

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



22 2020  
ЧАСТЬ II

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 22 (312) / 2020

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

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

*Редакционная коллегия:*

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, кандидат архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)  
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук  
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кощербаева 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)  
Рахмонов Азиз Боситович, доктор философии (PhD) по педагогическим наукам (Узбекистан)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

На обложке изображен *Публий Корнелий Тацит* (ок. 56 от РХ — ок. 120 от РХ), древнеримский историк, один из самых известных писателей античности.

Настоящее первое имя (преномен) Тацита точно неизвестно. Современники называли его просто Корнелием (по номену) или Тацитом (по когномену). В V веке Сидоний Аполлинарий упомянул его под именем Гай, но средневековые рукописи его сочинений подписаны именем Публий. В современной историографии его чаще называют Публием. Неизвестны также точная дата и место рождения Тацита.

Тацит получил риторическое образование в Риме, где его учителями были Марк Апри, Юлий Секунд и, возможно, Квинтилиан. Несмотря на постоянную смену верховной власти в Риме, общественная деятельность Тацита складывалась весьма успешно. Он упрочил свое положение удачной женитьбой на дочери полководца Гнея Юлия Агриколы, отмеченного Веспасианом за победы в Британии. При Домициане Тацит был удостоен сенаторского звания, став претором. В год своей претуры он должен был принимать участие в организации «секулярных игр», празднества, которым император пожелал отметить свое правление. По окончании претуры Тацит находился на государственном посту в одной из провинций, вероятнее всего, расположенной на севере империи, о чем свидетельствует осведомленность историка о состоянии дел в прирейнских областях Германии. При императоре Нерве Тацит стал консулом; при Траяне он получил традиционное для бывшего консула годичное наместничество в провинции Азия. В это время Тациту было немногим более пятидесяти лет. Последующие годы жизни Тацит целиком посвятил литературному труду. На протяжении всей жизни Тацит дружил с Плинием Младшим — одним из виднейших римских интеллектуалов конца I века.

Все дошедшие до нас сочинения Тацита были написаны после смерти Домициана. Это «Диалог об ораторах», «О жизни и характере Юлия Агриколы» («Агрикола»), «О происхождении и положении германцев» («Германия»), «История» и «От кончины божественного Августа» («Анналы»). До нас дошло несколько свидетельств о речах, которые произнес Тацит, ни одна из них не сохранилась, но его взгляды на красноречие нашли отражение в «Диалоге об ораторах». Исследуя причины упадка красноречия, Тацит обращает внимание на изменение его статуса в Риме, исчезновение политических речей и несовершенство школьного образования, отводящего большую часть вре-

мени пустым декламациям. Подлинное красноречие находит почву в гражданских распрях, а не спокойствии государства. Завершает диалог тезис о том, что утрата свободы — плата за восстановление мира. При выборе между Цицероновским классицизмом и азианством Сенеки Тацит предпочитает Цицерона.

В память о своем тесте, умершем в 93 году, Тацит написал биографическое сочинение «Агрикола», в центре которого находится рассказ о римском завоевании Британии. «Германия» — географо-этнографическое сочинение, где Тацит как рассказывает о Германии в целом, так и характеризует отдельные племена. В «Германии» Тацит описывает добродетели германцев и пороки римлян, испорченных благами цивилизации.

Главные труды Тацита относятся к области историографии. «История» состояла из 14 книг, охватывавших период от событий после смерти Нерона до убийства Домициана. «Анналы» состояли из 16 книг, рассказывающих о времени от смерти Августа до Нерона.

Тацит заявлял, что будет писать историю без гнева и пристрастия (*sine ira et studio*); в приведенных им фактах нет оснований сомневаться, но их трактовка не всегда объективна. Тацит писал с морализаторских позиций, главное для него — добродетель (*virtus*) человека, а отсутствие ее — вырождение и упадок. На переднем плане изложения Тацита находится Рим и императорский двор, что дает ему неисчерпаемый источник для изображения пороков и недостатков принцев и их приближенных. К простому народу и неримскому миру он не испытывает ни интереса, ни симпатии. В своих трудах Тацит пользовался как собственными наблюдениями и данными, полученными от очевидцев событий, так и сочинениями предшественников — Плиния Старшего, Фабия Рустика, записки Агриппины Младшей и Домиция Корбулона, протоколы сената и римские хроники.

В эпоху классицизма трагические коллизии произведений Тацита привлекали французских драматургов. Антидеспотическая направленность его трудов в эпоху Просвещения рассматривалась как революционная. В России ей отдали дань декабристы и А. С. Пушкин («Замечания на «Анналы» Тацита»), изучавший исторические сочинения Тацита в период создания «Бориса Годунова». Перевод всех трудов Тацита на русский язык был осуществлен В. И. Модестовым в 1886–1887 годах.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Алексеев Е. В., Николаева А. В.,  
Горшунова К. Д.**

Аргументация подходов к выбору ингредиентов и моделированию рецептуры жирового эмульсионного соуса .....83

**Бахметьев Д. И., Пешко М. С.**

Построение и исследование математической модели процесса регенерации растворителя ...86

**Бахташ К. Н., Абдрахманов У. К.**

Исследование возможности повышения качества бетона введением модифицирующих добавок ... 91

**Бутова С. Н., Рубан Н. В., Гущина А. И.**

Использование инулина в рецептуре сахарного печенья .....94

**Бутова С. Н., Рубан Н. В., Черненко А. А.**

Использование пектина в рецептуре затяжного печенья .....97

**Гетте А. И.**

Энергоэффективность в электрических сетях... 100

**Горбова М. В., Графчикова А. В.,  
Ботянова А. В., Рубан Н. В.**

Уменьшение содержания простых углеводов в бисквитном полуфабрикате ..... 102

**Гулбаев Н. А., Дуйсенов Н. Э., Ахмедов Б. А.,  
Рахманова Г. С.**

Модели систем управления электрическими сетями ..... 105

**Денисенко Т. А., Замышляева В. В., Пожар А. Н.**

Разработка технологии обогащенных кексов с использованием растворимых пищевых волокон ..... 107

**Калыгин Г. О.**

Моделирование длинных последовательностей гармонических сигналов ..... 110

**Каменев А. О.**

Исследование методов, обеспечивающих снижение пожарной опасности, и разработка мер противопожарной защиты нефтеперерабатывающего оборудования..... 113

**Кнох К. В.**

Научно-практическое обоснование использования цитрусового пектина в технологии сладкого соуса..... 114

**Корнилов В. Ю., Хамадеев Р. Р.**

Разработка алгоритма функционирования интеллектуальной системы полного привода автомобиля ..... 117

**Муртазаев А. Х.**

Изучение мирового опыта применения поверхностно-активных веществ для эксплуатации газоконденсатных месторождений ..... 120

**Остапчук А. В.**

Проведение совместного окисления гудрона с остатком висбрекинга ..... 122

**Отаниёзов Ф. И., Дусткобилов А. Б.,  
Муртазаев А. Х.**

Выбор оптимального давления и температуры на первой ступени сепарации при подготовке нефти ..... 125

**Правосуд С. С., Иванов К. А.**

Моделирование отравления ядерного реактора продуктами деления средствами Matlab Simulink..... 127

**Проценко В. А., Ляченков М. А.**

Разработка мер для предотвращения утечек газового топлива при возникновении ДТП с газобаллонными автомобилями ..... 136

**Романов А. С.**

Анализ и классификация известных методов и средств диагностики силовых масляных трансформаторов..... 138

**Рубан Н. В., Графчикова А. В., Ботянова А. В.,  
Горбова М. В.**

Разработка рецептуры мучного кондитерского изделия с пониженным содержанием жира для здорового питания ..... 142

**Сердобинцев Ю. П., Макарова А. А.**

Система автоматического регулирования расхода поливных систем..... 145

<b>Спивак В. С.</b> Методика подсчета характеристик природного газа с учетом увеличения влажносодержания..... 147	<b>Татаркин А. Н.</b> Определение оптимальной концентрации раствора ПАВ при вытеснении нефти..... 158
<b>Степанец В. Г., Герасимова С. А.</b> Основания дорожных одежд из укрепленных грунтов повышенной прочности и морозоустойчивости ..... 148	<b>Татаркин А. Н.</b> Влияние физико-химических свойств нефти на межфазное натяжение при взаимодействии с щелочью..... 161
<b>Татаркин А. Н.</b> Отечественный и зарубежный опыт применения технологии ASP-защиты ..... 154	<b>Толстых В. И., Фрищин В. И.</b> Эффективность проведения операций ГРП на Тагринском месторождении..... 163
<b>Татаркин А. Н.</b> Анализ факторов, влияющих на химическую деструкцию поверхностно-активных веществ в пластовых условиях ..... 156	<b>Шишкин В. Г., Степанов Б. П.</b> Создание учебного многофункционального комплекса средств видеонаблюдения ..... 165
	<b>Шопинский С. Н.</b> Устройство ветроэлектрической установки.... 166

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Аргументация подходов к выбору ингредиентов и моделированию рецептуры жирового эмульсионного соуса

Алексеевко Елена Викторовна, доктор технических наук;  
Николаева Александра Владимировна, студент;  
Горшунова Ксения Дмитриевна, кандидат технических наук  
Московский государственный университет пищевых производств

В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к возрастанию объемов производства эмульсионных жировых продуктов, в том числе соусов. В целом, рынок соусов в России можно охарактеризовать как стабильно развивающийся. По оценкам компании BusinesStat в 2013–2017 гг. предложение соусов на российском рынке ежегодно увеличивалось и в 2017 г достигло 2,40 млн т. Динамика предложения следовала за динамикой спроса. По предварительным прогнозам, предложение будет расти и к 2022 г достигнет 2,58 млн т, что на 7,7% выше аналогичного показателя в 2017 г.

Ориентация общества на принципы здорового питания мотивирует развитие отрасли и выпуск привлекательных для потребителя эмульсионных соусов пониженной энергетической ценности и обогащенных полезными для здоровья человека ингредиентами. Снижение энергетической ценности соусов может быть достигнуто за счет сокращения количества масла, входящего в состав рецептуры, а обогащение продукта незаменимыми компонентами питания, в частности ПНЖК семейств  $\omega$ -3 и  $\omega$ -6 и жирорастворимыми витаминами, — путем модификации липидной компоненты, которое может быть осуществлено на основе купажирования растительных масел [1]. При создании жировой основы, характеризующейся сбалансированным жирно-кислотным составом, отвечающим современным требованиям науки о питании, целесообразным представляется комбинирование растительных масел, являющихся источником жирных кислот, принадлежащим к различным семействам.

Наиболее распространено подсолнечное масло, являющееся источником омега-6 жирных кислот, стабилизирующих обменные процессы в организме. Среди разновидностей омега-6 жирных кислот, наиболее важной является линолевая кислота. Наибольшее ее содержание отмечается именно в подсолнечном

масле (60%). [2] Богаты омега-6 жирными кислотами соевое, горчичное, рапсовое масла (49–17%). Несомненным лидером по содержанию омега-3 жирных кислот является льняное масло (содержание альфа-линоленовой кислоты 57%). Альфа-линоленовая кислота присутствует и в горчичном (12,7%), рапсовом (7,5%) и соевом (4,3%) маслах. Кроме того, растительные масла являются источником жирорастворимых витаминов и, прежде всего, токоферолов.

Важным аспектом при получении эмульсионных продуктов с пониженной калорийностью является стабилизация эмульсии. Для этих целей используют различные стабилизаторы, в качестве которых широко применяют гидроколлоиды из растений и морепродуктов. Именно гидроколлоиды в большой степени обеспечивают формирование заданной консистенции или текстуры пищевого продукта. Применение гидроколлоидов в пищевых продуктах регламентировано требованиями технической и нормативной документации и обусловлено достижением желаемых технологических эффектов, структуры и текстуры продукта. В качестве гидроколлоидов используются различные полисахариды, полученные из природного сырья (камеди, пектины, агар, инулин, крахмал); модифицированные полисахариды (метилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, гидроксипропилцеллюлоза).

По итогам 2017 г. на рынке гидроколлоидов доминируют модифицированные крахмалы (32,3 тыс. т), пектины (3,85 тыс. т) и гуаровая камедь (2,9 тыс. т) [3].

В пищевых системах гидроколлоиды выполняют не только технологические функции, но и являются функциональными пищевыми ингредиентами (пищевыми волокнами), которые способствуют снижению уровня холестерина в крови и нормальному функционированию кишечника, обладают пребиотическим эффектом и проявляют другие полезные для здоровья

человека свойства [4]. Поэтому включение в рецептуру эмульсионного жирового соуса гидроколлоидов позволит получать продукты с функциональной направленностью.

Как уже было отмечено ранее, наибольшей популярностью в пищевой индустрии пользуются крахмалы — одни из самых многофункциональных ингредиентов пищевой промышленности.

Для российской пищевой промышленности основное значение имеет картофельный и кукурузный крахмал. По данным Ассоциации российских производителей крахмалопаточной продукции, основной объём продаж в России приходится на кукурузный крахмал (около 70% от всего объёма продаж крахмалов), около 19% от общего объёма реализуемого крахмала составляет картофельный крахмал [5]. Такая популярность этих двух видов крахмалов обусловлена не только относительной

доступностью сырьевых источников, наличием перерабатывающих производств в России, но и технологическими и пищевыми достоинствами указанных крахмалов.

Общим свойством нативных крахмалов является способность к набуханию в холодной воде, а также, при нагреве, образовывать коллоидные системы (клейстеризация) [6].

Картофельный и кукурузный крахмал, несмотря на схожее химическое строение, ряд общих свойств, существенно отличаются. Отличия наблюдаются и в технологических, и в потребительских свойствах крахмалов.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика картофельного и кукурузного крахмала по основным качественным характеристикам, технологическим и потребительским свойствам [7, 8, 9, 10, 11, 12]

Таблица 1. Сравнительная характеристика свойств нативного картофельного и кукурузного крахмалов

Свойства	Вид крахмала	
	Картофельный	Кукурузный
Качественные характеристики:		
Внешний вид	Однородный порошкообразный продукт	
Цвет	Белый, допускается сероватый оттенок	Белый, допускается желтоватый оттенок
Запах	Характерный, без постороннего запаха	
Массовая доля влаги, %, не более	17–20	14–16
Массовая доля общей золы в пересчете на сухое вещество, %, не более	0,3–1,0	0,2–0,3
Кислотность, в 100 г сухого крахмала, см <sup>3</sup> , не более	6,0–20,0	20,0–25,0
Массовая доля протеина в пересчете на сухое вещество, %, не более	-	0,8–1,0
Содержание диоксида серы (SO <sub>2</sub> ), мг/кг, не более	-	50,0
Количество крапин на 1 дм <sup>2</sup> ровной поверхности крахмала при рассмотрении невооруженным глазом, шт., не более	-	300,0–500,0
Присутствие металломагнитных примесей	Не допускаются	-
Примеси других крахмалов	-	Не допускаются
Технологические свойства		
Размер частиц	Крупный 15–100 мкм	Средний 20–40 мкм
Внешний вид коллоидного раствора	Прозрачный	Мутный
Температура гелеобразования, °С	61–63	67–69
Коэффициент водопоглощения при t=20 °С	1,7	Нет данных
Реологические свойства коллоидной системы	Вязкая, липкая структура	Нежная, текучая структура
Соотношение амилозы/ амилопектина	30/70	20/80
Потребительские свойства:		
Цвет коллоидного раствора	Прозрачный	Мутный
Энергетическая ценность, ккал	325	329
Содержание белка, г	0,1	1,0
Содержание углеводов, г	81,5	85,2
Содержание жира, г	0,03	0,6
Минеральные вещества	0,1	0,07
Гликемический индекс	95	85
Влияние на органолептические свойства пищевого продукта:		
Привкус	Характерный, картофельный	Характерный зерновой, слабо выражен
Цвет	Не изменяет цвет	Может придать нежелательный синий оттенок

Несмотря на характерные особенности, и картофельный, и кукурузный крахмал широко применяются в качестве загустителей и стабилизаторов, в частности в технологии эмульсионных жировых соусов [13].

В настоящее время предметом современных исследований являются модифицированные крахмалы. Существуют различные методы модификации нативных крахмалов: химическая (кислотный, щелочной, окислительный гидролиз), биохимическая (ферментативный гидролиз) модификации, физические воздействия (механические, температурные, ультразвуковые, волновые) [14]. Ассортимент таких полимеров достаточно широк.

Для создания эмульсионных жировых соусов возможно применение как нативных крахмалов (приготовление большинства традиционных соусов осуществляется при нагревании), так и различных модифицированных (существуют соусы, приготовленные так называемым «холодным способом»). Модифицированные крахмалы в виду их улучшенных технологических свойств, в частности увеличенная водопоглотительная и жирудерживающая способности, наиболее перспективны для использования в качестве загустителей и стабилизаторов пищевых эмульсий [15].

В качестве загустителя, помимо крахмалов, используются и различные модификации целлюлозы. В основном используют целлюлозу микрокристаллическую, целлюлозу в порошке, метил- и этилцеллюлозу, гидроксипропил-, гидроксипропилметилцеллюлозу, карбоксиметилцеллюлозу, этилгидроксипропилцеллюлозу, кроскаррамеллоза и др [16].

В настоящее время отмечается повышенный научный интерес в области применения целлюлозосодержащих добавок в составе пищевых систем, в том числе и пищевых эмульсий [17,18,19].

Стоит отметить, что гидроксипропилцеллюлоза (далее — ГЭЦ) по сравнению с другими модификациями целлюлозы, в пищевых продуктах используется достаточно редко, исследования по использованию данного полимера в эмульсионных пищевых системах отсутствуют. Исходя из этого, существуют необходимость в исследованиях такого характера.

ГЭЦ — полимер, принадлежащий к обширной группе водорастворимых эфиров целлюлозы, используемый в качестве загустителя, стабилизатора суспензий и эмульсий, влагоудерживающего агента [20].

В таблице 2 отражены основные качественные показатели ГЭЦ [21]

Таблица 2. Качественные характеристики ГЭЦ

Показатель	Характеристика
Внешний вид	порошок от белого до желтовато-белого цвета
pH	6,0–8,5
Растворимость в воде	Полностью растворим
Массовая доля влаги,%, не более	5
Вязкость 1%-ного раствора, мПа	1000–6400

Таким образом, проведенный анализ позволил аргументированно подойти к выбору ингредиентов для разработки рецептуры жирового эмульсионного соуса. При создании жировой основы целесообразным представляется снижение общего количества и купажирующие растительных масел, имеющих

в своем составе представителей жирных кислот различных семейств, а для обеспечения стабильной эмульсии — применение крахмала в сочетании с модифицированной целлюлозой, что позволит придать продукту не только желаемую консистенцию, но и наделить его полезными свойствами.

Литература:

1. Степичева, Н. В. Купажированные растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом / Н. В. Степичева, А. А. Фудько. — Текст: непосредственный // Химия растительного сырья. — 2011. — № 2. — С. 27–33.
2. Воловик В. Т. Сравнение жирнокислотного состава различных пищевых масел / Воловик В. Т., Леонидова Т. В., Корovina Л. М., Блохина Н. А., Касарина Н. П. — Текст: непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2019. — № 5. — С. 147–152.
3. Койнова, А. Н. Индустрия пищевых добавок: состояние и перспективы развития / А. Н. Койнова. — Текст: непосредственный // Пищевая индустрия. — 2019. — № 3. — С. 36–39.
4. Филлипс, Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс; Пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. — СПб: ГИОРД, 2006. — 536с.
5. Ассоциация российских производителей крахмало-паточной продукции «РОСКРАХМАЛПАТОКА» [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://arpkpp.com/category/ispolzovanie/>, свободный.
6. Потороко, И. Ю. Разработка технологии модификации крахмала. Часть 1. Ультразвуковое воздействие в охлаждающей системе/ И. Ю. Потороко, А. В. Малинин, А. В. Цатуров [и др.] — Текст: непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. — 2018. Т. 6, № 4. — С. 83–92.
7. ГОСТ 32159–2013 Крахмал кукурузный. Общие технические условия; Введ. 2014–07–01. — М: Стандартинформ, 2013. — 7с.
8. ГОСТ Р 53876–2010 Крахмал картофельный. Технические условия; Введ. 2012–01–01. — М: Стандартинформ, 2011. — 7с.

9. Рязанова, О. А. Крахмал и крахмалопродукты/ Рязанова О. А. Текст: непосредственный //Пищевая промышленность.— 2014.— № 2.— С. 76–80.
10. Стоинг/ 100ing- Какой крахмал лучше: картофельный или кукурузный [Электронный ресурс] /.— Электрон. текстовые дан.— Режим доступа: <https://100ing.ru/publication/kakoj-krahmal-luchshe-kartofelnyj-ili-kukuruznyj/>, свободный.
11. Трегубов, Н. Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов. / Н. Н. Трегубов, Е. Я. Жарова, А. И. Жушман, Е. К. Сидорова.— 5-е издание.— М: Легкая и пищевая промышленность, 1981.— 472 с.— Текст: непосредственный.
12. Пушка, О. С. Функционально-технологический потенциал структурообразователей в технологии полуфабрикатов для первых блюд/ О. С. Пушка, А. В. Гавриш, А. В. Немирич [и др.] — Текст: непосредственный //Алматы технологиялық университетінің хабаршысы.— 2016.— № 3.— С. 45–51
13. Югансон, А. А. Использование натуральных загустителей в производстве соусов / А. А. Югансон, О. В. Решетникова.— Текст: непосредственный // В сборнике: IV Лужские научные чтения. Современное научное знание: теория и практика. Материалы международной научно-практической конференции.— 2016.— С. 29–31.
14. Руськина, А. А. Анализ современных способов модификации крахмала как инструмента повышения его технологических свойств/ А. А. Руськина, Н. В. Попова, Н. В. Науменко [и др.] — Текст: непосредственный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии.— 2017.— Том. 5, № 3.— С. 12–20.
15. Жаринов, А. И. Принцип формирования жирудерживающей способности крахмалов/ А. И. Жаринов, В. Н. Писменская, К. Г. Спасский [и др.] — Текст: непосредственный // Всё о мясе.— 2007. № 1.— 9–11с.
16. X-PROD.RU. О продуктах питания, пищевых добавках и других ингредиентах [Электронный ресурс] /.— Электрон. текстовые дан.— Режим доступа: <http://x-prod.ru/>, свободный.
17. Росляков, Ю. Ф. Научные разработки для хлебопекарной и кондитерской промышленности/ Ю. Ф. Росляков, О. Л. Вершинина, В. В. Гончар — Текст: непосредственный // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ».— 2016.— № 14.— С. 350–360.;
18. Коновалов, К. Л. Использование микрокристаллической целлюлозы для стабилизации качественных характеристик мясных продуктов/ К. Л. Коновалов, М. Т. Шулбаева — Текст: непосредственный // Все о мясе.— 2006.— № 1.— С. 18–21.
19. Пищевой эмульсионный жировой продукт: пат на изобретение 2242136 Российская Федерация. № 2003118039 — Паронян В. Х., Восканян О. С., Скрыбина Н. М., Козырина Г. И., Круглов С. В., Комаров А. В., Восканян К. Г.; заявл. 19.06.2003; — опубл. 10.12.2004.— 1 с.
20. Удоратина, Е. В. Синтез и свойства гидроксипропилцеллюлозы и ее модифицирование/ Е. В. Удоратина, Е. Г. Шахматов// В сборнике: НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ Сборник материалов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Сыктывкарского лесного института по итогам научно-исследовательской работы в 2008 году. Ответственный редактор В. В. Жиделева. Ответственная за выпуск А. М. Попова.— 2009.— С. 335–340.
21. ООО «ХимГарантия». Гидроксипропилцеллюлоза [Электронный ресурс]/.— Электрон. текстовые дан.— Режим доступа: <http://himgarant52.ru/Katalog/Gidroksietiltellyuloza>, свободный.

## Построение и исследование математической модели процесса регенерации растворителя

Бахметьев Денис Игоревич, студент магистратуры;  
Пешко Михаил Сергеевич, кандидат технических наук, доцент  
Омский государственный технический университет

**Ключевые слова:** технологический процесс, регенерация растворителя колонна, температура, Matlab.

### Введение

На современных промышленных предприятиях каждый технологический процесс оснащен системой автоматического управления. Для внедрения таких систем необходимо получить использовать модель объекта управления и провести испытания на ней, перед внедрением на производство.

Компьютерное моделирование можно рассматривать как один из самых мощных методов и инструментов познания, ана-

лиза и синтеза, который нам доступен. Идея компьютерного моделирования состоит в замене реального объекта его образом в виде математической модели, разработки соответствующей программы для ЭВМ и проведения машинных экспериментов с целью получения новых знаний об объекте [3]. Одним из таких методов является процедура идентификации.

Процедура идентификации модели порождает следующую естественную логику действия: собрать данные; выбрать множество моделей; выбрать наилучшую в этом множестве модель.

В случае, если в процессе проверки модель не соответствует выбранным критериям точности, все шаги процедуры пересматривают и возвращаются к идентификации [3].

Цель идентификации заключается в том, что на основании наблюдений за входными  $u(t)$  выходным  $y(t)$  сигналами на каком-то отрезке времени определить вид оператора, связывающего входной и выходной теоретический сигналы [1].

Задача идентификации и проектирования модели выполнялась при помощи пакета расширения MATLAB — System Identification Toolbox [2]. Пакет System Identification Toolbox содержит средства для создания математических моделей линейных динамических объектов, на основе наблюдаемых входных/выходных данных [1].

Построение модели по данным наблюдений включает три основных компонента:

- Исходные данные;

- Множество моделей-кандидатов;
- Правило оценки степени соответствия испытываемой модели данным наблюдений [1].

Исходные данные, используемые в данной работе — архивные выгрузки из АСУТП. Для проведения идентификации необходимо проверить исходные данные и исключить недостоверные значения. Недостоверными считаются отсутствующие значения и данные, в которых среднее абсолютное отклонение отличается в три и более раз. Процесс идентификации проводился при помощи разработанных скриптов MATLAB.

### Теория

На рис. 1 представлена технологическая схема процесса регенерации растворителя.

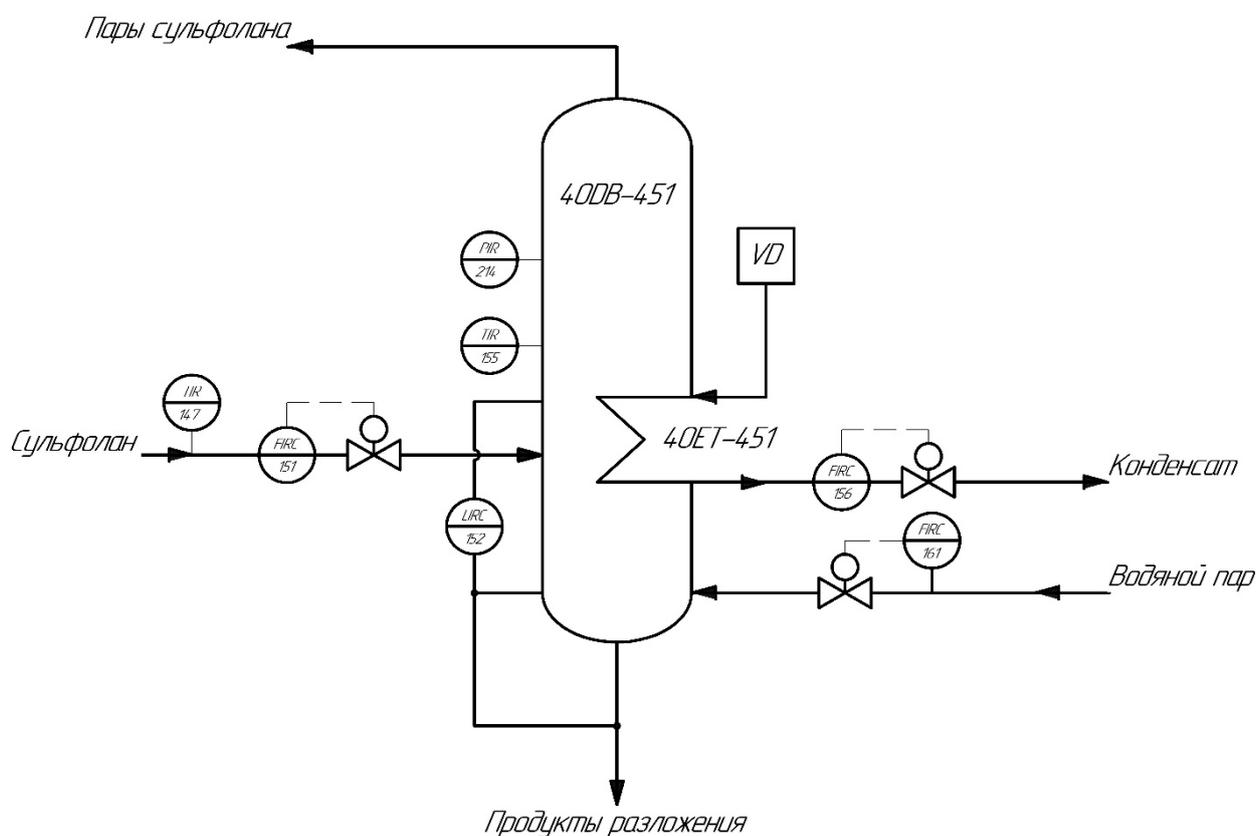


Рис. 1. Технологическая схема процесса регенерации растворителя

Регенерация растворителя или, по-другому, его отпарка происходит при поддержании в колонне определенной температуры для удаления из него продуктов разложения. Постоянство подачи сульфолана в колонну поддерживается клапаном — регулятором FV-151. Отпарка сульфолана осуществляется при температуре 160...175°C. Для снижения температуры отпарки в низ колонны осуществляется подача водяного пара. Тепловой баланс колонны поддерживается подачей пара VD во встроенный в низ колонны кипятильник ЕТ-451. Постоянство подачи тепла в колонну поддерживается клапаном-регулятором FV-156, установленном на выходе конденсата из кипятильника ЕТ-451. Пары регенерированного сульфолана с верха колонны

вместе с водяным паром поступают в нижнюю часть колонны экстракции.

Температура внутри колонны регистрируется и регулируется прибором позиции TIR-155. Регулирование температуры внутри колонны осуществляется с помощью изменения расхода водяного пара вниз колонны клапаном-регулятором FV-161 и изменения расхода пара VD в кипятильник клапаном-регулятором FV-156. Подача пара в колонну предусмотрена по трубопроводу диаметром 200 мм.

После регенерации пары сульфолана с верха колонны уходят на установку экстракции, где повторно используются в технологическом процессе производства ароматики.

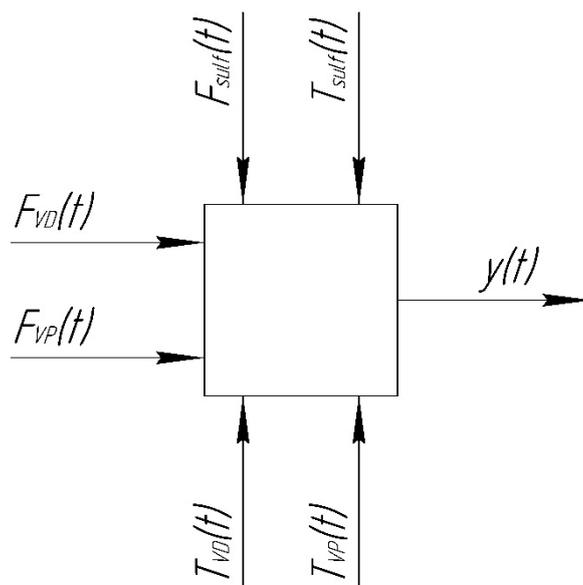


Рис. 2. Структурная схема технологического процесса поддержания температуры

Для получения искомой модели рассмотрим технологические параметры, влияющие на температурный режим колонны (рис. 2).

Всего можно выделить две группы, влияющие на  $y(t)$  — температуру в колонне:

1. Группа сигналов:  $F_{vd}(t)$  и  $F_{vp}(t)$ , которые относятся к управляющим воздействиям. С помощью данных расходов происходит поддержание теплового баланса колонны.

–  $F_{vd}(t)$  — расход охлажденного пара высокого давления в кипятильник;

–  $F_{vp}(t)$  — расход водяного пара вниз колонны.

2. Группа сигналов:  $T_{vd}(t)$ ,  $T_{vp}(t)$ ,  $F_{sulf}(t)$ ,  $T_{sulf}(t)$ , относится к возмущающим воздействиям. Данные технологические параметры непосредственно влияют на поддержание температурного режима в колонне.

–  $T_{vd}(t)$  — температура охлажденного пара высокого давления, поступающего в кипятильник;

–  $T_{vp}(t)$  — температура водяного пара вниз колонны;

–  $F_{sulf}(t)$  — расход загрязненного растворителя — сульфолана;

–  $T_{sulf}(t)$  — температура загрязненного растворителя — сульфолана.

#### Идентификация технологического объекта и построение модели

После построения структурной схемы процесса и анализа возмущающих воздействий необходимо создать модель в среде Matlab/Simulink и затем провести моделирование технологического процесса регенерации растворителя, составив графики переходного процесса свободного движения системы.

В таблице 1 указаны значения параметров, которые были использованы при идентификации и моделировании технологического процесса регенерации растворителя.

Таблица 1. Значения параметров, используемых при моделировании

№ п/п	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	Номер позиции прибора на схеме	Единица измерения	Допускаемые пределы технологических параметров
1	Температура низа колонны регенерации растворителя	TIR-155	°C	160...175
2	Давление (вакуум) верха колонны регенерации растворителя	PIR-214	мм рт.ст.	не более 630
3	Расход подаваемого на регенерацию растворителя	FIRC-151	м <sup>3</sup> /ч	до 15
4	Уровень в колонне регенерации растворителя	LIRC152	%	Не менее 50
5	Температура подаваемого на регенерацию растворителя	TIR147	°C	150...180
6.	Расход подаваемого вниз колонны водяного пара	FIRC161	м <sup>3</sup> /ч	до 38

№ п/п	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	Номер позиции прибора на схеме	Единица измерения	Допускаемые пределы технологических параметров
7.	Температура подаваемого вниз колонны водяного пара	-	°С	135...160
8.	Расход подаваемого в кипятильник пара	FIRC156	м³/ч	до 8
9.	Температура подаваемого в кипятильник пара	-	°С	220...245

Для идентификации был сформирован массив из 15000 значений для каждого параметра технологического процесса. Для получения передаточных функций для каждого из технологических параметров воспользуемся специально написанным скриптом для идентификации моделей технологического процесса. Скрипт работает в следующей последовательности:

1. Исключение недостоверных значений — сильно отклоняющиеся от среднего значения, пустые значения;
2. Фильтрация данных — сглаживает резкие скачки параметра, уровень фильтрации;
3. Подготовка данных к идентификации — задается диапазон данных по которым будет производиться идентификация, диапазон для проверки полученной модели, ограничения на величину коэффициента усиления, постоянной времени, времени запаздывания и степени передаточной функции.
4. Расчет и оценка адекватности модели.

В результате мы получаем передаточную функцию для каждого входного параметра, а также график, на котором видна оценка адекватности получившейся модели. Исходя из оценки адекватности, мы можем принять модель или изменив параметры расчета

попытаться получить модель с большим значением адекватности. Идентификация модели процесса была выполнена при помощи пакета расширения MATLAB — System Identification Toolbox [2].

Структурная схема модели с передаточными функциями построена в среде разработки MATLAB Simulink и представлена на рис. 3 и 4.

В результате идентификации получены передаточные функции модели объекта, указанные в таблице 2.

На рис. 5 и 6 изображены результаты адекватности полученной модели и график изменения температуры в модели полученной с помощью идентификации.

Полученные оценки точности для модели температуры колонны регенерации показывают совпадение с реальным объектом более 80%.

### Вывод

На основании полученной оценки адекватности модели, которая составила более 80%, а также исходя из полученных графиков сравнения выходных значений, например, в момент вре-

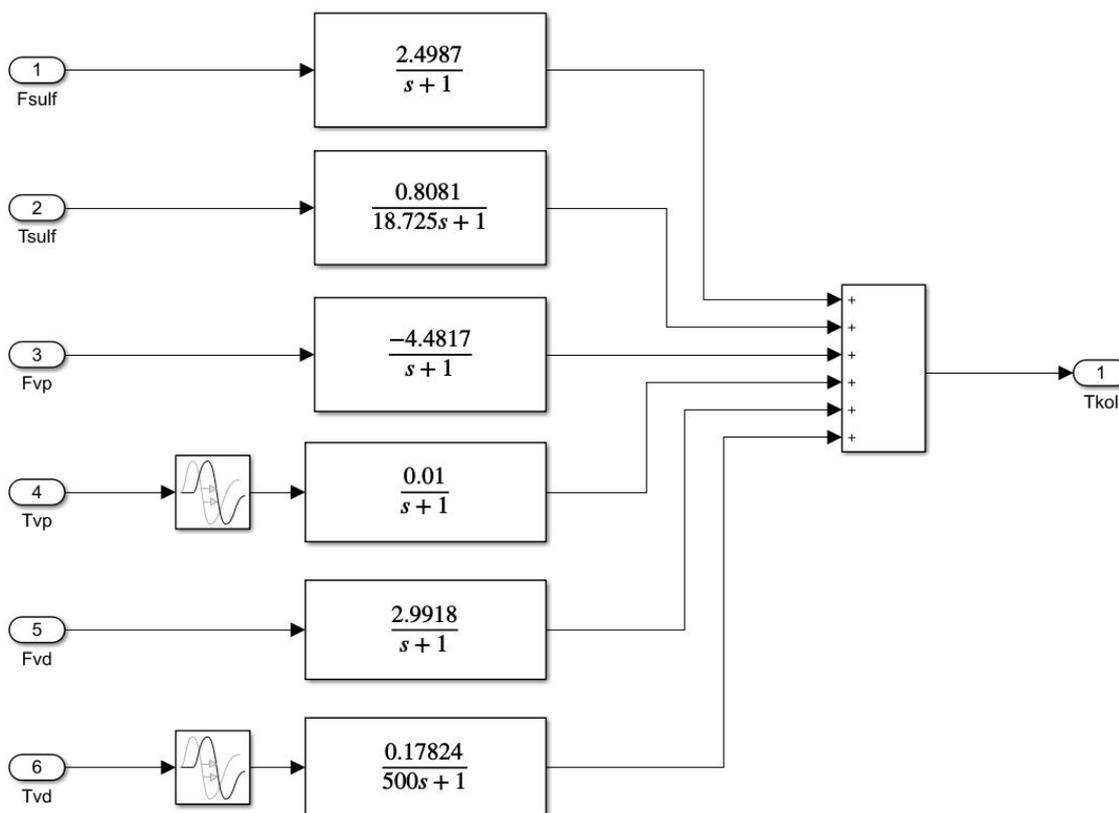


Рис. 3. Структурная схема модели процесса

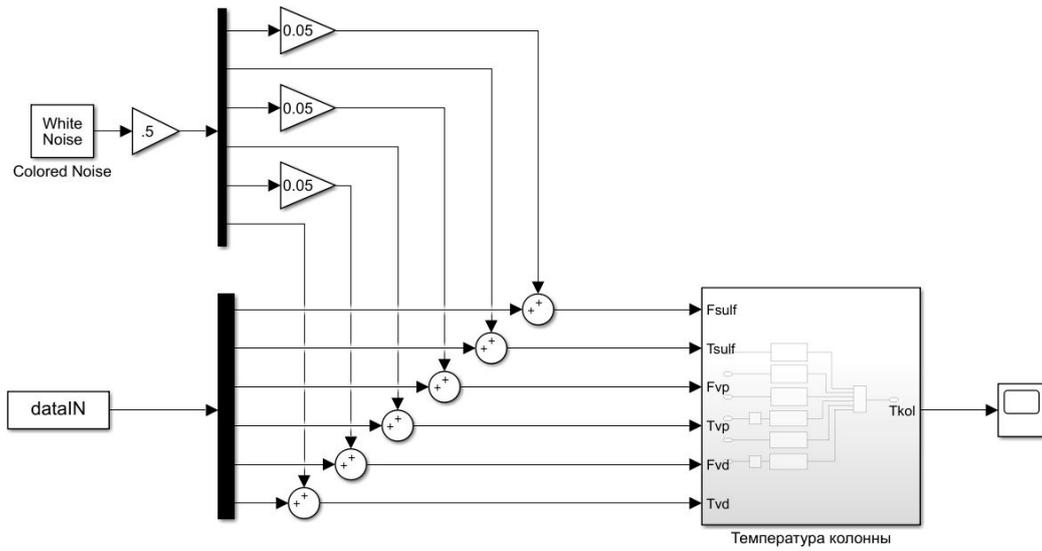


Рис. 4. Упрощенная структурная схема модели процесса

Таблица 2. Передаточные функции модели объекта

	<b>Tkol</b>
<b>FsulF</b>	$G1 = \frac{2.4987}{s+1}$
<b>TsulF</b>	$G2 = \frac{0.8081}{18.725s+1}$
<b>Fvp</b>	$G3 = \frac{-4.4817}{s+1}$
<b>Tvp</b>	$G4 = \frac{0.01 \cdot e^{(-40s)}}{s+1}$
<b>Fvd</b>	$G5 = \frac{2.9918}{s+1}$
<b>Tvd</b>	$G6 = \frac{0.17824}{500s+1} \cdot e^{(-39s)}$

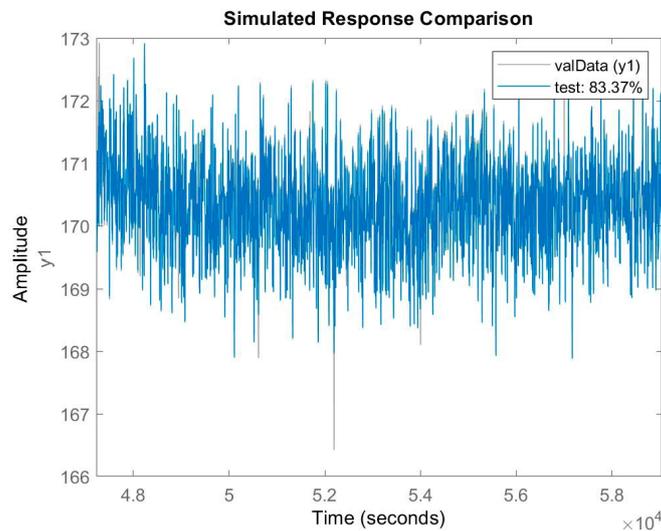


Рис. 5. Оценка адекватности модели

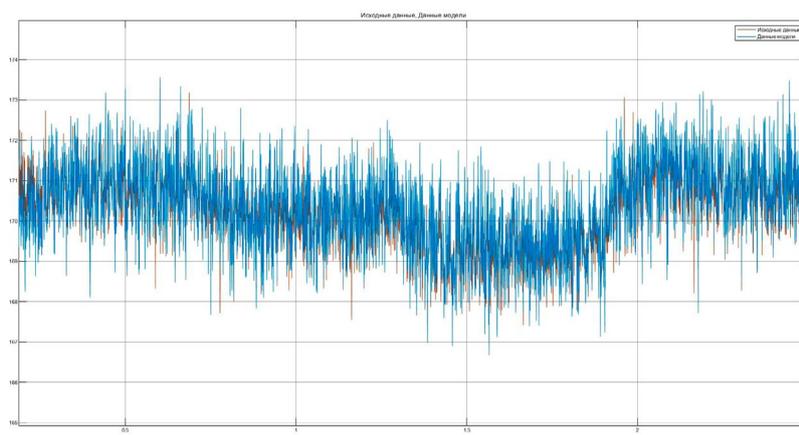


Рис. 6. Сравнение выходных значений модели и исходных данных

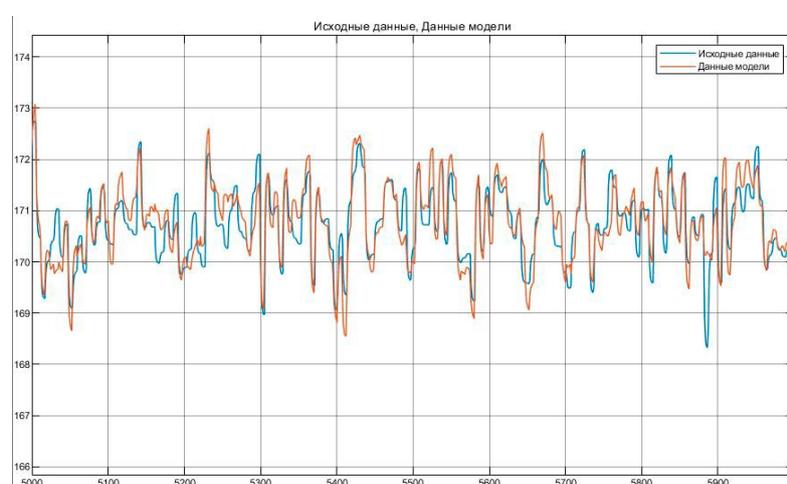


Рис. 7. Сравнение выходных значений модели и исходных данных на интервале времени с 5000 до 6000 секунд

мени 5400 секунд значения температуры модели и исходных данных практически не отличаются, можно сделать вывод, что модель адекватна реальному процессу и применима для дальнейшего моделирования.

