

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



**16**  
2022  
ЧАСТЬ II

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 16 (411) / 2022

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

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

*Редакционная коллегия:*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
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  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
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  
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  
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  
Рахмонов Азиз Боситович, доктор философии (PhD) по педагогическим наукам (Узбекистан)  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилос 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)  
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)  
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)  
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (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 Бекмуратович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
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 Александр Александрович Фридман (1888–1925), советский учёный, один из создателей современной динамической метеорологии, основоположник современной физической космологии, автор исторически первой нестационарной модели Вселенной (Вселенная Фридмана).

Саша родился в семье выпускника Санкт-Петербургской консерватории (в ту пору студента и артиста балетной труппы), композитора Александра Александровича Фридмана и преподавателя игры на фортепиано (в ту пору тоже студентки консерватории) Людмилы Игнатьевны Фридман. В 1897 году, когда будущему учёному было 9 лет, родители расстались, и в дальнейшем он воспитывался в новой семье отца (который повторно женился на балерине Анне Христиановне Иогансон), а также в семьях деда и тётки, пианистки Марии Александровны Фридман (с матерью он возобновил отношения лишь незадолго до своей кончины).

В школьные и студенческие годы увлекался астрономией. В октябре 1905 года Фридман вместе с Яковом Тамаркиным отправил свою первую математическую работу в один из ведущих научных журналов Германии «Математические анналы»; статья, посвящённая числам Бернулли, была опубликована в 1906 году.

В 1906 году Александр поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета, который окончил в 1910 году. Был оставлен на кафедре чистой и прикладной математики для подготовки к профессорскому званию. До весны 1913 года Фридман занимался математикой — руководил практическими занятиями в Институте инженеров путей сообщения, читал лекции в Горном институте. В 1913 году начал работать в Павловской аэрологической обсерватории под Петербургом и стал заниматься динамической метеорологией (теперь эту область науки называют геофизической гидродинамикой).

Весной 1914 года был направлен в командировку в Лейпциг, где в это время жил известный норвежский метеоролог Вильгельм Фриман Корен Бьеркнес, создатель теории фронтов в атмосфере. Летом того же года Фридман летал на дирижаблях, принимая участие в подготовке к наблюдению солнечного затмения в августе 1914-го.

С началом Первой мировой войны Фридман вступил добровольцем в авиационный отряд. В 1914–1917 годах участвовал в организации аэронавигационной и аэрологической службы на Северном и других фронтах. Он был кавалером двух Георгиевских крестов.

Фридман первым в России понял необходимость создания отечественного авиаприборостроения. В годы войны и разрухи он

«пробил» эту идею и сам же её реализовал, став создателем и первым директором завода «Авиаприбор» в Москве в июне 1917 года.

С 1918 по 1920 год был профессором Пермского университета. С 1920 года работал в Главной физической обсерватории и в ряде вузов Петрограда.

В 1922 году Фридман вывел общее уравнение для определения вихря скорости, которое приобрело фундаментальное значение в теории прогноза погоды. В 1924–25 годах Фридман совместно с Л. В. Келлером указал систему характеристик структуры турбулентного потока, построил замкнутую систему уравнений, связав пульсации скорости и давления в двух точках потока в разные моменты времени. Эти работы заложили основы современной статистической теории турбулентности.

Фридман предсказал расширение Вселенной. Полученные им в начале двадцатых годов первые нестатические решения уравнений Эйнштейна при исследовании релятивистских моделей Вселенной положили начало развитию теории нестационарной Вселенной. Учёный исследовал нестационарные однородные изотропные модели с пространством положительной кривизны, заполненным пылевидной материей (с нулевым давлением).

Фридман выяснил типы поведения таких моделей, допускаемые уравнениями тяготения, причем модель стационарной Вселенной Эйнштейна оказалась частным случаем. Он опроверг мнение о том, что общая теория относительности требует допущения конечности пространства. Результаты Фридмана продемонстрировали, что уравнения Эйнштейна не приводят к единственной модели Вселенной, какой бы ни была космологическая постоянная. Из модели однородной изотропной Вселенной следует, что при ее расширении должно наблюдаться красное смещение, пропорциональное расстоянию. Это было подтверждено в 1929 году Э. П. Хаббом на основании астрономических наблюдений: спектральные линии в спектрах галактик оказались смещены к красному концу спектра.

В июле 1925 года с научно-исследовательскими целями Александр Александрович совершил полет на аэростате вместе с пилотом П. Ф. Федосеевко, достигнув рекордной по тому времени высоты 7400 м.

Умер Александр Александрович Фридман в Ленинграде от брюшного тифа.

В 1931 году ему посмертно присвоена Премия имени В. И. Ленина.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Акри Е. П., Матвеева В. Д.**

Зарубежный опыт ликвидации ветхого жилищного фонда .....71

**Боровик Д. А.**

Становление, развитие и особенности системы безопасности автотранспортных средств.....72

**Евсеев С. А., Овчинников И. И.**

Способы повышения износостойкости слоя дорожного полотна .....87

**Зейналов А. Х.**

Исследование воздействия волновых факторов при строительстве морских нефтегазовых сооружений .....89

**Копесбаева А. А., Курбанов А. А.**

Исследование водогрейного газомазутного котла КВГМ-50–150 как объекта регулирования в условиях изменения нагрузки .....91

**Копесбаева А. А., Курбанов А. А.**

Визуализация технологического процесса работы водогрейного газомазутного котла .....98

**Левитина Е. Е., Абышев Д. А.**

Разработка пласта  $AC_3$  месторождения имени Виноградова ..... 102

**Левитина Е. Е., Абышев Д. А.**

Многостадийный гидравлический разрыв пласта  $AC_3$  по технологии Texas Two Step месторождения имени Виноградова ..... 104

**Мажитова А. К.**

Разработка технологии и нормативно-технической документации на мучное изделие в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза ..... 105

**Менжинский К. С., Козьминых Н. В.**

Анализ методов решения уравнения Баклея — Леверетта ..... 106

**Мустафаев В. Т., Нуриев А. Э.**

Защита морских нефтегазовых сооружений от коррозии методом жертвенного анода ..... 109

**Мухаметшин Г. В.**

Особенности цветографических схем полицейского автотранспорта ..... 111

**Ольшевская О. Ю.**

Преимущества и возможности внедрения CPDLC в Мурманском секторе Санкт-Петербургского регионального центра ОВД ..... 113

**Полякова С. А., Ильичёв С. С.**

Анализ аварийности на объектах нефтегазовой отрасли России ..... 115

**Речкин В. Г., Маркова Л. М.**

Использование вторичных энергоресурсов избыточного давления на установках комплексной подготовки газа ..... 117

**Сайрамхан М. С., Абжанова Л. К.**

Моделирование процессов в теплоэнергетическом комплексе..... 119

**Солонченко М. Е.**

Необходимые правила транспортировки и эксплуатации товаров ..... 129

**Тишкова А. И., Тарасова В. В., Николаева Ю. В.**

Разработка криотехнологии приготовления итальянских соусов ..... 131

**Чурикова Л. А., Сапиев Е. С.**

Обоснование технологии обработки призабойной зоны пласта на месторождении Кумколь в целях поддержания эксплуатационного фонда скважин в работоспособном состоянии ..... 139

**Шабуров С. С., Никитина А. Н.**

Снеголедовые дороги Российской Федерации ...142

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

**Бородкина З. В.**

Анализ вариантов технологических решений армогрунтовых насыпей автомобильных дорог..... 147

**Го Цзэюй**

Применение технологии ВІМ в сборных бетонных зданиях ..... 151



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Зарубежный опыт ликвидации ветхого жилищного фонда

Акри Екатерина Петровна, кандидат экономических наук, доцент;  
Матвеева Валентина Дмитриевна, студент магистратуры  
Самарский государственный технический университет

*В данной статье освещается проблема ветхого и аварийного жилья в России. Приведены статистические данные касательно общей жилой площади России и в процентах указаны доли ветхого и аварийного фонда. Изучен опыт ликвидации ветхого жилищного фонда и улучшения качества жизни граждан в Китае с применением «Национального проекта удобного жилья». Рассмотрены основные критерии для принятия решения о последующей судьбе ветхого здания в Германии. Раскрыто понятие «эволюционная реновация». Выделена также практика французского города Бордо, в котором помимо реновации ветхого фонда преследовалась цель повышения торгового и туристического потенциала, достижение которой позволило городу попасть в список ЮНЕСКО.*

**Ключевые слова:** ветхий жилищный фонд, ликвидация зданий, реновация, капитальный ремонт.

**П**роблема роста жилья, находящегося в ветхом и аварийном состоянии, продолжает оставаться в числе первоочередных.

Согласно статистическим данным, на конец 2020 года площадь жилых помещений в России составляла 3930729,8 тысяч квадратных метров [1]. Из них в среднем по России доля ветхого и аварийного фонда составляет 2,5% в общем объеме недвижимости, но есть ряд регионов, в которых доля ветхого и аварийного фонда находится в районе 15–17%. Последние два десятилетия характеризуются сокращением ежегодных объемов капитального ремонта. В среднем износ коммунальных сетей и сооружений составляет около 60%. Также быстрому увеличению доли ветхого и аварийного жилья способствует постоянное снижение объемов ввода сетей и сооружений [2].

Любое здание, не имеющее архитектурной и исторической ценности, при отсутствии возможности безопасной эксплуатации, требует принятия взвешенного решения о его дальнейшей судьбе. Учитывая все условия и возможности, здание может быть снесено, а освободившаяся территория использоваться для возведения нового жилья или инфраструктуры. Так же, как вариант, можно применить метод реновации здания.

В настоящее время в мире существует широкая практика ликвидации ветхого и аварийного жилищного фонда. Изучение подобного опыта позволит выделить наиболее эффективные методики.

Опыт Китая характеризуется применением масштабных программ преобразования жилищной сферы. Первую из таких начали в 1990-х годах. Если большинство зданий в квартале признавали ветхими, то такие кварталы полностью сносили и перестраивали. По результатам исследования было определено, что общая площадь помещений, требующих реновации составляла около 16 млн м<sup>2</sup>. В первую очередь были реконстру-

ированы кварталы, где проживали 710 тысяч человек на жилой площади 7,25 млн м<sup>2</sup>. После реконструкции жилая площадь составила 11 млн м<sup>2</sup>, а построенная площадь на этой территории составила 15,6 млн м<sup>2</sup>. На момент окончания 1999 года более 160 тысяч семей были переселены, а в других районах новое жилье получили почти 50% из них. С 2001 по 2005 год планировалось переселение еще порядка 350 тысяч семей. Особое внимание в программе реновации было уделено реконструкции инфраструктуры центральных районов Пекина и строительству коммерческой недвижимости. Для улучшения уровня жизни малоимущего населения был принят «Национальный проект удобного жилья». Проектом предусматривалось улучшение санитарно-гигиенических условий и увеличение жилой площади. В Пекине, по данным национального статистического ведомства, за период с 2005 по 2010 год было завершено строительство более 300 млн м<sup>2</sup> помещений, это примерно 2–3% всей площади достроенных зданий в стране за это время.

Перед Китаем в 2017 году стояли две главные задачи. Во-первых, ремонт ветхих зданий, расположенных преимущественно в неблагополучных районах. Во-вторых, сохранение исторически ценной городской застройки, называемой «хутуны».

Для решения поставленных задач власти Китая инвестировали около 5 млрд долларов. В свою очередь муниципальные власти сотрудничали с комиссиями по сохранению наследия. Таким образом, обновлению подлежало 36 тысяч зданий.

Программа реновации зданий проводилась также и в Германии с 1994 по 2006 год. Судьба здания в тот момент зависела от его физического износа. Если он составлял свыше 60%, здание сносили, освобождая территорию под новое строительство. В ином случае выполнялась реновация, названная в итоге эволюционной.

Экономическая целесообразность была поставлена во главу угла. Приоритет был отдан реконструкции зданий, а не их сносу. Проверялась несущая способность всех зданий, а аварийные сегменты изучались и реконструировались. Из-за сноса некоторых секций, дома приобретали силуэты, добавляющие улицам визуальной привлекательности и интереса.

В ходе реновации заменяли инженерные системы, расширяли оконные проемы, укрепляли несущие конструкции, утепляли перекрытия, надстраивали мансарды, реконструировали первые этажи, благоустраивали палисадники. Благодаря современным технологиям мероприятия проводились без массового переселения. На программу реновации в Германии ушло 6 лет. Разработка проектов и документации производилась с 1994 года, основные работы проходили с 2000 по 2006 год. На стадии проектирования были детально учтены все риски, что на стадии реализации привело к минимизации количества ошибок. В итоге полностью переделали порядка 3 млн квартир.

Стоит выделить также практику реновации французского города Бордо, в котором помимо ликвидации ветхих и устаревших построек ставилась цель повышения торгового и туристического потенциала города. С приходом нового мэра, город обогородился — появилось большое количество зеленых на-

саждений, скверов, прогулочных маршрутов, велосипедных дорожек. Таким образом, здесь была улучшена транспортная инфраструктура. Также была проведена реконструкция исторически ценных зданий. Не обошлось без реновации жилого фонда. Была развернута специальная кампания для удовлетворения запросов жителей и во избежание возможных разногласий. Для этого организовали 8 районных советов и раз в три месяца организовывали общественные собрания для обсуждения развития проектов совместно с жителями. Решения собраний публиковались в брошюре, которую затем выкладывали в сеть. Для решения спорных вопросов проводился онлайн-референдум.

Реализация этого проекта позволила небольшому провинциальному городу Бордо войти в список ЮНЕСКО. В итоге после достижения поставленной цели количество туристов возросло с 1 до 7 млн. И, несмотря на увеличение стоимости жилья, численность населения города в разы увеличилась.

Таким образом, обобщая опыт ликвидации ветхого и аварийного жилого фонда, имеющийся в практике зарубежных стран, можно сделать вывод о том, что в каждом конкретном случае проведение реновации обусловлено теми целями, условиями и ресурсами, которые имелись для её реализации.

#### Литература:

1. Федеральная служба государственной статистики — <https://rosstat.gov.ru/folder/13706>
2. Ноздрин, Н.Н., Шнейдерман, И. М. Жилищные условия населения России и задачи жилищной политики [Электронный ресурс]: сайт издания «Гдеэтотдом.ру». Режим доступа: <http://tambov.gdeetotdom.ru/articles/1824482-2011-04-11-zhilishchnyieusloviya-naseleniya-rossii-i-zadachi-zhilishchnoj-politiki/>, свободный

## Становление, развитие и особенности системы безопасности автотранспортных средств

Боровик Дарья Александровна, студент магистратуры  
Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта (г. Калининград)

*В статье проводится рассмотрение вопроса становления и развития автомобильной безопасности как средства сохранения жизни и здоровья водителя и пассажиров эксплуатируемых транспортных средств в следствии аварийных ситуаций, дорожно-транспортных происшествий и иных случаев, представляющих угрозу оным. Рассматривается роль и вклад в развитие технологий инженеров компании «Daimler AG». Производится анализ, классификация и рассмотрение дорожно-транспортных происшествий, возможные причины их возникновения и исход.*

**Ключевые слова:** Mercedes-Benz, Daimler AG, Mercedes-Benz Group AG, BMW, Audi, ДТП, повреждения, травмы, водитель, пассажиры, автомобиль, АТС, ТС, Штутграт, безопасность, жизнь, здоровье, смертельный исход, тяжесть, принцип действия, технологии, системы, компоненты, факторы, кузов автомобиля, экспертиза, транспортно-трасологическая экспертиза, судебно-медицинское заключение, DISTRONIC, ABS, автомобиль, активная безопасность, пассивная безопасность, превентивная безопасность, система предупреждения столкновения, Бела Барени, развитие, бренд, организация, краш-тест

Актуальность изучения вопроса связанного с безопасностью дорожного движения обуславливается прежде всего конструктивной и эксплуатационной безопасностью автомобиля.

Целью исследования является анализ применяемых технологических средств и систем в современных автомобилях, их влияние на безопасность, на способность предотвращать или облегчать последствия ДТП.

Согласно статистическому исследованию, за 2019 год четыре бренда автомобилей («BMW», «Mercedes-Benz», «Infiniti», «Mazda») заняли в сводках дорожно-транспортных происшествий (ДТП) 5-ю, 6-ю, 7-ю и 8-ю строчки соответственно. В 36% объявлений о продаже автомобилей этих марок на вторичном рынке встречаются записи об аварийном повреждении кузова. На 4-й строчке в рейтинге расположился ещё один премиальный немецкий бренд, «Audi» (37%) [1].



По данным страховой компании «Ренессанс Страхование» высокая частота ДТП в сегменте автомобилей премиум класса принадлежит бренду «Land Rover» (55,3%), а далее идут: «BMW» (55,2%), «Mercedes-Benz» (52%), «Audi» (51%) и «Volvo» (40,9%). По степени тяжести повреждений элементов передней части, что может свидетельствовать о силе удара в момент столкновения, выделяют: «Porsche Macan» (58,8%), «BMW X4» (48,7%), «Audi Q5» (40,6%), «Land Rover Discovery Sport» (40%), «Jaguar F-Pace» (38,9%) [1].

Схожие показатели имеет страховая компания «МАКС», по их данным, чаще всего получают повреждения в ДТП автомобили брендов: «Audi», «BMW», «Mercedes-Benz» и «Jaguar». «Bentley» (13% машин, бывших в ДТП), «УАЗ» (17%) и «Great Wall» (18%) попали в «топ-3» безаварийных бренда. Самыми осторожными водителями, согласно статистике, считаются «Mercedes G-Class AMG», «Jeep Wrangler» и «Porsche 911»: меньше 13% из них попадали в аварии [1].

Эксперты компании «Альфа Страхование» пришли к заключению о том, что наибольший процент крупных ДТП, когда ав-

томобиль не подлежит восстановлению или его восстановление экономически нецелесообразно, приходится на марки премиум-сегмента. По данным за 2020 год, частыми участниками такого рода аварий были зафиксированы: «Porsche» (75% от общего числа застрахованных автомобилей этой марки), «Infiniti» (58%) и «Mercedes-Benz» (55%), «Jeep» (51%), «BMW» (50%), «Audi» (49%) [1].

Правозащитник и лидер движения «Автомобилисты России» Похмелкин В.В. считает, что: «Водители премиальных автомобилей часто попадают в ДТП из-за того, что у них в целом могут быть большие пробеги — это деловые люди, которые вынуждены очень много передвигаться по работе, а это повышает риски». [2].

По видам ДТП, зафиксированных в страховых компаниях: самым распространенным является столкновение с другим движущимся транспортными средствами (ТС) (68%), далее идут: наезды на препятствия или стоящие ТС (27%), иные виды (наезд на пешеходов/животных, съезд с дороги и пр.) — 6% (рисунк 2) [2].

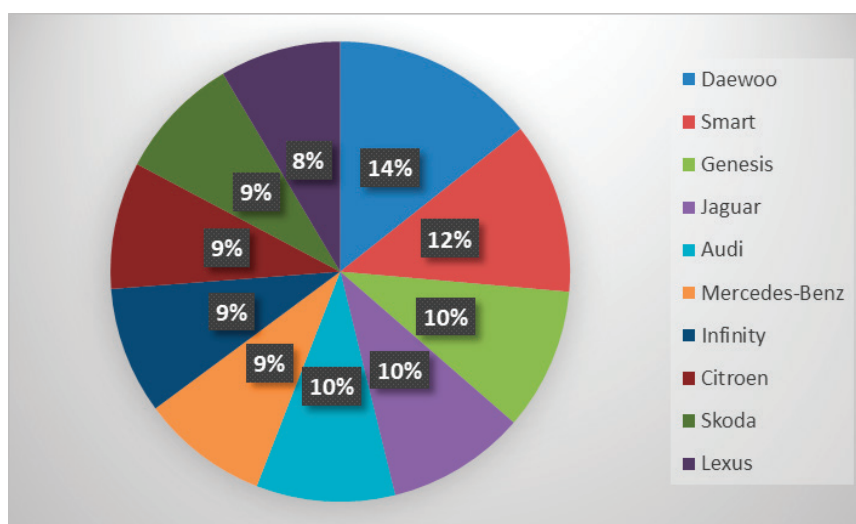


Рис. 1. Самые аварийные марки автомобилей (исходя из соотношения количества аварий на 100 автомобилей)

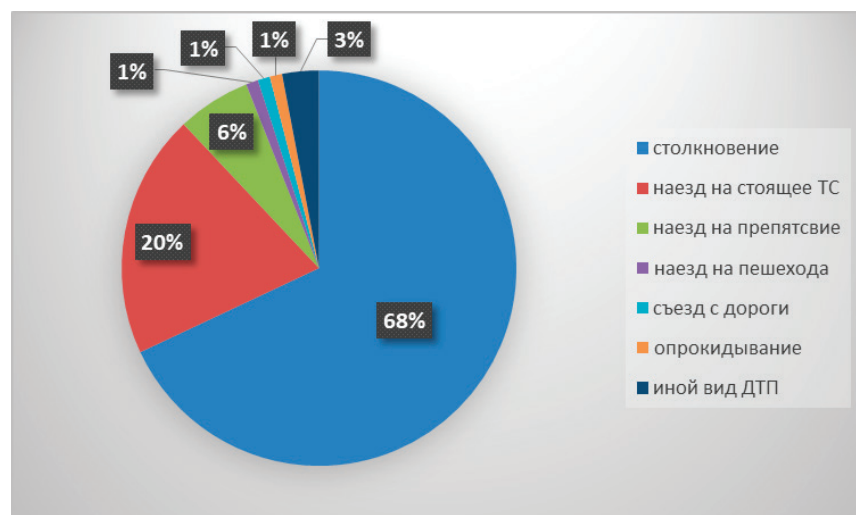


Рис. 2. Типы ДТП

Для представления о направлении и распределении ударных нагрузок и выявления причинно-следственных связей при отнесении того или иного повреждения к конкретному происшествию, сделать предположения о возможных скрытых дефектах (отметив их в Акте осмотра), чтобы была возможность учесть их в затратах на технический ремонт (ТР) ТС, может быть использована секторная диаграмма, совмещаемая с верхним видом на автомобиль (рисунок 3).

Биомеханика основных видов ДТП заключается в том, что вначале происходит первичный удар и вначале деформируется кузов автомобильных транспортных средств (АТС) при возникновении столкновения, наезда на неподвижные препятствия и опрокидывания, затем возникает вторичный, в тот момент, когда человек контактирует непосредственно с деталями АТС (рулевым колесом, панелью приборов, ветровым

стеклом и т.д.). Также возможно возникновение третичного удара — удара внутренних органов человека о твердые части скелета, вероятность него повышается при движении автомобиля на высоких скоростях. Согласно статистике большую часть травм люди получают во время вторичного удара, а источниками травм являются рулевая колонка, рулевое колесо, панель приборов, ветровое стекло, спинки сидений, детали дверей [3].

Учитывая факт того, что автомобиль является средством передвижения повышенной опасности, производители оснащают его системами, способствующими их безопасной эксплуатации. Системы безопасности в свою очередь делятся на активные (системы и устройства, позволяющие автомобилю предотвратить столкновение) и пассивные (системы и устройства, позволяющие сохранить жизнь и здоровье, свести к минимуму коли-

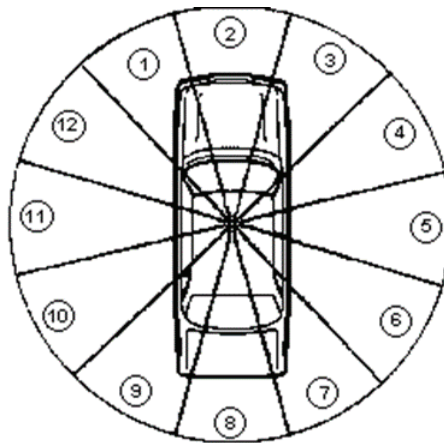


Рис. 3. Зонирование повреждений автомобиля при аварийных соударениях

Таблица 1. Соударения, характерные для ДТП

№	Вид удара	Описание удара
1	Фронтальный	Столкновение передней частью или под углом до 45°. Удар приходится в 1, 2 или 3 зоны и создает наиболее существенные, относительно других схем, повреждения кузова, силового агрегата, коробки передач у легковых автомобилей
2	Удар в заднюю часть	Столкновение задней частью в зонах 7, 8, 9. Повреждения предполагают ремонт (или замену) балки заднего моста и (или) полуосей, задняя часть боковины или крылья, пол и крышка багажника, крепление запасного колеса, топливный бак и элементы системы выхлопа газов легковых автомобилей могут быть подвергнуты существенным деформациям. Удары в 8-ю зону могут привести к изменению геометрии кузова (перекосу) и необходимости ремонта (замены) наружных и внутренних арок колес
3	Боковой удар справа	Столкновение происходит с повреждением 4, 5, 6 зон, что обычно обуславливает необходимость восстановления карданной передачи, и заднего моста, кузова от несложного и среднего изменения геометрии, перекоса (правые крылья и боковина, передние и задние двери, все стойки, пол и крыша). В данном случае вероятность повреждения рулевого управления, коробки передач и кардана невелика
4	Боковой удар слева	Столкновение происходит с повреждением 10, 11, 12 зон, что приводит к достаточно тяжелым последствиям. Может потребоваться полный капитальный ремонт или замена двигателя внутреннего сгорания (ДВС), коробки передач (КП), заднего моста, системы рулевого управления, передней подвески. Сложный перекос кузова с ремонтом или заменой пола кузова, крыши, рамы ветрового окна, передней и задней дверей, левая и правая боковины
5	Опрокидывание автомобилей	Характерными повреждениями являются: перекосы стоек кузова, дверных и оконных проемов, базовые точки крепления шасси, деформации крыши капота, крыльев, боковины, крышки багажника, элементов салона, повреждения передней подвески, элементов рулевого управления

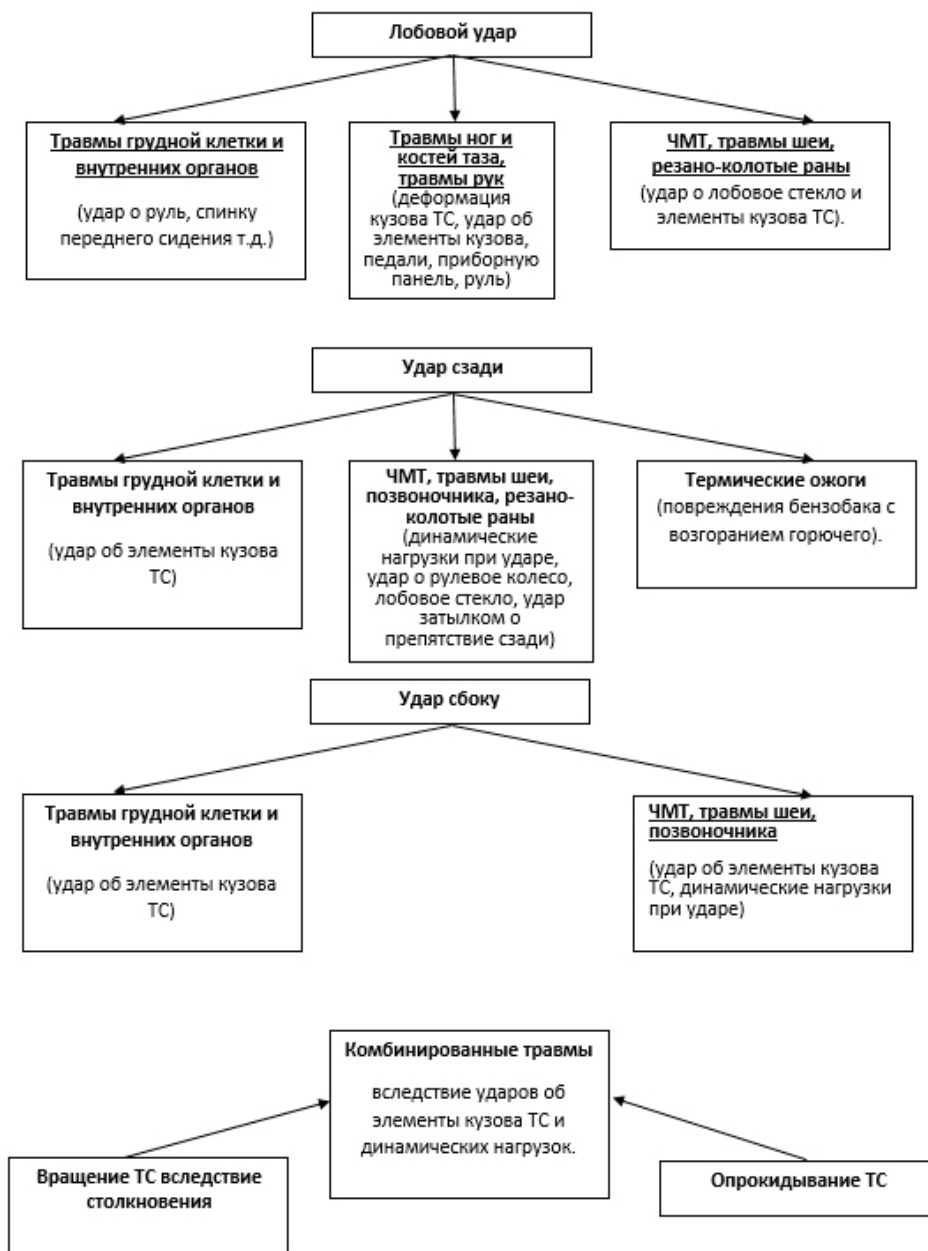


Рис. 4. Наиболее распространенные виды травм у пострадавших в ДТП



Рис. 5. Механизм образования травм у водителя при столкновении автомобилей

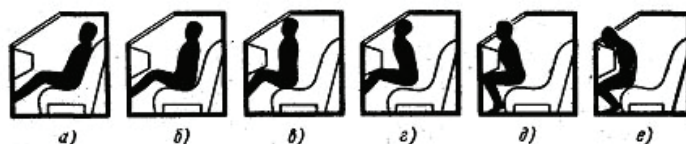


Рис. 6. Механизм образования травм у переднего пассажира

чество травм водителя и пассажиров, если нештатная ситуация все-таки произошла) [3].

Активно и последовательно занимаясь исследованием активной безопасности компания «Daimler AG», осуществляющая производство автомобилей «Mercedes-Benz», начала с 1970 года. Ведущими идеологами чего являлись Ганс Шеренберг, Карл Вилфелт и Бела Барени [4].

В 1978 году был сделан решающий шаг от «теории» к «практике», что ознаменовалось презентацией антиблокировочной тормозной системы «Anti-lock Braking System» (ABS), разработанной совместно с компанией «Bosch». В пресс-релизе «Mercedes-Benz» от 21 августа 1978 года говорится: «главная задача системы ABS заключается в предотвращении блокировки колес автомобиля во время торможения. Технология позволяет водителю сохранять контроль над автомобилем, несмотря на экстренное торможение: в результате транспортное средство остается устойчивым и управляемым даже в такой критической ситуации». Система впервые появилась на модели «Mercedes-Benz 450 SEL», а на сегодняшний день находит свое применение во всем мире и встречается на большинстве автомобилей [4].

В 80-х годах в автомобилях бренда активно внедряются новые технологии активной безопасности: антипробуксовочная система «Antriebs-Schlupf-Regelung» (ASR) и автоматическая блокировка дифференциала «Automatisches Sperr Differential» (ASD) — были первыми системами с программным обеспечением, произведенные собственным отделом разработки электрики/электроники компании «Mercedes-Benz», система помощи при экстренном торможении «Brake Assist System» (BAS), автоматическая коробка передач с электронным управлением и многие другие.

В 1985 году появляется первая версия постоянного полного привода «4MATIC», которая придает ТС курсовой устойчивости и управляемости на этапах старта с места до выполнения буксировки прицепа. С 1987 по 1992 гг. «Mercedes-Benz» совместно с «Bosch» ведет разработку системы электронного контроля курсовой устойчивости автомобиля при резких маневрах «Electronic Stability Programme» (ESP), которая в последствии будет доработана и реализована в 1995 году как «Electronic Stability Control» (ESC). Первыми автомобилями, оснащенные подобными системами стали «Mercedes A-class» 1997 года выпуска [4].

В 1995 году компания «Mercedes-Benz» анонсировала выход на рынок автомобильной промышленности революционные системы «Parktronic» — систему автоматической парковки и цифровую навигационную систему «Auto Pilot System» (APS), а в 1996 году систему голосового управления «Voice Control System» (VCS).

Середина 90-х годов ознаменовалась расцветом «Global Positioning System» (GPS) с искусственно заниженной точностью до 100 метров — спутниковой системы навигации, обеспечивающей измерение расстояния, времени и определяющей местоположение во всемирной системе координат WGS84. Разрешение использования системы в гражданских целях позволило внедрять новые автоматизированные системы в автомобили.

В 90-х годах компания «Daimler AG» реализовала еще одно новаторское решение, ставшее стандартом для всей автомо-

бильной промышленности: адаптивный круиз-контроль «Distronic», позволяющий поддерживать заданную скорость движения, установив его на свои автомобили «Mercedes-Benz S-Class серии 220» в 1997 году, а в 2000 г. — на «BMW E38» и «Toyota Celsior». В 2005 году разработчики усовершенствовали систему до версии «Distronic Plus», которая в отличие от предыдущей стала работать на скорости от 200 км / ч до полной остановки ТС [4].

В этот же период состоялась премьера системы активного шасси «Active Body Control» (ABC) [4].

В 1998 году впервые был представлен уникальный интерфейс «Mercedes-Benz Comand 2.5», который и по сей день, только уже в версии «Mercedes-Benz User Experience» (MBUX), играет роль объединенного центра управления и контроля для всех аудио-, телематических и телекоммуникационных функций на ТС [4].

В 1999 году, для того чтобы правильно описать весь спектр развития сферы систем активной безопасности, «Daimler AG» объединил все свои разработки под термином «интегральная безопасность» и уже в 2002 году центральные идеи проникли в систему «Pre-Safe» [4].

В начале XXI века можно отметить новые и усовершенствованные системы, которые были внедрены в серийное производство, как части единой концепции: адаптивные стоп-сигналы, систему «Bas Plus Brake Assist», «Pre-Safe Brake», интеллектуальную систему освещения, «Blind Spot Assist», «Active Parking Assist», «Attention Assist», «Adaptive Highbeam Assist», «Lane Keeping Assist», «Active Blind Spot Assist», «Active Lane Keeping Assist» [4].

В 2007 году компания «Aktiebolaget Volvo» представила технологию мониторинга слепых зон «Blind Spot Information System» (BLIS) на седанах «Volvo S80», а годом позже — систему автономного торможения «Autonomous Emergency Braking» (AEB), оснастив ею модель «Volvo XC60».

В 2010-м будущее безопасности автомобилей «Mercedes-Benz» получило новое имя: «Intelligent Drive». Данная технология продемонстрировала, как может выглядеть будущее автоматизированного вождения в очень сложных зонах движения, особенно в современных городах и на загородных дорогах [4].

Самые известные и востребованные системы активной безопасности автомобиля представлены в таблице 2.

Немецко-австрийский конструктор Бела Барени в 1939 году впервые ввел термин пассивной безопасности как приоритетный аспект при проектировании и конструировании ТС. Основным предложением Бела заключалось в том, чтобы строение автомобиля состояло спереди и сзади из зон деформации (основная функция: поглощение кинетической энергии удара в случае столкновения посредством деформации специальных силовых элементов кузова ТС), а в середине — из зоны безопасности (основная функция: обеспечение геометрической целостности и недопущение проникновения в салон посторонних элементов конструкции автомобиля). Помимо этого, его весомыми изобретениями в области пассивной безопасности стали: складывающаяся рулевая колонка, расположение щёток очистителя ветрового стекла под капотом в нерабочем состоянии, безопасная отделяемая крыша, замок с коническим штифтом,

Таблица 2. Системы активной безопасности автомобиля

№	Наименование системы	Расшифровка наименования системы	Назначение системы
1	Основные системы активной безопасности:		
1.1	Anti-lock Brake System (ABS)	Антиблокировочная система колес	Основная задача системы — сохранить устойчивости и управляемости, предотвращает блокировку колёс ТС во время торможения
1.2	Dynamic Traction Control (DTC) и Traction control system (TCS) — на англ. яз., Antriebs-schlupfregelung (ASR) — на нем. яз.; Automatic Slip Regulation (ASR) — Mercedes-Benz, Volkswagen, Audi; Automatic Stability Control (ASC) — BMW; Traction Control (A-TRAC, TRC) — Toyota; Dynamic Stability Assistance (DSA) — Opel; Electronic Traction System (ETS) — Range Rover; Stability and Traction Control (STC) — Volvo; Traction Control System (TCS) — Honda	Антипробуксовочная система (противобуксовочная система, система контроля тяги)	Электрогидравлическая система автомобиля, предназначенная для предотвращения потери сцепления колёс с дорогой посредством контроля за буксованием ведущих колёс
1.3	Electronic Stability Control (ESC) — Hyundai, Honda, KIA; Electronic Stability Program (ESP) — у большинства автомобилей Америки, а также Европы; Vehicle Dynamic Control (VDC) — Subaru, Infiniti, Nissan; Vehicle Stability Control (VSC) — Toyota; Vehicle Stability Assist (VSA) — Honda, Acura; Dynamic Stability Traction Control (DTSC) — Volvo; Dynamic Stability Control (DSC) — Land Rover, BMW, Jaguar	Система курсовой устойчивости, система динамической стабилизации, электронный контроль устойчивости	Система автомобиля, служащая для обеспечения курсовой устойчивости во время маневров, предотвращения возникновения бокового скольжения и срыва в занос
1.4	Electronic Brakeforce Distribution (EBD)	Система распределения тормозных усилий	Система со специально разработанной программой действий, помогающих распределить нагрузку на колеса при торможении на скользкой или неоднородной поверхности, что уменьшает тормозной путь и делает остановку безопаснее и эффективнее. В отличие от системы ABS, работающей только при резком торможении, EBD помогает сохранить баланс на протяжении всей поездки. Но при этом EBD не является альтернативой ABS, а становится ее более эффективным дополнением
1.5	Brake Assist System (BAS, EBA, BA, AFU)	Система экстренного торможения	Система отвечает за эффективное срабатывание тормозов при возникновении опасной ситуации. Может функционировать как совместно с ABS, так и без нее. В случае резкого нажатия на тормоз, BAS подключает в работу электромагнитный привод штока усилителя. Дожимая его, система обеспечивает максимальное усилие и наиболее эффективное торможение

Таблица 2 (продолжение)

№	Наименование системы	Расшифровка наименования системы	Назначение системы
1.6	Park Distance Control (PDS, APDS, Eyesight)	Система предотвращения столкновения с пешеходами	Контролируя пространство впереди автомобиля, система предотвращения столкновения с пешеходами и обеспечивает автоматическое торможение автомобиля. Оценка дорожной ситуации происходит благодаря работе камер и радаров. Для наибольшей эффективности задействуется механизм BAS. Однако пока данная система освоена далеко не всеми автопроизводителями
1.7	Elektronische Differenzialsperre (EDS) — Renault, Nissan; Electronic Differential Lock (EDL) — для автомобилей, произведенных не немецкими концернами; XDS — является эволюционным вариантом системы EDS, дополнена новым электронным блоком и программным обеспечением, которое позволяет более тонко управлять автомобилем в поворотах. Всякий раз, когда при входе в поворот система почувствует разгрузку колеса, катящегося по внутреннему радиусу, она притормаживает его, тем самым обеспечивая более точное прохождение поворота. Эту систему разработали специалисты Volkswagen	Электронная блокировка дифференциала	Система, служащая для предотвращения пробуксовки ведущих колес при трогании автомобиля с места, разгоне на скользкой дороге, движении по прямой и в поворотах за счет подтормаживания ведущих колес
2	Вспомогательные системы активной безопасности (ассистенты):		
2.1	Active Parking Assist (APA)	Интеллектуальная система помощи при парковке	Система позволяет не только осуществить парковочный маневр, но и автоматически выехать с места парковки
2.2	Adaptive Cruise Control (ACC), DISTRONIC	Адаптивный круиз-контроль	Система использует радар для непрерывного мониторинга движения и, таким образом, рассчитывает расстояние до впереди едущего автомобиля, а также его скорость. Используя эти данные, система постоянно контролирует сохранение безопасного расстояния: если оно сокращается, DISTRONIC замедляет автомобиль, получая доступ к двигателю, тормозам и автоматической коробке передач. Как только полоса движения снова становится свободной, DISTRONIC разгоняет автомобиль до ранее установленной скорости. Эта система работает полностью автоматически, изначально в диапазоне скоростей от 160 до 40 км / ч

Таблица 2 (продолжение)

№	Наименование системы	Расшифровка наименования системы	Назначение системы
2.3	Hill Descent Control (HDC) — Volkswagen, BMW, Land Rover, Ford, Jeep; Downhill Assist Control (DAC) — Toyota; Downhill Drive Support (DDS) — Nissan; Downhill Brake Control (DBS) — Hyundai, Kia	Система помощи при спуске	Система, предназначенная для предотвращения ускорения автомобиля при движении по горным дорогам под уклон, а также для эффективного подъема. Система помощи при спуске является программным расширением системы ABS и использует конструктивные элементы данной системы, поэтому по своей сути является функцией, а не системой
2.4	(HHC) — Volkswagen, BMW, Land Rover; Hill-start Assist Control (HAC) — Toyota; Uphill Start Support (USS) — Nissan; Hill Holder (HH) — Subaru, FIAT	Система помощи при подъеме	Система контроля поведением машины на крутых подъемах, которая предотвращает пробуксовку колес при начале движения вверх по скользкому склону и скатывание назад, если скорость автомобиля слишком мала и он скользит вниз под тяжестью кузова
2.5	Electromechanical Parking Brake (EPB)	Электромеханический стояночный тормоз	Предназначен для предохранения автомобиля от самопроизвольного откатывания после остановки. Кроме того, он отвечает требованиям закона об обязательном применении второй, независимой тормозной системы автомобиля и дополнительных функций обеспечения безопасности и комфорта
2.6	Automatic Emergency Braking (AEB, FCA)	Система автономного экстренного торможения (система предотвращения фронтального столкновения)	Система помогает избежать аварий, связанных с наездом на двигающиеся впереди автомобили и пересекающих проезжую часть пешеходов, или минимизировать их последствия. При обнаружении опасности столкновения сначала активируется визуальное и звуковое предупреждение. Если водитель начинает тормозить, подключается адаптивная активная система экстренного торможения. При необходимости она формирует дополнительное усилие торможения, чтобы не допустить столкновения. Если водитель не предпринимает никаких действий, система автоматически включает автономное экстренное торможение. При низкой скорости автомобиля этих мер может быть достаточно для предотвращения наезда
2.7	Blind Spot Assist (BSA)	Монитор слепых зон или мониторинг слепых зон	Сенсорное устройство на базе транспортного средства, которое обнаруживает другие транспортные средства, расположенные со стороны водителя и сзади. Предупреждения могут быть визуальными, звуковыми, вибрационными или тактильными

Таблица 2 (продолжение)

№	Наименование системы	Расшифровка наименования системы	Назначение системы
2.8	Lane Assist (LA) — Volkswagen, Seat, Audi; Lane Keep Assist System (LKAS) — Honda, Fiat; Lane Keeping Assist (LKA) — Mercedes-Benz; Lane Monitoring System (LMS) — Toyota; Lane Keeping Aid (LKA) — Ford; Lane Keeping Support System (LKSS) — Nissan; Lane Departure Warning System (LDWS) — Volvo, Opel, Kia, Citroen, BMW	Система помощи движению по полосе (контроля полосы движения)	Система оказывает содействие водителю двумя способами: пассивным и активным. Первый способ направлен на предупреждение водителя, если он начинает отклоняться с выбранной им полосы движения. Второй — активный вместе с первым, автоматически осуществляет корректировку направления движения. Чаще всего применяется на участках вроде магистралей, автобанов или автострадах
2.9	Adaptive High Beam System (AHS)	Адаптивное управление головным светом	Распознает движущиеся попутные и встречные автомобили с включенным светом фар и в реальном времени непрерывно управляет приборами освещения, обеспечивая максимальную дальность и, в то же время, не допуская ослепления других водителей. Таким образом, дальность освещения в режиме ближнего света может увеличиваться со стандартных 65 метров до 300 метров. Если дорога впереди свободна, система самостоятельно переключается на дальний свет

также были сокращены травмоопасные, жесткие и острые органы управления в салоне ТС. Первые тестовые работы в этом направлении проводились на автомобиле «Mercedes-Benz W120 Ponton», а уже спустя некоторое время, в 1959 году, в производстве появился «Mercedes-Benz W111», в конструкцию которого еще на этапе разработки были заложены принципы пассивной безопасности [4].

