дома венского торговца кофе Юлиуса Майнля, построен-

ного в 1899-м году архитектором Максом Кнопфом, где в простенках находятся орнаменты гербов дома Юлиуса Майнля [7]. Тайные знаки — барельефные изображения крылатого скипетра, увитого змеями — кадуцеев [18] в оформлении фасада «Пассажа» аналогично оформлению простенок дома Герцога Лейхтенбергского, архитектора Ф. Фон Постеля (1904–1905 г.г.) в Петербурге, в оформлении простенок фасада которого применяются мотивы крылатого скипетра бога Гермеса [8].

Приём архитектурного мифотворчества стиля модерн, выразившийся в изображении верхнего яруса из нескольких этажей в виде сказочного дома с башенками, уступами и выдвинутыми вперёд объёмами и приём декоративизма модерна отразился в особняке Панова, построенного по проекту архитектора А. П. Булыгина в 1902-м году [4] на улице Дзержинского. Декоративизм усадьбы Панова проявляется в украшении стен арками и нишами, пилястрами, наличниками, карнизами, полуколоннами. Архитектурное мифотворчество модерна выразилось в усадьбе Панова в оформлении верхней части здания. Верхняя часть стен и край кровли завершались высокими фронтонами, фигурными выступами и неповторяющимися башенками, придававшими зданию наглядность, сегодня утраченными. Данные элементы модерна, применённые в оформлении фасада особняка Панова встречаются и в построенном позднее доходном дом Милетиных в Москве (архитектор В. Е. Дубовский, инженер П. К. Ваулин, 1912 г.) [1].

Таким образом, влияние русского модерна на ставропольскую архитектуру выразилось в использовании при строительстве ставропольских особняков и доходных домов элементов московского и петербургского модерна, а западноевропейская архитектура внесла в архитектуру ставропольского модерна элементы венского, бельгийского, испанского, и французского модерна.

#### Литература:

1. Альбедиль М. А. Санкт-Петербург. История и архитектура. Альбом. — М.: Яркий город, 2011. — 160 с.: илл.
2. Анисимов Е. И. Санкт-Петербург и пригороды. Альбом-каталог. — СПб.: Золотой Лев, 2018. — 320 с.: илл.
3. Беликов Г. А. Старый Ставрополь. — Ставрополь, 2009. — 360с: илл.
4. Беликов Г. А., Савенко С. Н. Облик старого Ставрополя. Кн. I, II — Ставрополь: Снег, 2007. — 496 с.
5. Борисова Е. А., Стерниг Г. Ю. Русский модерн. Альбом. — М.: Советский 1990. — 360 с.: илл.
6. Гейдор Т. И., Павлинов П. С. Москва. История. Архитектура. Искусство. Альбом. — СПб.: Медный всадник, 2014. — 304 с. 6 илл.
7. Графтон К. Б. Стиль ар-нуво. Линии и силуэты. Альбом. — М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2016. — 144 с.: илл.
8. Жерихина Е. И. Аристократические особняки Санкт-Петербурга. СПб.: Аврора, 2016. — 240 с.
9. Кириллов В. В. Архитектура Русского модерна. — М.: Изд-во Московского университета, 1979. — 214 с.: илл.
10. Кириченко Е. И. Фёдор Шехтель. — М.: Стройиздат, 1973. — 144 с.
11. Кириченко Е. И., Александрова А. А. Москва. Памятники архитектуры 1830-х-1910-х годов. Иллюстрированный каталог. — М.: Искусство, 1978. — 399 с.: илл.
12. Кишэ Э., Плауцинь Л. Памятники архитектуры Риги. Rīgas arhitektūras pieminekļi. Альбом. — Рига: Изд-во Академии наук Латвийской ССР, 1956. — 65 с.: илл.
13. Леньо. Ж. — М. Стиль модерн. Альбом. Леньо. — М.: Арт-Родник, 2010. — 619 с: илл.
14. Лисовский В. Г. Стиль модерн в архитектуре. — М.: Воскресный день, 2015. — 480 с.: илл.
15. Маги Дж. Tout Milan. Альбом видов. — Париж: Wonechi, 1998. — 128 с.: илл.

16. Милютин Е. Г. Антонио Гауди. Альбом. М.: Белый Город, 2017. — 128 с.: илл.
17. Нащокина М. В. Московский модерн. — М.: Коло, 2005. — 822 с.
18. Нутрихин Р. В. Мистические огни Ставрополя. Очерки, статьи, эссе и документы из области сакрального краеведения. — Ставрополь: Ставрополь, 2018. — 544 с.
19. Плужников В. И. Термины российского архитектурного наследия. — М.: Искусство, 1995. — 158 с.: илл.
20. Сарабьянов Д. В. Стиль модерн. Т. 1. — М.: Искусство, 1989. — 294 с.
21. Хвостова Д. О., Соколова Л. А. Московский модерн в лицах и судьбах. Альбом. — М.: Центрполиграф, 2014. — 352 с.: илл.
22. Холлингсворт М. Большая иллюстрированная энциклопедия истории искусств. — М.: Машаоп, 2007. — 512 с.
23. Хомутецкий Н. Ф. Русские зодчие и строители в развитии строительной техники. Л., 1956. С. 59.
24. Беликов Г. А. Замечательные люди Ставрополя. Пятигорск, 2019. С. 119.