Литература:

1. Айнштейн В. Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для вузов. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др. — М. Химия, 1999. — 888 с.
2. Дьяконов В. П. MATLAB6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. М.: Солон-Пресс, 2005. — 576 с.
3. Льюнг. Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ./ Под ред. Я. З. Цыпкина. // — М.: Наука. Гл. ред. Физ.—мат.лит., 1991, — 432 с.

## Исследование возможности повышения качества бетона введением модифицирующих добавок

Бахташ Калел Нуржанулы, студент магистратуры;  
 Абдрахманов Улан Куанышевич, студент магистратуры  
 Казахский национальный университет имени Аль-Фараби (г. Алматы)

В данной статье были проведены исследования по бетону класса В25 с различными модифицирующими добавками. Были приведены 3 вида модифицирующих добавок отечественного производителя и влияние на основные характеристики бетона, не отклоняясь от стандартов, указанных в ГОСТ РК.

**Ключевые слова:** бетон, тяжелый бетон, бетон класса В25, модифицирующие добавки, пластификаторы, бетон марки М350.

Бетоны с классом прочности В25 с модифицирующими добавками применяется для сооружения крупных объектов в частном домостроительстве, так и в промышленном. Данный класс относится к тяжелым бетонам. В качестве вяжущего применяется портландцемент ПЦ400-Д0. Изготовитель ТОО «Кокше-цемент» РК. В качестве модификаторов были выбраны Polymix Plast, SikaPlast 17 и Stachement 99 в разных концентрациях (0,5%, 1%, 1,5%)

Выбор данного класса и марки бетона в качестве объекта для исследования обусловлен широкой потребностью в строительных отраслях страны.

В каждой строительной площадке тяжелый бетон является незаменимым и самым популярным, несмотря на новые открытия строительных материалов [2]. Технические характеристики такие, как прочность и плотность, удобоукладываемость и другие стандарты данных бетонов показывает, что эти классы и марка бетонов универсальны для строительства конструкции разных типов и уровней сложности [3]. Настоящее исследование посвящено в моделировании более оптимальных условий твердения бетонных смесей в естественной среде для улучшения прочностных характеристик широко используемых бетонов класса В25 с модифицирующими добавками и цемента марки М400.

Наиболее эффективно эту задачу можно решить путем выбора добавок из числа предлагаемых. Необходимы корректные сравнительные испытания в бетонах с использованием местной сырьевой базы. Значительную ценность при этом представляет информация, касающаяся кинетики твердения модифицированных бетонов, влияющие на качества бетонирования и темпы строительства. Для достижения желаемого результата при исследовании образцов бетонных смесей должны выполняться все требования по контролю качества бетонов [5].

Постановка настоящего эксперимента является сравнительный анализ кинетики набора прочности тяжелого бетона, модифицированного различными отечественными пластифицирующими добавок.

Для приготовления бетонов М350 в качестве заполнителя использовался:

1. Гранитный щебень для строительных работ фракций от 5 до 10 мм ГОСТ 30108–94
2. Песок природный для строительных работ средней крупности. ГОСТ 30108–94

Изготовитель ТОО «Озентас» РК, Алматинская область, Талгарский район, село Актас.

3. Портландцемент ПЦ400-Д0 ГОСТ 10178–85

Изготовитель ТОО «Кокше-цемент» РК, Акмолинская область, район Биржан сал, село Заозерное, улица Школьная № 56.

Образцы класса В25 заливали в железные и пластиковые формы 150x150x150, соответствующие стандарту. В соответствии с требованиями ГОСТ 10181–2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний» производят оценку подвижности бетонной смеси. «Готовую бетонную смесь для определения ее подвижности загружаем в стандартный конус, установленный на металлический поддон. Перед испытанием конус и все приспособления очищаем и протираем влажной тканью. Загрузку бетонной смесью производим в три слоя, штыкуя каждый слой 25 раз. Конус во время наполнения должен быть плотно прижат к поддону. После уплотняем бетонную смесь, ее избыток срезаем вровень с верхним краем конуса» [3].

Далее конус плавно снимаем с бетонной смеси и ставят рядом с ней.

Приготовить бетонную смесь модифицированного состава в таблице 1.

Таблица 1

Партии№	Контроль	1	2	3
Единица измерений		Кг/м3		
В/Ц		0,4		
Цемент М400	400	350	350	350
Вода	160	120	120	120
Песок	600		600	
Щебень	1200		1200	
3 вида пластификатора	-	0,5%	1%	1,5%

Таблица 2

Наименование	Осадка конуса, см		
	0,5%	1%	1,5%
Контроль		5	
Polymix Plast	10	12	15
Sikaplast 17	11	12	14
Stachement 99	11	13	15

Для определения подвижности бетона от вида пластификатора были изготовлены бетонные образцы партий 1–3, 4–6 и 7–9. В бетонах партий 1–3, в качестве модификатора использовался Polymix Plast (0,5%, 1% и 1,5%) от массы цемента. Составы бетонных партий 4–6 использовался SikaPlast 17 (0,5%, 1% и 1,5%) и соответственно партий 7–9 модификатор Stachement

99 (0,5%, 1% и 1,5%). и измерили расстояние от нижней грани линейки до верха бетонной смеси.

Осадка конуса из бетонной смеси показало следующие результаты (таблица 2):

Влияние модификаторов на характеристики бетонов класса В25 с разными концентрациями (таблица 3).

Таблица 3

Наименование	% от массы цемента	В/Ц	Средний предел прочности сжатия, мПа в возрасте суток		
			7	14	28
Контроль	-	0,4	8.94	15.14	23.74
Polymix Plast	0.5	0,4	19.04	23.74	30.24
	1	0,4	16.74	27.34	32.74
	1.5	0,4	8.04	22.54	30.14
Sikaplast 17	0.5	0.4	12.14	24.04	32.54
	1	0.4	8.14	23.14	34.024
	1.5	0.4	10.04	27.74	37.74
Stachement 99	0.5	0.4	7.94	25.54	30.74
	1	0.4	11.94	24.64	40.74
	1.5	0.4	17.64	25.44	34.04

Анализ результатов показывает, что присутствие пластификаторов в бетоне позволяет снизить водопотребность смеси на 7,8–17,6% в сравнении с бездобавочным составом при условии сохранения равноподвижности. Установлено, что наибольшим водоредуцирующим эффектом обладает добавка «Stachement 99» (составы № 7, 8, 9)

В результате проведенных экспериментов было проведено сравнительные работы по ГОСТ РК. Приведено влияние суперпластификатора Polymix Plast на кинетику роста прочности бетона. Данный вид модификатора представляет собой комплексную добавку полимеркарбокситалэфринных полимеров. Исследования показали, что применение добавки Polymix Plast значительно повышает прочность бетона. Наблюдается увеличение прочности составов с содержанием добавки Polymix Plast 1% в сравнении с контрольным составом без модификаторов на 7-е сутки, на 37% и на 25% на 28-е сутки. В возрасте 28 суток бетон этого состава показал прочность 32,74 мПа, что соответствует классу бетона В25. Дальнейшее увеличение дозировки Polymix Plast ведет к снижению проектной прочности и к замедлению кинетики роста прочности.

Зависимости прочности бетона при использовании суперпластификатора SikaPlast 17. Установлено, что его введение в бетонную смесь увеличивает прочностные характеристики тяжелого бетона. Показатели прочности бетона при расходе добавки SikaPlast 17 0,5–1% практически не отличаются друг от друга и ведут к увеличению проектной прочности до 22% (составы № 4, 5).

Исследования показали, что введение в состав бетона в количестве 0,5% и 1,5% от массы цемента (составы № 7 и 9) увеличивает прочность бетона в среднем на 20%. В то же время при содержании в бетоне добавки Stachement 99 в количестве 1% (состав № 8) был получен бетон, который показал в возрасте 28 суток прочность при сжатии 40,74 МПа, что больше на 47% в сравнении с бездобавочным составом.

### Выводы

1. Исследованиями установлено, что при сохранении подвижности бетонной смеси (ПЗ) модификаторы снижают водопотребность тяжелого бетона в среднем на 17%.
2. Добавка Polymix Plast проявила себя как ускоряющая твердение бетона. В возрасте 3 дней добавка Polymix Plast увеличила прочность контрольных составов на 35,5%.
3. Прочность бетона под влиянием добавки SikaPlast 17 в возрасте 3 дней практически не изменилась. В процессе дальнейшего твердения наблюдается интенсивный рост прочности всех составов модифицированных бетонов в сравнении с контрольными составами.
4. Установлены рациональные дозировки суперпластификаторов для получения максимальных значений ранней и проектной прочности бетонов.

### Литература:

1. Ахметов, Д. А., Роот Е. Н. Опыт применения самоуплотняющихся бетонов в строительной индустрии Республики Казахстан // Молодой ученый. — 2017. — № 48 (182). — С. 11–14.
2. Khalaf M.A.; Ban C. S.; Ramli M. The constituents, properties and application of heavyweight concrete: A review// Construction and building materials. —2019. — Vol. 215. —P. 73–89. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.04.146
3. ГОСТ 26633–2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

4. Bauchkar S. D., Chore H.S. Effect of PCE superplasticizers on rheological and strength properties of high strength self-consolidating concrete //Journal Citation Reports: Advances in concrete construction.— 2018.— Vol. 6, № 6.—P. 561–583. DOI: 10.12989/acc.2018.6.6.561
5. Бербекоев, Ж. В. Неразрушающие методы контроля прочности бетона // Молодой ученый.— 2012.— № 11 (46).— С. 20–23.
6. Сленьков В. А., Минаков Ю. А., Кононова О. В., Анисимов С. Н., Смирнов А. О., Лешканов А. Ю. Эффективность применения пластифицирующих добавок в производстве тяжелого бетона // Современные проблемы науки и образования.— 2015.— № 2–1.;

## Использование инулина в рецептуре сахарного печенья

Бутова Светлана Николаевна, доктор биологических наук, профессор;  
 Рубан Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
 Гущина Анастасия Игоревна, магистр  
 Московский государственный университет пищевых производств

*В статье приведены результаты исследований влияния инулина «Now food» на качество готового мелкоштучного кондитерского изделия, сахарного печенья. В ходе работы было изучено влияние инулина на органолептические и физико-химические показатели печенья. Благодаря своим полезным свойствам, инулин активно используют в кондитерской промышленности, в косметологии, а также в фармацевтике. По результатам исследования можно сделать вывод, что использование инулина в качестве пищевой добавки дает положительные эффекты для достижения необходимой текстуры и стабильности, для уменьшения энергетической ценности в сахарном печенье.*

**Ключевые слова:** инулин, сахарное печенье, органолептические, физико-химические свойства.

## Use of inulin in the recipe of sugar biscuit

Butova Svetlana Nikolaevna, doctor of biological sciences, professor;  
 Ruban Natalia Viktorovna, candidate of technical sciences, associate professor;  
 Guschina Anastasija Igorevna, master  
 Moscow State University of Food Production

*The article presents the results of studies of the effect of inulin «Now food» on the quality of the finished small-sized confectionery, sugar cookies. In the course of the work, the effect of inulin on the organoleptic and physico-chemical parameters of cookies was studied. Due to its beneficial properties, inulin is actively used in the confectionery industry, in cosmetology, as well as in pharmaceuticals. According to the results of the study, it can be concluded that the use of inulin as a food additive gives positive effects to achieve the necessary texture and stability, to reduce the energy value in sugar cookies.*

**Key words:** inulin, sugar cookies, organoleptic, physicochemical properties.

**И**нулин — это фруктоолигосахарид (ФОС), получаемый из корней цикория и других растений. Имеет сладкий вкус,

хорошо растворяется в горячей воде, может служить заменителем сахара [2].

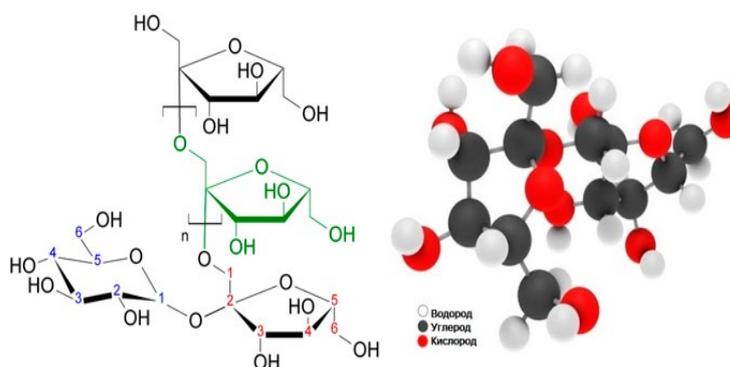


Рис. 1. Структурная формула и 3d-модель молекулы инулина

Инулин относится к фруктанам, которые являются линейными или разветвленными углеводами, полученными из сахарозы. На основании структурных различий выделяют три типа фруктанов: инулин (связь  $\beta 2 \rightarrow 1$ ), леван (связь  $\beta 2 \rightarrow 6$ ) и граминан (связи  $\beta 2 \rightarrow 1$  и  $\beta 2 \rightarrow 6$ ). Длина цепи растительных фруктанов, определяемая степенью полимеризации — DP (Degree of Polymerization) является переменной. Инулины — линейные фруктановые полимеры, имеющие концевой глюкозный остаток и —  $\beta 2 \rightarrow 1$  гликозидные связи. Наибольший потенциал применения инулина и других фруктанов имеют в пищевой промышленности. Инулин обладает уникальными физиологическими свойствами, поэтому его все чаще используют, как функциональный ингредиент продуктов питания. В США в среднем один человек потребляет 2,6 г инулина в день, в Европе существенно выше: 3–11 г. Однако даже европейская диета не всегда достигает потребности человека в инулине — от 10 до 20 г в день. Таким образом, в мире имеется огромный потенциал для увеличения производства и потребления инулина [4].

Известно, что потребление инулина с пищей обеспечивает создание оптимальных условий для роста и развития нормальной микрофлоры кишечника; профилактику зоба; повышенную устойчивость к бактериальным и вирусным инфекциям пищеварительной системы. Инулин способствует нормализации обмена веществ: в отличие от неиспользованных молекул глюкозы, которые в итоге превращаются в продукты жирового обмена, фруктоза используется организмом полностью, предотвращая развитие ожирения и атеросклероза сосудов. Потребление инулина также способствует снижению массы тела через активацию процесса удаления жира, связанного с процессами переваривания глюкозы; нормализации уровня сахара в крови. Фруктоза гораздо легче усваивается организмом, чем глюкоза. Также инулин способствует синтезу гликогена путем улучшения утилизации глюкозы, что обеспечивает более высокий уровень энергетического обмена. Кроме того, за счет улучшения утилизации глюкозы происходит стимуляция синтеза белка, холестерина и желчных кислот. Также инулин значительно облегчает работу печени, так как удаляет токсичные вещества из кишечника и крови [1]. Полезный для человека и животных эффект инулина объясняется их способностью стимулировать рост и размножение полезных кишечных бактерий, функционированием в качестве сигнальных молекул, а также нейтрализацией активных форм кислорода. Например, инулин артишока способствовал поддержанию роста пяти видов *Lactobacillus* и четырех видов *Bifidobacterium*. Цикорийный инулин в количестве 10–12 г в сутки улучшает стул у людей, страдающих запорами, и авторы объясняют этот эффект влиянием на кишечную микрофлору.

Являясь сорбентом, инулин адсорбирует на себе различные экзо- и эндотоксиканты (тяжелые металлы, канцерогенные субстанции, тяжелые металлы, токсины микроорганизмов, радионуклиды) и выводит их из организма, способствуя очистке не только ЖКТ, но и всего организма. Инулин усваивается и гидролизуется полностью кишечной микрофлорой, главным образом бифидобактериями. Способствуя размножению полезной микрофлоры, инулин усиливает колонизационную резистентность (т.е. препятствует размножению патогенных микроор-

ганизмов) и детоксикационные функции микрофлоры, а также её способность поддерживать все виды обмена веществ в организме, особенно углеводный и липидный метаболизм, и все функции ЖКТ (моторную, секреторную, всасывательную, экскреторную, эндокринную, иммунную) [3].

Целью исследования явилось проанализировать влияние различных уровней добавления инулина на текстурные свойства теста, показатели качества и вкусовые характеристики печенья.

*Способ внесения инулина:* в естественном виде в мучную смесь.

*Дозировка* составляла 0,1–1% от массы готового изделия в рецептуру сахарного печенья. Следовательно, 11 пробных выпечек с различными концентрациями инулина.

### Исследование текстурных свойств теста

Было проведено исследование текстуры теста контрольного образца и образцов с различными концентрациями инулина. При внесении данной добавки до 0,2% текстура теста оставалась неизменной. При внесении 0,3–0,7% тесто приобретало более пластичную структуру. При добавлении 0,8–1% помимо эластичности тесто становилось более пластичным, легко принимало форму и не имело рассыпчатую структуру. Таким образом, внесение инулина от 0,8–1% положительно меняет структуру теста печенья.

### Исследование физико-химических свойств готового изделия

Исследовали влияние инулина на показатели качества сахарного печенья, такие как влажность, щелочность и намокаемость.

Исходя из исследований физико-химических показателей готового сахарного печенья с внесением инулина, ни один показатель не превышал предельно допустимую влажность, намокаемость и щелочность. Дозировка 1% была максимально приближена к контрольным показателям и отвечала нормам по всем требованиям.

### Исследование органолептических свойств готового изделия

Из рисунка 5 видно, что при внесении 1% инулина значительно увеличивается аромат и вкус готового печенья. Так же улучшается структура изделия. Была проведена органолептическая оценка качества сахарного печенья образцов с выбранной концентрацией инулина балльным методом на основании дегустации 11 человек. Результаты дегустации экспериментальных образцов печенья представлены в таблице 1.

### Результаты исследований

В результате проведенной работы было изучено влияние инулина, при внесении его от 0,1–1% в рецептуру сахарного печенья. По результатам органолептических и физико-химических исследований, была выбрана наилучшая концентрация,

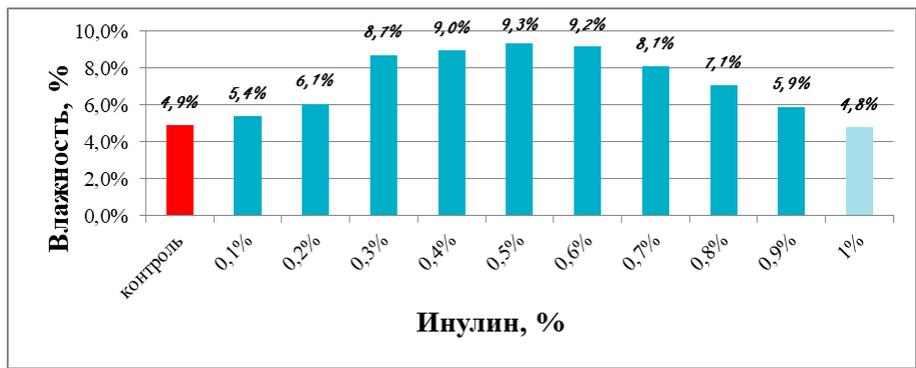


Рис. 2. Показатель влажности сахарного печенья с внесением инулина до 1% от массы готового изделия

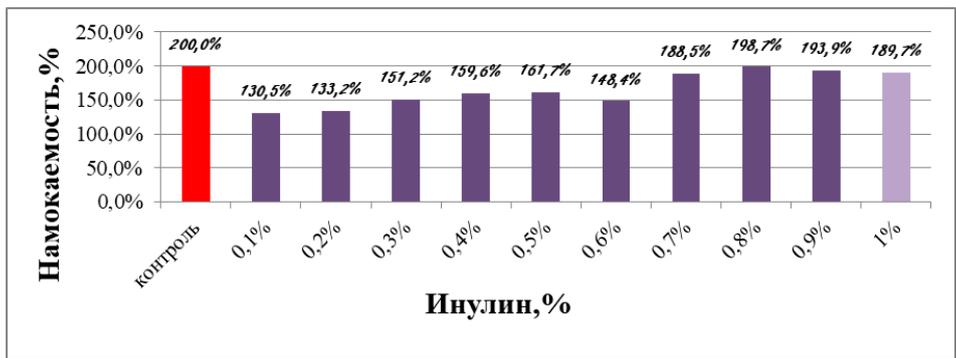


Рис. 3. Показатель намокаемости сахарного печенья с внесением инулина до 1% от массы готового изделия

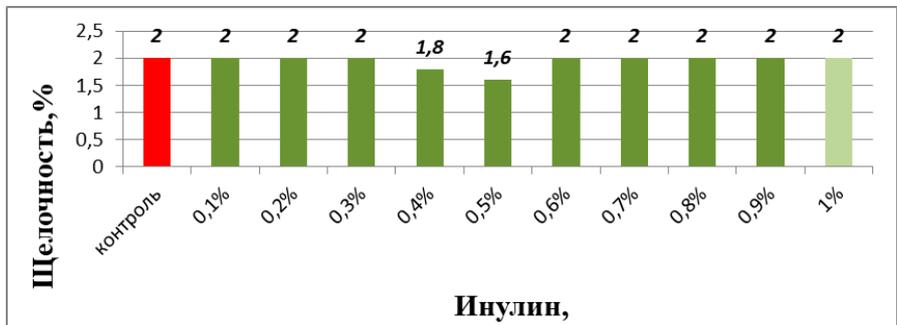


Рис. 4. Показатель щелочности сахарного печенья с внесением инулина до 1% от массы готового изделия

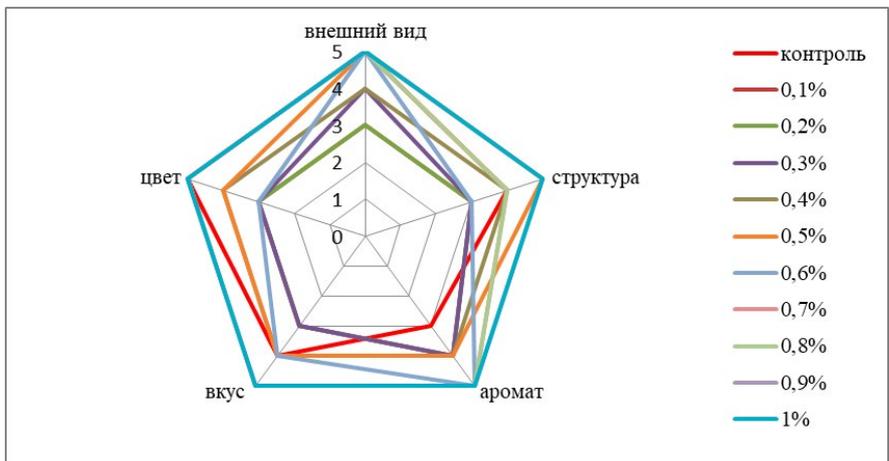


Рис. 5. Профилограмма органолептических показателей сахарного печенья с различными концентрациями инулина

которая составила 1%. Исследования показали, что использование данной дозировки, как пищевой добавки, никак не ухудшает показатели качества, а наоборот позволяет улучшить вку-

совые и внешние параметры готового изделия. Это позволяет говорить о целесообразности применения инулина в мучных кондитерских изделиях.

#### Литература:

1. Ипатова, Л. Г. Научное обоснование и практические аспекты применения пищевых волокон при разработке функциональных пищевых продуктов: дис. на соиск. уч. степ. доктора. технич. наук. / Л. Г. Ипатова — 2011. — 462 с.
2. Ипатова, Л. Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / Л. Г. Ипатова, [и др.] // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. — 2004. — № 1. — С. 14.
3. Нечаев, А. П. Пищевые добавки и улучшители: учебное пособие для магистров направления подготовки 19.04.02 «Продукты питания из растительного сырья» / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, С. Н. Бутова — М.: МГУПП. — 2018. — 99 с.
4. Сербаяева, Э. Р. Инулин: природные источники, особенности метаболизма в растениях и практическое применение / Э. Р. Сербаяева, А. Б. Якупова, Ю. Р. Магасумова, К. А. Фархутдинова, Г. Р. Ахметова, Б. Р. Кулуев // Биомика. — 2020. — Том 12 № 1, 57–79.

## Использование пектина в рецептуре затяжного печенья

Бутова Светлана Николаевна, доктор биологических наук, профессор;  
Рубан Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
Черненко Александра Александровна, студент магистратуры  
Московский государственный университет пищевых производств

*В данной статье приведены результаты исследований влияния яблочного пектина на качество готового мелкоштучного кондитерского изделия, затяжного печенья. В ходе работы было изучено влияние пектина на органолептические и физико-химические показатели печенья. Благодаря своим полезным свойствам, пектин широко используют в кондитерской промышленности, в производстве молочных продуктов, а также кетчупа и майонеза. По результатам исследования можно сделать вывод, что использование пектина в качестве пищевой добавки дает положительные эффекты для достижения необходимой текстуры и стабильности, для уменьшения энергетической ценности в затяжном печенье.*

**Ключевые слова:** пектин, затяжное печенье, физико-химические свойства, органолептические свойства.

## Use of pectin in the recipe of a long biscuit

Butova Svetlana Nikolaevna, doctor of biological sciences, professor;  
Ruban Natalia Viktorovna, candidate of technical sciences, associate professor;  
Chernenko Aleksandra Aleksandrovna, student  
Moscow State University of Food Production

*This article presents the results of studies of the influence of apple pectin on the quality of the finished small-sized confectionery, lingering cookies. In the course of the work, the effect of pectin on the organoleptic and physico-chemical characteristics of cookies was studied. Due to its beneficial properties, pectin is widely used in the confectionery industry, in the production of dairy products, as well as ketchup and mayonnaise. According to the results of the study, it can be concluded that the use of pectin as a food additive gives positive effects to achieve the necessary texture and stability, to reduce the energy value in long cookies.*

**Key words:** pectin, protracted cookies, physicochemical properties, organoleptic properties.

**П**ектин — полисахарид (высокомолекулярный углевод). Полисахариды, присутствующие в пищевых продуктах, выполняют важную функцию, которая заключается в обеспечении их качества и текстуры: твердости, хрупкости, плотности, загустения, вязкости, липкости, гелеобразующей способности, ощущения во рту. Именно благодаря полисахаридам образуется структура пищевого продукта мягкая или хрупкая, плотная или желеобразная.

Как и некоторые другие вещества (кукурузный крахмал, желатин), пектин в небольших количествах сгущает смеси, а в больших количествах желатинизирует.

Пектин является гелеобразователем, стабилизатором, загустителем, влагоудерживающим агентом, осветлителем, веществом, облегчающим фильтрацию и средством для капсулирования, зарегистрирован в качестве пищевой добавки E440.

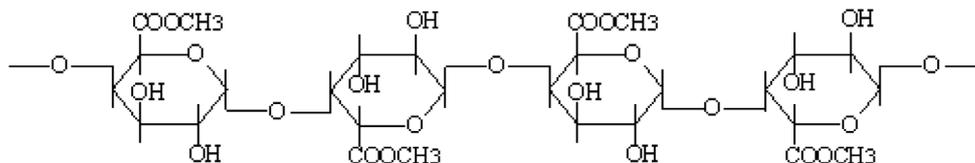


Рис. 1. Структурная формула молекулы пектина

Пектин полезен для организма тем, что нормализует обмен веществ, снижает уровень холестерина. Также, попадая в желудочно-кишечный тракт, пектин образует гели. При разбухании масса пектина обезвоживает пищеварительный канал и, продвигаясь по кишечнику, захватывает токсичные вещества [4].

Ранее проводились исследования по разработке функциональных продуктов с добавлением «Биопектина», а также по использованию пектолитических ферментов в технологии плодово-ягодных соков [1,2].

Целью исследования явилось проанализировать влияние различных уровней добавления пектина на текстурные свойства теста, показатели качества и вкусовые характеристики печенья.

*Способ внесения пектина:* в естественном виде в мучную смесь.  
*Дозировка* составляла 0,1–1% от массы готового изделия в рецептуру затяжного печенья. Следовательно, 11 пробных выпечек с различными концентрациями пектина.

Для исследования вносили пектин в концентрации от 0,1–1% от массы готового изделия в рецептуру затяжного печенья.

### Исследование физико-химических свойств готового изделия

Исследовали влияние пектина на показатели качества затяжного печенья, такие как влажность, щелочность и намокаемость.



Рис. 2. Показатель влажности затяжного печенья с внесением пектина до 1% от массы готового изделия



Рис. 3. Показатель намокаемости затяжного печенья с внесением пектина до 1% от массы готового изделия

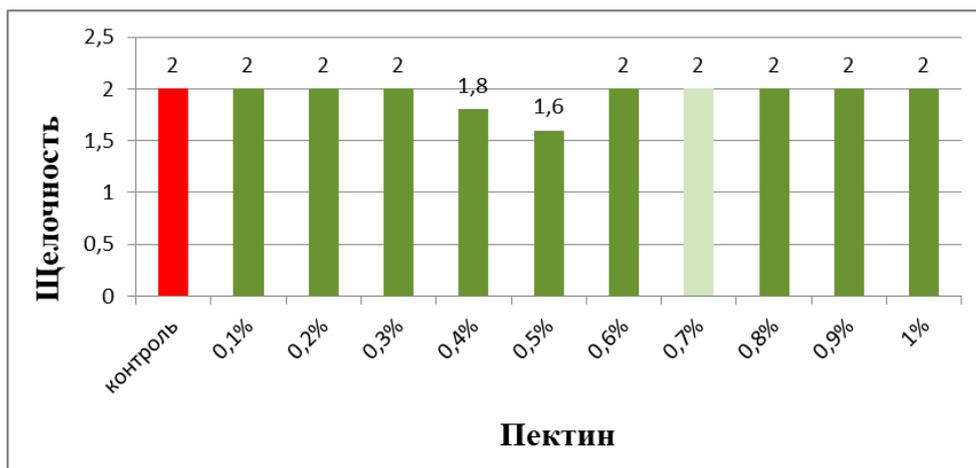


Рис. 4. Показатель щелочности затяжного печенья с внесением пектина до 1% от массы готового изделия

Исходя из исследований физико-химических показателей готового затяжного печенья с внесением пектина, дозировка 0,8% была максимально приближена к контрольным показателям и отвечала нормам по всем показателям.

**Исследование органолептических свойств готового изделия**

Из данной профилограммы видно, что при внесении 0,8% пектина значительно увеличивается аромат и вкус готового печенья. Так же улучшается структура изделия.

Была проведена органолептическая оценка качества затяжного печенья образцов с выбранной концентрацией пектина балльным методом на основании дегустации 12 человек.

Результаты дегустации экспериментальных образцов печенья представлены в таблице 1.

**Результаты исследований**

В результате проведенной работы было изучено влияние пектина, при внесении его от 0,1–1% в рецептуру затяжного печенья. По результатам органолептических и физико-химических исследований, была выбрана наилучшая концентрация, которая составила 0,8%. Исследования показали, что использование данной дозировки, как пищевой добавки, никак не ухудшает показатели качества, а наоборот позволяет улучшить вкусовые и внешние параметры готового изделия. Это позволяет говорить о целесообразности применения пектина в мучных кондитерских изделия, таких как печенье.

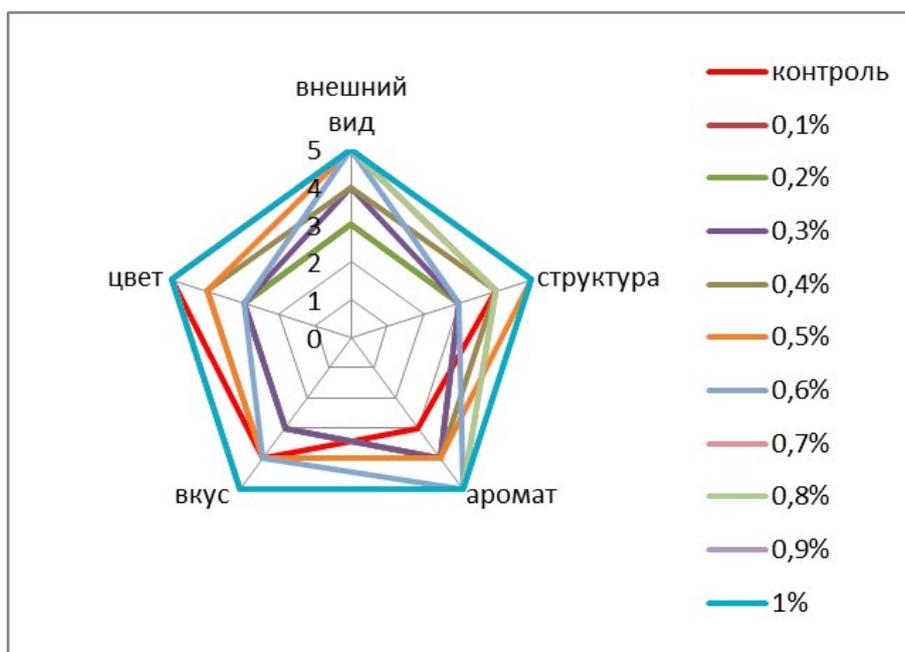


Рис. 5. Профилограмма органолептических показателей затяжного печенья с различными концентрациями пектина

Таблица 1. Органолептические показатели

Показатель качества	Коэффициент значимости	Число степеней качества	Высшая оценка	Оценки, баллы	
				Контроль	Затяжное с 0,8% пектина
Вкус и аромат	4	3	12	8	12
Структура и консистенция	3	3	9	9	9
Цвет и внешний вид	2	3	6	6	6
Форма	1	3	3	3	3
Суммарная оценка			30	26	30

## Литература:

1. Бутова, С. Н. Использование биологически активной добавки «Биопектин» в технологии функциональных продуктов / С. Н. Бутова, В. В. Рылков — М.: Пищевая промышленность. — 2018. — № 6. — с. 11–13.
2. Бутова, С. Н. Усовершенствование технологии плодово-ягодных соков с использованием пектолитических ферментов / С. Н. Бутова, Е. Р. Вольнова, Ю. В. Николаева, Я. Едличкова — М.: Health, Food & Biotechnology. — 2020. — № 1. — с. 17.
3. Драгилев, А. И. Основы кондитерского производства. — 2-е издание, дополненное и переработанное / А. И. Драгилев, Г. А. Маршалкин — М.: ДеЛи Принт, 2005. — 532 с.
4. Ипатова, Л. Г. Физиологические и технологические аспекты применения пищевых волокон / Л. Г. Ипатова, [и др.] // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. — 2004. — № 1. — С. 14.

## Энергоэффективность в электрических сетях

Гетте Алексей Иванович, студент

Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (г. Кемерово)

*На сегодняшний день присутствует целое множество факторов, заставляющих задуматься о сокращении энергопотребления. Наиболее значимой проблемой, влияющей на образование данных факторов, является рост цен на энергоносители, а также увеличивающаяся социальная необходимость с целью охраны окружающей среды. Некоторые страны современного мира усиливают кампании, предназначенные с целью снижения потребления энергии, а также вводят законодательные регуляторы для контроля их выполнения. Основной целью данной статьи является изучение энергоэффективности в электрических сетях.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, электрические сети, энергоносители, необходимость, потребление, регуляторы.

Повышение энергоэффективности является целевой задачей в современном мире как для российской, так и международной экономической политики.

Данная задача является особенно актуальной для отечественных электросетей. Для подтверждения данного факта необходимо отметить, что, начиная с 1990-х годов по сегодняшний день, потери электрической энергии при передаче посредством сетей выросли в 1,5 раза. Параллельно с этим, эффективность использования капиталовложений упала в 2,5 раза. Поддержка технического состояния электрических сетей является стратегической задачей на сегодняшний день [3].

Решение указанных задач по энергоэффективности и энергосбережению возможно за счет следующих факторов, указанных на рис. 1.

С точки зрения надежности по данным НТЦ «Электроэнергетики» за 11 лет наблюдений за ЛЭП 110–750 кВ более половины технологических сбоев в электросетях приходится на провода [4].

Следовательно, повышение надежности проводов существенно повысит надежность самих сетей. Проблема надежности линий электропередачи усугубляется тем, что в последние годы при возрастающем энергопотреблении (что естественно для страны с развивающейся экономикой) старение сетей и оборудования будет происходить интенсивнее, а, значит, без полномасштабной модернизации эти проблемы могут перерасти в энергетический коллапс.

С целью внедрения энергоэффективных инновационных решений в рамках модернизации электроэнергетики необходимо решить следующие задачи, указанные на рис. 2:

Проблему повышения пропускной способности электросетей также можно эффективно решать с помощью замены проводов ЛЭП.

Использование проводов нового поколения позволяет решить основные задачи электросетевого комплекса, связанные с повышением надежности, бесперебойным электроснабжением, снижением потерь и увеличением пропускной способности.

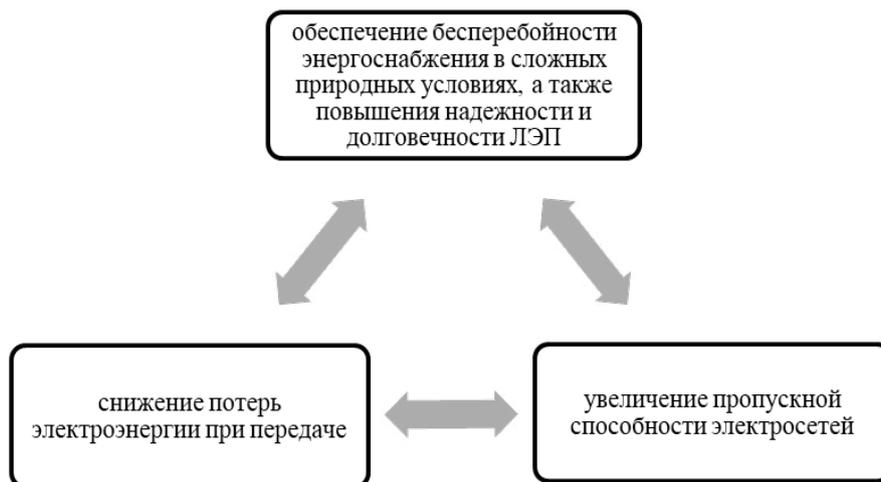


Рис. 1. Факторы для решения указанных задач по энергоэффективности и энергосбережению

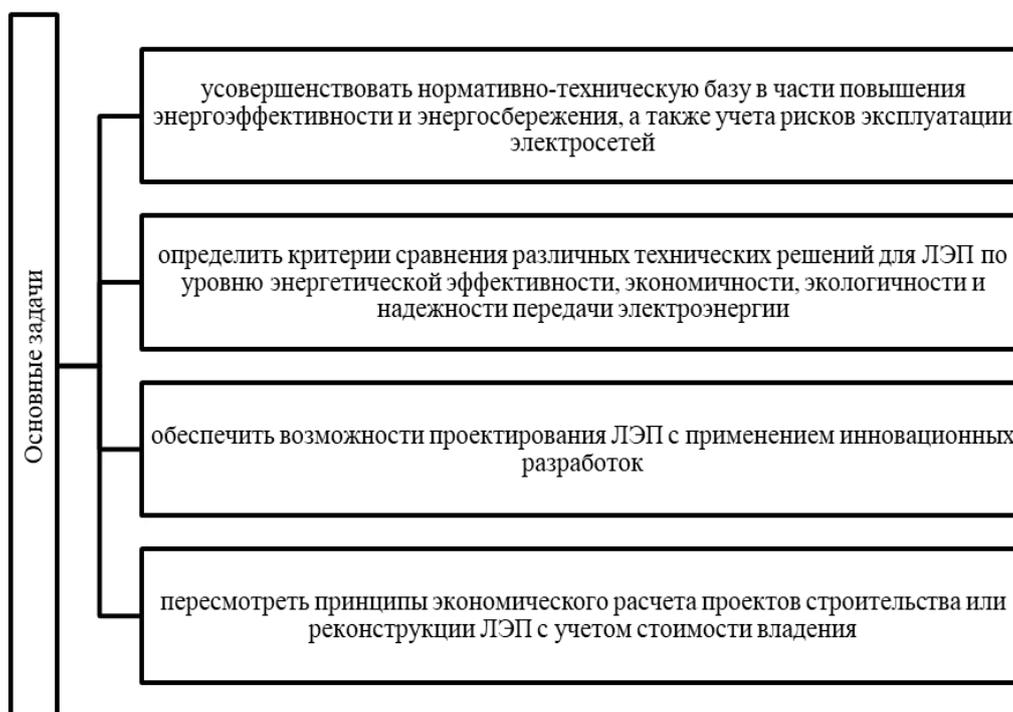


Рис. 2. Основные задачи, направленные для внедрения энергоэффективных инновационных

Использование проводов нового поколения способно снизить потери линий электропередачи до 30% и увеличить их пропускную способность от 1,5 до 2 раз. Замена существующих проводов на провода нового поколения позволяет добиться экономии посредством снижения потерь до 98 тыс. руб. на 1 км линии в год и за счет дополнительной передаваемой мощности 150–250 млн руб. на линию в год.

Одним из примеров проводов нового поколения являются высокоэффективные провода с композитным сердечником ACCC (Aluminium Composite Core Conductor — алюминиевый провод с композитным сердечником) являются новинкой для российского электроэнергетического рынка. Данная технология американской компании STC применяет в своих разработках композитные материалы из углеродного волокна —

карбоновых нитей, которые являются значительно легкими и прочными относительно стали.

Необходимо отметить, что реализация полномасштабных инновационных проектов, к примеру Smart Grid, невозможно без внедрения проводов нового поколения, которые являются инновационным решением, основанным на новых технологиях и материалах, сырье высокого качества.

По причине очевидного роста стоимости энергоресурсов потери, которым ранее почти не уделялось внимание, сейчас стали обходиться слишком дорого.