В августе 1959 года дебютировали шестицилиндровые модели «Mercedes-Benz 220», «Mercedes-Benz 220 S» и «Mercedes-Benz 220 SE» — первых серийных автомобилей с «безопасным кузовом» (упрочненный каркас пассажирского салона и две зоны деформации — переднюю и заднюю). Примененные в новых моделях технологии моментально превратились в новый отраслевой стандарт технологий безопасности [4].

В 1956 г. компания «Ford Motor Company» начала серийно укомплектовывать свои автомобили пятиточечными ремнями безопасности, но широкого распространения технология так и не получила. Других автопроизводителей в этом новаторстве удалось заинтересовать лишь в 1959 году, когда «Aktiebolaget Volvo» стала укомплектовывать свои ТС надежными трехточечными ремнями безопасности, к 1964 г. их стали применять на всех новых американских автомобилях, а в 1970 г. устройство стало стандартом в США.

В 1960 году «Aktiebolaget Volvo» начинает внедрять в свои серийные автомобили переднюю панель с мягкой подкладкой, уменьшающей число травм грудины и лицевого отдела и становится одним из первых производителей, кто в 1964 году начал тестирование и установку детских кресел безопасности.

Еще одним значимым элементом стали подголовники для сидений, защищающие шею и голову пассажиров при ударах в заднюю часть АТС, изобретенные компанией «Aktiebolaget Volvo» в 1967 году и ставшие стандартом в США спустя два года. В таком виде подголовники продержались на рынке около 30 лет и только в 1995 г. на автомобиле «Saab 9-5» впервые появились активные модели, которые за счет силы инерции активировали специальный механизм, приближающий подголовник еще до опрокидывания головы, тем самым снижая силу удара. «Saab Automobile AB» также стала первой компанией, которая в 1971 году установила на серийных автомобилях энергопоглощающие лобовые стекла, а в 1977 г. — боковые защитные балки в дверях.

В 1960 году началась активная работа над созданием надувных подушек безопасности, уже в 1971 году компания «Daimler AG» зарегистрировала соответствующий патент, а в 1981 году подушки впервые появились в серийной модели — «Mercedes-Benz S-Class 126». Инновация быстро распространилась на всю автопромышленность [4].

В 1966 году Барени вместе с вновь назначенным руководителем отдела разработки «Mercedes-Benz» Хансом Шеренбергом разработал систему распределения средств активной и пассивной безопасности АТС, которое применяется и сегодня [4].

За все время своей карьеры в компании «Mercedes-Benz» (с 1939 по 1972 гг.) Бела Барени зарегистрировал порядка 2 500 патентов, большинство из которых относятся к инновациям в области безопасности АТС. В знак признания его новаторской работы он был введен в Зал автомобильной славы (ANOF) в Дирборне, штат Мичиган (США) в 1994 году.



Таким образом доскональное изучение пассивной безопасности автомобилей компанией «Daimler AG» было активно начато в середине 1950-х годов, в 1959 году на заводе в Зиндельфингене были осуществлены первые аварийные испытания (краш-тесты), незначительные из которых проводились ранее (1956 г.), только тогда речь шла лишь о проверке отдельных компонентов автомобиля во время аварийной ситуации. С тех пор краш-тесты автомобилей марки «Mercedes-Benz» проводятся на регулярной основе. Более того, «Daimler AG» является эталонным автомобильным брендом в области мониторинга и анализа результатов реальных ДТП по всему миру (ни один другой бренд не занимается этим вопросом столь долго и скрупулезно). Именно это оказывает влияние на разработку мер безопасности для всех новых моделей «Mercedes-Benz» [4].

Штуттартский премиум-бренд также принимал участие в глобальных исследовательских проектах по безопасности АТС. В частности, в 1970 году в программе экспериментальной безопасности ТС «Experimental Safety Vehicle» (ESV). В «Mercedes-Benz» создавались разнообразные автомобили под кодовым названием «Experimental-Sicherheitsfahrzeug» (ESF).

В 1973 году подушка безопасности «Air Cushion Restraint System» появилась на автомобиле «Chevrolet Impala», но лишь в качестве эксперимента. В ESF 241974 года, основанном на модели «Mercedes-Benz S-Класс 116», были проведены тестирования подушек безопасности, сидений со встроенным креплением ремня безопасности. В будущем эти решения были применены в серийных моделях.

В 1987 году на выставке IAA штуттартский бренд презентовал защиту, которую на тот момент не предлагал ни один другой производитель в мире — подушку безопасности в серийном S-Class (седаны и купе S-Class серии 126) и более позднем E-Class (в моделях серии 124) для переднего пассажира в дополнение к подушке безопасности водителя и натяжителю ремня безопасности. С октября 1992 года подушка безопасности водителя и пассажира вместе с задними подголовниками, антиблокировочная тормозная система — стали уже частью стандартного оборудования в легковых автомобилях этого бренда [4].

Работа по усовершенствованию существующих подушек продолжилась, результатом чего послужило уменьшение их размера, а значит появилась возможность их размещения в других частях ТС. Таким образом в 1993 году была представлена экспериментальная версия боковой подушки безопасности, а в 1995 она стала дополнительной опцией в «Mercedes-Benz E-Class».

Большой успех фронтальных подушек безопасности привел к тому, что в 1994 г. «Aktiebolaget Volvo» презентовала модель «Volvo 850», в которой были реализованы боковые подушки безопасности совмещенные с ребрами жесткости, установленные в передних дверях. В компании решили пойти еще дальше и установили на седане «Volvo S80» надувные занавески для защиты пассажиров при боковом ударе. В 1996 г. компания «Kia Corporation» оснастила свой внедорожник «Kia Sportage» подушками безопасности для защиты колен. В 1998 году миру была представлена оконная подушка.

Последняя тенденция — подушки, способные ограничивать объем своего разветвления. Система датчиков, встроенных в сиденье, еще в начале движения определит параметры — рост,

вес, — и исходя из этой информации решит, стоит ли раскрывать подушку в полную силу. А сенсорные датчики от «GM», которыми компания оснастила автомобили «Buick Lucerne» и «Cadillac DTS» 2006 модельного года, способны распознать позу пассажира в момент аварии, тем самым оптимизируя параметры срабатывания подушек безопасности.

В середине 2000-х г., по инициативе международных организаций по защите пешеходов, на автомобилях стали устанавливаться травмобезопасные капоты, которые автоматически поднимались, защищая пешеходов во время наезда, с помощью пиропатронов. Одними из первых автомобилей с подобной технологией стали «Jaguar XK» и «Citroen C6». В 2012 г. модели «Volvo V40» оснастили подушками безопасности для пешеходов, встроенными непосредственно в капот.

На сегодняшний день сложная комплексная защита легковых автомобилей бренда «Mercedes-Benz» включает до 12 подушек безопасности.

Одним из значимых примеров развития комплексной безопасности в цифровую эпоху является система «Intelligent Drive», задействующая для защиты водителя и пассажиров элементы искусственного интеллекта.

В 2021 году «Daimler AG» показал новое поколение своих защищенных ТС: удлиненная версия S-Class — «Mercedes-Benz W 223» — первый автомобиль, оснащенный фронтальными подушками безопасности для заднего ряда пассажирских сидений с новой концепцией надувания — конструкция имеет трубчатый каркас, быстро наполняемый сжатым газом полученного непосредственно от генератора холодного газа. Подушка усиливает сдерживающий эффект системы ремней безопасности и может поддерживать голову и шею, чтобы значительно снизить нагрузки на них. Помимо этого, автомобиль обладает боковой подушкой как комбинированной подушкой для грудной клетки и таза, центральной подушкой безопасности и воздушной камерой «Pre-Safe Impulse Side» на сиденье водителя [4].

Самые известные и востребованные элементы системы пассивной безопасности автомобиля представлены в таблице 3 и на рисунке 7.

Дорожными мерами пассивной безопасности являются демпфирующие и дорожные ограждения, разделительные полосы [5].

В последнее время особое внимание уделяют развитию превентивных систем (систем предупреждения столкновения), которые занимают промежуточное место между активными и пассивными системами безопасности. Их задача состоит в предотвращении столкновения, а в случае, если оно произошло — уменьшении тяжести последствий аварии.

Корректная оценка активной и пассивной безопасности АТС осуществляется в соответствии с проведенными объективными краш-тестами соответствующих независимых организаций: EuroNCAP (Европа), ANCAP (Австралия, Новая Зеландия), NHTSA (США), JNCAP (Япония), Latin NCAP (Латинская Америка), C-NCAP (Китай), KNCAP (Корея), IIHS (США) [5]. Тестирование проводится различными методиками на соответствующих им скоростям (таблица 5).

Для оценки пассивной безопасности автомобиля предложено несколько измерителей. Наиболее простой измери-

Таблица 3. Элементы системы пассивной безопасности автомобиля

№	Элемент	Назначение
1	Высокопрочная «клетка» салона	При ударе деформируется в последнюю очередь, стараясь сохранить жизни водителю и пассажирам
2	Энергопоглощающие элементы передней и задней частей кузова автомобиля, сминающиеся при ударе (заложённые зоны деформации или мягкие бампера кузова)	Поглощают энергию, возникшую в результате столкновения, что позволяет защитить водителя и пассажиров от резкого воздействия силы удара
3	Ремни безопасности, в том числе инерционные с преднатяжителями	Предназначены для удержания пассажира автомобиля (или иного транспортного средства) на месте в случае аварии либо внезапной остановки
4	Надувные подушки безопасности, в том числе встроенные в ремни безопасности	Широко используются для смягчения удара в случае автомобильного столкновения. Должны применяться вместе с ремнями безопасности
5	Складывающаяся рулевая колонка	Поглощает, а не передает энергию лобового удара, разрушаясь при ударе. Таким образом, водители, участвующие в лобовых столкновениях, могут избежать опасностей, связанных с неразборными рулевыми деталями
6	Травмобезопасный pedalный узел	При столкновении педали отделяются от мест крепления и уменьшают риск повреждения ног водителя
7	Сминаемые или мягкие элементы интерьера	Смягчают последствия удара для водителя и пассажиров, предотвращая возникновения травм более значительной степени тяжести
8	Активные подголовники сидений	Защищают от серьёзных травм шеи экипажа при ударе автомобиля сзади
9	Безопасные стёкла	Сталинит (закаленные) — при разрушении рассыпаются на множество неострых осколков, триплекс (стандартный — ~ 6 мм, защитный — от 8 до 10 мм, пулестойкий/бронированный стандарта СЗП-1, 2 и 3 — от 18 до 33 мм) — не разлетается на осколки, а при ударе даёт трещину
10	Дуги безопасности, усиленные передние стойки крыши и верхняя рамка ветрового стекла в родстерах и кабриолетах	При опрокидывании АТС могут послужить необходимым барьером и предохранить головы экипажа от опасной «встречи» с дорожным полотном или иной поверхностью
11	Поперечные брусья в дверях и т.п.	Предназначены для того, чтобы при лобовом ударе оставалось жизненное пространство
12	Увод элементов под днище ТС	Защита от проникновения двигателя и других агрегатов в салон ТС с целью уменьшения травмобразования
13	Системы оповещения экстренных служб (например, Эра-Глонасс)	Созданы с целью снижения смертности водителей и пассажиров в ДТП за счет оказания своевременной помощи службой МЧС или бригадой скорой медицинской помощи

тель — фактор тяжести: представляет собой отношение числа погибших  $N_c$  во время ДТП к числу раненых  $N_p$ ,

$$F_t = \frac{N_c}{N_p} \quad (1)$$

По данным официальных отчетов, фактор тяжести  $F_t$  в различных странах находится в пределах 1:5–1:40. В Республике Казахстан за период с 2005–2009 годы  $F_t$  в среднем составил 1:6,5. Иногда тяжесть ДТП определяют по отношению числа тяжело раненых  $N_t$  и погибших  $N_c$  к общему числу ДТП [6]:

$$F_t = \frac{(N_t + N_c)}{N_{\text{ДТП}}} \quad (2)$$

Фактор тяжести ухудшается с увеличением скорости движения от 0,05 при  $V < 14$  м/с до 0,4 при  $V = 35$  м/с.

Применяются также удельные показатели: число раненых и погибших при ДТП, отнесенные к 1 млн жителей, 1 млн км пробега или 1 млн автомобилей.

Во многих странах мира для оценки тяжести ДТП используют различные показатели, в том числе и экономические, учитывающие потери народного хозяйства вследствие аварий. Так, профессор И.К. Коршаков предложил коэффициент опасности, характеризующий вероятность смертельного исхода при дорожно-транспортном происшествии для каждого из его участников [6]:

$$K_{\text{оп}} = \frac{K_{\text{я}} N_{\text{я}} + K_{\text{т}} N_{\text{т}} + K_{\text{с}} N_{\text{с}}}{N_{\text{я}} + N_{\text{т}} + N_{\text{с}} + N_{\text{о}}} \quad (3)$$

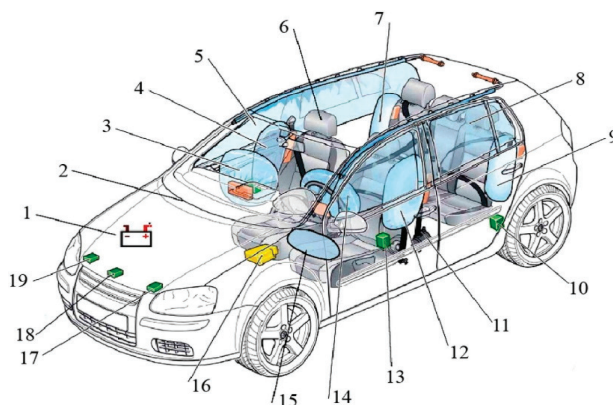


Рис. 7. Компоненты системы пассивной безопасности: 1 — аварийный выключатель АКБ; 2 — безопасный самооткрывающийся при столкновении капот; 3 — подушка безопасности переднего пассажира; 4 — боковая подушка безопасности переднего пассажира; 5 — боковая подушка безопасности переднего пассажира; 6 — активные подголовники; 7 — задняя правая подушка безопасности; 8 — левая головная подушка безопасности; 9 — левая задняя подушка безопасности; 10 — датчик удара задней подушки безопасности со стороны водителя; 11 — натяжитель ремня безопасности; 12 — боковая подушка безопасности водителя; 13 — датчик удара боковой подушки безопасности водителя; 14 — подушка безопасности водителя; 15 — коленная подушка безопасности; 16 — блок управления подушек безопасности; 17 — датчик удара удара фронтальной подушки безопасности водителя; 18 — датчик срабатывания пиропатрона капота; 19 — датчик удара фронтальной подушки безопасности переднего пассажира

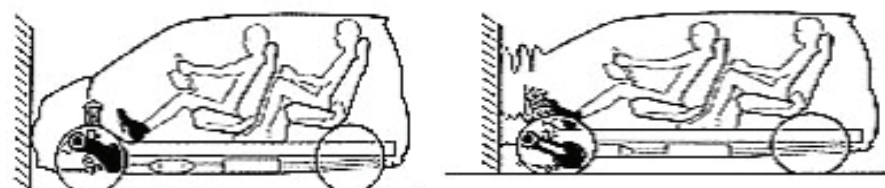


Рис. 8. Безопасное расположение силового агрегата «Mercedes-Benz A-Class»

Таблица 4. Системы превентивной безопасности автомобиля

№	Наименование системы	Производитель	Назначение системы
1	Pre-Safe и Pre-Safe Brake	Mercedes-Benz	Система Pre-Safe на скорости свыше 30 км/ч оценивает характер движения (скорость, обороты двигателя и др.) и действия водителя (рулевое управление, педаль газа, тормозная система), активируется в критических дорожных ситуациях (движение вперед), в ситуации, которая потенциально может завершиться ДТП. Функции, которые активируются фактически перед аварией, должны создать оптимальные условия перед ожидаемым столкновением. Примечание: Pre-Safe всегда включена и не может быть отключена водителем. Система Pre-Safe Brake для идентификации критической ситуации использует радар. Она работает на скорости 30–200 км/ч и сканирует участок 200 м перед автомобилем. Примечание: Pre-Safe Brake может быть выключена водителем
2	Pre-Sense	Audi	Система Pre-Sense при определённых опасных ситуациях может принимать меры для защиты водителя, пассажиров. При этом автомобиль, а также водитель и пассажиры подготавливаются к потенциально возможному столкновению. Обладает модификациями: Audi Pre-Sense basic (Код комплектации 7W1); Audi Pre-Sense city (Код комплектации 6K8); Audi Pre-Sense front (Код комплектации 8T3/8T8); Audi Pre-Sense rear, включая Audi Pre-Sense basic (Код комплектации 7W3)

Таблица 4 (продолжение)

№	Наименование системы	Производитель	Назначение системы
3	City Emergency Brake и Front Assist	Volkswagen	<p>Система контроля дистанции спереди Front Assist идентифицирует критические дорожные ситуации, которые могут сложиться в результате опасного сокращения дистанции, и помогает водителю уменьшить тормозной путь в экстренной ситуации на дороге.</p> <p>City Emergency Braking является системным расширением Front Assist. Система работает в диапазоне скоростей до 30 км/ч и сканирует пространство перед Volkswagen с помощью радиолокационного датчика. Если водитель не реагирует на надвигающееся столкновение с впереди идущим транспортным средством или неподвижным транспортным средством, система приводит в действие тормоза так же, как Front Assist. При необходимости функция экстренного торможения City Emergency Braking автоматически инициирует аварийную остановку, чтобы смягчить серьезность любого столкновения. Кроме того, если водитель тормозит недостаточно сильно, система применяет максимальное тормозное усилие</p>
4	City Safety	Volvo	<p>Система City Safety использует в своей работе лазерный датчик типа LIDAR (Light Detection And Ranging). В силу особенностей данного датчика область применения системы находится на скоростях до 30 км/ч и расстоянии до 10 м. В отличие от других превентивных систем City Safety не предупреждает водителя о вероятном столкновении. Система срабатывает достаточно поздно и грубо, чтобы водители не полагались на нее в каждой дорожной ситуации. Примечание: City Safety может быть выключена, но автоматически включается при каждой новой поездке</p>
5	Collision Warning with Brake Support (CWBS)	Ford	<p>Система Collision Warning with Brake Support пытается предотвратить ДТП путем включения в экстренной ситуации тормозов автомобиля независимо от водителя. Сканируя пространство впереди движущегося автомобиля и используя данные о его скорости и траектории движения, система оценивает вероятность столкновения. При возникновении угрозы аварии AEB с помощью звуковых и визуальных сигналов предупреждает водителя о необходимости предпринять какие-либо действия. Если водитель никак не реагирует, а угроза столкновения по-прежнему высока, система инициирует автоматическое экстренное торможение</p>
6	Collision Mitigation Braking System (CMBS)	Honda	<p>Система Collision Mitigation Braking System с помощью радара на скорости свыше 15 км/ч и расстоянии до 100 м фиксирует движущиеся и стоящие автомобили (мотоциклы). Работа системы CMBS подобна системе Pre-Safe Brake. Примечание: Collision Mitigation Braking System принудительно выключается с помощью специальной кнопки</p>
7	City Brake Control (CBC)	Fiat	<p>Система City Brake Control распознает наличие транспортных средств или препятствий перед автомобилем и помогает водителю избегать столкновений на малой скорости, при необходимости полностью автоматически останавливая автомобиль. Имеет функцию предотвращения столкновений (Collision Prevention) или смягчения их последствий (Collision Mitigation) при движении со скоростью от 5 км/ч до 30 км/ч. Ниже 5 км/ч система отключается, чтобы избежать ложных срабатываний во время парковочных маневров</p>
8	Pre-Crash Safety System (PCS)	Toyota, Lexus	<p>Работа системы Pre-Crash Safety System основана на использовании датчиков-сканеров. Первый — радарный, расположенный за передней (радиаторной) решеткой. Вторым — камера-датчик, установленный за ветровым стеклом. Они излучают и принимают обратно электромагнитные волны в миллиметровом диапазоне, оценивая наличие препятствий перед автомобилем и расстояние до него. Информация от них подается на центральный компьютер, который обрабатывает ее, и принимает соответствующие решения. Третий аналогичный датчик находится в заднем бампере автомобиля (Rear Pre-Crash Safety System), и предназначен для сигнализирования об угрозе удара сзади.</p>

Таблица 4 (продолжение)

№	Наименование системы	Производитель	Назначение системы
			В случае, когда система считает столкновения сзади неизбежным, она автоматически натягивает ремни и активирует предаварийные передние подголовники, которые выдвигаются вперед на 60 мм, а вверх на 25 мм. Если система PCS решит, что велика вероятность создания столкновения или возникновения аварийной обстановки, она подает звуковой и световой сигнал водителю, после которых он должен сбросить скорость. Если этого не происходит, а вероятность столкновения возрастает, система самостоятельно активирует тормоза и подтягивает ремни безопасности водителя и переднего пассажира. Кроме этого, происходит оптимальная регулировка демпфирующих усилий на амортизаторах автомобиля
9	Forward Collision Mitigation (FCM)	Mitsubishi	Система Forward Collision Mitigation работает на скоростях менее, чем 30 км/ч. Если разница между скоростями двух автомобилей, движущихся друг за другом, более чем 30 км/ч, то система лишь смягчит последствия столкновения. Использует тот же радар, что и адаптивный круиз контроль, для определения препятствий на дороге впереди едущего автомобиля. Когда возникает вероятность столкновения, водитель слышит предупреждающий сигнал и видит значок срабатывания системы на панели, а сама система повышает давление в тормозной системе. Когда водитель нажмет педаль тормоза, то система активирует торможение ранее, чем обычно. В случае, когда вероятность столкновения слишком высока, Forward Collision Mitigation активирует двухуровневую систему торможения: — первый уровень: автоматическое торможение с низким давлением в тормозной системе и предупреждающими о столкновении сигналами (предупреждение столкновения); — второй уровень: автоматическое торможение с высоким давлением в тормозной системе (смягчение последствий столкновения)
10	Predictive Emergency Braking System (PEBS)	Bosch	Если система Predictive Emergency Braking System обнаруживает, что расстояние до впереди идущего или неподвижного ТС становится критически коротким при скорости автомобиля выше 30 км/ч (18 миль/ч), она подготавливает тормозную систему к возможному экстренному торможению. Если водитель не реагирует на опасную ситуацию, система предупреждает водителя звуковым и/или визуальным сигналом, после чего следует короткий, но заметный тормозной рывок. Затем система инициирует частичное торможение, чтобы снизить скорость и дать водителю ценное время для реакции. Как только водитель нажимает педаль тормоза, система обеспечивает поддержку торможения. Для этого система постоянно рассчитывает степень замедления автомобиля, необходимую для предотвращения столкновения. Если система обнаружит, что водитель не применил достаточное тормозное усилие, он увеличивает тормозное давление до необходимого уровня, чтобы водитель мог попытаться остановить автомобиль до того, как произойдет столкновение. Если водитель не реагирует на непосредственный риск столкновения, а система автоматического экстренного торможения определяет, что наезд сзади неизбежен, она может автоматически инициировать полное торможение. В результате, когда происходит столкновение, ТС движется со значительно сниженной скоростью, что снижает тяжесть аварии для пассажиров обоих транспортных средств

где  $N_d, N_p, N_c, N_o$  — число людей, получивших соответственно легкие, тяжелые, смертельные и не получившие повреждения;

$K_d, K_p, K_c$  — коэффициенты тяжести последствий (показывающие во сколько раз ранение данного вида приносит меньший ущерб по сравнению со смертельным исходом).

Коэффициенты тяжести последствий ДТП определяются в соответствии с величиной убытков от повреждений каждого

вида. Приняв коэффициент тяжести при смертельном исходе  $k_3 = 1$ , получим  $k_1 = 0,015; k_2 = 0,36$ .

Таким образом, зная число пострадавших при ДТП и полученные ими повреждения, можно количественно определить тяжесть различных видов аварий, сравнить пассивную безопасность различных автомобилей и оценить совершенство тех или иных конструктивных решений с помощью коэффициента опасности. Чем больше коэффициент опасности

Таблица 5. Программа испытаний по различным методикам до 2020 года

№	Испытание Наим. организации	Фронтальный удар, км/ч	Фронтальный удар со смещением, км/ч	Боковой удар, км/ч	Боковой удар о столб, км/ч	Удар сзади, км/ч	Устойчивость к опрокидыванию, км/ч
1	ANCAP	–	64	50	29	32	–
2	Euro NCAP	50	64	55	32	16 и 24	–
3	IIHS	64	64	60	32		80
4	KNCAP	56	64	55	32	16	80
5	JNCAP	55	64	55	–	16	–
6	C-NCAP	50	64	50	–	16	–
7	Latin NCAP	–	64	50	29		–

$K_{оп}$ , тем вероятнее смертельный исход и значительней потери от аварий [6].

«Оценка, которую получил автомобиль в результате проведенных краш-тестов, имеет важное значение. В премиальных моделях шансы выжить и уберечься от тяжелых травм выше, чем в более дешевых версиях ТС», — заключает начальник главного управления судебно-медицинских экспертиз Государственного комитета судебных экспертиз Алексей Сорокин.

Euro NCAP европейский комитет по проведению независимых краш-тестов автомобилей с оценкой пассивной и активной безопасности — начал свою деятельность в 1997 году. Первым автомобилем с четырьмя звездами по защите взрослых пассажиров стал «Volvo S40», а первым обладателем пяти звезд был признан «Renault Laguna» в 2001 году.

Из года в год автопроизводители совершенствуют комплексную систему безопасности своих ТС, например, «Mercedes-Benz Accident Research», осуществляет выезды экспертов на место ДТП в среднем около ста раз в год, для изучения тяжелых аварий с участием современных моделей «Mercedes-Benz» или «Smart». Затем, согласно результатам исследований проводит модернизацию избранных систем и оборудования автомобилей. Уже более четырех лет эксперты используют лазерный сканер, который позволяет трехмерно сканировать место происшествия в виде совокупности точек и автоматически измерять его. Все ответы на вопросы структурированы и хранятся в электронном виде вместе с фотографиями и схемами.

Специальное программное обеспечение помогает исследователям сделать реконструкцию событий. Система преобразует данные и измеренные значения в движущиеся изображения. Для этого компьютер комбинирует, например, длину шин или

следы заноса с данными конструкции и стиля вождения транспортного средства, пострадавшего в результате аварии, и восстанавливает то, что произошло на этой основе. Специалисты могут видеть на экране, как транспортное средство двигалось до, во время и после случившегося столкновения.

Все данные сравниваются с другими авариями, и в результате инженеры-автомобилестроители получают точное представление о типичных схемах повреждений и разработке новых, еще более эффективных систем защиты. С помощью специального перспективного анализа эффективности эксперты также могут выяснить, какими могли быть последствия несчастного случая, если бы на борту была дополнительная функция безопасности.

Необходимые систематические улучшения включены в технические характеристики нового модельного ряда. Кроме того, составляется годовой отчет, в котором представлены тенденции и события в области автомобильной безопасности.

Следует отметить, что высокое качество современных АТС и автомобильных дорог, а также хорошая организация движения во многом облегчают труд водителя, уменьшают потенциальную возможность возникновения ДТП. Согласно статистическим данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): в результате ДТП в мире ежегодно погибают 1,3 млн человек (в России — свыше 35 тыс. чел.), от 20 до 50 млн. (в России — свыше 200 тыс. чел.) — получают травмы [7].

При правительствах многих стран созданы общегосударственные органы безопасности движения, проводится большая исследовательская работа по совершенствованию конструкции автомобилей, уделяется особое внимание улучшению качества дорог и организации движения, а также профессиональному отбору водителей и их подготовке.

#### Литература:

1. Официальный сайт аналитического агентства «АВТОСТАТ». URL: <https://www.autostat.ru/infographics/42442/> (11.11.2021)
2. Официальный сайт газеты «Известия» URL: <https://iz.ru/942486/timur-khasanov/shito-kryto-kakie-mashiny-silnee-stradaiut-v-dtp> (11.11.2021)
3. Официальный сайт «AutoLex.Net» URL: [https://autolex.net/95404-vidy-travm-pri-dtp-i-stepen-ih-tyazhesti.html#%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC\\_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F\\_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BC\\_%D0%BF%D1%80%D0%B8\\_%D0%94%D0%A2%D0%9F](https://autolex.net/95404-vidy-travm-pri-dtp-i-stepen-ih-tyazhesti.html#%D0%9C%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BC_%D0%BF%D1%80%D0%B8_%D0%94%D0%A2%D0%9F) (11.11.2021)
4. Официальный сайт «Mercedes-Benz» URL: <https://mercedes-benz-kiev.com/ru/kak-mercedes-benz-razvivayut-sistemy-passivnoy-bezopasnosti-864> (11.11.2021)

5. Хусаинов, А. Ш. Пассивная безопасность автомобиля. Учебное пособие для студентов направлений 190100.62 «Наземные транспортно-технологические комплексы» по профилю — Автомобиле- и тракторостроение и 190109.65 «Наземные транспортно-технологические средства» по специализации «Автомобили и тракторы» / А. Ш. Хусаинов, Ю. А. Кузьмин — Ульяновск: УлГТУ, 2011. — 92 с.
6. Ломакин, В. В., Покровский Ю. Ю., Степанов И. С., Гоманчук О. Г. Безопасность автотранспортных средств: Учебник для вузов. / Под общ. ред. В. В. Ломакина. — М: МГТУ «МАМИ», 2011. — 299 с.
7. Молодцов, В. А. Безопасность транспортных средств: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов» (профили подготовки: «Организация и безопасность движения», «Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий») / В. А. Молодцов. — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. — 236 с.

## Способы повышения износостойкости слоя дорожного полотна

Евсеев Сергей Анатольевич, студент магистратуры;

Овчинников Илья Игоревич, кандидат технических наук, доцент, научный руководитель  
Тюменский индустриальный университет

*В статье изложены причины и характер появления износа верхних слоев дорожного полотна на мостовых переходах. Раскрыто понятие «дорожная одежда», а также освещены основные составы для нанесения асфальтобетонных смесей на мостовые переходы. Сделан вывод об актуальности использования асфальтобетонного покрытия на мостовых переходах.*

**Ключевые слова:** дорожная одежда, автомобильные дороги, мост, слой износа, трещины в дорожном полотне, влагостойкость, асфальтобетонное покрытие, противогололедные реагенты, ортотропная плита.

Развитие экономики и качество жизни граждан Российской Федерации тесно взаимосвязано с надежными и высококачественными автомобильными дорогами. Мостовые сооружения являются неотъемлемой частью автодорог. Самое распространённое покрытие дорог во всем мире, а также в России, являются дороги с асфальтобетонным покрытием — они отвечают современным требованиям использования по интенсивности движения. Исследования продления срока эксплуатации мостовых переходов с асфальтобетонным покрытием будут актуальны еще не один десяток лет.

Мостовые сооружения бывают различных типов. Их выполняют из разных материалов: бетон, камень, дерево, сталь, железобетон. Они бывают стационарные и подвижные, совмещенные, эстакады, виадуки. По виду используемого материала мосты можно классифицировать как железобетонные, металлические, сталебетонные и даже из полимерных композитных материалов.

Дорожная одежда — многослойная конструкция, которая состоит из нескольких технологических слоев. Используется при строительстве автомобильных дорог, пешеходных тротуаров, мостов и некоторых других объектов. Главное назначение многослойной конструкции — перераспределение и поглощение нагрузки на дорожное покрытие, мостовое сооружение, а также защита от агрессивных внешних факторов (погодные условия, противогололедные реагенты).

Дорожная одежда на плите проезжей части должна отвечать следующим требованиям: жесткость, способность деформироваться, сохраняя структуру, ровность, устойчивость к износу, способность сопротивляться скольжению. Кроме того, она должна надежно изолировать и защищать мостовые кон-

струкции под собой, так как они подвергаются нагрузке тяжелым дорожным движением в различных погодных условиях. Дорожная одежда на плите проезжей части состоит из нескольких технологических слоев: связующий слой, слой гидроизоляции, защитный слой и поверхностный. Эту технологию используют на металлических и на железобетонных плитах проезжей части.

Асфальтобетонные слои не могут быть нанесены непосредственно на бетонную или стальную поверхность, они не являются 100% водонепроницаемыми, поэтому необходимо нанести промежуточный связующий слой, который бы обеспечил хорошее сцепление с гидроизолирующим слоем. На железобетонных мостах этот слой закрывает поры в бетоне, что сводит к минимуму риск образования пузырей или вздутий между бетоном и гидроизолирующими слоями. На стальной ортотропной плите связующий слой должен обеспечить защиту от коррозии металла, прочную адгезию между ортотропной плитой и слоем гидроизоляции, стойкость к действию сдвигающих сил.

В качестве связующего слоя наиболее часто используют битумный материал, битумную эмульсию, эпоксидную смолу, полиуретан.

Основные функции гидроизоляционного слоя:

- водо- и воздухонепроницаемость,
- хорошая адгезия между плитой проезжей части и асфальтобетонной смесью,
- механическое сопротивление,
- устойчивость к действию противогололедных смесей,
- устойчивость к высоким температурам при укладке асфальтобетонной смеси.

### Защитный слой

Литой асфальтобетон, как правило, используется в качестве защитного слоя в дорожной одежде, так как он устойчив к нефти, топливу, воде и минеральным солям.

### Поверхностный слой

В качестве поверхностного слоя используют асфальтобетон. Его задача обеспечить дорожное полотно сопротивлением заносу, устойчивость к изменениям погодных условий и действию топлива, воды и противогололёдных реагентов, высокую стабильность, упругость, способность распределять нагрузку. На мостах, как правило, поверхностный слой выполняется из асфальтобетона. Это такие виды смеси, как плотный асфальтобетон, литой асфальтобетон и щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА).

### Поверхностный слой на стальных ортотропных плитах мостовых сооружений

Ортотропные плиты используют в качестве плиты проезжей части в большинстве современных металлических мостах. Ортотропная плита — это металлический настил, который поддерживается системой продольных и поперечных ребер жесткости. Из-за различий свойств во взаимно перпендикулярных (ортотропных) направлениях их называют ортотропными.

Использование асфальтобетонных слоев на таких мостах обусловлено необходимостью защитить мостовые конструкции от повреждений, вызванных антигололедными смесями, и продлить их срок эксплуатации.

Стальная ортотропная плита более гибкая, чем железобетонная плита проезжей части, поэтому поверхностный асфальтобетонный слой должен допускать большие перемещения без повреждений покрытия. Необходимо найти оптимальное значение между сопротивлением к появлению остаточных деформаций (ведущих к образованию колеи) и сопротивлению усталости (ведущему к образованию трещин).

При проектировании мостов очень важно свести к минимуму собственный вес мостовой конструкции, вес стали ортотропной плиты и дорожной одежды на плите проезжей части.

### Поверхностный слой на железобетонных плитах проезжей части мостов

Наиболее распространенная конструкция для проезжей части мостов — железобетонные плиты. Они также, как и ортотропные плиты со временем подвержены растрескиванию. Бетон подвержен разрушению от замораживания — оттаивания, действия агрессивных сред. Поэтому железобетонные плиты необходимо защитить от попадания влаги, насыщенной солями. Для максимально длительного срока эксплуатации

железобетонных мостов необходима высококачественная гидроизоляция вместе с качественной дорожной одеждой из асфальтобетона (водонепроницаемая, механически стабильная, устойчивая к погодным и температурным колебаниям).

Поверхностный слой на железобетонных плитах проезжей части обычно состоит из 2х слоев: защитного и поверхностного. Защитный изготавливают из литого асфальтобетона, у которого высокое содержание заполнителя и низкая пористость. Поверхностный слой должен быть жестким, более жестким, чем защитный.

### Вывод

Одним из распространенных дефектов на участках дорог является появление пор и небольших трещин. В процессе износа дорожного покрова происходит растрескивание, образование пузырей, шелушение материала и возможное образование выбоин со значительной утратой ровности покрытия, где начинает циркулировать вода. Причиной деформации поверхностного слоя может быть слабая адгезия между слоем гидроизоляции и асфальтобетонным покрытием.

Таким образом, тщательно изучив достоинства и недостатки асфальтобетона, его состав и свойства, а также определённые условия при наложении асфальтобетона на мостовые переходы, можно рассмотреть статистику и отследить положительную/отрицательную динамику укладки асфальтобетона на конкретных объектах. Например, в Санкт-Петербурге много разводных мостов, и проблема устроить качественное покрытие, которое не пришлось бы постоянно ремонтировать, всегда стояла очень остро. Положительный опыт реконструкции моста Александра Невского показал, что надежное (асфальтобетонное) покрытие проезжей части для строений мостовых сооружений существует. Данное покрытие было уложено на ортотропной плите путепровода транспортной развязки на Индустриальном проспекте и на Лазаревском мосту на ортотропной стальной плите проезжей части. Очень много мостов в Петербурге покрыты асфальтобетонным покрытием. Также вышеупомянутой техникой был уложен уникальный мост через Обь в Новосибирске и многие другие мостовые подьезды.

К сожалению, в Петербурге и других плотнонаселённых городах России существует и отрицательный опыт использования асфальтобетона на мостовой поверхности. Чаще всего основной проблемой износа данного покрытия является производственный дефект, связанный с несоответствием фактически выполненных технических решений (уклон дороги, ширина земляного полотна и так далее) и требованиям разработанной проектной документации.

Чтобы действительно повысить эксплуатационный срок жизни асфальтового покрытия на мостовых сооружениях необходимо уже сегодня начинать строить дороги со строгим соблюдением технологии, чтобы исключить производственный дефект, а также внедрять инновационные технологии для продления как качества дорог, так и качество нашей жизни.

### Литература:

1. Котлярский, Э. В. Повышение долговечности покрытий автомобильных дорог за счет оптимизации структуры асфальтобетонных: специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия»: автореферат диссертации на соискание ученой



- степени доктора технических наук / Котлярский Эдуард Владимирович, Белгородский государственный технологический университет им. Шухова. — Белгород, 2012. — 45 с.
2. Овчинников И. Г., Макаров В. Н., Овчинников И. И., Распоров О. Н. Проблема устройства современных дорожных покрытий на мостовых сооружениях с ортотропной и железобетонной плитой проезжей части // Красная линия. Дороги. № 38/8 август 2009с.42–47
  3. Телегин М. А., Овчинников И. Г. Исследование совместной работы стальной ортотропной плиты с дорожной одеждой на ней при их различных параметрах // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 2, № 2 (2015) <http://t-s.today/PDF/02TS215.pdf> (дата обращения 15.04.2022)
  4. Овчинников И. И., Овчинников И. Г. Дорожная одежда на мостовых сооружениях: отечественный и зарубежный опыт // Интернет-журнал «Науковедение» № 5 (24), 2014. с. 1–25. (дата обращения 16.04.2022)
  5. European Asphalt Pavement Association. — Текст: электронный // <https://eapa.org/>: [сайт]. — URL: <https://096.wpcdnnode.com/eapa.org/wp-content/uploads/2018/07/EAPA-Paper-Asphalt-pavements-on-Bridge-Decks-2013.pdf>.

## Исследование воздействия волновых факторов при строительстве морских нефтегазовых сооружений

Зейналов Акиф Халиг оглу, студент магистратуры  
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (г. Баку, Азербайджан)

*В работе исследуются основные динамические нагрузки на элементы систем морских нефтегазовых построек и на основе полученных данных выявляются условия, характеризующие волновые нагрузки. Приведены основные итоги теоретических, а также опытных исследований волнового влияния на компоненты систем морских нефтегазовых построек. Предложен метод расчета волновых нагрузок для основной оценки состояния вертикальных свай морских оснований.*

**Ключевые слова:** морские нефтегазовые постройки, неподвижные платформы, волновой фактор, волновое давление, трубчатая свая, постройка, волновое влияние, глубина моря, нагрузка.

Существенная часть углеводородных ресурсов (нефти, газа, газового конденсата) добывается из морских месторождений. Бурение разведочных, а также эксплуатационных скважин при этом производится, в основном, на морских платформах. Компоненты системы данных построек находятся под влиянием разных нагрузок, например морского волнения. На Каспийском море волновые нагрузки обретают особенную роль. Опыт эксплуатации морских месторождений Каспия показывает, что подобные волновые нагрузки могут вызывать сильные повреждения эстакадных построек, морских стационарных платформ, а также иных построек.

