

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



16+

9 2024  
ЧАСТЬ II

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 9 (508) / 2024

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

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

*Редакционная коллегия:*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук  
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук  
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук  
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук  
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)  
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)  
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук  
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)  
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук  
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук  
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук  
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук  
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук  
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук  
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения  
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)  
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)  
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук  
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук  
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук  
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук  
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук  
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук  
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук  
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук  
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук  
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук  
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук  
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)  
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)  
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук  
Рахмонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)  
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук  
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук  
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук  
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры  
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)  
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кулуг-Бек Бекмуратович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

На обложке изображен Панини (около V в. до н. э. — около 460 г. до н. э.), древнеиндийский лингвист, представитель северной школы в древнеиндийском языкознании, один из основоположников современной структурной лингвистики, порождающей грамматики, семиотики и логики. Автор санскритской грамматики «Аштадхьяи».

Панини жил в государстве Гандхара на севере Индии. Учился в городе Таксила, известном богатыми традициями языкознания. Составил первую в истории Индии нормативную грамматику санскрита «Аштадхьяи» («Восьмикнижие») — кратко сформулированные сутры (правила), исчерпывающе описывающие фонетику, морфологию и синтаксис языка.

При этом Панини использовал такие понятия, как фонема, морфема, корень, суффикс, части речи. Древние индусы причисляли Панини к ведийским мудрецам риши. Позже они утверждали, что большую часть своих произведений он написал по прямому внушению бога Шивы. Как гласит легенда, в детстве Панини был будто бы так глуп, что его исключили из школы, но милость Шивы к нему поставила его в науку впереди всех.

Датировка жизни учёного крайне приблизительна. Он определённо родился после VII века до н. э. и умер до III века до н. э. По отдельным словам в его труде можно заключить, что у Панини не было достоверных знаний о Греции, то есть он жил до эпохи Александра Македонского.

Панини упомянут в знаменитом романе Дандина «Дашакумарачарита» («Приключения десяти принцев», VIII век).

Грамматика Панини — ранний образец системного описания языка. Древнеиндийские лингвисты Патанджали и Катйаяна (Вараручи) создали сочинения, интерпретирующие правила грамматики Панини. В современном языкознании существует особая область знаний — паниниведение.

Система Панини состоит из 3959 очень коротких правил. Каждое из них — это три-четыре слова. И хотя сам Панини старался разъяснить все последовательно, две с половиной тысячи лет никто не мог расшифровать его труды.

В чем же была главная проблема расшифровки? Дело в том, что санскрит — очень сложный язык, в котором существует конфликт правил, затрагивающий миллионы слов, включая определенные формы «мантры» и «гуру». Панини описал метаправило для решения этой проблемы, но ученые не могли правильно его истолковывать, что приводило к грамматически неправильным результатам при переводе текстов.

Доктор Риши Раджпопат, аспирант Кембриджского университета, считает, что проблема заключалась в том, что каждая новая попытка расшифровки вносила новые идеи в правила Панини. А «чем больше мы возмемся с грамматикой Панини, тем больше она ускользает от нас».

Ученый отверг предыдущие работы по расшифровке, так как традиционно они предполагали, что в случае конфликта между двумя правилами равной силы побеждает тот вариант, который появляется позже в своде правил. По мнению Раджпопата, древнеиндийский лингвист вкладывал другой смысл: надо выбирать правило, применимое к правой стороне слова. Используя эту интерпретацию, Раджпопат обнаружил, что «языковая машина» Панини производит грамматически правильные слова почти без исключений.

Сегодня на санскрите говорят около 25 000 человек. С расшифрованными правилами Панини грамматике этого языка смогут научиться компьютеры.

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Безотечество В. А.</b> Устройство и разновидности задней подвески современного снегохода .....	69
<b>Гаврилов А. В., Тарасова В. В.</b> Технология стабилизации масла из орехов ши с применением антиоксидантов .....	71
<b>Гелашвили А. А.</b> Выбор платы на базе микроконтроллера для автоматизации одиночных систем управления .....	75
<b>Гелашвили А. А.</b> Реализация поиска минимума функции методом градиентного спуска в среде MatLab .....	82
<b>Кирнос Д. С.</b> Научная актуальность кинематического анализа плоских рычажных механизмов.....	86
<b>Кирнос Д. С.</b> Научная важность программного моделирования плоских рычажных механизмов.....	89
<b>Кирнос Д. С.</b> Научное прикладное применение силового расчета плоских рычажных механизмов в промышленности .....	91
<b>Кольцов М. И., Кольцов В. И.</b> Исследование причин и меры устранения недопустимых токовых перегрузок в линии электропередачи, питающей тяговую нагрузку... ..	94
<b>Кондратьев А. В., Тарасова В. В.</b> Разработка технологии получения моно- и диглицеридов жирных кислот из масла ши....	95
<b>Кретов В. Б.</b> Технологии pick by... в складской логистике ...	99
<b>Моисеев И. А., Гончаров Е. Г., Тарасова В. В.</b> Влияние консервантов в растительном молоке на продолжительность хранения .....	101

<b>Тарасова В. В., Дмитриенко Р. В.</b> Разработка методологий определения качественных показателей ореха ши при приемке, сепарации сушке и хранении.....	107
<b>Тарасова В. В., Ибрагимов Т. М.</b> Технология купажирования растительных масел на основе масла ши для производства продуктов питания из растительного сырья .....	111
<b>Толкачев С. В.</b> Анализ способов осуществления высоковольтных электрических разрядов при формировании буронабивных и буроинъекционных свай.....	116
<b>Ян Чун Нам</b> Технологии повышения энергоэффективности производственных процессов в промышленности.....	118
<b>Ян Чун Нам</b> Проблемы управления энергопотреблением в промышленности .....	119

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Васина М. А.</b> Анализ систем газоочистки на асфальтобетонных заводах .....	122
<b>Джакупова А.</b> К проблеме формирования феномена genius loci как универсальной концепции .....	127
<b>Жукова С. К.</b> Как создать умный дом? Этапы разработки и проектирования систем «Умный дом».....	130
<b>Муканова Т. К.</b> Архитектурный язык в кино: пространство кадра .....	132
<b>Пендюрин А. Н.</b> Перспектива развития дорожной сети на примере Валуйского городского округа ....	136



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Устройство и разновидности задней подвески современного снегохода

Безотечество Владислав Артемович, студент  
Камчатский государственный технический университет (г. Петропавловск-Камчатский)

*Цель данной статьи заключается в ознакомлении читателя с основными вопросами устройства задней подвески снегохода.*

**Ключевые слова:** снегоход, подвеска, гусеница, упругий элемент, ускорение снегохода, задняя подвеска снегохода.

Одним из самых важных элементов конструкции снегохода является его подвеска, позволяющая использовать все преимущества снегохода в тяжелых и экстремальных условиях эксплуатации.

В данной статье будет идти речь об продвинутых подвесках импортных и российских снегоходов, их устройстве.

Основными задачами задней подвески снегохода являются: поддержание сцепления гусеницы со снегом, перераспределение веса с лыж на гусеницу при ускорении снегохода, гашение ударов, бугров и неровностей, уменьшение собственной частоты колебания, поддержание натяжения гусеницы.

От производителя к производителю подвеска снегохода может быть исполнена в разных конфигурациях, при использовании каждой из них выполняются поставленные ей задачи, перечисленные ранее.

Устройство подвески состоит из металлических полозьев, к которым крепится два рычага, соединяющие всю конструкцию с рамой. Исполнение рычагов влияет на кинематику подвески, поддержание натяжения гусеницы при ее работе и из-

менение давления на гусеницу при ускорении снегохода. Один рычаг находится в передней части полозьев, другой ближе к задней, роль упругого элемента в передней части подвески выполняет цилиндрическая пружина, которая устанавливается на амортизатор, рядом с передним рычагом. Они отвечают за отработку неровностей и гашение колебаний, которые воздействуют на переднюю часть полозьев. Упругим элементом задней части подвески являются рессоры, работающие на изгиб и скользящие по направляющим элементам. Они берут на себя основную нагрузку от веса снегохода и его груза. Рядом с рессорами расположен амортизатор, выполняющий функцию гашения колебаний.

На самих полозьях к нижней части крепятся пластиковые направляющие, которые называются склизями, по ним скользит гусеница. На конце полозьев расположена пара катков, по которым катится гусеница. Также могут быть установлены дополнительные катки в передней части полозьев, предназначенные для уменьшения трения склиз об гусеницу, при езде по твердому снегу.



Рис. 1. Пример подвески снегохода



Рис 2. Задняя часть подвески



Рис 3. Передняя часть подвески

Также в передней части подвески имеется регулировочная стропа, с помощью которой можно изменять ход переднего амортизатора на отбой. С изменением хода амортизатора, меняется распределение нагрузки между лыжами и гусеницей. Чем короче стропа, тем меньше уменьшается давление на лыжи при ускорении снегохода, чем длиннее стропа, тем больше давление приходится на гусеницу.