Высокий уровень потерь в российских электросетях (около 5% для ФСК и 8–11% для МРСК) определяется не только высоким уровнем изношенности электросетевого оборудования и сложными условиями климата России. При реализации пи-

лотных проектов с проводами нового поколения выяснилось, что несмотря на все очевидные преимущества и экономический эффект существуют административные барьеры при внедрении инновационных проводов.

Заканчивая данную работу, необходимо отметить, что повышение энергоэффективности линий электропередачи является

одной из ключевой задач, требуемой решения, в современном мире. На сегодняшний день разрабатываются инновационные технологии, направленные с целью сокращения потери электроэнергии при ее передаче по ЛЭП. Основной целью данной статьи являлось изучение энергоэффективности в электрических сетях.

#### Литература:

1. Крысанов В. Н. Симметрирование напряжения в электрических сетях // Электротехнические комплексы и системы управления. — 2008. — № 4. — Воронеж: ВГТУ.
2. Libkind M. S. Magnetization of power transformers by direct current in order to regulate the consumed or reactive power. — М.—D.: Gosenergoizdat. — 1959.
3. Ancharova T. V., Bodrukhina S. S., Tsyruk S. A., Yanchenko S. A. Assessment of the influence of higher harmonic components of voltage and current from household electric receivers on the power supply network // Industrial power engineering, no. 9, 2012.
4. Krivosta D. Increasing energy efficiency through the use of DC networks. Collection of scientific articles of the 2nd international youth scientific and technical conference 2015.

## Уменьшение содержания простых углеводов в бисквитном полуфабрикате

Горбова Мария Викторовна, студент;  
Графчикова Альбина Вагифовна, студент;  
Ботянова Арина Васильевна, студент;  
Рубан Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент  
Московский государственный университет пищевых производств

*Мучные кондитерские изделия являются лидерами потребительского рынка среди пищевых продуктов в России и число продаж и спрос на продукцию постоянно растут. Необходимость регулярно пополнять ассортимент, при этом сохранять качество, становится все более трудновыполнимой задачей для всех предприятий. Более того, в тенденцию начало входить правильное питание и здоровый образ жизни, поэтому данное исследование посвящено уменьшению количества углеводов в бисквитном полуфабрикате. Основная цель — разработка технологии приготовления бисквита с пониженной пищевой ценностью и оценка качества готового изделия.*

**Ключевые слова:** бисквит, сахар, углеводы, мучной кондитерский полуфабрикат, влажность, выпеченный полуфабрикат.

Кондитерская промышленность является одной из самых конкурентных и быстро развивающихся сегментов на рынке. Согласно данным Росстата, в 2018 году было произведено 3896 тысяч тонн сладостей. Коэффициент роста к предыдущему периоду составляет 6%. Первый квартал 2019 года с объемом в 894,1 тысяч тонн дает надежду на дальнейшую положительную динамику. Наиболее объемной частью кондитерского рынка являются мучные изделия.

В последние несколько лет нарастает тенденция правильного питания. При составлении рациона необходимо учитывать количество поступающих белков, жиров, углеводов, необходимых для организма витаминов и питательных веществ. Для повышения пищевой ценности кондитерских изделий начали применять натуральные ингредиенты такие как: овощи, ягоды, фрукты и другие компоненты. Так же интерес у потребителей вызывают продукты с пониженным содержанием сахара или его заменой на натуральные подсластители, так как продукт становится более низкокалорийным, что позволит употреблять его людям

с сахарным диабетом. Поэтому целью данной работы является разработка рецептуры бисквита с пониженным содержанием простых углеводов с целью снижения калорийности продукта и расширение ассортимента мучных кондитерских изделий.

#### Материалы и методы

С целью определения минимальной дозировки сахара, не влияющей на качество продукта, в качестве контрольного образца выбрана рецептура бисквита (основного) № 1. Тесто готовили основным способом без подогрева. Были изготовлены 5 образцов с 95%, 90%, 85%, 80% и 75% содержанием углеводов от основной рецептуры.

Для приготовления основного и опытных образцов использовалось следующее сырье: мука пшеничная высший сорт ГОСТ Р 52189–2003; крахмал картофельный ГОСТ Р 53876–2010; сахар белый ГОСТ 33222–2015; яйца куриные пищевые.

Опытные образцы исследовали в лабораторных условиях по органолептическим и физико-химическим показателям.

Массовую долю влаги определяли ускоренным методом на приборе «УВО-01» в соответствии с требованиями ГОСТ 21094 и ГОСТ 2626.

Объем выпечки определяли на специальном измерителе в соответствии с ГОСТ 27669–88.

Органолептические показатели оценивали по ГОСТ 5897–90 по десяти балльной шкале.

### Результаты исследования

Любые изменения в традиционной рецептуре и в технологии приготовления могут снизить качество готового продукта, поэтому необходимо постоянное наблюдение и анализ как органолептических показателей, так и физико-химических.

Первым этапом является определение влажности контрольного и опытных образцов. Это основной показатель для выпеченных полуфабрикатов, так как он показывает не только качество бисквита, но и готового продукта, приготовленного на его основе. Исследования проводились спустя 12 часов после приготовления. Результаты представлены на рисунке 1.

Из диаграммы видно, что от количества содержания сахара в образце зависит и влажность готового полуфабриката. Заметно снижается влажность при уменьшении содержания простых углеводов, так как они обладают гигроскопичным свойством, то есть поглощают воду и не дают выпечке стать сухой при хранении. Можно сделать вывод, что уменьшить содержание сахара возможно до 80 процентов от контрольной рецептуры без заметного ухудшения качества бисквита.



Рис. 1. Зависимость влажности бисквита от содержания сахара



Рис. 2. Зависимость объема бисквита от содержания сахара

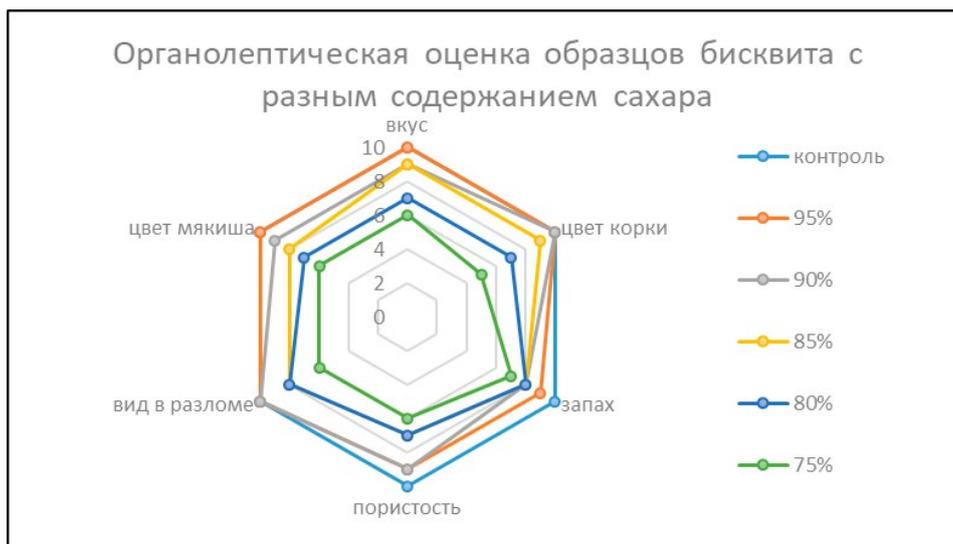


Рис. 3. Диаграмма органолептической оценки всех образцов бисквита с разным содержанием сахара в рецептуре

Второй этап — это измерение объема выпеченного полуфабриката. Этот показатель влияет на внешний вид бисквита, а также по нему определяют готовность изделия при выпечке. Результаты представлены на рисунке 2.

Из данных можно сделать вывод, что образцы, где 95% и 90% сахара наиболее приближены к контрольному. С уменьшением количества простых углеводов в бисквите объем так же уменьшается, потому что образуется большее количество клейковины и каркаса в корже не образуется.

Третий этап исследования — органолептическая оценка бисквита. Оценка проводилась методом открытой дегустации по десяти балльной шкале и в ней участвовало 5 человек. Результаты дегустации представлены на рисунке 3.

Так как контрольный образец является эталонным у него самая большая оценка. Из экспериментальных образцов самую

высокую оценку получили образцы с 95%, 90% и 85% содержанием сахара.

#### Заключение

Проведенные исследования имеют большое значения для рынка мучных кондитерских изделий, так как позволят расширить ассортимент полуфабрикатов функционального назначения, а также уменьшить содержание углеводов в рецептурах.

Выявлены значительные изменения в органолептических и физико-химических показателях изделия при уменьшении содержания сахара.

Эксперимент имеет важное теоретическое и практическое значение для дальнейших исследований в области замены сахара и изменение рациона питания в целом.

#### Литература:

1. Антонова А.П. Сборник рецептов на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенья, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия. Ч. 3 / А.П. Антонова, В.Т. Лапшина. — М.: Хлебпродинформ, 2005 г. — С. 720.
2. Шендоров, Б.А. Функциональное питание / Б.А. Шендоров, А.Ф. Доронин. — М.: Грантъ, 2002. — 296 с.
3. Австриевских А.Н. Продукты здорового питания: новые технологии, обеспечение качества, эффективность применения / А.Н. Австриевских, А.А. Всковцев, В.М. Позняковский. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. — 416 с.
4. Тутельян В.А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян, А.И. Вялков, А.Н. Разумов [и др.]. — М.: Издательский дом «Панорама», 2010. — 816 с.
5. Бутейкис, Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий / Н.Г. Бутейкис. — М.: Academia, 2012. — 344 с.
6. Матвеева Т.В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры / Т.В. Матвеева, С.Я. Корячкина. — Санкт-Петербург: ГИОРД, 2016. — 360 с.
7. Корячкина, С.Я. Новые виды мучных и кондитерских изделий. Научные основы, технологии, рецептуры / С.Я. Корячкина. — Орел: Труд, 2015. — 480 с.
8. Максютова М.А., Леонова С.А. Усовершенствование рецептуры бисквитного полуфабриката // Хлебопродукты. 2018. № 9. С. 50–55.
9. Маюрникова Л.А., Поздняковский В.М., Суханов Б.П. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность: учебное пособие. СПб.: ГИОРД, 2016. С. 448.
10. Ревенко Л.С. Мировые товарные рынки: тенденции XXI века // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер.5, Экономика. — 2015. № 3. — С. 27–45
11. Ахманов, М. Диабет. Стратегия жизни / М. Ахманов. — М.: Вектор, 2012. — 288 с.

## Модели систем управления электрическими сетями

Гулбаев Неймат Адукаримович, преподаватель;  
Дуйсенов Нурмухаммад Эламасович, преподаватель;  
Ахмедов Бекжан Аскарлович, преподаватель;  
Рахманова Гулхан Саиджан кызы, преподаватель

Ташкентский областной Чирчикский государственный педагогический институт (Узбекистан)

*Рассмотрена проблема моделирования систем управления рассредоточенными объектами (электрических сетей) который требует применения подходов и положений, используемых в теории отношений и групп и позволяющих рассмотреть взаимоотношения отдельных элементов организационной и функциональной структур управления.*

*Исследована проблема системного анализа управления сетями, синтез систем управления и построение моделей территориально-распределенных систем на примере электрических сетей.*

**Ключевые слова:** моделирование систем, оптимизация управления системой, оптимизация моделей управления, организационно-экономическое управление.

## Models of electric network management systems

Gulbaev Nemat Adukarimovich, teacher;  
Duyosenov Nurmukhammad Elamasovich, teacher;  
Akhmedov Bekzhan Askarovich, teacher;  
Rakhmanova Gulkhan Saidzhan kyzy, teacher

Chirchiq State Pedagogical Institute of Tashkent region (Chirchik, Uzbekistan)

*It is considered problem design of control system that requires application of the approaches and positions, used in the theory of relations and groups and allowing to consider the mutual relations of separate elements organizational and functional management structures, the dispersed objects (electric networks).*

*It is investigational problem of analysis of the systems of management by networks, synthesis of control system and construction of models of the up-diffused systems on the example of electric network.*

**Keywords:** design of the systems, optimization of management by the system, optimization of case frames, organizationally-economic management.

**М**оделирование систем управления рассредоточенными объектами требует применения подходов и положений, используемых в теории отношений и групп и позволяющих рассмотреть взаимоотношения отдельных элементов организационной и функциональной структур управления.

Оптимизация управления системой с рассредоточенными объектами электрических сетей предполагает решение ряда проблем: во-первых, необходимо выявить задачи и цели управления и определить отношения между ними; во-вторых, определить состояния рассредоточенных объектов в пространстве и во времени и построить модели этих состояний; в-третьих, оптимизировать эти модели. Оптимизация моделей управления осуществляется с помощью методов линейного и нелинейного программирования. Особое внимание в монографии уделяется также обеспечению бесперебойного функционирования рассредоточенных объектов. Надежность функционирования рассредоточенных объектов обеспечивается операторным управлением и обслуживанием их. Поэтому возникает проблема исследования надежностных характеристик операторов и их учета в процессе управления с помощью формально-логической модели.

Электрические сети с позиций управления обладают особыми характеристиками. Технологический процесс в электри-

ческих сетях организуется одновременной работой множества объектов территориально — распределенных систем. Процессы выработки, распределения и потребления продукции (электроэнергии) — неразрывны во времени [1, 34].

Организационно-экономическое управление осуществляют службы и отделы Предприятия электрических сетей (ПЭС), группы и руководство района электрических сетей (РЭС), бригады и исполнители. Обе группы процессов тесно связаны между собой и выступают как единый комплекс. Множества, определяющие структуру первой группы процессов, разделяются по характеру элементов на следующие виды: субъекты деятельности — дежурные операторы, исполнители, должностные лица, подразделения; объекты управления — линии электропередач, подстанции, преобразовательные устройства и т.д.; результаты деятельности субъектов — показатели, параметры, документы. Множества, определяющие структуру второй группы процессов, разделяются по характеру их элементов на субъекты (должностные лица, подразделения предприятия, района и участка электрических сетей), фрагменты (работы, мероприятия, задачи, функции) и результаты (показатели, документы) деятельности.

Качество управления электрическими сетями обусловлено надежностью снабжения потребителей электроэнергией, опре-

деляемой количеством отказов объектов на тысячу условных единиц; удельной себестоимостью, определяемой отношением постоянных затрат к количеству обслуживаемых объектов; удельной численностью персонала, определяемой отношением средней численности персонала к количеству обслуживаемых объектов [2, 60].

Качество работы распределенной системы электрических сетей определяется всем комплексом основных, а не отдельными показателями.

В электрических сетях решаются задачи надежности управления не средствами обработки данных, а рассредоточенными, разнотипными объектами сети (линии электропередач, подстанции, распределительные устройства и т. Д.), проблемы обеспечения режима работы взаимосвязанных материальными потоками оборудования сети, контроля и анализа технического состояния объектов, рассредоточенных на больших пространствах, а также управления средствами обработки, приема и передачи данных рассредоточенных объектов по иерархическим уровням управления.

На современном этапе при управлении электрическими сетями используется большой объем информации, требующий детального анализа с целью выявления возможности автоматизации ее сбора, передачи, хранения, обработки и устранения дублирования. Общее количество задач, решаемых в процессе оперативно-диспетчерского и организационного экономического управления сетями, достигает порядка тысячи. Для решения этих задач на компьютере требуется разработка научных основ анализа их совокупностей.

Исследование показало, что проблема системного анализа управления сетями, синтез систем управления и построение моделей территориально-распределенных систем изучены слабо. Поэтому возникает необходимость разработки следующих научных и практических проблем в области территориально-распределенных систем:

- разработка методов построения модели управления; системный анализ и синтез управления;
- разработка алгоритмов и математического обеспечения задач управления.

Сформулированные проблемы должны решаться с учетом практических результатов, полученных при создании и эксплуатации существующих систем управления электрическими сетями, а также с применением методов, используемых для математического описания территориально-распределенных систем. Применение статистических методов встречает ряд трудностей. Поэтому решение задачи удобно провести с позиций формально-логического подхода, основанного на элементах теории отношения [3, 22].

В этом случае сформулированные проблемы для территориально-распределенной системы электрических сетей включают построение ряда моделей.

Построение модели анализа структуры управления, в которое входит:

- построение моделей объектов, распределенных на территории ПЭС
- $$M_B = \langle I_B; R_1, \dots, R_m \rangle; \tag{1}$$

$$PЭС M_h = \langle I_h; R_1, \dots, R_m \rangle; h = \overline{1, H}; \tag{2}$$

- построение моделей задач
- $M_D = \langle D; R_1, \dots, R_m \rangle;$  (3)

где D — множество задач по управлению множествами объектов  $I_B, I_h, I_y$ ;

- $I_B, I_h, I_y$  — множества объектов;
- R — отношение предпочтения элементов множеств;
- построение моделей подсистем, обусловленных целевыми функциями F:

$$M_F = \langle S(F), R_1, \dots, R_m \rangle; \tag{4}$$

где S(F) — множество подсистем, обусловленных целевыми функциями управления.

- построение моделей подсистем, обусловленных целевыми функциями F:

$$M_F = \langle S(F), R_1, \dots, R_m \rangle; \tag{5}$$

где S(F) — множество подсистем, обусловленных целевыми функциями управления;

2. Построение модели синтеза структуры управления, состоящее в нахождении:

- распределения множества объектов по иерархическим уровням управления

$$\Psi_{I_B}: I_B \rightarrow L; \tag{6}$$

распределения задач D по функциональным подсистемам

$$\Psi_{S_i}: D \rightarrow S(F); \tag{7}$$

числа управляющих подсистем  $S_y$ ;

- распределения множества функций по управляющим подсистемам

$$\Psi_{S_i}: F \rightarrow S_y; \tag{8}$$

3. Разработка модели управления, которая включает:

- построение модели состояния объектов, распределенных на территории предприятия

$$M_{Q_B} = \langle I_{BT}(Q); R_1, \dots, R_m \rangle; \tag{I.12}$$

района

$$M_{Q_A} = \langle I_{AT}(Q); R_1, \dots, R_m \rangle; \tag{I.13}$$

участка

$$M_{Q_U} = \langle I_{UT}(Q); R_1, \dots, R_m \rangle; \tag{I.14}$$

где  $I_{BT}(Q), I_{AT}(Q), I_{UT}(Q)$  — множество объектов со множествами состояний  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_h\}$ ;

- определение соответствия объектов и множества их состояний в момент времени T

$$\Psi_{Q_{BT}}: I_{BT} Q_{BT} \tag{I.15}$$

где  $I_{BT} Q_{BT}$  — множество объектов и состояний их. [4,11]

В отличие от других методов построения моделей формально-логический учитывает особенности территориально-распределенных систем. Проблемы надежности линии управления иерархическими уровнями в настоящее время рассмотрены в основном для технических систем, а для класса территориально-распределенной системы электрических сетей она еще практически не решена.

## Литература:

1. Пайзиев Э. П. «Адаптивная система идентификации предприятий электрических сетей (АСУ ПЭС) — Труды института энергосетьпроект. М. 1980.
2. Пайзиев Э., Якубов М., Гулбаев Н. А. Об опыте разработки АСУ ПЭС. Труды института Энергосетьпроект. — М.: 1982.
3. Миркин Б. Г. Проблемы группового выбора. М.: Наука, 1974.
4. Шрейдер Ю. А. Равенство, сходство, порядок. М.: 2007.

## Разработка технологии обогащенных кексов с использованием растворимых пищевых волокон

Денисенко Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент;  
Замышляева Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Пожар Анна Николаевна, студент  
Костромской государственный университет

*Изучена возможность использования растворимых пищевых волокон в процессе производства кексовых изделий. Исследованы органолептические качества, физико-химические показатели и пищевая ценность продукта.*

**Ключевые слова:** кексы, инулин, пищевая ценность, растворимые пищевые волокна.

Обеспечение населения качественными продуктами питания имеет исключительное социальное и политическое значение. Среди причин снижения уровня жизни населения и развития ряда заболеваний указываются такие, как потребление пищевой продукции с низкими потребительскими свойствами, в том числе необоснованно высокой калорийностью, сниженной пищевой ценностью, избыточным содержанием насыщенных жиров, дефицитом микронутриентов и пищевых волокон.

По данным масштабного исследования, проводившегося в 2018 году на базе ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр профилактической медицины», уровень потребления сладостей и кондитерских изделий россиянами сопоставим с основными «рацион формирующими» продуктами — молоком и мясом. Практически половина населения (47,6%) включает сладости и кондитерские изделия в ежедневный рацион и 28,0% — потребляют их регулярно 1–2 раза в неделю. Соблюдают ограниченный характер потребления в отношении этих продуктов лишь четверть населения (24,4%) [1]. На рынке кондитерских изделий значительную долю рынка — более 40% от общего количества потребления занимают мучные кондитерские изделия (МКИ) [2]. Популярность мучных кондитерских изделий является ключевым фактором при создании новых рецептов и технологий их производства, в частности при разработке функциональных мучных кондитерских изделий. В международной практике функциональные продукты определяют как пищевые продукты массового потребления с измененным составом, с традиционным вкусом, характерным для определенных категорий продуктов, приносящие дополнительную пользу здоровью благодаря их обогащению или другим методам, которые направлены на изменение состава. Модификацию состава пищевых продуктов про-

изводят за счет добавления в рецептуру обогащающих (функциональных) ингредиентов. К функциональным ингредиентам можно отнести инулин — полисахарид, обладающий пребиотическими свойствами [3]. Подобно крахмалу, инулин служит запасным углеводом у растений, содержится в значительном количестве в клубнях и корнях георгинов, артишоков, цикория и топинамбура. Будучи устойчивым к пищеварительным ферментам, он не всасывается в желудке и тонком кишечнике, что позволяет отнести его к классу пищевых волокон. Технологические свойства инулина, а именно его способность образовывать гель при взаимодействии с жидкостью, имитирующий жир, позволяют использовать данное вещество как заменитель жировых компонентов в составе продуктов питания [4].

Инулин получил достаточно широкое применение в пищевой промышленности. Для совершенствования технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки Чистова М. В. предложила использование сухого порошка инулина. Автором установлено, что при внесении инулина увеличивается водопоглощительная способность теста на 1–5%, за счет укрепления клейковины на 1–36%, при этом количество отмываемой клейковины уменьшается на 1–20%. Кроме того, выявлено, что внесение инулина в тесто за 30 минут до окончания его созревания повышает показатели качества хлебобулочных изделий и замедляет процесс их черствения. Исследователем установлено, что при употреблении 100 г полученных хлебобулочных изделий с порошками Beneo HP, Fibruline XL, Beneo HPX суточная потребность в пищевых волокнах удовлетворяется на 30–35%, в инулине — на 20–24% [5].

С целью изучения воздействия инулина на текстурные свойства теста, показатели качества и химический состав мучных кондитерских изделий группой ученых Krystyjan M., Gumul D., Ziobro R. и Sikora M. были разработаны рецепты печенья,

в которых была произведена замена жирового компонента на инулин. В ходе исследований было выяснено, что оптимальная доля инулина по отношению к жировому компоненту в тесте для печенья — 20%. В результате добавления инулина в тесто, содержание пищевых волокон увеличивалось в 2,5 раза по сравнению с контролем [6].

Таким образом, данный вид растворимых пищевых волокон оказывает положительное влияние на пищевую ценность и показатели качества изделий.

Цель данного исследования — изучение возможности использования растворимых пищевых волокон в процессе производства кексовых изделий.

Для улучшения питательных свойств и снижения энергетической ценности в мучном кондитерском изделии, была поставлена задача о частичной замене масла сливочного инулином. В качестве контрольного образца был взят кекс «Детский», приготовленный по рецептуре, взятой из книги А.И. Гусакова «Рецептуры на торты, пирожные, кексы и рулеты. Часть III. Пирожные, кексы, рулеты, полуфабрикаты» [7]. Для замены жирового компонента использовался длинноцепочечный инулин (Fibruline XL), вводимый в кексовое тесто в форме гидрогеля. Добавки инулинового геля вносили в количестве от 50, 70% и 90% к массе сли-

вочного масла. Схема технологического процесса производства исследуемых образцов кексов представлена на рис. 1.

В ходе исследования анализировали физико-химические, органолептические показатели и пищевую ценность изделий в сравнении с контрольным образцом.

Органолептические показатели образцов исследовали по методике, разработанной на основе ГОСТ 15052 и ГОСТ 5897.

Массовую долю влаги изделий определяли по путем высушивания проб исследуемых образцов до постоянной массы в сушильном шкафу, нагретом до 130°C. Плотность готовых кексов определяли по методике, указанной в ГОСТ 15810. Значение плотности (г/см<sup>3</sup>) вычисляли путем деления массы изделия в граммах на объем.

При органолептической оценке определялись такие показатели, как внешний вид, вид в изломе, структура изделия, вкус и запах, в соответствии с разработанной шкалой оценки. Оценка обогащенных кексов проводилась дегустационной комиссией из четырех человек. Итоговая оценка по каждому образцу указана в таблице 1.

По результатам оценки был выбран оптимальный образец кекса с инулином: кекс «Детский» с 50% инулинового геля к массе сливочного масла.

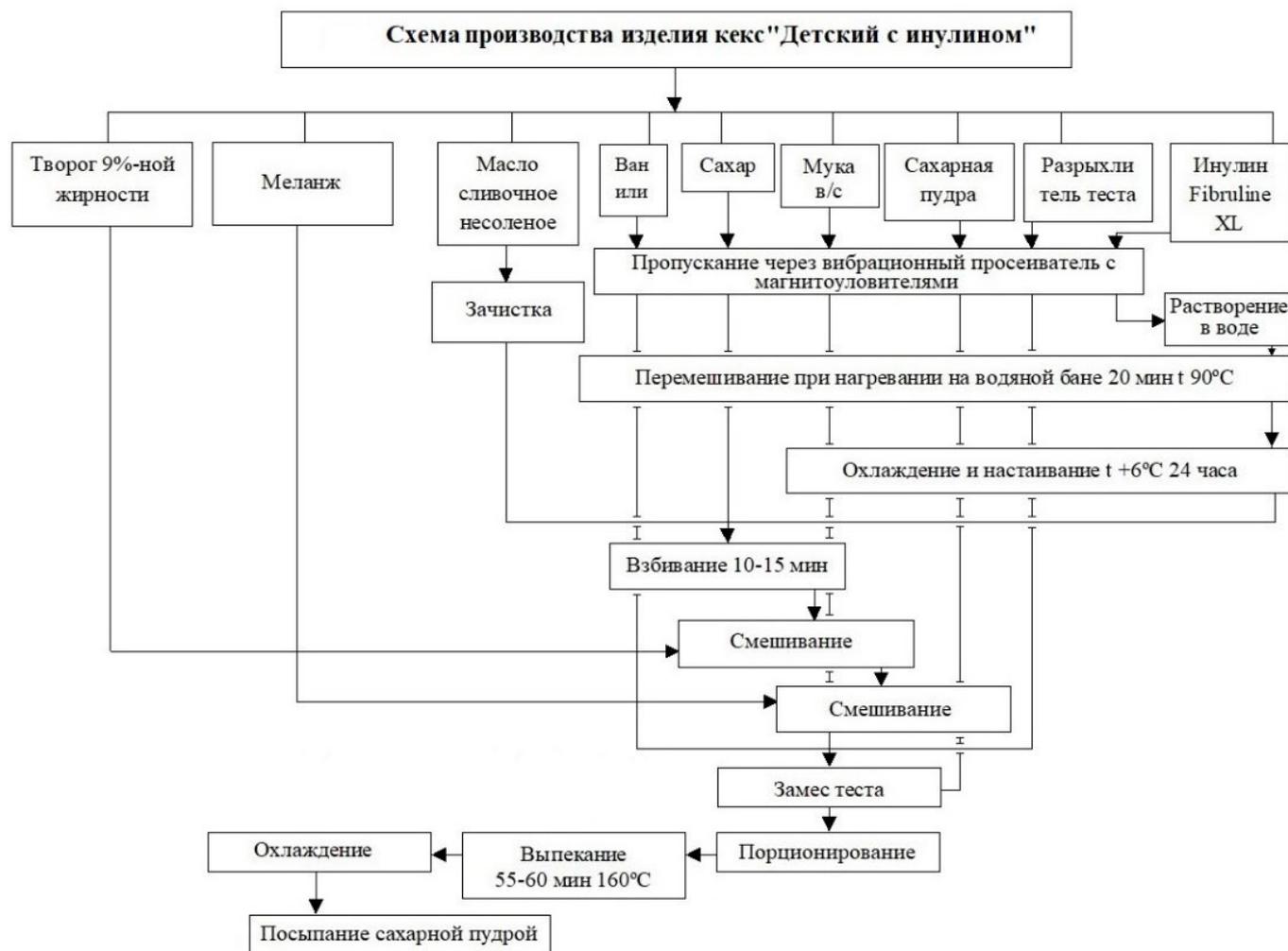


Рис. 1. Схема производства изделия «кекс Детский с инулином»

Таблица 1. Балльная оценка органолептических показателей мучных кондитерских изделий

Количество геля из инулина, % от массы сливочного масла	Баллы
0 (контроль)	15
50	16,5
70	15,5
90	14

Анализ физико-химических показателей позволил установить, что при внесении в рецептуру инулина влажность изготавливаемых изделий увеличивалась на 5,4% по сравнению с контрольным образцом. Увеличение массовой доли влаги

в обогащенных изделиях может быть связано с высокой влагосвязывающей способностью инулина как пищевого волокна. Плотность исследуемого образца повысилась на 0,4% по сравнению с контрольным (рис. 2).

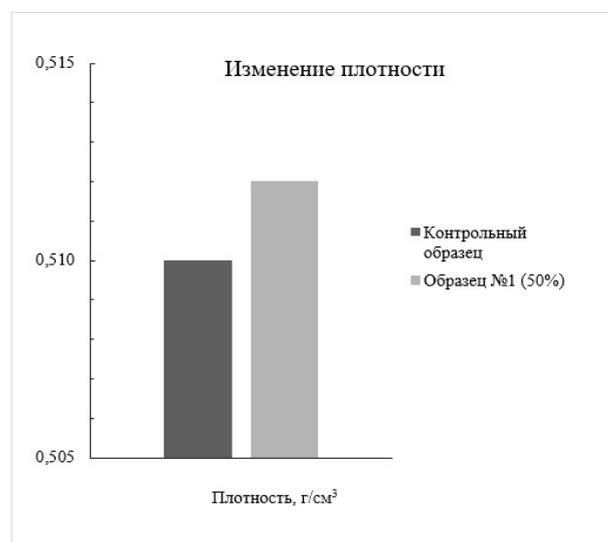
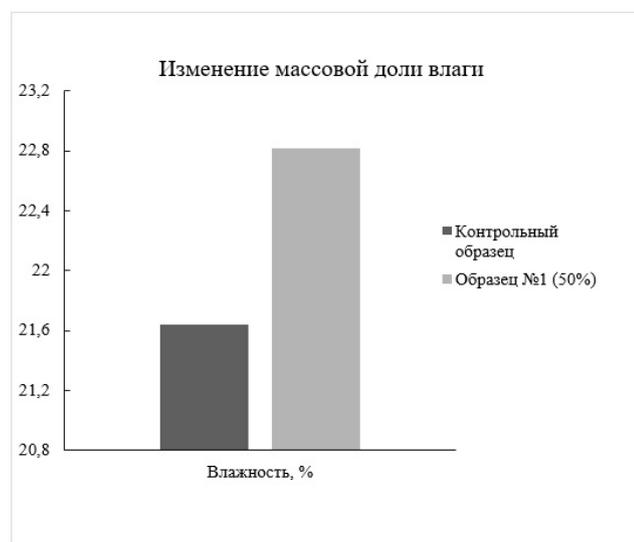


Рис. 2. Изменение физико-химических показателей исследуемых изделий

Следует отметить, что мучное кондитерское изделие с инулином по органолептическим и физико-химическим показателям соответствует требованиям ГОСТ 15052–2014 «Кексы. Общие технические условия» [8].

При исследовании пищевой ценности мучных кондитерских изделий было выявлено, что в кексах с добавлением инулина по

сравнению с контрольным образцом в 3,5 раза повысилось содержание пищевых волокон, содержание жира снизилось на 5 г. Установлено, что кексовые изделия с добавлением инулина являются менее калорийными. Их энергетическая ценность составила 345 ккал на 100 г, что на 40 ккал ниже контрольного образца (табл. 2).

Таблица 2. Химический состав и энергетическая ценность мучных кондитерских изделий

Наименование изделий	Пищевая ценность				
	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Пищевые волокна, г	Калорийность, г
Кекс «Детский»	9	15	53	1	385
Кекс «Детский с инулином»	9	10	53	3,5	345

Полученные результаты исследования говорят о том, что инулин положительно влияет на показатели качества изделий, повышает содержание пищевых волокон в их составе. Следовательно, использование данного функционального ингредиента

в процессе производства мучных кондитерских изделий позволяет получить новый продукт высокого качества и тем самым расширить ассортимент изделий функционального назначения.

## Литература:

1. Карамнова Н. С. Характер питания взрослого населения по данным эпидемиологического исследования ЭССЕ-РФ // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2018.— N17(4) — С. 61–66
2. Анализ рынка мучных кондитерских изделий в России в 2014–2018 гг, прогноз на 2019–2023 гг // BusinesStat: веб-сайт.— 2018.— URL: [https://businesstat.ru/images/demo/baked\\_confection\\_russia\\_2019\\_demo\\_businesstat.pdf](https://businesstat.ru/images/demo/baked_confection_russia_2019_demo_businesstat.pdf) (дата обращения: 19.03.2020)
3. Тарасенко Н. А. Инулин и олигофруктоза: эффективность в качестве пребиотического волокна для кондитерской промышленности // Фундаментальные исследования.— 2014.— № 9–6.— С. 1216–1219
4. Труфанова, Ю. Н. Инулин как сырье для производства мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности / Ю. Н. Труфанова, Е. М. Вострикова // Молодежь и наука: шаг к успеху.— 2017.— С. 329–331.
5. Чистова М. В. Приготовление пшеничного теста с инулином // Пищевая промышленность.— 2012.— № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prigotovlenie-pshenichnogo-testa-s-inulinom> (дата обращения: 23.05.2020)
6. M.Krystyan, D. Gumul, R. Ziobro, M. Sikora. The Effect of Inulin as a Fat Replacement on Dough and Biscuit Properties // Journal of Food Quality. 2015. Vol. 38, Issue 5. P. 305–315.
7. Гусаков А. И. Рецептуры на торты, пирожные, кексы и рулеты. Часть III. Пирожные, кексы, рулеты, полуфабрикаты — М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт пищевой промышленности, 1978–769 с.
8. ГОСТ 15052–2014 Кексы. Общие технические условия (Переиздание) — М.: Стандартиформ, 2019–14 с.

## Моделирование длинных последовательностей гармонических сигналов

Калыгин Георгий Отарович, ассистент

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

*В статье рассматриваются два варианта формирования цифровых гармонических сигналов большой длительности — по аналитической формуле и по формуле обратного Z-преобразования, в ходе моделирования с использованием системы Matlab.*

**Ключевые слова:** цифровой гармонический сигнал, аналитическая формула, формула обратного Z-преобразования.

При исследовании телекоммуникационных систем часто требуется формирование гармонических сигналов на большом интервале времени. При моделировании стандартным приемом является расчет по аналитической формуле

$$y(nT) = \sin(2\pi FnT).$$

Было замечено, что значения отсчетов, полученные по аналитической формуле, отличаются на разных периодах сигнала.

Проанализируем результаты моделирования цифровой синусоиды для числа точек на периоде синуса, равном 15. На рис. 1 представлено изменение отсчетов синуса на одном периоде при расчете отсчетов по аналитической формуле.

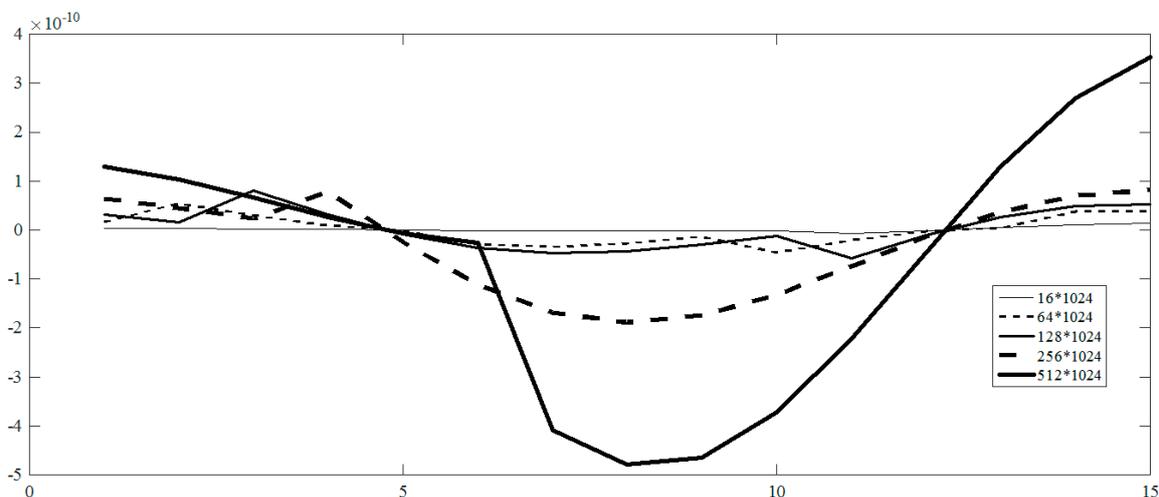


Рис. 1. Изменение значений отсчетов сигнала на различных периодах синуса (15 точек на периоде)

На рисунке 1 приведена разность отсчетов первого периода и периодов с номерами  $16 \cdot 1024, 64 \cdot 1024, \dots, 512 \cdot 1024$ . В табл. 1 приведены максимальные отклонения значений отсчетов на разных периодах.

С увеличением номера периода синусоидального сигнала ошибка формирования отсчетов увеличивается. Общая закономерность изменения ошибки показана на рис. 2, ошибка определяется систематической ошибкой представления значения числа  $\pi$ .

Таблица 1. Максимальное отклонение значений синуса

Периоды синуса	1 и 2	1 и 1024	1 и $2 \cdot 1024$	1 и $4 \cdot 1024$	1 и $8 \cdot 1024$	1 и $16 \cdot 1024$
Максимальное отклонение	$1 \cdot 10^{-16}$	$1 \cdot 10^{-13}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2,5 \cdot 10^{-12}$	$8 \cdot 10^{-12}$	$1,5 \cdot 10^{-11}$
Периоды синуса	1 и $32 \cdot 1024$	1 и $64 \cdot 1024$	1 и $128 \cdot 1024$	1 и $256 \cdot 1024$	1 и $512 \cdot 1024$	
Максимальное отклонение	$2,5 \cdot 10^{-11}$	$6 \cdot 10^{-11}$	$8 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$5 \cdot 10^{-10}$	

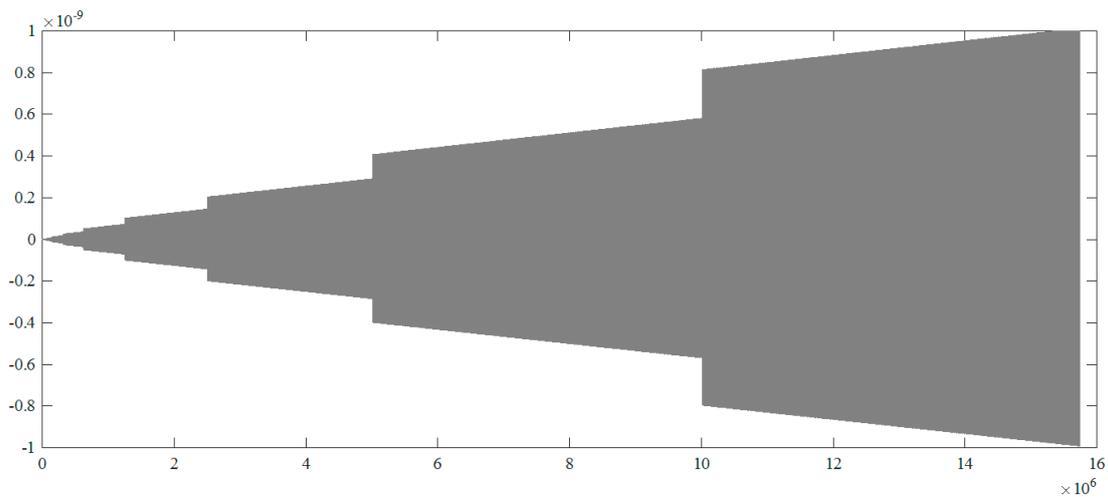


Рис. 2. Ошибка отсчетов синусоиды

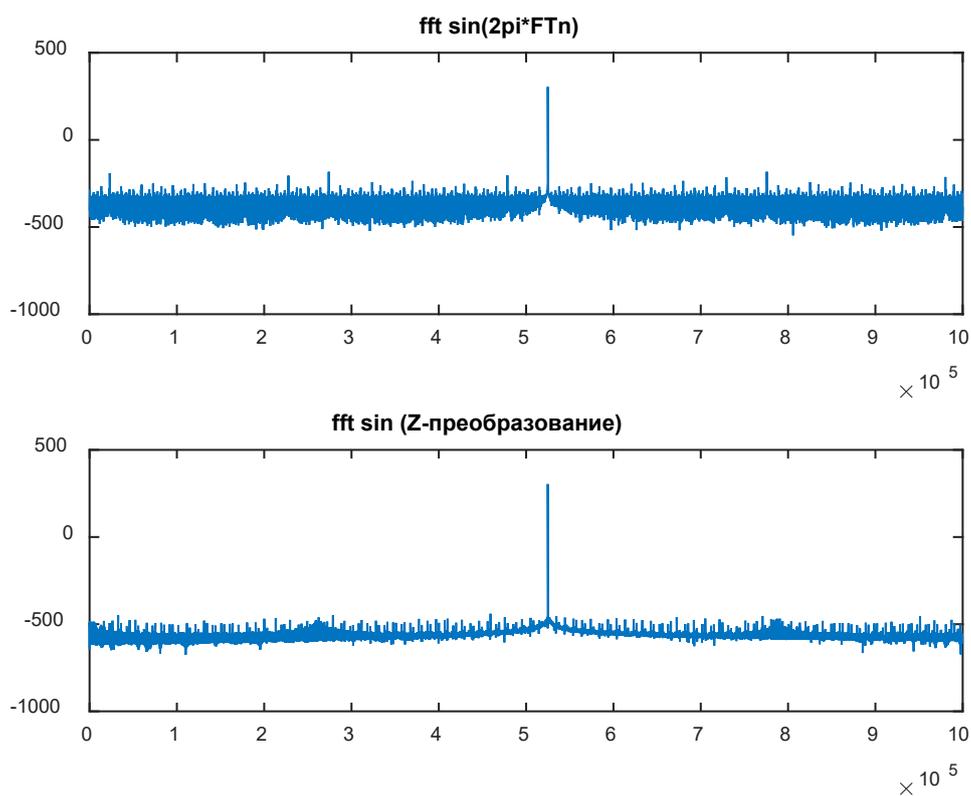


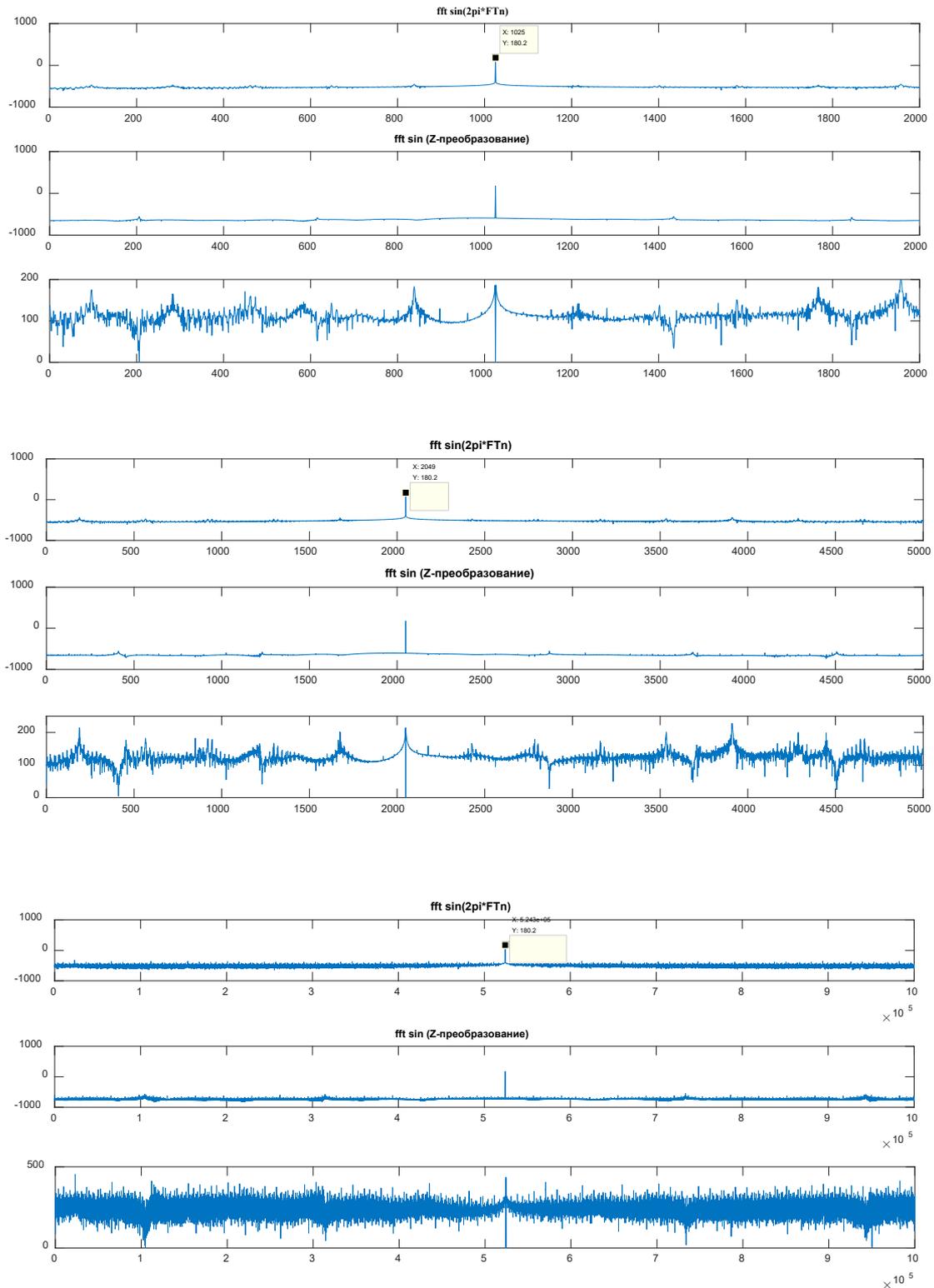
Рис. 3. Спектр синусоидального сигнала

Цифровой гармонический сигнал может быть получен с использованием обратного Z-преобразования [1] для Z-образа, задаваемого формулой

$$H(z) = \frac{z^{-1} \sin \omega T}{1 - 2z^{-1} \cos \omega T + z^{-2}}$$

При моделировании таким способом отсчеты на всех периодах синуса совпадают.