Верная оценка различных динамических нагрузок, в том числе волновых нагрузок на разнообразные компоненты систем морских нефтегазовых построек на стадии их проектирования, обретают особенную важность.

**Постановка задачи.** С целью определения влияния волновых нагрузок на разнообразные постройки в международной практике чаще всего применяются две методики: расчет по формуле Морисона и методика, основанная на гидродинамической теории. Первая методика позволяет более детально учитывать нелинейный характер волн, а также рассчитывать нагрузки волн конечной высоты. Однако, ее использование допустимо исключительно для построек, состоящих из элементов с величинами много меньше длины волны. Кроме того, данная методика исключает вероятность учета взаимного гидродинамического воздействия компонентов системы либо рядом находящихся корпусов других строений.

Вторая методика учитывает дифракционные эффекты и взаимное гидродинамическое воздействие. Однако, методика гидродинамической теории предлагает меньше возможностей для вычисления нагрузок для волн конечной высоты. Для многих построек материкового шельфа, обладающих крупными размерами и представляющих собой непростые конструкции, эта методика предлагает наиболее точные результаты, так как принимает во внимание сложные процессы обтекания тел жидкостью. При рассмотрении поведения построек, как правило, выполняется вычисление волновых нагрузок от регулярных либо нерегулярных волн. В общем случае морское волнение может быть показано одной из популярных моделей спектра волнения, что нетрудно представить как совокупность простых гармоний с рассчитываемой амплитудой, частотой, а также случайной фазой.

**Методика и результаты исследований.** Форма и размеры волн зависят от длины разгона волны, водоема (участка моря) и скорости ветра, поэтому при рассмотрении волнового процесса необходимо учитывать именно эти параметры. Остановимся на составляющих процесса формирования волн. Участки моря подразделяются на глубокие, если глубина воды  $H$  более половины длины волны  $A$ , и мелкие, если глубина воды  $H < 0,5A$ . В морской практике различают четыре зоны водоема по глубине воды.

Первая зона — глубоководная, в пределах которой влияние дна на волновой процесс отсутствует; в первой зоне —  $H > 0,5A$ . Вторая зона — мелководная, влияющая на волновой процесс; во второй зоне —  $0,5A > H > H_{кр}$  — глубина, на которой начинается разрушение волн. Третья зона — прибойная, в пределах

которой начинается и завершается разрушение волн. Четвертая зона — прирезная, в которой полностью разрушенные волны набегают (накатывают) на берег или откос сооружения.

Имеющаяся теоретическая основа относительно возникновения волн, их ключевых характеристик и распределения в пространстве, а также многолетний опыт эксплуатации морских нефтегазовых построек предоставили возможность научно обосновать активные нормы и принципы по проведению волновых расчетов данных построек.

Последующее изучение волнового влияния на морские постройки и, в особенности, возможность компьютерного моделирования привели к созданию новейших программных комплексов по выполнению волнового расчета. В лаборатории «Нефтян-земледигат» (SOCAR, Азербайджан) на протяжении многих лет исследования волновых нагрузок на морские нефтегазовые постройки был накоплен широкий общенаучный материал. Моделирование волнового влияния, а также развитие значения волнового давления как выходного параметра представлялось следующим способом. Волновой профиль образуется наложением переносного перемещения частиц воды под воздействием ветра и орбитального движения элементов. Волновое давление создается с высокоскоростной и инерциальной составляющей. Важнейшими начальными условиями воздействия считаются длина волны ( $L$ ), высота волны ( $h$ ), глубина моря ( $H$ ), диаметр трубчатой сваи ( $D$ ), плотность морской воды ( $\gamma$ ). Волновое давление, учитывая глубину моря, постепенно будет сокращаться и, начиная

с определенной глубины, его волновое влияние на трубчатую сваю можно считать незначительным и не принимать во внимание.

Алгоритм волнового расчета можно показать следующими последовательными этапами.

Этап 1. Ввод исходных данных (глубина моря, длина волны, высота волны, диаметр трубчатой сваи, плотность морской воды).

Этап 2. Расчет орбитального движения частиц (рассчитываются радиусы эллиптических орбит для частиц воды). Расчет производится на этом и на всех последующих шагах по 6 точкам, которые последовательно откладываются от спокойного уровня моря с шагом  $0,2H$ .

Этап 3. Расчет переносного движения частиц под действием ветра (вычисляются скорости движения частиц, которые дальше учитываются при расчете скоростной составляющей волнового давления).

Этап 4. Расчет ускорения частиц жидкости (полученные значения используются при расчете инерционной составляющей волнового давления).

Этап 5. Расчет скоростной и инерционной составляющей волнового давления и конечного значения волнового давления как суммы этих составляющих.

Этап 6. Построение эпюры волнового давления и расчет изгибающего момента от волнового воздействия на трубчатую сваю.

Предложенный алгоритм волнового расчета представлен в виде блок-схемы (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема алгоритма волнового расчета

**Выводы.** Таким образом, проведено исследование главных параметров волнового воздействия на морские нефтегазовые постройки. В качестве основных факторов воз-

действия установлены глубина моря, длина и высота волны, диаметр трубчатой сваи, а также плотность морской воды. Главным итоговым показателем является величина волно-

вого давления. Предложен метод расчета волнового давления на трубчатую сваю в виде суммы высокоскоростной и переносной составляющей. Представленный метод дает возмож-

ность создать эпюру волнового давления и обнаружить более негативные точки приложения волновой нагрузки на строительство.

#### Литература:

1. Ибрагимов А. М. Нефтегазопромысловые гидротехнические сооружения. — М.: Недра, 1996. — 528 с.
2. Халфин И. Ш. Воздействие волн на морские нефтегазопромысловые сооружения. — М.: Недра, 1990. — 185 с.
3. Мамедов Ф. А. Обустройство морских нефтяных и газовых месторождений. — Баку: Элм, 1997. — 140 с.
4. Отраслевой стандарт ОСТ 51.01-11-87. Паспорт гидрометеорологический морского нефтегазового месторождения. Состав, сооружение и порядок разработки Гипроморнефтегаз. — Баку, 1988.
5. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов): Строительные нормы и правила — СНИП 06.04.82. — М.: ЦИТС Госстроя СССР, 1986.
6. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования: Строительные нормы и правила — СНИП 06.01-86. — М.: ЦИТС Госстроя СССР, 1987.
7. Нагрузки и воздействия: Строительные нормы и правила — СНИП 2.01.07-85. — М.: ЦИТС Госстроя СССР, 1982.

## Исследование водогрейного газомазутного котла КВГМ-50–150 как объекта регулирования в условиях изменения нагрузки

Копесбаева Акшолпан Ауелбековна, кандидат технических наук, профессор;  
Курбанов Акимжан Адильжанович, студент магистратуры  
Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева (Казахстан)

*Водогрейный котел необходим для подачи теплой воды к потребителю. Исследуемый в данной работе объект, является связующим пунктом между теплоэлектростанциями и самим потребителем, подогревая до необходимой температуры воду. Водогрейный газомазутный котел использует два вида топлива: газ и мазут. Соответственно из-за сложности технологического процесса, а также нескольких узлов регулирования, котёл можно назвать сложно-регулируемым объектом. Для корректной работы котла необходимо координировать работу нескольких регуляторов. В статье рассматривается вариант исследования такой системы для конкретного объекта с использованием программного регулятора с автонастройкой.*

**Ключевые слова:** ПИД регулятор, инвариантные системы, водогрейный газомазутный котел, теплоэлектростанция.

## Study of hot water gas-oil boiler KVGM-50–150 as object regulation in conditions changes loads

Kopesbaeva Aksholpan Auelbekovna, candidate of technical sciences, professor;  
Kurbanov Akimzhan Adilzhanovich, student master's degree  
Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev (Kazakhstan)

*A hot water boiler is required to supply warm water to the consumer. The boiler room on which these boilers are located is a connecting point between thermal power plants and the consumer himself, heating the water to the required temperature. The hot water gas-fuel oil boiler uses two types of fuel: gas and fuel oil. Accordingly, due to the complexity of the technological process, as well as several control units, the boiler can be called a difficult-to-regulate object. For the boiler to work correctly, it is necessary to regulate a number of parameters, from which the definition of PID control comes. Where do the following definitions come from, like the invariance of the system, the use of controllers.*

**Key words:** PID, invariant systems, hot water gas-oil boiler, heat-power plant.

#### Введение

Котельная — комплекс технологически связанных тепловых энергоустановок, расположенных в обособленных производственных зданиях, встроенных, пристроенных или надстроженных помещениях с котлами, водонагревателями и котельно-вспомогательным оборудованием, предназначенный для выработки теплоты.

Водогрейный котел — котел необходимый для нагревания воды, его сферой применения является система отопления, вентиляция, а также горячее водоснабжение различных зданий и сооружений. Обычно водогрейные котлы используются в составах районных котельных, для покрытия пиковой тепловой нагрузки ТЭЦ.

Технологический процесс котла является сложным процессом, который время от времени проходит ряд резких изменений, в плане регулирования нагрузки, но для начала необходимо произвести начальные работы, такие как розжиг, вентиляция и опрессовка топки котла в автоматическом режиме, для облегчения работы операторов и ускорения данного процесса.

Изменение нагрузки котла происходит в основном из-за погодных условий в городе и требования ЦТТП выдачи определенной температуры воды за котлом.

Водогрейный котел КВГМ-50–150 является одним из 4-х котлов южной районной котельной (ЮРК), которая отапливает и снабжает горячей водой Бостандыкский район города Алматы, насчитывающий около 345 000 человек населения. Данный котел работает один раз в год на протяжении всего отопительного сезона. В городе Алматы из-за не стандартного климата данный сезон варьируется, например в 2021 году отопительный сезон начался 15 октября и продлится до 21 апреля 2022 года.

Нагрузка данного котла в период с 15 октября 2021 года изменялась в двух направлениях, на увеличение и понижение. Увеличение нагрузки произошло из-за резкого похолодания и снижения температуры до 0 °С, в ходе чего был увеличен как расход воды, так и расход газа, что способствует большему объему подогреваемой воды.

Основными элементами рабочего процесса, осуществляемого в котельной установке, являются:

- 1) процесс горения топлива;
- 2) процесс теплообмена между продуктами сгорания или самим горящим топливом с водой;
- 3) процесс парообразования, состоящий из нагрева воды, ее испарения и нагрева полученного пара;

Во время работы в котлах образуются два взаимодействующих друг с другом потока: поток рабочего тела и поток образующегося в топке котла;22

В результате этого взаимодействия на выходе объекта получается пар заданного давления и температуры.

Горение топлива является сплошным физико-химическим процессом. Химическая сторона горения представляет собой процесс окисления его горючих элементов кислородом, проходящий при определенной температуре и сопровождающийся выделением тепла. Интенсивность горения, а также экономичность и устойчивость процесса горения топлива зависят от способа подвода и распределения воздуха между частицами топлива. Условно принято процесс сжигания топлива делить на три стадии: зажигание, горение и дожигание. Эти стадии в основном протекают последовательно во времени, частично накладываются одна на другую.

Расчет процесса горения обычно сводится к определению количества воздуха в м<sup>3</sup>, необходимого для сгорания единицы массы или объема топлива количества и состава теплового баланса и определению температуры горения.

Работа котла обуславливается постоянными изменениями параметров, которые сильно взаимосвязаны друг с другом. Для того, чтобы увеличить исходную температуру воды, оператору необходимо проверить водяную нагрузку через котёл, после чего происходит регулирование таких параметров, как: расход газа, давления газа, давления воздуха, разряжение в топке котла и т.д. в ходе чего поступает вопрос о регулировании параметров.

Регулирование параметров котла является необходимым условием для работы, исходя из данных условий были выведены следующие цели исследования:

- Разработка структурной схемы системы автоматизации для стабилизации параметров котла при переменной нагрузке;
- Разработка математической модели котла КВГМ-50–150 при переменной нагрузке.

## 1. Технические характеристики объекта управления

Газ является основным видом топлива для данного водогрейного котла, в качестве дополнительного источника топлива используется мазут. Процесс работы котла можно разделить на следующие этапы:

- Вентиляция топки котла;
- Опрессовка газовых труб;
- Розжиг блоков горелок;

После данных этапов, оператору необходимо вывести котел в определенный режим работы, для выдачи температуры, выставленной оператором центрального транзитно-распределительного пункта (ЦТТП).

Для корректной работы нового котла котельной необходимо пройти процесс настройки и вывода котла к максимально эффективному сгоранию топлива. Данный процесс проводит режимная группа, которая при помощи специальной аппаратуры (газоанализаторов и т.д.) выводит данный котел к эффективному сгоранию газа, начиная с малой нагрузки продолжая до пикового режима. После проведения данного процесса и математических расчетов, сотрудником режимной группы выдается режимная карта для работы с данным котлом. Режимная карта котла продемонстрирована на рисунке 1.

Работа котла КВ-ГМ-50–150 автоматизирована под среднюю нагрузку, т.е. работу котла при температуре не ниже 0 °С. При влиянии внешних факторов оператор в соответствии с режимной картой изменяет нагрузку и выдает необходимо значение температуры воды на выходе из котла. При этом оператор обязательно проверяет следующие параметры:

Режимная карта котельной "ЮРК"  
Котел №3 КВМ-50-150

№ п/п	Наименование	Размерность	Значения величин		
1	Теплопроизводительность котла по воде	Гкал/ч	15,22	23,99	31,13
2	Расход газа по прибору учета в ГРП	м <sup>3</sup> /ч	2050	3350	4400
3	Давление газа на горелке	кгс/см <sup>2</sup>	380	575	800
4	Давление воздуха на горелке	кгс/м <sup>2</sup>	60	120	180
5	Разрежение в топке	Па	-30	-30	-30
6	Расход воды через котел	т/ч	850	860	860
7	Температура воды на входе	°С	50,5	50,5	50,5
8	Температура воды на выходе	°С	68,4	78,4	86,7
9	Теплопроизводительность котла по газу	Гкал/ч	16,13	25,81	33,67
10	Температура уходящих газов	°С	94	139	164
11	Содержание кислорода в уходящих газах	%	6,82	6,85	5,57
12	Избыток воздуха в уходящих газах	α	1,43	1,43	1,32
13	Содержание окиси углерода в уходящих газах	%	0	0	0
14	Потери теплоты с хим.недожогом, q3	%	0	0	0
15	Температура холодного воздуха	°С	20	20	20
16	Потери теплоты с уходящими газами, q2	%	4,31	6,86	7,72
17	Потери теплоты в окружающую среду, q5	%	2,14	1,54	1,30
18	КПД-брутто котла по обратному балансу	%	93,55	91,60	90,98
19	КПД-брутто котла по прямому балансу	%	94,34	92,98	92,47
20	Удельный расход условного топлива	кг у.т./ Гкал	152,71	155,96	157,01

Теплотворная способность газа "8410"

Рис. 1. Режимная карта котла № 3В

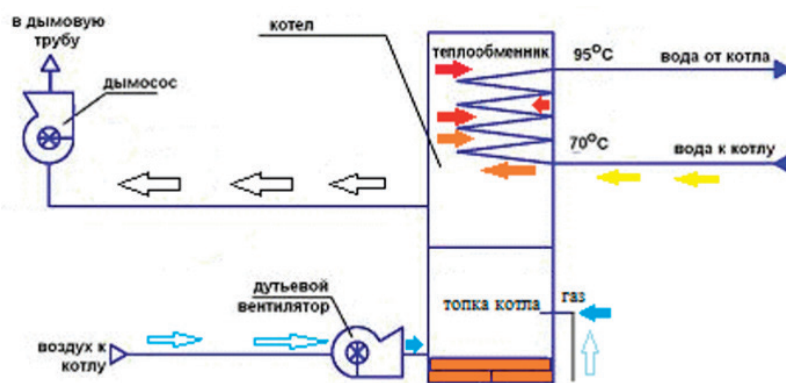


Рис. 2. Технологическая схема водогрейного газового котла

- давление газа после регулятора;
- давление воздуха к горелкам;
- разрежение в топке котла;
- расход газа;
- расход воды;
- температура на входе и выходе котла.

## 2. Водогрейный котел как объект управления

К горелке котла подводится газ и воздух. Воздух подается дутьевым вентилятором. Горючая смесь, которая образуется в горелке, воспламеняется и отдает тепло в топочную камеру. В результате процесса горения образуются газообразные продукты — дымовые газы. Их отсасывает дымосос, а затем выбрасывает в атмосферу.

Сжигание осуществляется факельным способом. При сжигании газового топлива необходимо обеспечить: хорошее предварительное перемешивание газа с воздухом, ведение процесса с малыми избытками воздуха, разделение потока смеси на отдельные струи. Подогрев газозвоздушной смеси и химическая реакция горения протекают очень быстро. Основным фактором длительности

горения является время, затраченное на перемешивание газа с воздухом в горелке. От быстроты и качества перемешивания газа с необходимым количеством воздуха, зависит скорость и полнота сгорания газа, длина факела топки и температура пламени. Для процесса горения дымососом создается необходимое разрежение и обеспечивается полное удаление продуктов сгорания.

Воздух должен подаваться в таком количестве, чтобы обеспечить полное сжигание топлива (1:10) и при этом выделяется углекислый газ  $\text{CO}_2$  и пары воды  $\text{H}_2\text{O}$ . Если воздуха недостаточно, то кроме неполноты сжигания, т.е. экономических потерь будет загрязнение атмосферы так как при этом выделяются сажа и угарный газ  $\text{CO}$ , это недопустимо, так как  $\text{CO}$  действует на организм отравляюще, а сажа осажаясь на поверхностях котлов приводит к перерасходу топлива и загрязнению атмосферы. Таким образом, необходимо регулировать соотношение «топливо — воздух».

Для работы котла на газовом топливе применены 4 подовые горелки с прямой щелью, которые устанавливаются между секциями вертикальных топочных экранов. Горелка имеет два ряда отверстий, диаметром 1,5 мм, расположенных в шахматном порядке.

На основании анализа технологических процессов необходимо отметить, что водогрейный котел, как объект управления, необходимо рассматривать как сложный объект с взаимозависимыми параметрами, требующими взаимосвязанные контуры регулирования

### 3. Регулируемые параметры котла

Котел является сложным регулируемым объектом управления. Ниже на рисунке 3 представлена схема материальных потоков и их информационные переменные, которые показывают работу котла.

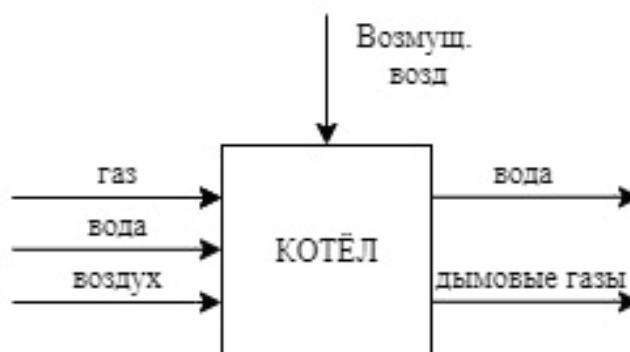


Рис. 3. Схема материальных потоков и их информационных переменных

Входными потоками котла являются: газ, вода и воздух. У каждого из которых происходит разветвление: давление, температура и расход. Каждый из потоков влияет на работу котла соответственно. Также в процессе работы на котел действуют возмущающие воздействия. К ним относятся различные параметры, такие как: температура окружающей среды, количество потребителей, время суток и т.д. Выходными же потоками является нагретая вода и дымовые газы.

После рассмотрения схемы материальных потоков необходимо составить схему взаимосвязи между входными и выходными величинами в водогрейном котле (рис. 4).

На рисунке 4 показана схема взаимосвязи между входными и выходными величинами в водогрейном котле. Входными параметрами являются расход воды, газа и воздуха, которые в свою очередь перекрестно действуют на выходные величины, такие как давление воды, количество выбросов в атмосферу и температура нагретой воды.

### 4. Математическая модель котла

На рисунке 5 показана структурная схема системы автоматического управления температурой воды на выходе из водогрейного котла КВГМ-50–150.

Представленная схема САУ является каскадной, в которой происходит регулирование трех контуров, которые в сумме дают регулирование температуры. В схеме представлены 3 контура регулирования:

1. Регулирование расхода топлива;
2. Регулирование температуры воды;
3. Регулирование расхода воды.

Начальным значение для трех контуров является заданное значение температуры. Реализация данной системы проходила в среде ПИА Portal V16. Где была разработана математическая модель данной САУ и выведен соответствующие аналитические показатели.

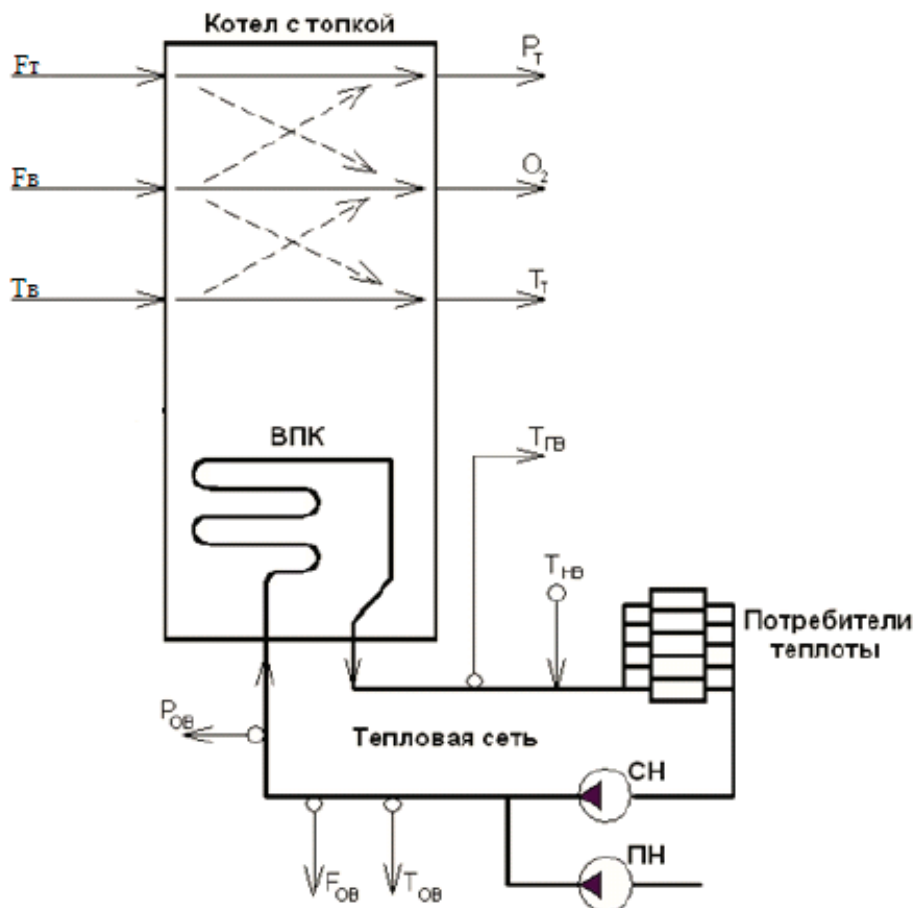


Рис. 4. Схема взаимосвязи между входными и выходными величинами в водогрейном котле

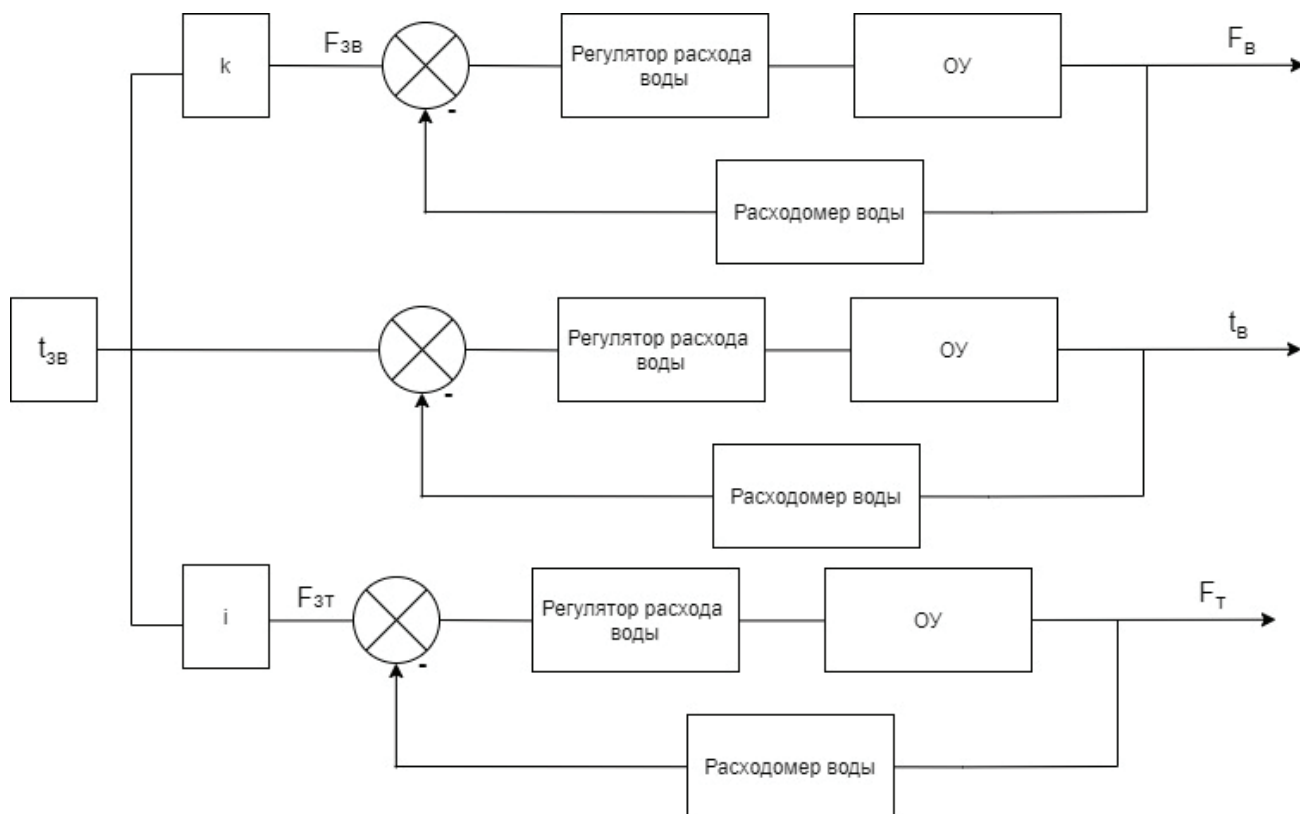


Рис. 5. Структурная схема САП температуры воды при изменении нагрузки

5. Разработка математической модели котла

Математическая работа котла реализована в среде TIA Portal V16, с использованием стандартных блоков для ПИД-регуляторов, таких как PID-compact (в роли регулятора), Cont\_C (в роли объекта управления и возмущающего воздействия на объект управления). PID-compact (рис. 6) является блоком с 5 различными режимами работы:

1. Не активен;
2. пред-настройка;
3. ручная точная настройка;
4. автоматический режим;
5. ручной режим.

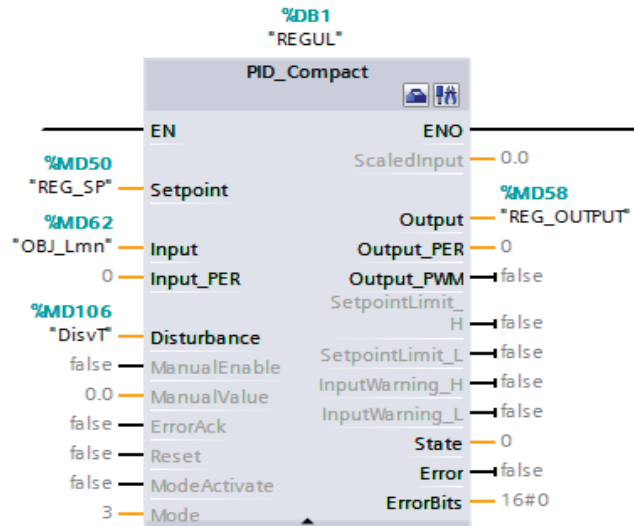


Рис. 6. Блок ПИД-регулятора PID-compact

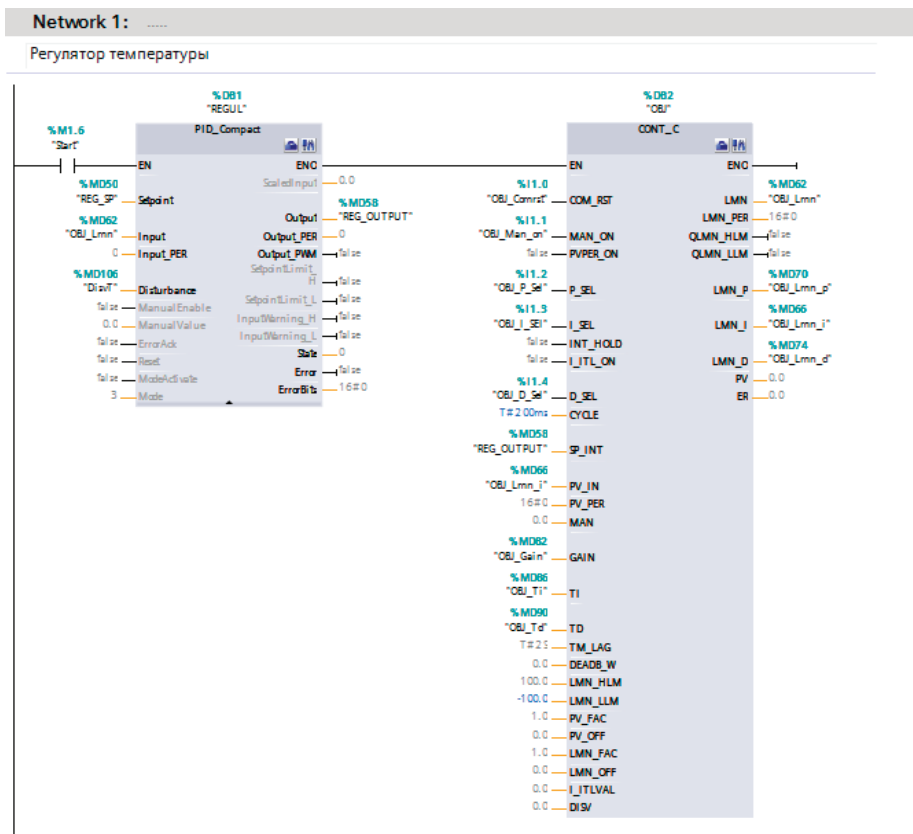


Рис. 7а. Программная реализация



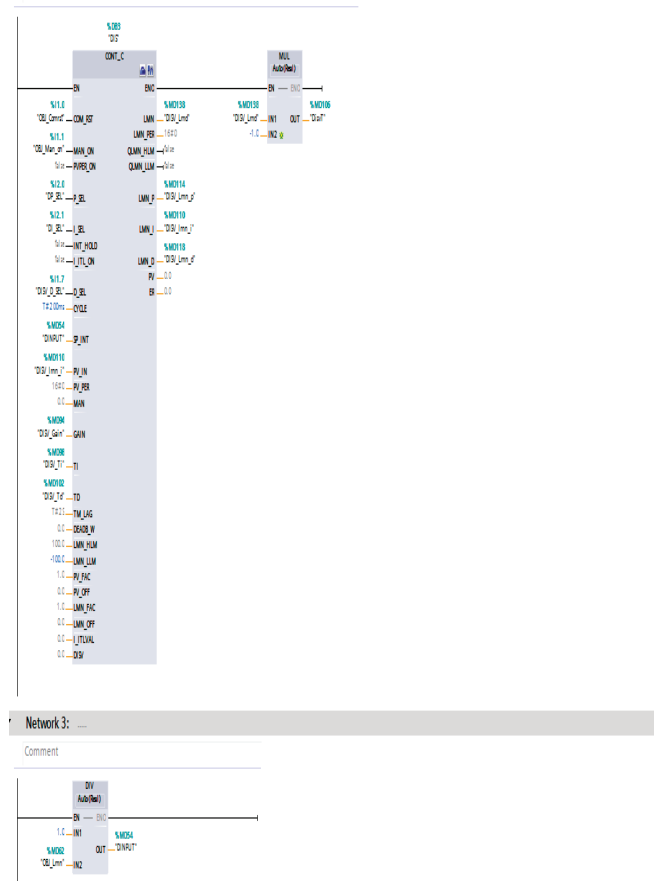


Рис. 7б. Программная реализация

Ниже представлена программный код, реализованный на языке программирования LAD (рис. 7а, б).

При автоматической настройке регулятора PID-состав и ввода возмущающегося воздействия, реализованного при помощи регулятора CONT\_C получена переходная характеристика показанная на рисунке 8.



Рис. 8. Переходная характеристика регулирования температуры с учетом внешнего воздействия

## Выводы

Правильная регулировка основного параметра, а именно температуры воды на выходе котла, является основной задачей на предстоящий год, так как это обеспечить бесперебойную работу котла и выдачу необходимой температуры воды к потребителю и уменьшению нагрузки операторов. Регулирование также решает проблему быстрого взаимодействия при изменении внешних факторов, т.е. возмущающих воздействий, что увеличивает работу эффективность работы котлов.

## Визуализация технологического процесса работы водогрейного газомазутного котла

Копесбаева Акшолпан Ауелбековна, кандидат технических наук, профессор;  
Курбанов Акимжан Адильжанович, студент магистратуры  
Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева (Казахстан)

*Визуализация крупных технологических объектов является одним из этапов проведения автоматизации данного объекта. Существует большое количество различных систем, при помощи которых осуществляется данная работа. Зачастую при реконструкции различных систем идет полная смена оборудования, как и произошло на котельной. Смена всего ручного оборудования привела к возможности управлять им дистанционно, где и выявилась необходимость в визуализации технологического процесса системы. Работа осуществлялась в удобной для разработки системе: TIA Portal V15.1. Которая в свою очередь имеет хорошее преимущество в том, что содержит обе системы для автоматизации объекта, а именно среду для программирования контроллера, а также среду для визуализации данного объекта.*

**Ключевые слова:** TIA Portal, faceplate, визуализация, водогрейный газо-мазутный котел, исполнительные механизмы.

## Visualization of the technological process of operation of a hot water gas-oil boiler

Kopesbaeva Aksholpan Auelbekovna, candidate of technical sciences, professor;  
Kurbanov Akimzhan Adilzhanovich, student master's degree  
Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev (Kazakhstan)

*Visualization of large technological facilities is one of the stages of the automation of this facility. There are a large number of different systems with which this work is carried out. Often, during the reconstruction of various systems, there is a complete change of equipment, as happened at the boiler house. The change of all manual equipment led to the ability to control it remotely, which revealed the need for visualization of the system's technological process. The work was carried out in a development-friendly system: TIA Portal V15.1. Which, in turn, has a good advantage in that it contains both systems for automating an object, namely an environment for programming the controller, as well as an environment for visualizing this object.*

**Keywords:** TIA Portal, faceplate, visualization, hot water gas-oil boiler, actuators.

## Введение

Котельная — комплекс технологически связанных тепловых энергоустановок, расположенных в обособленных производственных зданиях, встроенных, пристроенных или надстроенных помещениях с котлами, водонагревателями и котельно-вспомогательным оборудованием, предназначенный для выработки теплоты.

Водогрейный котел — котел, необходимый для нагревания воды, его сферой применения является система отопления, вентиляция, а также горячее водоснабжение различных зданий и сооружений. Обычно водогрейные котлы используются в составах районных котельных, для покрытия пиковой тепловой нагрузки ТЭЦ.

Технологический процесс котла является сложным процессом, который время от времени проходит ряд резких из-

менений, в плане регулирования нагрузки, но для начала необходимо произвести начальные работы, такие как розжиг, вентиляция и опрессовка топки котла в автоматическом режиме, для облегчения работы операторов и ускорения данного процесса.

Все вышеперечисленные процессы необходимо выводить на экраны АРМ-операторов, для их корректной работы.

Визуализация техпроцесса — способ отображения информации о состоянии технологического оборудования и параметрах технологического процесса на мониторе компьютера или операторской панели в системе автоматического управления в промышленности, предусматривающий также графические способы управления техпроцессом. Система визуализации должна учитывать требования, предъявляемые к человеко-машинному интерфейсу. Визуализация техпроцесса реализуется в ряде экранов или окон, которые могут представлять собой ие-

рархическую систему. В основе системы отображения лежит мнемосхема техпроцесса, статическое изображение в визуально простой и интуитивно понятной форме показывающей элементы оборудования, возможно, обрабатываемые материалы и продукцию, и их взаимодействие, порядок обработки. Статическая мнемосхема оживает — анимируется, отображая реальное состояние оборудования и сырья. При этом используются различные методы:

- Изменение цвета объекта в зависимости от его состояния. Например, в соответствии с требованиями эргономики, опасные или аварийные объекты окрашиваются в красный цвет. Можно также использовать мигающую (вспыхивающую) окраску;
- Изменение графического образа в зависимости от состояния объекта. Например, полный или пустой контейнер, положение ручки рубильника;
- Использование мультипликации, то есть последовательности быстро сменяющихся кадров;
- Перемещение объектов по экрану;
- Изменение размера объекта.

### **Необходимость визуализации технологического процесса работы водогрейного газо-мазутного котла № 3В**

Как говорилось выше визуализация техпроцесса — способ отображения информации о состоянии технологического оборудования и параметрах технологического процесса на мониторе компьютера или операторской панели в системе автоматического управления в промышленности, предусматривающий также графические способы управления техпроцессом.

Продуктом выполненной визуализации является Scada-система. В состав визуализации данного объекта входит отображение всех показаний датчиков, управляемых ИМ; показание всего технологического процесса, в том числе газовые, мазутные, водяные и воздушные трубопроводы котельной; система администрирования; вывод аварийных и предупредительных сообщений; выбор определенных аварийных условий, а также условий блокировок.

Технологический процесс работы котла составляет следующие процессы:

- Вентиляция топки котла;
- Опрессовка газовых труб;
- Розжиг блоков горелок;

Каждый из данных процессов необходимо вывести на экран для корректной работы автоматического управления данным объектом.

Зачастую готовым продуктом данного способа отображения является Scada-система. Правильно выстроенная структура экранов Scada-системы повышает эффективность работы как обслуживающего персонала, так и операторов.

Данная котельная до проведения реконструкции обладала лишь устаревшими пультами оператора, которые служили инструментом управления котлов. После же проведения реконструкционных работ появилась необходимость создания единого продукта управления котлами. Данным продуктом является Scada-система, т.е. визуализация полного технологического про-

цесса работы котельной. В состав которой входит не только работа самого котла, но и вспомогательные процессы влияющие на работу котельной для улучшения эффективности работы.

### **Процесс визуализации**

Для выполнения визуализации необходимо пройти этап в несколько пунктов, такие как:

1. Первым пунктом выполнения визуализации является изучение проектной документации, которая содержит в себе большое количество информации необходимой для отображения. Туда входят датчики (как аналоговые так и дискретные), исполнительные механизмы (краны, клапана, насосы, регуляторы и т.д.), схемы автоматизации или структурные схемы и т.д.
2. Вторым пунктом выполнение визуализации, необходимо разработать структуру экранов Scada-системы, где в приоритет необходимо выставить технологические схемы с наибольшей необходимостью. Также проработка структуры администрирования.
3. Третьим этапом является прорисовка и отображение элементов технологических схем.

Каждый из вышеперечисленных шагов должен привести к созданию эффективной среды для работы как рабочего персонала, так и обслуживающего.

### **Процесс визуализации**

Визуализация данного технологического процесса производилась в среде разработки TIA Portal V15.1, в которой присутствует расширенная библиотека с различными графическими элементами (рис. 1). В ходе визуализации была разработана система администрации (оператор, начальник смены, служба эксплуатации), а также структура экранов в которых размещены все структурные схемы данного объекта (газовая линия, мазутная линия, водяная линия, воздушная линия, вспомогательное оборудование и т.д.).

Большое количество информации на главном экране зачастую приводит к загромождению начального экрана, данная проблема решается при помощи создания специальных контекстных меню (faceplate), в которых была отображена вся вспомогательная информация (рис. 2). Такой инструмент был использован для следующего числа элементов:

- аналоговые сигналы;
- исполнительные механизмы;
- некоторые автоматизированные процессы.

Также при разработке Scada-системы стоит учесть выбор цветов, которые не будут мешать работе оператора, при 8 часовой смене. Таким цветом являются однотонные светлые тона.

Также для контроля технологического процесса было разработано отдельное окно для вывода всех сообщения связанных с работой котла, а также с работой оборудования (т.е. контроллерной части). При этом сообщения делятся на аварийные, предупредительные, квитированные, действия оператора и т.д. Для их различия каждое из них выделено определенным цветом, например аварийные сообщения красным, предупредительные желтым.