Такая конфигурация обеспечивает большой ход подвески, от 200 до 400 мм, что позволяет ехать с комфортом по неровной и бугристой поверхности на большой скорости, сохраняя превосходное сцепление гусеницы со снегом.

#### Подразделение подвески по степени жесткости

По степени жесткости подвеска подразделяется на прогрессивную, регрессивную и линейную.

Литература:

1. Моторекод / [Электронный ресурс].— Режим доступа: [https://motorecord.ru/o-magazine/allnews/zadnyaya\\_podveska\\_snegohoda\\_princip\\_dejstviya\\_i\\_e\\_raznovidnosti/](https://motorecord.ru/o-magazine/allnews/zadnyaya_podveska_snegohoda_princip_dejstviya_i_e_raznovidnosti/) (дата обращения: 28.02.2024)
2. СпортЭкстрим / [Электронный ресурс].— Режим доступа: [https://www.gavane.ru/news/stati/kakaya\\_podveska\\_snegohoda\\_luchshe\\_podhodit\\_dlya\\_rossijskix\\_uslovij](https://www.gavane.ru/news/stati/kakaya_podveska_snegohoda_luchshe_podhodit_dlya_rossijskix_uslovij) (дата обращения: 28.02.2024)
3. СпортЭкстрим / [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://snegohod-tayga.ru/html/podveska.html> (дата обращения: 28.02.2024)
4. Дзен / [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://snegohod-tayga.ru/html/podveska.html> (дата обращения: 28.02.2024)
5. Дзен / [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Ye650PCJ7UNDRSvm> (дата обращения: 28.02.2024)

У прогрессивной подвески ход амортизатора прогрессивно увеличивается при увеличении сжатия подвески. Вследствие этого подвеска мягче в начале хода, и жестче в конце своего хода. Это позволяет передвигаться с комфортом по сильно пересеченной местности.

При использовании подвески с линейной жесткостью соотношение между ходом амортизатора и подвески практически постоянно. Этим обеспечивается одновременно комфорт и управляемость снегоходом.

#### Заключение

Задняя подвеска снегохода является одной из сложных и важных частей его конструкции, выполняющих функцию поддержания постоянной натяжки гусеницы, обеспечения комфорта езды, управляемости и сцепления гусеницы с поверхностью.



## Технология стабилизации масла из орехов ши с применением антиоксидантов

Гаврилов Алексей Викторович, студент магистратуры;  
Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

*Рынок натуральных продуктов непрерывно расширяется, и ведущие отрасли, такие как пищевая, косметическая и фармацевтическая, стремятся удовлетворить возрастающий интерес потребителей к маслу ши. Именно поэтому становится актуальным комплексное исследование влияния процесса рафинирования на качественные характеристики и сохранность этого уникального продукта. В ходе исследования был проведен глубокий анализ устойчивости масла ши к окислению, его способности обезвреживать свободные радикалы и противомикробную эффективность. Основными компонентами этого масла, как показало исследование, являются стеариновая и олеиновая кислоты. Сравнение показало, что между рафинированным стеарином и натуральным маслом ши существуют заметные отличия. Рафинированная версия продемонстрировала более низкие показатели перекисных чисел и содержание свободных жирных кислот, фенолов и флавоноидов. Кроме того, в ней отмечалась уменьшенная способность нейтрализации радикалов и сокращенное присутствие токоферолов и стеролов. Это открытие расширяет понимание химического состава и потенциальных польз для здоровья масла ши, подчеркивая важность его компонентов. Таким образом, масло ши в нерафинированном виде может быть предпочтительнее для использования в косметических и терапевтических целях из-за его высокой концентрации активных веществ. Эти результаты могут оказать значительное влияние на развитие пищевой и косметической промышленности.*

**Ключевые слова:** орехи карите, масло ши, антиоксиданты, стабилизация, окисление, рафинирование.

## Shea nut butter stabilization technology using antioxidants

Gavrilov Aleksey Viktorovich, student master's degree;  
Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor  
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (Moscow)

*The natural products market is continuously expanding, and leading industries such as food, cosmetics and pharmaceuticals are striving to meet the growing consumer interest in shea butter. That is why a comprehensive study of the influence of the refining process on the quality characteristics and safety of this unique product becomes relevant. The study conducted an in-depth analysis of shea butter's oxidative stability, free radical scavenging ability, and antimicrobial effectiveness. The main components of this oil, as research has shown, are stearic and oleic acids. The comparison showed that there are noticeable differences between refined stearin and natural shea butter. The refined version showed lower peroxide values and content of free fatty acids, phenols and flavonoids. In addition, it showed a reduced radical scavenging capacity and a reduced presence of tocopherols and sterols. This discovery expands understanding of the chemical composition and potential health benefits of shea butter, highlighting the importance of its components. Thus, shea butter in its unrefined form may be preferable for cosmetic and therapeutic uses due to its high concentration of active substances. These results could have a significant impact on the development of the food and cosmetics industries.*

**Keywords:** shea nuts, shea butter, antioxidants, stabilization, oxidation, refining.

В необработанных растительных маслах присутствуют множество полезных элементов, включая флавоноиды, фенолы, витамин Е (токоферолы), стеролы и каротиноиды, которые являются активными веществами, улучшающими здоровье. Для того чтобы масла стали безвкусными и обладали способностью долго не окисляться, их подвергают процессу рафинирования. В идеале, этот процесс должен минимально влиять на содержание полезных жирных кислот и триацилглицеридов, а также сохранять естественные биоактивные компоненты.

Жирные кислоты играют ключевую роль во многих процессах в нашем организме, благодаря чему наша физиология функционирует гармонично [3]. Олеиновая кислота, одна из мононенасыщенных, занимает примерно 45,77% состава, тогда как стеариновая, насыщенная, составляет 43,53%. Эти данные находятся в соответствии со стандартами Кодекса Алиментариус для неочищенного масла ши, указывающими наличие пальми-

тиновой кислоты в диапазоне от 2 до 10%, стеариновой — от 25 до 50%, олеиновой — от 32 до 62%, линолевой — около 10–11%, линоленовой — менее 1%, и арахидиновой — менее 3,5%. Эти показатели подчеркивают богатый и разнообразный состав масла ши, делая его ценным ингредиентом в пищевой и косметической промышленности [14].

В исследуемом рафинированном стеарине, полученном из масла ши, преобладало содержание стеариновой кислоты, достигая 60,37%. Это обуславливало его твердость при обычных условиях, ведь пропорция стеариновой кислоты намного превышала содержание олеиновой, которая составляла 32,85%. Благодаря такому химическому составу, стеарин идеально подходит для создания специализированных жиров, используемых в производстве хлебобулочных изделий и маргарина [5]. Рафинированный олеин из масла ши, напротив, был насыщен олеиновой кислотой (56,03%), что делает его богаче по сравнению

Таблица 1. Жирнокислотный состав (%) нерафинированного масла ши, рафинированного стеарина ши, рафинированного масла ши и смеси масел (1:1) [13]

Жирные кислоты, %	Сырое масло ши	Очищенный стеарин ши	Рафинированный олеин ши	Смесь
C16:0	3,17±0,02	2,43±0,01	3,89±0,01	3,06±0,02
C18:0	43,53±0,07	60,37±0,16	30,25±0,00	46,37±0,08
C18:1	45,77±0,09	32,85±0,08	56,04±0,01	43,79±0,07
C18:2	5,85±0,02	2,86±0,00	8,06±0,01	5,13±0,02
C18:3	0,13±0,00	НД	НД	НД
C20:0	1,47±0,02	1,50±0,06	1,26±0,01	1,42±0,01
C20:1	0,28±0,02	НД	0,52±0,01	0,25±0,02
СЖК	48,17±0,02	64,30±0,14	35,40±0,07	50,84±0,01
МНЖК	46,05±0,02	32,85±0,01	56,55±0,01	44,05±0,01
ПНЖК	5,98±0,01	2,85±0,01	8,06±0,01	5,13±0,016

Где 16:0 — пальмитиновая кислота, 18:0 — стеариновая кислота, 18:1 — олеиновая кислота, 18:2 — линолевая кислота, 18:3 — линоленовая кислота, 20:0 — арахиновая кислота и 20:1 — гадолеиновая кислота; СЖК — насыщенные жирные кислоты, МНЖК — мононенасыщенные жирные кислоты, ПНЖК — полиненасыщенные жирные кислоты, НД — не обнаружены

с сырым маслом ши. Стеариновая кислота в нем занимала второе место с 30,25%. Это соотношение кислот определяет консистенцию и применение продукта в пищевой промышленности.

Масло ши и его различные составляющие представляют собой ценный источник омега-9 жирных кислот. В исследованиях, соответствующих стандартам Кодекса Алиментариус, было выявлено, что содержание линолевой кислоты в этих продуктах может колебаться в диапазоне от 2,86% до 8,06%, хотя обычно оно составляет от 6% до 8%. Это подчеркивает биохимическое разнообразие масла ши и его производных [10].