На рис. 3 приведены результаты дискретного преобразования Фурье для двух вариантов формирования синусоидального сигнала. На графиках видно, что уровень побочных составляющих для аналитической синусоиды на 250 дБ выше, чем для синуса, сформированного по формуле обратного Z-преобразования.



Проведенные исследования показали, что при моделировании длинных последовательностей цифрового синусоидального сигнала целесообразно использовать его формирование по формуле обратного Z-преобразования.

Литература:

1. Гольденберг Л. М. Цифровая обработка сигналов: Справочник / Гольденберг Л. М. и др. — М.: Радио и связь, 1985. — 312 с.

## Исследование методов, обеспечивающих снижение пожарной опасности, и разработка мер противопожарной защиты нефтеперерабатывающего оборудования

Каменев Антон Олегович, студент магистратуры  
Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России

Качество жизни людей заметно возросло с того момента, как они освоили добычу, переработку и использование нефтепродуктов на благо человечества. Постиндустриальное общество сложно представить без топлива, различных искусственных тканей, искусственных мехов, лекарств (изначально нефть использовали в лечебных целях), косметических средств, строительных материалов и еще без огромного количества предметов, которые мы имеем благодаря нефти.

По данным Institute of Mechanical Engineers на 2020 год мировые запасы нефти будут израсходованы через 49 лет. На сегодняшний день человечество должно позаботиться о том, как общество будет существовать, когда запасы нефти иссякнут и позаботится о безопасности добычи, хранения, переработки нефти и о нефтеперерабатывающим оборудовании.

Нефтеперерабатывающие заводы являются объектами повышенной пожарной опасности. Пожар способен уничтожить целое нефтеперерабатывающее предприятие. Чтобы сократить процент угрозы возникновения пожара нужно применять некоторые методы, обеспечивающие снижение пожарной опасности, и разрабатывать меры противопожарной защиты нефтеперерабатывающего оборудования.

Раскрою, на мой взгляд, наиболее значительные аспекты пожарной безопасности на предприятиях нефтепереработки.

Одной из самых важных мер пожарной безопасности является соблюдение требований законодательных и нормативных документов:

ФЗ-123. «Тех. регламентом о требованиях ПБ». «ППР в РФ», на основании которых организовывается контроль за безопасным состоянием объектов защиты.

СП 18.13330.2011 — регламентирующего проектирование строительных объектов, технологического оборудования, автомобильных, железных дорог, инженерных сетей, коммуникаций на промышленных площадках любых производственных предприятий.

СП 155.13130.2014 — о требованиях ПБ к складам нефти, нефтепродуктов, которым руководствуются при проектировании, возведении, проведении реконструкции.

СП 123.13330.2012 — о подземных хранилищах нефти, газа, продукции.

Проекта СП от 2014 года о требованиях ПБ к нефтеперерабатывающим, нефтехимическим предприятиям.

Приказа № 125 Федеральной службы по технадзору от 29.03.16 года об утверждении «Правил безопасности нефтегазоперерабатывающих производств» и др.

Очень важной задачей является определение категории пожароопасности для объекта нефтепереработки. Ведь определенная категория подразумевает под собой:

- организацию оперативного тушения пожара;
- предотвращение огромного реального ущерба, который неминуемо создается при пожаре на нефтеперерабатывающем предприятии;
- снабжение помещений автоматическими системами пожаротушения — некоторые продукты нефтепереработки загораются даже от искры, поэтому необходима гарантированная защита от возгораний таких веществ и материалов;
- предупреждения нанесения значительного вреда атмосфере — горение нефтепродуктов сопровождается выбросом агрессивных химических веществ, которые очень вредны и опасны для окружающей среды и людей.

При обеспечении пожарной безопасности предприятия нефтеперерабатывающего оборудования важно учитывать характерные свойства горючести нефти и нефтепродуктов — так называемых показателей пожарной опасности, определяющих условия возникновения, развития и прекращения горения. Крайне необходимо определить: группу горючести, температуру вспышки, температуру воспламенения, температуру самовоспламенения, скорость выгорания, скорость прогрева при выгорании, характер взаимодействия горящего вещества с водо-пенными средствами тушения. Также, при производстве легковоспламеняющихся нефти и нефтепродуктов дополнительно необходимо определить: область воспламенения в воздухе, максимальное давление взрыва, категорию взрывоопасной смеси, минимальную энергию зажигания, минимальное взрывоопасное содержание кислорода, нормальную скорость горения, критический (горящий) диаметр.

На нефтеперерабатывающих заводах играет огромную роль система пожарной сигнализации для предупреждения угрозы возгорания. Технические средства охранной и пожарной сигнализации интегрируют в комплекс, объединяющий системы безопасности и инженерные системы здания, обеспечивая достоверной адресной информацией системы оповещения, пожаротушения,

дымоудаления и др. Автоматическая установка пожаротушения (АУП) — установка пожаротушения, автоматически срабатывающая при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в защищаемой зоне.

Также система локализации при возникновении пожара и угрозе разрушения технологического нефтеперерабатывающего оборудования и здания от избыточного давления, принцип действия которых основан на срабатывании устройств разгерметизации (предохранительных мембран и клапанов, защитных проемов) и пожаротушения (огнепреградителей или подачи огнетушащих веществ).

Имеют место быть первичные средства пожаротушения. При малозначительных возгораниях, которые могут повлечь за собой огромные аварии, катастрофы, важно иметь в наличии следующие средства: ёмкости с водой и песком, лопаты, ведра, ломы, огнетушители, грубошерстные ткани и войлок, багры и другое. Определение необходимого числа первичных средств пожаротушения регламентируется ППБ-01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации» (приложение 3).

Система стационарных автоматических установок водяного пожаротушения тонкораспылённой водой. Примером систем пожаротушения тонкораспылённой водой (водяной туман), реализующих традиционный спринклерные, дренчерные, а также модульные установки ТРВ FOG Water Mist. Она применяется для тушения пожара класса А (твёрдых горючих материалов), В (горючих жидкостей), С (горючих газов) и Е (электроустановок под напряжением до 1000 В) в зданиях, сооружениях и помещениях различного назначения с категориями по пожарной опасности А, Б, В1 и В3. Нефтеперерабатывающие заводы чаще всего относят к категории А.

Закончу свою статью крайним методом пожарной безопасности. Очень важна профессиональная подготовка инженерно-технических специалистов по правильному ведению технологических процессов, действиям в нестандартных ситуациях при возникновении аварий. Необходимы курсы по программам ПТМ (пожарно-технический минимум) и регулярное проведение инструктажей по пожарной безопасности.

#### Литература:

1. Бектобеков Г. В. Пожарная безопасность: учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 88с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). [15 с.].
2. Ворона В. А., Технические системы охранной и пожарной сигнализации [Электронный ресурс] / В. А. Ворона, В. А. Тихонов. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2012. — 376 с.: ил. — (Обеспечение безопасности объектов; кн. 5). — Библиогр.: с. 368–374. — ISBN978-5-9912-0192-6. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5140](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5140) [3–5с.].
3. Ворона В. А., Тихонова В. А. Инженерно-техническая и пожарная защита объектов. (Серия «Обеспечения безопасности объектов» Выпуск 4. Издательство «Горячая линия — Телеком», 2012. — 512с. [300–303с.].
4. Поконова Ю. В. Нефть и нефтепродукты. НПО «Профессионал НПО» Мир и Семья» Санкт-Петербург/2003. — 904с. [864с.].
5. Собурь, С. В. Краткий курс пожарно-технического минимума: справочник / С. В. Собурь. — 10-е изд. — Москва: ПжЖ-нига, 2018. — 288 с. — ISBN978-5-98629-082-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122497> [238–240с.].
6. СП 155.13130.2014 — о требованиях пожарной безопасности к складам нефти.
7. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 N69-ФЗ (последняя редакция).
8. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N123-ФЗ (последняя редакция).

## Научно-практическое обоснование использования цитрусового пектина в технологии сладкого соуса

Кнох Ксения Владимировна, студент  
Московский государственный университет пищевых производств

*Рассмотрена возможность использования цитрусового пектина для производства сладкого соуса. В качестве примера приводится сравнение свойств яблочного пектина с цитрусовым. Доказано, что недостатки цитрусового пектина не повлияют на структурно-механические свойства сладкого соуса, чтобы в свою очередь подтверждает эффективность использования этого продукта в масложировой промышленности.*

**Ключевые слова:** эмульсионные соусы, цитрусовый пектин, яблочный пектин, технологии сладкого соуса, здоровое питание.

#### Введение

Пектиновые вещества занимают одно из наиболее значимых мест в качестве пищевых добавок, используемых в эмульси-

онных соусах. Эмульсионные соусы в свою очередь являются представителями масложировой промышленности одного из важнейших сегментов рынка функциональных пищевых продуктов (Ипатова, Кочеткова, Нечаев, 2007, с. 12–13). Важно отметить, что

в настоящее время много средств и усилий выделяется на создание соусов, обладающих пониженной жирностью и повышенной пищевой ценностью (Ткаченко, Маковська, 2015. С. 74–81).

Для того, чтобы обосновать использование цитрусового пектина в технологии сладкого соуса, следует обратить внимание на сам процесс изготовления цитрусового пектина. Пектин является сырьем природного происхождения, следовательно, содержится в различных количествах в овощах, фруктах и корнеплодах. Максимальное содержание пектиновых веществ находится в белой части кожуры цитрусовых: до 30% на сухое вещество [1]. Использование цитрусовых в производстве пектина в процентном соотношении составляет до 70% [2]. В производстве используется в основном цедра цитрусовых.

### Литературный обзор

Как известно из научных исследований, ткани всех растений содержат пектин в виде двух веществ: пектина (или гидропектина) и протопектина (Сайфина, Николаева, Цепяева, Исхакова, 2000, с. 37–38). Протопектины представляют собой прочные структурные соединения пектина и целлюлозы. Примечательно, что при его расщеплении он проявляет себя как дополнительный источник получения пектина (Зидиханова, Кулиш, Чернова, Шуршина, 2018, с. 608–609).

Пектины (E440) — группа высокомолекулярных гетерополисахаридов, входящих в состав клеточных стенок и межклеточных образований высших растений (Донченко, Фирсов, 2007, с. 20–22). Пектиновые вещества являются продуктами растительного происхождения и признаны ВОЗ для человека совершенно токсикологически безопасными (Двоеносова, 2009, с. 7–9).

В фармацевтической сфере пектины используются в качестве добавок для медицинских препаратов, обладающих пролонгированным действием, а также в БАДах, которые в свою очередь способствуют снижению холестерина в крови, стимулируют перистальтику кишечника, выводят токсичные вещества из организма, снижают риск развития рака, активизируют быстрый рост полезной микрофлоры кишечника (Власова, Агапитов, Губин, 2005, с. 94–95).

### Теоретическое обоснование

В основе строения пектиновых веществ лежит полимерная цепочка остатков галактионовой кислоты, соединенных кислородными мостиками, связь (1-), в отличие от крахмала и клетчатки, где гликозидная связь устанавливается между остатками глюкозы [3]. Сырьем для изготовления цитрусового пектина служат в основном кожура апельсинов, грейпфрутов и мандаринов.

Известно, что при хранении апельсинов и грейпфрутов общее количество твердых растворимых веществ и сахаров постепенно повышается, а кислотность снижается. Однако у лимонов, напротив, во время хранения повышается общая кислотность плода. (Данные особенности цитрусовых плодов необходимо учитывать при изготовлении пектина, так как это напрямую влияет на качество и свойства полученного в результате продукта) [4].

Так же одной из особенностей, касающейся конкретно лимонов, является то, что химические изменения в нём во многом

противоположны тем, которые наблюдаются при созревании апельсинов и грейпфрутов [5]. Так как спелые плоды цитрусовых лишены крахмала, было высказано предположение, что повышение уровня содержания сахаров происходит в плодах за счет использования веществ, из которых состоят клеточные стенки, а именно за счет пектинов и гемицеллюлоз [6].

Возможность образования сахаров из кислот также следовало бы принимать во внимание, особенно учитывая то обстоятельство, что кислотность у апельсинов и грейпфрутов во время созревания снижается.

Цитрусовые плоды широко применяются в пищевой промышленности. Из них готовят соки, компоты, джем, цукаты, а из отходов (кожуры) — пектин. В производстве в основном применяют апельсины и мандарины [7].

В связи с этим целью настоящего исследования является анализ возможности применения цитрусового пектина в технологии сладкого соуса. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) рассмотреть преимущества и недостатки цитрусового пектина с точки зрения его структурных свойств как вещества;
- 2) определить какое влияние пектин оказывает на организм человека;
- 3) оценить возможность получения цитрусового пектина в массовом современном производстве;
- 4) обосновать выбор цитрусовых в качестве наиболее экономически выгодных источников получения пектина.

### Исследование

#### Материалы

В качестве объектов исследования были выбраны 2 вида пектина: яблочный и цитрусовый пектины компании Herbstreith&Fox (Германия).

#### Оборудование

В рамках научно-практического исследования было использовано лабораторное оборудование для получения данных о количественном содержании пектина в продукте в граммах на 100 грамм продукта.

#### Методы исследования

Воспользуемся одним из методов теоретического исследования, а именно анализом. С помощью глубокого литературного анализа выясним по каким причинам цитрусовый пектин может представлять собой актуальный продукт. Затем рассмотрим его с точки зрения вещества, оценим его полезные свойства и свойства-недостатки.

#### Процедура исследования

На первом этапе работы для повышения объективности оценки возможности использования цитрусового пектина в технологии сладкого соуса требуется рассмотреть несколько

причин актуальности его использования с опорой на исследование его полезных свойств и недостатков.

На втором этапе работы приводится подробное рассмотрение экономической эффективности получения пектина в условиях современного массового производства.

На третьем (заключительном этапе) работы приведено заключение о рационализации внедрения цитрусового пектина, исходя их результатов исследований первого и второго этапов.

### Результаты и их обсуждение

Одной из причин, которая объясняет использование именно цитрусового пектина в процессе изготовления сладкого соуса, является особенное свойство цитрусового пектина, а именно: цитрусовый пектин не меняет цвет блюда, тогда как яблочный пектин окрашивает приготавливаемый продукт в едкие желтые оттенки, что позволяет его использовать в качестве натурального красителя, но в большинстве случаев это мешает производителю в том случае, когда его продукт не требует изменения цвета. Несоответствие цветов у конечного продукта может быть помехой и вызвать вопрос о качестве, если для продукции не подразумевается желтый цвет или наличие данного оттенка влияет на визуальное восприятие продукта, что в целом отражается на его вкусовых качествах.

Можно с уверенностью сказать, что если поставлена цель выдержать исходный цвет у приготавливаемого продукта, наиболее корректным выбором будет цитрусовый пектин.

Помимо сохранения цвета в процессе приготовления, цитрусовый пектин обладает и другими свойствами:

- данный вид пектина является загустителем,
- придает продукту плотность, вязкость,
- удерживает влагу [8].

Помимо вышесказанного, цитрусовый пектин обладает рядом свойств, которые благотворно воздействуют на физическое состояние человека:

- улучшение процессов кровообращения;
- обволакивающий эффект, «терпкий эффект» для слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, позволяющий избавиться от дисбактериоза;
- активация микроорганизмов, вырабатывающих витамины;
- вывод тяжелых вредных элементов: радиоактивных частиц, пестицидов, ионов токсичных металлов, канцерогенов, токсинов из организма. (Пектин практически не усваивается организмом, и за счет этого является натуральным энтеросорбентом);
- утолщение стенок сосудов;
- ускорение абсорбции и переработки полезных веществ;
- оказывает противовоспалительный эффект;
- стабилизация содержания холестерина;
- снижение уровня сахара в крови;
- обеспечение тканей глюкозой (фруктозой), но без накопления в жировых клетках [9].

Но, несмотря на преимущества цитрусового пектина, есть и ряд качеств, которые ограничивают его универсальность, и знание о них пояснит почему данный вид пектина корректнее использовать в приготовлении определенных типов продуктов (например, в приготовлении сладкого соуса):

– повторное нагревание сильно снижает вязкость и плотность вещества, из-за чего готовое блюдо может не удержать первоначальную форму;

– в кожуре цитрусовых содержатся нерастворимые в холодной воде пектины, называемые протопектином [10].

Следовательно, пектин рассматриваемого нами цитрусового вида намного лучше подойдет именно для изготовления соусов, так как их консистенция не подразумевает необходимость сохранения формы, консистенции продукта, а свойство нерастворимости пектина в холодной жидкости позволяет использовать более широкий спектр технологий для изготовления сладкого соуса.

Следующая причина, по которой, на наш взгляд, использование цитрусового пектина более удобно для изготовления сладкого соуса, — это условия современного производства.

На современных линиях по переработке плодов цитрусовых сразу получают сок, эфирное масло и жом или продукты переработки жома: пектин, лимонную кислоту, биофлавоны, жирное масло и др. [11].

То есть благодаря современной оптимизированной технологии производства возможна система безотходного производства.

Например, использование кожуры после изготовления сока для создания пектина, не затрачивая средств на уничтожение бросового сырья или на переправление на другую линию производства для дальнейшей переработки.

Такая многоуровневая система современных линий по переработке цитрусовых кажется нам выгодной в отношении экономии как денежных средств, так и в разумном распределении времени, которое является не восполняемым ресурсом и наиболее дорого для любого производства во всех отраслях.

Доказано, что цитрусовые входят в ряд наиболее богатых пектином фруктов, по этой причине в масштабах производства использовать цитрусовые для производства пектина является выгодным решением с точки зрения экономии пищевого сырья.

Для наглядности приведем данные о содержании пектина в некоторых овощах и фруктах (данные приведены в формате: содержание пектина в продукте в граммах на 100 граммов продукта):

- абрикосы (0.7),
- апельсины (0.6),
- лимон (2.0) (цедра),
- вишня (0.4),
- груши (0.6),
- смородина черная (1.1),
- клюква (0.7),
- крыжовник (0.7),
- яблоки (1.2),
- черешня (0.3),
- картофель (0.5),
- морковь (0.4),
- огурцы (0.4).

Из данных выше можно сделать вывод, что наиболее высокое содержание пектинов присутствует в некоторых фруктах и ягодах, а овощи явно уступают в содержании пектина.

Рассмотрим более подробно некоторые причины, по которым использование цитрусовых для производства пектина более выгодно:

– при производстве цитрусового пектина используется кожура плода, следовательно, мякоть можно использовать для приготовления соков, выпечки, драже и прочей продукции с использованием мякоти цитрусовых плодов. Использование кожуры в приготовлении пектина следует рассматривать как программу по переработке отходов, что подходит современным тенденциям безотходного производства и решает проблемы с переработкой и лишними затратами на переработку;

– хотя и содержание пектина в ягодах намного превышает его содержание в цитрусовых, стоимость производства пектина из ягод намного выше, так как сырье для производства (ягоды) является более дорогостоящим.

## Выводы

Подводя итог, хотим отметить, что использование цитрусового пектина в технологии сладкого соуса является не только выгодным для качества продукта (его консистенции, цвета и, как следствие, вкусовых качеств), но и экономически выгодным.

Выбирая цитрусовый пектин для сладкого соуса, осуществляется поддержка предприятий, работающих по программе безотходного производства, что вносит значительный вклад в экономическую стабильность производителей, что позволит в дальнейшем развивать технологии сладкого соуса.

## Литература:

1. <https://www.chem21.info/info/1720043/>
2. [http://elib.kemtipp.ru/uploads/vkr/2016/Биотехнология/2016/очная%20форма%20обучения\\_ЭФ/Тимофеева%20И.Е..pdf](http://elib.kemtipp.ru/uploads/vkr/2016/Биотехнология/2016/очная%20форма%20обучения_ЭФ/Тимофеева%20И.Е..pdf)
3. <https://www.chem21.info/info/1160367/>
4. <https://konditerski.ru/yablochnyj-i-citrusovyj-pektin-otlichiya-i-oblast-primeneniya/>
5. <https://www.freepapers.ru/19/ispolzovanie-othodov-citrusovyh/4143.37015.list1.html>
6. <https://www.ngpedia.ru/id269479p3.html>

## Разработка алгоритма функционирования интеллектуальной системы полного привода автомобиля

Корнилов Владимир Юрьевич, доктор технических наук, профессор;  
Хамадеев Рустем Рауфович, студент магистратуры  
Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

*В данной статье автор составляет алгоритм функционирования для системы управления полноприводного автомобиля с электромагнитной фрикционной муфтой.*

**Ключевые слова:** автомобиль, алгоритм, интеллектуальная система, полный привод.

При движении в сложных условиях, таких как снег, лед и грязь, обычный привод на одну ось автомобиля не дает полного контроля над дорожной обстановкой. Для повышения безопасности и производительности многие производители автомобилей предлагают альтернативу с полным приводом. Но постоянный полный привод потребляет большое количество топлива и не всегда нужен в городских условиях. Для автомобилей, которые редко попадают в сложные дорожные условия, гораздо рациональнее иметь интеллектуальную систему полного привода, которая будет включать полный привод только при необходимости. Для полного понимания работы системы управления разработаем алгоритм функционирования. [2]

Система управления интеллектуальным полным приводом автомобиля предназначена для управления электромагнитной муфты, обеспечивающей передачу крутящего момента от карданного вала на входной вал редуктора главной передачи заднего моста. Управляющее напряжение поступает от бортового источника через широтно-импульсный преобразователь на рабочую обмотку электромагнитной муфты. Изменяя скважность выходных импульсов широтно-импульсного преобразователя, происходит управление усилием электромагнита муфты, которое регулирует проскальзывание фрикционных дисков. При этом обеспечивается передача крутящего момента в диапазоне от 5% до 100%.

На первом этапе абстрактного синтеза составим словесное описание алгоритма функционирования системы управления интеллектуального полного привода автомобиля.

По команде оператора (водителя) происходит задание режима работы подключаемого полного привода автомобиля. Всего предполагается 3 режима работы:

1. Режим 1 — система управления полного привода отключена — автомобиль приводится в движение колесами переднего моста.
2. Режим 2 — автоматическое подключение заднего моста по командам блока управления. Блок управления формирует требуемый уровень управляющего напряжения в зависимости от распознавания параметров движения автомобиля. Информация о па-

раметрах движения автомобиля поступает с выходов датчиков скорости вращения колес автомобиля (4 датчика); датчика угла поворота руля; датчика бокового ускорения и включенного состояния стоп-сигнала. Диапазон изменения передаваемого электромагнитной муфтой момента составляет от 5% до 100%.

3. Режим 3 — ручное подключение заднего моста. Этот режим задается водителем и соответствует подаче на рабочую обмотку муфты максимального напряжения, чтобы на передний и задний мост подается крутящий момент в пропорции 50:50.

На основании полученного словесного описания алгоритма функционирования системы управления интеллектуального полного привода составим логическую схему алгоритма (ЛСА).

Введем следующие функциональные операторы:

$A_0; A_x$  — соответственно, начало и конец выполнения алгоритма;

$A_1$  — включение ключа зажигания;

$A_2$  — подача напряжения 12В на функциональные блоки системы управления;

$A_3$  — задание режима работы системы интеллектуального полного привода с помощью переключателя;

$A_4$  — контроль параметров движения автомобиля (опрос датчиков);

$A_5$  — контроль температуры обмотки электромагнитной муфты;

$A_6$  — формирование и выдача команды на вход широтно-импульсного преобразователя о преобразовании постоянного напряжения 12В в последовательность прямоугольных импульсов с заданной скважностью;

$A_7$  — подача импульсного напряжения с заданной скважностью на рабочую обмотку электромагнитной муфты;

$A_8$  — передача крутящего момента от карданного вала на вход редуктора главной передачи заданного моста;

$A_9$  — формирование и подача на обмотку муфты последовательности импульсов максимальной скважности (соответствует максимальному значению среднего напряжения, равно 95 % от уровня напряжения питания);

$A_{10}$  — движение автомобиля по проблемному участку дороги с заблокированным задним мостом;

$A_{11}$  — формирование и выдача команды на отключение электромагнитной муфты;

$A_{12}$  — восстановление режима 2 после отключения электромагнитной муфты в режиме 3;

$A_{13}$  — снятие питания с функциональных блоков системы управления.

Введем логические условия:

$$P_1 = \begin{cases} 1, \text{если ключ зажигания включен;} \\ 0, \text{если ключ зажигания выключен.} \end{cases}$$

$$P_2 = \begin{cases} 1, \text{если переключатель режимов в положении режима 2;} \\ 0, \text{если переключатель режимов находится в другом положении.} \end{cases}$$

$$P_3 = \begin{cases} 1, \text{если переключатель режимов в положении режима 3;} \\ 0, \text{если переключатель режимов находится в другом положении.} \end{cases}$$

$$P_4 = \begin{cases} 1, \text{если температура обмотки электромагнитной муфты} < 60^\circ\text{C;} \\ 0, \text{если температура обмотки электромагнитной муфты} \geq 60^\circ\text{C.} \end{cases}$$

$$P_5 = \begin{cases} 1, \text{если параметры автомобиля соответствуют нормальным;} \\ 0, \text{если параметры автомобиля не соответствуют нормальным.} \end{cases}$$

С учетом принятых обозначений функциональных операторов и логических условий, логическая схема алгоритма запишется следующим образом:

$$L = A_0 A_1 \overline{P_1} \uparrow^1 A_2 A_3 \downarrow_4 \downarrow_5 \downarrow_7 A_4 A_5 \overline{P_4} \uparrow^2 P_2 \uparrow^3 \overline{P_5} \uparrow^4 A_6 A_7 A_8 \omega_1 \uparrow^5 \downarrow_3 P_3 \uparrow^6 A_9 A_{10} \downarrow_2 A_{11} A_{12} \omega_2 \uparrow^7 \downarrow_6 A_{13} \downarrow_1 A_x$$

Соответствующая разработанной логической схеме алгоритма, графическая схема алгоритма представлена на рисунке 1. [1, с.7]

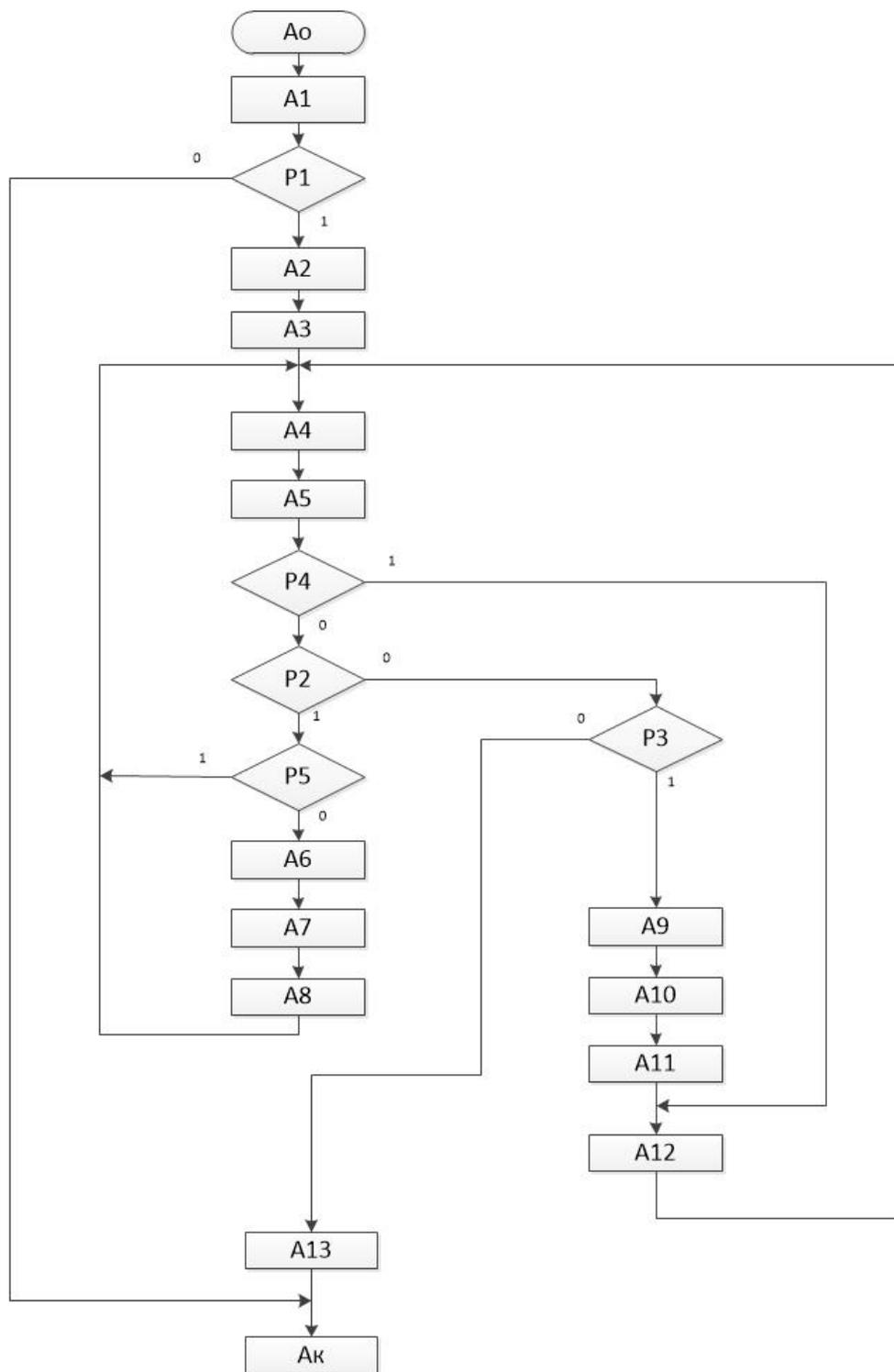


Рис. 1. Алгоритм функционирования системы управления интеллектуального полного привода автомобиля.

Литература:

1. Попова И.Г. Программирование и алгоритмизация: учебное пособие в 2-х частях/ И.Г. Попова — Северск: СТИ НИЯУ МИФИ, 2015. Часть 1: Алгоритмы и технология их разработки — 2015.— 41 с.
2. Омеличев А. В. Учебник по устройству автомобиля. Издание второе. Исправленное и дополненное— М.: МОНОЛИТ, 288 стр.—2017.

## Изучение мирового опыта применения поверхностно-активных веществ для эксплуатации газоконденсатных месторождений

Муртазаев Аскар Хакберди угли, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

В данной работе рассмотрен мировой опыт применения ПАВ на стадии эксплуатации газоконденсатных месторождений.

**Ключевые слова:** поверхностно-активные вещества, газожидкостный поток, удаление жидкости.

Скопление жидкости на забое и по стволу газовой скважины происходит при неспособности добываемого газа выносить ее из ствола, что может привести к уменьшению срока службы скважины и снижению возможных дебитов. Наиболее эффективным способом удаления скапливающейся в скважинах жидкости является ввод на забой скважины пенообразующих составов на основе поверхностно-активных веществ.

Наиболее технологичным в применении стало использование твердых и жидких ПАВ.

ПАВ — поверхностно-активные вещества, снижают поверхностное натяжение на жидкой и твердой поверхности раздела фаз вследствие адсорбции веществ.

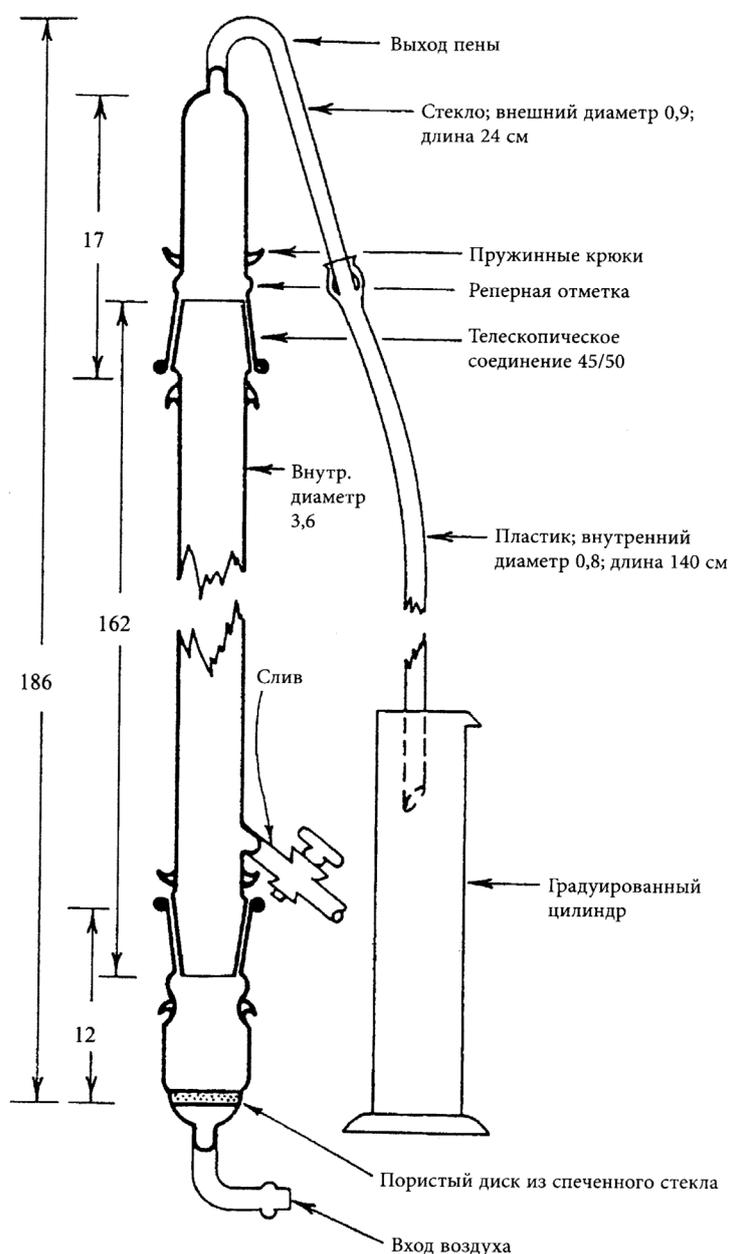


Рис. 1. Установка Горнорудного управления США для динамического испытания пенообразующих агентов

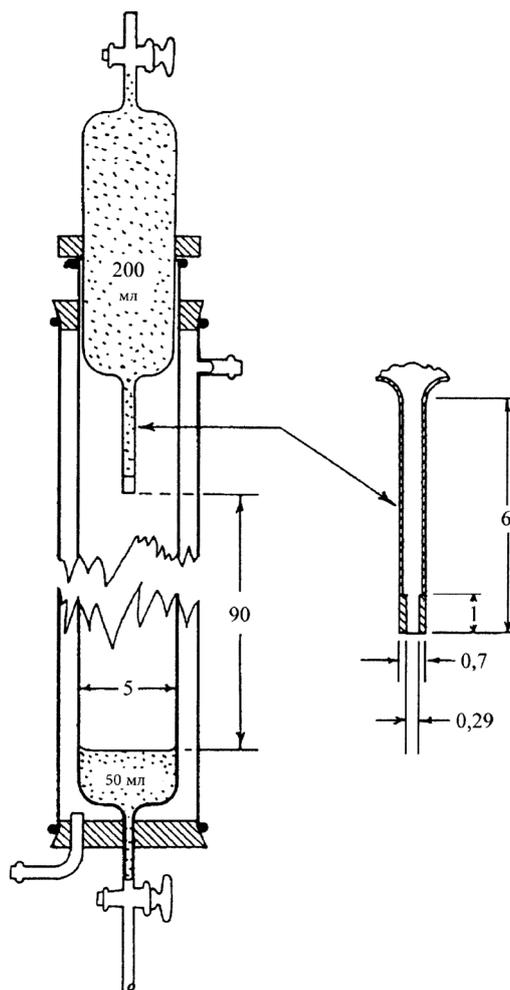


Рис. 2. Установка Горнорудного управления США для испытания пенообразующих агентов в статических условиях

Необходимым условием эффективного удаления жидкости с помощью ПАВ является образование на забое скважины пены, представляющей собой дисперсные системы, состоящие из ячеек-пузырьков газа. Обычно газ рассматривается как дисперсная фаза, а жидкость — как непрерывная дисперсионная среда. Разделяющие пузырьки газа жидкие пленки образуют непрерывный пленочный каркас, являющиеся основой пены. В более или менее устойчивом состоянии концентрированные пены могут существовать только при стабилизаторе пен или пенообразователя, который адсорбируясь на поверхности раздела жидкость — газ уменьшает свободную энергию системы и тем самым стремление разрушению пен. Прочность и продолжительность существования пены зависит от свойств пленочного каркаса, определяющегося количеством и природой присутствующего в системе пенообразователя, его поверхностной активностью и способностью образовывать вязкую аморфно-твердую пленку

### Выбор ПАВ

Различают три группы ПАВ по их ионным характеристикам: анионоактивные, катионоактивные и неионогенные. К неионогенным ПАВ можно отнести полиоксиэтилированные соединения фенолов и спиртов. Они хорошо растворяются в хо-

лодной воде. При нагревании же растворимость снижается, и раствор становится мутным. С сравнение с ионными, неионогенные вызывают меньше проблем, связанных с образованием эмульсии. Анионоактивные ПАВ отлично проявляют себя в водной среде. Данные ПАВ представляют собой пенообразователи неионогенного типа, которые в процессе изготовления подвергаются сульфатированию.

Вспенивание углеводов происходит с трудом, в частности при отсутствии воды. Жидкости с концентрацией углеводов более 70–80% подвергается вспениванию лучше, чем с большей концентрацией.

### Методика испытания ПАВ, принятые Горнорудным управлением США

В работе Даннинга был описан ряд простейших методик испытаний, для определения эффективности ПАВ. Нас рис. 1 показана методика испытания, для которой характерно выбор наилучшего ПАВ по наибольшему количеству пены. На рис. 2 показана установка для исследований пенообразующих агентов в статических условиях. На данной установке пенообразующий агент стекает с высоты 90 см, и измеряется высота столба образующей пены по ходу эксперимента.

## Литература:

1. Алиев З. С., Бондаренко В. В. Руководство по проектированию разработки газовых и газонефтяных месторождений.
2. Алиев З. С., Мараков Д. А. Разработка месторождений природных газов: Учебное пособие для вузов. — М.: МАКС Пресс, 2011. — 340 с.
3. Алиев З. С., Самуйлова Л. В. Газогидродинамические исследования газовых и газоконденсатных пластов и скважин: Учебное пособие для вузов. — М.: МАКС Пресс, 2011. — 340 с.
4. Ширковский А. И. Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1987. — 309 с.
5. Джеймс Ли, Генри В. Никенс, Майкл Уэллс Эксплуатация обводняющихся газовых скважин — М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2008. — 365 с.

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА

СТАТЬЯ ОТОЗВАНА

## Выбор оптимального давления и температуры на первой ступени сепарации при подготовке нефти

Отаниёзов Фаррух Ихтиёр угли, студент магистратуры;  
Дусткобилов Абдурахмон Бахтиёр угли, студент магистратуры;  
Муртазаев Аскар Хакберди угли, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*В процессе сепарации из нефти выделяется попутный нефтяной газ и с этими газами отделяется бутан, пентан, гексан и другие тяжёлые газы, которые входят в состав бензина. Наша цель — снизить долю этих компонентов в попутном нефтяном газе.*

**Ключевые слова:** сепарация, попутный нефтяной газ.

Продукция нефтяных скважин представляет собой смесь нефти, попутного нефтяного газа, пластовой воды, АСПО, минеральных солей и механических примесей. Такая продукция чаще всего непригодна для магистральной трубопроводной транспортировки от нефтепромысла до нефтеперерабатывающего завода. Поэтому скважинная продукция проходит специальную промысловую подготовку, которая включает такие процессы:

- отделение попутного газа;
- отделение воды;
- обессоливание нефти;
- стабилизация нефти.