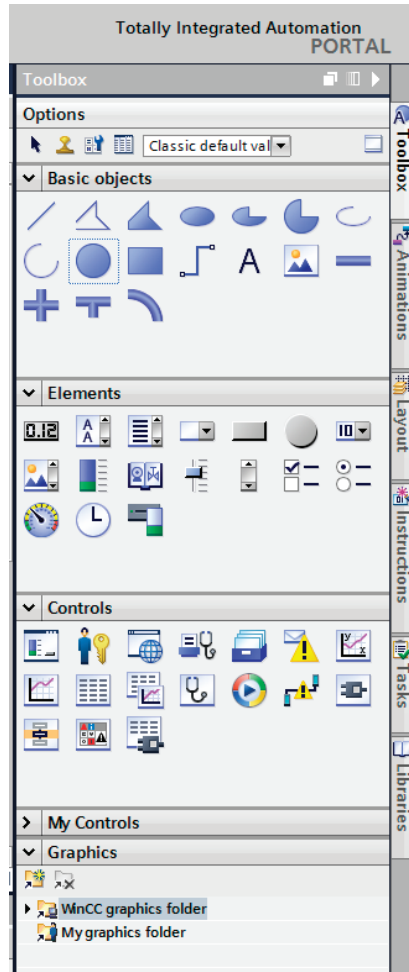


Рис. 1. Палитра элементов

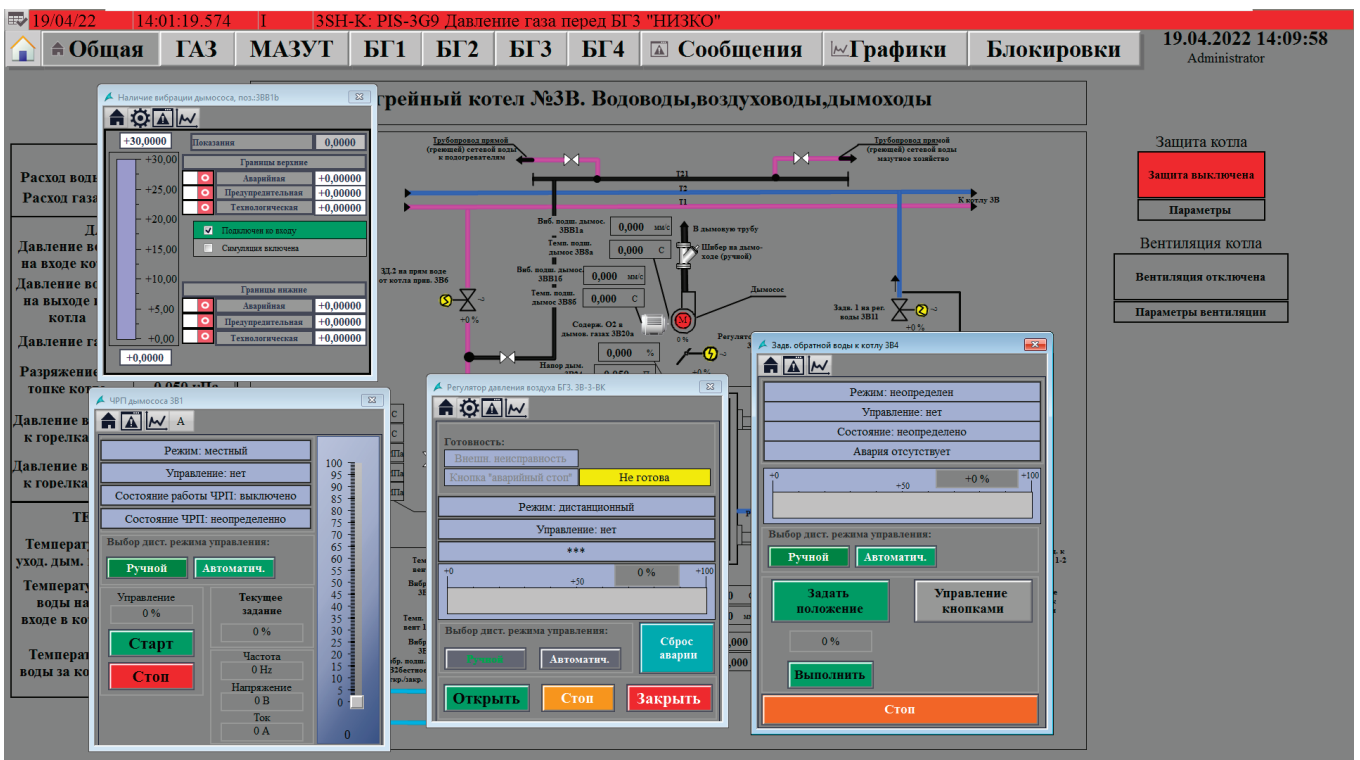


Рис. 2. Контекстное меню (faceplate)

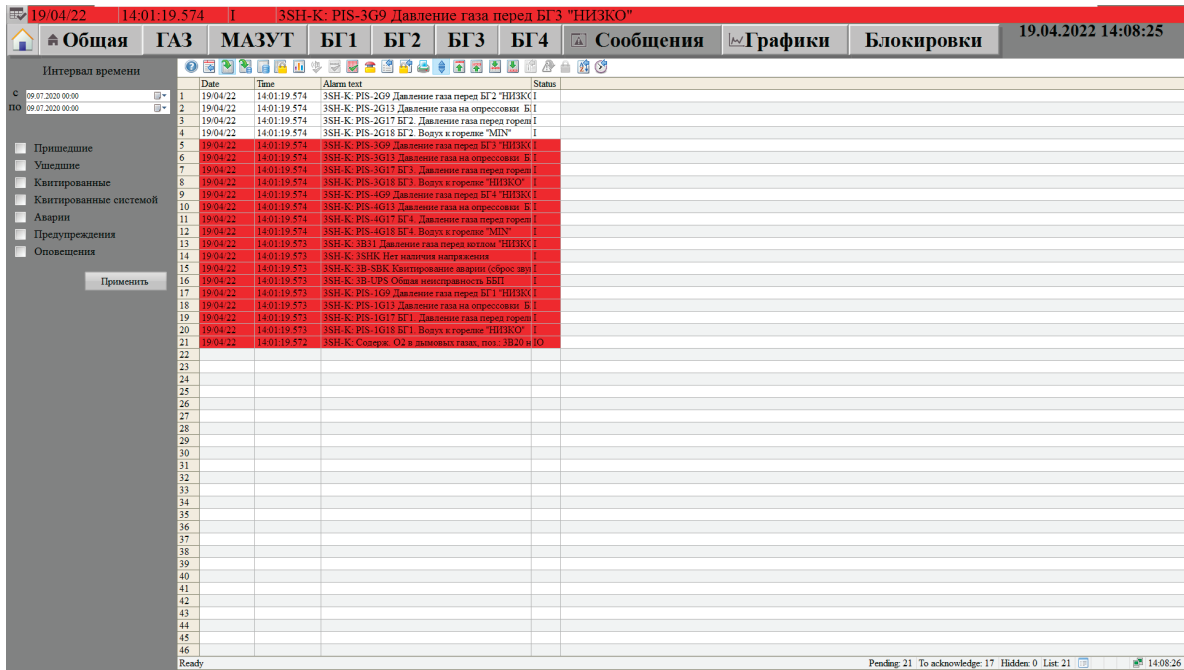


Рис. 3. Окно сообщений

### Визуализация систем автоматической работы котла

Так как котел является сложным для регулирования устройством, для его работы существует ряд определенных систем, таких как система блокировок и защит, система работы котла (вентиляция топки котла, опрессовка блоков горелок, непосредственный розжиг). Каждая из перечисленных системы внедрена в визуализацию объекта, т.к. в Scada-систему котельной.

Обеспечение безопасности от аварийных ситуаций обеспечивает комплекс защит котла. Данные защиты закрывают подачу газа к котлу при различных отклонениях от системных

параметров работы. Данный блок защит также был выполнен в виде контекстного меню.

Визуализация отдельных систем автоматического регулирования котла № 3 была разработана в виде контекстного меню, в их состав входят блок аварийных защит, вентиляция топки котла, опрессовка блоков горелок, а также розжиг (рис. 4). Блок технологических блокировок был разработан в виде отдельного окна, учитывая их большое количество, а также редактирование некоторых из них (рис. 5). Также блокировки котла могут быть деактивированы обслуживающим персоналом, что также повлияло на выбор оконного размещения данного блока.

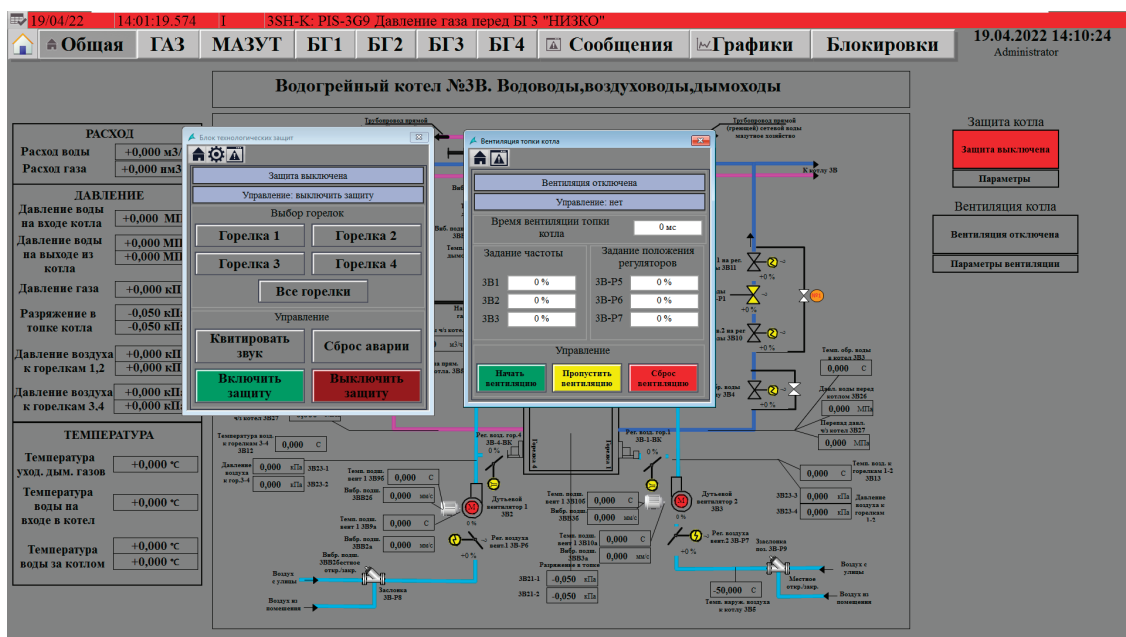


Рис. 4. Контекстное меню для вентиляции топки котла и защит

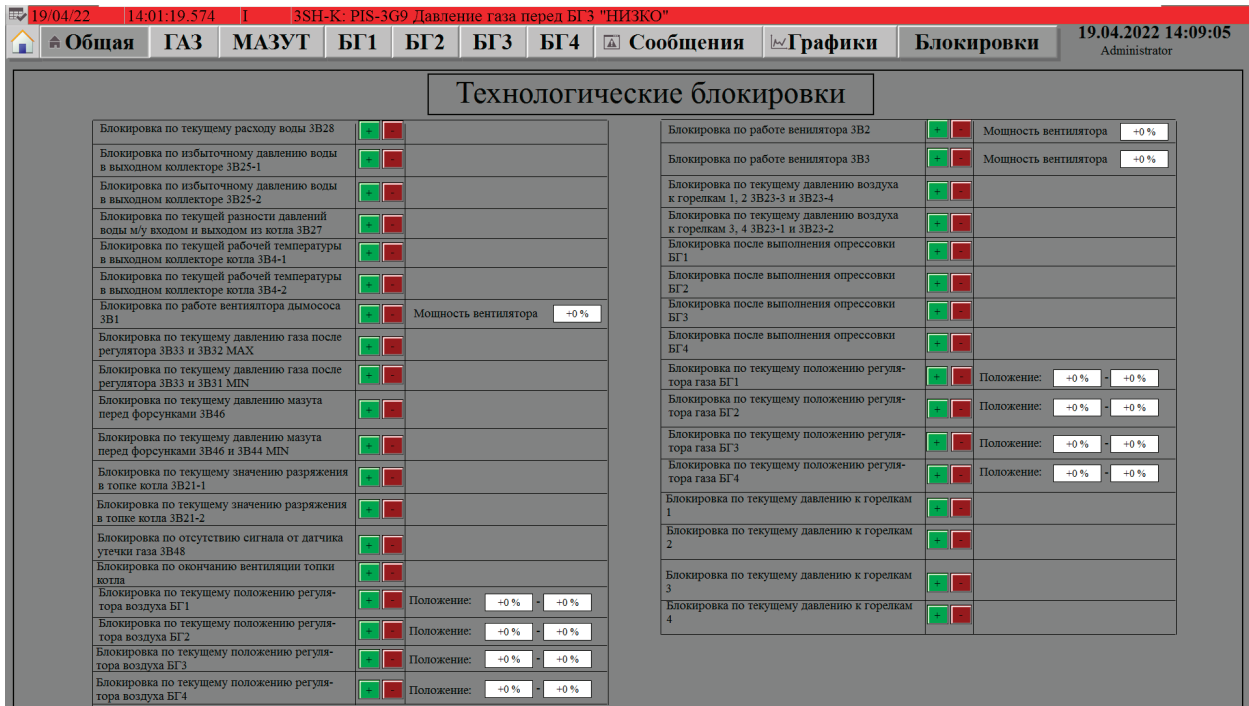


Рис. 5. Технологические блокировки котла

**Выводы**

В век цифровых инновационных технологий все большее и большее количество различных производств нуждаются в реконструкции и цифровизации. Что влечет за собой разработку Scada-систем. Визуализация технологического процесса помогает в увеличении эффективности работы персонала, а также в цифровизации производств.

Корректное отображение информации на экранах АРМ-оператора зачастую помогает и облегчает труд операторов.

Стоит учитывать большое количество нюансов при разработке данных систем. Также при разработке учитываются психологические особенности человека, такие как раздражимость от ярких цветов.

На разработку данной системы был потрачен ни один месяц работы, для более эффективного отображения информации и создания интуитивного интерфейса для пользования операторами данного объекта.

**Разработка пласта АС<sub>3</sub> месторождения имени Виноградова**

Левитина Екатерина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;  
 Абышев Дмитрий Анатольевич, студент магистратуры  
 Тюменский индустриальный университет

*В данной статье авторы пытаются разработать проектный вариант пласта АС<sub>3</sub> на месторождении им. Виноградова, в частности для анализа целесообразности применения методики.*

**Ключевые слова:** наклонно-направленные скважины, горизонтальные скважины, гидроразрыв пласта, месторождение.

В текущий момент среди главных нефтяных компаний стоит задача повышения эффективности добычи полезных ископаемых из недр земли. В основе данного процесса стоит разработка месторождения, которая содержит комплекс работ, направленный на повышение степени извлечения углеводородов. Исходя из данных о месторождении необходимо разработать вариант текущего состояния месторождения.

Обоснование расчетных вариантов разработки месторождения им. В.Н. Виноградова проведено по результатам анализа имеющейся геолого-промысловой информации, фактического состояния разработки, на базе трехмерных трехфазных геолого-фильтрационных моделей эксплуатационных объектов, созданных в симуляторе Roxar Tempest-MORE.

Формирование вариантов разработки в целом по месторождению имени Виноградова осуществлялось на базе рассмотренных вариантов разработки основного эксплуатационного объекта — залежи пласта АС<sub>3</sub>. В текущем варианте разработки начальные дебиты жидкости по новым скважинам определены, исходя из результатов фактической эксплуатации действующих наклонно-направленных и горизонтальных скважин. В добывающих и нагнетательных наклонно-направленных скважин предусмотрен гидроразрыв пласта, в горизонтальных скважинах — многостадийный гидроразрыв пласта.

Эксплуатация добывающих скважин предусмотрена на режиме постоянного дебита жидкости. Нагнетательные наклонно-направленные скважины находятся в отработке на нефть половину года, нагнетательные горизонтальные скважины около одного года, на участках опытно-промышленных работ от двух до трех лет.

Коэффициент эксплуатации добывающих и нагнетательных скважин — 0.95.

Условием отключения добывающих скважин является достижение почти полной весовой обводненности продукции или снижение дебита нефти ниже половины единицы тонн в сутки.

Обоснование системы размещения и плотности сетки скважин на залежи пласта АС<sub>3</sub> проведено с помощью секторной модели, полученной из полномасштабной фильтрационной модели, актуализированной на текущих период эксплуатации.

На сегодняшний день на месторождении в стадии разбуривания находится залежь пласта АС<sub>3</sub>. Реализуемая система расположения скважин и их конструкции отличаются от принятых в проектируемом варианте, девяти точечная с использованием наклонно-направленных скважин. Добывающие скважины далее горизонтальные, нагнетательные скважины потом наклонно-направленные бурят по линейной системе, меняя ряды нагнетательных и добывающих скважин. Нагнетательные скважины, размещенные поперек половины расстояния горизонтального ствола добывающих скважин, вводятся под закачку с самого начала без отработки на нефть, остальные — с отработкой. Во всех добывающих горизонтальных скважинах проводится многостадийный гидроразрыв пласта.

Изменению системы разработки залежи способствовали полученные результаты пробной эксплуатации пяти скважин №№ 252, 281, 293, 295, 297, введенных из консервации. Не подтвердились ожидаемые дебиты нефти и продуктивность скважин после гидроразрыва пласта. Потребовался пересмотр принятых решений, дополнительное изучение опыта разработки месторождений с подобным типом коллекторов.

Мониторинг разработки залежи пласта АС<sub>3</sub> в т.ч. с использованием фильтрационной модели показывает, что вопрос, ка-

сающийся системы размещения и плотности сетки скважин, остается актуальным. В связи с этим на залежи намечены три участка опытно-промышленной работы, в задачи которых входит испытание различных технологических решений, среди которых поиск оптимальных систем размещения скважин. В настоящей работе в целях достижения утвержденного коэффициента извлечения нефти, выбрана уплотненная размерами 400 на 400 м равномерная рядная сетка горизонтальных добывающих и нагнетательных скважин. При этом предполагается, что по мере доизучения геологического строения залежи сейсмика 3D и в процессе ее разбуривания система размещения скважин может быть реализована как избирательная. [1]

Системы размещения и плотности сеток по объектам юрских отложений соответствуют утвержденным с применением системы поддержания пластового давления, которая проектируется по девятиточечной схеме по сетке 800 на 800 м и будет реализована как избирательная с учетом оперативной геолого-промысловой обстановки.

Следует отметить, что на каждую сетку скважин предусматривается индивидуальная схема кустования. Всего проектируется одна схема кустования на объект АС<sub>3</sub>.

Вопрос возможности эффективного применения газовых или водогазовых методов на месторождении зависит не только от результатов экспериментальных исследований, которые ведутся в настоящее время, но и от наличия в ближайшем окружении источников газа. По результатам прогнозных расчетов баланса газа даже на период испытания этих технологий излишки газа отсутствуют. Тем не менее, в данной работе рассмотрены варианты по оценке эффективности применения водогазового воздействия на секторной модели залежи пласта АС<sub>3</sub>. [2]

Ожидается, что увеличение продуктивности добывающих и нагнетательных скважин и достижение утвержденного коэффициента извлечения нефти на залежи пласта АС<sub>3</sub> должно обеспечить использование горизонтальных скважин, выбор оптимального направления горизонтальных стволов и применение на них такой высокопродуктивной технологии как многостадийный гидроразрыв пласта.

Максимальный проектный уровень добычи нефти в целом по месторождению достигается на текущий момент разработки месторождения и составляет 1 966 тысяч тонн, при этом темп отбора нефти — 2,3 процента от начальных извлекаемых запасов.

За счет оптимизации фонда бурением горизонтальных скважин на основном объекте разработки залежи пласта АС<sub>3</sub> по сравнению со старым вариантом разработки достигается увеличение добычи нефти соответственно.

Срок разработки залежи по варианту составляют 185 лет.

#### Литература:

1. Крылов Н. А., Батурич Ю. Н., Рыжик В. М. Прогнозирование крупности запасов месторождений нефти и газа неразведанных ресурсов // Системный подход в геологии. — М., 1986. — С. 14–15.
2. Лысенко, В. Д. Разработка нефтяных месторождений. Эффективные методы / В. Д. Лысенко. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2009. — С. 376–379.

## Многостадийный гидравлический разрыв пласта АС<sub>3</sub> по технологии Texas Two Step месторождения имени Виноградова

Левитина Екатерина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;  
Абышев Дмитрий Анатольевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*В статье авторы пытаются оценить эффективность применения многостадийного гидроразрыва пласта по технологии Texas Two Step на месторождении им. Виноградова, в частности для анализа целесообразности применения методики.*

**Ключевые слова:** многостадийный гидравлический разрыв пласта, Texas Two Step, гибкая непрерывная насосно-компрессорная труба, месторождение.

В текущий момент среди главных нефтяных компаний основная задача заключается в повышении добычи полезных ископаемых из недр земли.

Технология, применяемая на месторождении им. Виноградова, заключается в многостадийном гидроразрыве пласта. Технология предполагает случай осуществления стимуляции скважины без участия бригады подземного ремонта скважин и обеспечивает возможность изоляции в течении всего срока эксплуатации скважины. Технология применима в вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных скважинах, на море и на суше. Модульная конструкция укомплектовывается для каждой скважины.

Компоновки многостадийного гидроразрыва пласта с функцией закрытия порта (Monobore и др.), либо предусматривающие допустимость извлечения посадочных седел (Sanjel и др.) могут значительно снизить затраты на изоляцию или интенсификацию одного или нескольких интервалов.

Многостадийный гидравлический разрыв пласта по технологии Texas Two Step представляет собой проведение гидроразрыва пласта не подряд, а в измененном порядке. В пласте по причине изменения вектора напряжений в зоне между трещинами образовывается эффект добавочного разрыва. Технология обладает в составе закачивания скважины управляемыми механическими сдвижными муфтами, которые переходят из положения открытия и закрытия при взаимодействии гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы с ключом. Так же на скважинах появляется возможность впоследствии осуществлять периодический гидроразрыв пласта на требуемый интервал.

При проведении гидроразрыва пласта по технологии Texas Two Step активация портов проводится с измененной последовательностью: 1 поток, затем 3, далее 2–5, на последнюю очередь приходится 4. По секторам 1,3 и 5 создаются более раскрытые трещины по сравнению с 2 и 4. Такая система имеет преимущество по сравнению с аналогами за счет более прочной конструкции и длительным периодом ее эксплуатации. Открытие и закрытие портов осуществляется с помощью установки гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы или на НКТ.

Технология так же может проводиться в линейной жидкости разрыва, которая позволяет ограничить рост трещины в высоту и увеличить длину трещины. При этом, повышается риск выпадения проппанта в процессе проведения гидроразрыва пласта по сравнению с гибридным вариантом.

Рекомендации по проведению технологии Texas Two Step с линейной жидкостью разрыва:

- Весь объем ГРП на линейном геле вязкостью до 25 сПз;
- Расход закачки до 7 м<sup>3</sup>/мин;
- Длина трещин до 170 метров;
- 7, 9 и 11 стадий гидроразрыва пласта;

— Компоновка многостадийного гидравлического разрыв пласта с открытием портов посредством гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы и возможностью изоляции интервалов в процессе разработки (Monobore или аналоги);

— Наличие установки гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы на кустовой площадке на протяжении всей работы.

Многостадийный гидравлический разрыв пласта по технологии Texas Two Step с линейной жидкостью разрыва.

Отличие технологии Texas Two Step заключается в линейной жидкости разрыва, которая позволяет ограничить рост трещины в высоту и увеличить длину трещины. При этом повышается риск выпадения проппанта в процессе проведения гидравлического разрыва пласта по сравнению с гибридным гидравлическим разрывом пласта. [1]

Рекомендации по проведению технологии Texas Two Step с линейной жидкостью разрыва:

- Весь объем гидравлический разрыв пласта на линейном геле вязкостью до 25 Сантипуаз;
- Расход закачки до 7 м<sup>3</sup>/мин;
- Длина трещин до 170 метров;
- 7, 9 и 11 стадий гидравлического разрыва пласта;

— Компоновка многостадийного гидравлический разрыв пласта с открытием портов посредством гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы и возможностью изоляции интервалов в процессе разработки;

— Наличие установки непрерывной насосно-компрессорной трубы на кустовой площадке на протяжении всей работы.

Целью проведения технологии Texas To Step является создание дополнительной дренажной системы, которая увеличивается по сравнению с традиционным гидроразрывом пласта. В зоне отбора происходит существенное снижение пластового давления до 15–23 процентов. Это подтверждает отсутствие активной водонапорной системы. Поэтому в условиях низкопроницаемого пласта требуется осуществление зоны дренирования.

После бурения и в процессе эксплуатации скважин, происходит снижение уровней отборов за счет различных факторов,



таких как кольматация призабойной зоны, снижение продуктивности, рост обводненности и др.

Рекомендации по проведению технологии Texas To Step с гибридной жидкостью разрыва на данном месторождении по результатам исследований: расход закачки не достигает до 5 м<sup>3</sup>/мин,

компоновка многостадийного гидроразрыва пласта с открытием портов посредством гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы и возможностью изоляции интервалов в процессе разработки, наличие установки гибкой непрерывной насосно-компрессорной трубы на кустовой площадке на протяжении всей работы.

Литература:

1. Реутов, В. А. Гидравлический разрыв пласта: условия образования трещин, их практическое определение и использование [Текст] / В. А. Реутов // Итоги науки и техники. Разработка нефтяных месторождений. — М.: ВИНТИ, 1991. — Т. 23. — С. 148–153.

## Разработка технологии и нормативно-технической документации на мучное изделие в соответствии с требованиями технического регламента Таможенного союза

Мажитова Айдана Касеновна, студент магистратуры  
Университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

*В статье описывается польза выбора ингредиентов для технологии производства печенья, направленная на улучшение его питательных свойств.*

**Ключевые слова:** *затяжное печенье, сахарное печенье, технология производства печенья, продукт.*

**М**учные изделия — это один из основных продовольственных товаров, которые полностью обеспечивает свои потребности за счет собственного сырья и производства в нашей стране. Хлебопекарная отрасль затрагивает все слои жизни нашего общества, являясь одной из ведущих пищевых отраслей.

Печенье — это готовые к употреблению, небольшие мучные кондитерские продукты, которые традиционно изготавливаются из муки, жира и сахара.

В последнее время быстро развиваются технологии производства печенья. Например: российскими технологами была разработана рецептура с добавлением специализированных маргаринов и жиров «СОЛПРО». Специализированные маргарины и жиры «СОЛПРО» имеют много функциональных особенностей. Таких как, способность к аэрированную, смазывающая способность, широкий диапазон пластичности, эмульгирование или влагоудерживающая способность и др.

Преимуществами использования специализированного жира являются: меньшее количество складских помещений для хранения жирового сырья; улучшение качества и увеличение сроков годности готовой продукции; удешевление рецептуры и снижение себестоимости продукта; упрощение расчетов рецептур; расширение ассортимента и др. [1].

В Южно-Казахстанском государственном университете была предложена возможность использования стевии для производства печенья кренкер.

Комплекс стевиазидов из стевии содержит мало калорий, отличается хорошим приятным вкусом, поэтому вполне может заменить углеводы в диетическом питании. Тщательное исследование показали, что замена сахара стевиазидами не противо-

показана и даже рекомендуется при нарушении углеводного обмена, ожирении, атеросклерозе, панкреатитах и диабете [2].

Также в Алматинском Технологическом университете была исследована возможность замены пшеничной муки на кукурузную. Опыты проводили на муке высшего и первого сортов пшеничной и кукурузной муки тонкого и крупного помола.

Разработка нового вида сахарного печенья с заменой пшеничной муки на кукурузную поможет сэкономить пшеничную муку, как более дорогое сырье, а также обогатить сахарное печенье витаминами, микро- и макроэлементами, в частности железом, магнием и другими ценными пищевыми веществами, например, незаменимыми аминокислотами — лизином и, тем самым, повысить пищевую и биологическую ценность продукта, и получить более сбалансированный продукт питания [3].

Это исследование было направлено на определение стратегий улучшения качества печенья и потенциальной пользы для здоровья, связанной с ним.

Через пищу люди получают из окружающей среды ряд натуральных или перерабатываемых продуктов, содержащих химические и питательные вещества. Среди макроэлементов, составляющих обычный рацион, есть жиры. Хотя в общеизвестных источниках они имеют негативный оттенок, из-за их связи с сердечно-сосудистыми заболеваниями и ожирением в последние годы возрос научный и общественный интерес к роли некоторых жиров, называемых полиненасыщенными жирными кислотами. Именно так органы здравоохранения рекомендуют увеличить потребление полиненасыщенных жирных кислот омега-3, особенно длинноцепочечных жирных кислот (ЭПК и ДГК), основным источником которых является рыба. Современные пищевые технологии в настоящее время позволяют обогащать

большое количество пищевых продуктов омега-3 жирными кислотами, и на самом деле во всем мире существует большое разнообразие обогащенных пищевых продуктов. Если учесть, что производство пищевых продуктов, обогащенных омега-3 жирными кислотами, технически сложно и требует специальных методов для получения подходящего рыбьего жира, пригодного для добавления в пищу, без рыбного запаха или вкуса, ценным оказывается сырье, богатое омега-3 растительного происхождения, такое как семена чиа и, в частности, печенье с семенами чиа, которое может быть эффективным для снижения факторов риска заболеваний, замены пищевых добавок без изменения пищевых привычек потребителей.

Чиа — однолетнее растение, принадлежащее к семейству губоцветных. Семена выращивались на протяжении нескольких столетий индейцами-ацтеками. В настоящее время его широко употребляют в ряде стран, в том числе в США, Канаде и Австралии, а также в странах Латинской Америки, тогда как в Европе он практически не известен. Продукты с чиа или его побочными продуктами, которые обычно продаются или потребляются в мире: сами семена, масляные мягкие гелевые капсулы, масло чиа, батончики чиа, сухие завтраки, печенье, злаковые батончики, чипсы в качестве пищевой добавки и хлеб.

#### Литература:

1. Салманова, Н. С. Технологичность и функциональность специализированных маргаринов и жиров «СолПро» для песочного теста/ Н. С. Салманова // Пищевая промышленность. — 2015. — № 5. — С. 42–44.
2. Шингисов А. У. Исследование возможности использования стевии для производства печенья крекер/ А. У. Шингисов // Вестник государственного университета им. Шакарима г. Семей. — 2016. — № 1 — с. 28–32.
3. Байболов, К. Влияние замены муки пшеничной на кукурузную при производстве сахарного печенья/ К. Байболов; Л. К. Байболова, А. К. Кемербекова // Қазақстанның азық-түлік қауіпсіздігі: қазыргі жағдайы және болашағы — Продовольственная безопасность Казахстана: состояние и перспективы: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Толеуова Е. Т. — Семей, 2012. — 13–15 июня. — С. 304–309.

## Анализ методов решения уравнения Бакля — Леверетта

Менжинский Кирилл Сергеевич, студент магистратуры;  
Козьминых Никита Владиславович, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

В статье выполнено сравнение методов Лакса — Вендрофа, Лакса — Фридрихса и Противопоточного метода решения уравнения Бакля — Леверетта.

**Ключевые слова:** Баклей — Леверетт, гидродинамика, потоки.

Рассмотрим уравнение Бакля — Леверетта для одномерного случая, в котором фильтрация происходит лишь в одном направлении:

$$m \frac{\partial s}{\partial t} + U \frac{df}{ds} \frac{\partial s}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

Рассмотрим численные методы решения уравнения Бакля — Леверетта. Для простоты обезразмерим уравнение (1). Для этого поделим обе его части на  $U/L$ :

Установлено, что семена чиа содержат много ценных микроэлементов, которые принимают непосредственное участие в синтезе ферментов и гормонов, также положительно воздействуют на работу эндокринной системы. Кроме того, семена чиа — отличный источник растительного кальция: в 100 г семян содержится 631 мг кальция, то есть в два раза больше, чем в стакане молока. Семена способны впитывать довольно большое количество жидкости, объем которой в 10 раз превышает массу семян.

Активные исследования семян чиа позволяют надеяться, что в скором времени будет найдено эффективное средство от сахарного диабета, патологий пищеварительного тракта, онкологических заболеваний. Все полезные свойства семян чиа обусловлены их уникальным составом, поэтому планируется широко использовать их для специализированного питания.

Затяжное печенье отличается меньшим содержанием сахара и сливочного масла. Оно подходит как для здоровых людей, так и для людей, ограничивающих себя в сладком.

Таким образом, изготовление затяжного печенья с добавлением семян чиа будет полезным в питании как обычным людям, так и спортсменам, и людям, страдающим от различных заболеваний от проблем с ЖКТ до диабета.

$$\frac{\partial s}{\partial \left(\frac{tU}{Lm}\right)} + \frac{\partial f(s)}{\partial \left(\frac{x}{L}\right)} = 0 \quad (2)$$

где  $L$  — характерный размер задачи.

Введем следующие обозначения:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{x} = \frac{x}{L} \\ T = \frac{tU}{Lm} \end{array} \right. \quad (3)$$

Тогда (2) переписывается в виде:

$$\frac{\partial s}{\partial T} + \frac{\partial f(s)}{\partial \bar{X}} = 0 \tag{4}$$

Соотношение (4) представляет собой гиперболическое нелинейное уравнение в частных производных.

Для решения (4) воспользуемся методом конечных объемов, который заключается в замене рассматриваемой области расчетной сеткой. Другими словами, осуществляется переход от непрерывного распределения аргумента к его дискретному набору. Метод конечных объемов предполагает, что любые дифференциальные уравнения математической физики получены из интегральных законов сохранения. Таким образом, проинтегрировав (4), перепишем его в следующем виде:

$$\int_V \frac{\partial s}{\partial T} dV + \int_V \text{div}(f(s)) dV = 0 \tag{5}$$

Используя теорему Остроградского — Гаусса для второго слагаемого, получим:

$$\int_V \text{div}(f(s)) dV = \oint_{S_V} (f(s) \cdot n) dS, \tag{6}$$

где  $S_V$  — поверхность рассматриваемого объема  $V$ ,  $n$  — единичный внешний вектор, направленный по нормали к поверхности  $S_V$ .

Используя полученный результат (6), преобразуем (5) к виду:

$$\int_V \frac{\partial s}{\partial T} dV + \oint_{S_V} (f(s) \cdot n) dS = 0 \tag{7}$$

Физический смысл (7) заключается в том, что поток через поверхность, ограничивающую некий объем, равен скорости изменения водонасыщенности в этом объеме.

Введем следующую величину:

$$\bar{s}_i = \frac{1}{V_i} \int_{V_i} s dV, \tag{8}$$

где  $\bar{s}_i$  — среднее значение водонасыщенности в  $i$ -ой ячейке рассматриваемой области.

Используя (8), запишем закон сохранения для ячеек по отдельности:

$$\frac{\partial \bar{s}_i}{\partial T} + \frac{1}{V_i} \oint_{S_{V_i}} (f(s) \cdot n) dS = 0 \tag{9}$$

В данном разделе рассматривается уравнение Баклея — Леверетта для одномерного случая. Тогда вместо ячеек будут использоваться узлы. Также можно полагать, что поток через поверхность ячеек равен потоку от соседних узлов. Расчетная сетка для уравнения (5) имеет вид, представленный на рис. 1.

Учитывая вышесказанное, уравнение (5) примет вид:

$$\frac{s_i^{n+1} - s_i^n}{\Delta T} + \frac{f_{i+\frac{1}{2}}^n - f_{i-\frac{1}{2}}^n}{\Delta \bar{X}} = 0, \tag{10}$$

где  $f_{i+\frac{1}{2}}^n$  — поток водонасыщенности от правого узла,

$f_{i-\frac{1}{2}}^n$  — поток водонасыщенности от левого узла.

Для определения потоков существует множество методов. В данном разделе будет рассмотрено три метода, так как они обладают различными особенностями, которые нужно учитывать при их применении.

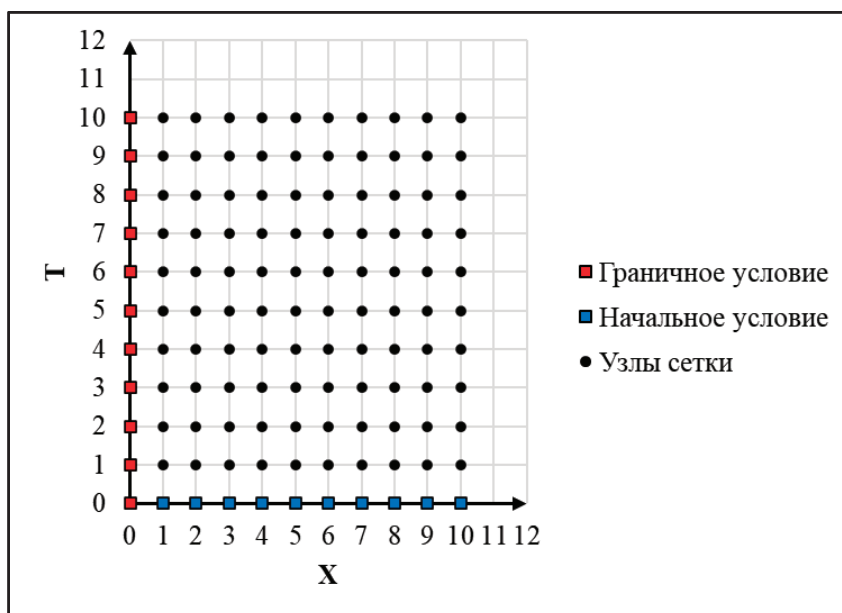


Рис. 1. Расчетная сетка для решения уравнения Баклея — Леверетта

1. Метод Лакса — Вендрофа [2]:

$$\begin{cases} f_{i+\frac{1}{2}}^n = \frac{1}{2}(f_{i+1}^n + f_i^n) - a_{i+\frac{1}{2}}^2 \frac{\Delta T}{2\Delta X} (s_{i+1}^n - s_i^n) \\ f_{i-\frac{1}{2}}^n = \frac{1}{2}(f_i^n + f_{i-1}^n) - a_{i-\frac{1}{2}}^2 \frac{\Delta T}{2\Delta X} (s_i^n - s_{i-1}^n) \end{cases}, \quad (11)$$

где

$$\begin{cases} a_{i+\frac{1}{2}} = \begin{cases} \frac{f_{i+1}^n - f_i^n}{s_{i+1}^n - s_i^n}, & s_{i+1}^n \neq s_i^n \\ f_i^{n'}, & s_{i+1}^n = s_i^n \end{cases} \\ a_{i-\frac{1}{2}} = \begin{cases} \frac{f_i^n - f_{i-1}^n}{s_i^n - s_{i-1}^n}, & s_i^n \neq s_{i-1}^n \\ f_{i-1}^{n'}, & s_i^n = s_{i-1}^n \end{cases} \end{cases} \quad (12)$$

Используя данный метод, можно получить решение, изображенное на рис 2.

Как видно из рисунка, применение этого метода влечет за собой появление численной дисперсии в результатах расчета, поэтому использование данного метода не рекомендуется.

4. Метод Лакса — Фридрихса [3]

$$\begin{cases} f_{i+\frac{1}{2}}^n = \frac{1}{2}(f_{i+1}^n + f_i^n) - \frac{\Delta \bar{X}}{2\Delta T} (s_{i+1}^n - s_i^n) \\ f_{i-\frac{1}{2}}^n = \frac{1}{2}(f_i^n + f_{i-1}^n) - \frac{\Delta \bar{X}}{2\Delta T} (s_i^n - s_{i-1}^n) \end{cases} \quad (13)$$

Решение данным методом представлено на рис. 3.

Результаты, полученные данным методом, обладают значительной численной диссипацией, из-за чего происходит «размытие» скачка обводненности. В настоящей модели этого быть не должно (так как было решено пренебречь капиллярными эффектами, создающими разницу между парциальными давлениями рассматриваемых фаз). То есть использовать данный метод для решения поставленной задачи нецелесообразно.

6. Противопоточный метод upwind [4]

$$\begin{cases} f_{i+\frac{1}{2}}^n = \begin{cases} f_i^n, a_{i+\frac{1}{2}} \geq 0 \\ f_{i+1}^n, a_{i+\frac{1}{2}} < 0 \end{cases} \\ f_{i-\frac{1}{2}}^n = \begin{cases} f_{i-1}^n, a_{i-\frac{1}{2}} \geq 0 \\ f_i^n, a_{i-\frac{1}{2}} < 0 \end{cases} \end{cases} \quad (14)$$

Результат использования противопоточного метода представлен на рис. 4.

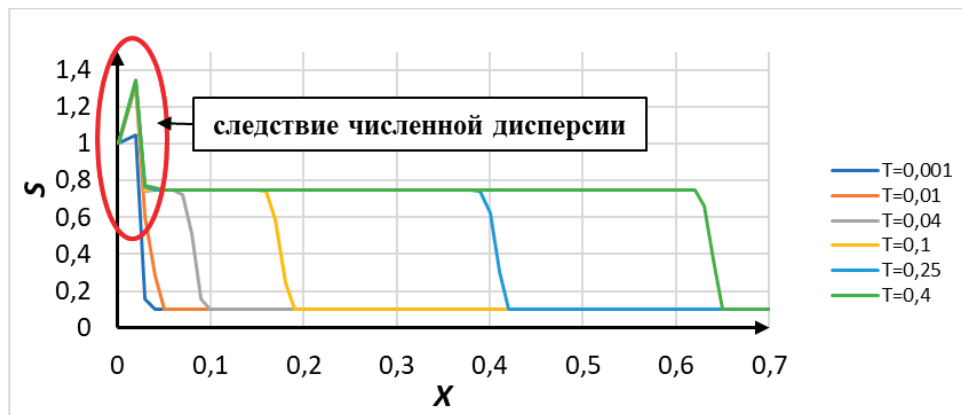


Рис. 2. Решение задачи Баклея — Леверетта методом Лакса — Вендрофа

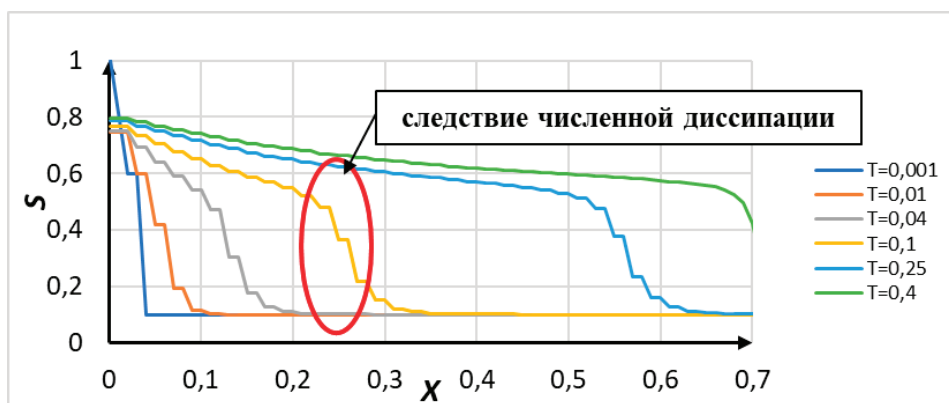


Рис. 3. Решение задачи Баклея — Леверетта методом Лакса — Фридрихса

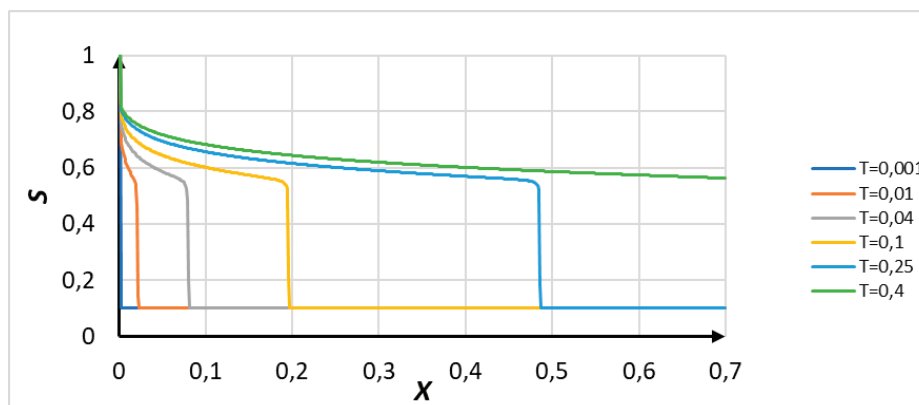


Рис. 4. Решение задачи Баклея — Леверетта противопоточным методом

Видно, что применение последнего метода хорошо описывает решение со скачком водонасыщенности. Полученные результаты не обладают значительной степенью дисперсии

и диссипации. Поэтому из всех рассмотренных методов аппроксимации потоков водонасыщенности, использование противопоточного является предпочтительным.