В контрасте с другими растительными маслами, как например пальмовым, нерафинированное масло ши отличается сниженным уровнем омега-6 жирных кислот. Так, его содержание оценивается всего в 0,13%, что делает его менее насыщенным по сравнению с другими маслами. Кроме того, исследования показывают, что смешивание рафинированных фракций стеарина и масла ши в соотношении один к одному по массе приводит к равновесию между насыщенными и ненасыщенными жирными кислотами, с примерным равенством в 50,84%. Это открытие может оказать влияние на использование масла ши в пищевой промышленности и других секторах [11].

В исследовании было выявлено, что сырое масло ши содержит различные типы жирных кислот: насыщенные (НЖК) в количестве 48,17%, мононенасыщенные (МНЖК) — 46,05%, и полиненасыщенные (ПНЖК) — 5,98%. Эти данные находятся в гармонии с предыдущими исследованиями, указывающими на возможное колебание уровней СЖК от 3% до 58%, МНЖК от 3% до 68%, и ПНЖК от 1% до 11% в сыром масле ши, как сообщает Goumbri и его коллеги [7]. Интересно отметить, что в сыром и рафинированном масле ши присутствует меньшее количество насыщенных жирных кислот по сравнению с ненасыщенными. Однако в рафинированном стеарине ши ситуация обратная: уровень насыщенных жирных кислот превышает количество ненасыщенных. В отношении обнаруженной жирной кислоты с длинной цепью 20:1, её доля в смеси оказалась незна-

чительной, в то время как в стеарине ши она вообще не была выявлена [9]. Это подчеркивает разнообразие состава жирных кислот в различных типах масел ши, а также влияние процесса рафинирования на их содержание и соотношение. В целом, общее количество насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в смесях оказалось сопоставимым, что подчеркивает равновесие в составе этих компонентов.

Исследование состава натурального масла ши выявило девять разновидностей триацилглицеринов (ТАГ), каждый из которых отличается уникальными характеристиками, охватывая диапазон эквивалентных углеродных чисел (ECN) от 46 до 50. В числе выявленных триацилглицеринов особенно выделяются два типа: SOS и SOO, которые составляют, соответственно, приблизительно 46,77% и 42,12% всего масла.

Такие данные находят отражение в работах других исследователей: Maranz и его коллеги установили преобладание именно этих ТАГ в масле ши, а отчет Nonfo и соавторов из 2014 года подтверждает вариабельность содержания SOS, колеблющуюся от 13% в угандийском образце до 45% в образце из Буркина-Фасо. Также отмечено, что SOO достигает наивысшей концентрации в масле ши, произведенном в Уганде и Мали, где его уровень составляет 28–30%.

В процессе глубокой переработки масла ши выявили интересные факты о его составе. Анализ показал, что после процедур очищения и разделения, в стеариновой фракции масла ши присутствует всего четыре вида триацилглицеролов (ТАГ), среди которых доминирующим является SOS, составляющий 90,71% от общего числа. В контрасте с этим, в олеиновой фракции масла обнаружено большее разнообразие ТАГ — их там девять видов. Здесь лидирующую позицию занимает SOO с долей в 72,66%, за которым следуют SLO и OOO с показателями 8,45% и 7,23% соответственно.

Интерес представляет и то, что некоторые ТАГ, такие как OLO, SLL, POO, POS и AOO, обнаружены не только в чистом масле ши и его олеиновой фракции, но и в стеариновой, хотя и в значительно меньших объемах. Уникальным для стеариновой фракции оказался ТАГ PPS, его доля составила 1,59% [10].

Таблица 2. Состав триацилглицерина (%) нерафинированного масла ши, рафинированного стеарина ши, рафинированного масла ши и смеси масел: стеарин (1:1 по массе) [11]

ECN	Сырое масло ши	Очищенный стеарин ши	Рафинированный олеин ши	Смесь
46	0,42±0,12	НД	1,06±0,37	0,45±0,09
46	0,39±0,13	НД	0,96±0,19	0,39±0,11
48	2,89±0,30	НД	7,24±0,51	2,28±0,03
48	4,23±0,19	НД	8,45±0,26	2,49±0,15
48	0,72±0,08	НД	2,59±0,11	1,11±0,15
50	42,12±0,42	4,75±0,61	72,66±3,03	32,39±0,80
50	0,32±0,04	НД	0,68±0,10	0,31±0,12
50	НД	1,59±0,05	НД	НД
50	2,15±0,26	2,94±0,45	2,01±0,25	2,82±0,07
50	46,77±0,69	90,72±1,12	2,82±0,07	57,77±1,02

где ECN — эквивалентное углеродное число (углеродное число TAG — 2 числа двойных связей), ND — не обнаружена

Когда речь заходит о смешанном масле ши, его состав оказывается схожим с тем, что обнаруживается в необработанном масле. В таком масле преобладают SOS и SOO, занимающие 32,39% и 57,76% соответственно, подчеркивая богатую и разнообразную природу этого уникального продукта.

Исследования показали, что в сыром масле ши содержание свободных жирных кислот (СЖК) может достигать 12,2% — показатель, который отражает степень расщепления триацилглицеролов под воздействием факторов вроде липазы, тепла и света. Эти компоненты играют ключевую роль в определении качества и безопасности употребления масла. Интересно, что данные о количестве СЖК в сыром масле ши варьируются, как указывают Goumbri и другие исследователи, между 9,0% и 23,9% [4]. К тому же, рафинирование масла, предшествующее его фракционированию, способствует значительному уменьшению СЖК, в результате чего они почти не обнаруживаются ни в одной из фракций, будь то олеиновая или стеариновая, а также в их смесях.

Исследования, проведенные Womeni et al. [10] и Nkouam et al. [12], показывают, что состав масла ши может значительно варьироваться. Содержание свободных жирных кислот (СЖК) обычно колеблется от нуля до 10,6%, при этом среднее значение составляет приблизительно 4,1%. Однако в одном из экспериментов Nkouam и его коллег [12] было обнаружено необычайно высокое содержание СЖК, достигающее 64,1%, в образце масла ши, извлеченного из ядер, подвергавшихся хранению в течение двух лет с использованием сверхкритического диоксида углерода.

Множество факторов оказывают влияние на уровень СЖК в масле ши, включая время хранения, методы переработки, тип используемой упаковки, степень зрелости самих плодов ши и даже изменчивые климатические условия, как указывает источник [4]. Эти различия в условиях и методах могут служить объяснением тому, почему результаты, представленные в данном исследовании, могут отличаться от данных, полученных в других работах.

Субстанции, устойчивые к мылению, представляют собой уникальный класс жирорастворимых веществ, которые не растворяются в воде, однако после процесса мыления они ста-

новятся растворимыми в органических средах. Эти вещества включают в себя разнообразные компоненты такие, как стеарины, жирные спирты, тритерпеновые спирты, а также витамин Е (токоферолы) и углеводороды, в частности сквалены, присутствующие в большинстве растительных масел и жиров.

Исследование выявило, что первоначальное содержание этих уникальных веществ в необработанном масле ши достигало 5,1%, что подтверждается данными, представленными в третьей таблице. Однако после того, как масло прошло через этапы рафинирования и фракционирования, содержание этих веществ значительно изменилось. В рафинированном стеарине из масла ши их уровень снизился до 0,2%, тогда как в рафинированном олеине их количество увеличилось до 6,4%. В смеси этих продуктов содержание устойчивых к мылению субстанций составило 4,1% [7].

Недавно проведенные исследования показали, что масло ши отличается повышенным содержанием неомыляемых веществ (УЗМ), превышающим показатели большинства растительных масел, и, по данным источников, этот уровень достигает 4%. Однако данные цифры противоречат исследованию, проведенному Гумбри и его коллегами, которые указали на колебание содержания УЗМ в масле ши в пределах 7–7,61% [5]. Предполагается, что такие расхождения могут быть вызваны разнообразием факторов, включая географическое положение, климатические условия и методы экстракции масла. Тем не менее, результаты находятся в гармонии с международными стандартами Кодекса Алиментариус, подтверждающими, что уровень УЗМ может варьироваться от 1% до 19% [10].

Кроме того, было обнаружено, что процесс фракционирования масла ши способствует увеличению количества УЗМ в олеиновой фракции. Это может быть связано с выборочной растворимостью биоактивных элементов в жидкой фазе и фактом, что олеиновая часть является составляющей сырого масла ши. В результате, наблюдается повышение содержания УЗМ в олеиновой фракции после фракционирования.

Исследователи обнаружили, что масло ши обладает богатым набором биологически активных веществ, включая важные антиоксиданты и агенты, способствующие противомикробной и противовоспалительной активности, а также содержит ви-

тамины, растворимые в жирах. Исходя из данных, представленных Nahm, доля USM (неназванных специфических молекул) в масле ши достигает 0,95%, что заметно превосходит показатель сырого пальмового масла, равный 0,55% [12]. Эта разница признана статистически значимой. К тому же, компания BSP Pharma включила масло ши в перечень продуктов, которые могут способствовать понижению уровня холестерина.