## Развитие комфортности жилища с учетом исторических периодов

Красина Юстина Ильинична, студент магистратуры  
Казахская головная архитектурно-строительная академия (г. Алматы, Казахстан)

Понятие комфорт пришло в нашу повседневную жизнь постепенно и на начальных этапах формирования человеческой жизнедеятельности если и затрагивались какие-то аспекты комфорта, то скорее всего делалось это интуитивно. Связано это было с разными временными отрезками и научными достижениями в них. Каждый исторический этап характеризуется особыми событиями, связанными с развитием человека и сопутствующими потребностями в данных периодах.

Нельзя одинаково оценивать понятия комфорта, не учитывая, о каком времени идет речь. В древние века иметь собственную пещеру, которая защищает от дождя и ветра, это уже невероятный комфорт, а для сегодняшнего дня такой показатель не актуален.

Анализируя предыдущие исторические этапы развития человечества можно смело говорить о том, что комфорт — это понятие, которое формировалось эпохами и целыми поколениями. Историческое развитие понятия комфортности жилища можно рассмотреть по трем основным глобальным периодам, а именно: древние века, средние века, новое время.

Если говорить о древних веках, где жилище представляло собой самые примитивные формы естественного в основах происхождения, то комфорт здесь имел совсем абстрактное и поверхностное, скорее интуитивное, происхождение. Изначально наши предки жили в огромных гнездах, созданных на несколько людей, скорее всего интуитивно себя ограждая и подсознательно выстраивая границу психологической безопасности. Гнездо было самое обычное — из веток и травы. Учёные полагают, что наши предки — австралопитеки, возможно, строили их, как это делают современные человекообразные обезьяны (обезьяны, строение тела которых похоже на наше). Но такие строения конечно еще трудно назвать домами, скорее это было что-то наподобие ночевки, так как не было достаточной защиты от различных климатических условий.

Настоящие жилища появляются немного позднее, в тот период, когда до первых людей приходит осознание того, что жилище, это не просто ночевка, но и некое убежище, и оно должно соответствовать иным требованиям. Жилище должно быть большего размера, крепче в конструкции для большей долговечности и безопасности.

Следующий вид жилья в древние века, предполагаемый учеными и подкрепляемый археологическими находками, шалаш. Для строительства этого простейшего типа жилища в качестве строительных материалов служили камни, дерево, земля, а иногда в основе использовались кости крупных животных, например, мамонтов или слонов.

Также к жилищам простейшего типа можно отнести заслоны от ветра и простейшие ульеобразные хижинки с круглым основанием, похожие на сооружения охотников эпохи неолита на своих стоянках. Аналогичные жилища можно встретить также у многих охотничьих и оленеводческих народов Сибири, в Северной Америке это были конические шалаши, напоминающие чумы.

Более благоустроенным жилищем первобытного общества является пещера. Это один из самых распространенных видов жилищ, встречающихся по всему миру. Многие пещеры дошли до нас в первозданном виде и достаточно хорошо демонстрирует быт тех времен. Одним из главных недостатков являлось недостаточное количество пещер, со временем появилась необходимость в усовершенствовании этого достаточно примитивного жилища, которое рано или поздно переставало отвечать всем требованиям первобытных людей.

В дальнейшем появился новый вид первобытного жилища, отдаленно напоминающий юрту. Данный вид представляет собой стационарное разборное жилище. Подобные юрты достигали в ширину девяти метров. Каркас делался из останков животных (костей) и бивней мамонта. Кости мамонта были настолько велики, что могли быть

использованы в качестве мебели (стульев), это можно считать одним из первых случаев обустройства жилищ. Также кости крупных животных использовались для зонирования, ими разделяли комнаты. Следующим шагом было покрытие каркаса шкурами.

Дома, которые были прототипом юрты, также имели круглую форму. Подобные остатки жилища именно такого типа были найдены в Восточной Европе. Датируются эти дома около 45 тыс. лет назад. В них проживали неандертальцы и кроманьонцы. Кроманьонцы имели еще более усовершенствованные дома. В качестве каркаса они использовали еще и дерево, иногда делая дома утопленными в землю (землянки). В таких домах в центре находился очаг, с отверстием для выхода дыма.

Подводя итог о жилищах людей древних веков, можно сказать о том, что при сооружении своих жилищ, древние люди руководствовались в первую очередь созданием физической и психологической безопасности, защитных функций от климатических условий, а также решением бытовых проблем. Таким образом, они создавали элементарный примитивный комфорт.

Следующим историческим этапом развития комфорта является эпоха средних веков. В средневековье можно рассмотреть развитие жилища от крестьянского дома до феодального замка. В архитектуре тех времен активно прослеживалось различие, связано оно было с социальным расслоением общества. Заселение происходило по новому типу. Присутствовали типы односемейных и многофункциональных домов. Постройки возводились достаточно активно, это было связано с урбанизацией городов, начавшейся в XI веке.

В Средневековье крестьянские дома строились из дерева (сруб и несущие конструкции), внутренние перегородки в домах были саманными, а крыша соломенной. Дома представляли собой длинные строения, и проживали в нем под одной крышей и люди, и животные. Дом состоял из одного блока, поделен был на две половины, а на чердаке часто устраивали сеновал. Входная дверь открывалась в жилое помещение, а рядом находился источник тепла — очаг. Вторая комната иногда использовалась как комната отдыха, но обычно она служила кладовой для хранения вина.