Литература:

1. Ковеня В. М., Чирков Д. В. Методы конечных разностей и конечных объемов для решения задач математической физики. Новосибирск: Издательство Новосибирского государственного университета, 2013. 86 с.
2. Лаевский Ю. М., Кандрюхова Т. А. Об аппроксимации разрывных решений уравнения Баклея — Леверетта // Сибирский журнал вычислительной математики. 2012. Т. 15. № 3. С. 271–280.
3. Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. Москва: Мир, 1990. 384 с.
4. Губкин А. С. Методические рекомендации к численному решению модельных уравнений математической физики. Тюмень: Тюменский государственный университет, 2018. 11 с.

## Защита морских нефтегазовых сооружений от коррозии методом жертвенного анода

Мустафаев Вагит Тофик оглы, кандидат технических наук, доцент;  
 Нуриев Амиршах Эльман оглы, студент магистратуры  
 Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (г. Баку, Азербайджан)

*В статье автор пытается показать основной метод защиты от коррозии морских нефтегазовых оснований.*

**Ключевые слова:** коррозия, жертвенный анод, МНГС.

Морские нефтегазовые сооружения (МНГС) представляют собой комплексную установку, которая находится в суровой среде и подвергается высокому риску коррозии, что значительным образом влияет на срок службы платформ. Следовательно, для обеспечения длительной и безопасной эксплуатации возникает необходимость в частом профилактическом обслуживании.

МНГС подвергаются коррозии целиком как над, так и по водой. Особо опасной зоной является атмосферная зона из-за комбинированного воздействия высокой и низкой температуры, солнца, кислорода, влаги и соли, содержащихся в воздухе.

Основным методом защиты МНГС от коррозионного разрушения является электрохимическая (катодная) защита, которая работает на основе биметаллической коррозии, где происходит ускоренное разрушение одного металла, в то время как другой остается неизменным. Другими словами, один металл «жертвует» собой, защищая другой.

Жертвенные аноды изготавливаются из металлического сплава с более «активным» напряжением (более отрицательным электрохимическим потенциалом), чем металл защищаемой конструкции (катод). Разница потенциалов между двумя металлами приводит к протеканию электронов с более электроотрицатель-

ного металла к менее и тем самым уничтожая жертвенный анод, подвергая его к коррозии в большей степени, чем структуру.

Для того, чтобы жертвенный анод работал, должно существовать два других условия: должен быть обратный путь тока, чтобы электроны могли течь от анода к конструкции (катоде), который он защищает (наложение электрического тока), и электролит (вода, влажность) для передачи электронов.

Жертвенные аноды обычно изготавливаются из трех металлов: магния, алюминия и цинка. Магний имеет самый отри-

цательный электропотенциал из трех (рис. 1) и более подходит для береговых трубопроводов, где удельное сопротивление электролита (почвы или воды) выше.

Цинк и алюминий обычно используются в соленой воде, где удельное сопротивление обычно ниже. Типичные области применения — корпуса кораблей и лодок, морские трубопроводы и производственные платформы, морские двигатели с охлаждением соленой водой, гребные винты и рули небольших лодок, а также внутренняя поверхность резервуаров для хранения.



Рис. 1. Гальванический ряд

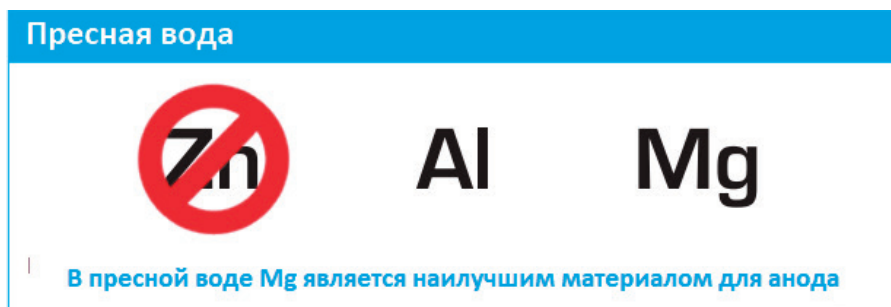


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

## 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

### 2.1 Требуемое количество анодов

Количество необходимых анодов рассчитывается для каждого блока  $U$  в соответствии со следующими тремя критериями: весовой критерий, критерий начального тока и критерий конечного тока.

#### 2.1.1 Весовой критерий

$$N_1(U) = M_a / m_a$$

Где:  $N_1(U)$  — необходимое количество анодов относительно к весу блока  $U$ ,

$M_a$  — необходимая чистая масса сплава анода (кг),

$m_a$  — масса сплава одного анода (кг).

Необходимая чистая масса сплава находится следующей формулой.

$$M_a = I_{cm} \times t_f \times 8760 / u \times \varepsilon$$

Где:  $I_{cp}$  — среднее значение сила тока.

$t_f$  — расчетный срок службы (лет)

$u$  — 0,9 — расходный коэффициент анода.

$\varepsilon$  — электрохимическая емкость (А.ч/кг).

Литература:

1. Федосова Н. Л. Антикоррозионная защита металлов. — Иваново, 2009. — 187 с.
2. Герасименко А. А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справочник. Под ред. А. А. Герасименко. — М.: Машиностроение, 1987: Том 1, — 688 с.
3. Платонович. Ж. Н. Коррозия и защита металлов Расчеты — Машгиз.
4. Экилик В. В. Электрохимические методы защиты металлов. Методическое пособие по спецкурсу. — Ростов-на-Дону, 2004. — 50 с.

#### 2.1.2 Критерий начального тока

$$N_2(U) = I_b / I_{вы}$$

Где:  $N_2(U)$  — необходимое количество анодов по критериям начального тока для блока  $U$ ,

$I_{ci}$  — сила входного тока для всей конструкции (А)

$I_{ai}$  — сила выходного тока для одного анода (А)

#### 2.1.3 Критерий финального тока

$$N_3(U) = I_k / I_{квы}$$

Где:  $N_3(U)$  — требуемое количество анодов по критерию конечного тока для блока  $U$ ,

$I_{cf}$  — требуемая конечная сила тока (А),

$I_{af}$  — требуемая конечная сила выходного тока для каждого анода (А).

#### 2.1.4 Необходимое количество анодов

Таким образом, общее необходимое количество анодов находится следующим способом:

$$N = \max \{ \Sigma N_1(U); \Sigma N_2(U); \Sigma N_3(U) \}$$

## Особенности цветографических схем полицейского автотранспорта

Мухаметшин Георгий Васильевич, студент

Елабужский институт Казанского (Приволжского) федерального университета

*В статье автор рассматривает наиболее распространенные цветографические схемы, используемые полицией в разных странах.*

**Ключевые слова:** цветографические схемы, полиция, автомобили.

В соответствии с национальным стандартом Российской Федерации, цветографическая схема — графическое изображение компоновки, конфигурации и композиционной взаимосвязи основного цвета, декоративных полос, опознавательных знаков и информационных надписей, нанесенных на наружные поверхности транспортных средств [1]. Главное предназначение цветографических схем — выделить автомобиль специальных служб из потока машин. В рамках данной научной работы мы кратко рассмотрим не только особенности цветографических схем ведомств охраны правопорядка нашей страны, но и также обратимся к зарубежному опыту, который заметно отличается от того, что мы видим на российских дорогах.

Несмотря на то, что полицейские автомобили появились в США уже на рубеже XIX и XX веков, первые транспортные средства в распоряжении полиции мало чем отличались от гражданских аналогов: они не были приспособлены для преследования нарушителей, отсутствовали проблесковые маячки и сирены, не применялась двухсторонняя радиосвязь. Разве что в некоторых случаях на передние двери наносилась надпись «Police» и шерифская звезда, а кузов окрашивался в черный цвет с завода. Подобное цветографическое обозначение характерно для автомобилей Ford Model T. Данная модель благодаря дешевизне и массовости производства разошлась по всем полицейским департаментам США в начале прошлого века [2].

Полноценные цветографические схемы, которые используются и по сей день, появились только в 1930-х годах. При этом в США до сих пор нет единой стандартизированной цветографической схемы: каждый штат имеет свою собственную «ливрею». Наибольшую известность и популярность получила цветографическая схема, которая применяется на территории Южной Калифорнии и юрисдикции Департамента полиции Лос-Анджелеса в частности. Она состоит из трех вертикальных сегментов. Два сегмента черного цвета и белый в середине. Использование бинарной взаимодополнительной палитры обусловлено большей читаемостью контрастных цветов на значительной дистанции. Французский философ Жан Бодрийяр отмечал противопоставление черно-белой палитры другим цветам и ее значение в обществе XX века: «Черное, белое и серое составляют не только нулевую степень красочности, но также и парадигму социального достоинства, вытесненности желаний и морального «стэндинга» [3]. Любопытно то, что цветографическую схему, напоминающую американскую, применяет японская полиция. Она состоит из двух горизонтальных сегментов: белый «верх», черный «низ». Расположение сегментов придает более строгий, формальный внешний вид полицейскому автотранспорту. Еще одним интересным решением японцев является использование проблесковых маячков, которые размещаются на подъемном механизме ножничного типа. В нужный момент «мигалки» вывешиваются над потоком машин и обеспечивают лучшую идентификацию полицейского транспорта.

Принципиально отличная цветографическая схема «состоит на вооружении» Великобритании, Чехии, Германии, Румынии, Испании, Швеции, Исландии, Швейцарии, Гонконга, Австралии и Новой Зеландии. Широкий географический охват свидетельствует о международном признании данного стандарта визуального обозначения транспортных средств. Схема получила название «Баттенбергская разметка» (а также маркировка Баттенберг) за внешнее сходство с тортом Баттенберг. Задачей полиции Великобритании было разработать цветографическую схему, четко различимую в дневное время и при свете фар с расстояния не менее 500 метров [4]. Разметка представляет собой узор из чередующихся желтых и голубых прямоугольников в шахматном порядке. Для желтого цвета используется флуоресцентная краска, эффективная в дневное время. Вся маркировка обладает ретрорефлекционными свойствами для видимости транспортного средства в ночное время. Подобная палитра, применение светоотражающих элементов и расположение прямоугольников обеспечивают высокую контрастность. Цвета могут варьироваться для автомобилей других экстренных служб. Например, желтый и зеленый — скорая помощь. Желтый и красный — пожарная служба. В отличие от черно-белой схемы, маркировка Баттенберг требует гораздо

более точной стандартизации для обеспечения безопасности дорожного движения. Неправильная нанесенная разметка, наоборот, ухудшает различимость транспортного средства. Возникает камуфляжный эффект, края автомобиля становятся нечеткими. Чтобы этого избежать прямоугольники не должны быть слишком маленькими (минимум 600x300 мм), рекомендуется обозначать контур транспортного средства с помощью флуоресцентной ленты и использовать не более двух строк с маркировкой. Кроме того, использование гибридной разметки (с варьирующимся размером и цветом прямоугольников в рамках одного узора) также ухудшает восприятие автомобиля в потоке [4].

В конце 1960-х и первой половине 1970-х в СССР были разработаны и внедрены первые стандартизированные цветографические схемы на основе двух принципов: автомобиль специальных служб должен непроизвольно привлекать внимание для безошибочного выделения данного транспорта из потока и обладать характерными признаками для мгновенного считывания ведомства, к которому он принадлежит. Очевидно, что требовалась, также как ранее было обозначено в подходе зарубежных стран, максимальная видимость на большой дистанции, при различном освещении, в любое время суток. Главным отличием в работе советских специалистов стал акцент на эмоционально-психологическое воздействие цвета. Так милиция СССР получила лимонно-желтую «ливрею» с синей полосой вдоль кузова и эмблемой на передних дверях. Для надписей и цифровых обозначений, по результатам испытаний, был выбран шрифт «полужирный гротеск» белого цвета либо основного цвета автомобиля для нанесения на полосу дополнительного цвета [5].

Значительная переработка цветографических схем на территории России произошла уже после распада СССР. В 1994 году новый государственный стандарт установил хорошо знакомую гражданам нашей страны бело-синюю «ливрею» для милиции (и полиции после реформы МВД в 2011 году соответственно) [6]. Недавнее обновление документа датируется 2019 годом. Оно связано с добавлением в стандарт схем транспортных средств войск национальной гвардии Российской Федерации и Военной полиции и исключением из перечня схем оперативных служб ФСКН [1]. Также следует отметить, что для некоторых ведомств цветографические схемы остались практически без изменений со времен СССР.

Итак, последние изменения в цветографических схемах зарубежных стран и России приходятся на 1990-е годы. Примечательно, что «ливрея» советской милиции в некоторой степени предвосхитила цветовую палитру Баттенбергской разметки, ставшей стандартом де-факто и де-юре во многих государствах. Россия же на рубеже веков выбрала более нейтральную и «классическую» цветографическую схему.

#### Литература:

1. ГОСТ Р 50574–2019. Автомобили, автобусы и мотоциклы оперативных служб. Цветографические схемы, опознавательные знаки, надписи, специальные световые и звуковые сигналы. Общие требования: [Электронный ресурс].— URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200162596>.
2. History Of American Police Cars. — Текст: электронный // CarBuzz: [сайт].— URL: <https://carbuzz.com/features/history-of-american-police-cars> (дата обращения: 15.03.2022).



3. Бодрийяр, Ж. Система вещей / Ж. Бодрийяр. — Москва: РИПОЛ классик, 2022. — 256 с. — Текст: непосредственный.
4. Evaluating new trends in emergency vehicle markings. — Текст: электронный // ambulancevisibility: [сайт]. — URL: <https://shorturl.at/rstvJ> (дата обращения: 15.03.2022).
5. ГОСТ Р 21392–75. Транспортные средства оперативных служб. Цветографические схемы, опознавательные знаки, специальные световые и звуковые сигналы. Технические требования (с Изменением N1): [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/495840450>.
6. ГОСТ Р 50574–93. Автомобили, автобусы и мотоциклы специальных и оперативных служб. Цветографические схемы, опознавательные знаки, надписи, специальные световые и звуковые сигналы. Общие требования: [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.centrattek.ru/media/new/regulation/gost-r-50574-93-avtomobili-avtobusy-i-mototsikly-i.pdf>

## Преимущества и возможности внедрения CPDLC в Мурманском секторе Санкт-Петербургского регионального центра ОВД

Ольшевская Ольга Юрьевна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

*В статье рассмотрены основные преимущества и мероприятия, способствующие внедрению систем CPDLC в Мурманском секторе Санкт-Петербургского регионального центра ОВД. Предложены этапы внедрения системы. Разработаны рекомендации по внедрению систем в Мурманском секторе.*

**Ключевые слова:** системы CPDLC, обеспечение безопасности полетов, Мурманский сектор Санкт-Петербургского регионального центра ОВД.

Безопасность является основным условием выполнения полетов. Под безопасностью полетов понимается комплексная характеристика воздушного транспорта, которая определяет способность выполнять полеты без угрозы для жизни и здоровья людей.

CPDLC позволяет снизить нагрузку на пилота путем уменьшения переговоров по радиосвязи. Наличие второго канала связи позволяет снизить ошибки и усталость экипажа и тем самым способствует повышению уровня безопасности полетов [1].

Ожидаемые преимущества от внедрения CPDLC, представлены на рисунке 1.

Внедрение АЗН и CPDLC на северо-западной территории России обусловлено сложностями развития авиационной отрасли. Они связаны с тем, что средства управления воздушным движением уже морально устарели. Поэтому в качестве решения проблемы предлагается внедрять АЗН (Автоматическое зависимое наблюдение) в практику организации и проведения полетов. Предусмотрено внедрение CPDLC в ходе отдельных этапов, это делается с тем, чтобы риски были как можно меньше.

В Санкт-Петербургском региональном центре ОВД предлагается осуществлять внедрение CPDLC в три этапа.

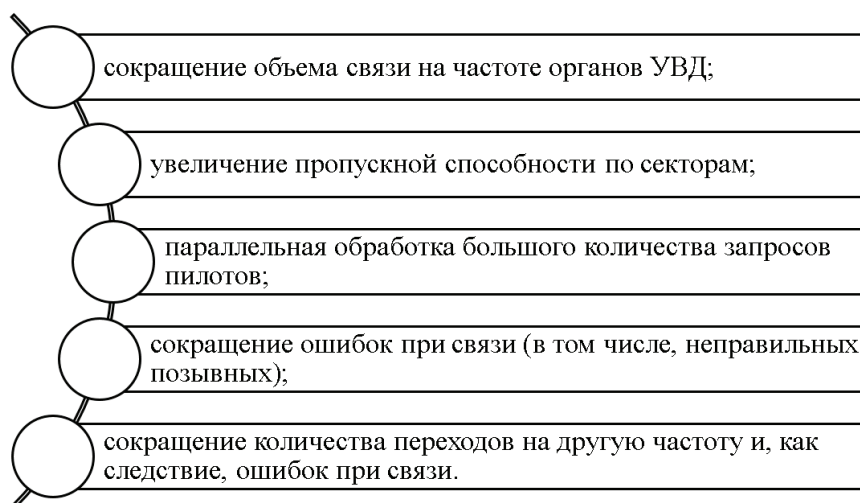


Рис. 1

1. Период осуществления работ. Необходимо:
- установить, в какой сфере нужно использовать технологию АЗН;
  - протестировать возможные решения;
  - проанализировать то решение, которое является технически возможным;
  - протестировать работу по взаимодействию пилотов и диспетчеров, которые управляют воздушным движением на основе технологии АЗН;
  - совершенствовать документацию;

Основываясь на результатах проведенного анализа, состояние наземного оборудования, радиотехнического оборудования, радиолокационной системы, оборудования рабочего места диспетчера, не дает в полном объеме контролировать воздушную обстановку в течение всего маршрута следования. Особенность Мурманского РЦ «океанического» сектора в том, что имеющиеся средства связи не дают возможность охватить все воздушное пространство. На некоторых участках маршрута, где отсутствует КВ связь, пилоты совершают полет в режиме «временного потери связи».

Информационные данные, полученные от систем наблюдения (СН), являются по существу неустойчивыми, т.е. имеют значение только при условии своевременного поступления их в место обработки. Это позволяет предложить следующие требования к передаче распределяемых данных в порядке уменьшения приоритетов [3]:

- ограниченное время задержки передачи данных (передача в реальном времени);
- передача без искажения данных;
- передача без потери данных.

Существенным требованием к характеристикам систем наблюдения является минимизация времени задержки, связанной с транспортировкой данных.

Задержка приемлема, конечно, если считается, что все данные наблюдения в пределах системы сопровождаются временными метками. По сути, для систем обработки радиолокационных данных лучше принимать с определенной радиолокационной задержкой блоки данных, содержащие точную временную метку, чем быстро получать блоки радиолокаций данных с неопределенной временной меткой [8].

Главной целью обмена данными наблюдения является транспортировка данных наблюдения от источника к определенным потребителям с помощью соответствующей инфраструктуры связи на основе сетей [2, с. 41].

Следует отметить, что современное состояние развития инфраструктуры связи в СН характеризуется все большим использованием развитых сетевых технологий для распространения данных наблюдения.

Развитие систем контроля параметров полета характеризуется:

- высоким уровнем автоматизации процессов;
- глубокой интеграцией IT-приложений;
- увеличением сложности IT-продуктов;
- ростом объемов их внедрения в систему.

2. На основании выполненной работы можно сделать выводы:

- О потребности модернизации рабочего места диспетчера РЦ сектора «океанический»;
- Модернизации наземного оборудования, спутниковой и радиотелефонной связи;
- О востребованности внедрения в Мурманский центр ОВД связи через CPDLC;
- Необходимости совершенствования технологии работы диспетчера при возникновении отказа радиосвязи.

Использование CPDLC дает возможность улучшить и освободить диспетчера от голосовой связи, а также определить

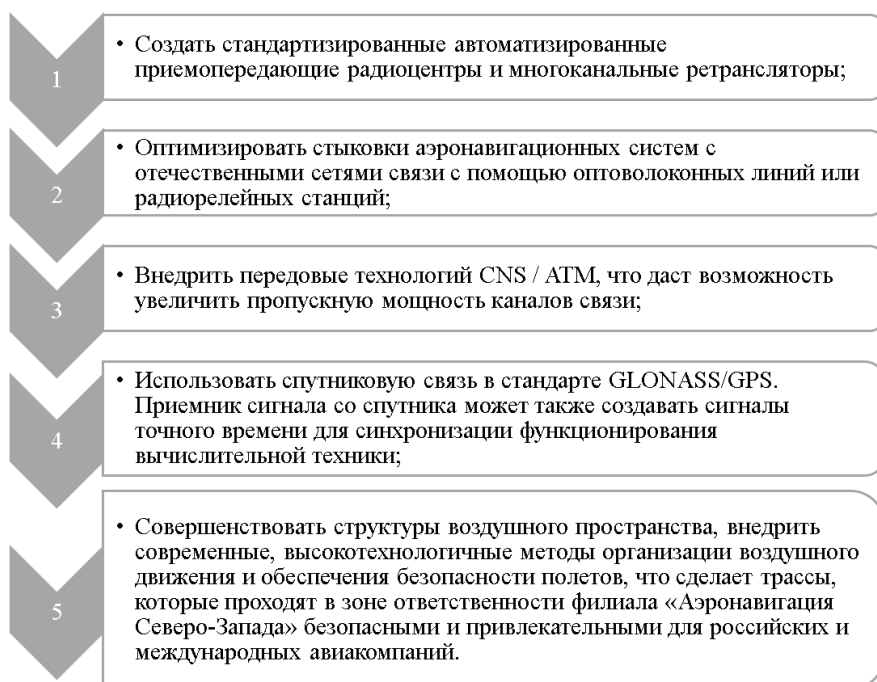


Рис. 2. Рекомендации по внедрению систем CPDLC

максимальные возможности человека при интенсивном воздушном движении. Таким образом это увеличит степень эффективности работы механизма «человек-машина» и в свою очередь безопасность полетов при проблемах радиосвязи [9].

В качестве рекомендаций предлагаются мероприятия, представленные на рисунке 2.

В заключении хочется отметить, что внедрение систем CPDLC в Мурманском секторе Санкт-Петербургского регио-

нального центра ОВД является наиболее перспективным на современном этапе, так как исследуемый регион обладает рядом особенностей, которые актуализируют внедрение автоматизированных систем наблюдения и передачи информации.

Внедрение предложенных рекомендаций в практику деятельности центра ОВД повлечет не только наиболее эффективное использование воздушного пространства, но и повышение безопасности полетов на современном этапе и в будущем.

#### Литература:

1. Кандзи, Н. Почему самолёты летают: практическое пособие / Н. Кандзи; пер. с япон. А. Б. Клионский.— Москва: ДМК Пресс, 2020.— 132 с.
2. Пашаев, А. М. Психофизиологические характеристики авиадиспетчеров УВД: контроль и коррекция психофизиологических показателей человеческого фактора в авионавигации: монография / А. М. Пашаев, А. М. Мамедов.— Германия: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2018.— 240 с.
3. Черная, О. В. Авиаметеообеспечение и право: проблемы формирования и функционирования организационно-правового механизма защиты субъектов авиаметеообеспечения в условиях глобализации, рисков и неопределенности общественного развития: Моногр/Черная О. В., Юрьев С. С.— Москва: Дашков и К, 2016.— 336 с.
4. Скрыпник, О. Н. Радионавигационные системы аэропортов и воздушных трасс: учебник / О. Н. Скрыпник.— Москва: ИНФРА-М, 2022.— 325 с.
5. Организация эксплуатации воздушного пространства: монография / А. Р. Бестугин, И. А. Киршина, А. Д. Филин, В. П. Рачков; под науч. ред. А. Р. Бестугина.— Москва: ИНФРА-М, 2021.— 256 с.
6. Костромина, Е. В. Авиатранспортный маркетинг: учебник / Е. В. Костромина.— 2-е изд., испр. и доп.— Москва: ИНФРА-М, 2021.— 360 с.
7. Леонов Ф. Е. Разработка методов оценки эффективности жизненного цикла технических средств УВД на этапе эксплуатации: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.13. СПб., 2004. 141 с.
8. Тимофеев, С. Ю. Методика расчета потенциальных конфликтных ситуаций в автоматизированной системе планирования воздушного движения / С. Ю. Тимофеев.— Текст: электронный // Интернет-журнал «Науковедение».— 2014.— № 2 (21).— URL: <https://znanium.com/catalog/product/518849> (дата обращения: 27.01.2022)
9. Тропин В. В. Оценка ожидаемой загруженности воздушного пространства в зоне ответственности Архангельского районного центра — URL: <https://interactive-plus.ru/e-articles/395/Action395-119018.pdf> (дата обращения: 07.02.2022)

## Анализ аварийности на объектах нефтегазовой отрасли России

Полякова Светлана Анатольевна, кандидат биологических наук, доцент;

Ильичёв Степан Сергеевич, студент

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*Нефтегазовая промышленность играет большую роль в развитии нашей страны. Это крупная отрасль тяжелой индустрии, которая включает в себя разведку нефтяных и газовых месторождений, бурение и освоение скважин, добычу и дальнейшую транспортировку нефти и газа. Однако отрасль является источником целого ряда рисков и опасностей, результатом которых могут быть аварии.*

*В данной статье будет проведен анализ аварийности на объектах нефтегазовой отрасли.*

**Ключевые слова:** нефтегазовая отрасль, авария.

Ключевой задачей любой организации, ведущей дела в данной отрасли, является предотвращение или минимизация вероятности возникновения аварий.

Авария — это разрушение сооружений или технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте.

Производственная авария — это опасное событие техногенного характера, создающее на объекте или отдельной тер-

ритории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного процесса, а также нанесению ущерба окружающей природной среде.

Основными причинами возникновения производственных аварий по подобным объектам являются:

- нарушение технологии производства;

- природные или стихийные бедствия;
- ошибки в организации производственного процесса;
- ошибки при проведении ремонтных мероприятий;
- нарушение правил безопасности, усвоенных на предприятии;
- и т.д.

На официальном сайте Ростехнадзора [1] представлена информация об авариях на объектах нефтегазовой отрасли за последние 8 лет. В данной статье будет проведен анализ аварийности за период 2017–2021 год, а также рассмотрены основные технические и организационные причины таких аварий.

В ходе анализа было выявлено, за отведенный период произошло порядка 260-ти аварий, среди которых:

- 27 пожаров;
- 39 выбросов горючих веществ;
- 36 разрушений сооружений;
- 75 повреждений и (или) разрушений ТУ;
- около 35-ти неконтролируемых взрывов.

Общая статистика аварий на объектах нефтегазовой отрасли за 2017–2021 год представлена на рис. 1.

В таблице 1 представлена более детальная статистика, которая также включает в себя количество пострадавших и общий экономический ущерб аварий.

Также в ходе анализа были выявлены основные причины возникновения данных аварий. Они делятся на две группы:

1. Технические аварии:

- разрушение или неисправность оборудования, вследствие коррозионного износа (12 случаев);
- разрушения в результате внешнего механического воздействия (35 случаев);
- аварии в результате нарушений при проведении ремонтных работ (4 случая);
- потеря герметичности оборудования (5 случаев);
- неисправности в оборудовании (7 случаев).

2. Организационные.

- отсутствие должного производственного контроля (33 случая);



Рис. 1. Статистика аварий на объектах нефтегазовой отрасли за 2017–2021 год

Таблица 1. Аварии на объектах нефтегазового комплекса. Классификация по видам

Вид аварии	период				
	2017	2018	2019	2020	2021
Выброс горючих веществ, пожар.	24	–	18	13	11
Разрушение сооружений.	18	–	3	9	6
Повреждение, разрушение ТУ.	28	–	21	16	10
Неконтролируемый взрыв.	13	–	12	5	5
<b>Итого:</b>	<b>83</b>	<b>48</b>	<b>54</b>	<b>43</b>	<b>32</b>
Экономический ущерб, млн.руб	1076,3	–	2571,4	6849,7	2626,76
<b>Пострадавшие:</b>	<b>17</b>	<b>–</b>	<b>33</b>	<b>30</b>	<b>49</b>
<b>Пострадавшие (смертельно):</b>	<b>12</b>	<b>–</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>8</b>

- ведение работ без необходимых соглашений и уведомлений организации (21 случай);
- нарушения порядка проведения ремонтных работ (4 случая);
- нарушение порядка проведения огневых работ (4 случая);
- недостаточная квалификация персонала (5 случаев);
- несоблюдение правил промышленной безопасности (3 случая).

Проанализировав количество и характер аварий за данный период, можно отметить, что их число с каждым годом идет на спад, однако общий экономический ущерб возрастает. Данный

факт, совместно с увеличением общего числа пострадавших, указывает на то, что некоторые аварии с каждым годом становятся более опасными и разрушительными.

Полученные результаты следует применять с определенными допущениями по причине недостаточного количества данных. Для более точного анализа требуется наличие в открытом доступе расширенной информации по аварийности, причинам и последствиям. Но несмотря на это, по имеющимся результатам видно, что для снижения аварийности необходимо в должной мере обеспечивать производственный контроль, обслуживание и ремонт оборудования, обучение персонала.

#### Литература:

1. Уроки, извлеченные из аварий.— Текст: электронный // Ростехнадзор: [сайт].— URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения: 15.04.2022).

## Использование вторичных энергоресурсов избыточного давления на установках комплексной подготовки газа

Речкин Владимир Геннадьевич, студент магистратуры;  
Маркова Лариса Михайловна, кандидат технических наук, доцент  
Тюменский индустриальный университет

*В данной статье рассмотрены методы использования энергии перепада давления на установках комплексной подготовки газа для производства сжиженного природного газа, разработана схема использования энергии перепада давления на установках низкотемпературной сепарации газа.*

**Ключевые слова:** низкотемпературная сепарация, турбодетандер, вторичные энергоресурсы.

Важной задачей, стоящей перед мировым сообществом в перспективе, является формирование устойчивой, общественно приемлемой энергетики, отвечающей триединому критерию — высокой энергетической, экономической и экологической эффективности. При этом речь идет не о частных изменениях, а о выборе и реализации нового пути развития энергетики. Ускоренное развитие газовой индустрии, превращение ее в доминанту энергетического роста являются необходимым условием решения этой задачи.

Рост цен на энергоресурсы делает экономически целесообразной задачу энергосбережения. Радикальным решением задачи энергосбережения является использование нового технологического оборудования и процессов с меньшим потреблением электроэнергии.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) — энергия, получаемая в ходе любого технологического процесса в результате недоиспользования первичной энергии в виде побочного продукта основного производства и не применяемая в этом технологическом процессе [1].

Эффективная утилизация ВЭР — использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными спо-

собами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства.

ВЭР промышленности делятся на три основные группы: горючие, тепловые, избыточного давления.

ВЭР избыточного давления (напора) — это потенциальная энергия газов, жидкостей и сыпучих тел, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением (напором), которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования этих жидкостей, газов, сыпучих тел или при выбросе их в атмосферу, водоёмы, ёмкости и другие приёмники. Сюда же относится избыточная кинетическая энергия [2].

Вторичные энергетические ресурсы избыточного давления преобразуются в механическую энергию, которая или непосредственно используется для привода механизмов и машин или преобразуется в электрическую энергию.

Существуют различные схемы подготовки газа. На газоконденсатных месторождениях применяется низкотемпературная сепарация, основанная на получении низких температур при дросселировании газа высокого давления [3]. Снижение давления природного газа может быть реализовано в специальных

расширительных машинах — детандерах, где происходит адиабатное расширение газа с отдачей внешней работы на вал машины и позволяет получить значительно большее охлаждение, чем при дросселировании газов, при этом, используется и дополнительная работа возвратной части энергии обрабатываемого потока газа.

Особенно эффективно применение детандеров с использованием перепада между давлением газа, поступающего на установку комплексной подготовки газа (УКПГ) и давлением в коллекторе («свободный» перепад давления). В этом случае организуется процесс охлаждения и частичного сжижения природного газа, рис. 1.

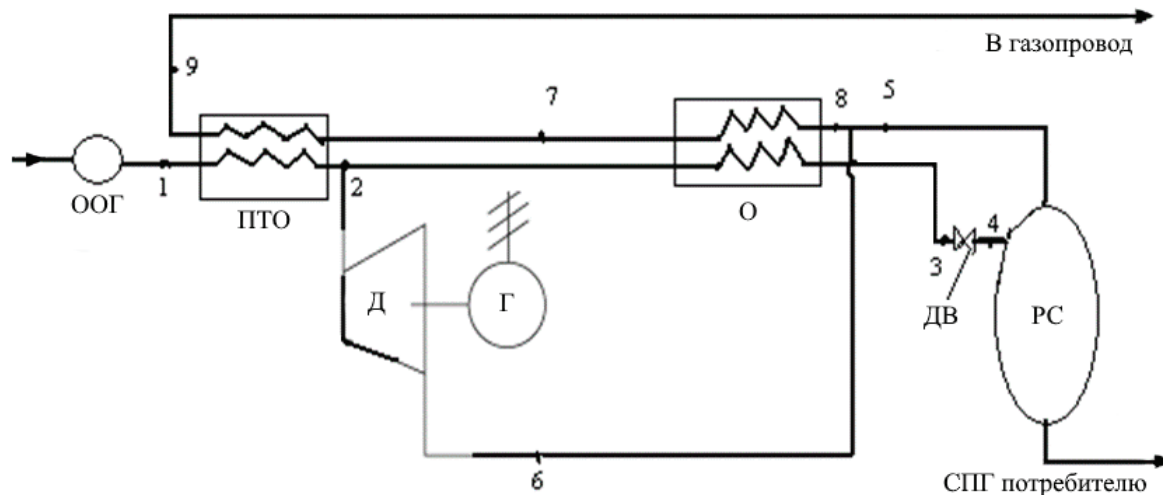


Рис. 1. Схема установки сжижения природного газа по циклу Клода с использованием турбодетандера: ООГ — установка очистки и осушки газа; ПТО — предварительный теплообменник; Д — детандер; Г — генератор; О — охладитель; ДВ — дроссель-вентиль; РС — расширительный сосуд

Узловым элементом схемы является турбодетандер, обеспечивающий основную потребность установки в холоде. После расширения в детандере и использования холода газ низкого давления (0,15–0,2 МПа) сжимается в компрессоре, смонтированном на одном валу с турбодетандером, за счет энергии, вырабатываемой при расширении, и при давлении (0,3–0,4 МПа) направляется на головные сооружения магистрального газопровода. Сжиженный природный газ направляется потребителю.

Принцип работы установки заключается в следующем. Природный газ с давлением 4,0 МПа после очистки и осушки разбивается на два потока: один поток поступает в турбодетандер, второй поток через дроссельный вентиль направляется через теплообменник в расширительную емкость, в которой произ-

водят отделение жидкой фазы. Жидкую фазу (сжиженный природный газ) направляют потребителю, а паровую фазу подают последовательно в охладитель и предварительный теплообменник, а после него в коллектор. Турбодетандер предназначен для производства электроэнергии. Для оценки работы установки и для выработки рекомендаций следует определить потери тепла в отдельных аппаратах.

Расчеты показывают, что для обеспечения сжижения 15–17% объема, подаваемого на установку газа, необходимо начальное давление 3,5–4,0 МПа.

При меньшем давлении коэффициент сжижения снижается. Отсутствие внешних энергетических затрат повышает эффективность процесса подготовки газа.

#### Литература:

1. Глебова Е. В. Глебов Л. С. Основы ресурсо-энергосберегающих технологий углеводородного сырья. М., ГУП «Нефть и газ», РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2001. — 173 с.
2. Коршак А. А. Ресурсосберегающие методы и технологии транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов. — Уфа: Дизайн-ПолиграфСервис, 2006. — 192 с.
3. Техника и технологии сбора и подготовки нефти и газа [Текст]: учебное пособие для студентов образовательных организаций высшего образования, обучающихся по направлению подготовки «Нефтегазовое дело» / Ю. Д. Земенков [и др.]; ред. Ю. Д. Земенков; — Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. — 159 с.
4. Эксплуатация магистральных нефтегазопроводов [Текст]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки «Нефтегазовое дело» / С. Ю. Подорожников [и др.]; под общ. ред. Ю. Д. Земенкова; ТюмГНГУ. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014

## Моделирование процессов в теплоэнергетическом комплексе

Сайрамхан Макпал Санаткызы, студент магистратуры;  
 Абжанова Лауласын Косылганкызы, PhD, доцент  
 Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева (Казахстан)

Теплоэнергетические комплексы (ТЭК) являются основой организации удобства для городской жизни. Ввиду устарелого состояния основного числа ТЭК, проблема модернизации, экономии топлива и электроэнергии и повышения производительности теплоэнергетических комплексов является актуальной задачей на сегодня. Процессы, протекающие в теплоэнергетических установках, являются сложными, нелинейными. Поэтому, исследование и моделирование процессов в ТЭК является сложной задачей. Моделирование процессов ТЭК позволит определить основные параметры, влияющие на процесс.

В статье в качестве объекта рассмотрена каскадная система с ПИД-регулятором во внешнем контуре, с введением функциональной составляющей сигнала рассогласования внешнего контура и отрицательной обратной связью по сигналу рассогласования между заданием по расходу пара и сигналом расхода пара на выходе котла во внутреннем контуре.

**Ключевые слова:** теплоэнергетический комплекс, регулятор, котел, паровая магистраль.

Эффективное потребление энергетических ресурсов в эпоху колоссального развития, тяжело распределять пропорционально без индивидуального учета и рационального потребления энергетических и водных ресурсов. Поэтому для решения данной проблемы, нужно правильно и качественно модернизировать работу теплоэнергетического комплекса.

Быстроразвивающийся век техники требует перехода к оптимизации проектируемых теплоэнергетических комплексов с целью построения их эффективности, сокращения энергозатрат и капитальных вложений. Роль моделирования при этих задачах очень важна. В настоящей работе моделирование процессов ТЭК позволит определить основные параметры, влияющие на процесс. Что позволит дать оценку по улучшению качества работы ТЭК.

### Материалы и методы

#### 1. Объект исследования

Для обеспечения потребителя нужным количеством пара используют автоматические системы регулирования топлива. За счет разных внешних и внутренних возмущений происходит нарушение теплового баланса котла. К внутренним возмущениям относятся такие характеристики как теплота сгорания и его расхода, колебания давления газа, изменение характеристик регулирующей трубопроводной арматуры. Внешние возмущения — это такие возмущения которые связаны с количеством потребляемого пара. Таким образом, система автоматического регулирования топлива должна выполнять две основные функции: компенсировать внутренние и внешние возмущения с помощью одного основного управляющего воздействия — расхода топлива.

Структурная схема котла в паровой магистрали имеет следующий вид (рисунок 1). [6]

где  $f_b$  — расход потребляемого газа;

$D_k$  — расход потребляемого пара;

$F_d$  — изменение потребляемого пара;

$D_d$  — количество генерируемого пара;

$W_1(p)$  — инерционность топки;

$W_2(p)$  — количество генерируемого пара с тепловосприятием топки;

$P_d$  — давление в барабане котла;

$P_m$  — давление в паровой магистрали.

Передаточная функция  $W_1(p)$  характеризует инерционность топки. И будет иметь вид инерционного звена с запаздыванием.

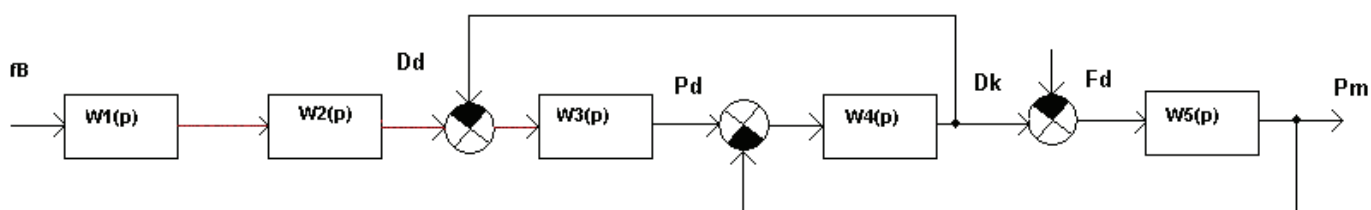


Рис. 1. Структурная схема котла в паровой магистрали

$$W_1(p) = \frac{e^{-p\tau} K_1}{T_1 p + 1}, \tag{1}$$

где запаздывание составляет 0,01с, постоянная время топки 0,01.

Передаточная функция  $W_2(p)$  характеризует количество генерируемого пара в зависимости от тепловосприятия топки, и будет иметь следующий вид:

$$W_2(p) = \frac{\kappa_2}{T_2 p + 1}, \tag{2}$$

где время интегрирования равно 0,02с.

Передаточная функция  $W_3(p)$  характеризует аккумуляцию тепла в котле, связанную с изменением давления.

$$W_3 = \frac{1}{T_3 p}, \tag{3}$$

Падение давления в пароперегревателе и на участке от пароперегревателя до стопорного клапана турбины будет выражено в виде:  $W_4(p) = k_4$ , (4)

Которое будет иметь вид усилительного звена.

Участок «давление в магистрали — расход топлива» описывается передаточной функцией следующего вида:

$$W_5(p) = \frac{k_5}{T_5 p + 1}, \tag{5}$$

где постоянная времени равна 0,03 с.

### 1.1 Моделирование объекта управления

Моделирования объекта управления проводится в программной среде TIA Portal. Необходимо собрать конфигурацию ПЛК, где в качестве контроллера нужно выбрать CPU1518–4 PN/DP, так как 1500 серия позволяет использовать более широкий спектр блоков регулирования. Для отображения данных и вывод на график, используем HMI панель TP2200 Compact.