Дополнительно, результаты нашего исследования подтвердили, что сырое масло ши включает в себя 0,211 мг/г фенольных соединений, что гармонирует с данными, полученными Goumbri и его коллегами [8]. В их работе указывается, что концентрация фенольных соединений в таком масле может колебаться в диапазоне от 0,0 до 4,0 мг/г. Эти соединения известны своими полезными свойствами для здоровья, включая их способность действовать как антиоксиданты.

В ходе исследования было установлено, что когда семена подвергаются предварительной обработке, это влияет на уровень фенольных соединений в неочищенном масле, как отметили Закки и Эггерс. Они обнаружили, что гидратация снижала концентрацию этих элементов, в то время как процесс нейтрализации способствовал их полному исчезновению. Отмечено также, что эффективность удаления полифенолов в процессе физического очищения зависела от количества и типа используемой отбеливающей глины [13].

В отношении рафинированной продукции, было выявлено, что процедура рафинирования не приводила к статистически подтверждаемому уменьшению фенольных соединений. Так, концентрация тотальных полифенолов (ТПК) в очищенной фракции ши стеарина и олеина оказалась на уровне 0,19 мг/г, тогда как в смеси эти показатели были несколько выше — 0,21 мг/г.

#### Литература:

1. Блинов Л. Ю., Орлова И. С. Система исследования потребителей как основа для формирования успешного продукта // Маркетинг и маркетинговые исследования. — 2020. — № 5(95) сентябрь. — С. 384–390.
2. ГОСТ Р 53041–2008 Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения — М.: Стандартинформ, 2009. — 12 с.
3. Дезнаева О. В., Аксенова Т. И. Влияние физической модификации упаковки на развитие порчи пищевых продуктов // Наука и современность. 2019. № 6–2. С. 72–76.
4. Матисон В. А., Арутюнова Н. И. Качество продуктов питания // Пищевая промышленность. 2022. № 4. С. 50–54.
5. Царегородцева Е. В. Требования к безопасности и качеству продуктов питания в Европейском союзе и России // Вестник Марийского государственного университета. Сер. «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. Т. 3. № 4 (12). С. 52–57.
6. Эквиваленты масла какао, улучшители масла какао SOS–типа, заменители масла какао POP–типа. Метод определения температуры застывания = Cocoa butter equivalents, cocoa butter improvers of SOS–type, cocoa butter extenders of POP–type. Method for determination of solidification point: национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 54652–2011: введен впервые: введен 2013–01–01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — Москва: Стандартинформ, 2022. — III, 7 с.
7. Bang H. J., Kim C. T., Kim B. H. Liquid and Gas Chromatographic Analyses of Triacylglycerols for Asian Sesame Oil Traceability. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2022;116:1354–1362.
8. Bootello M. A., Garcés R., Martínez–Force E., Salas J. J. Effect of Solvents on the Fractionation of High Oleic–High Stearic Sunflower Oil. *Food Chem.* 2022;172:710–717.
9. Cebula D. J., Smith K. W. Differential Scanning Calorimetry of Confectionery Fats: Part II—Effects of Blends and Minor Components. *J. Am. Chem. Soc.* 1992;69:992–998. doi: 10.1007/BF02541064.
10. Kang K. K., Jeon H. J., Kim I. H., Kim B. H. Cocoa Butter Equivalents Prepared by Blending Fractionated Palm Stearin and Shea Stearin. *Food Sci. Biotechnol.* 2022;22:347–352.
11. Pirouzian H. R., Konar N., Palabiyik I., Oba S., Toker O. S. Pre–Crystallization Process in Chocolate: Mechanism, Importance and Novel Aspects. *Food Chem.* 2020;321:126718. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.
12. Shukla V. K. S. Cocoa Butter, Cocoa butter Equivalents, and Cocoa Butter Substitutes. In: Akoh C. C., editor. *Handbook of Functional Lipids*. 1st ed. CRC Press; New York, NY, USA: 2021. pp. 279–307.
13. Timms R. E. Processing Methods. In: Timms R. E., editor. *Confectionery Fats Handbook: Properties, Production and Application*. 1st ed. Oily Press; Bridgwater, UK: 2019. pp. 105–142.
14. Wähnelt S., Teusel D., Tülsner M. Influence of Isomeric Diglycerides on Phase Transitions of Cocoa Butter—Investigation by Isothermal DSC. *Fat Sci. Technol.* 1991;93:174–178.
15. Yamada K., Ibuki M., McBrayer T. Cocoa Butter, Cocoa Butter Equivalents, and Cocoa Butter Replacers. In: Lai O. M., Akoh C. C., editors. *Healthful Lipids*. 1st ed. AOCS Press; Champaign, IL, USA: 2020. pp. 642–664.

## Выбор платы на базе микроконтроллера для автоматизации одиночных систем управления

Гелашвили Алексей Андреевич, студент

Научный руководитель: Шагин Анатолий Васильевич, доктор технических наук, профессор  
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

*В данной статье исследуется рынок плат на базе микроконтроллеров и возможности их применения в простых САУ.*

**Ключевые слова:** микроконтроллер, микропроцессор, автоматизация, система автоматического управления.

### Цели исследования

Одиночные системы автоматического управления и контроля получают все более широкое распространение, и их реализация становится одной из главных задач для инженера автоматизации. Абсолютно очевидно, что для решения данной задачи невыгодно (а, иногда, и невозможно) использовать Пром-ПК и ПЛК, и тогда на помощь приходят простые платы на базе популярных микроконтроллеров (или же только микроконтроллеры, если ставится задача разработки собственной платы с требуемыми параметрами). Но рынок таких плат, впрочем, как и рынок микроконтроллеров, крайне широк и разнообразен, и существенную трудность в разработке представляет поиск и подбор микроконтроллера.

Целью данного исследования является рассмотрение рынка микроконтроллеров, параметров микроконтроллеров, а также категоризация микроконтроллеров (а также микропроцессоров) и плат по задачам автоматизации в рамках реализации одиночных САУ. Для этого начнем с рассмотрения нескольких наиболее популярных плат на основе микроконтроллеров или микропроцессоров [1].

### 1) Parallella-16

Данная плата, в отличие от других рассматриваемых в данном исследовании, является платой на базе микропроцессора — зачастую такое решение принято называть микрокомпьютером. Отличительная особенность производителя заключается в том, что это не крупная известная компания, а успешно реализованный краудфандинговый проект. Рассмотрим ее технические характеристики.

Как мы видим, данная плата микрокомпьютера идеально подходит для реализации структур типа сервера. В задачах автоматизации данная плата может найти свое применение в качестве средства для обработки и хранения данных (например, статистических, а также различных логов), а также синхронизации их, например, с базой данных на компьютере.

### 2) Платы на базе ESP32

Данная серия плат, также как и предыдущая, является по сути (согласно описанию производителя — Espressif Systems) платами на базе микропроцессора с интегрированными кон-

Таблица 1. Технические характеристики Parallella-16

Модель	P1600	P1601	P1602
Название	«Microserver»	«Desktop»	“Embedded
Host Processor	Xilinx Zynq Dual-core ARM A9 XC7Z010		Xilinx Zynq Dual-core ARM A9 XC7Z020
Coprocessor	Epihany 16-core CPU E16G301		
Память	1 GB DDR3		
Ethernet	Gigabit Ethernet		
Boot Flash	128 Mб QSPI Flash		
Питание	5 В DC		
Хранилище	Micro-SD		
USB	Нет	USB2.0	
HDMI	Нет	Micro HDMI	
Пины GPIO	0	24	48
Коннекторы eLink	0	2	
FPGA	28K Logic Cells		80K Logic Cells
Logic	80 DSP Slices		220 DSP slice
Вес	36 г	38 г	
Размеры	90 мм x 55 мм x 18 мм		