Сепарация, то есть разделение продукции скважины на составляющие фазы, может начинаться в пласте. Например, отделение газа может начинаться при снижении пластового давления ниже давления насыщения на забойном участке скважины [1]. Чтобы иметь представление о выборе оптимального числа ступеней сепарации, необходимо рассмотреть два способа разгазирования нефти — дифференциальный (многоступенчатый) и контактный.

При дифференциальном разгазировании понижение давления в каждой ступени сепаратора происходит на незначительную величину, что влечет за собой плавное выделение небольших количеств сначала легких, а затем средних и тяжелых углеводородных газов и отвод смеси этих газов из каждой ступени за пределы сепаратора.

При контактном разгазировании нефти в сепараторе происходит, наоборот, резкое снижение давления, в результате чего нефть кипит, при этом бурно выделяются легкие углеводороды в газовую фазу, увлекая за собой большую массу тяжелых, которые при нормальных условиях ( $P=0,101$  МПа и  $t=0$  С) являются жидкостями.

Из этого следует такой вывод: если скважины фонтанируют и на их устьях поддерживаются давление насыщения или высокие давления (3–4 МПа), то целесообразно применять здесь многоступенчатую сепарацию (6–8 ступеней), обеспечивая большой конечный выход нефти, поступающей в парк товарных резервуаров. Во всех других случаях рекомендуется применять трехступенчатую сепарацию нефти от газа [2].

Рассмотрим трехступенчатую сепарацию на Вынгапуровском месторождении.

Таблица 1. Компонентный состав пластовой нефти Вынгапуровского месторождения

Компоненты	Мольная доля компонента в нефти%
$CO_2$	0,04
$N_2$	0,34
$CH_4$	27,75
$C_2H_6$	6,8
$C_3H_8$	11,82
и — $C_4H_{10}$	3,14
н — $C_4H_{10}$	5,71
и — $C_5H_{12}$	2,27
н — $C_5H_{12}$	2,57
$C_{6+}$	39,56
Плотность, кг/ м <sup>3</sup>	817,4
Обводненность, %	72,5
Газовый фактор, м <sup>3</sup> /т	200

Вынгапуровское месторождение своей большей частью находится в пределах Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа в 104 км к западу от Ноябрьска. Нефти Вынгапуровского месторождения относятся к легким нефтям из-за высокого газового фактора (свыше 100 м<sup>3</sup>/т).

Рассмотрим первую ступень трехступенчатой сепарации. Процесс первой ступени сепарации скважинной продукции

происходит в дожимной насосной станции (ДНС). На первом этапе мы постепенно уменьшали рабочее давление на первой ступени сепарации (от 0,8 МПа до 0,4 МПа) при постоянной температуре 15 °С, при этом не изменяя давление и температуру на второй ступени сепарации (P = 0,3 МПа, T = 15°С).

Таблица 2. Результаты расчетов компонентного состава попутного нефтяного газа на первой и второй ступенях сепарации ДНС Вынгапуровского месторождения (мольные доли) по первому варианту

Компонент смеси	Первая ступень сепарации (15 °С)					
	0,80МПа	0,72Мпа	0,64МПа	0,56МПа	0,48МПа	0,4МПа
N <sub>2</sub> (Азот)	0,0088	0,0085	0,0083	0,008	0,0077	0,0074
CO <sub>2</sub> (Двуокись углерода)	0,001	0,001	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
CH <sub>4</sub> (Метан)	0,6922	0,6773	0,6608	0,6424	0,6216	0,5978
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Этан)	0,13	0,1313	0,1323	0,1327	0,1325	0,1313
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (Пропан)	0,1118	0,1195	0,1279	0,137	0,1468	0,1571
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (i-бутан)	0,0174	0,019	0,021	0,0232	0,0259	0,0291
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (n-бутан)	0,0238	0,0262	0,0291	0,0327	0,0371	0,0425
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (i-пентан)	0,0028	0,0032	0,0036	0,0042	0,0049	0,0059
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (n-пентан)	0,0024	0,0027	0,003	0,0035	0,0042	0,0051
Остаток	0,0104	0,0118	0,0135	0,0158	0,0189	0,0234
<b>Итого:</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>
ΣC <sub>4</sub> +	0,0568	0,0629	0,0703	0,0794	0,091	0,106

Таблица 3. Результаты расчетов компонентного состава попутного нефтяного газа на первой и второй ступенях сепарации ДНС Вынгапуровского месторождения (мольные доли) по второму варианту

Компонент смеси	Первая ступень сепарации 0,8 МПа				
	10 °С	15 °С	20 °С	25 °С	30 °С
N <sub>2</sub> (Азот)	0,009	0,0088	0,0085	0,0083	0,0081
CO <sub>2</sub> (Двуокись углерода)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0009
CH <sub>4</sub> (Метан)	0,7078	0,6922	0,6761	0,6594	0,6424
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Этан)	0,1293	0,13	0,1302	0,1301	0,1296
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (Пропан)	0,1036	0,1118	0,12	0,1282	0,136
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (i-бутан)	0,0157	0,0174	0,0192	0,0212	0,0232
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> (n-бутан)	0,0211	0,0238	0,0266	0,0297	0,033
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (i-пентан)	0,0024	0,0028	0,0033	0,0039	0,0045
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> (n-пентан)	0,002	0,0024	0,0028	0,0033	0,0039
Остаток	0,0086	0,0104	0,0127	0,0155	0,0189
<b>Итого:</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>	<b>1,0005</b>
ΣC <sub>4</sub> +	0,0498	0,0568	0,0647	0,0736	0,0836

Из расчетов видно, что снижение давления и повешение температуры влияет отрицательно на потерю компонентов  $C_4$  и выше. При давлении 0,8 МПа и температуре 15°С происходит максимальное выделение азота, двуокиси углерода, метана и этана [3]. Мы выбрали те показатели, которые соответствуют требованиям. По данным компании «Когалым-

НИПИнефть» и «ООО ЛУКОЙЛ— Западная Сибирь» температура флюидов на всех ступенях сепарации составляет 20°С. Обычно температура флюидов на всех ступенях сепарации принимается, исходя из фактических условий эксплуатации объекта, либо по расчету из проектов обустройства месторождения [4].

Литература:

1. Техика и технология добычи и подготовки нефти и газа: Учебное пособие. Ибрагимов Г.З., Артемьев В.Н., Иванов А.И., Кононов В.М. //Издательство МГОУ, 2005.— С.213–216.
2. Техника и технологии сбора и подготовки нефти и газа: Учебник. / Земенков Ю.Д., Александров М.А., Маркова Л.М., Дудин С.М., Подорожников С.Ю., Никитина А.В.// — Тюмень: Издательство,— 2015.— С. 32–34.
3. Марченко А. Н., Леонтьев С.А., Фоминых О.В. Обоснование рациональных технологических параметров подготовки скважинной продукции вынгапуровского месторождения // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012, № 3.с.211–219.
4. <https://zs.lukoil.ru>

## Моделирование отравления ядерного реактора продуктами деления средствами Matlab Simulink

Правосуд Сергей Сергеевич, студент;

Иванов Константин Александрович, кандидат физико-математических наук

Северский технологический институт — филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

*В данной работе произведено моделирование отравления реакторной установки ксеноном и самарием. Оценены потери реактивности на отравление при наборе и сбросе мощности реактором. Составлены подсистемы отравления, которые могут быть использованы при моделировании реакторной установки.*

В результате работы ядерного реактора образуется большое число осколков деления, которые обладают сравнительно большим сечением поглощения нейтронов. Следует отметить, что в реакторах на быстрых нейтронах эффект отравления не выражен.

Одним из таких веществ, образующихся в реакторах на тепловых нейтронах (например, ВВЭР) является ксенон ( $Xe^{135}$ ). Он обладает большим выходом, а также сравнительно быстро накапливается. Образование ксенона происходит в результате радиоактивного распада йода. Полная цепочка радиоактивных превращений представлена выражением 1.

Одним из таких веществ, образующихся в реакторах на тепловых нейтронах (например, ВВЭР) является ксенон ( $Xe^{135}$ ). Он обладает большим выходом, а также сравнительно быстро накапливается. Образование ксенона происходит в результате радиоактивного распада йода. Полная цепочка радиоактивных превращений представлена выражением 1.



Известно, что период полураспада теллура мал, поэтому при составлении уравнений можно считать, что в процессе деления ядра урана нейтроном образуется непосредственно йод. Тогда изменение концентрации йода будет определяться выражением:

$$\frac{dN_I}{dt} = p_I \xi_U \Phi - N_I \sigma_1 \Phi - N_I \lambda_1 \tag{2}$$

где  $N_I$  — концентрация ядер йода;

$p_I$  — выход йода на один акт деления ядра;

$\xi_U$  — макроскопическое сечение деления ядерного топлива;

$\Phi$  — плотность потока тепловых нейтронов;

$\sigma_1$  — сечение поглощения йода;

$\lambda_1$  — постоянная распада йода.

Первый член в этом уравнении представляет собой накопление йода при делении ядер топлива, второй член — убыль йода вследствие захвата им теплового нейтрона и, наконец, третий член — убыль йода за счет радиоактивного распада. Из аналогичных соображений можно записать уравнение изменения концентрации ксенона:

$$\frac{dN_{Xe}}{dt} = N_I \lambda_I + p_{Xe} \xi_U \Phi - N_{Xe} \sigma_{Xe} \Phi - N_{Xe} \lambda_{Xe} \tag{3}$$

где  $N_{Xe}$  — концентрация ядер ксенона;  
 $p_{Xe}$  — выход ксенона на одно деление;  
 $\sigma_{Xe}$  — сечение захвата нейтронов;  
 $\lambda_{Xe}$  — постоянная распада ядер ксенона.

Первый член в этом уравнении определяет накопление ксенона за счет радиоактивного распада йода, второй член — непосредственный выход ксенона как осколка деления, третий — убыль ксенона за счет захвата нейтрона, четвертый — убыль вследствие радиоактивного распада.

На основании данных уравнений в Simulink была составлена модель, представленная на рисунке 1.

В блоке Step заданы следующие условия: в начальный момент времени плотность потока нейтронов равна 0, в конечный момент достигает значения  $10^{14}$ , что означает выход реактора на мощность. Это возмущающее воздействие умножается на величину  $p_I \xi_U$ , названную выход йода в блок — схеме; она поступает на сумматор с положительным знаком. Далее происходит перемножение концентрации йода на плотность потока  $N_I \Phi$ ; эта величина умножается на  $\sigma_I$  — сечение поглощения йода и поступает на сумматор с отрицательным знаком. Последняя величина — умножение  $N_I \lambda_I$  — также поступает на сумматор с отрицательным знаком. Аналогичными соображениями получена нижняя часть схемы для вычисления изменения концентрации ксенона. Визуализация этих процессов представлена на рисунке 2 и 3 соответственно.

Также значительное влияние на реактивность реактора оказывает самарий ( $Sm^{149}$ ), который также обладает высоким сечением поглощения тепловых нейтронов, однако он не является радиоактивным и, следовательно, не испытывает распада. Он накапливается в результате радиоактивного распада ядер прометия. Схема образования представлена выражением (4):



Также следует отметить, что эффект от отравления самарием сказывается только при больших плотностях потока нейтронов.

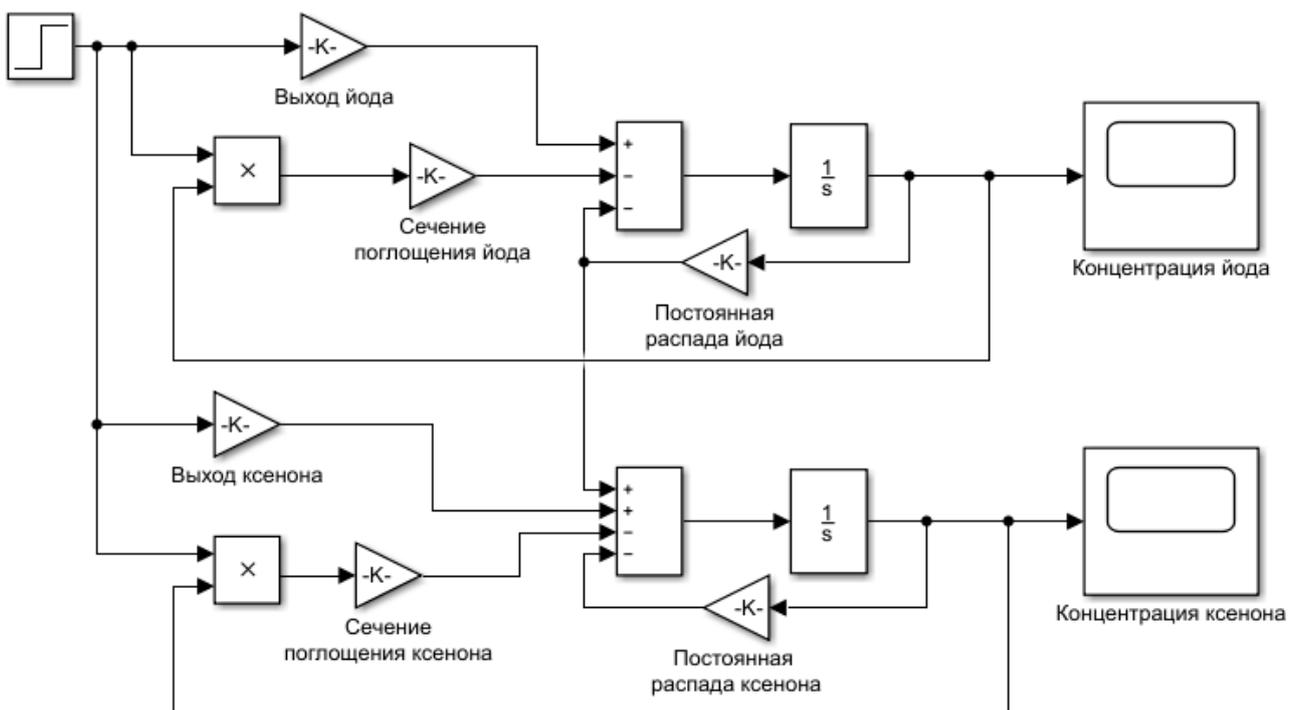


Рис. 1. Модель для исследования отравления ксеноном

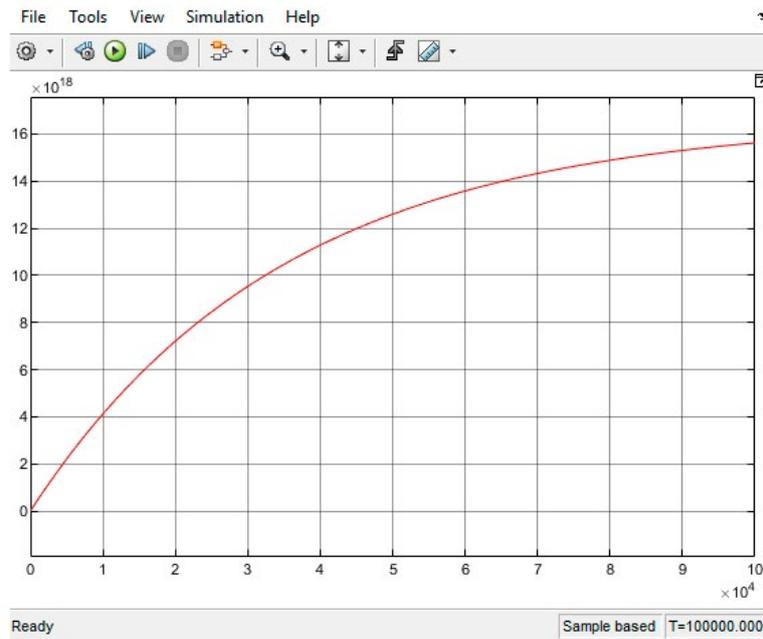


Рис. 2. Изменение концентрации йода

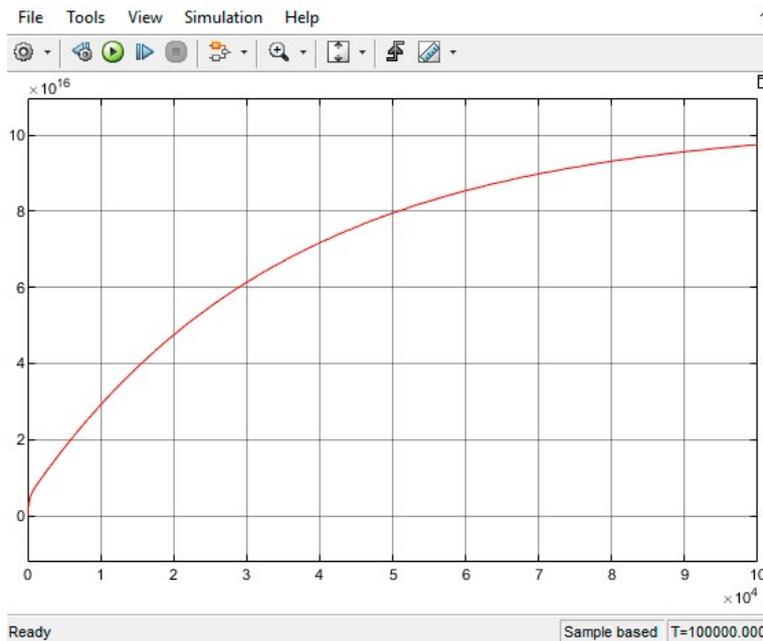


Рис. 3. Изменение концентрации ксенона

Известно, что период полураспада ниодима мал, поэтому можно считать, что при делении ядра урана образуется непосредственно прометий. Тогда его концентрация будет определяться выражением:

$$\frac{dN_{Pm}}{dt} = p_{Pm} \xi_U \Phi - N_{Pm} \lambda_{Pm} \tag{5}$$

где  $p_{Pm}$  — выход прометия на один акт деления урана;

$\lambda_{Pm}$  — постоянная распада ядер прометия;

$N_{Pm}$  — концентрация ядер прометия.

Тогда изменение концентрации самария равно:

$$\frac{dN_{Sm}}{dt} = N_{Pm} \lambda_{Pm} - N_{Sm} \sigma_{Sm} \Phi \tag{6}$$

где  $p_{Sm}$  — выход самария на один акт деления урана;  
 $S_{Pm}$  — постоянная распада ядер самария;  
 $N_{Sm}$  — концентрация ядер самария.

Первый член в уравнении (6) отвечает за образование ядер самария в результате распада ядер прометия, а второй член — за поглощение ядром самария нейтрона. На основании данных уравнений в Simulink была составлена модель, представленная на рисунке 4.

Соответствующие переходные процессы, показывающие изменение концентрации прометия и самария приведены на рисунках 5 и 6 соответственно.

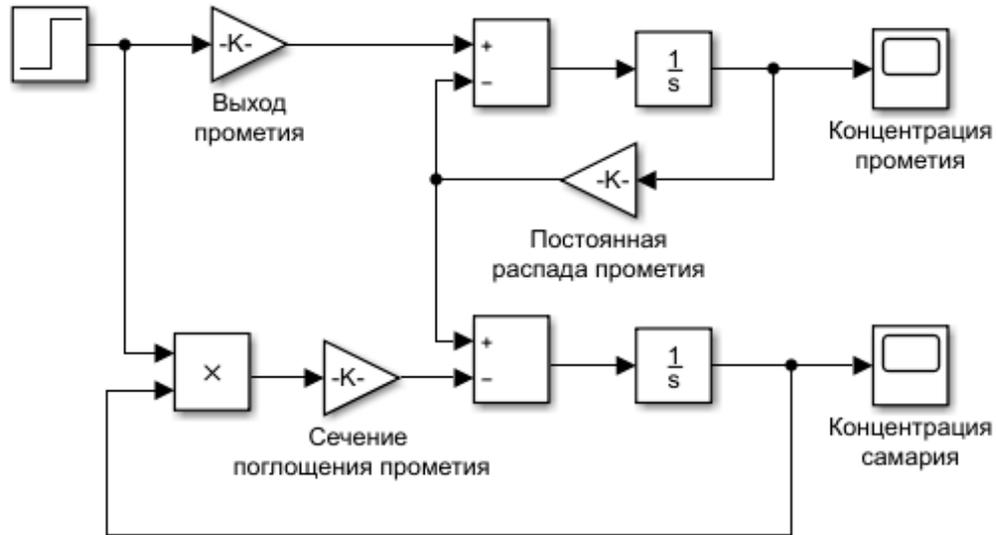


Рис. 4. Модель для исследования отравления самарием

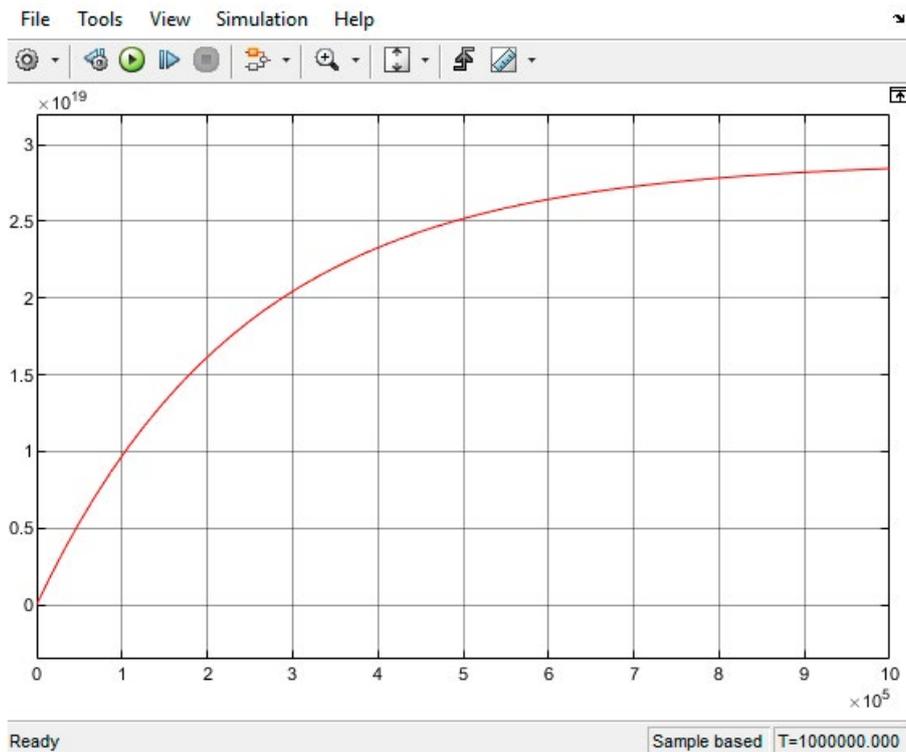


Рис. 5. Изменение концентрации прометия

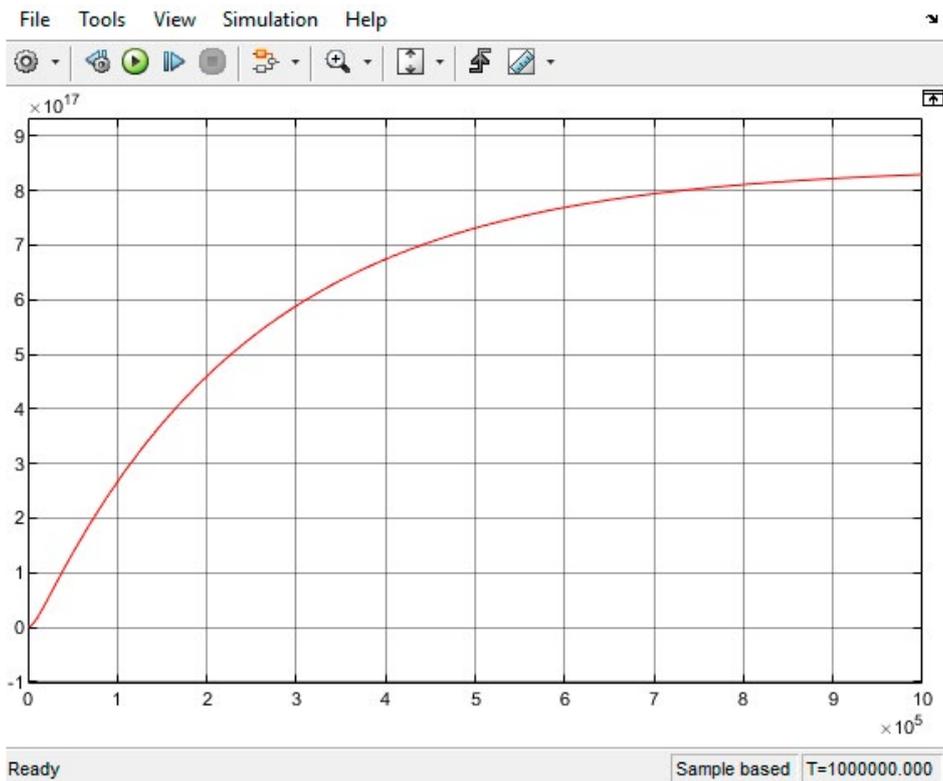


Рис. 6. Изменение концентрации самария

Практический интерес составляет визуализация изменений концентраций отравляющих веществ при сбросе и наборе мощности реактором. В качестве такой модели, вычисляющей изменение концентраций йода и ксенона, а также прометия и самария, можно предложить следующий вариант, представленный на рисунках 7 и 8 соответственно.

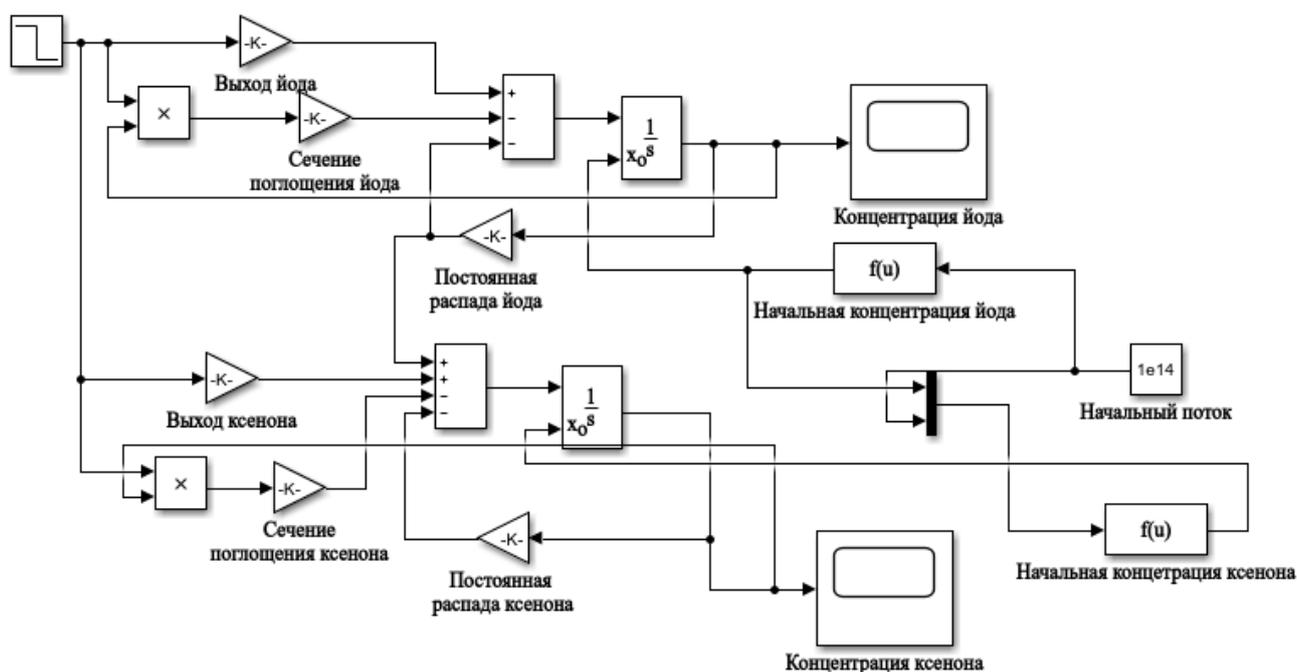


Рис. 7. Модель для исследования отравления ксеноном при сбросе и наборе мощности реактором

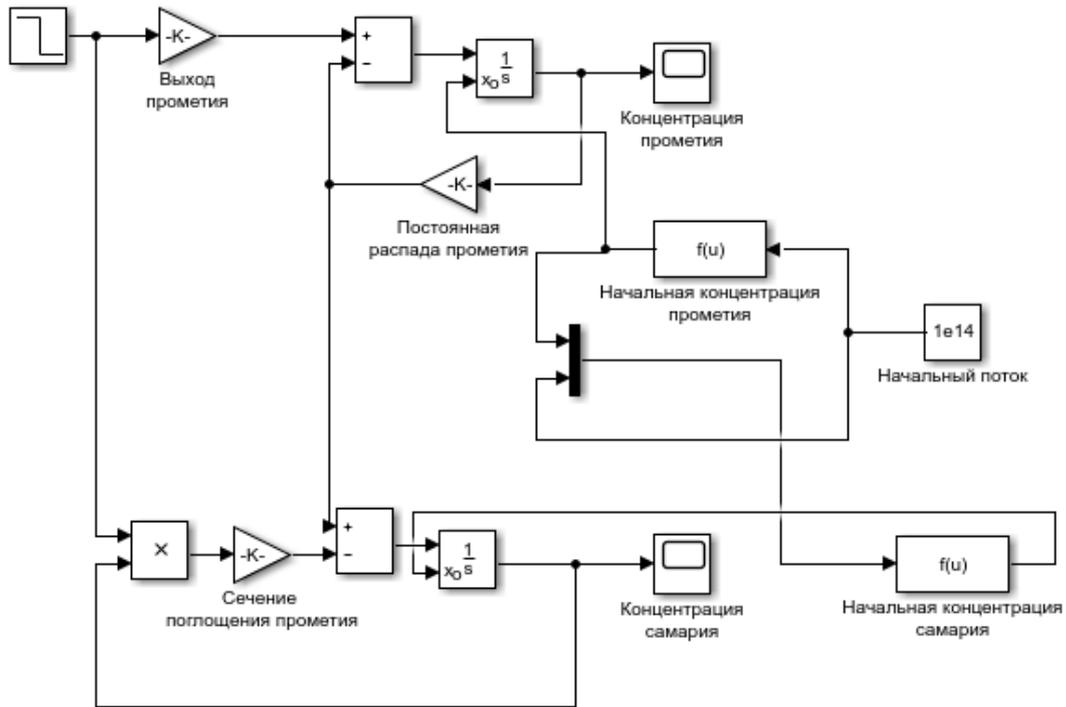


Рис. 8. Модель для исследования отравления самарием при сбросе и наборе мощности

Так как отравление реактора — это малоинерционный процесс, то необходимо в модели согласовывать масштабы времени переходных процессов. Например, в реакторе, работающем на 100 %  $N_{ном}$  происходит скачок реактивности и плотность потока уменьшается до 90 %  $N_{ном}$  и затем сохраняет свое постоянно значение. Переход на мощность осуществится в течение нескольких секунд, однако изменение концентраций мы будем наблюдать только в дальнейшей перспективе. Для этого в блоке начального потока зададим плотность потока  $10^{14}$  нейтрон/см<sup>2</sup>. Также необходимо со-

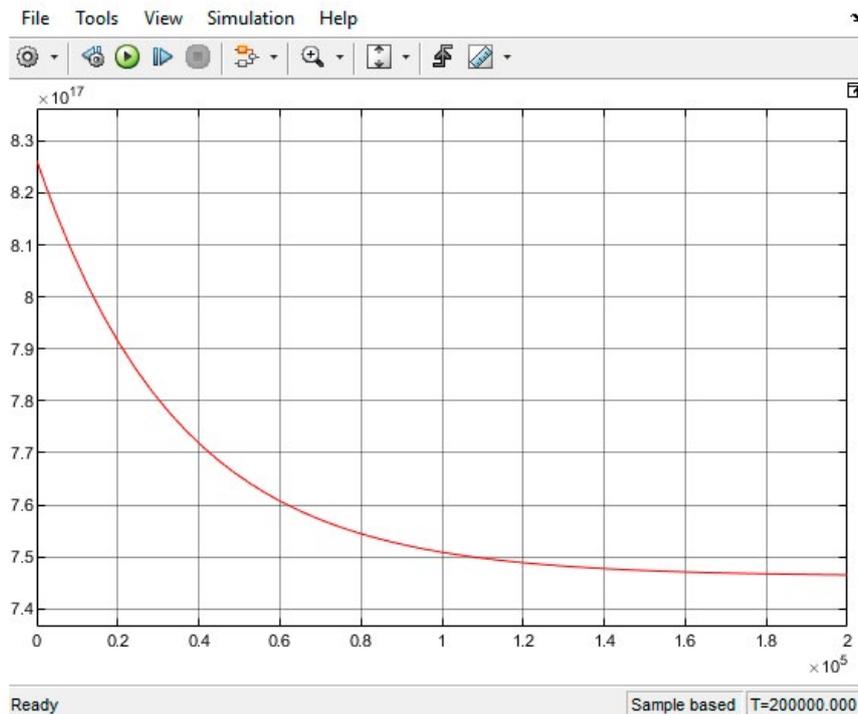


Рис. 9. Изменение концентрации йода при сбросе мощности на 10%

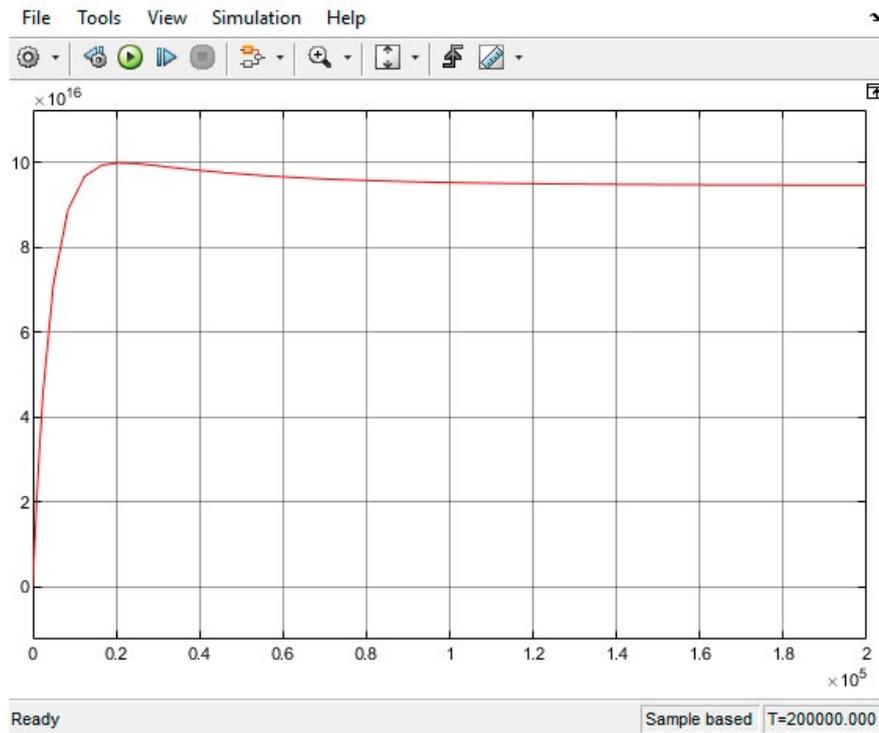


Рис. 10. Изменение концентрации ксенона при сбросе мощности на 10%

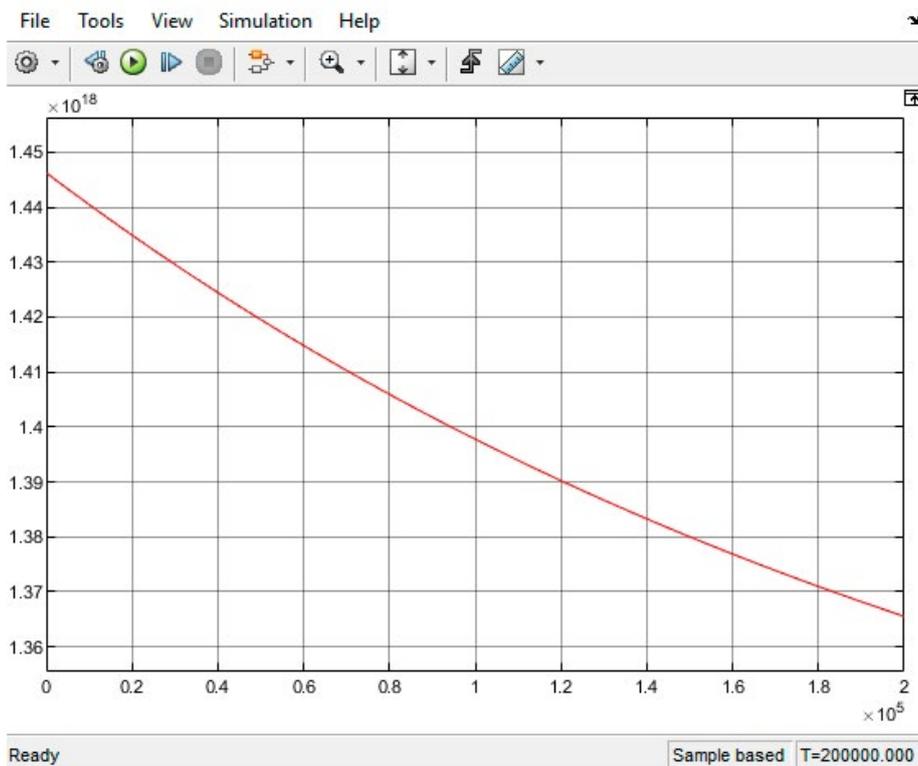


Рис. 11. Изменение концентрации прометия при сбросе мощности на 10%

гласовать эти данные с блоком Step, где в графе начальных условий задаем тоже значение, а в графе конечных условий —  $0.9 \cdot 10^{14}$  нейтрон/см<sup>2</sup>. Изменение концентраций йода и ксенона при таком сбросе мощности приведены на рисунках 9 и 10, а изменение концентрации самария и прометия на рисунках 11 и 12.

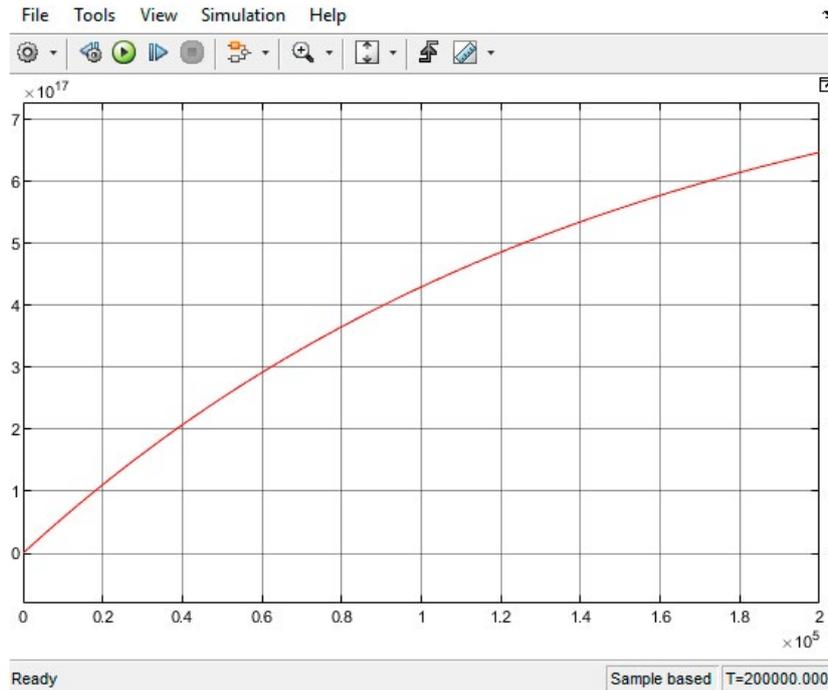


Рис. 12. Изменение концентрации самария при сбросе мощности на 10%

Очевидно, что отравление реактора ведет к уменьшению коэффициента размножения и, как следствие, к уменьшению запаса реактивности. Потери на отравление ксеноном приблизительно можно описать следующим уравнением:

$$q_{Xe} = \frac{p_{Xe} \sigma_{fU}}{\sigma_{cU}} \left( 1 + \frac{\Phi \sigma_{Xe}}{\lambda_{Xe}} \right) \tag{7}$$

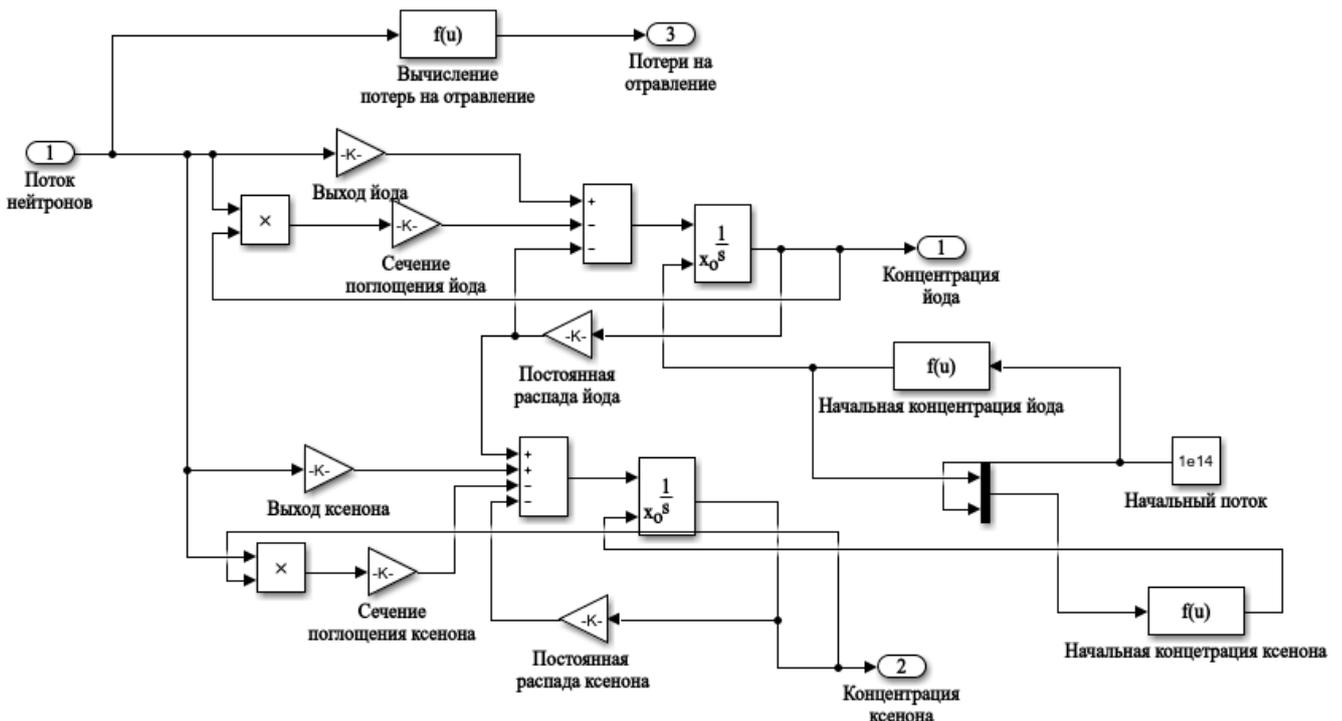


Рис. 13. Состав подсистемы ксенона

Аналогичным образом описывается потери на отравлении самарием:

$$q_{Sm} = \frac{P_{Sm} \sigma_{fU}}{\sigma_{cU}} \left( 1 + \frac{\Phi \sigma_{Sm}}{\lambda_{Pm}} \right) \tag{8}$$

где  $\sigma_{fU}$  — сечение деления урана — 235;

$\sigma_{cU}$  — сечение поглощения нейтронов ураном — 235.