В данной работе объект управления состоит из нескольких звеньев с обратной связью и воздействием возмущения.

Моделирования САР будет производиться при помощи блоков CONT\_C. Программу необходимо выполнять в блоках прерывания (OB30–35).

Реализуем модель САР на рисунках 2–5.

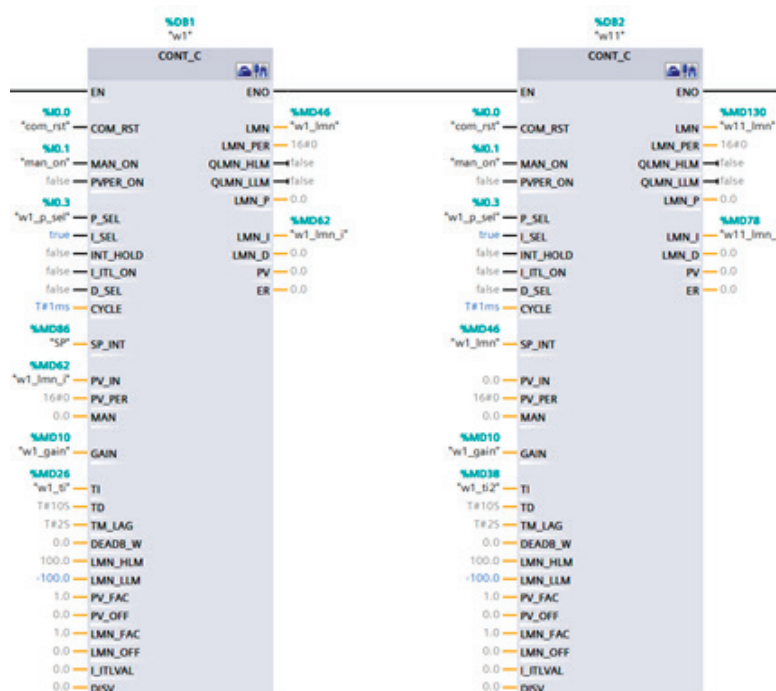


Рис. 2. Модель САР объекта регулирования



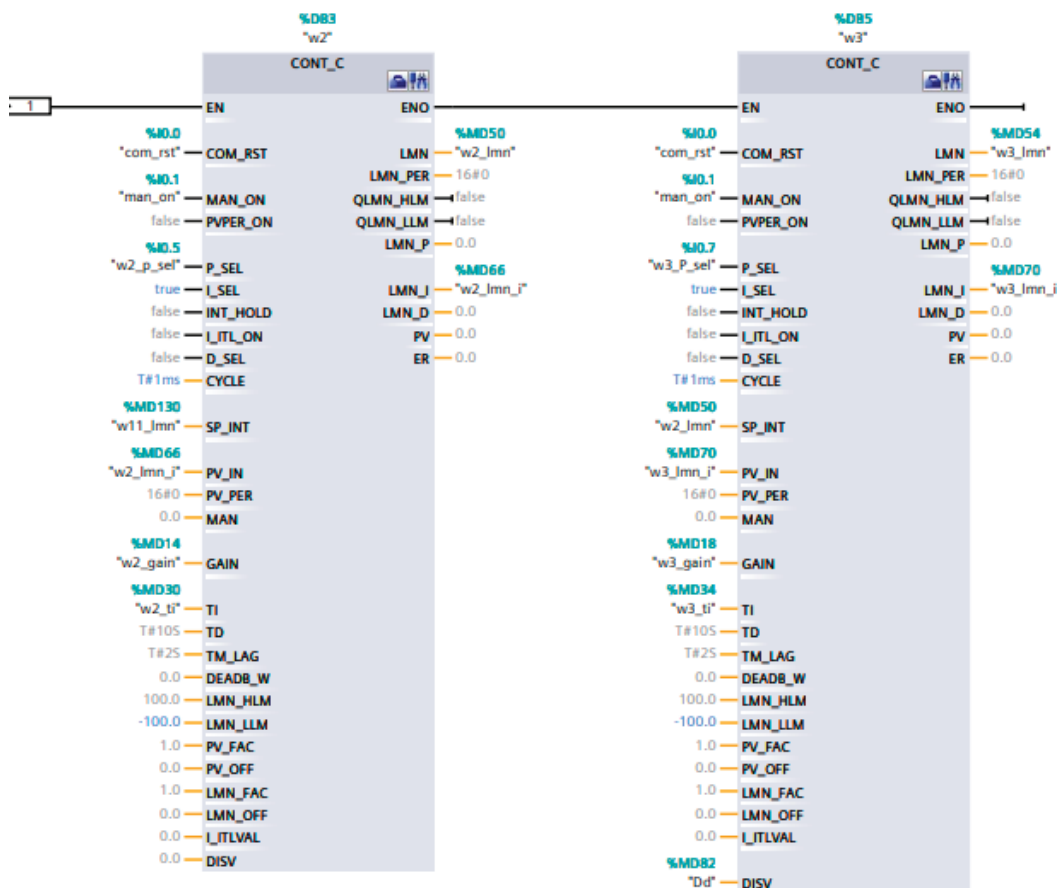


Рис. 3. Модель САР объекта регулирования (продолжение)

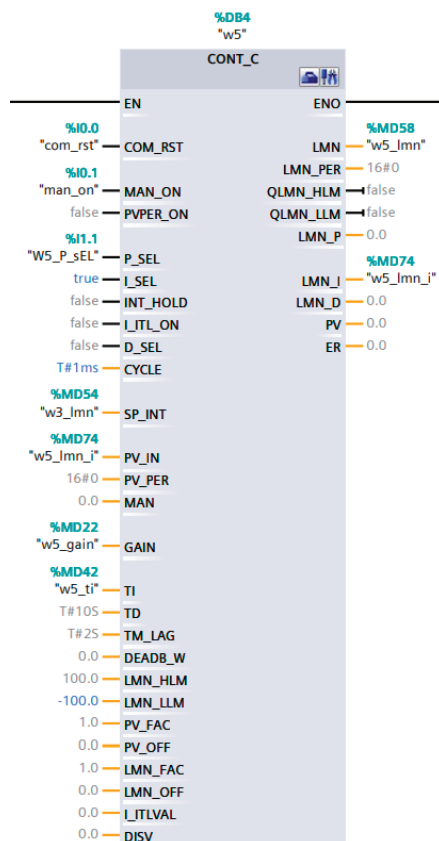


Рис. 4. Модель САР объекта регулирования (продолжение)

Таблица тэгов приведена на рисунке 5.

Default tag table							
	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
1	com_rst	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	man_on	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	w1_l_sel	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	w1_p_sel	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	w2_l_sel	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	w2_p_sel	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	w3_l_sel	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	w3_P_sel	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	w5_l_sel	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	W5_P_s_EL	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	w1_gain	Real	%MD10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	w2_gain	Real	%MD14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	w3_gain	Real	%MD18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	w5_gain	Real	%MD22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	w1_ti	Time	%MD26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	w2_ti	Time	%MD30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	w3_ti	Time	%MD34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	w1_ti2	Time	%MD38	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	w5_ti	Time	%MD42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	w1_lmn	Real	%MD46	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	w2_lmn	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	w3_lmn	Real	%MD54	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	w5_lmn	Real	%MD58	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	w1_lmn_i	Real	%MD62	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	w2_lmn_i	Real	%MD66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	w3_lmn_i	Real	%MD70	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	w5_lmn_i	Real	%MD74	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	w1_lmn_i	Real	%MD78	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	Dd	Real	%MD82	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	SP	Real	%MD86	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	onoff	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 5. Таблица тэгов для модели объекта регулирования

В результате получим следующую переходную характеристику

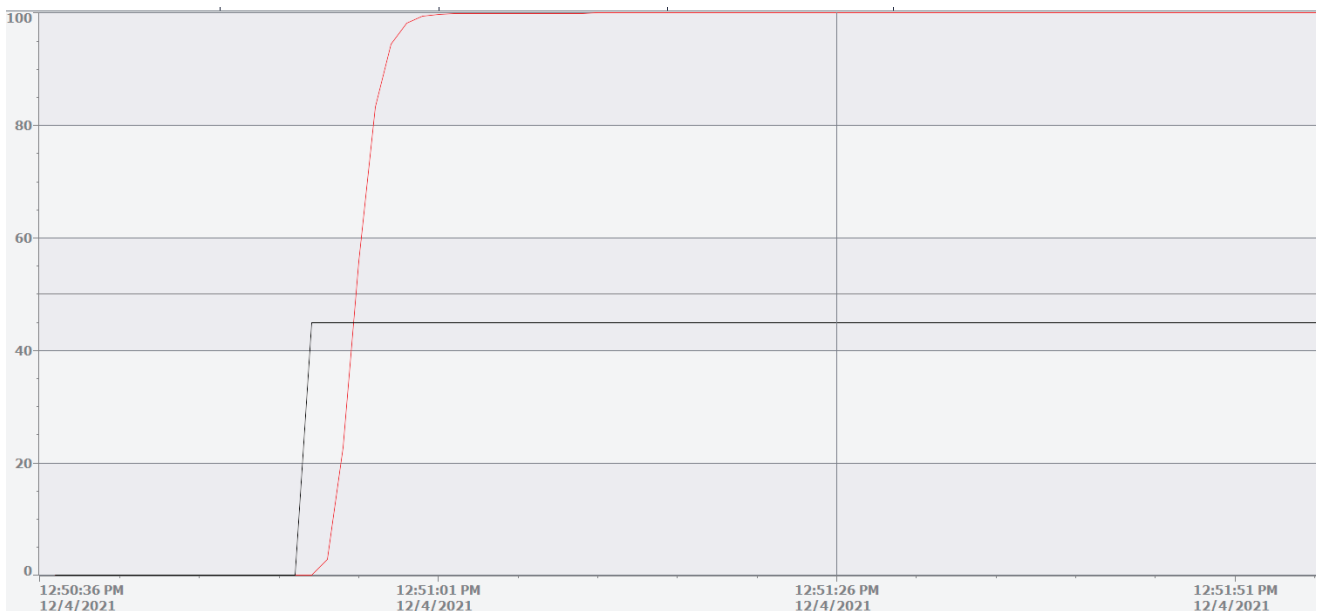


Рис. 6. Переходная характеристика модели объекта регулирования

## 2. Построение структурной схемы подсистемы

Давайте рассмотрим структурную схему системы на рисунке 7, эта схема регулирования работы котла в так называемом регулирующем режиме. На схеме введены следующие обозначения:

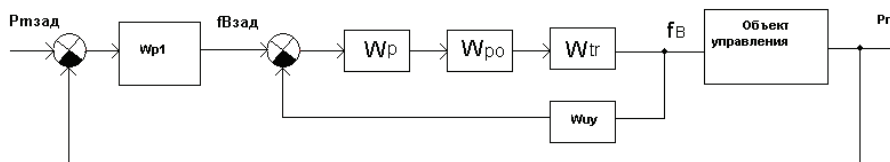


Рис. 7. Подсистема регулирования

где  $W_{p1}$  — передаточная функция корректирующего регулятора;

$W_p$  — передаточная функция внутреннего регулятора;

$W_{tr}$  — передаточная функция участка трубопровода от регулирующей заслонки до сужающего устройства;

$W_{po}$  — передаточная функция регулирующей заслонки с электроприводом;

$W_{uy}$  — передаточная функция измерительного узла (сужающее устройство — датчик расхода топлива).

Участок трубопровода от регулирующей заслонки до сужающего устройства описывается передаточной функцией звена первого порядка. (Исходные данные: взяты для ТЭЦ-1 г.Алматы).

А.А. Журавлев и М.Л. Шит писали: «Значения коэффициентов для рассматриваемого случая, поскольку объект управления представляет собой звено, как минимум четвертого порядка (рисунок 1, рисунок 7) весьма сложны для вычисления, поэтому для определения их оптимальных значений был использован метод поиска значений с использованием полного факторного эксперимента с элементами перебора вариантов и отсеивания неудачных вариантов. Для повышения точности работы в систему была введена отрицательная обратная связь, по разности сигналов задания расхода пара на турбину для данного котла и расхода пара после котла. Сигнал этой обратной связи подается на вход внутреннего контура». [5]

## Результаты

### 2.1 Моделирование структурной схемы подсистемы

Для реализации данной схемы используем блоки регулирования PID Compact. Данные блоки самостоятельно вычисляют коэффициенты регулирования пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей части. Подключим регуляторы к модели объекта управления:

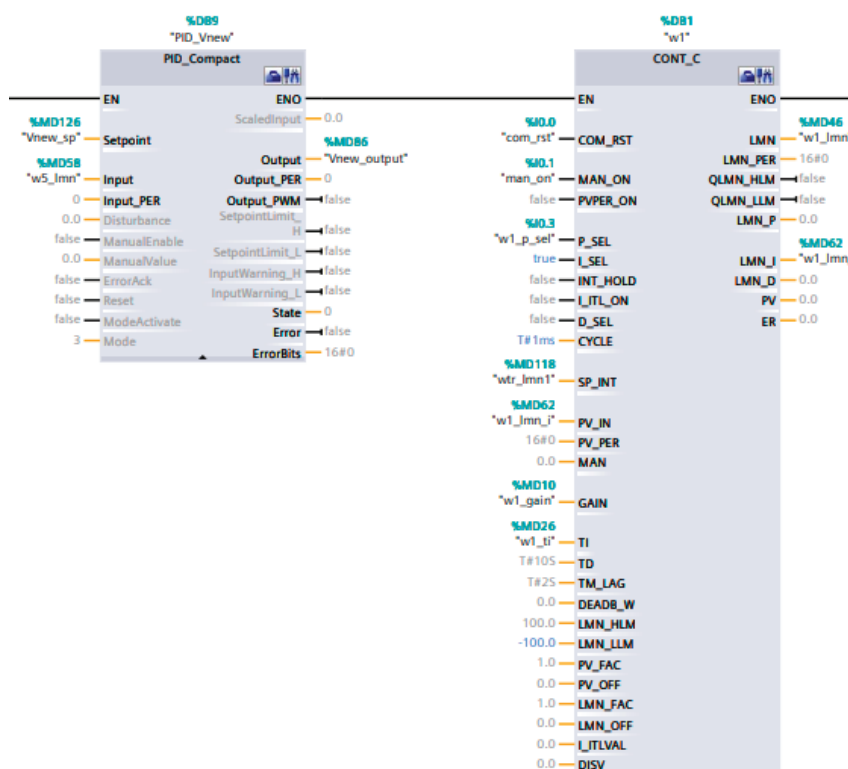


Рис. 8. Модель САП с PID-регуляторами

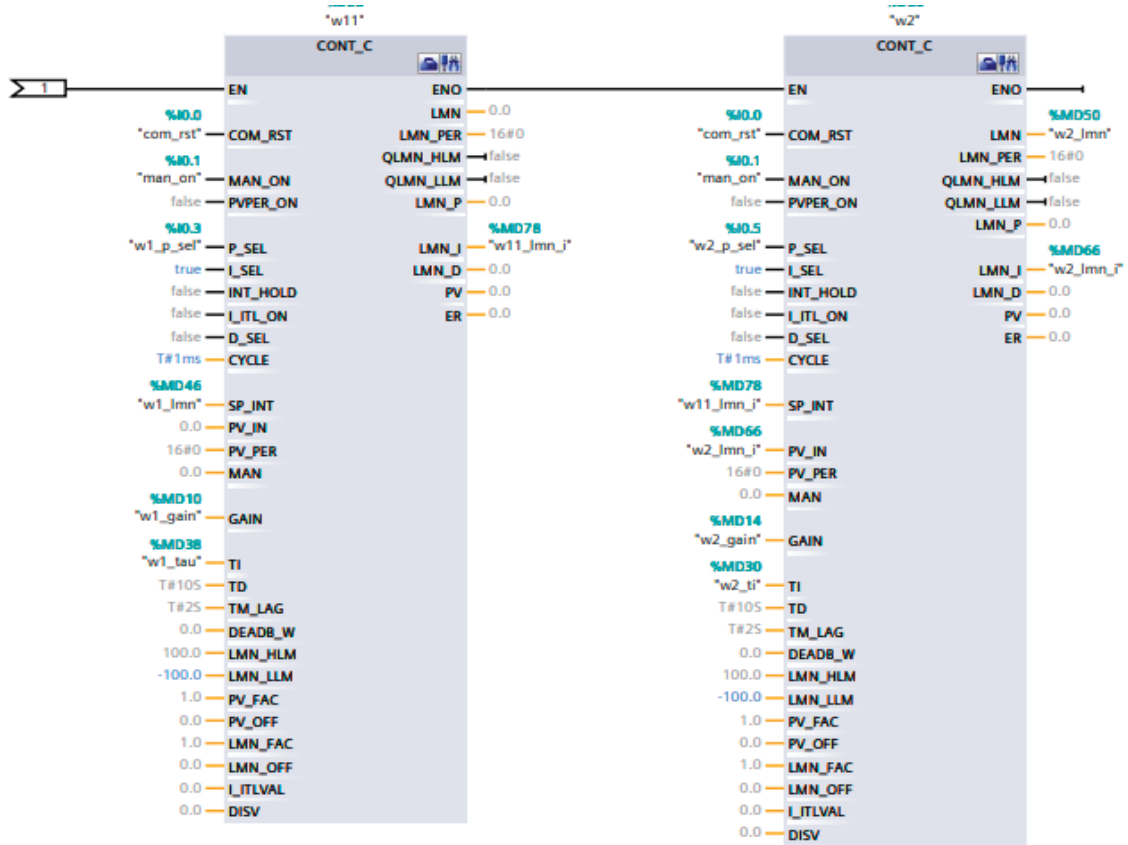


Рис. 9. Модель САР с PID-регуляторами (продолжение)

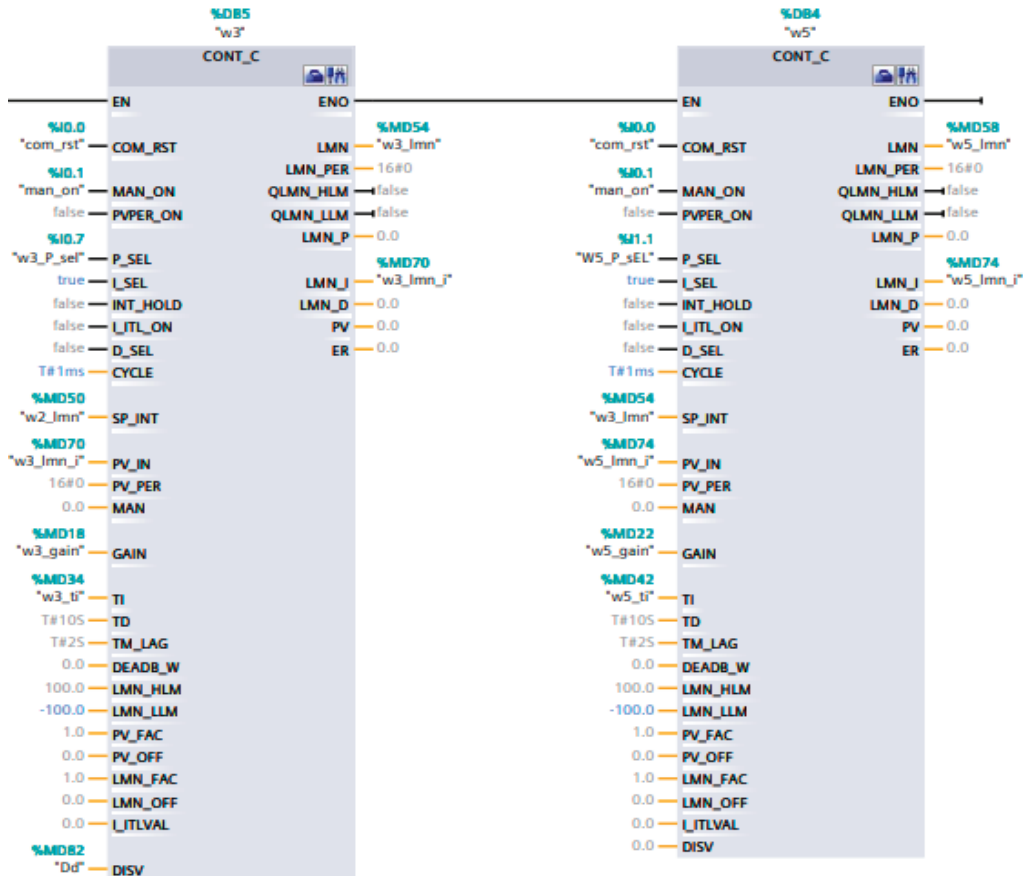


Рис. 10. Модель САР с PID-регуляторами (продолжение)

Вычисления параметров регулирования изображено на рисунке 11.

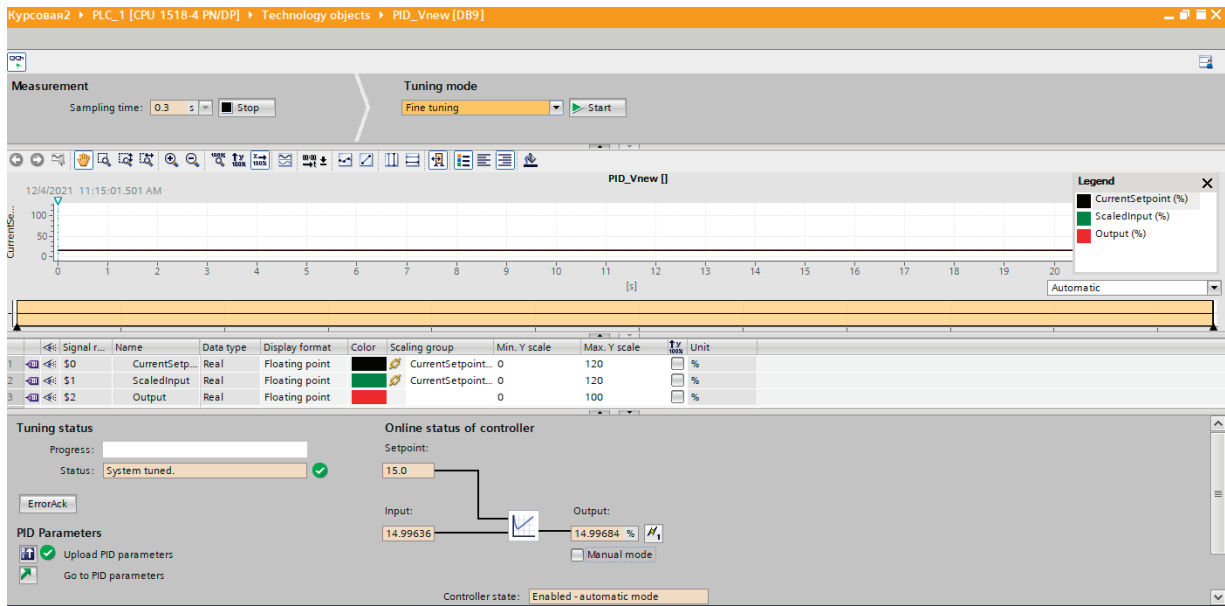


Рис. 11. Подбор коэффициентов PID-регуляторов

По окончании получим следующие значения для внешнего контура:

$$k_p = 0.33;$$

$$k_i = 21.629;$$

$$k_d = 5.170.$$

Для внутреннего контура:

$$k_p = 269.16;$$

$$k_i = 11.634;$$

$$k_d = 2.951.$$

Остальные параметры блоков PID Contrast приведены в приложении А.

В результате получим следующую переходную характеристику

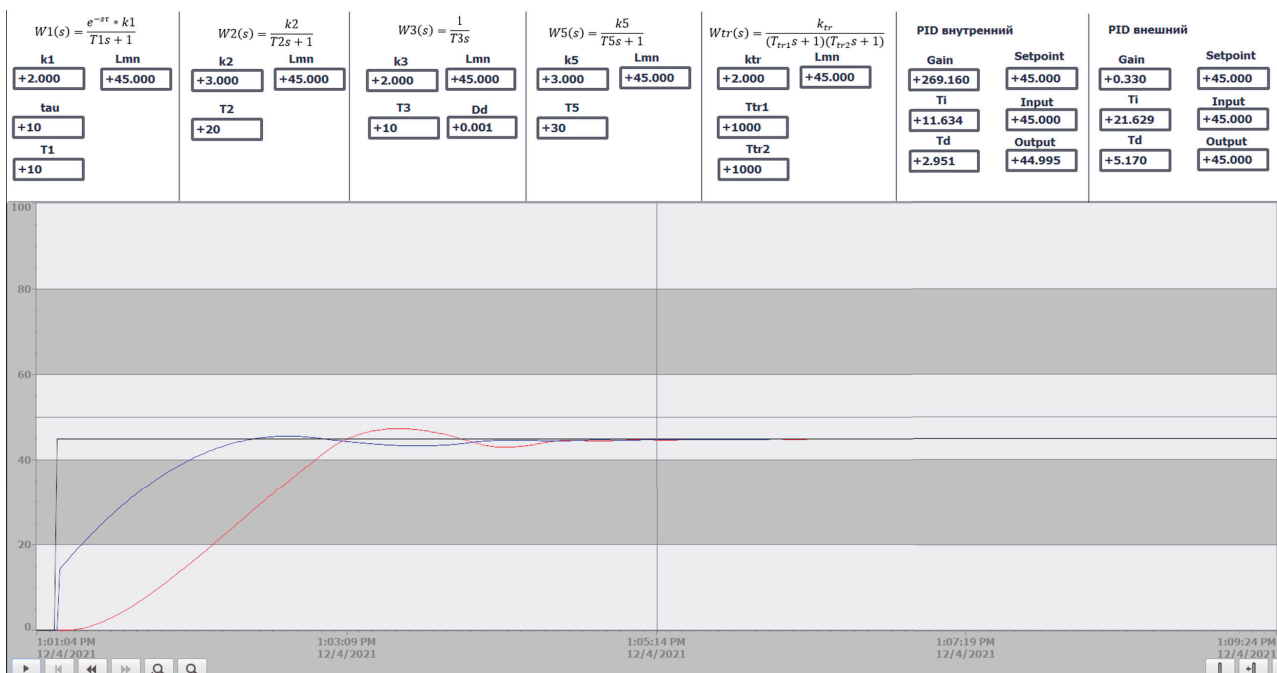


Рис. 12. Переходная характеристика модели с PID-регуляторов

## Обсуждение и вывод

## 2.2 Анализ качества регулирования



Рис. 13. Переходной процесс системы с PID-регуляторами

На рисунке 12 представлена переходная характеристика САП котла в паровой магистрали с PID-регуляторами. Основные показатели качества регулирования:

- время регулирования  $T_{PID}=40$ сек;
- перерегулирование  $\sigma_{PID} = \frac{47,6486 - 45}{45} = 5,8 \%$ ;
- время нарастания  $T_n=40$ сек;
- время достижения первого максимума  $T_{max}=52$ сек;
- частота колебаний  $T=15$ сек.

В данном подразделе была получена математическая модель котла в паровой магистрали. Модель исследована в TIA Portal. По графикам переходного процесса, были проанализированы показатели качества регулирования.

## Заключение

В данной работе была разработана математическая модель системы регулирования подачи топлива газомазутного парового котла с учетом требований экономии энергоресурсов при управлении в программной среде TIA-портал. В качестве входных элементов, были использованы блоки непрерывного регулирования CONT\_C, а в качестве регуляторов PID\_COMPACT. Блоки непрерывного регулирования позволяют сконфигурировать необходимую передаточную характеристику для каждого звена в системе. Данная модель состоит из инерционного звена с запаздыванием, апериодических звеньев первого и второго порядка, а также из усилительных звеньев. Блок PID\_COMPACT позволяет самостоятельно вычислить P-, I-, и D компоненты во время запуска, используя Fine Tuning.

По графикам переходного процесса, были проанализированы показатели качества регулирования. Основные показатели качества регулирования:

- время регулирования  $T_{PID}=40$ сек;

- перегуливание  $\sigma_{PID} = \frac{47,6486 - 45}{45} = 5,8 \%$ ;
- время нарастания  $T_n = 40$ сек;
- время достижения первого максимума  $T_{max} = 52$ сек;
- частота колебаний  $T = 15$ сек.

По полученным данным можно сделать вывод что система показала устойчивую работу и соответствем всем параметрам.

Name in functional view	Name in DB	...	Start value project
Invert control logic	../InvertControl	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
Activate Mode after CPU restart	RunModeByStartup	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
Set Mode to	Mode	<input checked="" type="checkbox"/>	Automatic mode
	Mode	<input checked="" type="checkbox"/>	3
Selection Input	../InputPerOn	<input checked="" type="checkbox"/>	Input
	../InputPerOn	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
Selection Output		<input checked="" type="checkbox"/>	Output
Process value high limit	../InputUpperLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	120.0 %
Process value low limit	../InputLowerLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Scaled high process value	../UpperPointOut	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0 %
Scaled low process value	../LowerPointOut	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Input_PER low	../LowerPointIn	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
Input_PER high	../UpperPointIn	<input checked="" type="checkbox"/>	27648.0
Warning high limit	../InputUpperWarni...	<input checked="" type="checkbox"/>	3.402822E+38 %
Warning low limit	../InputLowerWarni...	<input checked="" type="checkbox"/>	-3.402822E+38 %
Minimum ON time	../MinimumOnTime	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 s
Minimum OFF time	../MinimumOffTime	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 s
Output value high limit	../OutputUpperLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0 %
Output value low limit	../OutputLowerLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Set output to		<input checked="" type="checkbox"/>	Substitute output v...
	ActivateRecoverMo...	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
	SetSubstituteOutput	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
Substitute output value	SubstituteOutput	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Enable manual entry		<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
Proportional gain	../Gain	<input checked="" type="checkbox"/>	3.298061E-1
Integral action time	../Ti	<input checked="" type="checkbox"/>	21.62899 s
Derivative action time	../Td	<input checked="" type="checkbox"/>	5.170413 s
Derivative delay coefficient	../TdFiltRatio	<input checked="" type="checkbox"/>	0.1
Proportional action weighting	../PWeighting	<input checked="" type="checkbox"/>	9.121709E-1
Derivative action weighting	../DWeighting	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
Sampling time of PID algorithm	../Cycle	<input checked="" type="checkbox"/>	9.999831E-1 s
Controller structure		<input checked="" type="checkbox"/>	PID
	../TuneRule	<input checked="" type="checkbox"/>	0
	../TuneRule	<input checked="" type="checkbox"/>	0
	Progress	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
	ErrorAck	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
	Setpoint	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
	CancelTuningLevel	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0
	ScaledInput	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0

Рис. 14. Параметры корректирующего регулятора

Name in functional view	Name in DB	...	Start value project
Invert control logic	../InvertControl	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
Activate Mode after CPU restart	RunModeByStartup	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
Set Mode to	Mode	<input checked="" type="checkbox"/>	Automatic mode
	Mode	<input checked="" type="checkbox"/>	3
Selection Input	../InputPerOn	<input checked="" type="checkbox"/>	Input
	../InputPerOn	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
Selection Output		<input checked="" type="checkbox"/>	Output
Process value high limit	../InputUpperLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	120.0 %
Process value low limit	../InputLowerLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Scaled high process value	../UpperPointOut	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0 %
Scaled low process value	../LowerPointOut	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Input_PER low	../LowerPointIn	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
Input_PER high	../UpperPointIn	<input checked="" type="checkbox"/>	27648.0
Warning high limit	../InputUpperWarni...	<input checked="" type="checkbox"/>	3.402822E+38 %
Warning low limit	../InputLowerWarni...	<input checked="" type="checkbox"/>	-3.402822E+38 %
Minimum ON time	../MinimumOnTime	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 s
Minimum OFF time	../MinimumOffTime	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 s
Output value high limit	../OutputUpperLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	100.0 %
Output value low limit	../OutputLowerLimit	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Set output to		<input checked="" type="checkbox"/>	Substitute output v...
	ActivateRecoverMo...	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
	SetSubstituteOutput	<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
Substitute output value	SubstituteOutput	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0 %
Enable manual entry		<input checked="" type="checkbox"/>	TRUE
Proportional gain	../Gain	<input checked="" type="checkbox"/>	269.1603
Integral action time	../Ti	<input checked="" type="checkbox"/>	11.63372 s
Derivative action time	../Td	<input checked="" type="checkbox"/>	2.951343 s
Derivative delay coefficient	../TdFiltRatio	<input checked="" type="checkbox"/>	0.1
Proportional action weighting	../PWeighting	<input checked="" type="checkbox"/>	0.253157
Derivative action weighting	../DWeighting	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
Sampling time of PID algorithm	../Cycle	<input checked="" type="checkbox"/>	0.2 s
Controller structure		<input checked="" type="checkbox"/>	PID
	../TuneRule	<input checked="" type="checkbox"/>	0
	../TuneRule	<input checked="" type="checkbox"/>	0
	Progress	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
	ErrorAck	<input checked="" type="checkbox"/>	FALSE
	Setpoint	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0
	CancelTuningLevel	<input checked="" type="checkbox"/>	10.0
	ScaledInput	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0

Рис. 15. Параметры стабилизирующего регулятора

## Литература:

1. Иванов В. А. Регулирование энергоблоков. — Л.: Машиностроение, 1982.-311с.
2. Astrom K. D., R.D. Bell «Drum-boiler dynamics». Automatica, 36(2000) 363–378.
3. Шумская Л. С. Изменение уровня в барабанных котлах при нестационарных режимах. Теплоэнергетика, № 6, 1954, с. 35–39.
4. Шумская Л. С. Номограммы для определения постоянных времени по давлению и уровню в барабанных котлах при нестационарных режимах. «Автоматическое регулирование и управление энергетических установок». Труды ЦКТИ, вып.147, Л. 1977, с. 45–69.



5. <https://textarchive.ru/c-2804307.html>
6. <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-zakona-upravleniya-sistemoy-regulirovaniya-podachi-topliva-parovogo-kotla-s-uchetom-trebovaniy-ekonomii-energoresursov/viewer>

## Необходимые правила транспортировки и эксплуатации товаров

Солонченко Михаил Евгеньевич, студент  
Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

*В данной статье автор рассматривает вопросы транспортировки, хранения и эксплуатации продукции. Особое внимание автор уделяет маркировке на упаковке и непосредственно самой продукции. Так же автор обращает внимание на необходимость нанесения маркировки на различные виды продукции.*

**Ключевые слова:** маркировка, продукция, товар, эксплуатация, транспортировка.

## Necessary rules for the transportation and operation of goods

Solonchenko Mikhail Evgenievich, student  
Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov

*In this article, the author examines the issues of transportation, storage and operation of products. The author pays special attention to the labeling on the packaging and directly to the products themselves. The author also draws attention to the need for labeling on various types of products.*

**Keywords:** labeling, products, goods, operation, transportation.

Актуальность рассматриваемой темы. В современном обществе развита сфера услуг. В частности, широкое развитие сегодня получила легкая и тяжелая промышленность. В то же время сегодня достаточно остро стоит проблема соблюдения правил транспортировки и эксплуатации товаров и правил. Именно несоблюдение данных правил зачастую приводит к выводу из строя оборудования, к снижению качества выпускаемой продукции, что в свое время может привести к возникновению аварийных ситуаций, как на производстве, так и в процессе эксплуатации. Этим обуславливается актуальность рассматриваемого вопроса.

Метрологическое обеспечение измерениями в сфере услуг — это управление измерениями, направленное на обеспечение необходимой достоверности принятия решений о качестве и безопасности процессов на всех стадиях их жизненного цикла. Жизненный цикл услуги (ЖЦУ) включает процесс маркетинга, описание услуги с набором требований и показателей качества и безопасности; проектирование услуги; апробацию результата разработки; вывод услуг на рынок, предоставление услуги [1].

Метрологическое обеспечение необходимо во всех сферах жизнедеятельности человека. Не исключением будет и сфера услуг. В ней жизненно необходимы средства контроля качества не столько самой продукции, сколько ее доставки [2]. Самой главной проблемой является именно доставка товара из точки А в точку Б. Потому что в процессе транспортировки могут возникнуть внештатные ситуации. Нередки ситуации когда в море бушует шторм, или слишком сильная тряска с машине, и таких ситуаций очень много. Зачастую потребитель получает товар либо испорченным, либо с сильно заниженными характери-

стиками, отличающихся от заданных в разы. Поэтому компании-производители, получая жалобы на низкокачественную продукцию, стараются улучшить безопасность доставки товара. По этой же причине стали использоваться правила маркировки на упаковке и самой продукции, чтобы продлить срок службы того или иного товара. Чтобы упаковщики упаковывали товар должным образом, и чтобы грузчики, видя нанесенную маркировку, более тщательно сортировали товары, в соответствии с установленным порядком. Потому что на сегодняшний день сфера услуг, является самой основной сферой, где сосредоточено основное население планеты. И чтобы в этой системе все работало как в часах, необходим порядок и сохранение качества товаров, чтобы потребитель получал товар с заявленными характеристиками.

Например, если продукция является хрупкой и может в любой момент испортиться в качестве, то это необходимо указать на самой упаковке специальными знаками [3]. По этой причине на каждую упаковку наносится характеристика товара, в виде изображений, которые были приняты по всему миру, и которые были призваны к сохранению качества товара при доставке. На рис. 1 указаны знаки, которые необходимо наносить на определенную упаковку.

Каждое из изображений несет в себе информацию, как именно транспортировать тот или иной товар. Например взять знак «Хрупкое. Осторожно» — это обозначение говорит нам о том что товар находящийся в упаковке, нельзя бросать, кидать, или наносить какой либо физический вред даже самой упаковке, потому что там находится крайне хрупкий товар. Или например, знак «Открывать здесь», это значит, что лучше всего



Рис. 1. Знаки, которые необходимо наносить на определенную упаковку

открыть упаковку именно в том месте где указано, иначе товар может выпасть, и также испортиться в качестве, и в итоге не удовлетворить потребителя [4]. И таким образом, такие обозначения как показано на рис. 1 не просто дают нам информацию о продукции, но и так, скажем инструкцию о том как правильно распаковать ее, не потеряв при этом в качестве.

Так же на некоторых бытовых приборах имеются свои обозначения, они говорят нам о том, как правильно эксплуатиро-

вать тот, или иной товар. Такие знаки нужны не только для того, чтобы понять как правильно использовать товар, но и для того чтобы обезопасить самого человека от опасных последствий неправильного использования товара [5]. На рис. 2 указана лишь часть от того количества знаков которые приняты по всему миру.

Эти знаки несут в себе очень много информации, для потребителя, в особенности. Они позволяют товару прослужить на

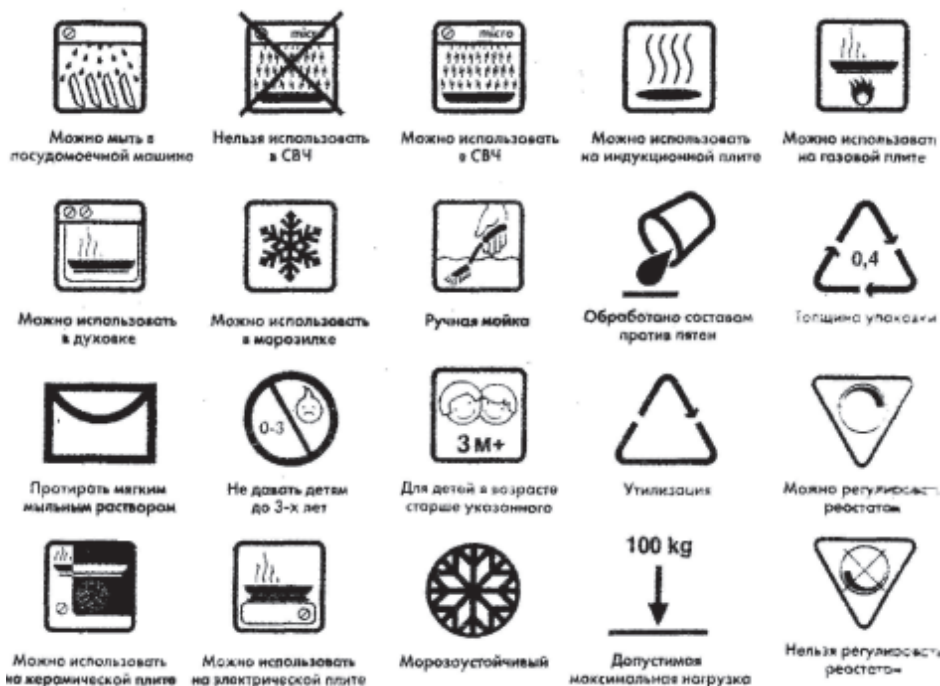


Рис. 2. Разновидности маркировки на продукции

несколько лет, а то и десятков лет служить дольше, именно правильная эксплуатация, и соблюдение правил хранения товара, позволяют продлить срок службы. Зачастую человек может просто не замечать такие обозначения, и использовать продукцию не просто не по правилам, но даже не по назначению, в итоге из-за этого товар быстрее портится, и потребитель остается недоволен. В связи с чем большинство производителей отправляют вместе с товаром подробную инструкцию по эксплуатации товара, при чем сразу на нескольких языках, чтобы человек получивший ее, смог прочитать ее на том языке, на котором ему будет удобно.

Однако несмотря на старания производителей, и все их усилия приложенные для сохранения товара, проблемой может стать элементарно человеческий фактор. Где-то не следил, там поторопился и т.д. На такие случаи существует такая функция как возврат товара, она позволяет вернуть полученный товар

обратно производителю, и там решением экспертной комиссии будет решено заменять вам эту вещь, или же отправить ее на ремонт и вернуть отремонтированную деталь.

В заключении можно говорить о том, что все эти знаки были созданы не только ради удобства потребителей товаров, но и для сохранения качества товара как при транспортировке так и при непосредственном использовании. Все знаки для транспортирования, использования товара несут в себе один общий посыл, который заключается в способах обращения с товаром и с упаковкой, в способах ухода за товаром, способах его хранения и использования. Так же можно говорить о том, что все компании являются клиентоориентированными, так как им необходимо постоянно расширять свой штат влияния, тем самым приумножая количество производимых товаров, а соответственно улучшая их качество.

#### Литература:

1. ГОСТ Р 51908–2002 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части условий хранения и транспортирования»
2. Аширов Д. А. Управление качеством: учебное пособие / Д. А. Аширов. — Ростов н/Д.: МФПА, 2020. — 135 с.
3. Коссов Б. Б. Вопрос сохранения качества / Б. Б. Коссов // Качество товаров. — 2016. — № 5. — С. 126.
4. Райкова Е. Ю. Теория товароведения / Е. Ю. Райкова — М.: Феникс, 2018. — 532 с.
5. Швальбе Б. Основы качества продукции / Б. Швальбе. — М.: ИНФРА-М, 2019. — 135 с.