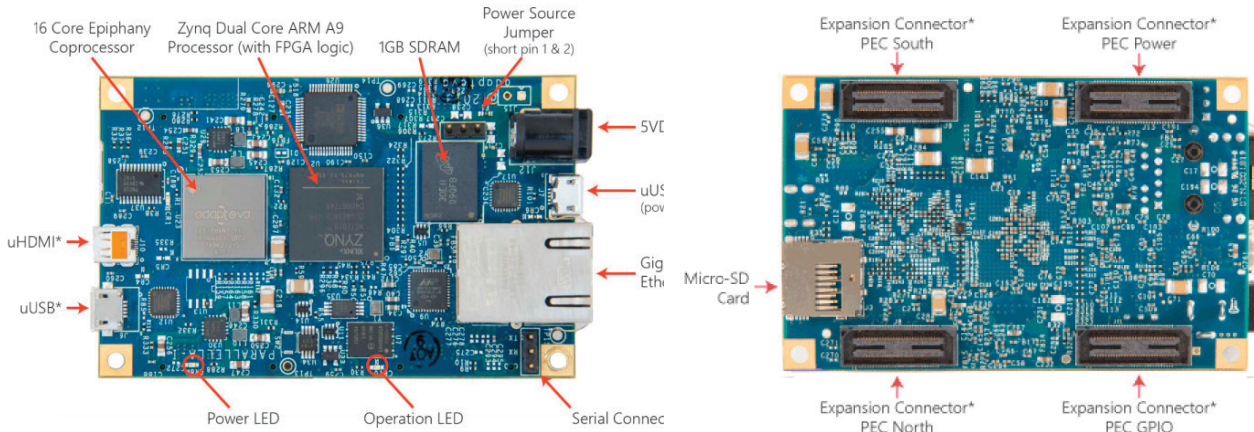


Рис. 1. Внешний вид Parallella-16

Таблица 2. Технические характеристики ESP32

Wi-Fi	Протоколы	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) Агрегация A-MPDU и A-MSDU и поддержка защитного интервала 0,4 мкс
	Центральный диапазон частот рабочего канала	2412 ~ 2484 МГц
Bluetooth	Протокол	Bluetooth v4.2 BR/EDR и Bluetooth LE
	Радио	Приемник NZIF с чувствительностью –97 дБм
		Передатчик класса 1, класса 2 и класса 3
Аудио	AFH	
Hardware	Интерфейсы модуля	SD-карта, UART, SPI, SDIO, I2C, ШИМ светодиода, ШИМ двигателя, I2S, ИК, счетчик импульсов, GPIO, емкостный сенсорный датчик, АЦП, ЦАП, TWAI, CAN2.0
	Встроенный резонатор	Кристалл с частотой 40 МГц
	Встроенная SPI flash	4 МБ
	Рабочее напряжение/источник питания	3.0 В ~ 3.6 В
	Рабочий ток	Среднее значение: 80 мА
	Минимальный ток, подаваемый источником питания	500 мА
	Рекомендуемый диапазон рабочих температур	–40°C ~ +85°C
Размеры	18 мм x 25.5 мм x 3.10 мм	

троллерами Wi-Fi, Bluetooth и Thread на одном кристалле. Существует довольно много версий разной степени компактности. Рассмотрим характеристики наиболее популярного модуля — ESP32-WROOM-32 NodeMCU [3].

Важнейшим преимуществом данной платы является возможность обновления прошивки «по воздуху», что позволяет найти ей применение в труднодоступных системах. Немного забежав вперед, отметим, что, пожалуй, на ряду с популярнейшей платформой Arduino, применение платы ESP32 является одним из наиболее перспективных решений в области автоматизации одиночных систем.

### 3) MSP 430 Launch Pad

Нельзя, при исследовании плат на микроконтроллерах, обойти самую известную — Arduino (подробнее она будет рассмотрена ниже), поскольку многие другие платы, в том числе и на базе микроконтроллера MSP 430 (производитель — Texas Instruments), были задуманы производителями как конкурент уже ставшей монополистом Arduino. В связи с этим фактом, имеет смысл рассматривать все подобные платы через призму сравнения с Arduino [4].

Отметим также, что MSP430 делает достаточно сильный упор на энергопотребление — можно использовать его в про-

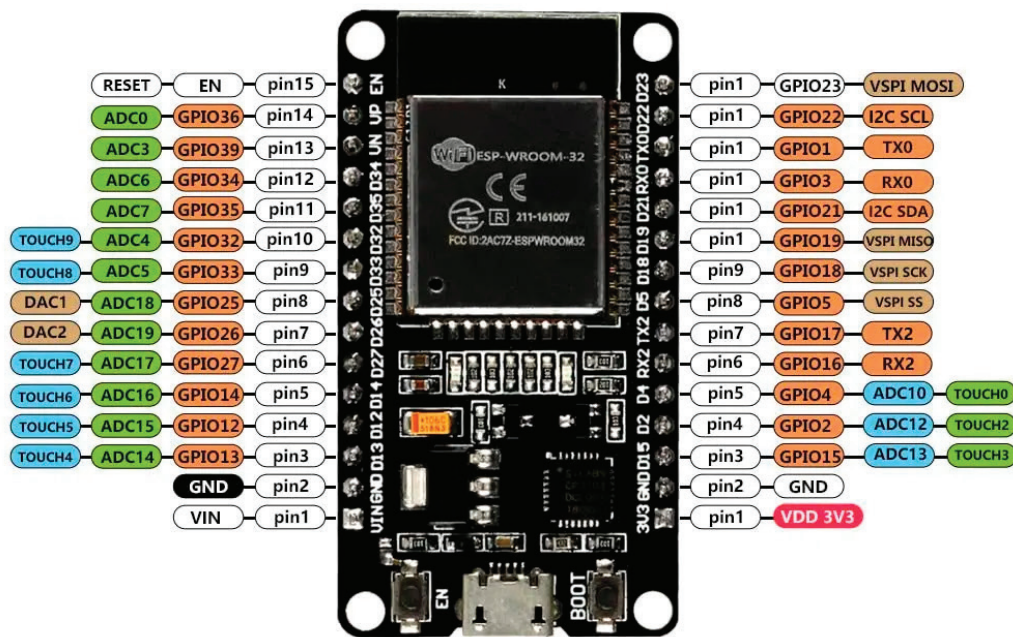


Рис. 2. Внешний вид и распиновка ESP32

Таблица 3. Характеристики MSP 430 Launch Pad в сравнении с Arduino UNO

Плата	TI LaunchPad	Arduino Uno
Микроконтроллер	MSP430G2553 (16-bit RISC)	ATMega 328 (8-bit AVR)
Тактовая частота	16 МГц	16 МГц
Flash	16 КБ	2 КБ
Цифровые I/O	8	14
Аналоговые I/O	8	6

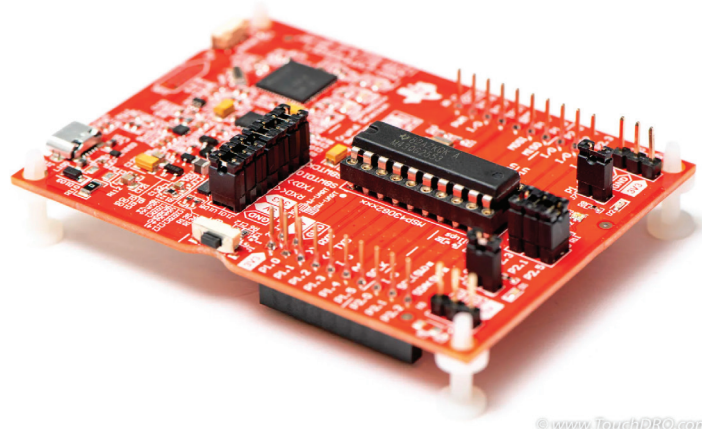


Рис. 3. Внешний вид MSP 430 Launch Pad

ектах со слабыми источниками питания (солнечные элементы, химические элементы, ручные генераторы и прочее). Отметим и еще одну особенность — программирование платы осуществляется с помощью программы Energia, использующей уже широко распространенную связку — язык C и фреймворк Wiring, то есть то же самое, что требуется для прошивки Arduino. Во многом данная плата — очень удачный аналог, и его

применение в САУ может быть таким же широким, как и у Arduino.

#### 4) Платы серии STM32 (Blue Pill и Black Pill)

Платы серии STM32 по праву считаются главными конкурентами Arduino, в основном это связано с крайне низкой стои-

Таблица 4. Сравнение STM32 с Arduino

Плата	Arduino UNO	STM32 Blue Pill	STM32 Black Pill
Микроконтроллер	ATMega328	STM32F103	STM32F407/STM32F411
Рабочее напряжение	5 В	3,3 В; 5 В	3,3 В; 5 В
Тактовая частота	16 МГц	72 МГц	100 МГц
Количество пинов GPIO	20	30	30
Пины с АЦП	6	10	16
Поддерживаемые интерфейсы (помимо GPIO)	Serial/UART, I2C, SPI		

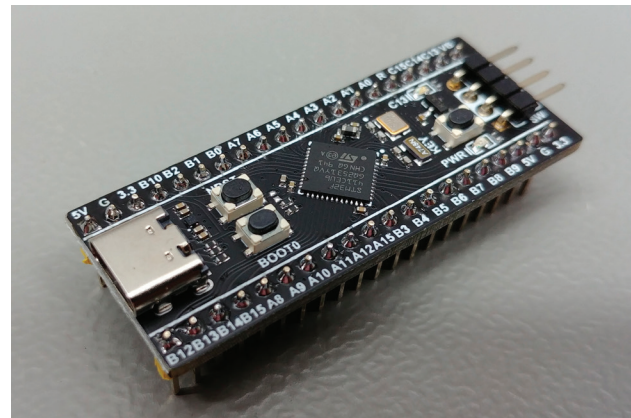
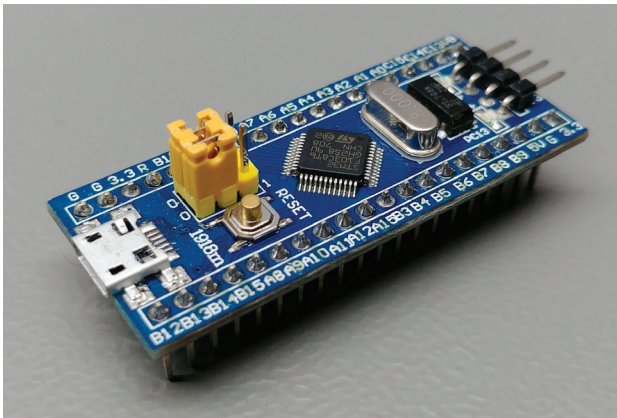


Рис. 4. Внешний вид плат на базе STM32

мостью, большим числом еще более дешевых плат-дженериков (клонов), а также простотой прошивки и хорошими характеристиками. Рассмотрим их подробнее [5] [6].