Экономический подъем XI—XII вв. позволил крестьянам увеличить размеры жилища и улучшить крестьянские хозяйства, что послужило поводом для создания новых подсобных помещений, таких как: амбары, конюшни, стойла для домашних животных.

Постройки становились более прочными и основательными, для их возведения возникла необходимость появления новых специалистов, например, каменщика или плотника. Одним из минусов являлось отсутствие окон, так как остекление могли себе позволить только знать и зажиточные крестьяне.

Городские постройки возводились в духе сельских построек. Увеличение населения в городах на ограниченной городской территории спровоцировало строительство

каменных многоэтажек. Эти многоэтажные постройки были не просто жилищем, а являлись уже многофункциональным строением. Дома строились с учетом потребностей жильцов, для их большего удобства. На первом этаже располагались торговые лавки или мастерские. Спальни располагались на втором этаже, для того, чтобы скрыть личную жизнь хозяев от посторонних глаз. Иногда ремесленники устраивали на втором этаже мастерские, ювелиры — из изображений безопасности, а ткачи — для получения солнечного света, так как вторые этажи, как правило, были лучше освещены. В большинстве случаев комнаты были небольшими: от 10 до 20 кв.м. (в Париже). В XIV веке появляются комнаты, имеющие особое назначение: кухня, гардеробная, классная комната.

Внутреннее убранство домов было отражением социального статуса хозяев и по нему можно было судить о их внутренних ценностях.

Дома городской знати кардинально отличались от домов обычных крестьян: имели совсем иные размеры, роскошное внутреннее убранство, изобилие декора. По периметру дома часто окружали садами, присутствовали конюшни. Данные дома были прототипами феодального замка, они имели все те же функциональные пространства.

В соответствии с последними достижениями прогресса дома возводились из кирпича, оборудовались каминами, застекленными окнами, крыша покрывалась черепицей. Также для большего удобства часто в домах устраивали часовни и молельни.

Окна в домах считались предметом особой роскоши, поэтому их всячески старались украсить: в них вставляли тонкие пластины из алебаstra, цветные стекла, витражи и пропитанное маслом или воском полотно, их прикрывали ставнями, створки которых украшались резными скульптурами. У людей низкого социального статуса окна прикрывались обычными досками. Из-за отсутствия окон в домах постоянно были сумерки, в связи с этим искусственное освещение было постоянным. Восковые свечи могли себе позволить только очень богатые люди и духовенство для освещения церквей. Остальные пользовались масляной лампой, представлявшей собой обычную глиняную или металлическую плошку, или свечами из животного жира.

В домах знати предусматривалась система отвода сточных вод, а для обеспечения жителей водой строили колодцы. Археологические раскопки, миниатюры, а также посмертные инвентарные списки свидетельствовали о наличии в домах состоятельных людей ванн для мытья, бассейнов для купания, чанов для стирки белья, бадеек и кувшинов для воды, подтверждающих, что гигиена занимала большое место в жизни средневекового общества.

Отличия в домах были не только внешние (размеры и декор фасадов), но и во внутреннем убранстве. Спальные места крестьян представляли собой раму из дерева, сколоченную из досок, заполненную соломой, сверху располагали матрас. Матрас был набит перьями



и отходами ткацкого производства. Состоятельные люди имели более обустроенный быт, их матрасы были набиты пухом. В целом иметь кровать было особой роскошью. Это являлось дорогостоящим и престижным предметом мебели.

В Средневековье в основу развития комфорта легло классовое неравенство. То, чего на то время достиг научный прогресс, могли позволить себе лишь богатые люди, внедряя новинки в повседневную жизнь, благоустроив свои дома и облегчая быт; крестьянам же приходилось довольствоваться тем, что есть, однако, большинство предметов быта были функциональными, без лишнего декора, более практичными и долговечными.

Рассматривая третий период становления комфорта — новое время, можно смело говорить о том, что современный комфорт — это совокупность многих факторов. На данный момент наука достигла больших перемен, по-

явилось достаточное количество вещей, значительно облегчающих нашу жизнь. Прослеживается тесная взаимосвязь между повышением требований к жизни и повышением комфорта вокруг.

На основании предыдущих умозаключений можно смело утверждать, что комфорт= уют= благоустроенность, отсюда следует, что во времена, когда не было сформировано такое понятие, как комфорт, человек подсознательно стремился к уюту и благоустроенности, так как эти понятия достаточно давно существуют в обиходе человека. Стремясь создать вокруг себя уют, человек невольно затрагивал аспекты комфорта: он накапливал опыт, знания в этой сфере. А с постепенным ростом потребностей, развития науки и техники мы пришли к тому, что с каждым временным промежутком человек вынужден затрагивать все больше и больше составляющих для более комфортного проживания.

#### Литература:

1. Лисициан, М. В., Пронина Е. С. Архитектурное проектирование жилых зданий. Москва, изд. Архитектура-С. 2010 г.
2. Рубаненко, Б. Р. Жилая ячейка в будущем. Москва, изд. Стройиздат. 1982 г.
3. Коссаковский, В. А. Архитектурная композиция жилого дома.
4. Костенко, А. Я., Зимина О. С. Строительство и ремонт. История дизайна интерьеров. Благоустройство квартиры (1986).
5. Иконников, А. В. Функция, форма, образ в архитектуре. — М., 1986 г.