## Разработка криотехнологии приготовления итальянских соусов

Тишкова Александра Ивановна, студент магистратуры;  
Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Николаева Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
Московский государственный университет пищевых производств

*Актуальность исследования заключается в том, что разработка криотехнологии однократного приготовления большого объема соуса и его использование в необходимом количестве с соблюдением норм контроля качества и безопасности является возможным, а также сокращает время для приготовления горячих и холодных блюд в домашних условиях и на предприятиях общественного питания.*

**Ключевые слова:** итальянские соусы, замороженные соусы, криотехнология, микробиологические исследования, микроскопические исследования, органолептические исследования.

## Development of cryotechnology cooking Italian sauces

Tishkova Alexandra Ivanovna, student master's degree;  
Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor;  
Nikolaeva Yulia Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor  
Moscow State University of Food Production

*This work is devoted to the study of the effect of low temperatures on the quality of sauces. The relevance of the study lies in the fact that one-time preparation of a large volume of sauce and its use in the required amount in compliance with quality control standards is possible, and also reduces the time for preparing hot and cold dishes at home and at public catering establishments.*

**Keywords:** Italian sauces, frozen sauces, cryotechnology, microbiological studies, microscopic studies, organoleptic studies.

Объектами исследования в работе являлись соусы аррабиата, бешамель и песто, выбранных путем опроса респондентов. В ходе работы проводились такие исследования как, микроскопический, микробиологический и органолептический. В результате проведенных исследований установлено:

1. При проведении микроскопического исследования установлено, что структурных изменений у соусов в сравнение с образцами до замораживания и после дефростации не наблюдается.
2. При проведении микробиологического исследования установлено, что микробиологические показатели соусов в процессе хранения практически не изменяются и остаются в пределах допустимых значений по требованиям микробиологической безопасности.
3. При проведении органолептического исследования установлено, что значительного изменения соусов до замораживания и после дефростации, по рассматриваемым критериям, не наблюдается.

Цель работы:

1. Провести анализ научной литературы по теме исследования с использованием международной базы данных высокорейтинговых журналов Web of Science Core Collection и посредством патентного поиска;
2. Изучить технологию замораживания соусов с использованием скороморозильного аппарата;
3. Провести микроскопические, микробиологические и органолептические исследования;
4. Разработать технико-экономическое обоснование.

Соус — жидкая приправа к основному блюду и/или гарниру. Они являются частью большинства блюд, так как в своем составе содержат различные специи, приправы и пряности, ароматические и экстрактивные вещества, возбуждающие аппетит и усиливающие выделение пищеварительных соков.

Соусы подают как к готовым блюдам, так и используют в процессе их приготовления: во время тушения или запекания. Жидкие приправы вносят особый шарм, придающие неповторимый вкус блюду.

### Литературный обзор

Потребителями в наши дни замороженные готовые блюда считаются более удобными для быстрого приема пищи, так как для приготовления своего ужина необходимо разогреть в удобном варианте замороженный продукт, и он уже готов к употреблению.

Любые блюда всегда можно интерпретировать путем внесения широкого ассортимента соусов, так как это один из главных составляющих, отвечающий не только за питательность пищи, но и что в современном обществе не мало важно — внешний вид блюда.

При разработке новой композиции соуса нужно осознанно подбирать все компоненты, ведь именно они будут отвечать за появившееся качество продукта.

Впоследствии заморозки и хранения в таком состоянии, соусы начинают расслаиваться. Данный дефект можно исправить за счёт внесения в состав загустителей и эмульгаторов.

Ассортимент продуктов, чей срок годности можно продлить быстрым замораживанием, невероятно широк: овощи, фрукты, плоды, полуфабрикаты, булочно-кондитерские изделия, десерты, соки, готовые блюда (закуски, овощные гарниры, крема и др.). Затраты на их производство, хранение и транспортировку гораздо ниже в сравнении с другими способами консервирования [6].

Главным аспектом быстрой заморозки является скорость, так как именно она характеризует эффективность процесса.

Классификация процесса замораживания (см/ч):

- Медленное — 0,5;
- Быстрое — от 0,5 до 5;
- Сверхбыстрое — от 5 до 10;
- Ультрабыстрое — от 10 до 100.

Понимание используемой скорости замораживания очень важно, так как она влияет на размер кристаллов льда и соответствующие изменения в продукте [4].

При медленном замораживании кристаллизация продукта начинается на поверхности пока температура не станет достаточно низкой, чтобы данный процесс продолжился внутри.

При быстром замораживании льдообразование происходит сразу по всему объекту. Так как лед образуется там, где находилась вода — свойства размороженного продукта остаются практически неизменными [11].

Чрезмерное увеличение скорости замораживания оказывает отрицательное действие на продукт — происходит глубокое физическое разрушение продукта. Для быстрого замораживания продуктов используют определенные и соответствующие методы и технические средства.

Скороморозильные камеры используют для замораживания продуктов различной формы. Принцип шоковой заморозки — ускоренное преодоление всех этапов замораживания продукта [5].

Продукт раскладывают на полках тележек так, чтобы происходил обдув воздухом со всех сторон.

Достоинства:

- Сохранение структуры тканей — происходит формирование меньших по размеру кристаллов льда и одновременно в клетке и межклеточных перегородках;
- Сокращение периодов активности бактериологической среды • Уменьшение потерь продукта;
- Сокращение времени заморозки;
- Сокращение производственных площадей;
- Сокращение производственного персонала.

Недостатки:

- Сложность создания большой скорости обдува для большого количества продукта.

Скорморозильные аппараты туннельного типа имеют конвейерную систему, которая обеспечивает движение по туннелю, а также автоматическую загрузку и разгрузку продукта. Благодаря чему воздух подается в охлаждаемый объем, где движется продукт [10].

### Теоретическое обоснование

Микроскопический метод исследования — возможность изучить микроскопическое строение объектов, которые мы не способны уловить разрешающей способностью глаз.

Для проведения микроскопического исследования был использован бинокулярный микроскоп Микромед 2 при увеличении 60 крат [9].

Микробиологические показатели безопасности пищевой продукции контролируют 4 группы микроорганизмов:

- Санитарно-показательные;
- Условно-патогенные микроорганизмы;
- Патогенные микроорганизмы;
- Микроорганизмы порчи [8].

Органолептическое исследование — изучение продукта за счет обоняния, вкуса, зрения, осязания и слуха. Таким образом осуществляют определение консистенции, вкуса, оценивание цвета, состава, правильности формы нарезки, текстуры (консистенцию) наполнителей, запах и вкус.

### Микроскопический анализ

Для сравнения изменения структуры соусов до замораживания и после дефростации был проведен микроскопический анализ. По представленным результатам на рисунках 1–3 можно сделать вывод, что при проведении микроскопического исследования структурных изменений у соусов в сравнение с образцами до замораживания и после дефростации не наблюдается.

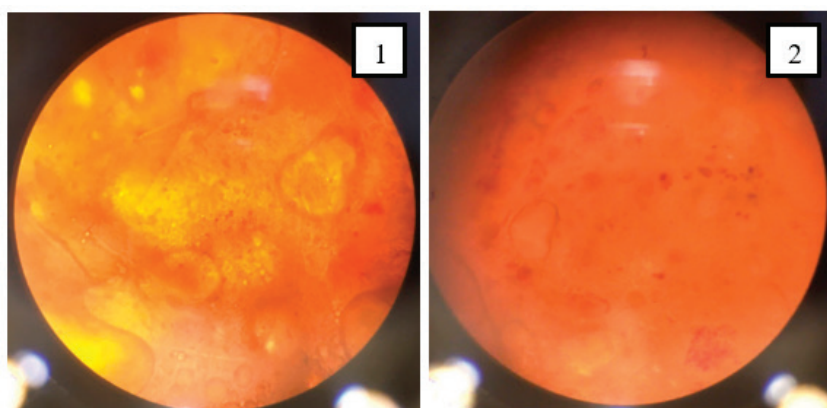


Рис. 1. Микроскопия образцов соуса Аррабиата до (1) и после (2) замораживания, 60 крат

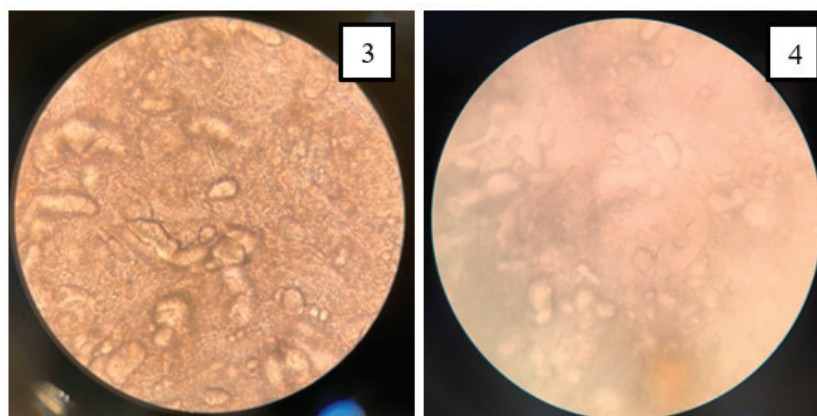


Рис. 2. Микроскопия образцов соуса Бешамель до (3) и после (4) замораживания, 60 крат

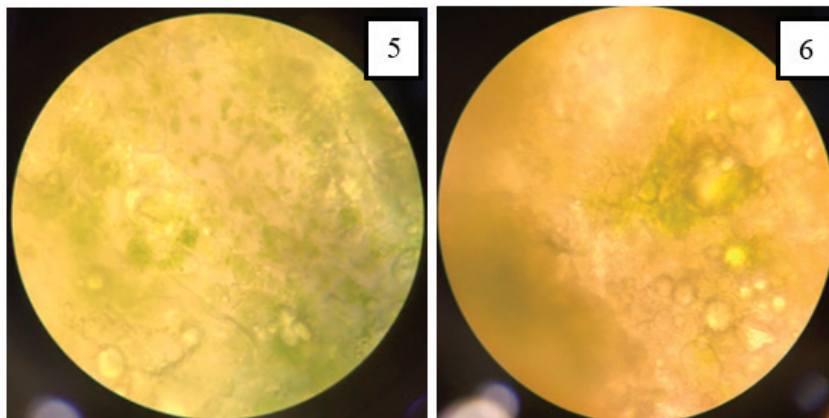


Рис. 3. Микроскопия образцов соуса Песто до (5) и после (6) замораживания, 60 крат

**Микробиологический анализ**

Пищевая продукция должна не только удовлетворять потребителя своими вкусовыми и пищевыми достоинствами, но также быть безопасной для употребления. Требования по микробиологическим нормативам безопасности пищевой продукции (соусов) представлена в таблице 1.

Таблица 1. Требования по микробиологическим нормативам безопасности пищевой продукции (соусов)

Группа продуктов	КМАФАнМ*, КОЕ** /Г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются				Дрожжи, КОЕ/Г, не более	Плесени, КОЕ/Г, не более
		БГКП (коли-формы)	Стафилококки S. aureus	Proteus	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы		
Томатные соусы	5x10 <sup>3</sup>	1,0	-	-	25	0	50
Соусы и заправки для вторых блюд, салатов	5x10 <sup>3</sup>	1,0	1,0	0,1	25	-	-
Соусы на основе растительных масел	-	0,1	-	-	-	5*10 <sup>2</sup>	50

**Профильная диаграмма соусов (до замораживания)**

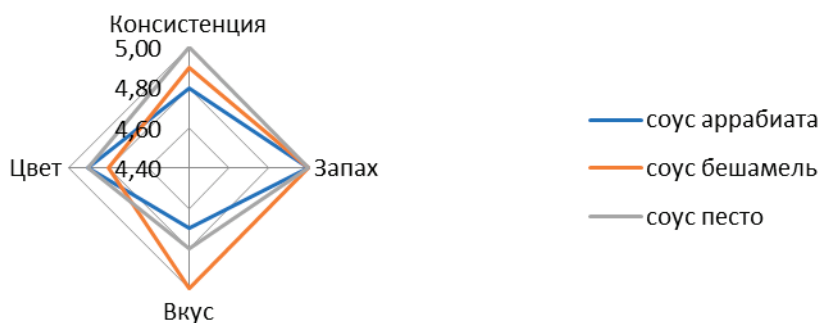


Рис. 4. Органолептическая оценка соусов до замораживания

Таблица 2. Микробиологические показатели соусов в процессе хранения

Группа продуктов	КМАФАМ, КОЕ /Г, не более	Масса продукта (г), в которой не допускаются			Плесени, КОЕ/Г, не более
		БГКП (колиформы)	Стафилококки <i>S. aureus</i>	<i>Proteus</i>	
Свежеприготовленный соус					
Аррабиата	5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	10
Бешамель	5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5x10 <sup>2</sup>
Хранение 1 месяца					
Аррабиата	2,5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	0
Бешамель	2,3x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5x10 <sup>2</sup>
Хранение 2 месяца					
Аррабиата	2,5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	0
Бешамель	5x10 <sup>3</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5x10 <sup>2</sup>
Хранение 3 месяца					
Аррабиата	2,5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	0
Бешамель	2,3x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5*10 <sup>2</sup>
Хранение 4 месяца					
Аррабиата	2,5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	0
Бешамель	2,3x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5x10 <sup>2</sup>
Хранение 5 месяца					
Аррабиата	2,5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	0
Бешамель	2,3x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5x10 <sup>2</sup>
Хранение 6 месяца					
Аррабиата	2,5x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	-	Отсутствие в 25 г	0
Бешамель	2,3x10 <sup>2</sup>	Отсутствие в 1 г	Отсутствие в 0,1 г	Отсутствие в 25 г	-
Песто	-	Отсутствие в 0,1 г	-	-	5x10 <sup>2</sup>

## Профильная диаграмма соусов (после дефростации)

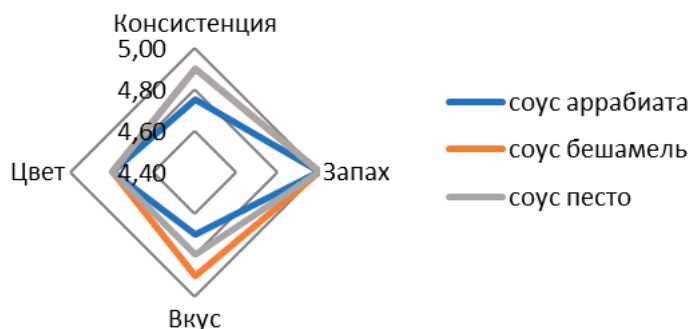


Рис. 5. Органолептическая оценка соусов после дефростации

Таблица 3. Время приготовления соусов

Наименование соуса	Время приготовления
Соус из фасоли Бостонский	80 мин
Соус Карри	60 мин
Соус Сациви	100 мин

Готовые соусы хранили в морозильной камере бытового назначения в течение 6 месяцев. Микробиологические показатели соусов в процессе хранения представлены в таблице 2.

В результате проведенных исследований установлено, что показатели микробиологической порчи соусов в процессе хранения не изменяются, а остаются в пределах допустимых значений по требованиям микробиологической безопасности. На основании данных, представленных в таблице 9 можно сделать вывод, что срок хранения замороженных готовых соусов составляет не более 6 месяцев

### Органолептический анализ

В соответствии с ГОСТ 31986–2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания проводят органолептическую оценку по следующим критериям: консистенция, цвет, запах и вкус. Все результаты представлены в профильных диаграммах соусов до замораживания и после дефростации (Рисунки 4–5).

По итогу проведения органолептической оценки значительного изменения соусов до замораживания и после дефростации, по рассматриваемым критериям, не наблюдается.

Совершенствование качества продукции — залог неизменного повышения уровня жизни людей, основа технического и финансового подъема производства, увеличения государственного богатства страны.

Для современного общества очень важна экономия времени, а приготовление разнообразной пищи может занять большой период. Разнообразить рацион питания помогают соусы, часть которых для своего приготовления требуют более часа. Время приготовления трех соусов представлены в таблице 3.

Использование замороженных соусов, не отличающихся по качеству от свежеприготовленных, помогают упростить процесс приготовления блюда.

Таким образом, можно сделать вывод, что технология замороженных соусов будет актуальна для:

- Предприятий общественного питания (рестораны, кафе, бары, предприятие быстрого обслуживания, заготовочные цеха, бортовое питание);
- Кейтеринг
- Различные категории населения (молодых людей и студентов от 18 до 27 лет, людей, ведущих активный образ жизни, доля людей с плотным рабочим графиком в возрастной категории от 30 до 55 лет, многодетных мам).

Себестоимость продукции рассчитывается путем расчета статей калькуляций на 1 кг выхода полуфабриката. Расчеты представлены в таблицах 4–6.



Таблица 4. Расчет себестоимости соуса Аррабиата

Наименование продуктов	Норма расхода на 1 кг продукции, кг.	Цена сырья за 1кг, руб.	Стоимость сырья за 1 порции, руб.
Томаты в собственном соку	0,009	350	3,15
Перец чили	0,003	900	2,7
Масло оливковое	0,004	1500	6
Петрушка свежая	0,004	600	0,001
Чеснок	0,00342	160	0,55
Сахар	0,0005	60	0,03
Соль	0,0005	30	0,015
Итого			<b>12,5</b>

Таблица 5. Расчет себестоимости соуса Бешамель

Наименование продуктов	Норма расхода на 1 кг продукции, кг.	Цена сырья за 1кг, руб.	Стоимость сырья за 1 порции, руб.
Молоко	0,016	800	12,8
Масло сливочное	0,0016	840	1,34
Мука пшеничная	0,002	80	0,16
Орех мускатный	0,00008	1200	0,001
Соль	0,00005	30	0,0015
Перец черный молотый	0,00004	1300	0,05
Травы итальянские сухие	0,00003	1500	0,05
Итого			<b>14,4</b>

Таблица 6. Расчет себестоимости соуса Песто

Наименование продуктов	Норма расхода на 1 кг продукции, кг.	Цена сырья за 1кг, руб.	Стоимость сырья за 1 порции, руб.
Бasilik зеленый	0,0058	3200	18,56
Сыр пармезан	0,0016	1600	2,56
Масло оливковое	0,01	1500	15
Орех кедровый	0,002	2000	4
Чеснок	0,0008	160	0,13
Соль	0,0001	30	0,003
Итого			<b>40,25</b>

Таким образом, себестоимость соусов по сырьевому составу за 1 порцию (20 г) составляет:

- Аррабиата — 12,5 руб.
- Бешамель — 14,4 руб.
- Песто — 40,25 руб.

Расчет себестоимости замороженного соуса включает в себя данные, такие как время замораживания продукта и тарифной стоимости на электроэнергию для населения, проживающего в Москве (Таблица 7).

Таблица 7. Время замораживания соусов

Наименование соуса	Время замораживания 1 порции (20г), час	Время замораживания 2 порций (40г), час
Аррабиата	1,2	1,4
Бешамель	1	1,15
Песто	1,2	1,4

Овощные соусы (Аррабиата и Песто) имеют одинаковое время замораживания 1 и 2 порций, на мучной основе — требуется меньше времени.

Тарифы на электроэнергию для населения, проживающего в Москве, составляет 5,66 рублей. Себестоимость замороженных соусов представлена в таблице 8.

Таблица 8. Себестоимость замороженных соусов

Наименование соуса	Время замораживания 1 порции (20г), час	Тарифная ставка, руб	Себестоимость замороженного соуса, руб
Аррабиата	1,2	5,66	6,8
Бешамель	1	5,66	5,66
Песто	1,2	5,66	6,8

Таким образом, себестоимость замороженных соусов за 1 порцию (20г) составляет:

- Аррабиата —  $12,5 + 6,8 = 19,3$  руб.
- Бешамель —  $14,4 + 5,66 = 20,06$  руб.
- Песто —  $40,25 + 6,8 = 47,05$  руб.

### Вывод

В результате проведенных исследований показана целесообразность разработки криотехнологии замороженных соусов — как в обеспечении микробиологической безопасности, так и в пролонгации сроков годности готового продукта.

В ходе работы была изучена технология замораживания соусов с использованием скороморозильного аппарата.

По результатам микроскопического, микробиологического и органолептического исследований сделаны следующие выводы:

- При проведении микроскопического исследования установлено, что структурных изменений у соусов в сравнение с образцами до замораживания и после дефростации не наблюдается.
- При проведении микробиологического исследования установлено, что микробиологические показатели соусов в процессе хранения практически не изменяются и остаются в пределах допустимых значений по требованиям микробиологической безопасности.
- При проведении органолептического исследования установлено, что значительного изменения соусов до замораживания и после дефростации, по рассматриваемым критериям, не наблюдается.

При разработке технико-экономического обоснования была рассчитана себестоимость соусов по сырьевому составу, так и замороженного порционного продукта.

Таким образом, себестоимость замороженных соусов за 1 порцию (20г) составляет:

- Аррабиата —  $12,5 + 6,8 = 19,3$  руб.
- Бешамель —  $14,4 + 5,66 = 20,06$  руб.
- Песто —  $40,25 + 6,8 = 47,05$  руб.

### Литература:

1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1324–03 «Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов» Консультант Плюс.— 1992–2018 [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/901864836> (дата обращения 01.05.2021)
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 024/2011 Технический регламент на масложировую продукцию [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320571> (дата обращения 01.05.2021)
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 О безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320560> (дата обращения 01.05.2021)
4. Антонов, А. А. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных пищевых продуктов / А. А. Антонов, К. П. Венгер — Рязань: Узоречье, 2002. 207 с
5. Берестова, А. В. Особенности криообработки растительного сырья / Г. Б. Зинюхин, Э. Ш. Манеева — Вестник ОГУ. 2015. № 9 (184)
6. Бурова, Т. Е. Расширение ассортимента загустителей для соусов, пригодных для замораживания / Т. Е. Бурова, О. Е. Рачевская — Пищевая промышленность. 2015. № 12
7. Заморозка [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.holodcom.ru/stati/zamorozka/> (дата обращения 01.05.2021)
8. Микробиологические показатели безопасности пищевой продукции [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://бмэ.орг/index.php/> Микроскопические методы исследования (дата обращения 01.05.2021)
9. Микроскопические методы исследования [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/9/33759.html> (дата обращения 01.05.2021)

10. Рузиева, К.Э. Инновационные технологии криосепарации и криосублимации / К.Э. Рузиева, Б.Т. Мухамадиев — *Universum: химия и биология*. 2020. № 11–2
11. Скороморозильные аппараты туннельного типа [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://technocool.uz/oborudovanie/okhlazhdenie-i160-zamorozka/english-skoromorozilnye-apparaty-konveye> (дата обращения 01.05.2021)

## Обоснование технологии обработки призабойной зоны пласта на месторождении Кумколь в целях поддержания эксплуатационного фонда скважин в работоспособном состоянии

Чурикова Лариса Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;  
Сапиев Ербулан Самиголаулы, студент магистратуры  
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

*Статья посвящена вопросу решения важной задачи — обоснование выбора технологии обработки призабойной зоны пласта в целях поддержания эксплуатационного фонда скважин в работоспособном состоянии.*

*Авторы предлагают в качестве решения такой задачи — эффективное использование обработки призабойной зоны пласта реагентом-растворителем и циклическое заводнение пласта с использованием закачки полимеров для выравнивания профилей проницаемости, такое воздействие даст возможность увеличить выработку запасов. Таким образом, обоснование выбора эффективной технологии обработки призабойной зоны пласта в залежах вязкой нефти и сложнопостроенных коллекторах с применением реагента-растворителя является актуальной и перспективной задачей.*

**Ключевые слова:** коллектор, обводненность, циклическое заводнение, скважина, отложения парафина, реагент-растворитель.

Нефтегазовый сектор Казахстана — одна из отраслей, влияющей на успешное развитие экономики Казахстана. Оптимизация разработки месторождений углеводородов в условиях растущей вовлеченности в этот процесс сложного освоения запасов нефти и газа является важнейшей для нефтегазовой отрасли Казахстана.

Широкий спектр осложняющих факторов, возникающих при добыче сырой нефти и достаточно namного снижающих эффективность технологических процессов извлечения вязкой нефти из залежей в сложнопостроенных коллекторах. Большая часть нефтяных месторождений на данный момент находится в стадии поздней разработки.

Этот этап сопровождается рядом осложнений при добыче нефтяной продукции из пласта, среди которых образование органических отложений в системе «скважина-забойная зона пласта». Используя длительный опыт разработки и эксплуатации нефтяных залежей, можно понять, что асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) могут образовываться на поверхности оборудования в скважинной системе и в призабойной зоне пласта (ПЗП) в большей степени на месторождениях, где происходит добыча нефтяной продукции с повышенным содержанием парафинов и асфальтенов.

В настоящее время на месторождении Кумколь наблюдается падение пластового давления, увеличение обводнённой продукции и как следствие характерное снижение темпов отбора жидкости.

Поэтому вопросы, связанные с поддержанием фонда эксплуатационных скважин в рабочем состоянии, имеют большую актуальность. Одним из мероприятий по улучшению работы скважин является устранение осложнений. Улучшить работу системы скважин на месторождении можно путем обработки

призабойной зоны пласта (ПЗП) предлагаемым реагентом-растворителем и циклическим заводнением пласта водой с применением закачки полимера для выравнивания профилей закачки, это воздействие позволит увеличить извлечение запасов.

Промысловый анализ отражает постепенное повышение обводненности и падение эффективности системы поддержания давления (ППД) пласта, которое объясняется характеристикой геологического строения эксплуатационных объектов месторождения.

На рисунке 1 отражена динамика основных технологических показателей разработки эксплуатационных объектов месторождения Кумколь. Анализ рисунка показывает, что динамика дебита нефти характеризуется устойчивым темпом снижения отборов нефти.

В таблице 1 приведены показатели по геологическим и извлекаемым запасам эксплуатационных объектов месторождения.

На 01.01.2015 г. текущий КИН составил 0,457 д.ед. Текущая обводненность в целом по месторождению превышает 97,0% [1,2,3,4]. Очевидно, что при обводненности 98% утвержденный коэффициент извлечения нефти (КИН) не будет достигнут.

С помощью метода характеристик вытеснения определим, какие запасы нефти остаются на сегодня в зоне действия системы разработки. Анализ полученных данных показывает, что на текущий момент действующей системой разработки вовлечено в дренирование только 78,1% от утвержденных начальных извлекаемых запасов (НИЗ) (рисунок 2). Остальные запасы (более 21%) остаются вне зоны дренирования [5].

Рассмотрим выработку запасов нефти по эксплуатационным объектам.

I объект разработки (горизонты М1+2) (рисунок 2, а)

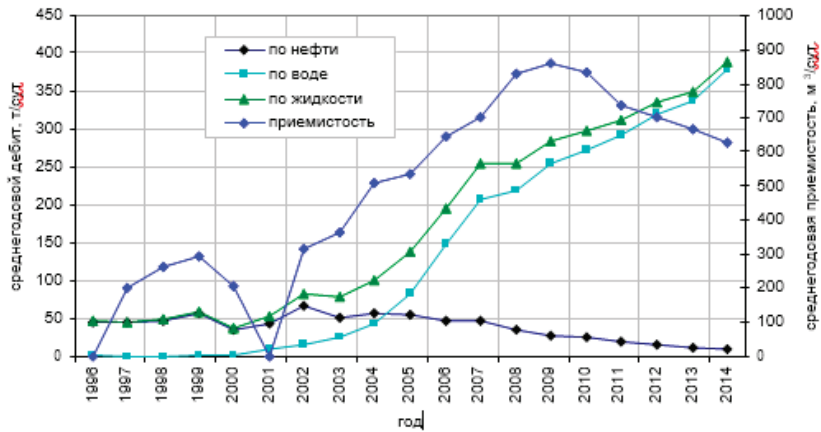


Рис. 1. Динамика текущих показателей среднегодовых дебитов и приемистости первого эксплуатационного объекта месторождения Кумколь

Таблица 1. Показатели выработки запасов нефти эксплуатационных объектов месторождения Кумколь по состоянию на 01.11.2014 г.

Объект разработки	Начальные запасы, тыс. т			накопленная добыча нефти, тыс. т	текущая добыча нефти, тыс. т	текущая обводненность, %	текущий КИН, д.ед.	проектный КИН, д.ед.	Темпы выработки запасов от, %		Кратность текущих запасов, лет		Темп падения добычи нефти, тыс. т/год
	Геологические	Извлекаемые	НИЗ, введенные в разработку						НИЗ	ТИЗ	От утвержден. НИЗ	от НИЗ введен. в разбог.	
I	27685	16302	12726	12488	479	97.5	0.451	0.589	2.9	12.6	8.0	0.5	96.2
II	41249	25272	18643	17859	454	95.5	0.433	0.613	1.8	6.1	16.3	1.7	99.2
III	17484	10358	9451	9251	191	97.6	0.529	0.592	1.8	17.2	5.8	1.0	55.2
IV	627	271	224	218	3	97.5	0.348	0.432	1.1	5.8	17.3	1.8	0.5
Σ	87045	52203	41043	39816	1126	97.0	0.457	0.600	2.2	9.1	11.0	1.1	251.1

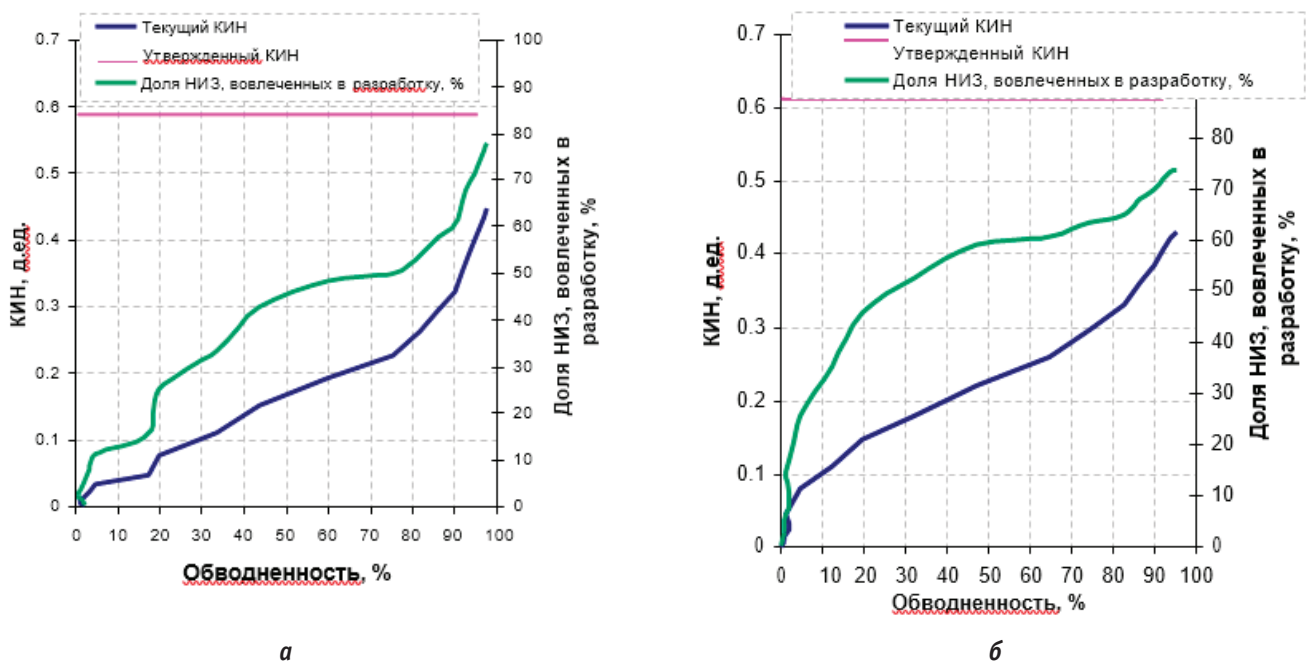


Рис. 2. Зависимости текущего КИН и доли НИЗ, введенных в разработку, от текущей обводненности добываемой продукции для эксплуатационных объектов месторождения Кумколь

Текущий КИН на 01.11.2014 г. равен 0,448 д.ед. при обводненности 97,5%. Отбор от НИЗ — 76,1%. В зоне действия системы разработки находится 78,0% от утвержденных НИЗ. При предельной обводненности утвержденный КИН не будет достигнут.

II объект разработки (горизонты Ю1+2) (рисунок 2, б)

Текущий КИН — 0,431 д.ед. Обводненность — 95,5%. Отбор от НИЗ — 70,4%. В зоне действия системы разработки находится 73,8% от утвержденных НИЗ. При предельной обводненности утвержденный КИН не будет достигнут [6,7].

Текущая ситуация в освоении эксплуатационных объектов месторождения Кумколь характеризуется следующими особенностями: высокая текущая обводненность добываемой продукции (в среднем более 97,0%) при показателях отбора проектных НИЗ в среднем не выше 76,3%. Скорость роста обводненности не соответствует уровню отбора начальных извлекаемых запасов нефти.

Кроме того, эксплуатация скважин на месторождении Кумколь ведется и с другими осложнениями, а именно пескопроявления, солеотложение, отложения парафина и асфальтосмолистые вещества на устьевом и внутрискважинном оборудовании.

В настоящее время для обработки призабойной зоны и очистки подземного оборудования от асфальтосмоло-парафиновых отложений применяют термические методы, в частности, технологию обработки скважин горячей водой и нефтью. Нагнетание воды осуществляется установкой АН-500 при температуре 60–65°C по насосно-компрессорным трубам (НКТ).

Эффективность этого вида обработок очень низкая и достигает 60–65%. При выполнении такой операции, например, в скважине 5 было проведено 4 обработки насосно-компрессорных труб. После каждой обработки дебит скважины резко увеличивался в среднем на 25–35 тонн в сутки. Однако, продолжительность работы скважин с повышенным дебитом составляла 2–5 суток.

Это объясняется низким качеством обработок, в результате которых не происходит полного расплавления отложений парафина. Как правило, средняя температура закачиваемой воды на устье 60–70°C, в то время как для полного расплавления парафина она должна быть не менее 80°C в условиях скважины.

Это связано с низким качеством обработок, в результате которых не происходит полного расплавления парафиновых отложений. В большинстве случаев средняя температура закачиваемой воды на устье скважины составляет 60–70°C, а для полного расплавления парафина в скважинных условиях она должна быть не ниже 80°C.

Существует несколько разных технологий добычи вязкой нефти с циклической закачкой растворителя в пласт с последующей выдержкой скважины для пропитки. Применение такого рода технологий характеризуется достаточно высокой эффективностью в относительно однородных песчаниковых пластах.

Для предотвращения негативных эффектов в сложнотрещиноватых, пористых пластах, связанных с низкой вязкостью применяемых растворяющих реагентов, необходимо разработать растворяющий реагент, содержащий ароматические углеводороды повышенной или высокой вязкости [8,9]. Этим требованиям отвечает специальный реагент-растворитель, содержащий ароматические углеводороды (ксилол в концентрации 3% по массе) и жирные кислоты. Испытания, проведенные на капиллярном вискозиметре Herzog в лаборатории повышения нефтеотдачи в полевых условиях, показали, что даже при высоких температурах 60–90 °C реагент-растворитель сохраняет достаточно высокую кинематическую вязкость около 10 см<sup>2</sup>/с (Рисунок 3). Преимуществом такого реагента-растворителя с повышенной вязкостью является свойство не образовывать эмульсии с дистиллированной, пресной и соленой водами.

Из приведенного на рисунке 3 графика видно, что при 20 °C вязкость разработанного реагента-растворителя составляет 67,5 см<sup>2</sup>/с. Таким образом, применение предлагаемого реагента-растворителя будет более эффективным для закачки его в трещинно-поровые пласты с относительно невысокой температурой (20–40 °C), что характерно для месторождения Кумколь.

Закачиваемые жидкости обеспечивают создание необходимого давления в пластах, поддерживают энергию пластов, а также позволяют исправить дисбаланс степени подвижности флюидов за счет снижения вязкости и перераспределения фаз.

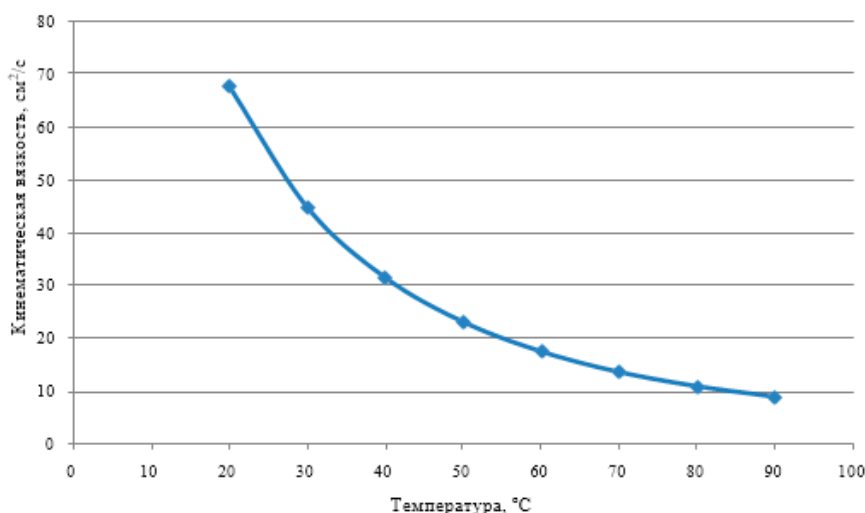


Рис. 3. График зависимости кинематической вязкости реагента-растворителя от температуры

## Литература:

1. Пересчет запасов нефти и газа и попутных компонентов месторождения Кумколь (Кзылординская область Республики Казахстан) по состоянию на 01.01.2008 г. / Корнева Т.В, Белько Л. Р. [и др.], АО «НИПИнефтегаз». — Актау, 2008. — 263 с.
2. Уточненный проект разработки месторождения Кумколь (по состоянию на 01.07.2008 г.). — Договор № 397/0811022 / АО «НИПИнефтегаз. — Актау. — 2009. — 997 с.
3. Мониторинг программы нестационарного заводнения месторождения Кумколь [Текст]: Отчет о НИР / Договор № 316 от 06.05.2011, ООО НПО «Нефтегазтехнология», рук.Владимиров И. В. — Уфа, 2011. — 182 с.
4. Мониторинг и анализ применения технологий нестационарного заводнения и выравнивания профиля приемистости на месторождении Кумколь [Текст]: Отчет о НИР /договору KZ-12-8100-0044 от 16.04.2012, ООО НПО «Нефтегазтехнология», рук.Владимиров И. В. — Уфа, 2012. — 415 с.
5. Владимиров И. В. Проблемы выработки запасов нефти из неоднородных по проницаемости коллекторов при их заводнении [Текст] / И. В. Владимиров // Проблемы разработки месторождений с трудноизвлекаемыми запасами нефти: сб. научн. тр. «ВНИИнефть» / ОАО «ВНИИнефть»; под ред. Д. Ю. Крянева, С. А. Жданова. — М.: ОАО «ВНИИнефть», 2011. — Вып. 144. — 158 с.
6. Владимиров И. В. Результаты внедрения энергосберегающей технологии нестационарного заводнения в разработке залежей высоковязкой нефти [Текст] / И. В. Владимиров, Э. М. Велиев, Р. В. Карапетов, Э. М. Альмухаметова // Энергоэффективность. Проблемы и решения: матер. XIV Междунар. научн.-практ. конф. 23 октября 2014 г. — Уфа, 2014. — С. 48–49.
7. Разработка программы нестационарного заводнения месторождения Кумколь [Текст]: Отчет о НИР / Договор № 279 от 26.04.2010, рук. Владимиров И. В. Уфа, 2010. — 448 с.
8. Чурикова Л. А. Эффективность разработки нефтегазоконденсатного месторождения с применением системы поддержания пластового давления // Л. А. Чурикова, А. Б. Баянгали // Молодой ученый, Научно-практический журнал № 47(285, ноябрь) — Казань, ООО «Издательство Молодой ученый», 2019. — С. 138–141.
9. Рощин П. В. Лабораторные исследования использования реагента-растворителя «А» для повышения эффективности добычи тяжелой высоковязкой нефти Демидовского месторождения в Оренбургской области/ П. В. Рощин и [др.] // Нефть. Газ. Промышленность. 2013. № 49. — С. 20–23.
10. Велиев, Э. М. Современные тенденции развития технологии нестационарного заводнения (на примере месторождения Кумколь) / Э. М. Велиев. — Текст: электронный // Электронная библиотека диссертаций: [сайт]. — URL: <https://www.dissercat.com/content/sovremennye-tendentsii-razvitiya-tekhnologii-nestatsionarnogo-zavodneniya-na-primere-mestoro>? (дата обращения: 23.04.2022).

## Снеголедовые дороги Российской Федерации

Шабуров Сергей Семенович, кандидат технических наук, профессор;

Никитина Александра Николаевна, студент магистратуры

Иркутский национальный исследовательский технический университет

*Транспортная инфраструктура является ключевой составляющей социально-экономического развития любого государства, поскольку произведенные товары необходимо доставить потребителю, а также перевезти самих потребителей в нужные им пункты назначения. Территория России на 65% состоит из районов с вечной мерзлотой. Автозимники и ледовые переправы — это главные пути Северных районов, а в некоторых случаях даже единственные. В статье особое внимание уделено проектированию и содержанию снеголедовых дорог. Данная статья будет полезна инженерам в сфере добычи полезных ископаемых, так как по зимним дорогам в основном перевозят грузы и добытое сырье. Также статья будет полезна инженерам дорожного хозяйства, так как из-за отсутствия развитой дорожной сети в северных районах, необходимо связать центральную и северную части доступными способами.*

**Ключевые слова:** строительство дорог, технология строительства, автозимник, ледовая переправа, грузонапряженность, требуемая толщина льда, дорожная одежда.

Во многих регионах северных территорий и за Полярным кругом Российской Федерации, с устойчивыми низкими температурами, а также, ограниченным движением автотранспорта, строительство зимних дорог — это единственный способ организации сообщения между населенными пунктами.

К зимним дорогам относятся автозимники и ледовые переправы — это сезонные автомобильные дороги, состоящие из конструктивных элементов, предназначенных для движения транспортных средств, с покрытием проезжей части изо льда, уплотненного снега и льда или проложенная по замерзшему

льду рек и озер. Общая протяженность автозимников в Российской Федерации на 01.01.2019 г. составила 21976 км, ледовых переправ — 535 км.