Если пренебречь поглощением нейтронов в замедлителе, то приближенно можно считать, что реактивность уменьшается на значение отравления. Подсистемы Ксенон и Самарий, выполненные в Simulink, представлены на рисунке 13 и 14 соответственно.

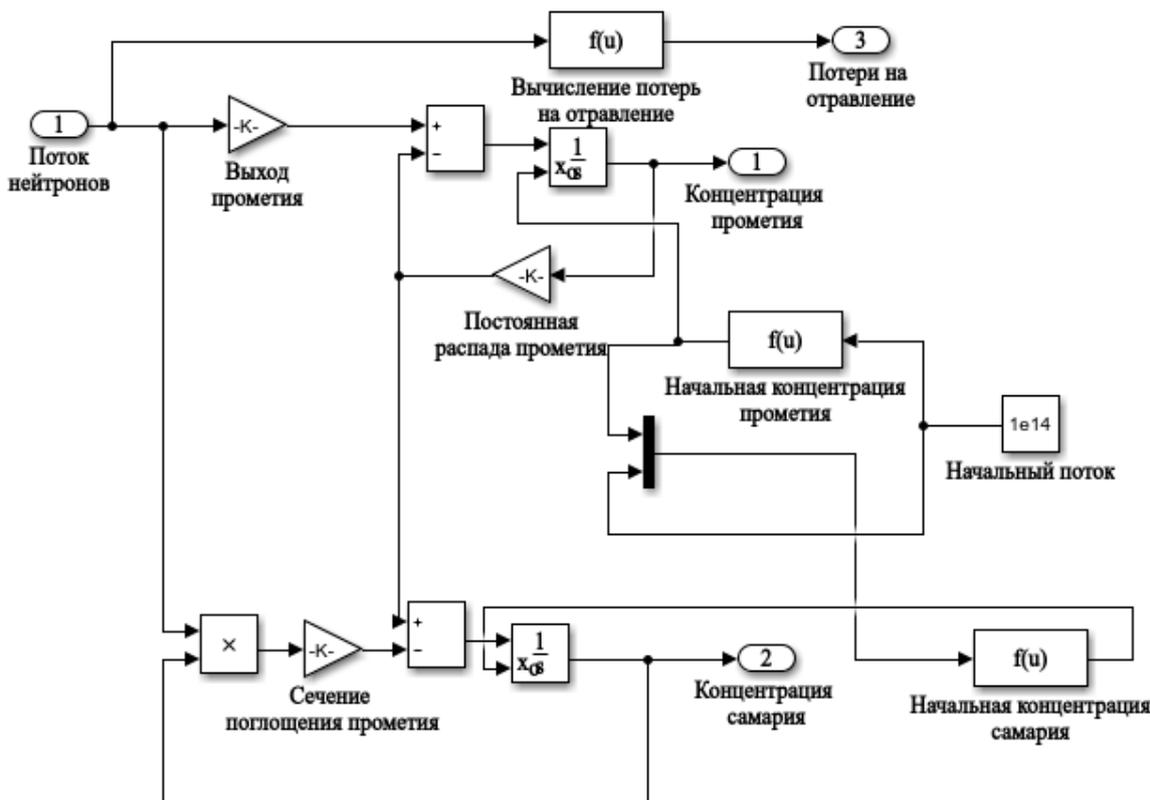


Рис. 14. Состав подсистемы самарий

В данных моделях вычисление потерь на отравление поступает на сумматор реактивности.

Литература:

1. Фейнберг с. М., Шихов С. Б., Троянский В. Б. Теория ядерных реакторов. — М.: Атомиздат, 1978. — 400с;
2. Дементьев Б. А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. — М.: Атомиздат, 1986. — 272с;
3. Галанин А. Д. Введение в теорию ядерных реакторов на тепловых нейтронах. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 536с;
4. Бартоломей Г. Г., Бать Г. А., Байков В. Д., Слухов М. С. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 512с.
5. Шульц М. А. Регулирование ядерных энергетических установок. — М.: Издательство иностранной литературы, 1957. — 460с.
6. Дурновцев В. Я. Отравление ядерного реактора продуктами деления. — Северск: Изд. СТИ НИЯУ МИФИ, 2012. — 61 с.

## Разработка мер для предотвращения утечек газового топлива при возникновении ДТП с газобаллонными автомобилями

Проценко Владислав Александрович, студент магистратуры;  
Ляченков Максим Александрович, студент магистратуры  
Волгоградский государственный технический университет

*В статье рассматривается возможность повышения мер безопасности газобаллонных автомобилей, путём применения устройства, отключающего подачу газа из баллона в случае возникновения аварийной ситуации.*

**Ключевые слова:** импульсное реле, аварийная ситуация, газовая магистраль, электромагнитный клапан, SRS.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ), сырьём для производства которых являются попутные нефтяные газы и газы, получаемые в процессе переработки нефти, все шире используется в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Положительные свойства СУГ как моторного топлива хорошо известны: они обладают высокой детонационной стойкостью, более широкими пределами воспламенения, меньшей токсичностью отработавших газов. В сравнении с бензином СУГ имеет более низкую стоимость при развитой сети газозаправочных станций. [1,2, 4]

В настоящее время применительно к бензиновым ДВС чаще всего реализуется концепция двухтопливного двигателя. Суть ее заключается в том, что существующий бензиновый двигатель дополнительно оснащается газобаллонным оборудованием (ГБО) для работы на СУГ. [3]

Количество автомобилей, прежде всего легковых, оснащенных ГБО, ежегодно увеличивается. А так как именно легковые автомобили наиболее часто попадают в ДТП (в 2019 г. с их участием случилось 119026 дорожно-транспортных происшествий [5]), повышается вероятность возникновения ДТП с газобаллонными автомобилями (ГБА). В данном случае особо опасным последствием ДТП считается утечка газа, которая может привести к возгоранию транспортного средства. Это представляет смертельную опасность для водителя и пассажиров, а также негативно влияет на экологическую ситуацию. Для предотвращения последствий ДТП с ГБА необходимо дополнительно предусмотреть возможность ограничения истечения газа из баллона и трубопроводов в случае возникновения подобного инцидента.

Для бензиновой системы подачи топлива разработаны дополнительные меры безопасности, сущность которых заключается в блокировке бензонасоса блоком SRS при возникновении аварийной ситуации. Данная мера защиты принудительно прекращает движение автомобиля для того, чтобы предотвратить возгорание топливной системы.

С целью поиска решения вопроса о повышении поставленной безопасности газобаллонных автомобилей, а также устранения возможных негативных факторов выбросов углеводородного газа при возникновении аварийных ситуаций следует рассмотреть возможность применения блокировки электромагнитных клапанов газового автомобильного оборудования в случае ДТП. Таким образом, повышение степени герметичности автомобильной газопроводной системы при возникновении чрезвычайной ситуации является важной и актуальной проблемой безопасности.

Решая поставленную задачу, необходимо провести аналогию с бензиновой системой топливоподачи. Для этого в системе отключения подачи газа предлагается отсекать топливную магистраль, следующую к двигателю внутреннего сгорания (ДВС), в случае возникновения аварийной ситуации. Если задаваться условием упрощения конструкции и использования только стандартно установленного оборудования, то в этих целях наиболее подходящим элементом системы ГБО является электромагнитный газовый клапан (ЭМК). Его задачей служит открытие/закрытие газовой магистрали. В зависимости от положения оборудования, управление данным клапаном осуществляется по сигналу от газового блока управления (ЭБУ СУГ), либо от кнопки переключения типа топлива, расположенной в салоне.

Для того чтобы реализовать перекрытие газопровода при ДТП необходимо произвести эмуляцию сигнала, который в обычных условиях подаётся от ЭБУ СУГ. В данной схеме управляющий сигнал может быть получен от разных источников, например, подушки безопасности. Так в случае ДТП, для активации подушки безопасности подаётся сигнал в виде +12 V, либо в виде замыкания минусового вывода электрической цепи (в зависимости от конструкции). Далее этот сигнал дублируется и отправляется на отключение электромагнитного клапана. По причине того, что электромагнитный клапан перекрывается только при отключении положительного контакта, необходимо в разрыв питающего провода ЭМК установить реле. На эту роль подходит «Импульсное реле 23.3777» (рис. 1).

Его необходимо подключить таким образом, чтобы на контакты № 2 и № 6 подавалось напряжение от аккумулятора, контакт № 3 был подключен к кузову (массе), контакты № 1 и № 4 были подключены в разрыв питающего провода ЭМК, а на контакт № 5 подключался сигнальный провод от подушки безопасности. Необходимо отметить, что данное реле работает только при подаче на контакт № 5 сигнала отрицательной полярности. В противном случае в систему необходимо добавить четырехконтактное реле. Оно устанавливается на сигнальный провод следующим образом: контакт № 86 подключается к кузову автомобиля, контакт № 85 подключается к сигнальному проводу, идущему от подушки безопасности, и имеющему положительную полярность. Контакт № 30 подключается к кузову автомобиля (массе), контакт № 87 подключается к сигнальному проводу, идущему от четырехконтактного реле к сигнальному реле на контакт № 5 (рис. 2). В итоге, при ак-



Рис. 1. Внешний вид импульсного реле 23.3777

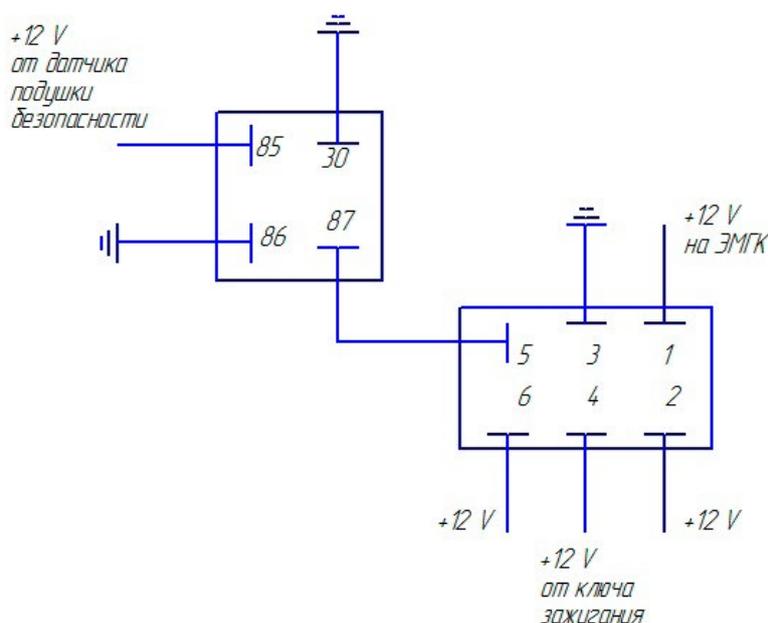


Рис. 2. Схема подключения импульсного реле

тивации подушки безопасности, мы можем реализовать кратковременное замыкание массы, необходимое для активации импульсного реле.

В случае если автомобиль не оснащен подушками безопасности, в качестве устройства, подающего сигналы для перекрытия газовой магистрали, может использоваться устройство

на базе Arduino. В его состав будут входить такие элементы как: плата Arduino (рис. 3) и специальный датчик положения (гироскоп и акселерометр) (рис. 4). При возникновении ДТП, как правило, превышаются нормальные для автомобиля значения ускорения и ориентации в пространстве. Эти изменения фиксирует данный датчик положения. Схема микроконтроллеров



Рис. 3. Плата ArduinoMega 2560 Rev3

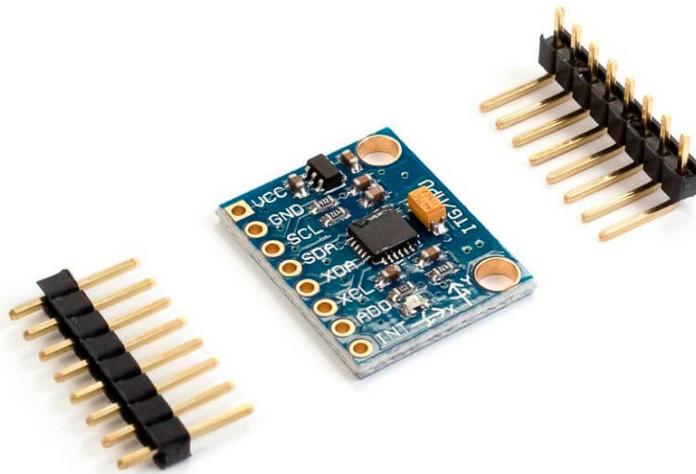


Рис. 4. Трехосевой гироскоп и акселерометр GY-521 (MPU6050)

Arduino будет запрограммирована таким образом, чтобы при превышении заданных значений ускорения или при фиксации переворота автомобиля датчиком положения, подавался выходной сигнал, который будет использован в системе аналогично сигналу от подушки безопасности.

К тому же на автомобилях, где отсутствует система блокирования подачи бензина при ДТП, но установлено ГБО, возможно реализовать перекрытие бензиновой магистрали с помощью бензинового электромагнитного клапана, подключенного аналогичным образом.

#### Литература:

1. Ефремова, Т. В. Технология получения и использования сжиженных газов / Т. В. Ефремова, П. П. Кондауров. — Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2018. — 110 с. — Текст: непосредственный.
2. Захаров, Е. А. Газобаллонное оборудование автомобилей / Е. А. Захаров, Ю. И. Моисеев. — Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2015. — 88 с. — Текст: непосредственный.
3. Лиханов, В. А. Применение и эксплуатация газобаллонного оборудования / В. А. Лиханов, Р. Р. Деветьяров. — Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. — 183 с. — Текст: непосредственный.
4. Федоров, А. Л. Сжиженные углеводородные газы: актуальность использования и особенности учета / А. Л. Федоров, Ю. Н. Вольнов, Р. П. Гордеева. — Текст: непосредственный // Транспорт на альтернативном топливе. — 2010. — № 3. — С. 48–53.
5. Годовая статистика ДТП за 2019 год [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://lgai.ru/publ/524565-gosavtoinspekciya-opublikovala-godovuju-statistiku-dtp-za-2019-god.html> — Загл. с экрана.

## Анализ и классификация известных методов и средств диагностики силовых масляных трансформаторов

Романов Александр Сергеевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*Рассмотрены особенности силового трансформатора как электрического аппарата. Выявлены основные опасные воздействия на силовые трансформаторы и виды дефектов силовых трансформаторов. Выполнен анализ средств и методов диагностики силовых масляных трансформаторов.*

**Ключевые слова:** силовой масляной трансформатор, техническое состояние, методы и средства диагностики.

**Ж**изненный процесс трансформатора представляет собой ряд последовательных и взаимосвязанных временных этапов: исследование, проектирование, изготовление, транс-

портировка, монтаж, эксплуатация и утилизация. Очевидно, что возникновение дефектов возможно на каждом из этапов. Например, на стадии исследования могут быть упущения

каких — либо особенностей эксплуатации (засоленные грунты, предполагающие повышенную частоту грозových разрядов), конструкторские просчеты, производственные дефекты и т.д.

В рамках настоящей работы будут рассмотрены различные воздействия на трансформаторы на этапе эксплуатации. Данные эффекты принято разделять на две группы: внешние и внутренние.

К внешним воздействиям относятся влияния окружающей среды: прямые разряды молнии в токоведущие части СТ, влияние температуры и ее колебаний, солнечная радиация, осадки и сопутствующие комплексы и системы: коммутационные перенапряжения и другие скачки напряжения, короткие замыкания во внешних цепях, внезапные изменения нагрузки, качество тока сети [7].

Внутренние воздействия можно четко классифицировать на технические: износ, старение, резонансы с производительностью системы, внутренние передачи энергии и т.д. эксплуатационные (воздействия (бездействие) персонала при проведении технического обслуживания): нарушения осмотров, контроля, ремонтов, наладок, испытаний, а также других плановых и профилактических работ [4].

Жизненный цикл трансформатора имеет ряд ступеней, каждый из которых требует контроль состояния. На самом деле контроль начинается на стадии проектирования и представляет собой разработку модели с последующим экспериментом.

На стадии изготовления проверяется качество материалов, отдельных деталей и качество сборки. На основе успешных выходных испытаний составляется паспорт изделия, содержащий основные технические данные [10]. Существует известный опыт использования автоматических тестовых стендов, которые формируют и печатают паспорт без участия специалиста [9].

Такие устройства позволяют устранить ошибки в работе персонала и снизить затраты. После транспортировки и хранения, к которым также предъявляется ряд требований, трансформатор проходит входные испытания заказчика [8]. Перед вводом в эксплуатацию установленный трансформатор подвергается испытаниям, предусмотренным правилами устройств электроустановок [6]. Исходя из анализа повреждений и их причин, отметим, что основной поток отказов происходит на стадии эксплуатации.

Этот факт, а также учет возможных затрат, связанных с аварийными отключениями трансформаторов, оправдывает наибольший объем работ по проверке состояния в течение эксплуатационного периода. Представляем следующую классификацию мероприятий по диагностированию состояния трансформаторов в процессе эксплуатации [1]:

1. Мероприятия, которые не требуют прикосновения к рабочему трансформатору: мониторинг показаний приборов, сигнализация приборов и внешние проверки.

2. Мероприятия, которые не требуют отключения, но связаны с необходимостью прикосновения к трансформатору или его вспомогательным устройствам: отбор проб масла, измерение вибрации, извлечение газа из газового реле, срабатывающего по сигналу, и др.

3. Мероприятия, которые выполняются на отключенном трансформаторе: определение состояния изоляции, обмоток,

магнитопровода, высоковольтных входов, коммутационных аппаратов и др.

4. Мероприятия, которые выполняются на трансформаторе, выведенном в ремонт.

Первые две группы мер являются функциональными методами, которые не требуют отключения трансформатора. Вторые две группы являются методами испытаний, которые требуют отключения трансформатора. В свою очередь, функциональные методы можно классифицировать по степени автоматизации: неавтоматизированные, автоматизированные и автоматические, а также по режиму работы: выборочный, периодический, непрерывный [1].

По аналогии с классификацией дефектов мы рассмотрим методы диагностики в виде трех условных групп в зависимости от характера контролируемого параметра: физические, физико-химические и электрические [5].

### Физико-химические способы диагностики

Внутренние повреждения можно выявить, проверив состояние трансформаторного масла. На свойства масла влияют локальные перегревы, частичные разряды в масле и твердой изоляции, искры в контактных соединениях, влажность, загрязнение, окисление, естественное старение и др.

Во время физико-химического анализа масла возможно контролировать следующие показатели качества [3]:

*Механические примеси*, представляющие собой осадок или суспензию нерастворенных веществ: пыль, волокна, частицы лакокрасочных материалов и др. Кроме того, в результате горения электрической дуги в масле образуются твердые обугленные частицы, называемые взвешенным углеродом. Наличие нерастворенных частиц можно определить, поднеся стеклянный сосуд к свету, встряхнув перед просмотром.

*Влагосодержание масла*, даже в небольших концентрациях, существенно определяет его свойства. Увеличение содержания влаги может свидетельствовать либо о разгерметизации трансформатора, либо о значительном старении масла. Содержание влаги 20 контролируется количеством водорода, выделяющегося при взаимодействии масла с гидридом кальция.

*Влагосодержание твердой изоляции* измеряется в лабораторных условиях с помощью специальных образцов, расположенных под соответствующим люком или кусками изоляционного картона. В связи с необходимостью разгерметизации трансформатора, очевидно, что этот метод используется при капитальном ремонте.

*Кислотное число масла* соответствует количеству едкого калия, необходимого для нейтрализации кислот в 1 г масла.

*Водорастворимые кислоты и щелочи* в масле указывают на его окисление и разрушение.

*Стабильность масла* определяется его искусственным старением в специализированных установках.

*Газосодержание* измеряется абсорбционным счетчиком. Его величина определяется при дегазации и азотировании масла.

*Состав газа, не растворенного в масле*, контролируется на газоанализаторе или хроматографе. После взятия пробы из газового реле контролируются следующие компоненты: водород,

метан и этан, ацетилен и этилен, монооксид углерода, углекислый газ. Исходя из объемного содержания газов, делаются выводы о возможных причинах их появления: электрическая дуга в масле или на твердой изоляции, нагрев, частичные разряды.

*Состав газа, растворенного в масле*, проводят на хроматографе. Лаборатория указывает на отклонение от нормы содержания растворенных газов: диоксида углерода CO<sub>2</sub>, монооксида углерода CO, водорода H<sub>2</sub>, кислорода O<sub>2</sub>, азота N<sub>2</sub> и углеводородов: метана ацетилена C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, этилена C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. С помощью хроматографического анализа можно выявить дефекты твердой изоляции, частичные разряды и перегрев металла.

*Содержание соединений фурана* определяется старением твердых изоляционных материалов из бумаги и картона, состоящих из молекул целлюлозы. Результатом химических реакций с участием целлюлозы являются соединения фурана. Существует зависимость между содержанием производных фурана и диэлектрическими параметрами изоляции. Определение содержания фурановых соединений возможно хроматографическим и диэлькометрическим методами.

### Физические способы диагностики

К данной группе относятся методы, основанные на контроле физических параметров трансформатора и его элементов: физических свойств масляной изоляции, давления, температуры, вибрации [2].

*Температура вспышки* определяет способность масла испаряться, что увеличивает его вязкость и изменяет его состав. Температуру можно определить следующим образом: поместить масло в закрытую емкость и контролировать температуру вспышки выделяющихся газов, которые смешиваются с воздухом.

*Температура застывания* — это самая высокая температура, при которой вязкость масла увеличивается настолько, что при наклоне пробки под углом 45 градусов ее уровень не меняется в течение 1 минуты. Очевидно, что увеличение температуры застывания масла приводит к ухудшению состояния трансформаторных систем.

*Температура наиболее нагретой точки* контролируется датчиками, установленными в местах наибольшего нагрева. Сложность установки точечных датчиков ограничивает использование таких измерений. Задача выбора расположения датчиков в зонах наибольшего нагрева решается с помощью волоконно-оптических датчиков, встроенных в узлы при изготовлении.

*Температура верхних слоев масла* контролируется датчиками, установленными на верхней части охладителя. Необходимо обращать внимание на то, что измеряемая температура может существенно отличаться от температуры наиболее нагретых точек.

*Достоверность* может быть повышена путем соотнесения температуры верхних слоев с температурой наиболее нагретой током нагрузки.

*Коэффициенты модели* могут быть определены путем тестирования трансформатора. На основании температурных условий можно рассчитать старение изоляции. Температура

наружных поверхностей трансформатора и его контактных соединений (тепловизионный контроль) контролируется высокочувствительным термографическим оборудованием — тепловизорами. Основным преимуществом метода является то, что можно выявить дефекты оборудования при эксплуатации на ранней стадии их возникновения.

*Вибрация обмоток и сердечника* измеряется акселерометрами, установленными на стенках резервуара. Частоты в диапазоне 10–1000 Гц контролируются. На холостом ходу основным источником колебаний является магнитная цепь; в режиме нагрузки магнитопровод и обмотки.

*Звуковые колебания* регистрируются акустическими датчиками. Способ такого контроля позволяет отслеживать дефекты в разрядных устройствах, устройствах, регулирующих напряжение, а также частичные разряды на изоляции. Акустические методы также позволяют определять образование пузырьков в трансформаторном масле. Для регистрации звуковых волн на трансформаторе установлены пьезоэлектрические датчики. Напряжение пробоя масла проверяется в стандартном разряднике, который представляет собой два электрода (сферический или плоский), расположенные взаимно параллельно в фарфоровой посуде на расстоянии 2,5 мм. Снижение напряжения пробоя указывает на развивающийся дефект в трансформаторе, сопровождаемый его загрязнением или старением.

*Тангенс угла диэлектрических потерь* отражает изменение активной составляющей тока через реальный диэлектрик, который можно использовать для оценки износа изоляции. Измерение tg δ проводится в электротехнической лаборатории.

*Коэффициент поглощения* — это отношение сопротивлений изоляции, измеренное через 60 секунд после подачи напряжения от мегомметра и через 15 секунд. Коэффициент поглощения характеризует степень влажности и загрязнения изоляции и лежит в диапазоне 1,5–2 для сухого, близкого к 1 для влажного.

*Испытание высоковольтной изоляции* проводится специальными трансформаторами с промышленной частотой напряжения. Считается, что изоляция прошла испытание, если не зафиксировано резкое увеличение токов, трещин или других признаков поломки. Этот метод позволяет идентифицировать скрытые дефекты, которые трудно обнаружить другими методами.

*Сопротивление обмоток постоянному току* контролируется во время работы и не должно значительно изменяться со временем. Из-за малого сопротивления обмоток они измеряются с помощью перемычек или методом падения напряжения. Изменение сопротивления может указывать на износ контактных соединений, межвитковые неисправности. Рассмотренным способом можно оценить состояние контактов устройства РПН.

*Опыт работы на холостом ходу* традиционно проводится во время выходных испытаний на заводах-изготовителях и после капитального ремонта с целью выявления возможных дефектов в первичной обмотке и магнитной цепи. Классическая схема представляет собой измерение тока и мощности потерь на холостом ходу при номинальном напряжении, что позволяет оценить параметры эквивалентной цепи первичной обмотки и ветви намагничивания. Отклонение измеренных

значений от паспорта не должно отличаться более чем на 10%. Известны способы контроля аналогичных параметров схемы замещения трансформатора по мгновенным значениям тока и напряжения.

*Опыт короткого замыкания*, а также *опыт холостого хода*, в основном, проводится у производителей, результатом которого являются значения напряжения короткого замыкания и потери мощности. Для организации эксперимента одна обмотка замыкается накоротко, а ко второй подается более низкое напряжение. Увеличивая напряжение, они достигают номинального тока во вторичной обмотке и фиксируют его. Сопротивление короткого замыкания можно оценить по отношению приложенного напряжения к току, возникающему в результате этого [7].

*Контроль значений сопротивления короткого замыкания* в процессе работы позволяет отслеживать деформацию обмоток в результате протекания через них сверхтоков. Известны способы контроля сопротивления короткого замыкания по мгновенным значениям тока и напряжения.

*Индуктивность обмоток* контролируется мгновенными значениями тока и напряжения в каждый период основной частоты тока. Индуктивность рассчитывается в реальном времени и сравнивается с заданным значением. Реакция обмоток на импульсы низкого напряжения также позволяет отслеживать изменение геометрии трансформатора. Метод представляет собой осциллографию переходных процессов, вызванных короткими импульсами. В методе могут использоваться как искусственно генерируемые импульсы, так и эффекты естественных возбудителей — коммутационные и грозовые всплески. Номограмма снимается с рабочего трансформатора, которая затем сравнивается с осциллограммой, полученной во время работы.

*Частотные характеристики обмоток* определяются путем подачи напряжения, изменяющегося по частоте, на их входы, а в нейтрали или в других обмотках регистрируются отклики — реакции на сигнал особой формы. Метод частотной характеристики считается более чувствительным, чем метод низковольтных импульсов.

*Уровень частичных разрядов (ЧР)* можно контролировать с помощью электрических и акустических датчиков. Основная проблема электрической записи ЧР — это помехи от сети и нагрузки. Для решения этой проблемы используются цифровые и адаптивные фильтры. Размещение датчиков в резервуаре особенно эффективно. Расположение датчиков и подключение их системы мониторинга позволяет получать двух- и трехмерные снимки.

*Коэффициент трансформации* трансформатора в условиях эксплуатации измеряется методом двух вольтметров и сравнивается с заводскими значениями. Отклонения не должны превышать 2%.

*Группа трансформаторных соединений* характеризует угол между линейными векторами напряжения одних и тех же фаз. Несоответствие в группе может указывать на то, что отводы неправильно подключены к выводам трансформатора.

*Фазировка трансформатора с сетью* производится перед подачей на аппарат напряжения, в местах его установки.

*Емкостный метод* контроля изоляции входов заключается в измерении величины тока дисбаланса в нулевом проводе звезды, образованном соединением измерительных отводов трех трансформаторных входов. Если один из входов поврежден, то его емкость увеличивается, что увеличивает дисбаланс тока.

*Диэлькометрический метод* измерения влажности основан на зависимости диэлектрических характеристик материала от его влажности. Принцип основан на организации переменного электрического поля с помощью датчика диэлькометрического прибора на контролируемом участке и измерении его диэлектрических характеристик.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что важную роль при диагностике масляных трансформаторов играет системный подход к оценке состояния силовых трансформаторов, при котором оценка состояния базируется на результатах различных измерений и учете конструктивных особенностей диагностируемых объектов, что позволяет повышать достоверность полученных результатов.

#### Литература:

1. Алексеев, Б. А. Системы непрерывного контроля состояния крупных силовых трансформаторов / Б. А. Алексеев // *Электр. станции.* — 2000. — № 8. — С. 62–70.
2. Русов, В. А. Системы диагностического мониторинга силовых трансформаторов / В. А. Русов // *Электр.* — 2009. — № 6. — С. 35–37.
3. Хренников, А. Ю. «On-line» система защиты и мониторинга механического состояния обмоток силовых трансформаторов и реакторов / А. Ю. Хренников // *Вест. СамГТУ.* — Технические науки. — 2007. — № 2(20). — С. 158–163.
4. Хренников, А. Ю. Опыт диагностики силового трансформаторного оборудования / А. Ю. Хренников [и др.] // [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://diarost.ru/publications> [дата обращения 27.05.2012].
5. МУ 14–606–2010. Методические указания по проведению испытаний вводов и проходных изоляторов. — Парижмонтажремонт. — 2010. — 14 с.
6. РД 16 363–87. Трансформаторы силовые: Транспортирование, разгрузка, хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://transform.ru/sst/\\$rd/16.363–87.htm](http://transform.ru/sst/$rd/16.363-87.htm) [дата обращения 27.05.2010].
7. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание. — М.: ЗАО «Энергосервис». — 2002. — 280 с.
8. Голоднов, Ю. М. Контроль за состоянием трансформаторов. — М.: Энергоатомиздат. — 1988. — 88 с.: ил.
9. Трансформаторы трехфазные силовые масляные: Каталог продукции низкого напряжения. — Самара.: Управляющая компания «Электроцит»-Самара. — Выпуск 6. — 60 с.: ил.
10. Захаров, О. Г. Поиск дефектов в электрооборудовании: Справ. пособие для сред. ПТУ. — М.: Вышш. Шк. — 1986. — 127 с.: ил.

## Разработка рецептуры мучного кондитерского изделия с пониженным содержанием жира для здорового питания

Рубан Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент;

Графчикова Альбина Вагифовна, студент;

Ботянова Арина Васильевна, студент;

Горбова Мария Викторовна, студент

Московский государственный университет пищевых производств

*Работа состоит в разработке рецептуры кексов с пониженным содержанием жира и введением пектина яблочного, для оказания благоприятного влияния на микрофлору кишечника, моторную функцию желудочно-кишечного тракта, желчевыводящие пути и желчный пузырь, систему гемостаза крови, состояние углеводного и липидного обмена. При введении пектина яблочного удалось установить, оптимальную дозировку в 9% от массы жира. Удалось выявить зависимость органолептических показателей на снижение жира и введение пектина. На «вкус» и «запах» никак не влияет. «Форма», «поверхность», «структура» и «вид в изломе» показатели, благодаря которым так же удалось выявить лучший образец. При введении пектина яблочного различие в щелочности всего на 0,1 градус. Удельный объем при введении пектина снова увеличился на 0,4 (см)<sup>3</sup>/г, что благоприятно влияет как на внешний вид изделия. Таким образом в одном 20 г кексе содержится 0,405 г пектина, оно удовлетворяет физиологической потребности человека, вследствие чего, это изделие является обогащенной продукцией и соответствует ГОСТ Р 52349–2005.*

**Ключевые слова:** кекс, пектин яблочный, обогащение, функциональный, показатели качества.

Современное производство, следуя стратегии научно-технического развития Российской Федерации, нуждается в введении обогащенных, функциональных мучных кондитерских изделий. [1] Исследуя рынок, основываясь на прогнозах маркетологов, введение функциональных мучных кондитерских изделий будет положительно сказываться на спросе и сбыте продуктов. [5] Данное изделие среди кондитерских изделий имеет свой спрос на рынке пищевых продуктов от 7 до 12%. Но если рассматривать кексы со стороны пищевой ценности для потребителей, можно увидеть не очень хорошую картину, большое количество жиров, простых углеводов, отсутствие витаминов, минеральных компонентов, пищевых волокон. Поэтому исследования на тему обогащения мучных кондитерских изделий, для повышения их физико-химических, реологических и органолептических показателей, очень актуально в настоящее время.

Исследуя сборник рецептов получилось выявить, что в мучных кондитерских изделиях, а именно в кексах, присутствуют только вкусо-ароматические добавки, такие как цукаты, орехи, сухофрукты, ядра, кунжут, и т.д. Отсутствие в мучных кондитерских изделиях, обогащающих веществ, сказывается на полезности изделий и включение их в систему правильного питания.

Главной целью научной работы является разработка рецептуры с пониженным содержанием жира и введением некоторого количества пектина. А также указать влияние на физико-химические, реологические и органолептические показатели, которые будут соответствовать ГОСТ 15052–2014.

Для этого был поставлен ряд задач:

- Изучить влияние введения пектина яблочного в мучные кондитерские изделия на физико-химические, реологические и органолептические показатели качества готовой продукции.
- Разработать рецептуру мучного кондитерского изделия с пониженным содержанием жира и введенным в него пектином яблочным, который должен соответствовать физико-хи-

мическим, реологическим и органолептическим показателям качества готового изделия, соответствующий ГОСТ 15052–2014. Так же готовое обогащенное изделие должно соответствовать ГОСТ Р 52349–2005, для подтверждения своей функциональной направленности. [4]

### Объекты и методы исследования

Кексы (ГОСТ 15052–2014 Кексы) — это мучные кондитерские изделия, они приготовлены из сдобного теста с большим содержанием яйцепродуктов, сахара, жира, с добавлением ценных по вкусу наполнителей — изюма, цукатов, фруктов, орехов и др. От этого они обладают приятным вкусом, ароматом, высокой калорийностью (около 360 ккал, или 1506 кДж на 100 г) [3]

Исследования проводятся на кексах, приготовленных с помощью химических разрыхлителей и пониженным содержанием жира.

В работе использовалась мука пшеничная 1 сорта, соответствующая ГОСТ Р 52189–2003. Сахар белый, соответствующий ГОСТ 33222–2015. Масло сливочное, соответствующее ГОСТ 32261–2013. Яйца, соответствующие ГОСТ 31654–2012. Химический разрыхлитель, соответствующий ГОСТ 32802–2014. Соль пищевая, соответствующая ГОСТ Р 51574–2018. Пектин, соответствующий ГОСТ 29186–91.

При работе использовались общепринятые и специальные методы исследования сырья, готового изделия и полуфабриката: физико-химические, реологические и органолептические.

Влажность теста измеряли на приборе К. Н. Чижовой, методику измерений проводили по ГОСТ 15052–2014. Влажность готового изделия определяли на влагомере лабораторном электронном МХ-50 А&D (Япония). Щелочность кексов определяли в соответствии с ГОСТ 5898–87. Удельный объем измеряли в соответствии с ГОСТ 15052–2014. Плотность измеряли в соответствии с ГОСТ 15052–2014.

### Результаты и их обсуждение

Были произведены анализы на кексе на химических разрыхлителях с пониженным содержанием жира и добавлением пектина.

Исследование физико-химических и реологических показателей теста и готового продукта с различным содержанием пектина, представлено в таблице 1

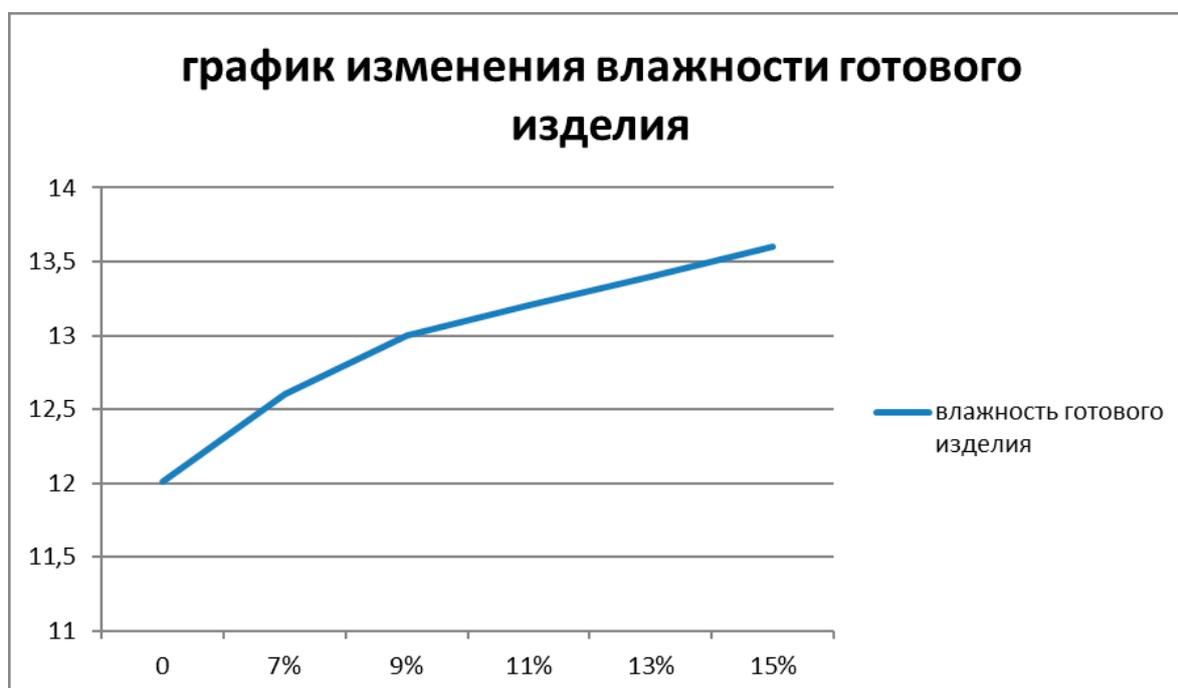
Таблица 1. Влияние на физико-химические показатели качества готового изделия с различной дозировкой пектина

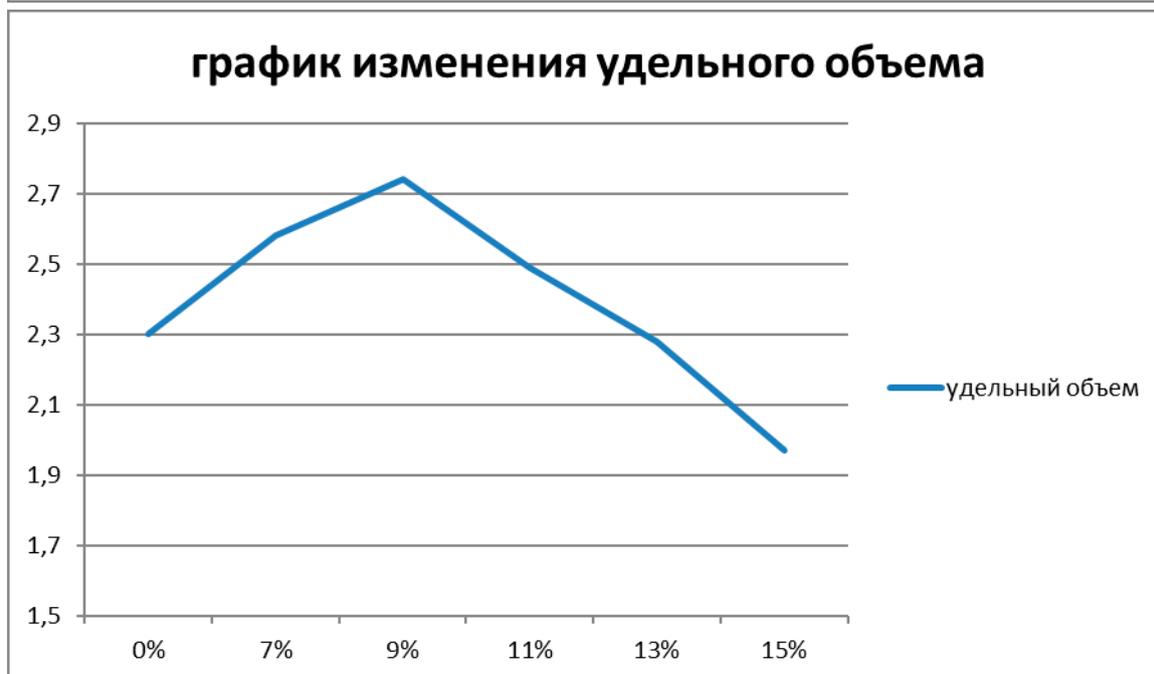
Показатели	Дозировка пектина, % от массы жира					
	0	7	9	11	13	15
Влажность полуфабриката, %	23	23,5	24	25	25,5	26
Влажность готового изделия, %	12,01	12,6	13,0	13,2	13,4	13,6
Щелочность, град	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	0,43	0,38	0,36	0,4	0,43	0,5
Удельный объем см <sup>3</sup> /г	2,3	2,58	2,74	2,49	2,28	1,97

Полученные экспериментальные данные говорят о том, что влажность теста увеличивается при введении пектина на 0,5–4,0%. Максимально приближенное значение влажности полуфабриката при снижении жира, которое соответствует ГОСТ 15052–2014, было получено при добавлении 9% пектина, от массы жира. При введении пектина более 9% влажность теста возрастала, что не соответствует показателям ГОСТ 15052–2014.

Массовая доля влаги готового изделия увеличивается при введении пектина на 0,5–1,5%, это объясняется тем, что расходуется дополнительное количество воды при введении пектина. Щелочность кекса при введении пектина не претерпевала ни-

каких изменений. В анализируемых образцах так же было замечено, как снижение плотности с 0,43 до 0,36 кг/м<sup>3</sup>, так и вновь увеличение с 0,4 до 0,5 кг/м<sup>3</sup>. Удельный объем возрастает при введении 7 и 9% пектина, от массы жира, на 0,28–0,44%, но снижается при введении 11 и более% пектина, от массы жира, на 0,25–0,57%. Такая зависимость объясняется тем, что водопоглощительная способность пектина приводит к тому, что образуется более вязкая эмульсия, а из этого следует снижение пенообразования, именно поэтому у кексов с высоким содержанием пектина более плотный мякиш и уменьшенный объем. Ниже приведены графики изменения основных физико-химических показателей кекса с пониженным содержанием жира.