## Ремонт и усиление фундаментов

Новицкий Олег Владимирович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*Статья посвящена ремонту и усилению фундаментов, рассматриваются методы укрепления и усиления фундаментов.*

**Ключевые слова:** усиление, укрепление, фундамент, ремонт.

Сколько прослужит жилое здание и будет ли оно соответствовать назначению зависит от основания и фундамента. Иногда возникает необходимость для его переустройства. Например, если возрастает нагрузка на существующий фундамент или изменяется его функциональное назначение.

Фундамент — это несущая строительная конструкция, которая является частью здания или сооружения, выполняет функцию распределения всей нагрузки по основанию.

Фундамент — это система, которая считается более трудной в проектировании и прогнозировании ее функционирования в процессе эксплуатации.

На практике выяснилось, что укрепить готовый фундамент гораздо сложнее чем спроектировать новый. Происходит это потому, что необходимо учитывать условия

эксплуатации. Ремонтируя и укрепляя фундамент необходимо учитывать разнообразие проявлений деформации зданий и сооружений. Этот процесс трудоемкий, тяжелый и ответственный.

Причины, вызывающие повреждение или разрушение фундаментов:

- Природные (грунтовые воды, низкие температуры, размягчение грунта)
- Техногенные (нагрузка на фундамент неравномерна, структура грунта подверглась изменению, почва подверглась загрязнению).

Для того, чтобы предотвратить аварийную деформацию зданий, чаще всего приходится увеличивать площадь подошвы фундаментов.

Основные работы при ремонте и усилении фундамента:

- усиление оснований и фундаментов;



- уширение подошвы фундаментов;
- увеличение глубины заложения;
- полная или частичная их замена.

Методы усиления фундаментов

1. При незначительном износе применяется метод устройства защитных растворяемых рубашек. В уже суще-

ствующую кладку заделывают металлические анкеры соблюдая шахматный порядок через 0,5 м. Далее к ним крепят арматурную сетку и наносят раствор.

На рисунке 1 представлены два варианта устройства железобетонной обоймы — двусторонней (рис. 4, а) и односторонней (рис. 4, б).

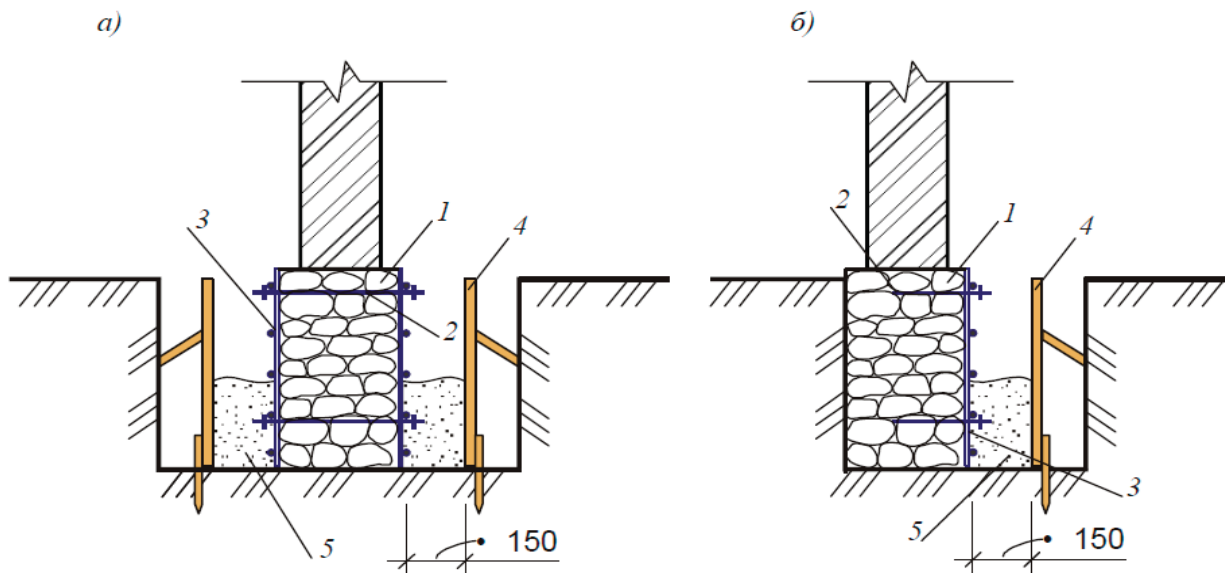


Рис. 1. Усиление бутовых фундаментов путем устройства железобетонной обоймы: а — двусторонней, б — односторонней: 1 — бутовый фундамент, 2 — анкер, 3 — арматурная сетка, 4 — опалубка, 5 — бетонная смесь

2. При усилении фундаментов эффективно применять корневидные сваи (буриинъекционными) — это позволяет работать без разработки котлована, обнажения фундамента, а также не нарушая структуру грунта у осно-

вания. При этом способе усиления здания используется так называемый подпорок — жестких корней в грунте, который переносит большую часть нагрузки на плотный слой грунта.