Основное преимущество зимних дорог — это их низкая стоимость. По сравнению с автомобильными дорогами, имеющими твердое покрытие, строительство зимников стоит в 4–10

раз дешевле. На сегодняшний день для устройства зимних автомобильных дорог и ледовых переправ используется ГОСТ Р 58948–2020. Основными показателями для определения параметров автозимников и ледовых переправ являются грузонапряженность и расчетная интенсивность движения. Категория объекта определяется по таблице 1 и таблице 2.

Таблица 1. Классификация автозимников по категориям

Категория автозимника	Грузонапряженность, т нетто в год	Интенсивность движения, авт/сут
Iз	100000	свыше 500
IIз	от 50000 до 100000	от 150 до 500
IIIз	до 50000	до 150

Таблица 2. Классификация ледовых переправ по категориям

Категория ледовой переправы	Интенсивность движения, авт/сут	Количество полос движения
Iл	свыше 150	2 и более
IIл	до 150	1

Основными задачами устройства и содержания автозимников и ледовых переправ, в районах, где отсутствуют автомобильные дороги общего пользования, является обеспечение безопасного передвижения легкового, грузового и пассажирского автомобильного транспорта с заданными нагрузками и скоростями движения.

Устройство зимних дорог делится на два этапа летний и зимний. На первом этапе выполняются подготовительные работы: очистка территории от растительности (пни, сухие леса, бревна), разметка предлагаемого участка дороги, выравнивание почвы, подготовка дорожных знаков. На втором уже непосредственно само возведение автозимника.

Автозимники бывают трех видов. Первый вид это прокладываемые по мерзлому грунтовому основанию с постепенным наращиванием слоя уплотненного снега. Такие дороги прокладывают на участках, защищенных от ветра лесопосадкой. Для данного вида используется корытообразный поперечный профиль, при котором уровень уплотненного снега находится ниже снежного покрова, рисунок 1.

Ко второму типу относятся автозимники, прокладываемые на грунтовом основании по открытому участку местности. Высота таких зимних дорог увеличивается с уплотнением вы-

павших осадков на не заносимую насыпь. В таком случае необходимо обеспечить снегонезаносимость полотна. Для этого возводят небольшую насыпь, однако учитывая временный характер эксплуатации, не стоит значительно поднимать высоту насыпи. Это может привести к существенному увеличению объемов работ и стоимости дороги. Третьим типом являются автозимники, проходящие по льду рек, морей и озер.

Работоспособность зимних дорог зависит от физико-механических свойств дорожной одежды, которая состоит из льда и снега. Так как зимники являются временными сооружениями, срок службы которых напрямую зависит от продолжительности холодного периода, каждый год их приходится возобновлять. Ограничениями для использования автозимников могут служить как повышение температурного режима, так и увеличение интенсивности движения. Рост грузоподъемности тоже имеет сильное влияние на срок эксплуатации. Увеличенные нагрузки способствуют износу и разрушению покрытия. В любом случае устройство снеголедовых дорог определяется на основе индивидуальных технико-экономических расчетов.

Многолетними исследованиями доказано, что основным мероприятием по созданию прочного покрытия является качественное уплотнение снега. Прочность возрастает при

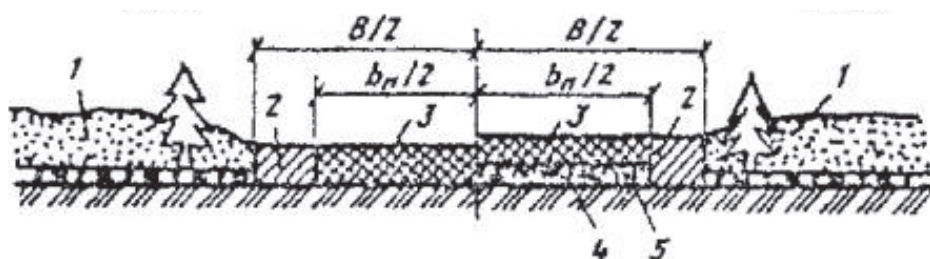


Рис. 1. Поперечные профили автозимников с корытообразным поперечным профилем:

- 1 — снежный покров; 2 — уплотненный снег на обочинах; 3 — уплотненный или оледененный снег на проезжей части;
- 4 — выравнивающий слой из гравия, щебня или песка; 5 — спланированное основание

большом контакте между частицами снега, которое достигается его уплотнением. Нарастание прочности возникает при разрушении самих кристаллов, путем их перемешивания и подвигнутых в последствии выдержке. Данный процесс называется рекристаллизацией.

Поверхность проезжей части должна быть ровной, без выбоин и колеи. Для этого к уплотненному снегу предъявляют такие требования:

1. плотность не менее  $0,5 \text{ г/см}^3$ ;
2. твердость не менее  $10\text{--}12 \text{ кг/см}^2$ .

Если автозимник прокладывается по новому направлению, то необходимо провести изыскания для проложения трассы по короткому снегонезаносимому пути. Также это необходимо для минимизации объемов работ по выравниванию и выявления трудных участков, например незамерзающих поверхностных водных объектов.

В осенний период следует провести следующие подготовительные работы:

1. восстановление трассы с установкой вех по оси на расстоянии  $200\text{--}300 \text{ м}$  друг от друга;
2. рубка леса с корчевкой пней и расчисткой полосы отвода от кустарников и посторонних предметов;
3. выравнивание полосы (срезка кочек и засыпка ям);
4. возведение малых искусственных сооружений через незамерзающие водные объекты.

Если на пути имеются замерзающие болота, на них в обязательном порядке измеряют толщину ледяной корки и глубину промерзания самого болота.

К уплотнению снежного покрова приступают, когда его толщина составляет  $10\text{--}15 \text{ см}$ . При постепенном наращивании насыпи поверхность стоит систематически выравнивать и планируют с помощью бульдозера или автогрейдера. Независимо от выбранной машины, при работе она будет оказывать еще уплотняющее действие. Чтобы дополнительно уплотнить автозимник используются пневмоколесные или виброуплотняющие катки. После достижения физико-механических показателей остается только поддерживать ровность покрытия и в случае увеличения выпавших осадков на поверхность уплотнять их до нормативных показателей.

Покрытие изо льда создается путем полива уплотненного снега водой с помощью поливочной машины. Уплотненный снег сокращает потребность в воде на  $15\text{--}20\%$ . Наряду с этим снежные слои не должны быть большими, их невозможно полностью пролить водой. Из-за чего останутся снежные слои, которые приведут к сколам ледяной поверхности. Оптимальной температурой для полива является от  $-5$  до  $-20^\circ\text{C}$ . При других температурах снижаются условия льдообразования. Более высокая температура замедляет процесс замерзания воды, а более низкая снижает работоспособность поливочной техники.

Сам полив производят по определенной схеме. Первым проходом розлив воды осуществляют на ширину  $2,5\text{--}3 \text{ м}$ , последующими на всю ширину проезжей части.

Для устройства покрытия из уплотненного снега, нужно выждать, когда толщина выпавших осадков достигнет  $10\text{--}25 \text{ см}$ . Только при такой толщине начинают уплотнять снег пневмокатками или виброплитами. При работе катками необходимо

выполнить  $2\text{--}4$  прохода по следу с перерывами на  $2\text{--}4$  часа при температуре воздуха ниже минус  $20$  и  $4\text{--}6$  часов при температуре от  $0$  до минус  $20$ . Снег толщиной более  $25 \text{ см}$  сначала перемешивают ребристыми катками и только потом приступают к уплотнению. Если начать уплотнение без предварительного перемешивания, то на таком покрытии рано начнут образовываться дефекты. Особенно быстро изъяны прогрессируют в период оттепелей.

Содержание сухопутных зимников заключается в выполнении следующих работ:

1. устранение дефектов снежного и ледяного полотна, образовавшихся во время эксплуатации;
2. по борьбе со снежными заносами;
3. по борьбе с наледями и лавинными сходами;
4. поддержка в исправном состоянии технических средств организации движения;
5. по увеличению эксплуатационных сроков автозимников.

К эксплуатационным свойствам ледовой переправы предъявляют более высокие требования. Также в подготовительные период выполняются более объемные работы, а именно:

1. выбор места устройства переправы. Он должен быть проложен по кратчайшему пути с отсутствием теплых течений, ослабляющих лед;
2. земляные работы по устройству подходов к ледовой переправе с минимальными объемами;
3. очистка поймы водных объектов от крупных камней, препятствующих движению с последующей засыпкой оставшихся углублений.

Само строительство начинают при естественной толщине льда не менее  $30 \text{ см}$ , по береговым створам устанавливаются ориентирующие вехи. Проводится контрольное измерение георударом с бурением заверочных лунок.

Ледовая переправа устраивается методом послойного намораживания льда в следующем порядке. Сперва поверхность льда очищается от выпавших снежных осадков. Далее по льду бурятся лунки, для намораживания толщины льда используется вода из водоема. Выливается она на поверхность через шланг, вставленный в лунки. После бурения лунок, устраивают снежные валики. Следующий этап — устройство каркаса для усиления ледовой поверхности, если в этом есть необходимость. Следом происходит непосредственно наращивание ледовой толщи. В самом конце устанавливают опознавательные знаки организации движения и устройство сопряжения с берегами. Поперечный профиль ледовой переправы изображен на рисунке 2. Готовый план представлен на рисунке 3.

Главный показатель для разрешения, введения ограничений или запрета эксплуатации ледовой переправы это толщина льда на проезжей части. В процессе использования переправы данный показатель измеряют регулярно георадиолокационным способом измерения. Требуемую толщину льда определяют по специальной методике расчета, приведенной в приложении В ГОСТ Р 58948–2020 «Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические требования».

Ледовую переправу можно усилить несколькими методами. Первый метод самый экономичный, заключается в естественном намораживании толщины льда снизу, такой эффект достигается



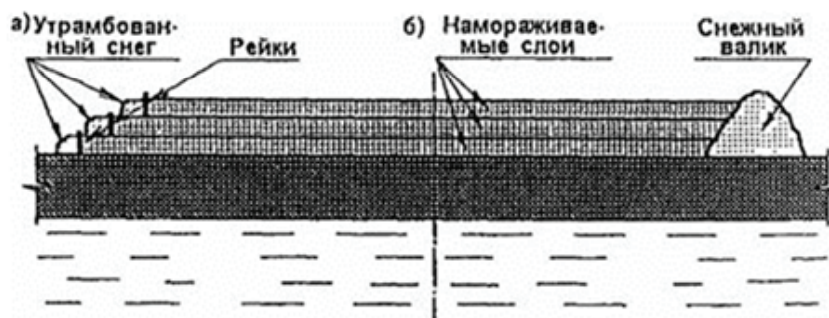


Рис. 2. Послойное намораживание ледяного покрова на ледовой переправе:  
а — намороженные слои ледовой переправы ограждены рейками

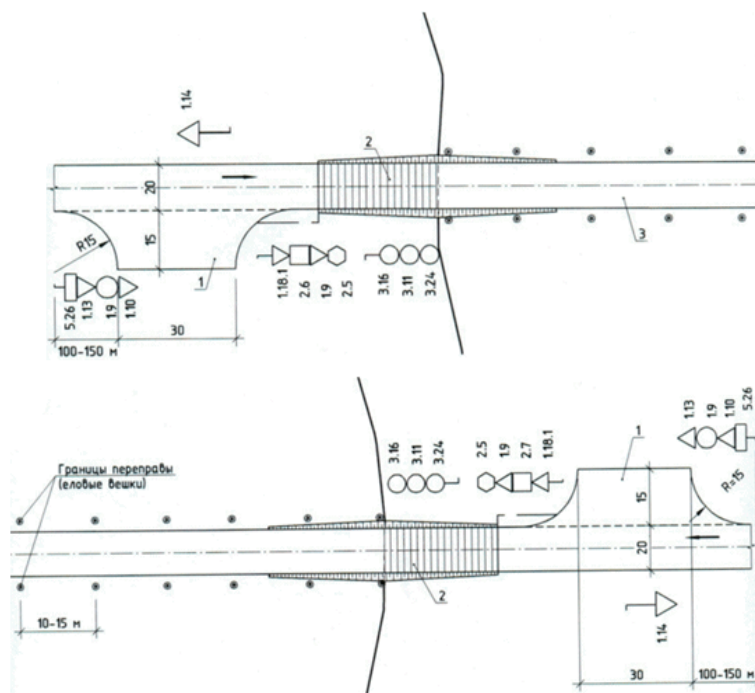


Рис. 3. План ледовой переправы:

1 — площадка стоянки и разворота автомобилей; 2 — участок ледового сопряжения с берегом; 3 — ледовое покрытие переправы

после расчистки снега с ледовой поверхности. Следующий метод описан выше это метод намораживания ледяной толщи сверху. Третий метод — усиление настилом или геосинтетикой. Он не является экологичным, но показывает высокие показатели по прочности. Четвертый метод самый эффективный по усилению, его суть заключается в комбинировании трех предыдущих методов. Усиление ледового покрова устраивают небольшой протяженности на отдельных участках, склонных разрушению.

Выбор метода усиления ледовой переправы в каждом случае подбирается индивидуально. Все зависит от климатических условий, режима реки, наличия материалов и механизмов для проведения работ, интенсивности и состава транспортного потока, а также толщины и состояния ледяного покрова.

Содержание ледовых переправ включает следующие работы:

1. устранение деформаций ледового полотна;
2. регулярные промеры толщины льда, для оценки несущей способности в соответствии с нормативными документами;

3. осуществление контроля весовых нагрузок транспортных средств;
4. ежедневный мониторинг погодных условий;
5. содержание элементов обустройства и очистка проезжей части.

С наступлением теплого периода, при появлении серьезных разрушений или уменьшении ледовой толщи до отметки ниже допустимой, движение по зимней дороге прекращается.

Ежегодно, на замерзших водоемах гибнут люди, причиной становится несоблюдение правил безопасности. Во избежание несчастных случаев, при движении по ледовой переправе не выезжайте за ее пределы. Также во время проезда по ледовой переправе запрещены остановки, неравномерное движение, развороты и обгоны. Заезжайте на переправу медленно без толчков. Соблюдайте необходимую дистанцию. И никогда не пользуйтесь несанкционированной или закрытой переправой, это может быть опасно для жизни.

## Литература:

1. ГОСТ Р 58948–2020. Дороги автомобильные общего пользования. Дороги автомобильные зимние и ледовые переправы. Технические правила устройства и содержания: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2020–11–01 /
2. Песчанский И. С. Ледоведение и ледотехника / И. С. Песчанский. — Л.: Изд-во Морской транспорт, 1963. 321 с.
3. Способ возведения ледяной переправы: пат. 487202 СССР: М. Кл. Е 01 Н 4/00 / В. Б. Прокопенко; Брянский технологический институт.
4. Порожняков В. С. Ледяные переправы / В. С. Порожняков. М.: НТИ Министерства автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР, 1963.-87 с.
5. Классификация способов увеличения несущей способности ледовых автотимников / О. В. Якименко, Е. А. Вагнер // Межвузовский сборник трудов молодых учёных, аспирантов и студентов. / Си-6АДИ. Омск, 2010. — С. 237–241.
6. Шумский П. А. Основы структурного ледоведения / П. А. Шумский. М.: Изд-во АН СССР, 1955.-275 с.
7. Бычковский Н. Н. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы / Н. Н. Бычковский, Ю. А. Гурьянов.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Анализ вариантов технологических решений армогрунтовых насыпей автомобильных дорог

Бородкина Зинаида Витальевна, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*В данной статье рассмотрена выборка технологических решений по возведению армогрунтовых конструкций. Проведен анализ технологических и конструктивных особенностей.*

**Ключевые слова:** армогрунтовая насыпь, армирование, конструкция, георешетка, блок, облицовка, система.

При проектировании и реализации высоких насыпей автомобильных дорог с пологим откосом возникает ряд проблем. Во-первых, для такой конструкции необходим внушительный объем грунта. В большинстве случаев, именно привозного грунта, так как местный грунт часто не отвечает требуемым характеристикам. Это влечет не только значительный рост временных и материальных ресурсов при строительстве объекта, но и дополнительную нагрузку на сеть местных дорог, а значит дополнительным расходам на её восстановление. Во-вторых, насыпь с пологим откосом занимает обширные площади, что в некоторых проектах просто недопустимо, так как строительство предполагается в стесненных условиях. Эти и другие проблемы возможно решить, заменив, частично или полностью, высокую насыпь с пологим откосом на армогрунтовую насыпь с крутым откосом.

Армогрунтовая насыпь — насыпь, где с помощью применения армирующих элементов в сочетании с грунтом повышается прочность и устойчивость конструкции при большой крутизне откоса.

Применение армогрунтовых конструкций в Российской Федерации берет начало ещё в 80-х годах XX века. Их целесообразность и эффективность использования доказана не менее чем на ста реальных объектах. Для таких конструкций существует множество конфигураций технологических и конструктивных решений. Большой интерес вызывают конструкции с облицовкой блоками (панелями). Блоки имитируют каменную кладку, при этом грунт обратной засыпки надежно армирован георешеткой. Такие конструкции имеют ряд преимуществ:

- Экономическая выгода до 20% и более по сравнению с традиционными решениями (железобетон, шпунт и др.).
- Возможность изготовления панелей (блоков) облицовки в непосредственной близости к объекту.
- Сокращение сроков монтажа в 2–3 раза за счет «сухой» кладки.
- Возможность возводить конструкции в условиях ограниченного пространства.
- Высокая несущая способность и сейсмостойчивость.
- Эстетичный внешний вид.
- Долговечность конструкций, отсутствие эксплуатационных расходов.

Одними из наиболее популярных организаций, занимающихся разработкой проектов и производством материалов для армогрунтовых конструкций являются «Тенсар» и «Маккаферри».

### Тенсар

#### Армогрунтовая конструкция с облицовкой малыми блоками TW-1

Армогрунтовая система Тенсар TW1 состоит из модульных облицовочных блоков, соединенных посредством закладной детали со слоями одноосной георешетки Тенсар RE, армирующей грунт засыпки. В результате формируется надежная и долговечная подпорная стена, требующая минимальных затрат на эксплуатацию.

Бетонные блоки облицовки формируют лицевую грань с углом наклона 86°, укладка осуществляется на сухую, без применения вяжущего и подъемных механизмов. Вес блока (30 кг) высотой 150 мм позволяет осуществлять его установку вручную. Их особенная геометрия позволяет вписывать стены в наружные и внутренние радиусы, создавать угол, ступени и иные требуемые геометрические формы. Поверх блоков может быть устроена любая другая облицовка, например, имитирующая каменную кладку, для достижения требуемого архитектурного вида.



Рис. 1. Облицовочный блок TW-1 [1]

Краткая характеристики технологии:

- Простота производства работ;
- Минимальная механизация;
- Полнотелый блок;
- Малый расход бетона на 1 м<sup>2</sup> облицовки — 16,66шт или 0,22м<sup>3</sup>;
- Требуется минимального фундамента;
- Габарит: 0,15х0,4х0,22;
- Технология — вибропрессование;
- Круглогодичный процесс производства;
- Широкий выбор текстур, цветов и углов заложения;
- Возможна отделка кирпичом или камнем;
- Кривые малых радиусов.

#### Армогрунтовая конструкция с облицовкой железобетонными блоками МБ-1

Эта технология принципиально отличается от предыдущей весом блоков, соответственно и принципом возведения конструкции. Вес блока — 650 кг, монтаж производится автокранами. Преимущественно конструкцию используют на прямолинейных участках или участках с большим радиусом закругления. За счет механизации процесса уменьшаются сроки строительства.

Облицовочные железобетонные блоки возможно изготавливать на любом ЖБИ или, соблюдая технологию, прямо на площадке производства работ. Для армирования грунта используется та же одноосная георешетка Тенсар RE. Короткий стартер, для соединения блока с армирующей георешеткой, надевается на арматуру в процессе изготовления панелей.

Краткая характеристики технологии:

- Простота производства работ;



Рис. 2. Облицовочные железобетонные блоки [1]

- Максимальная скорость производства работ (максимальная механизация);
- Полнотельный блок;
- Средний расход ж/б на 1 м<sup>2</sup> облицовки — 1,43шт или 0,35м<sup>3</sup>;
- Требуется среднего фундамента;
- Габарит: 0,5x1,4x0,35;
- Круглогодичный процесс производства. [1]

### Маккаферри

#### Система Макрес

Система Макрес — это комбинированная армогрунтовая конструкция, которая состоит из облицовочных бетонных панелей и композитных геосинтетических лент Паравеб, послойно армирующих массив грунта обратной засыпки. Данная система армирования предполагает горизонтальную укладку геосинтетических лент внутри уплотнённой насыпи, таким образом укрепляя её.

Элементы системы Макрес:

#### Облицовочные панели

Панели могут быть армированными и неармированными в зависимости от требований проекта. Стальные формы для изготовления панелей Макрес являются транспортабельными и позволяют организовать производство панелей непосредственно на объекте строительства или ближайшем заводе ЖБИ. Благодаря этому появилась возможность сократить одну из самых затратных статей расходов — транспортировку.

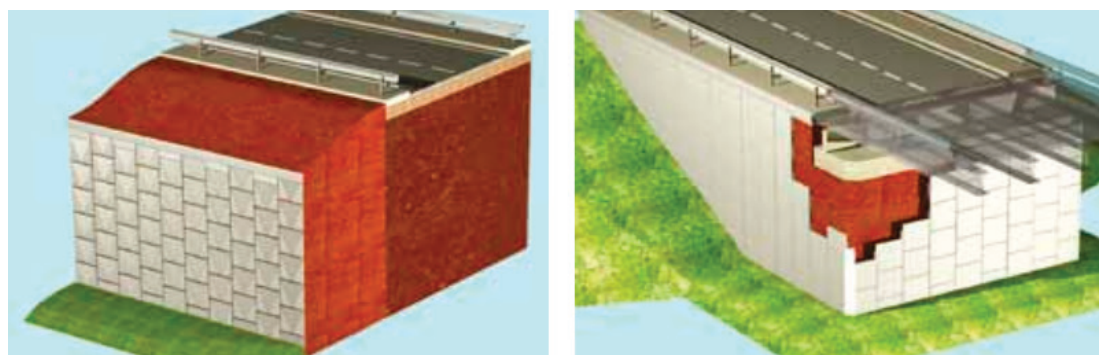


Рис. 3. Модель конструкции по системе Макрес [2]

Таблица 1. Характеристики облицовочной панели

Параметр		Значение
Габариты	высота, мм	от 545 до 1855
	ширина, мм	1525
	толщина, мм	140
Вес стандартной панели (1,5x1,5м), кг		750
Класс бетона по прочности, не менее		B25
Морозостойкость, не менее		F200
Водонепроницаемость, не менее		W6

Облицовка вертикальных бетонных лицевых панелей может быть различной. На выбор заказчика предоставлен широкий спектр фактур для облицовки, что позволяет достичь эстетичного вида конструкции в целом.

#### Геоленты Паравеб

Армирующая геокомпозитная лента Паравеб — плоский, высокопрочный, легкий и устойчивый к коррозии материал, изготовленный из отдельных пучков волокна полиэфира, покрытых структурированной полиэтиленовой оболочкой. Ленты Паравеб

имеют прочность на разрыв от 27 до 100 кН/м и ширину от 46 до 90 мм в зависимости от высоты сооружения и нагрузок, действующих на ленту. Геоленты Паравэб крепятся к закладным элементам Маклуп бетонных панелей и закрепляются в грунте с помощью специальных анкерных устройств.

История и дополнительные возможности использования Паравэб. Паравэб — один из первых геосинтетических армирующих материалов на мировом строительном рынке. Он начал применяться ещё в 1980-е, его эффективность уже многократно проверена и испытана.

Геосинтетические ленты Паравэб поставляются с комплексным полимерным соединением к бетонным панелям. Это соединение устойчиво к коррозии и идеально подходит для использования в условиях коррозионной опасности, например, для дорог с тяжелым интенсивным движением, где применяются противогололедные соли.

### Соединительные элементы Маклуп

Соединительный элемент Маклуп, замоноличенный в бетонную панель, рассчитан на то, чтобы выдерживать следующие нагрузки: для неармированных панелей не более 29 кН; для армированных панелей не более 49 кН.

### Система Макволл

Система Макволл представляет собой конструкцию, состоящую из георешетки, послойно армирующей массив грунта, и сборных бетонных блоков «Keystone Compac II», с помощью которых крепится наружный откос сооружения. Благодаря колотой фактуре лицевой грани, блоки имитируют каменную кладку.

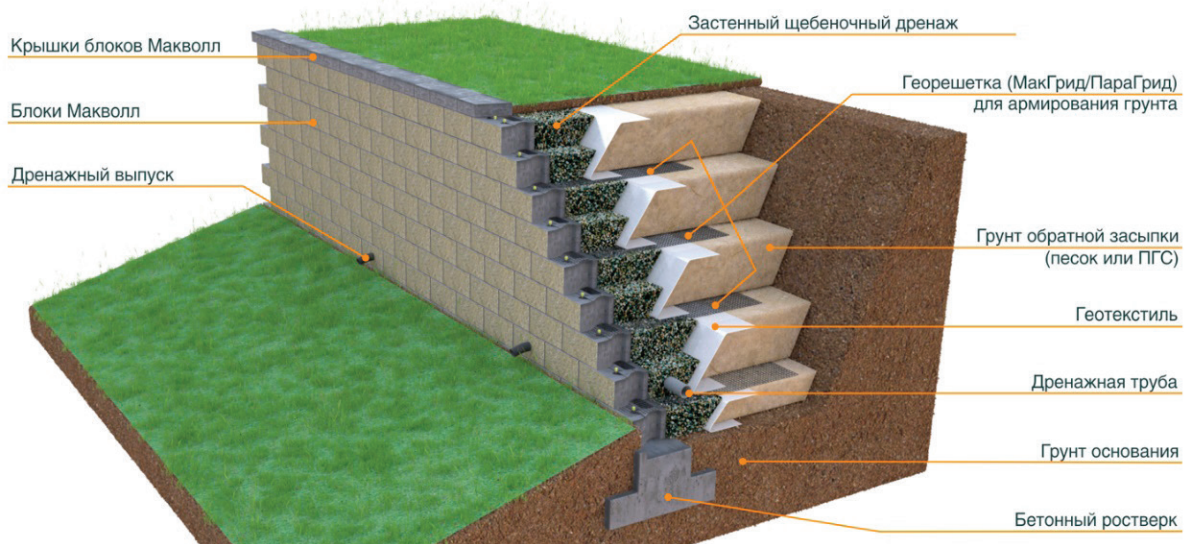


Рис. 4. Схема конструкции по системе Макволл [2]

Система Макволл включает три компонента:

Модульные бетонные блоки изготавливаются из мелкозернистых жестких бетонных смесей методом вибропресования с последующим их твердением в пропарочных камерах, имеют отверстия для заполнения щебнем и пазы для соединительных стержней, выпускаются в различных цветах (черный, красный, коричневый, бежевый, серый), чтобы сооружение вписывалось в окружающую застройку и ландшафт;

Таблица 2. Технические характеристики блока системы Макволл

Параметр	Значение
Размер блока, мм	457(Д) × 305(Ш) × 200(В)
Класс бетона	B15, B20, B22.5, B25
Средний вес блока, кг	40
Морозостойкость	F150, F200, F300
Водопоглощение, % по массе	не более 6

Армирующая георешетка Макгрид или Парагрид, располагающаяся между рядами блоков и укрепляющая грунт. Полиэфирные георешетки Макгрид или Парагрид в оболочке из полиэтилена обладают высокими характеристиками долговременной проектной прочности и низкой ползучестью, что обеспечивает возможность их применения в конструкциях с высокими нагрузками;

Таблица 3. Характеристики георешеток системы Макволл

Наименование	Разрывные характеристики, кН/м
Георешетка МакГрид	от 55 до 150
Георешетка ПараГрид	от 30 до 200

Стержни из стекловолокна, размером 12,7x133 мм и прочностью на изгиб минимум 885 МПа обеспечивают прочное механическое соединение между блоком и георешеткой [2].

### Заключение

Подводя анализ приведенных конструктивно-технологических решений армогрунтовых насыпей ведущих производителей «Тенсар» и «Маккаферри» можно сделать вывод о разнообразии различных конфигураций и актуальности применения армогрунтовых конструкций. Однако ввиду удорожания конструкции насыпи с применением армирующих элементов решения принимаются на основе технико-экономического обоснования.

### Литература:

1. Tensar. — Текст: электронный // Тенсар Россия | Tensar: [сайт]. — URL: <https://www.tensar.ru/> (дата обращения: 19.04.2022).
2. Maccaferri. — Текст: электронный // Инженерная защита территории | Маккаферри Россия: [сайт]. — URL: <https://www.maccaferri.com/ru/> (дата обращения: 19.04.2022).

## Применение технологии ВІМ в сборных бетонных зданиях

Го Цзэюй, студент магистратуры

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*На данном этапе стоимость строительства сборных бетонных зданий в России высока по сравнению с монолитными бетонными конструкциями, что в определенной степени сдерживает распространение применения сборных бетонных зданий. Однако технология ВІМ играет важную роль в снижении и контроле стоимости сборных бетонных зданий. В статье анализируются основные причины высокой стоимости сборных бетонных зданий и предлагаются стратегии контроля стоимости сборных бетонных зданий.*

**Ключевые слова:** технология ВІМ, сборные здания, бетонные здания, контроль затрат.

Важными составляющими себестоимости традиционной монолитной бетонной конструкции являются: налоги, прибыль, прямые затраты, косвенные затраты и т.д., из которых прямые затраты являются существенной частью себестоимости и составляют большую долю. Стоимость сборных строительных конструкций включает в себя не только стоимость материалов и рабочей силы, но и затраты на производство, монтаж и транспортировку собранных компонентов, которые являются решающими факторами в стоимости сборных бетонных зданий.

### 1. Основные причины высокой стоимости сборных бетонных зданий

Причины, по которым стоимость собранных бетонных зданий превышала установленные требования на различных этапах, были следующие:

1. Отсутствие рациональности при разделении сборных компонентов. Проектировщики должны взять за основу конструкцию точки подъема сборных элементов, конструктивные особенности и основные требования для последующей транспортировки, использовать чертежи, предоставленные проектным институтом, глубоко изучить узловые детали, содержащиеся в чертежах, научно разделить размеры сборных элементов и избежать повторного демонтажа, что повлечет за собой дополнительные затраты и расходы. В тоже время, необоснованный демонтаж существенно увеличит сложность транспортировки компонентов и подъема конструкции, что также приведет к увеличению стоимости строительства.

2. Отсутствие стандартизированных и единых стандартов для сборных компонентов. На данном этапе стандарты производства и проектирования сборных компонентов еще не совершенны, что может значительно снизить производственные

возможности сборных строительных конструкций и сделать возможным выпуск слишком однородного вида продукции. В то же время, поскольку стандарты разных компаний не одинаковы, альтернатив друг другу не существует, что также снижает конкурентоспособность производства комплектующих и не позволяет им снижать цены. По этой причине стандартизация производства сборных компонентов является неотложной и должна быть коренным образом усилена для снижения затрат на строительство.

3. Отсутствие рациональности в программе строительного подъема. По сравнению с монолитными бетонными конструкциями, фактический объем работы по монтажу сборных элементов больше, при этом большинство из них транспортируется вертикально. При выполнении фактических грузоподъемных работ выбор различных решений башенных кранов и количество различных компонентов может повлиять на фактическую стоимость строительства. Что касается стоимости материалов, то значительная часть затрат на установку приходится на соединительные элементы. Незрелость технологии монтажа и острая нехватка квалифицированных специалистов по монтажу также значительно повысят стоимость строительства монтажных зданий.

## 2. Стратегии контроля затрат для сборных бетонных зданий на основе технологии BIM

Стоимость строительства сборных железобетонных конструкций, как правило, выше, чем у монолитных, что является весьма существенной проблемой. Понимая разницу между стоимостью традиционного монолитного строительства и стоимостью сборного строительства, можно определить основные причины проблемы высокой стоимости сборных бетонных зданий. В управлении строительными проектами технология

BIM — это информативный метод, применяемый на всех этапах сборки железобетонных зданий для улучшения процесса производства сборных компонентов, что повышает качество проектирования и способствует снижению затрат на сборку железобетонных зданий. Применение технологии BIM для контроля затрат на сборные бетонные здания включает следующее:

### 1. Применение на этапе проектирования

Конструктивное проектирование сборных бетонных зданий в основном основано на оптимизации монолитных бетонных конструкций, которая обычно выполняется после обычных проектных работ, где вся конструкция анализируется как единое целое, затем соответствующие узлы разбиваются на основе различных компонентов, и когда разбивка завершена, выполняются работы по глубокому проектированию. Затем завод выполняет сборные работы на основе углубленных проектных чертежей и, наконец, транспортирует сборные изделия на строительную площадку (рис. 1).

На строительной площадке, если проектировщики не проверят структурные строительные чертежи и слепо разделят их, возникнет множество проблем, что отнимет много коммуникационного времени, потребует повторного рассмотрения готовых строительных чертежей и значительно снизит эффективность строительства, что в полной мере отражает неадекватность и ограничения традиционного подхода к управлению монтажом. По этой причине технология BIM должна рационально применяться в этом процессе, фокусируясь на стандартизации сборных компонентов на начальной стадии проектирования, удовлетворяя строительные потребности различных зданий за счет использования меньшего количества типов компонентов и формируя идеальную библиотеку сборных компонентов, реализуя таким образом визуализацию, стандартизацию, мордализацию и т.д. проектирования и демонстрируя значительные преимущества. Этот подход



Рис. 1. Песочный стол из сборного железобетона



к проектированию состоит из трех основных этапов: разработка библиотеки сборных компонентов, создание информационной модели BIM и уточнение информационной модели BIM.

1) Создание библиотеки сборных компонентов

Создание библиотеки компонентов сборного железобетона направлено на повышение универсальности сборного железобетонного строительства и стандартизацию сборного железобетонного строительства. Это поможет повысить эффективность конвейерного строительства и удовлетворить требования к различным строительным изделиям из сборного железобетона.

Первым шагом является четкое представление о сетке и высоте в проекте здания, а затем поиск таких же условных элементов в библиотеке сборных компонентов в соответствии с конкретными требованиями дизайна. Наконец, элементы сборного железобетона, которые отсутствуют в библиотеке компонентов сборного железобетона, должны быть разработаны на основе понимания конкретных требований, чтобы увеличить богатство библиотеки компонентов.

2) Разработка библиотеки сборных компонентов

После формирования библиотеки сборных элементов производится раскладка сборных железобетонных конструкций, в результате чего создается информационная модель BIM для

проектирования собранной конструкции. На практике часто используется современное программное обеспечение для создания групп сборных элементов и изменения параметров на основе различных проектных требований, в результате чего создается информационная модель BIM (рис. 2).

3) Оптимизация информационных моделей BIM

После построения информационной модели BIM еще раз проверяется ее структурная безопасность и надежность. BIM используется как важный инструмент управления для построения строительных конструкций в виде трехмерного моделирования, для тщательной проверки столкновений и поиска мест столкновений, чтобы предотвратить большие экономические потери из-за просчетов в проектировании. Завод по производству компонентов является важным местом для производства сборных компонентов. Существующие методы управления производством могут эффективно контролировать качество сборных компонентов, но узловый контроль является сложной частью, когда противоречия и конфликты между арматурой и соединениями должны быть проверены с помощью 3D, когда необходима работа по проверке столкновений. После завершения структурного анализа BIM-модели необходимо обеспечить правильное руководство по подъему и строительству сборных железобетонных элементов на месте, чтобы избежать дополнительных затрат из-за плохого проектирования.

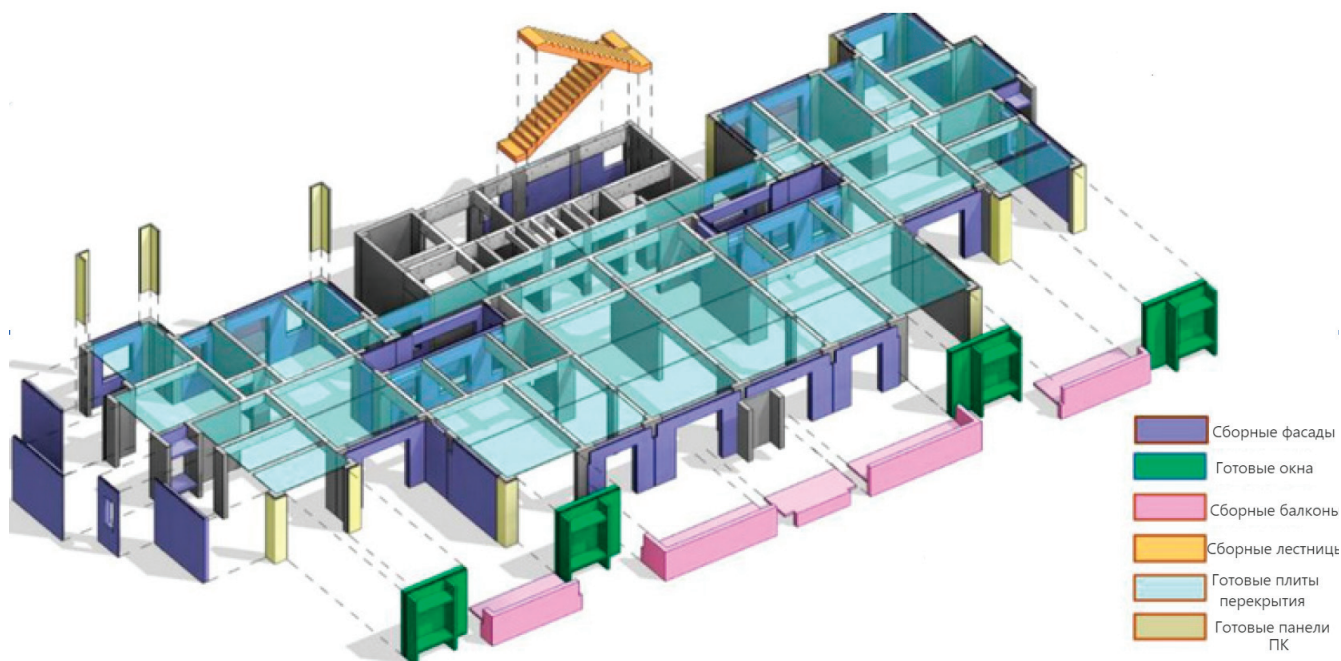


Рис. 2. Библиотека стандартных компонентов

2. Применение на этапе производства

Хотя в России создано много перерабатывающих предприятий по производству сборных компонентов, большинство из них имеют низкий уровень механизации и очень мало информационного программного обеспечения используется в фактической обработке, что затрудняет контроль стоимости и качества сборных компонентов. Технология BIM является па-

раметрической, визуализированной и моделируемой, и ее эффективное сочетание с процессом производства и обработки сборных компонентов может повысить эффективность производства и достичь цели снижения затрат. Расходы на амортизацию форм составляют значительную часть стоимости сборных элементов, и хорошая работа по проектированию форм может не только уменьшить объем работы и эффек-

тивно сэкономить время строительства, но и снизить расходы на строительство. По этой причине использование технологии BIM в 3D при проектировании пресс-форм значительно упрощает работу и позволяет проводить прямую корректирующую проверку моделирования сборки (рис. 3).

При построении BIM-модели такая информация, как материалы компонентов и размеры, может быть введена в заданные параметры строительства, чтобы вывести удельный расход материалов в BIM-модели и разработать ежедневный план производ-

ства и план объема обработки стали. Технология BIM может также использоваться для экспорта информации об арматуре, использования станков с ЧПУ для сгибания и резки арматуры, а затем использовать графическую информацию о конструкции, сформированную на основе BIM, для завершения работ по вибрированию и заливке бетона и автоматической загрузки конструкции, которую необходимо обслуживать, в комнату технического обслуживания, что позволит эффективно снизить затраты и достичь цели контроля источников опасности на начальном этапе.



Рис. 3. Моделирование BIM-модели

### 3. Применение на этапе строительства

При строительстве сборных бетонных зданий разумное использование технологии BIM позволяет заранее выявить проблемы в строительстве и эффективно избежать потенциальных строительных рисков, тем самым минимизируя затраты на строительство.

#### 1) Моделирование подъемных файлов

В процессе строительства и подъема сборные железобетонные элементы большого веса и объема по возможности не должны устанавливаться вручную и поэтому требуют использования кранов. На самом деле, точность подъемных механизмов не отвечает соответствующим требованиям к установке, что приведет к увеличению затрат и не сможет эффективно гарантировать и контролировать ход строительства на площадке. По этой причине функция моделирования строительного крана в технологии BIM может быть использована для повышения качества монтажа сборных железобетонных элементов. Сначала на основе хорошо построенной BIM-модели здания задается размещение сборных компонентов, затем на основе про-

ектного плана строительной организации моделируется весь процесс подъема сборных компонентов на строительной площадке. Наконец, анимированный видеоролик демонстрируется строительному персоналу на площадке для целенаправленного информирования о потенциальных проблемах, а также для оптимизации и улучшения плана подъема строительных конструкций.

### Вывод

В целом, факторы, которые приводят к высокой стоимости строительства, отражаются соответственно на этапах проектирования, производства и строительства сборных бетонных строительных компонентов. Поэтому разумное использование технологии BIM может эффективно решить проблему высокой стоимости строительства и может коренным образом улучшить уровень производства сборных бетонных зданий, обеспечивая важную техническую поддержку для снижения стоимости сборных бетонных зданий.

### Литература:

1. Балагура Н. Ю., Позмогова С. Б. Использование энергосберегающих технологий в строительстве // Вестник УлГТУ. 2011. № 4. С. 45–47.
2. Бадьин, Г. М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. СПб.: БХВ — Петербург, 2011. 432 с.

3. Чэнь Вэй. Исследование контроля стоимости сборного бетонного здания на основе технологии BIM [J]. Инженерно-строительные технологии и проектирование, 2019(36):73.
4. Сунь Фэй Исследование проектирования сборных бетонных конструкций на основе технологии BIM [J]. Глобальный рынок, 2019(12):187.
5. Ли Сяодань Исследование по планированию и контролю процесса строительства сборных зданий [D]. Далянь: Даляньский технологический университет, 2020.
6. Huang Huapeng. Research on the application of BIM technology in housing construction schedule control [J]. China Survey and Design, 2021(3):99–102.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 16 (411) / 2022

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

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 04.05.2022. Дата выхода в свет: 11.05.2022.

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

Почтовый адрес редакции: 420140, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

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.