Органолептическая оценка кекса с добавлением пектина

Таблица 2. Органолептические показатели качества готового изделия с различной дозировкой пектина

Наименование показателя	Содержание пектина в готовом изделии, от массы жира, %				
	7%	9%	11%	13%	15%
<b>Форма (1–5 баллов)</b>	5	4,98	4,9	4,8	4,6
<b>Поверхность (1–10 баллов)</b>	9,7	9,88	9,5	9,4	9,0
<b>Структура (1–12,5 баллов)</b>	12,2	12,5	12,25	12,0	11,4
<b>Вид в изломе (1–12,5 баллов)</b>	12,0	12,4	12,2	11,5	11,25
<b>Запах (1–5 баллов)</b>	5	5	5	5	5
<b>Вкус (1–5 баллов)</b>	4,9	5	4,9	4,8	4,6
<b>Комплексная оценка</b>	8,1	8,29	8,1	7,9	7,64

Анализ результатов оценки органолептических показателей кекса свидетельствует о том, что введение пектина не оказывает влияние на запах. Значения при введении пектина на 9%, от массы жира, являются приближенными к контрольному значению, являются лучшими из возможных образцов. На основе полученных физико-химических, реологических и органолептических результатов, выявили лучшую дозировку введения

пектина в мучное кондитерское изделие, 9% от массы жира. Добавка в такой дозировке является продуктом с улучшенными потребительскими свойствами. Таким образом в одном 20 г кексе содержится 0,405 г пектина, оно удовлетворяет физиологической потребности человека, вследствие чего, это изделие является обогащенной продукцией и соответствует ГОСТ Р 52349–2005. [2]

#### Литература:

1. «О стратегии научно-технического развития Российской Федерации» Указ Президента РФ № 642 от 01.12.2016. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime>
2. ГОСТ Р 52349–2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с Изменением N1) — М.: Стандартинформ, 2005
3. Магомедов, Г. О. Технологии продуктов питания из растительного сырья: мучные кондитерские изделия / Г. О. Магомедов, И. В. Плотникова, Т. А. Шевякова. — учебное пособие. — Воронеж: гос. ун-т. инж. технол. — Воронеж, 2018. — 147 с.с. — Текст: непосредственный.
4. Методические рекомендации МР 2.3.1.1915–04 «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ». — М., 2004. — 36 с.
5. Хлебное дело // Хлебопечение России. — 2016. — № 6. С. 4–8

## Система автоматического регулирования расхода поливных систем

Сердобинцев Юрий Павлович, доктор технических наук, профессор;  
Макарова Анастасия Алексеевна, студент  
Волгоградский государственный технический университет

*Проведен анализ существующих схем каскадных насосных станций. Разработан универсальный функциональный блок управления. На основе данной схемы автоматизации и электрической принципиальной схема каскадной насосной станции была запущена модульная насосная станция.*

**Ключевые слова:** насосная установка, каскадной насосной станции, системами автоматического управления, преобразователей частоты.

## Automatic flow control system for irrigation systems

Serdobintsev Yuriy Pavlovich, doctor of technical sciences, professor;  
Makarova Anastasiya Alekseevna, student  
Volgograd State Technical University

*The analysis of existing schemes of cascade pumping stations is carried out. A universal functional control unit has been developed. Based on this automation scheme and the electrical schematic diagram of the cascade pumping station, a modular pumping station was launched.*

**Keywords:** pumping plant, cascade pumping station, automatic control systems, frequency converters.

Решение проблемы полной автоматизации объекта при работе с минимально необходимым энергопотреблением, повышая при этом качество водоснабжения — вот основная задача, которая стоит перед предприятиями сельскохозяйственными предприятиями и производителями оборудования для них [1, с. 45].

Для создания напора в системах орошения используются насосы. В настоящее время в этой сфере наибольшее распространение получили центробежные насосы [2, с. 53]. Для привода насосов используются преимущественно асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором [3, с. 67]. Насос в сово-

купности с электроприводом и передаточным механизмом образует насосный агрегат (НА). Для обеспечения работы одного или нескольких НА в требуемом режиме необходим целый комплекс оборудования: трубопроводы, запорная и регулирующая арматура, контрольно-измерительная аппаратура, а также аппаратура управления и защиты. НА с необходимым оборудованием образует насосную установку (НУ). Для создания требуемого напора и обеспечения подачи зачастую применяют несколько НУ, работающих на общую сеть. Сооружение, в состав которой входят одна или несколько НУ, а также вспо-

могательные системы и оборудование называется насосной станцией (НС). В зависимости от требуемой суммарной характеристики НУ соединяются между собой или параллельно, или последовательно, или смешанным образом. Наиболее часто в сфере орошения НУ работают параллельно и подают воду в один напорный трубопровод. Режим работы НС существенно зависит от изменения режима водопотребления. Приведение в соответствие водопотребления и подачи осуществляется системами автоматического управления (САУ), стабилизирующими расход в сети по заданному значению. В современных НС применяется два основных способа регулирования производительности: каскадное и частотное. Каскадное регулирование состоит во включении и выключении параллельно установленных насосов. Частотное регулирование позволяет регулировать производительность НС за счет изменения частоты вращения насосов с помощью преобразователей частоты (ПЧ). Комбинирование каскадного и частотного регулирования производительности группы НУ является наиболее эффективным средством с точки зрения технико-экономических показателей. При данном способе регулирования отмечается снижение энергопотребления насосных станций на 10–45%, сокращение расходов на эксплуатацию и ремонт оборудования, а самое главное — оптимизация технологического процесса и высокая точность поддержания мгновенного расхода [4, с. 10].

В данное время разработкой, проектированием и выпуском САУ занимается множество частных фирм и компаний. В связи с износом и устареванием оборудования объектов орошения производится реконструкция насосных станций и все большее применение частотно регулируемого привода. Как показывает практика срок окупаемости установки оборудования автоматических систем управления и регулирования на станциях водоснабжения составляет от 3 месяцев до 2 лет.

Несмотря на кажущуюся простоту создания САУ стабилизации расхода в системе, из-за отсутствия методик и рекомендаций в технической литературе, всем компаниям, что занимаются разработкой таких систем, приходится самостоятельно решать множество возникающих проблем при разработке алгоритмов управления автоматических станций.

В ходе выполнения работы было принято решение о создании универсального функционального блока в программе управления который позволит управлять насосами произвольного количества с произвольной силовой частью.

Для реализации этой задачи был выбран программный пакет SoMachine 4.3 представляет собой универсальное ПО для технической разработки, которое подходит для всех устройств управления производства Schneider Electric. Оно объединяет в себе программирование в соответствии с требованиями МЭК 61131, конфигурирование полевых шин и диагностику оборудования. Оптимальная согласованность аппаратного и программного обеспечения. При помощи SoMachine можно реализовать трудоемкие концепции автоматизации.

В ходе выполнения этой задачи был разработан универсальный функциональный блок управления.

Он осуществляет следующие функции:

- контроль давления на входе и выходе насосной;
- контроль расхода воды;

- мониторинг давления на входе и на выходе насосной;
- мониторинг расхода воды;
- учет наработки на часы насосов водоподдачи;
- индикация аварийных ситуаций;
- ведения журнала аварий;
- автоматическое регулирование работы насосов водоподдачи по заданным уставам расхода.

Система работает по следующему алгоритму. Она осуществляет контроль над расходом в выходном коллекторе. При уменьшении расхода система автоматического управления увеличивает частоту на ПЧ. При достижении верхнего порога регулирования ПЧ, насос переходит от управления напрямую. При увеличении расхода система автоматического управления уменьшает частоту на ПЧ. При достижении нижнего порога регулирования ПЧ, если включен не один насос, насос которым управляет ПЧ, отключается, а частотный преобразователь начинает замедлять другой включенный насос.

При обнаружении сухого хода система полностью останавливается. При обнаружении аварии ПЧ система уходит в общую аварию. После сброса аварии систему можно запустить в ручном режиме.

Существующие системы управления насосными станциями не являются универсальными, что приводит к тому, что при создании новой каскадной станции приходится писать программу управления под конкретную конфигурацию силовой части и количества насосов.

В результате выполнения данной работы была систематизирована информация по известным существующим видам каскадных насосных станций, нашедших применение в системах подачи на водоросение в существующих автоматизированных системах управления каскадными насосными станциями в системах. Сделан вывод, что наиболее перспективным является комбинированные системы имеющие в своем составе частотные преобразователи, устройства плавного пуска и коммутирующее оборудование для прямого пуска насосов.

Проведен анализ существующих схем каскадных насосных станций и выявлены наиболее оптимальные для соответствующих требований к системе;

Разработана универсальная программа для управления каскадной насосной станцией с произвольно выбранной силовой электрической базой;

Разработана математическая модель для данной системы;

Разработана схема автоматизации и электрическая принципиальная схема каскадной насосной станции;

Обоснована и выбрана элементная база для реализации представленной схемы и алгоритма.

Внедрение данной схемы на насосных станциях водоснабжения поможет улучшить выходные характеристики для потребителя, улучшить надежность сети водоснабжения, уменьшить износ насосного оборудования и сократит расходы на потребляемую электроэнергию.

В эксплуатацию была запущена модульная насосная станция основной задачей, которой является орошения полей. В качестве программы управления был использован функциональный блок, разработанный в ходе выполнения данной работы.

Литература:

1. Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1986. — 320с.: ил.
2. Лобачев П. В. Насосы и насосные станции. М.: Стройиздат. 1990.
3. Мичков В. И. Электрооборудование насосных и компрессорных станций. — М.: Недра, 1991. — 131с.
4. Ильинский Н. Ф. Основы и перспективы применения регулируемого электропривода насосов и вентиляторов. // Тезисы докл. I Международной конференции по автоматизированному электроприводу. — СПб., 1995. — С. 12.
5. Сербин Ю. В., Прокопов А. А., Бугров В. П. Параллельная работа насосных агрегатов при использовании технологии частотного регулирования. — Информационный бюллетень 2007 № 2, ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «АРТ».

## Методика подсчета характеристик природного газа с учетом увеличения влагосодержания

Спивак Владислав Сергеевич, студент магистратуры  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Несмотря на полную теоретическую и практическую доказанность присутствия парообразной влаги в пластовых газах практически всех газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных залежей и ее возможного влияния на их разработку, в России до последнего времени в большинстве случаев не рассматривалось влияние фазовых переходов воды на разработку газовых и газоконденсатных месторождений.

Присутствие водяного пара влияет на состав пластового газа, на его начальный и текущий конденсато-газовый фактор, на давление начала конденсации и конденсатоотдачу.

Разработка большинства газовых и газоконденсатных месторождений осуществляется при упруговодонапорном режиме. Хотя некоторые залежи эксплуатируются и при газовом режиме. Для обоих режимов характерно снижение пластового давления. Несмотря на снижение давления, пластовая температура остается постоянной, что было подтверждено опытом разработки газовых и газоконденсатных месторождений. Известно, что изотермическое понижение пластового давления приводит к возрастанию влагоемкости пластового газа, и дефицит влаги компенсируется частичным испарением остаточной воды [1].

Поэтому при проектировании разработки газоконденсатных месторождений появился вопрос учета увеличения влагосодержания природного газа на весь период разработки. Так

как пластовое давление снижается изотермически, то изменение влагосодержания природного газ во времени — функция пластового давления, то есть:

$$W(t) = f(P(t)) \tag{1}$$

Моделирование процесса разработки производится посредством программных пакетов Eclipse (PVTi) и Petrel. Программа ECLIPSE отвечает за решение уравнений фильтрации флюида в пласте, уравнений фазового состояния пластовой смеси и др. Программа Petrel — это интегрированная среда геолого-гидродинамического моделирования, обладающая удобным интерфейсом для выполнения процессов проектирования скважин, задания свойств породы и флюида, выбора стратегии разработки и т.д.

Для того, чтобы насытить геологическую модель флюидом с определенными свойствами, необходимо произвести расчет всех необходимых характеристик в программном пакете ECLIPSE (PVTi) и экспортировать полученные характеристики в программный пакет Petrel. Для вычисления характеристик флюида в программу необходимо задать состав пластовой смеси в объемных концентрациях. Но прежде содержание пластовой смеси необходимо пересчитать на наличие в газе паров воды, согласно рисунку 1. Поэтому выделяется проблема пересчета состава газовой или газоконденсатной смеси [2, 3].

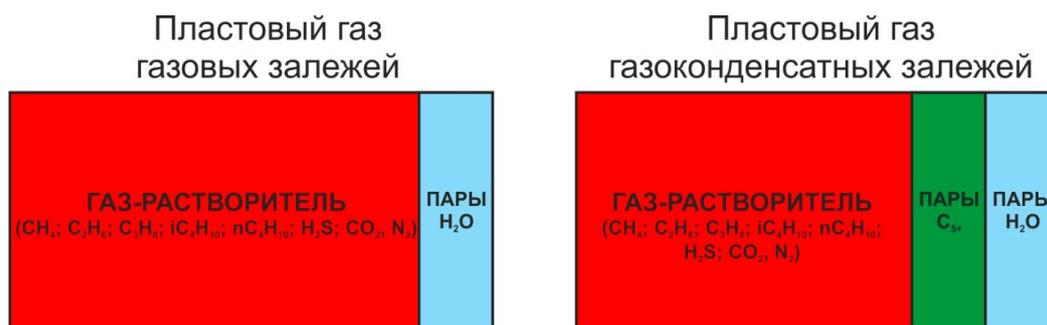


Рис. 1. Флюиды пластового газа газовых и газоконденсатных залежей

Таким образом разработана методика для подсчета характеристик природного газа с учетом увеличения влагосодержания:

1) выбор и обоснование методики расчета влагосодержания (в зависимости от начального пластового давления и пластовой температуры выбирается наиболее оптимальный и высокоточный метод расчета влагосодержания природного газа) [4];

2) расчет влагосодержания  $W$  при начальном пластовом давлении;

3) пересчет мольных долей каждого компонента в составе пластовой смеси с учетом паров воды;

4) моделирование эксперимента дифференциальной конденсации (расчет характеристик PVT (1) природного газа) в программе ECLIPSE (PVTi) и выгрузка таблиц (каждая характеристика рассчитывается в зависимости от пластового давления  $P_{пл}(t)$ , с шагом уменьшения давления на 1МПа). При этом рассчитываются следующие параметры:

а. конденсато-газовый фактор — объем конденсата в объеме газа (oil-gas ratio OGR) [ $\text{м}^3/\text{м}^3$ ];

б. объемный коэффициент газа ( $B_g$ ) [ $\text{м}^3/\text{м}^3$ ] — отношение объема газа, который он занимает в пластовых условиях, к тому объему, который он будет занимать при пересчете его в поверхностные условия;

с. вязкость газа,  $\mu_r$  [сПз].

5) расчет влагосодержания  $W$  при давлении забрасывания (как было описано ранее влагосодержание природного газа по мере падения пластового давления увеличивается, и следует рассчитать эту разницу);

6) пересчет мольных долей каждого компонента в составе пластовой смеси с учетом паров воды;

7) расчет характеристик PVT(2) природного газа в программе ECLIPSE (PVTi);

8) вычисление истинных характеристик PVT(P) природного газа от давления (на любой период эксплуатации месторождения) путем интерполяции результатов PVT(1) и PVT(2):

$$PVT(P) = \frac{PVT_1(P) - PVT_2(P)}{P_{нач.пл.} - P_{кон.пл.}} * (P - P_2) + PVT_2(P) \quad (2)$$

Литература:

1. Лобастова Г.С. Прогнозирование влагосодержания газа в системах газодобычи: дис. канд. техн. наук: 25.00.17.— Уфа, 2003.— 153 с.
2. Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа: учебное пособие / Е. А. Гладков; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012.— 99 с.
3. Пятибратов П. В. Гидродинамическое моделирование разработки нефтяных месторождений: Учеб. пособие для вузов.— М.: Российский государственный университет нефти и газа имени И. М. Губкина, 2015.— 167 с.
4. Formula calculation methods of water content in sweet natural gas and their adaptability analysis. <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2014.11.004>

## Основания дорожных одежд из укрепленных грунтов повышенной прочности и морозоустойчивости

Степанец Виктор Георгиевич, кандидат технических наук, доцент;  
Герасимова Светлана Алексеевна, студент магистратуры  
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (г. Омск)

*В статье авторы обращают внимания дорожников на материал, который по своим свойствам превосходит широко распространенные щебеночные и цементогрунтовые материалы, применяющиеся для устройства оснований дорожных одежд.*

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, основание дорожных одежд, цементогрунт, щебень, укрепленный грунт, шлакощелочное вяжущее.

Использование грунтов, укрепленных различными вяжущими в дорожном строительстве известно давно. При строительстве оснований дорожных одежд используют местные грунты и вяжущие: цемент, известь, битум и др. На основании выполненных теоретических и практических работ профессорами, докторами технических наук В.М. Безруком, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаевым, И.И. Черкасовым, М.Н. Першиным, С.В. Шестоперовым, С.М. Сергеевым и другими изучены физико-механические свойства укрепленных грунтов [1,2,3].

Большую роль в изучении свойств и внедрении укрепленных грунтов в основаниях дорожных одежд Сибири и Дальнего Востока внесли ученые Сибирского автомобильно-дорожного университета (СибАДИ) под руководством к.т.н, профессора В.М. Могилевича: Р.П. Щербакова, В.В. Пермяков, В.П. Никитин, А.В. Смирнов, А.О. Славущий, В.Н. Шестаков, В.Г. Степанец, В.В. Сиротюк, С.Ф. Филатов и другие [3,4,5].

Начиная с 60-х годов по 80 годы в этих регионах при научных сопровождениях были построены опытные участки дорог с ос-

нованиями из укрепленных грунтов и началось практическое внедрение. Первые участки дорог были построены в Омской области, затем в Курганской, Новосибирской, Иркутских областях, Красноярском крае, Улан-Уде, Чите, Владивостоке, в Северном Казахстане и даже на о. Сахалин.

Только в Омской области в эти годы было построено более 300 км дорог с основаниями из укрепленных грунтов. В основном строились дороги IV категории, но были также построены участки дорог третьей, второй и первой категории.

Выполненными работами и практическим внедрением доказано, что грунты, укрепленные цементом и другими вяжущими материалами, обладают достаточно высокой прочностью, морозостойкостью и долговечностью.

К тому же полученные материалы значительно дешевле привозных щебеночных материалов повсеместно используемых при строительстве оснований дорожных одежд. По результатам выполненных работ были разработаны нормативные документы и рекомендации.

На основании этих рекомендаций и разработке других научно-исследовательских институтов разработан ГОСТ 23558–94 — «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства».

Согласно этому ГОСТу пригодность укрепленных грунтов оценивается по трем критериям: прочностью при сжатии, прочностью при растяжении на изгиб и морозостойкостью. Самым распространенным видом вяжущего при укреплении грунтов является цемент. Лучшим прочностным показателем

при укреплении цементом обладают крупнообломочные материалы и пески.

Большое распространение имеют связные грунты — супеси суглинки. Применение суглинков ограничивается числом пластичности, рекомендуемое для использования не более 12. Кроме того связные грунты перед обработкой их цементом должны быть измельчены дорожными фрезами до размеров частиц менее 5 мм не более 25% и частиц 10 мм не более 10%.

Исследования показывают, что суглинистые грунты хотя и имеют достаточную прочность при укреплении их цементом, но как правило не морозоустойчивы.

С целью получения более прочного материала при укреплении местных грунтов нами были выполнены исследования с использованием вместо цементного вяжущего шлакощелочного вяжущего.

Шлакощелочные вяжущие — это гидравлические вяжущие вещества, в которых алюмосиликатные компоненты представлены гранулированными доменными молотыми шлаками, а щелочной — силикатными и не силикатными компонентами соединениями щелочных металлов, дающих в воде щелочную реакцию.

При затворении молотых доменных гранулированных шлаков используется растворы содощелочного плава и растворы едких щелочей, играющие роль не активатора (катализатора), а компоненты вяжущего.

Для исследования были выбраны местные грунты — пески, супеси и суглинки, молотые доменные гранулированные шлаки магнитогорского металлургического комбината (ММК) растворы содощелочного плава и растворы едких щелочей.

Таблица 1. Физико-механические свойства грунтов

Характеристика	Иртышский песок
Модуль упругости	1,8–2,0
Коэффициент фильтрации, м/сутки	1,4–1,5
Объемная масса, т/м <sup>3</sup>	1,6
Плотность, т/м <sup>3</sup>	2,6
Содержание пылеватых и глинистых частиц, определенных методом отмучивания, %	2–3

Химический состав доменных шлаков КМК представлен в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав доменных шлаков

Годы	Содержание оксидов, %									Модуль основности	Модуль активности
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	FeO	S	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O		
2013	36,75	13,09	39,94	7,13	0,15	0,36	0,53	0,77	1,29	0,95	0,36
2014	36,74	12,44	40,22	7,39	0,18	0,32	0,60	0,73	1,28	0,97	0,34
2015	36,67	12,27	40,31	7,52	0,19	0,41	0,53	0,88	1,20	0,98	0,33

Как видно, химический состав шлаков весьма стабилен и незначительно изменяется не только в течение года, но и в течение ряда лет. Из приведенных результатов химического состава шлаков ММК видно, что в шлаках преобладают в основном окислы SiO<sub>2</sub> и CaO около 76–78%, содержание окислов Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> находится в пределах 12–13%.

По гранулометрическому составу доменные гранулированные шлаки содержат фракции менее 5 мм и представляют собой остеклованный шероховатый материал серого цвета.

Молотый шлак должен иметь удельную поверхность 300 м<sup>2</sup>/кг.

Щелочные компоненты вяжущего вводились в состав молотого шлака в виде растворов содощелочного плава и смесей едких щелочей.

Содощелочной плав вводился в состав вяжущего в виде растворов различной плотности от 1,1 до 1,26 г/см<sup>3</sup>.

Содощелочной плав представляет собой куски различных размеров в виде пластин неправильной формы и по физико-химическим показателям соответствует ТУ 6–03–294–71. Химический состав содощелочного плава представлен в таблице 3.

Таблица 3. Химический состав содощелочного плава

Наименование щелочного компонента	Содержание оксидов, % по массе			
	Na <sub>2</sub> CO	NaOH	NaCl	Нерастворимые примеси
Содощелочной плав	64,6	16,4	2,0	до 17

Физико-механические показатели содощелочного плава представлены в таблице 4.

Таблица 4. Физико-механические показатели содощелочного плава

№ п/п	Наименование показателя	Норма по ТУ 6–03–294–71	Фактически
1	Внешний вид	Куски неправильной формы различных размеров	Куски в виде пластин различных размеров
2	Содержание общей щелочи в пересчете на улучшенный Na и сухое вещество, % не менее	94	95
3	Цвет	От светло-серого до светло-коричневого	Светло-серый
4	Потери при прокаливании, % не более	5,0	-

Содощелочной плав следует предварительно измельчать и растворять в воде при температуре 50–70 °С. Растворение содощелочного плава производят в закрытых металлических емкостях с принудительным перемешиванием сжатым воздухом (барбация) при давлении воздуха до 2 атм. или в лопастных мешалках. Плотность раствора щелочного компонента назначают в зависимости от типа и требуемой прочности укрепленного грунта.

Время растворения содощелочного плава в воде составляет соответственно при температуре: 20 °С — 1 час 46 минут; 60 °С — 21 минута.

Для приготовления водных растворов щелочных компонентов требуемой плотности применяется вода, пригодная для

питья. Использование стоячих, промышленных и болотных вод не допускается.

Для исследования свойств шлакощелочных вяжущих определяли основные характеристики тонкость помола шлака (остаток на сите 0,08), нормальную плотность теста, сроки схватывания и активность шлакощелочного вяжущего.

Нормальная плотность исследованных нами шлакощелочных вяжущих изменяется в пределах 27–29%. С увеличением плотности растворов щелочных компонентов нормальная плотность вяжущего возрастает, что приведено в таблице 5.

Изменение нормальной плотности теста и сроков схватывания, вяжущего представлены на рис. 1, 2.

Таблица 5. Нормальная плотность шлакощелочного вяжущего

Наименование материала	Количество раствора, г	Количество раствора, %	Плотность раствора, т/м <sup>3</sup>	Нормальная плотность, %
Шлакощелочное вяжущее	112	28	1,15	28
	114	28,5	1,18	28,5
	116	29	1,20	29

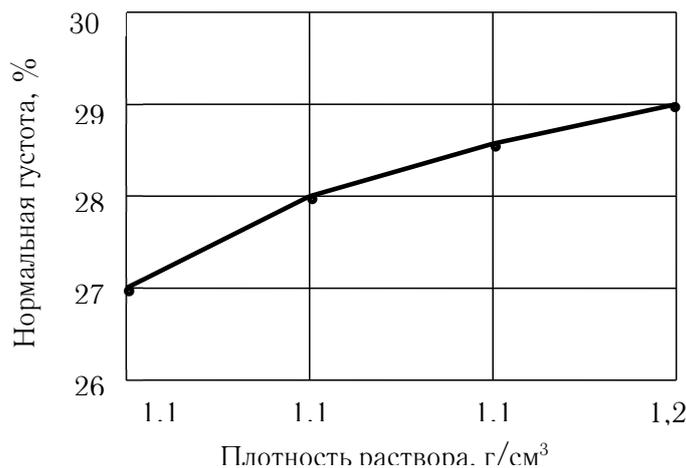


Рис. 1. Зависимость НГ от плотности раствора содощелочного плава

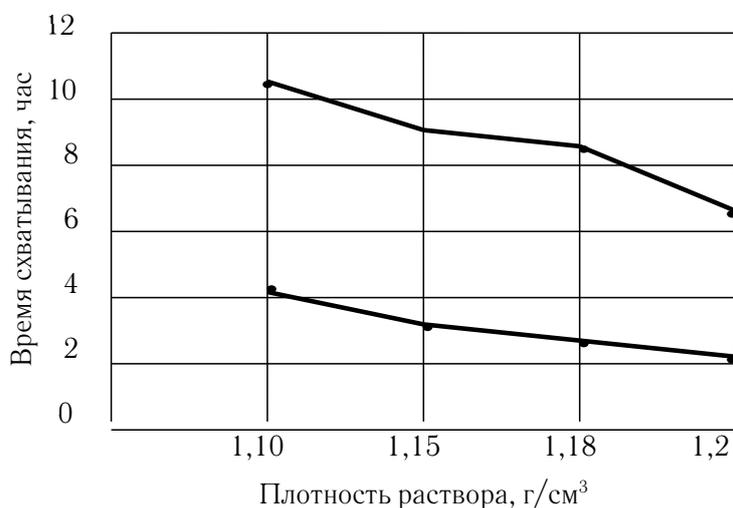


Рис. 2. Зависимость сроков схватывания вяжущего от плотности раствора содосодержащего плава

Начало схватывания — время, прошедшее с момента затворения до того, когда игла прибора Вика не будет доходить до дна на 1–2 мм.

Конец схватывания — время, прошедшее с момента затворения до момента, когда игла опустится в тесто на 1–2 мм.

Сроки схватывания шлакощелочного вяжущего представлены в таблице 6.

Активность шлакощелочного вяжущего устанавливали в возрасте 28 суток. Молотые шлаки затворяли щелочными растворами определенной плотности. Изготовленные стандартные

образцы перед помещением их в воду выдерживали в течение 3 суток в нормальных условиях.

Испытание образцов размером 40x40x160 мм на изгиб проводили на приборе МИИ-100. Половинки балочек испытывали на сжатие.

Физико-механические свойства шлакощелочного вяжущего приведены в таблице 7.

Проектирование составов укрепленных грунтов заключается в определении наиболее целесообразных соотношений материалов: грунта, молотого шлака, щелочного компонента.

Таблица 6. Сроки схватывания шлакощелочного вяжущего

Наименование материала	Плотность раствора, г/м <sup>3</sup>	Сроки схватывания	
		начало	конец
Шлакощелочное вяжущее	1,15	185 (3 часа 05 мин)	570 (9 часов 30 мин)
	1,18	150 (2 часа 30 мин)	510 (8 часов 30 мин)
	1,20	130 (2 часа 10 мин)	405 (6 часов 45 мин)

Таблица 7. Физико-механические свойства шлакощелочного вяжущего

Состав ШЩВ			Плотность раствора, т/м <sup>3</sup>	R <sub>изг</sub> , МПа	R <sub>сж</sub> , МПа
песок, г	молотый шлак, г	щелочной раствор, г			
1500	500	200	1,15	6,95	26,6
1500	500	200	1,18	7,12	31,6
1500	500	200	1,20	7,23	35,5

Основными критериями при подборе, по которым оценивается пригодность того или иного состава, из грунтов, укрепленных ШЩВ приняты предел прочности при сжатии и изгибе водонасыщенных образцов в возрасте 28 суток и морозостойкость.

Долговечность материала оценивается по снижению прочности после попеременного замораживания — оттаивания.

Исходными параметрами при проектировании состава смеси являются: характеристика исходных компонентов, требуемый класс прочности материала, предлагаемая технология производства работ.

Для получения максимальной плотности при уплотнении и для нормального протекания основных и вторичных процессов структурообразования необходимо оптимальное количество воды. Влияние влажности на изменение объемной массы скелета, укрепленного грунта и его прочность проводили на местных намывных песках.

Установлено, что грунты, укрепленные шлакощелочным вяжущим, имеют максимальные значения плотности и прочности при оптимальной влажности (рисунок 3).

Под оптимальной влажностью понимают количество водного раствора содощелочного плава.

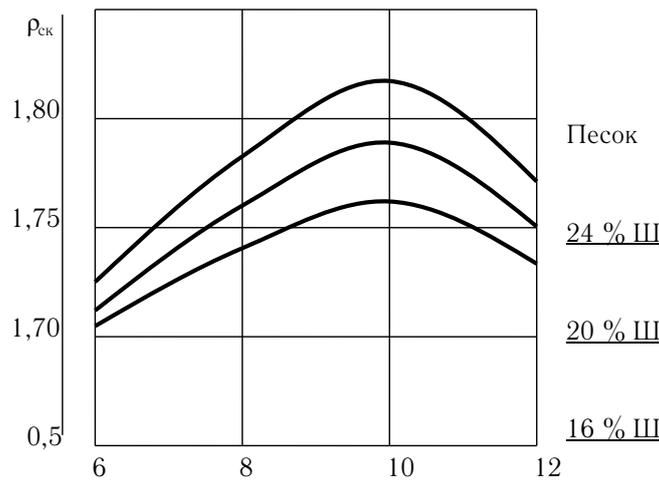


Рис. 3. Зависимость плотности скелета укрепленного грунта от влажности

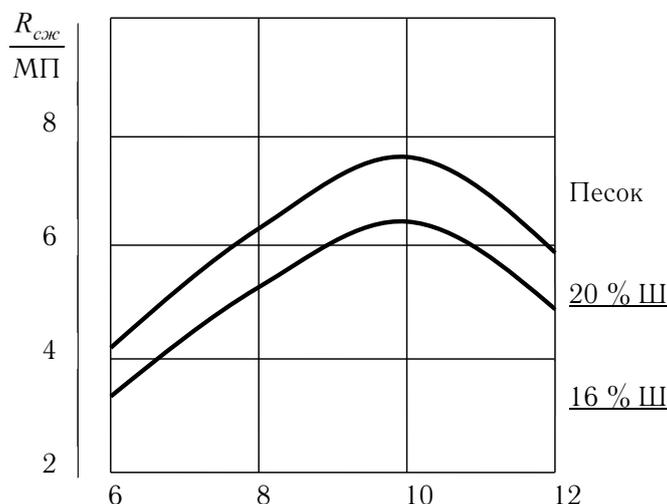


Рис. 4. Зависимость предела прочности при сжатии от влажности

Для песков оптимальная влажность равна 10%. На величину оптимальной влажности влияет вид грунта и количество вводимого молотого шлака. Оптимальная влажность увеличивается.

Изучение влияния плотности щелочных растворов производилось при дозировке молотого шлака 16%. При увеличении плотности щелочного раствора, предел прочности при сжатии увеличивается.

Количество молотого шлака также оказывает существенное влияние на прочностные характеристики укрепленных грунтов. Изучение влияния дозировки молотого шлака производилась

на различных песках с использованием в качестве щелочных компонентов растворов содощелочного плава плотностью 1,18 т/м<sup>3</sup> и смеси едких щелочей плотностью 1,2 т/м<sup>3</sup> (рис. 5).

Удельная поверхность молотого шлака при этом составляла 320 м<sup>2</sup>/кг. Дозировку молотого шлака назначали от 14 до 24%.

Как видно из результатов, с увеличением дозировок молотого шлака с 14 до 24% прочность непрерывно возрастает. Зависимость между дозировкой шлака и прочностью укрепленных грунтов прямолинейна.

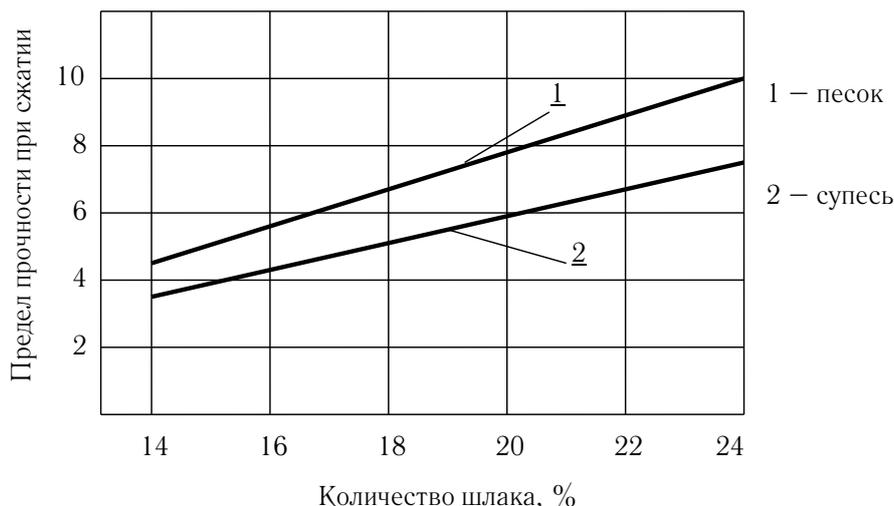


Рис. 5. Зависимость прочности при сжатии от количества молотого шлака для содощелочного плава

На основе полученных данных можно утверждать, что для получения требуемого класса прочности необходимо выдерживать строго определенное количество молотого шлака, его удельную поверхность, плотность раствора щелочных компонентов и их количество.

Опыт строительства и эксплуатации оснований дорожных одежд из грунтов, укрепленных ШЩЦВ, показывает, что на их прочность и долговечность большое влияние оказывают технологические факторы, такие как: степень измельчения грунтов, точность дозирования составляющих компонентов, время между увлажнением и уплотнением смеси, качество приготовления смеси, степень уплотнения готового слоя, условия твердения.

Длительность технологического процесса существенно отражается на качественных показателях укрепленных грунтов. Если в лаборатории время с момента перемешивания смеси до её уплотнения составляет минуты, то при строительстве это время достигает 4–5 часов.

Из полученных результатов видно, что наилучшими условиями твердения являются нормальные в камере с гидравлическим затвором, а при воздушно-сухом хранении образцы снижают прочность до 50%. Поэтому, при устройстве оснований из грунтов, укрепленных ШЩЦВ, за готовым слоем необходимо устраивать тщательный уход путем розлива пленкообразующих материалов, битума и т.д.

На основании вышеуказанных выводов нами предложены следующие рекомендуемые составы грунтов, укрепленных ШЩЦВ.

Рекомендуемые составы грунтов представлен в таблице 8.

Таким образом, получен материал, грунт укрепленный шлакощелочным вяжущим повышенной прочностью и морозостойкостью.

При строительстве оснований дорожных одежд из полученного материала технологическая последовательность следующая.

Таблица 8. Рекомендуемый состав грунтов

Грунт	Количество молотого шлака, %	Количество щелочного раствора, %	Плотность раствора, т/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии R28, МПа	Коэффициент морозостойкости (число циклов замораживания — оттаивания)			
					10	15	10	15
Песок	16	10	1,18	6,8	5,9	5,7	0,87	0,84

Смесь грунта, молотого шлака и щелочного раствора приготавливают на базе в грунтосмесительной установке типа ДС-50А. готовую смесь транспортируют на дорогу автосамосвалами. Укладывают универсальным укладчиком типа ДС-97, укатывают самоходными пневмокатками за 12–16 проходов

по одному следу и производят уход с помощью автогудронатора розливом битумной эмульсии из расчета 0,3–0,4 л. на 1м<sup>2</sup>. После технологического перерыва (7 суток) по устроенному основанию укладывают слои покрытия из асфальтобетонной или щебеночномастичной смеси.

#### Литература:

1. Безрук В. М., Лысихина А. И. Основы стабилизации грунтов. — М.: Дориздат, 1944.
2. Тулаев А. Я., Файнберг Э. С., Коновалов С. В. и др. Ч. 2: Строительство дорожных одежд, тротуаров, дорожек и автомобильных стоянок. — М.: Стройиздат, 1988.
3. Могилевич В. М. Соавтор: Щербакова Р. П., Тюменцева О. В. Дорожные одежды из цементогрунта: монография. — М.: Транспорт, 1973.
4. Могилевич В. М. Соавтор: Щербакова Р. П., Смирнов А. Н. Рекомендации по строительству дорожных одежд из грунтов, укрепленных цементом, в условиях Западной Сибири. — Омск, 1975.
5. Могилевич В. М. Соавтор: Никитин В. П., Степанец В. Г. Методические рекомендации по строительству оснований дорожных одежд из грунтов, укрепленных шлакоблочным вяжущим (в условиях Западной Сибири). — Омск: СибАДИ, 1979.

## Отечественный и зарубежный опыт применения технологии ASP-заводнения

Татаркин Алексей Николаевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*В статье рассмотрена технология ASP-заводнения, проанализирован опыт применения технологии ASP-заводнения в России и за рубежом.*

**Ключевые слова:** ASP-заводнение, щелочь, ПАВ, полимер, АСП-технология, промышленный опыт, остаточная нефть.

На сегодняшний день, количество месторождений с трудноизвлекаемыми запасами растет с каждым годом. Это обусловлено увеличением доли вводимых в разработку месторождений с высоковязкой нефтью и низкопроницаемыми породами, а также выходом на завершающие стадии разработки месторождений и, как следствие, высокими показателями выработанности от начально-извлекаемых запасов.

Основным методом увеличения нефтеотдачи (МУН) в России является заводнение воды в нефтенасыщенные горизонты. Однако при данном методе остается большая доля остаточных запасов: нефть в защемленных порах и ловушках, капиллярно-связанная, пленочная нефть. С целью повышения коэффициента нефтеотдачи, путем извлечения остаточной нефти, применяют физико-химические МУН, разновидностью которых является технология ASP-заводнения (alkaline-surfactant-polymer flooding). При данной технологии производят одновременную закачку в нефтенасыщенный пласт щелочи, поверхностно-активного вещества (ПАВ) и полимера.

Эффект от комбинированной закачки химических реагентов заключается в следующем:

1. Щелочной агент — при взаимодействии щелочи с органическими нефтяными кислотами, содержащимися в нефти, образуются дополнительные водорастворимые ПАВ; изменяет поверхностный заряд горной породы, в результате чего уменьшается адсорбция ПАВ на породе. Благодаря подбору опти-

мальной концентрации щелочи, в растворе регулируется рН и уровень минерализации.

2. Поверхностно-активные вещества — молекулы ПАВ, адсорбируясь на границе раздела нефть-вытесняющая жидкость (вода), уменьшают межфазное натяжение, что позволяет вовлечь в разработку пленочную нефть; также увеличивается смачиваемость породы-коллектора, снижается капиллярное давление в резервуаре.

3. Полимер — добавка в раствор полимера увеличивает вязкость вытесняющей жидкости, что приводит к изменению отношения подвижности нефть-вода, увеличению коэффициента охвата. Наиболее распространено применение частично гидролизованного полиакриламида (ЧГПАА) и ксантановой смолы.

Использование ASP-заводнения приводит к увеличению коэффициента охвата и коэффициента вытеснения. При совместном воздействии на пласт компонентами раствора происходит синергия: эффективность от совместного применения в результате оказывается выше, чем при отдельном использовании.

На сегодняшний день, ASP-заводнение широко применяется во многих странах: России, Китае, США и др., лидерами являются Индия, Канада, Оман [5,6]. Впервые технология была разработана американской компанией «Shell» в 1984 году и апробирована на месторождении Уайт Касл в США. Первые испытания показали, что прирост коэффициента извлечения нефти (КИН)

составляет 10–25% [3]. Разница в показателях дополнительной добычи нефти зависит от геолого-физических условий разрабатываемого коллектора.

В 1980-х годах технология использовалась на месторождениях Daqing, Shengli и Karamay в Китае, основные параметры которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные геолого-физические параметры месторождений

Свойства	Daqing	Shengli	Karamay
Проницаемость	72	1520	157
Пористость, д.ед.	-	0,32	0,18
Вязкость нефти, сПз	9–11	46	8,8–17,2
Эффективная нефтенасыщенная толщина, м	14,7	15,9	15–22
Расстояние между скважинами, м	73,8–248	208,5	49,2

В ходе экспериментальных исследований на одном из крупных месторождений (Daqing) было пробурено 8 пилотных

проектов, большинство из которых уже завершены, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты опытно-промышленных испытаний на месторождении Daqing

Проект	Расстояние между скв., (м)	Система расстановки скв. (нагн/доб)	Мощность пласта, м	Оторочка 1 (Vp)	Оторочка 2 (Vp)	Оторочка 3 (Vp)	КИН, %
ASP1	105	5-точечная (4/9)	10,5	0,30	0,29	-	21,2
ASP2	140	5-точечная (1/4)	8,4	0,30	0,30	0,18	25,00
ASP3	199	5-точечная (4/9)	7,0	0,04	0,35	0,10	19,2
ASP4	73,8	4-точечная (3/4)	13,1	0,33	0,15	0,25	23,3
ASP5	248	5-точечная (6/12)	12,9	0,30	0,15	0,20	20,00

В качестве щелочного агента использовался гидроксид натрия (NaOH), из ПАВ применялись нефтяной сульфонат, лигносульфонаты, нефтяной карбоксилат, в качестве полимера был выбран полиакриламид с различной степени гидролиза и молекулярной массой. Как видно из табл. 1.12, дополнительный прирост добычи нефти составил от 19 до 25%, при обводненности продукции на начало применения ASP — технологии 90%.

Пробный проект на месторождении Shengli был начат в 1992 году. Использовалась 5-точечная система разработки, было пробурено 4 нагнетательных и 9 добывающих скважин на площади пласта Gudong. Прирост КИН составил 16,8%. Основные данные залежи приведены в таблице 3.

Таблица 3. Геолого-физические параметры пласта Gudong

Пористость, %	Проницаемость, Д	Температура пласта, ОС	ОКМ, мг КОН/г нефти
35	2,6	59	3,11

Исследование технологии щелочь-ПАВ-полимерного заводнения в России началось в 2008 году совместно компаниями «СПД», «Shell» и «Газпром нефть». Учеными был подобран оптимальный состав компонентов раствора в условиях данной минерализации пластовых вод и с учетом характеристики породы. Первый опыт применения был на Западно-Салымском месторождении в 2009 году, в результате удалось извлечь до 90% остаточной нефти. В 2014–2015 гг. началась реализация пилотного проекта, в ходе которого было пробурено 7 скважин, и построена необходимая инфраструктура.

ASP-заводнение является одним из перспективных методов по извлечению остаточной нефти на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами. На основе проведенных крупномасштабных промышленных опытов было выявлено, что средний прирост КИН в результате применения технологии составил 15–25%. С целью повышения эффективности использования ASP-заводнения, необходимы дальнейшие исследования вытесняющих агентов, выявление зависимости их свойств от различных геолого-физических условий месторождений.