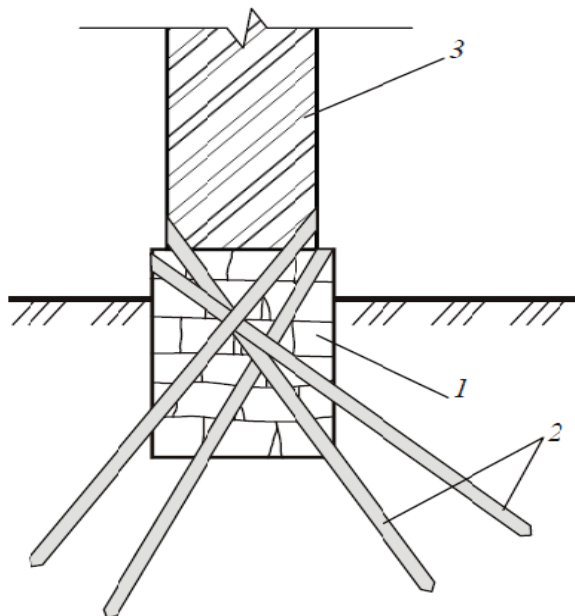


Рис. 2. Усиление фундаментов буриинъекционными сваями: 1 — фундамент, 2 — буриинъекционные сваи, 3 — стена

3. Так же можно использовать способ «стена в грунте». Он хорошо подойдет если работы производятся недалеко от зданий и в сложных грунтовых условиях. Если условия строительства вызывают сложности, то при усилении фундамента можно комбинировать два способа «стена в грунте» и устройство набивных и корневидных свай.

4. При необходимости углубления фундамента применяют монолитный бетон. Сначала фундамент необходимо разгрузить, далее отрывают шурфы на 0,7...1 м ниже, чем подошва фундамента, а затем стенки закрепляют щитами. К передней стенке устанавливают раму. В колодец заливают бетон, с дальнейшим обжатием основания. Далее зазор бетонируется.

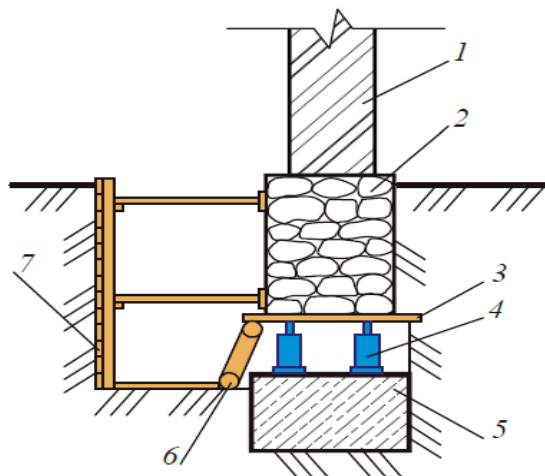


Рис. 3. Углубление фундамента отдельными блоками:

1 — стена, 2 — фундамент, 3 — забирки, 4 — домкрат, 5 — бетонный блок, 6 — деревянная рама, 7 — инвентарные щиты

5. Усиление с помощью железобетонных опускных колодцев. Этот способ не требует разгрузки фундамента и может иметь любые габариты. Размер колодца должен быть больше подошвы фундамента (15–20 см.). Его опускают по наружному периметру стен, не нарушая фундамент и заключают в обойму. После этого траншея полойно засыпается песком или грунтом.

Ремонтируя фундамент иногда необходимо его заменить. Так как существующие методы усиления не могут обеспечить требуемую несущую способность или выполнить работы не предоставляется возможности. Когда необходимо заменить фундамент:

— Если нагрузка возрастает (предстоит надстройка здания, осадка здания);

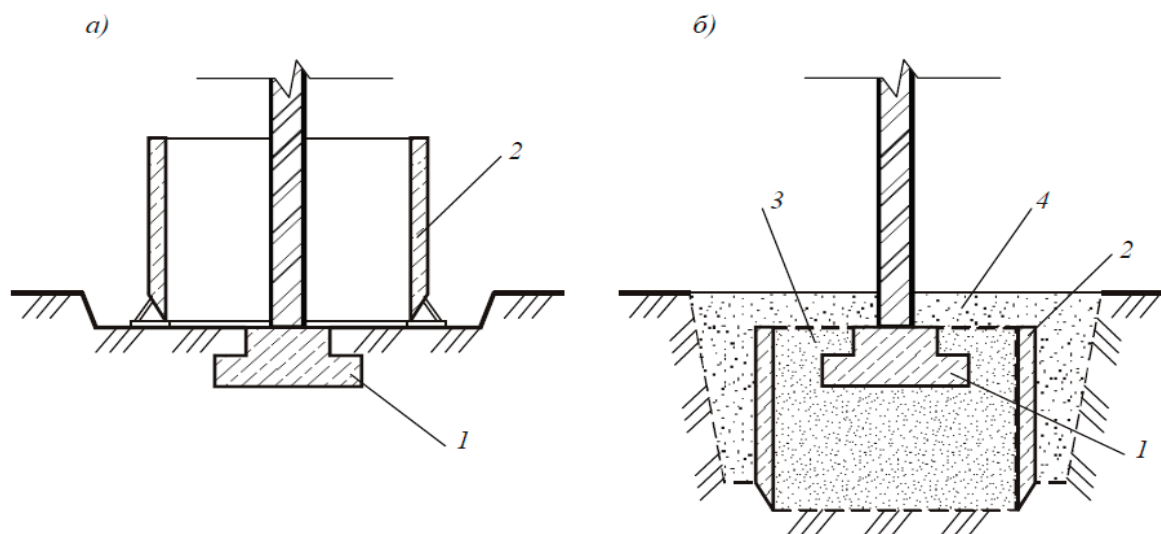


Рис. 4. Усиление фундаментов с помощью опускного колодца:

а — установка колодца в прямке на опоры, б — колодец в проектном положении: 1 — фундамент, 2 — опускной колодец, 3 — обжимаемое основание, 4 — котлован

— Если необходимо проложить ниже подошвы заложения фундамента существующего здания в непосредственной близости от него подземных коммуникаций типа коллектора и т.д.