Преимущества STM32 очевидны, но есть и очевидные недостатки, которые нельзя описать в таблице. На данный момент с импортом оригинальных плат на базе STM32 наблюдаются огромные проблемы, и доступность их использования в проектах сейчас обуславливается наличием плат-дженериков, однако и это не выход — поскольку для их прошивки оригинальным ПО (CUBE IDE) требуется взломанная версия программы, а такой подход в инженерии никогда не приветствуется.

#### 5) Arduino

Arduino сейчас является, пожалуй, основным микроконтроллером для решения «бытовых» задач автоматизации, в том числе и в комбинации с другими (например, ESP32). На ней решается множество задач, таких как, например, «умный дом» (и различные его составляющие), системы вентиляции, системы оповещения с датчиками, метеостанции с управлением системой климат-контроля и так далее. Существует несколько основных ее версий — UNO, Nano, MEGA, Leonardo, Pro Mini, Micro, Zero, а также различные их модификации с модулями беспроводной связи (Wi-Fi, Bluetooth, GPS и другие). Для решения же большинства инженерных задач применяется Arduino Nano — это связано с ее небольшими габаритами и почти ничем не отличающимся функционалом от более крупных моделей. Рассмотрим ее характеристики [7].

Пожалуй, Arduino Nano является наиболее универсальным решением, если не стоит задача о создании полноценного визуального интерфейса на дисплее, или нет требований по высокому быстродействию. Для таких задач больше подходит другое решение, которое мы рассмотрим в следующем пункте.

#### 6) Raspberry Pi

Raspberry Pi — одноплатный компьютер очень компактного размера («с банковскую карту»), существует множество поколений и версий различных модификаций и на базе разных процессоров. Сейчас выпущено уже пять поколений (Pi 1–5), но рассматривать мы будем самый доступный и успешно показавший себя во многих проектах Raspberry Pi 3B [8].

В связи с наличием графического процессора, беспроводной и проводной связи, а также портов GPIO Raspberry Pi является прекрасным решением для сложных систем управления, систем управления с полноценным интерфейсом, или даже — для создания полноценных SCADA-систем (для простых же систем мощность Raspberry Pi будет избыточна).

#### 7) Intel 8051

Ну и наконец, не стоит забывать самое классическое решение — однокристалльный микроконтроллер серии MCS51 гарвардской архитектуры от компании Intel, нашедший неверо-



Таблица 5. Характеристики Arduino Nano

Микроконтроллер	ATMega328P
Напряжение логических уровней	5 В
Входное напряжение питания (рекомендованное)	7–12 В
Входное напряжение питания (предельное)	6–20 В
Порты ввода-вывода общего назначения	20
Максимальный ток с пина ввода-вывода	40 мА
Максимальный выходной ток пина 3.3V	50 мА
Максимальный выходной ток пина 5V	800 мА
Цифровые пины ввода/вывода	14 (6 выходов ШИМ)
Цифровые ШИМ-пины ввода/вывода	6
Аналоговые пины (с АЦП)	6
Разрядность АЦП	10 бит
Flash-память	32 КБ (ATMega328P), из которых 0,5 КБ используется загрузчиком
SRAM (Оперативная память)	2 КБ (ATMega328P)
EEPROM-память	1 КБ
Тактовая частота	16 МГц
Габариты	68.6мм x 53.4 мм
Вес	25 г

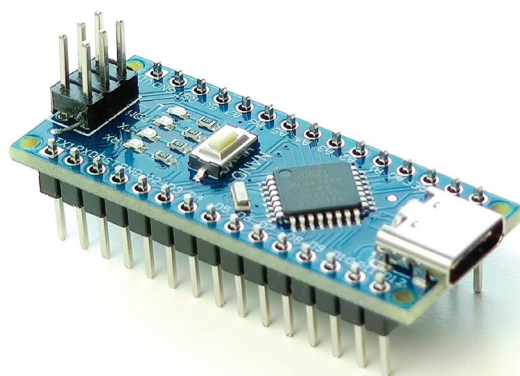


Рис. 5. Внешний вид Arduino Nano

Таблица 6. Характеристики Raspberry Pi 3B

Процессор	Broadcom BCM2837 1.2ГГц четырехъядерный ARM Cortex-A53;
GPU	Двухъядерный VideoCore IV
Оперативная память	1ГБ LPDDR2
Беспроводная связь	Wi-Fi (802.11 b/g/n) и Bluetooth 4.1 (классический Bluetooth и LE)
Операционная система	Запуск с Micro SD карты, дистрибутивы Linux или Windows 10 IoT
Размер	85 мм x 56 мм x 17мм
Питание	Micro USB 5.1В/2.5А
Разъемы	10/100 BaseT Ethernet, HDMI (rev 1.3 & 1.4), 3.5mm jack, 4 x USB 2.0, GPIO: 40-пин, MIPI Camera Serial Interface (CSI-2), Display Serial Interface (DSI), Micro SDIO

ятно широкое применение во всевозможных системах. Для разработки устройств на данном микроконтроллере применяются отладочные платы — после прошивки МК его размещают на отдельных платах. Крайне интересное решение для несложных САУ, поскольку данный микроконтроллер обладает небольшой

стоимостью и неплохими характеристиками. Рассмотрим наиболее интересные из них [9]:

— Состоит из процессорного ядра, ОЗУ, ПЗУ, последовательного порта, параллельного порта, логики управления прерываниями, таймера и так далее;

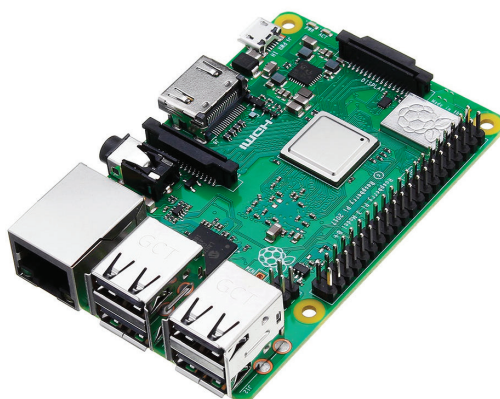


Рис. 6. Внешний вид Raspberry Pi 3B

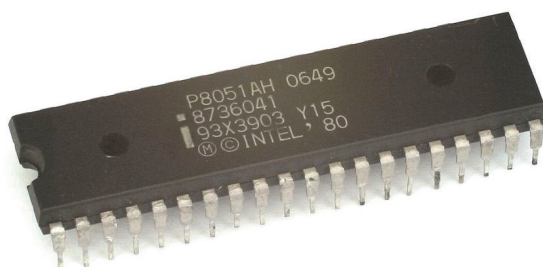


Рис. 7. Внешний вид Intel 8051

Таблица 7. Сравнение описанных решений

	Средняя стоимость (2024 г., маркетплейсы)	Категория	Интерфейсы взаимодействия	Способ прошивки	Парадигма	Доступность
Parallella-16	15000 р	Микрокомпьютер	GPIO, WiFi, BT, USB	Напрямую (LISP)	Сервера, сложные БД и САУ	Недоступно для РФ
ESP32	500 р	Плата микроконтроллера	GPIO, WiFi, BT, USB	Любые IDE	Беспроводные САУ, Умный дом	Доступно, крайне легко приобрести
MSP 430 Launch Pad	1800 р	Плата микроконтроллера	GPIO, SPI, USB	Arduino IDE	Простые САУ, элементы умного дома	Доступно, сложно приобрести
STM32	600 р	Плата микроконтроллера	GPIO, SPI, USB	CUBE IDE	Простые САУ, элементы умного дома	Доступно, легко приобрести
Arduino	400 р	Плата микроконтроллера	GPIO, SPI, USB	Arduino IDE	Простые САУ, элементы умного дома	Доступно, крайне легко приобрести
Raspberry Pi	7000 р	Микрокомпьютер	GPIO, SPI, HDMI, USB	Напрямую, через ОС	Сервера, сложные САУ, Умный дом, IoT, SCADA-системы	Доступно, средне-сложно приобрести (для модели 3 В)
Intel 8051	800 р	Микроконтроллер	— (поддерживаются различные протоколы)	С помощью отладочной платы	Простые одноплатные САУ	Доступно, сложно приобрести

— 8-битная шина данных. Возможность обработки 8 бит данных за одну операцию.

— 16-битная адресная шина. Возможность доступа к 216 адресам памяти, то есть 64 Кб адресное пространство в ОЗУ и ПЗУ;

— Встроенное ОЗУ — 128 байт;

— Встроенное ПЗУ — 4 КБ;

— Четыре порта ввода-вывода: один двунаправленный и три квазидвунаправленных;

— Интерфейсы UART, I<sup>2</sup>C, SPI;

— Два 16-битных таймера;

— Два уровня приоритета прерываний;

— АЦП, ЦАП;

— ШИМ-генераторы;

— Энергосберегающий режим.