## Литература:

1. Ленченко Л.Е. Повышение нефтеотдачи пластов физико-химическими методами.— М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1998–394 с.
2. Магадова Л. А., Подзорова М. С., Магадов В. Р. Методические основы проведения лабораторных исследований составов для ASP-заводнения // Территория НЕФТЕГАЗ.— 2013.— № 6.— С. 48–52.
3. «Методы увеличения нефтеотдачи» брошюра концерна «Шелл».
4. Сургучев М. Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов // М.: Недра.— 1985.
5. Nelson, R. C., Lawson, J. B., Thigpen, D. R., et al. Cosurfactant-enhanced alkaline flooding / SPE Enhanced Oil Recovery Symposium, 15–18 April, Tulsa, Oklahoma // SPE-12672. 1984.
6. Sheng, J. J., Leonhardt, B., Azri, N. Status of polymer-flooding technology / Journal of Canadian petroleum technology. 2015. Voll.54 (2). p. 116–126.

## Анализ факторов, влияющих на химическую деструкцию поверхностно-активных веществ в пластовых условиях

Татаркин Алексей Николаевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*В статье рассмотрены основные факторы, которые влияют на степень химической деструкции неионогенных ПАВ в условиях, приближенном к пластовым.*

**Ключевые слова:** химическая стабильность, деструкция, поверхностно-активные вещества, минерализация, pH, давление, температура.

Одним из распространенных физико-химических методов повышения нефтеотдачи (МУН) является заводнение с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые, адсорбируясь на поверхности раздела фаз нефть-вода, снижают межфазное натяжение. Это способствует вовлечению в разработку остаточных запасов нефти. При использовании заводнения с применением ПАВ необходимо учитывать поведение реагента в пластовых условиях.

При попадании в пласт молекулы ПАВ подвергаются химической деструкции со стороны компонентов, находящихся

в пласте-коллекторе. Степень химической деструкции зависит от термобарических условий и от времени контактирования раствора в пласте.

С целью изучения влияния основных параметров пласта на величину химической деструкции, учеными из НИИнефтеотдача были проведены лабораторные исследования неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ): ОП-7, ОП-10, АФ-12, в условиях, приближенных к пластовым.

В таблице 1 приведены характеристики и состав пластовых вод Арланского месторождения.

Таблица 1. Характеристика и состав пластовых вод

Параметры	Значение
Вязкость, мПа · с	1,3
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1173
pH	5,3
Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	180–249
Содержание ионов:	
Cl	110050–155000
SO <sub>4</sub>	560–1100
Na, K	67113–78000
Ca	3150–12290
Mg	4900–4620

Согласно данным из табл. 1, пластовые воды месторождения являются высокоминерализованными. В состав вод входят Cl, Na, K, Ca и другие.

С целью определения химической стабильности неионогенных ПАВ было изучено влияние ионов элементов, растворенных в пластовой воде.

Степень химической деструкции рассчитана по формуле:

$$K = \frac{M}{M_0} \cdot 100 \quad (1)$$

Где K — степень химической деструкции, %; M — количество разрушенного ПАВ; M<sub>0</sub> — исходное количество ПАВ.

Результаты лабораторных работ, выполненных Нигматуллиной Р.Ф., по определению влияния ионов некоторых элементов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Химическая деструкция ПАВ ОП-10 и АФ<sub>9-12</sub> под влиянием ионов различных элементов и элементарной среды

Реагент	Соотношение (НПАВ: реагент)	Температура, °С	Время реакции, ч	Степень химической деструкции, %	
				АФ <sub>9-12</sub>	ОП-10
Натрий гидроксид	1:0.01	20	48	-	2–5
Калий гидроксид	1:0.01	20–45	21	-	-
Аммония гидроксид	1:1	20–45	21	-	-
Натрий углекислый	1:0.01	45	21	-	-
Калий углекислый	1:0.01	45	48	-	-
Калий углекислый	1:0.01	100	21	2–3	5–8
Натрий сернистый	1:0.01	20	48	3	15
Натрий сернистый	1:0.01	45	21	3	30
Натрий хлористый	1:0.01	45	21	2	10
Барий хлористый	1:0.01	100	21	7	22
Кальций хлористый	1:0.01	45	21	2	30
Магний хлористый	1:0.01	45	21	5	27
Железа сульфид	1:0.01	45	21	16	100
Железа сульфид	1:0.01	45	7	13	85
Сероводород	1:0.01	20	4	5–8	20
Сера	1:0.01	45	21	-	96
Сера	1:0.01	45	14	-	85
Сера	1:0.01	100	7	-	80

По данным таблицы 2, видно, что на степень деструкции НПАВ оказывают влияние ионы, содержащиеся в воде. Максимальное значение деструкции для ОП-10 достигает 85%, для АФ<sub>9-12</sub> — 16%.

Величина химической деструкции также зависит от пластовой температуры и давления. Результаты исследований по влиянию термобарических условий на величину деструкции для неионогенного поверхностно-активного вещества марки ОП-10 приведены в таблице 3.

Согласно данным таблицы 3, величина деструкции увеличивается с ростом пластовой температуры и может достигать высоких значений (97% для ОП-10).

С целью определения влияния минерализации и уровня pH пластовых вод на деструкцию ПАВ были проведены опыты

с использованием неионогенного поверхностно-активного вещества марки АФ<sub>9-12</sub>, результаты исследований для нескольких месторождений приведены в таблице 4.

В ходе поставленной задачи также были проведены опыты по определению связи между химической деструкцией и химическим составом горных пород. Результаты лабораторных работ отображены в таблице 5.

На основании серии лабораторных исследований можно сделать вывод, что НПАВ подвергаются химической деструкции под влиянием различных факторов: температура, давление, pH, активные компоненты. Была выявлена прямая зависимость степени деструкции от pH среды и от количества металлов серы и ее соединений.

Таблица 3. Влияние температуры и давления на величину химической деструкции 5% раствора ПАВ

Температура, °С	Давление, МПа	Время, ч	Степень химической деструкции, %	
			ОП-10	АФ <sub>9-12</sub>
25	10	14–21	53	28
40	10	14–21	72	34
45	10	14–21	96	40

Таблица 4. Влияние уровня минерализации и pH пластовой воды на степень химической деструкции АФ<sub>9</sub>-12 за 21 час

Месторождение	Пластовая вода		Пластовая температура, К	Пластовое давление, МПа	Степень химдеструкции, %
	минерализация	pH			
Арланское	265,00	5,0	300	10	6–7
Самотлорское	22,25	7,4	359	17	8–10
Западно-Сургутское	16,9	7,7	347	18	6–7
Мамонтовское	17,20	7,6	340	17	6–8
Суторминское	17,95	7,5	353	13	6–7

Таблица 5. Химический состав породы месторождений

Месторождение	Содержание активных компонентов, % 10 <sup>-3</sup>								Степень хим. деструкции АФ <sub>9</sub> -12, %
	Cu	Ni	Mn	Ti	Cr	Sr	P	S	
Самотлорское	3–5	2–4	11–19	500–200	35–70	-	60	2,4–3,2	35–38
Зап.Сургутское	1	0,6	9	200	4	200	-	2,2–2,6	37–46
Мамонтовское	1	1	90	100	9	40	-	1,2–1,5	33–37
Уршакское	3,5	2–4	40	100	50–100	5	50	1,5–4,1	28–32
Стрежевское	1	1	15	200	10	-	-	0,6–0,9	20–22
Советское	3	1	4	500	5	-	-	0,3–0,7	20–23

Для повышения химической стабильности и, как следствие, эффективности применения поверхностно-активных веществ, используют реагенты-стабилизаторы (лигносульфонат, проксамин и др.), которые защищают ПАВ от деструкции.

## Литература:

1. Исследование возможной химической деструкции НПВАВ в пластовых условиях /Р. Н. Фахретдинов, К. С. Фазлутдинов и др. // Нефтяное хозяйство — 1991-№ 5-С.27–29.
2. Ленченкова Л. Е. Повышение нефтеотдачи пластов физико-химическими методами. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 1998. 394 с.
3. О химической стабильности неионогенных поверхностно-активных веществ в пластовых условиях при нефтевытеснении /Р. Н. Фахретдинов, К. С. Фазлутдинов, Р. Ф. Нигматуллина // ДАН СССР-1998-Т.301-М2-С.355–358.
4. Справочное пособие по применению химических реагентов в добыче нефти / Г. З. Ибрагимов, Н. И. Хисамутдинов.— Москва: Недра, 1983.
5. Фахретдинов Р. Н., Нигматуллина Р. Ф., Новые физико-химические аспекты повышения эффективности химреагентов в нефтедобыче — Уфа: Гилем, 1996–193с.

## Определение оптимальной концентрации раствора ПАВ при вытеснении нефти

Татаркин Алексей Николаевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

В статье рассмотрен метод определения оптимальной концентрации для растворов ПАВ, приведена зависимость изменения межфазного натяжения на границе с керосином от концентрации ПАВ.

**Ключевые слова:** поверхностно-активные вещества, ПАВ, критическая концентрация мицеллообразования, мицеллы, межфазное натяжение, коэффициент извлечения нефти.

Вытеснение нефти с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ) — один из распространенных методов увеличения нефтеотдачи на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами. В результате применения ПАВ снижается

межфазное натяжение на границе нефть-вода, благодаря этому в разработку вовлекается пленочная нефть, происходит увеличение коэффициента вытеснения и, как следствие, коэффициента извлечения нефти (КИН).



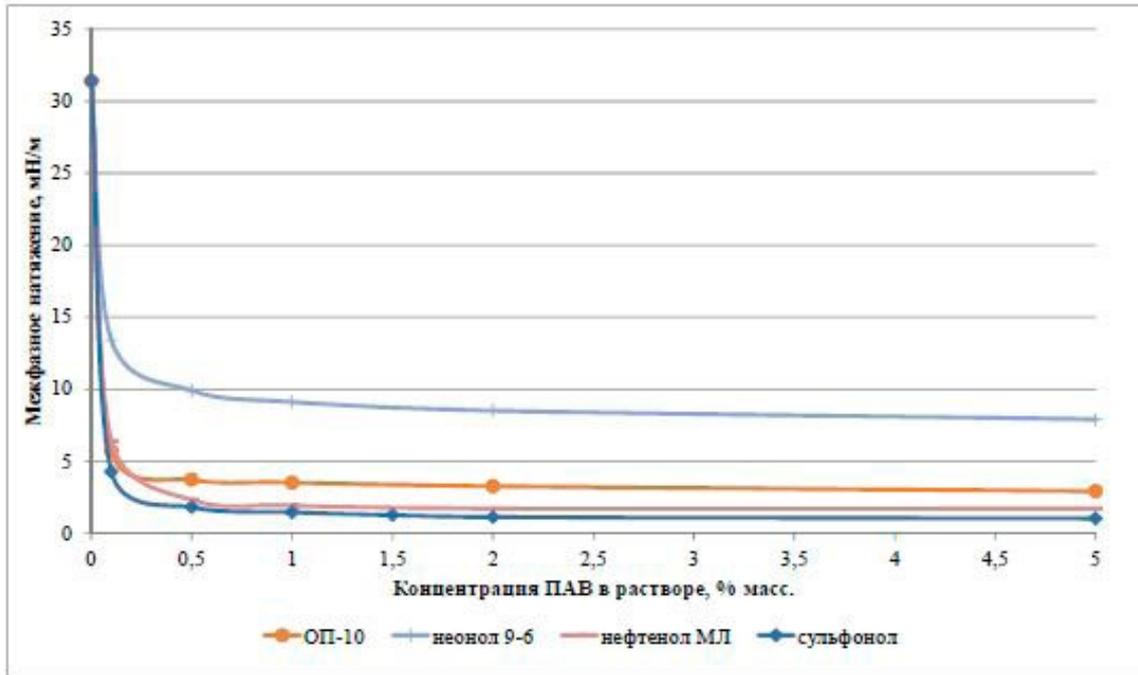


Рис. 4. Зависимость межфазного натяжения растворов ПАВ от концентрации на границе с керосином

Таблица 1. Межфазное натяжение растворов ПАВ на границе с керосином

№ п/п	Название ПАВ	Межфазное натяжение раствора, мН/м, при концентрации ПАВ в растворе, % масс.					
		0	0,1	0,5	1	2	5
1	Сульфанола	31,4	4,2	1,8	1,4	1,1	1,0
2	Неонол АФ <sub>9-6</sub>	31,4	13,4	9,9	9,1	8,5	7,9
3	ОП-10	31,4	5,7	3,7	3,5	3,25	2,9
4	Нефтенол МЛ	31,4	6,4	2,3	1,9	1,7	1,7

Величина ККМ зависит от длины цепи ПАВ, температуры, наличия электролитов, характера полярной группы. Критическую концентрацию мицеллообразования находят в лабораторных условиях на основе изучения зависимостей параметров ПАВ от его концентрации, которые изображены на графике (рисунок 3). Характерная точка излома кривой зависимости соответствует ККМ.

В ходе исследовательских работ было определено межфазное натяжения растворов ПАВ на границе с керосином [2]. Результаты определения поверхностных свойств ПАВ приве-

дены на рисунке 4 и в таблице 1. Согласно полученным результатам следует, что с увеличением концентрации ПАВ выше значения ККМ, межфазное натяжение изменяется незначительно.

Таким образом, оптимальной концентрацией ПАВ является значение вблизи ККМ. Для каждого ПАВ данный параметр индивидуален, поэтому для определения концентрации вытесняющего агента на основе поверхностно-активных веществ, следует проводить лабораторные эксперименты по определению критической концентрации мицеллообразования.

#### Литература:

1. Зимон А. Д., Лещенко Н. Ф. Коллоидная химия. — М.: Химия, 1995. — С. 28–40.
2. Королев М. И. Обоснование технологии извлечения остаточной нефти из неоднородных терригенных коллекторов с использованием микроэмульсионных составов: дис... канд. технич. наук. Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, 2018.
3. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии /Под ред. Ю. Г. Фролова, А. С. Гродского. М.; Химия, 1986, 216 с.
4. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии. Л.: Химия, 1984.
5. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. — М.: Химия, 1988.

## Влияние физико-химических свойств нефти на межфазное натяжение при взаимодействии с щелочью

Татаркин Алексей Николаевич, студент магистратуры  
Тюменский индустриальный университет

*В статье рассмотрено влияние основных свойств нефти на снижение межфазного натяжения при взаимодействии с щелочью, входящую в состав раствора ASP.*

**Ключевые слова:** ASP-раствор, щелочь, кислотное число, активность нефти, щелочной коэффициент, межфазное натяжение, заводнение.

Одним из распространенных методов добычи нефти в России и за рубежом является нагнетание воды в нефтенасыщенный горизонт с целью поддержания пластового давления. Однако такой способ не позволяет добиться полного извлечения нефти. С целью вовлечения в разработку остаточных запасов применяют третичные методы увеличения нефтеотдачи (МУН), которые подразделяются по характеру воздействия на следующие типы: физико-химические, тепловые, газовые, гидродинамические, комбинированные. Эффективность от применения МУН заключается в увеличении коэффициента охвата, коэффициента вытеснения, или одновременном увеличении обоих коэффициентов как, например, в случае ASP-заводнения.

Сущность технологии ASP-заводнения заключается в том, что в пласт закачивают оторочки щелочи, поверхностно-ак-

тивных веществ (ПАВ) и полимера. Эффективность применения метода зависит от того, насколько правильно были выбраны типы компонентов ASP-раствора, объемы и концентрации их оторочек, для конкретного месторождения, на котором применяется заводнение.

Щелочь, в составе ASP-раствора, попадая в пластовые условия, взаимодействует с кислыми компонентами нефти, к которым относятся асфальтены, нафтеновые и жирные кислоты, фенолы. В результате данного взаимодействия образуются водорастворимые поверхностно-активные вещества, способные снижать межфазное натяжение на границе нефти с раствором до значений <0,01 мН/м. Институтом ВНИИнефть была предложена классификация нефтей, в зависимости от степени снижения межфазного натяжения на границе нефть-щелочной раствор (таблица 1).

Таблица 1. Классификация нефтей по величине межфазного натяжения на границе с щелочью

Тип нефти	Межфазное натяжение мН/м
Высокоактивная	<0,003
Активная	0,003–0,02
Малоактивная	4

Низкие значения межфазного натяжения приводят к увеличению коэффициента извлечения нефти. Значимую роль в уменьшении межфазного натяжения играют нафтеновые кислоты (C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>O<sub>2</sub>), которые в большом количестве содержатся в нафтеновых нефтях.

Показателем содержания в нефти соединений, имеющих кислый характер, является кислотное число, которое определяется по формуле:

$$K_q = \frac{5,61 \cdot V}{a} \quad (1)$$

где: V — объем 0,1 н. р-ра KOH, пошедшего на титрование, мл; a — навеска образца, г.

Учеными были проведены исследования по влиянию свойств нефти на активность ее взаимодействия с щелочью [5]. Результаты работ приведены на рисунке 1.

Где: 1, 2 — кривые для двух нефтей в соответствующих координатах.

Из графика видно, что для исследуемых нефтей есть область значений с низким межфазным натяжением, следовательно, данные нефти являются активными. Отличие заключается в разном диапазоне концентрации NaOH, при котором наблюдается низкие значения межфазного натяжения. С целью сравнительной характеристики был введен щелочной коэффициент, который равен площади, ограниченной между двумя кривыми нефти.

В ходе лабораторный исследований для нефтей с кислотным числом больше 0,5 была выявлена прямая зависимость роста щелочного коэффициента с увеличением кислотного числа (рисунки 2).

Таким образом, наиболее эффективно применять вытесняющие растворы на основе щелочи на месторождениях с активными нефтями, содержащими жирные и нафтеновые кислоты. Подробно охарактеризовать взаимодействие щелочи и нефти можно с помощью щелочного коэффициента, максимальное значение которого равняется 6.

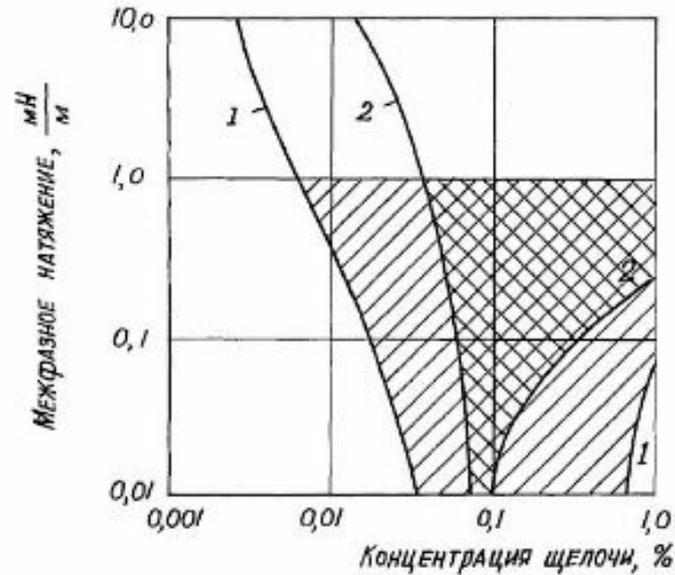


Рис. 1. Зависимость межфазного натяжения от концентрации щелочи

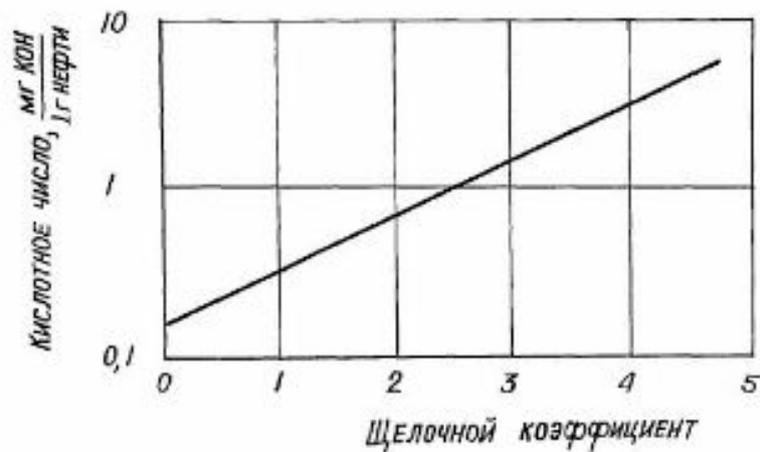


Рис. 2. Зависимость между щелочным коэффициентом и кислотным числом нефти

## Литература:

1. Мархасин И. Л. Физико-химическая механика нефтяного пласта. М.: Недра, 1977, 215с.
2. Ребиндер П. А. Поверхностно-активные вещества, их значение и применение в нефтяной промышленности. — В кн.: Применение поверхностно-активных веществ в нефтяной промышленности. М.: Гостоптехиздат, 1961.
3. Сергиенко С. Р. Высокомолекулярные соединения нефти. М.: Химия, 1964, 541с.
4. Усманова Ф. М. Механизм действия щелочи на нефть и выбор условий щелочного заводнения нефтяного месторождения: дис... канд. технич. наук. Институт нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина, Москва, 1984.
5. Jennings H. I. A study of caustic solution — orude oil interfacial tensions. — Soc. Petrol. Eng. J., June, 1975.

## Эффективность проведения операций ГРП на Тагринском месторождении

Толстых Владислав Игоревич, студент магистратуры;  
 Фрищин Владислав Игоревич, студент магистратуры  
 Тюменский индустриальный университет

Одним из основных методов поддержания и стабилизации добычи углеводородов является проведение геолого-технологических мероприятий.

Технологическая эффективность применения новых технологий характеризуется:

- дополнительной добычей за счет повышения нефтеотдачи пластов, т.е. добычей от вовлеченных в разработку ранее недраенируемых запасов нефти;
- текущей дополнительной добычей нефти за счет интенсификации притока;
- сокращением объема попутно добываемой воды.

За период 2005–2018 гг. на Тагринском месторождении выполнено 1036 ГТМ, дополнительная добыча нефти от проведения мероприятий составила — 1935,8 тыс. т.

Годовые приросты добычи нефти за счет проведения ГТМ в скважинах оценивались суммированием поскважинных эффектов. Эффективность проведения мероприятий по каждой скважине оценивалась сопоставлением базовых уровней добычи скважин с фактическими, начиная с момента проведения мероприятия и до конца года.

За период 2005–2018 гг. выполнено 281 скв/опер. по ГРП, 183 оптимизации, 130 возвратов, 49 скв/опер. по восстановлению циркуляции (ВЦ), выведено из бездействия 70 скважин, на механизированную добычу (ПМД) переведены 39 скважины, выполнено 81 скв.опер. по обработке призабойной зоны, по 29 скважинам были ликвидированы аварии(ЛА), ремонтно-изоляционные работы (РИР) проведены на 33 скважинах, дострелы и перестрелы выполнены на 38 скважинах. Пробурен 91 боковой ствол. Закачка в нагнетательные скважины СПС и ото-

рочки ПАВ с целью выравнивания профилей приемистости проведена в 10 скважинах.

### Показатели эффективности проведения ГРП

По всем геолого-технологическим мероприятиям получен эффект в той или иной степени. К наиболее успешным относится ГРП. Дополнительная добыча нефти от 281 ГРП составила 697,5 тыс.т (36%), доп. добыча нефти в среднем на одну скв/опер. при этом составляет 2,5 тыс.т. ГРП проводился на следующих объектах: Ач — 83 скважины, на БВ<sub>12-14</sub> — 18 скважин, на пласте БВ<sub>11</sub> — 43 скважины, на пласте БВ<sub>10</sub> — 29 скважин, на пласте БВ<sub>9</sub> — 80 скважин, на пласте ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> — 15 скважин, на пласте ЮВ<sub>1</sub><sup>2</sup> — 11 скважин, на пластах БВ<sub>7</sub> и БВ<sub>6</sub> — по 1 скважине.

Максимальное количество ГРП проведено на объекте Ач, но если сопоставить дополнительную добычу нефти в среднем на одну скважину, то максимальный эффект достигнут по объекту БВ<sub>12-14</sub> и составляет 4,2 тыс.т, по объекту БВ<sub>1</sub><sup>1</sup> — 3,9 тыс.т, ЮВ<sub>1</sub><sup>2</sup> — 4,0 тыс.т, БВ<sub>10</sub> — 1,9 тыс.т, по Ач — 2,6 тыс.т. Минимальный эффект получен по объектам ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> — 1,5 тыс.т и БВ<sub>9</sub> — 1,4 тыс.т. На объектах БВ<sub>7</sub> и БВ<sub>6</sub> ГРП оказались неэффективными.

При выполнении гидроразрыва применялись различные массы расклинивающего агента (от 10 до 90 тонн). Согласно выполненному сопоставлению эффективности ГРП от технологических характеристик, следует, что максимальная эффективность была (прирост дебита нефти более 16 т/сут) достигнута при закачке более 50 тонн проппанта или 4 тонн на метр эффективной толщины (рис 1).

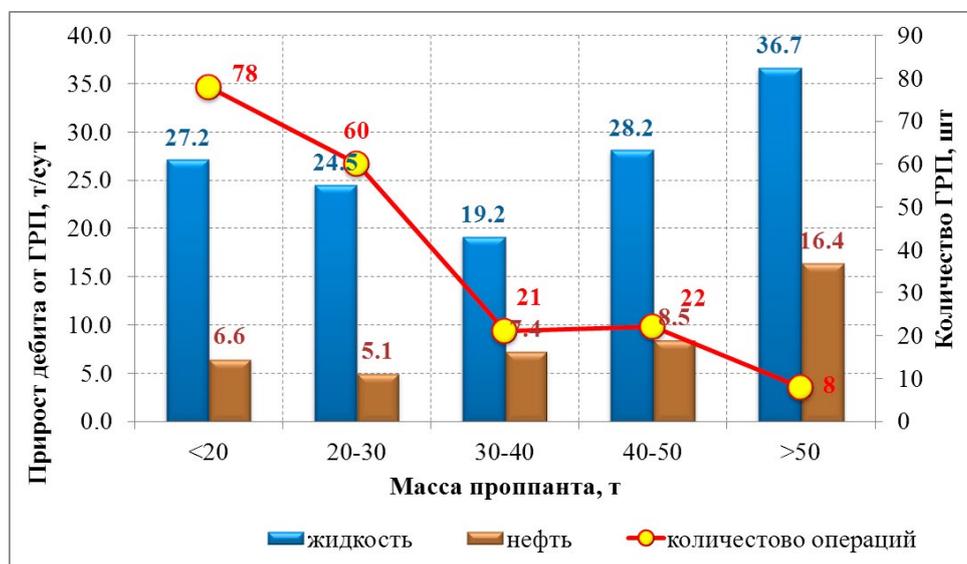


Рис. 1. Средние значения технологических параметров ГРП и эксплуатационных показателей (приростов после ГРП). Объект БВ11

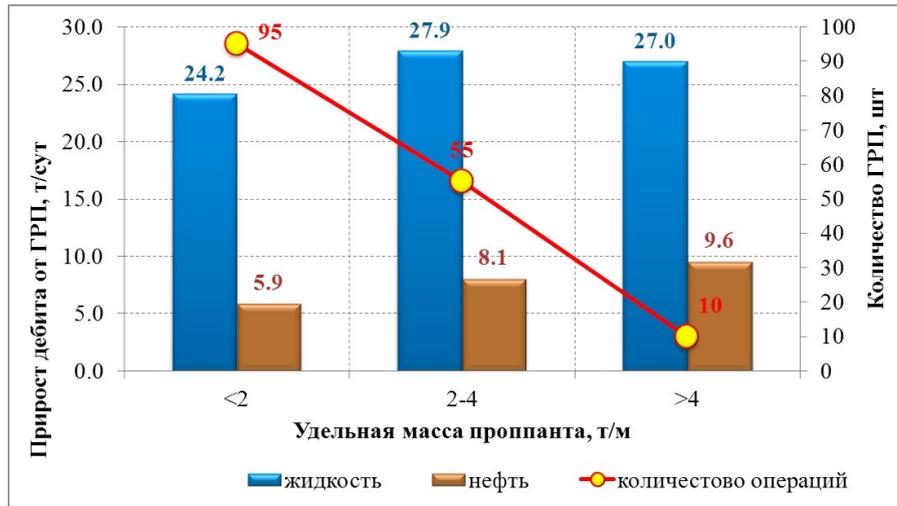


Рис. 2. Средние значения технологических параметров ГРП и эксплуатационных показателей (приростов после ГРП). Объект БВ11

На основании отчетов дизайна ГРП построено распределение скважин по полудлине трещины (рис. 3). Из рисунка

видно, что в результате проведения ГРП полудлина трещины может достигать 200 м и более.

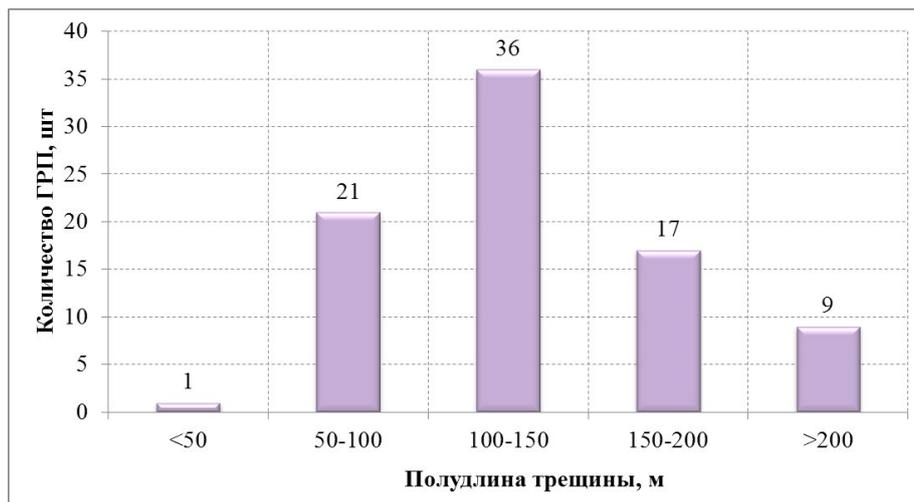


Рис. 3. Распределение скважин по полудлине трещины ГРП. Объект БВ11

**Заключение**

Полученные результаты следует признать успешными, так как в ряде случаев до ГРП скважины вообще не могли быть освоены (Ач), получены хорошие дебиты нефти на низкопродуктивных объектах, таких как БВ<sub>1</sub><sup>1</sup> (33,8 т/сут), БВ<sub>12-14</sub> (57,2 т/сут), ЮВ<sub>1</sub><sup>2</sup> (47,9 т/сут).

На основании положительных результатов гидроразрыв пласта предполагается к дальнейшему применению. Критерием его максимально успешного применения является обычное требование — толщина глинистого раздела до водоносных пропластков должна превышать 3–5 м. Кроме того, техническое состояние скважин и, прежде всего, хорошее качество заколонного цементного камня.

**Литература:**

1. Переоценка балансовых запасов нефти и газа Тагринского месторождения Главтюменнефтегаза, — В. А. Ревнивых и др., г. Тюмень, 1990 г.; Дополнительная записка к пересчету балансовых запасов нефти и газа Тагринского месторождения, — В. А. Ревнивых и др., г. Тюмень, 1995 г.
2. Отчет по подсчету запасов нефти и газа Тагринского месторождения Пуровского и Нижневартовского районов Тюменской области по состоянию на 1.04.1982 г.

3. Отчет Тагринских 7/01–02 сейсморазведочных партий о работах 2D (масштаб 1:50 000) И 3D (масштаб 1:25 000), проведенных в 2001–2002 гг. на Тагринской площади, — Булатов А.М, Салькова Л. Ф. и др., ГЭОИ ОАО «Хантымансийскгеофизика», Ханты-Мансийск, 2003 г.
4. Отчет Тагринской 7/04–05 сейсморазведочной партии о работах 3D (масштаб 1:25 000), проведенных в 2004–2005 гг. на Тагринской площади, — Гидион А. В. и др., ГЭОИ ОАО «Хантымансийскгеофизика», Ханты-Мансийск, 2005 г.
5. Отчет Южно-Ярайнерской 7/04–05 сейсморазведочной партии о работах 2D (масштаб 1:50 000), проведенных в 2004–2005 гг. на Южно-Ярайнерской площади, — Добрынина Н. И. и др., ГЭОИ ОАО «Хантымансийскгеофизика», Ханты-Мансийск, 2005 г.
6. Специальная обработка и интерпретация материалов трехмерных сейсморазведочных работ МОГТ 2002 г. с целью детального изучения геологического строения западной части Тагринского месторождения, — Скосырская Н. Г. и др., ЗАО «ЛАД-Инвест», г. Москва, 2005 г.

## Создание учебного многофункционального комплекса средств видеонаблюдения

Шишкин Виктор Григорьевич, студент магистратуры;  
 Степанов Борис Павлович, кандидат технических наук, доцент  
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет

*В статье описывается создание учебной установки для обучения студентов к работе с системами видеонаблюдения.*

**Ключевые слова:** учебный комплекс, система видеонаблюдения, обучение студентов.

Актуальность темы заключается в том, что во всех современных концепциях безопасности общепризнанным считается положение о высокой эффективности применения систем видеонаблюдения. Поэтому практически все комплексы технических средств безопасности крупных объектов, установленные в последние годы, оснащаются мощными системами наблюдения. Такие системы включают, как правило, от нескольких десятков до сотен камер, несколько постов наблюдения, оснащенных мониторами и вынесенными пультами управления. Также в них входят устройства записи и хранения информации, средства коммуникации. Необходимо создать учебный многофункциональный комплекс средств видеонаблюдения для подготовки студентов к работе с системами видеонаблюдения.

Данная тема является значимой в области физической защиты ядерных объектов и системы учета и контроля ЯМ, РВ и РАО, так как играет ключевую роль в данных областях [2].

Визуальная информация, полученная в процессе наблюдения за охраняемыми объектами и участками производственных процессов, позволяет минимизировать случаи неправомерного использования и хищения ЯМ и РВ, посредством предоставления неоспоримых данных [3]:

- о всех случаях взаимодействия персонала ЯО с ЯМ и РВ;
- о вмешательстве, или попытке вмешательства в технологические процессы производства и обращения с ЯМ и РВ;
- о неправомерном доступе на контролируруемую территорию и в зоны ограниченного доступа.

Ценность системы видеонаблюдения состоит в том, что она позволяет получить визуальную картину состояния охраняемого объекта, обладающую такой высокой информативностью, какую не могут дать никакие другие технические средства охраны [3].

Многофункциональность комплекса заключается в его простоте модернизации, в любое время можно сменить конфигурацию технических средств и приспособить комплекс под необходимые нужды. УМКСВ позволяет моделировать различные ситуации в различных условиях эксплуатации системы видеонаблюдения.

Для различных условий эксплуатации необходимо подбирать соответствующие компоненты системы видеонаблюдения. Камера с узким углом обзора позволит идентифицировать человека, входящего в контролируемую территорию, но не позволит осуществлять мониторинг территории.

Структурная схема текущей конфигурации учебного многофункционального комплекса средств видеонаблюдения представлена на рисунке 1 [4].

При освоении учебного многофункционального комплекса средств видеонаблюдения студенты получают компетенции:

- подключения плат видеозахвата и коммутатора, установке необходимого ПО к АРМ;
- установке аналоговых и цифровых видеокамер, их подключении и настройке к АРМ;
- создания учетных записей с различным уровнем доступа к функциям системы видеонаблюдения (администратор/оператор);
- записи видеопотока, его анализа и его архивации;
- записи видеопотока на съемные носители;
- управлению режимами записи видеопотока (ручная запись, запись по планировщику, запись при обнаружении шума, запись при обнаружении движения);
- настройки частоты кадров при записи в архив видеопотока. Данный пункт имеет высокую значимость, так как архив видеопотока имеет большой объем и занимает большое пространство на носителях информации. Хранение больших объ-



Рис. 1. Структурная схема УМКСВ

емов данных экономически и физически не выгодно, поэтому нужно уметь подбирать необходимое количество кадров в секунду для обеспечения необходимого уровня «доступности» информации и экономической целесообразности;

– удаленного доступа к просмотру видеопотока с камер видеонаблюдения;

– управления режимами трансляции видеопотока (много-окопный режим, последовательный просмотр, полноэкранный режим);

– моделирование различных ситуаций и обстановок на охраняемом объекте и моделирование системы видеонаблюдения под необходимые нужды.

Литература:

1. Постановление Правительства РФ от 19.07.2007 N456 (ред. от 18.05.2017) «Об утверждении Правил физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов».
2. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Требования к системам физической защиты ядерных материалов, ядерных установок и пунктов хранения ядерных материалов» (НП-083–15)
3. Кошкин П.П. Запись систем видеонаблюдения как источник доказательств при расследовании преступлений / П. П. Кошкин // «Черные дыры» в российском законодательстве. — 2007. — № 2. — С. 269–270.
4. Технические средства систем безопасности и противодействия ядерному терроризму: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Безопасность эксплуатации ядерных энергетических установок» для магистрантов, обучающихся по специальности «Физико-технические проблемы атомной энергетики» направления 010700 «Физика» / Б.П. Степанов. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 40 с.

## Устройство ветроэлектрической установки

Шопинский Сергей Николаевич, аспирант

Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина

*В последнее время необходим новый подход к энергетике. Это обусловлено ограниченными запасами нефти, газа и угля, стремительным развитием атомной энергетики, требованиями к защите окружающей среды. Переход от ископаемых (невозобновляемых) источников энергии к источникам более высокого экологического качества (возобновляемым источникам энергии) является актуальной задачей. Ветроэнергетика становится популярной отраслью мировой энергетики. Предполагается, что существует значительный потенциал для исследований и разработок проектов на долгосрочную перспективу. В Белгородской области малое количество ветровых электроустановок, так как они не всегда способствуют постоянного накопления электрической энергии поэтому установками ветровых электростанций не занимаются или они стоят без работы. Поэтому разработка данной отрасли считаю перспективной.*

**Ключевые слова:** ветроэнергетика, ветроэнергетические установки, ветроэлектростанции, выработка электрической энергии, возобновляемые источники энергии.

*Recently, a new approach to energy. This is due to the limited reserves of oil, gas and coal, the rapid development of nuclear energy requirements of environmental protection. The transition from fossil (non-renewable) energy sources to a high environmental quality (renewable energy) is an urgent task. Wind power is becoming popular world energy industry. It is assumed that there is considerable potential for research and development projects for the long term. In the Belgorod region a small amount of wind-electric, so they do not always contribute to the constant accumulation of electrical energy so installing wind farms are not engaged or they are out of work. Therefore, the development of the industry is considered promising.*

**Keywords:** wind power, wind turbines, generation of electricity, renewable energy sources.

Возрастающий интерес к проблемам использования ВИЭ связан с увеличением до невиданных ранее масштабов потребления ископаемого топлива. Безусловно, ветровая энергетика (ВЭ) является новым и перспективным направлением в области энергетики. Принимаются законы об использовании и развитии ВЭ, но они пока не всегда дают ожидаемый результат. Пути усовершенствования ветровых установок для зон со слабыми ветрами могут иметь следующие направления: совершенствование электрооборудования устройств управления и зарядки аккумуляторных батарей; совершенствование силовой конструкции ветрогенератора [1].

При эксплуатации ветроустановок следует учитывать, что ветрогенератор должен успевать вырабатывать то количество энергии, которое вы потребляете. Мощность ветроагрегата — важная, но второстепенная характеристика. Гораздо важнее его выработка — количество созданной энергии за определенный период времени. Важным моментом при эксплуатации ветроагрегатов является также выбор системы управления, аккумулятора и инвертора. При электроснабжении потребителей переменного тока основную нагрузку несет инвертор, который фактически определяет мощность ВЭУ [2–3].

Анализ известных конструкций ветрогенераторов позволяет сделать вывод о том, что для Белгородской области на настоящее время нет ветроустановки, которая стабильно работала бы при слабом ветре и могла постоянно снабжать электрической энергией небольшие по питанию энергообъекты. Имеется много разновидностей ветроустановок, разработчики которых утверждают, что они будут вращаться при малом ветре, но проблема состоит в том, что вращение лопастей в них происходит без зацепления с генератором, а он забирает на себя значительную часть нагрузки. Предлагаются конструкции ветроустановок с двумя турбинами, но в них постановка двух турбин преследует уменьшение шума и вибрации, но не рабочее вращение при малом ветре.

Предлагаемая нами конструкция позволяет устранить нестабильность работы ветрогенератора при малых (до 3 м/с) ветрах и следовательно является перспективной для условий Белгородской области [4]. Задача данного ветрогенератора — обеспечить малые предприятия, которые относятся к 1 категории электропотребления резервным питанием, а также

аварийное освещение на небольших заводах, частные домовладения, которые находятся в труднодоступных местах или нерентабельные для прокладки ЛЭП.

Ветроустановка отличается от известных конструкций тем что имеет две турбины одна большего диаметра другая меньшего. Одна лопасть при малом ветре около 3 м/с начнет вращаться и приведет взаимодействие большую турбину, т.е. для областей и зон со слабыми ветрами данная ветроустановка будет работоспособной и вырабатывать электрический ток. В разработанной с учетом аэродинамическими требованиями конструкции лопасти ветрогенератора имеют форму, позволяющую получить максимальный эффект от силы ветра при минимальных затратах.

В конструкции ветрогенератора использованы две лопасти различного диаметра, шкив, вал, крепежные элементы, генератор, аккумулятор, инвертор. На шкив закреплены лопасти. Конструктивная схема лопастей ветроэлектрической установки состоит из малой лопасти ветрогенератора, большой лопасти ветрогенератора и шкива. Малая лопасть стоит в начале, тем самым она сделана в качестве разгонного механизма при малом ветре для большой лопасти. Комплекс ветровой электростанции состоит из двух лопастей ветрогенератора аккумуляторных батарей, генератора и инвертора.

Ветрогенератор работает следующим образом. При возникновении малого потока ветра при скорости 2–3 м/с малая лопасть ветрогенератора начинает вращение и при определенной набранной скорости за счет зацепления начинает вращаться большая лопасть. Тем самым запускается в движение за счет малой лопасти при ветре 2–3 м/с. При вращении лопастей в генераторе вырабатывается электрическая энергия, которая поступает на аккумуляторные батареи и происходит подзарядка или проходит через инвертор, который в свою очередь преобразует в нужное для потребителя напряжение.

Применение такой конструкции поможет повысить эффективность работы ветровых электростанций, а также снизить затраты на электроэнергию для предприятий, которые относятся к 1 категории энергопотребления и использоваться ветроустановку как второе аварийное питание или в качестве аварийного освещения.

#### Литература:

1. Шопинский с. Н., Вендин С. В. Проблемы и перспективы использования ветроэлектрических установок в зонах со слабыми ветрами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1 (9). С. 16–20.
2. Шопинский с. Н., Вендин С. В. К расчету мощности ветрогенератора лоя зон со слабыми ветрами / В книге: Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы Материалы XXII международной научно-производственной конференции. Белгородский ГАУ, 2018. С. 155–157.
3. Шопинский с. Н., Вендин С. В. Расчет мощности ветрогенератора лоя зон со слабыми ветрами / В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. Белгородский ГАУ, 2018. С. 549–553.
4. Патент на полезную модель RU186778 U1. Ветрогенератор / Шопинский С. Н., Вендин С. В. Опубл.01.02.2019; Бюл. № 4.
5. <https://www.gyrnal.ru/statyi/ru/467/>

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 22 (312) / 2020

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

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 10.06.2020. Дата выхода в свет: 17.06.2020.

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

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

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

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

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