Замена фундаментов делится на два этапа:

— Первый этап (подготовительный). В него входят мероприятия, которые обеспечат зданиям устойчивость при выполнении работ на втором этапе.

— Второй этап заключается в устройстве котлованов и траншей, разработке старого и устройстве нового фундамента, а также сопутствующие работы. Перекладка чаще всего происходит на отдельных участках длиной 1,5...2 м. Выполняется не раньше 7 суток, после окончания работы на предыдущих смежных участках. Сна-

чала выполняются работы по перекладке самых слабых участков.

При необходимости заменить фундамент производят отрывку шурфов и одновременно надежно закрепляют их стенки. Используя отбойные молотки разбирают буровой фундамент. Но если кладка расслоилась приходится работать вручную. Далее выкладывается новый фундамент. После этого прокладывается гидроизоляционный слой, который будет сопрягаться с гидроизоляцией соседних участков фундамента. Место между новым фундаментом и кладкой стены, закладывают кирпичом и плотной заклиной горизонтального шва полусухим цементным раствором, далее делают обратную засыпку шурфа, которую в дальнейшем послойно трамбуют грунтом.

Литература:

1. Берлинов М. В. Основания и фундаменты / М. В. Берлинов. — СПб: Издательство «Лань», 2011. — 320 с.
2. Леденев В. И. Усиление конструкций при реконструкции / В. И. Леденев В. В. Леденев. — Тамбов: ТИХМ, 1991. — 104 с.
3. Мурсалова Д. Р. Усиление фундаментов и грунтов оснований зданий // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по мат. XLI междунар. студ. науч. — практ. конф. № 1(41).
4. Швец В. Б. Усиление и реконструкция фундаментов / В. Б. Швец, В. И. Феклин, Л. К. Гинзбург. — М.: Стройиздат, 1985. — 240 с.

## At the intersect of Art and Science. What is Immersive Experience Design?

Tatiana Plotnikova, immersive experience designer (Los Angeles, USA)

**Glossary:** *traveller (s) — the audience, the subject of experiencing Immersive Experience Design, sensorial experience — curated experience that engages multiple senses, psychological expansion — a realisation, change in opinion or perception through new knowledge or experience*

Immersive Experience Design is a relatively new branch of design, but its methodologies have begun to revolutionize entertainment, retail, education and activism<sup>1</sup>. Budget for Experiential Marketing is expected to grow 24% in the next 18 months and the Immersive Entertainment Industry alone is valued at more than \$4.5 billion<sup>2</sup>. However aside from observing the quantitative growth of the industry, it is really important to look at its capabilities in relation to humans' psychology: its ability to empower, increase empathy and improve learning.

Emotions have the most profound effect on our consciousness and decisions that we make. Traditional branches of design typically engage one or two senses, meanwhile Immersive Experience Design uses 3D tangible objects and intangible elements like light, sound and scent to create new environments and fascinating narratives. By providing sensorial experiences, these environments profoundly affect, excite and engage audience.

Immersive Experience Design is on the rise because it makes people feel more, think more and engage with art and

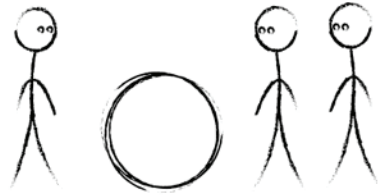
design on a different, more intimate, level. It lets the audience to blur the border between themselves and the design — allowing each *traveller* to interact and co-create the outcome of their experience. A possibility of interaction with an object of art or any other curated environment triggers curiosity in people, it makes them more alert and creates a completely different relationship: the person stops being an observer and becomes a co-creator.

**Key design elements:**

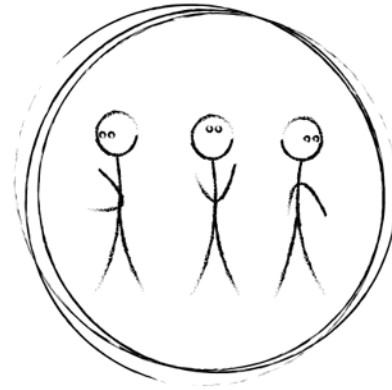
**How to design an Immersive Experience?**

*Step 1. Identifying your audience / primary customer.*

Immersive Experience Design is human centric. It is for and about people. Therefore one of the most important questions to ask is whom are you designing for? Who is your audience? Who would want to experience it and why? After identifying who is your potential customer, you need to think of what kind of value will be delivered to the group. In order to deliver value, an experience has to be relevant: to the time in the past, to a current issue, to a specific interest or a trend. Considering the aforementioned questions



*Static — audience as an observer*



*Immersive — audience as a co-creator*

could facilitate creation of the narratives that people will relate to and love.

*Step 2. Creating narratives*

There are 2 key ways to design a narrative: to design it as an interactive story or as a story where the audience is given the power to co-create the outcome. The latter requires more creative work and production but giving audience the power sparks curiosity, triggers excitement and helps to engage on a deeper level.

In order to establish a personal connection with the happening, a person has to experience 2 things. The first one is

a sense of familiarity; we cannot like something that is completely foreign to us. The second one is an element of surprise. Integrating an element of surprise in a narrative that seemed predictable and familiar at first will create a stronger impression on the audience. Plot twists help with recalibrating attention, sparking interest and excitement. To be able to create these moments the designer can take a very familiar experience or recreate a similar space, apartment for example; and then reverse the order of the familiar spaces, or the location of objects in relation to a human's body. It is a game of expectations, preparing audience for one setting and presenting a different one.