Данный МК был упомянут скорее как дань уважения, нежели реальный кандидат на использование в САУ, но тем не менее ему можно найти применение в системах управления, если потребуется, но в таком случае нужно будет разработать собственную плату и размещать на ней заранее прошитый микроконтроллер.

## Итоги

Для того чтобы сделать некоторые выводы, составим таблицу, в которой сравним все рассмотренные выше платы.

## Литература:

- 10 Best Microcontroller Boards For Hobbyists And Engineers // Wonderful Engineering URL: <https://wonderfuleengineering.com/10-best-microcontroller-boards-for-hobbyists-and-engineers/> (дата обращения: 25.01.24).
- Parallella-1.x Reference Manual // Paralella URL: [https://www.parallella.org/docs/parallella\\_manual.pdf](https://www.parallella.org/docs/parallella_manual.pdf) (дата обращения: 25.01.24).
- ESP32WROOM32 // ESPRESSIF URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf) (дата обращения: 25.01.24).
- Недорогая альтернатива Arduino. Дадим шанс? // Хабр URL: <https://habr.com/ru/articles/151196/> (дата обращения: 25.01.24).
- STM32F103C8T6 — Blue Pill // STM32-base URL: <https://stm32-base.org/boards/STM32F103C8T6-Blue-Pill.html> (дата обращения: 29.12.23).
- STM32F411CEU6 — Black Pill // STM32-base URL: <https://stm32-base.org/boards/STM32F411CEU6-WeAct-Black-Pill-V2.0.html> (дата обращения: 29.12.23).
- Плата Arduino Nano v 3.0: распиновка, схемы, драйвер // ARDUINO MASTER URL: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/plata-arduino-nano/> (дата обращения: 25.01.24).
- Raspberry Pi 3 Model B, Одноплатный компьютер на базе процессора Broadcom BCM2837 с Wi-Fi и Bluetooth // chipdip. URL: <https://www.chipdip.ru/product/raspberry-pi-3-model-b> (дата обращения: 25.01.24).
- Intel 8051 — Википедия // Википедия URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel\\_8051](https://ru.wikipedia.org/wiki/Intel_8051) (дата обращения: 25.01.24).

Исходя из таблицы 7, а также из собственного опыта (к сожалению, без субъективности здесь не обойтись), можно сделать следующие выводы:

— Для большинства простых задач использование Arduino будет оптимальным (здесь и цена, и достаточное быстродействие сочетаются с доступностью);

— Для решения сложных задач автоматизации стоит использовать Raspberry Pi — на ней даже можно построить целую SCADA-систему с полноценным визуальным интерфейсом на мониторе;

— Для решения несложных задач, требующих высокого быстродействия самым логичным кажется использования STM32 (для более сложных вычислений — версию Black Pill), но следует подумать, поскольку есть трудности с прошивкой дженириков (описаны ранее);

— Для разработки одноплатных систем оптимально использование Intel 8051;

— В аутсайдерах же остаются Parallella-16, в связи с недоступностью в РФ, и MSP 430 Launch Pad в связи с неоправданно высокой стоимостью и некоторыми трудностями в приобретении.

В качестве общего вывода, можно сказать следующее — так как в данном исследовании были затронуты общие случаи, для которых и были сделаны выводы, базовую отладочную плату, микроконтроллер или микропроцессор всегда нужно подбирать для конкретной системы отдельно, исходя из конкретных условий.

## Реализация поиска минимума функции методом градиентного спуска в среде MatLab

Гелашвили Алексей Андреевич, студент

Научный руководитель: Шагин Анатолий Васильевич, доктор технических наук, профессор  
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (г. Зеленоград)

В данной статье описана реализация метода градиентного спуска в программе MatLab.

**Ключевые слова:** поиск минимума, поиск экстремума, оптимизация, метод градиентного спуска, метод наискорейшего спуска.

### Введение

Машинное обучение сейчас занимает чуть ли не первое место среди наиболее быстро развивающихся направлений науки и является очень перспективным направлением для различных разработок. В современном машинном обучении применяется множество математических методов и алгоритмов оптимизации. Один из них — метод градиентного спуска.

Градиентный спуск — это алгоритм оптимизации, используемый для минимизации ошибок в модели машинного обучения. Особенно большой интерес к градиентным методам в последние годы связан с тем, что градиентные спуски и их рандомизированные варианты лежат в основе почти всех современных алгоритмов обучения, разрабатываемых в анализе данных [1]. Теперь подробнее рассмотрим суть метода.

### Идея метода

Задача — поиск минимума некоторой функции с начальным приближением (некоторой точкой, в окрестности которой возможно наблюдается экстремум). Главное условие работы метода — возможность вычисления градиента этой функции. Суть метода заключается в том, чтобы «двигаться» (осуществляя тем самым оптимизацию) в направлении антиградиента (то есть направлении наискорейшего спуска — из-за этого метод иногда называют методом наискорейшего спуска); но для реализации этой идеи нам потребуется умножить антиградиент функции на некоторое число, которое может быть как постоянным, так и меняться (в нашем случае будет использоваться постоянное), чтобы не «перепрыгнуть» экстремум при первой итерации и не потерять точность при последующих (при постоянной  $\lambda$ ). Формула, описывающая данную идею:  $x[k+1] = x[k] - \lambda \nabla f(x[k])$ .

### Алгоритм

Имея формулу, предложенную выше несложно описать алгоритм, ищущий минимум функции данным методом. Таким образом нужно:

1. Циклически выполнять описанное в формуле действие:  $x[k+1] = x[k] - \lambda \nabla f(x[k])$ ; а для поверхностей еще и  $y[k+1] = y[k] - \lambda \nabla f(y[k])$ .
2. При срабатывании одного из критериев останова (которых довольно много) останавливать процесс. Причем критерий останова работает на основе вводимого параметра  $\epsilon$ .
3. Последняя полученная точка будет найденным минимумом.

### Реализация

Описанный алгоритм был реализован в виде отдельной функции, экспериментально выбрав критерий останова, который давал наибольшую точность (подробности реализации конкретного критерия можно увидеть в коде MatLab, представленном в листинге 3);  $\lambda$  тоже подобрана экспериментально, и в данном случае взята равной 0,01. Также в связи с тем, что в условии нашей задачи сказано найти минимум поверхности, реализация метода будет включать в себя оптимизацию не только по  $x$ , но и по  $y$  аналогичным способом. Во время каждой итерации строится точка, соответствующая последнему найденному  $x$  и  $y$  на уже созданном ранее графике, содержащем саму поверхность и точку минимума, найденную стандартным методом, который был реализован также в отдельной функции (представлена в листинге 2). Для следующей задачи:  $u = x^2 + y^3 - 2x - 3y^2$  после выполнения программа выводит следующее:

«Стандартный» метод:

Точка (1.0000, 2.0000) является минимумом. Значение функции в данной точке: -5.0000

Метод градиентного спуска:

Точка (1.0158, 2.0000) является экстремумом. Количество итераций, потребовавшихся для поиска: 275

Таким образом мы видим, что метод градиентного спуска работает с некоторой точностью, и она ограничена, в данном случае, тем, что по у функция «пришла» к точке, в которой наблюдается экстремум, быстрее (причем, как выяснилось, зависимость от  $\epsilon$  не линейна и никак не связана с его порядком, потому что в данном примере  $\epsilon$  был равен 0,001).