*Familiar narrative*



*Element of surprise – different order in the familiar narrative*

*Step 3. Pillars of certainty (space, time and rules)*

A sense of novelty is celebrated among creative experiences, but the only aspect that differentiates immersive experiences from our every day lives is curation. There is a certain set of conditions that have to be in place for the immersive experience to happen. To be able to fully immerse your audience, it is necessary to secure the space and eliminate as much noise as possible. Securing the space and time is crucial for any experience. When a person is making time for an event (having to switch off technology, having to buy a ticket) he is assigning a higher value to the happening, is more attentive and more engaged in the narrative. Not all rules are bad. Creating a set of rules for the experience can help audience navigate better through the story and stay engaged on a deeper level.

*Step 4.*

Producing an experience based on the established narrative: a theatrical performance, an art installation, an event, a festival, an immersive art installation.

***What are the key design elements in the production process?***

*1. Tangible*

Everything that is related to physical elements: the space, the set design, elements of the space that the audience can interact with through tactile experiences.

*2. Intangible (based on senses)*

Elements that cannot be touched, but can be experienced through other senses. A sense of privacy in an empty space can be altered with external sound. Similarly to other elements like light and smell the perception and experience of

the physical space can also be changed. Sensorial elements can be more powerful than a physical setting and orches-

trating them well can create a great fully immersive experience.



*Familiar narrative*

*Unfamiliar positioning of the  
tangible  
/ intangible element*

### 3. Human resources — actors & production staff

Organising multiple actors and production staff to create the experience. Depending on the narrative there might be multiple levels of engagement with the public: from behind the scenes — regulating the event, to direct engagement in the storyline.

#### ***Immersive Experience Design as a powerful tool.***

Psychological expansion comes from diverse personal experiences. New narratives trigger us to think, perceive and process information differently. That is why storytelling

is a very powerful tool. Experiencing an event, through a story, a theatrical performance, in an unusual 3D environment fires up new neurons in our brains, stimulates new neural connections and sometimes changes our gene expression: a person can feel better, mentally or/and physically<sup>3</sup>.

There is nothing more powerful than a human emotion and Immersive Experience Designers have privilege to create stories, curate environments and help *travellers* co-create their personal experiences.

#### References:

1. Interactive, Intimate, Experiential: The Impact of Immersive Design. [online] San Francisco, California: The 2019 Immersive Design Summit, pp.1–29. Available at: <https://immersivedesignsummit.com/2019industryreport.pdf> [Accessed 30 Nov. 2019].
2. Stein, Lindsay. «Experiential Marketing Budgets Expected to Grow, Study States.» Campaignlive.Com, Campaign, 29 Jan. 2019, [www.campaignlive.com/article/experiential-marketing-budgets-expected-grow-study-states/1524175](http://www.campaignlive.com/article/experiential-marketing-budgets-expected-grow-study-states/1524175). Accessed 30 Nov. 2019
3. Dispenza, Joe, and Daniel G Amen. Breaking the Habit of Being Yourself Carlsbad, Calif., Hay House, 30 Nov. 2019.

## **Организация строительства газоперерабатывающего и газохимического комплекса по переработке природных углеводородных газов различных месторождений**

Фетисов Александр Николаевич, студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*Основной задачей при проектировании газоперерабатывающего и газохимического комплекса является обеспечение экологической безопасности на всех этапах проектирования.*

*При создании завода следует использовать самые последние и эффективные технологические решения, которые минимизируют воздействие будущего предприятия на окружающую среду и в полной мере будет гарантировать соблюдение всех экологических норм и требований.*



*Данная статья посвящена разработке успешной организации строительства газоперерабатывающего и газохимического комплекса по переработке природных углеводородных газов различных месторождений.*

**Ключевые слова:** организация строительства, газопереработка, промышленность, предприятие, газоперерабатывающий и газохимический комплекс.

Возведение завода по переработке природного газа является крупногабаритным промышленным строительством. При верном осуществлении проектного замысла, завод сможет перерабатывать несколько миллиардов нм<sup>3</sup>/год сырого газа, т.е. несколько миллионов т/год. Новый газоперерабатывающий и газохимический комплекс позволит улучшить эффективность переработки природных газов и расширить ассортимент выпускаемой продукции, во время переработки природных газов нескольких месторождений с различным составом. Для успешного решения задачи следует корректно организовать строительство данного комплекса и правильно осуществить ввод в эксплуатацию [1].

Промышленное предприятие должно будет размещаться на территории промышленной зоны. Данный объект не следует размещать с подветренной стороны ветров преобладающего направления по отношению к соседним источникам загрязнения атмосферного воздуха.

Дальнейшая степень интенсивности использования комплекса должна учитывать условия своего размещения и свою зависимость от близлежащих участков, возможно городского даже городского назначения [1].

Территория комплекса должна занимать не менее 60% территории всего промышленного района. Нормативный размер участка предприятия принимается равным отношению площади его застройки к показателю нормативной плотности застройки площадок промышленных предприятий в соответствии со СНиП II-89–80 [2].

Так как предприятие способно выделять вредные вещества и создает шум, то его нельзя устанавливать в пределах селитебных территорий городских и сельских поселений

Если устранить вредное влияние от предприятия, в пределах жилой застройки невозможно, то следует уменьшить мощность отсека или предприятия в целом, в худшем случае перенести строение завода за пределы жилой застройки [2].

По завершению проведения мер по обезвреживанию и очистке вредных выбросов, а также снижению уровня шума, определяется санитарно-защитная зона.

Расход электроэнергии, потребность в тепле, газе и мощности источников электроснабжения определяется исходя из заявок действующих промышленных комплексов или аналогичных предприятий.

Категория помещений определяется в соответствии с государственными нормами взрывопожарной безопасности [3].

При проектировании следует использовать конструктивные схемы, которые способны обеспечивать запрашиваемую прочность, устойчивость и пространственную изменчивость завода в целом.

Сооружения должны располагаться параллельно разбивочным осям соседних зданий и увязываться с унифицированной сеткой колонн зданий.

Так как в возводимом производстве предусматривается переработка газа, то в связи с этим устраиваются не-вентилируемые каналы глубиной не более 0,5 м [9].

Помещения при эвакуации людей должны быть обеспечены системой дымоудаления.

Технологическая схема газоперерабатывающего комплекса и набор технологических установок должны определяться технологическим регламентом на проектирование.

Все существующие технологические установки должны обеспечивать комплексную обработку природного газа и углеводородного конденсата, с целью дальнейшего получения смеси сниженных углеводородных газов, фракций индивидуальных углеводородов, а так же этана, серы, гелия и многих других сопутствующих компонентов.

Минимальное суммарно время в году, в течении которого установка перерабатывает сырье и выдает товарную продукцию, должно составлять не менее 8000 часов (334дня) [4].

При проектировании сосудов и аппаратов следует руководствоваться «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», утвержденных Госгортехнадзором СССР, ГОСТ 14249–80 и ГОСТ 24306–80.

При проектировании индивидуального оборудования и аппаратуры следует:

1. Максимально использовать стандартизированные и нормализованные узлы и детали;
2. Осуществлять увязку данных узлов и деталей с унифицированными строительными параметрами и габаритами.

При выборе материала оборудования следует учитывать наличие сероводорода в рабочей среде технологического процесса, а также предусматривать мероприятия, устраняющие коррозию и сульфидное растрескивание.

Предусмотреть при разработке газоперерабатывающего комплекса средства утилизации сероводородосодержащего газа, получаемого в результате процесса переработки.

Сточные загрязненные воды, которые не подлежат очистке, сжигаются или захораниваются глубоко в земле по согласованию с подразделениями геологии [10].

Закладываемое в проект оборудование должно отвечать современным требованиям научных технологий в газоперерабатывающей отрасли [8].

Оборудование должно оказывать наибольший экономический эффект и использоваться по назначению.

Технологические схемы установок должны компоноваться так, чтобы максимально возможное количество

оборудования находилось в работе и минимальное в резерве, ремонте и других простоях.

Система профилактики планово-предупредительных ремонтов (ППР) оборудования, предусматриваемая проектом, должна быть на достаточно высоком техническом уровне.

Уровень использования основного технологического оборудования должен быть не ниже 90%.

Себестоимость переработки газа следует определять путем составления сводной сметы эксплуатационных рас-

ходов по производству в расчете на годовой объем переработки [6].

При этом из затрат на сырье необходимо вычитать стоимость газа, израсходованного на топливные нужды предприятия.

В заключении написания статьи хочется отметить, что успешная организация строительства минимизирует воздействие будущего предприятия на окружающую среду и в полной мере будет гарантировать соблюдение всех экологических норм и требований.

#### Литература:

1. РД 39–135–94 (РД 51–1–95) Нормы технологического проектирования газоперерабатывающих заводов (взамен ОНТП 1–86 (ОНТП 51–1–86));
2. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31–03–2001 (с Изменениями N1, 2);
3. Гусейнов Ч. С. Проблемы переработки газа в тяжелые углеводороды (природный газ) // Газовая промышленность. 1993. — № 10 (29). — С. 59.;
4. Вольфсон И. С., Полякова А. И., Альпидовская В. Г., Фархутдинова Л. И. Состояние производства углеводородного сырья на ГБЗ Средне-Волжского совнархоза // Газовое дело. 1964. — № 5. — С. 28.;
5. Алексеев А. В. Очистке газа современную технологию (Оренбургский ГПЗ) // Газовая промышленность. — 1978. — № 10. — С. 23.;
6. Бекиров Т. М., Мурин В. И. Влияние режима эксплуатации установки НТС на качественные показатели товарного газа // Газовая промышленность. 1998. — № 4. — С. 11–13.;
7. Борисов с. Д., Семенов В. Е. Развитие газовой промышленности Куйбышевской области // Нефтепромысловое дело. — 1967. — № 2 С. 53–56;
8. День мастера. — Оренбургское газопромысловое управление, 1996, — 18с.;
9. Зайцев Ю. В. Оренбургский газовый комплекс // Газовая промышленность. 1975. — № 3. — С. 6;
10. Келлер А. Н. Нефтяная и газовая промышленность СССР в послевоенные годы. — М.: Гостоптехиздат, 1958. — 56 с.



# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 49 (287) / 2019

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова  
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга  
Художник Е. А. Шишков  
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

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.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г., выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Номер подписан в печать 18.12.2019. Дата выхода в свет: 25.12.2019.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

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

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

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <https://moluch.ru/>

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