Графики

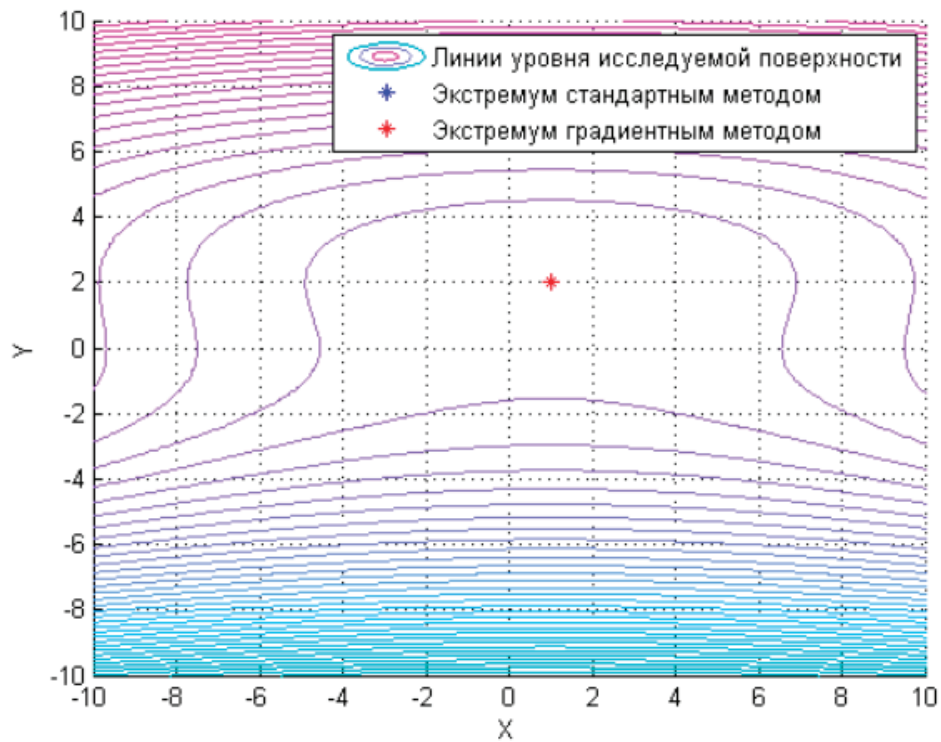


Рис. 1. Найденные экстремумы, двумерный вид

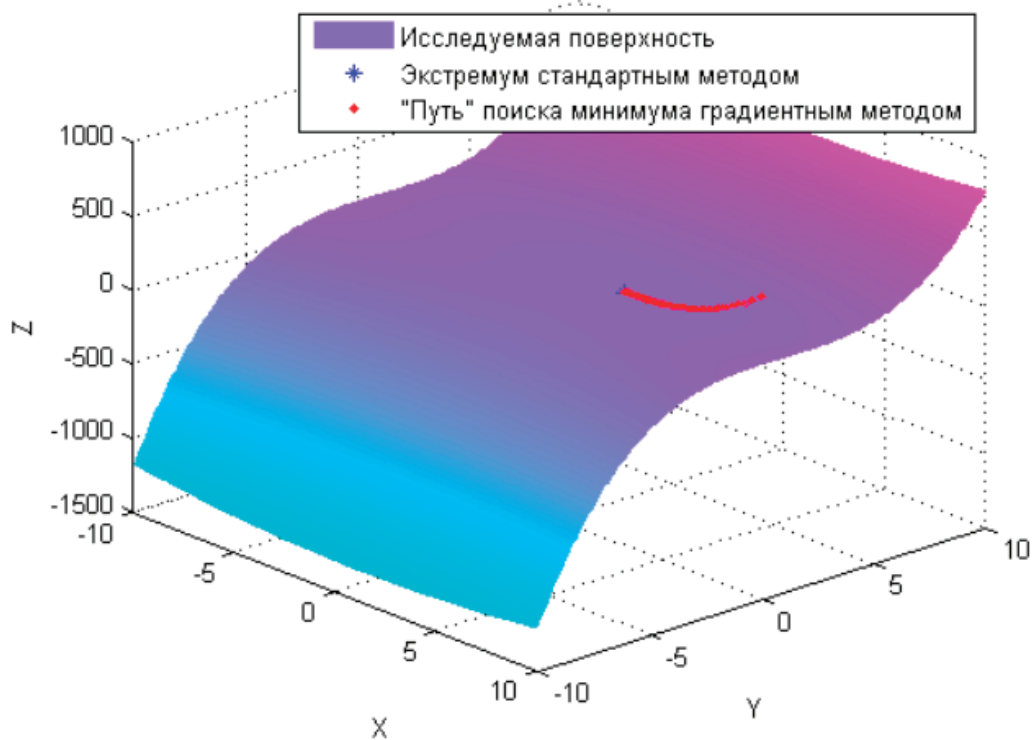


Рис. 2. «Путь» градиентного метода, трехмерный вид

**Код основной программы**

```
clear
clf
clc
close

hold on
grid on

syms x y

%Записываем функцию и ищем двумя методами
f=x^2+y^3-2*x-3*y^2;

%Поверхность
[X Y]=meshgrid(-10:.1:10);
Z=X.^2+Y.^3-2.*X-3.*Y.^2;
surf (X, Y, Z);

fprintf('«Стандартный» метод:\n');
[a, b]=ex(f);

plot3(a, b, subs(f,{x, y}, [a, b]),'*b');

fprintf('Метод градиентного спуска:\n');
[U, I, iter]=gradient_descent(5,5, f,0.001);

fprintf('Точка (%.4f,%.4f) является экстремумом. Количество итераций, потребовавшихся
для поиска:%d\n', double(U), double(I), double(iter));

colormap cool
shading interp

legend('Исследуемая поверхность', 'Экстремум стандартным методом', '«Путь» поиска
минимума градиентным методом');

%axis( [-2 6 0 7]);

xlabel('X');
ylabel('Y');
zlabel('Z');

figure;
hold on
grid on

contour(X, Y, Z,50);

plot(a, b,'*b');
plot(U, I,'*r');

colormap cool
shading interp

legend('Линии уровня исследуемой поверхности', 'Экстремум стандартным
методом', 'Экстремум градиентным методом');

xlabel('X');
ylabel('Y');
```

**Код функции ex**

```

function [out1, out2]=ex(f)
syms x y;
dfx=diff(f, x);
dfy=diff(f, y);
d1=diff(dfx, x);
d2=diff(dfx, y);
d3=diff(dfy, y);

[a, b]=solve(dfx, dfy);
a=a(abs(imag(double(a)))<10^(-8));
b=b(abs(imag(double(a)))<10^(-8));

for i=1: length(a)
    A=subs(subs(d1, x, a(i)), y, b(i));
    B=subs(subs(d2, x, a(i)), y, b(i));
    C=subs(subs(d3, x, a(i)), y, b(i));
    D=double(A*C-B^2);
    z=subs(subs(f, x, a(i)), y, b(i));
    if D>0
        if A>0
            fprintf('Точка (%.4f,%.4f) является минимумом. Значение функции в данной
точке: %.4f\n', double(a(i)), double(b(i)), double(z));
            out1=a(i);
            out2=b(i);
        else
            fprintf('Точка (%.4f,%.4f) является максимумом. Значение функции в данной
точке: %.4f\n', double(a(i)), double(b(i)), double(z));
            out1=a(i);
            out2=b(i);
        end
    elseif D<0
        fprintf('Точка (%.2f,%.2f) не является экстремумом.\n', double(a(i)),
double(b(i)));
    else
        fprintf('Точка (%.2f,%.2f) требует дополнительных исследований.\n', double(a(i)),
double(b(i)));
    end
end

end

```

**Код функции gradient\_descent**

```

function [out1, out2, out3]=gradient_descent(g, h, f, eps)
hold on
grid on
k=1;
lm=0.01;
%delta=0.9;
X(1)=g;
Y(1)=h;
syms x y
diff(f, x);
diff(f, y);

```

```

while (k<1000)
    X(k+1)=X(k)-lm*(subs(diff(f, x), x, X(k)));
    Y(k+1)=Y(k)-lm*(subs(diff(f, y), y, Y(k)));

    %Лучшая проверка:
    CND1=((subs(diff(f, x), x, X(k))^2 + (subs(diff(f, y), y, Y(k))^2) <= eps);
    %Хорошая проверка
    %CND2=(abs(subs(subs(f, x, X(k+1)), y, Y(k+1))-subs(subs(f, x, X(k)), y, Y(k))))
<=eps);

    if CND1
        out1=X(k+1);
        out2=Y(k+1);
        break
End

k=k+1;

    plot3(X(k), Y(k), subs(f, {x, y}, [X(k), Y(k)]), 'r')
end
out1=X(k);
out2=Y(k);
out3=k;
if k==1000
    disp('Перебор...')
end
end

```

#### Литература:

1. Градиентный спуск — Википедия // Википедия URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Градиентный\\_спуск](https://ru.wikipedia.org/wiki/Градиентный_спуск) (дата обращения: 25.01.24).
2. Горлач Б. А., Шахов, В.Г. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация: Учебное пособие.— СПб.: Издательство «Лань», 2016.— 292 с.— (Учебники для вузов. Специальная литература) <https://e.lanbook.com/reader/book/169100/#99>.
3. Горлач Б. А. Математический анализ: Учебное пособие.— СПб.: Издательство «Лань», 2013.— 608 с.: ил.— (Учебники для вузов. Специальная литература) <https://e.lanbook.com/reader/book/4863/#316>.
4. Вычислительные методы линейной алгебры [Текст] / Д.К. Фаддеев, В.Н. Фаддеева.— 3-е изд., стер.— Санкт-Петербург: Лань, 2002.— 733 с.: ил., табл.; 20 см.; ISBN5-8114-0317-8.

## Научная актуальность кинематического анализа плоских рычажных механизмов

Кирнос Дмитрий Сергеевич, курсант

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

*В статье автор исследует практический подход и значимость кинематического анализа плоских рычажных механизмов.*

**Ключевые слова:** группа Ассура, механизм, функция.

Кинематический анализ плоских механизмов играет важную роль в различных областях инженерии, таких как машиностроение, робототехника, автомобильная промышленность и другие. Он позволяет исследовать движение механизма, опре-

делить его скорости и ускорения, а также изучить взаимосвязь и зависимости между элементами механизма.

Плоский механизм — это система соединенных деталей (звеньев), двигающихся в плоскости. Такие механизмы широко



применяются в различных устройствах и системах, включая рулевое управление автомобилем, механизмы замков, приводы колебательных движений в различных инструментах.

Кинематический анализ плоских механизмов включает в себя определение геометрических параметров механизма, таких как длины элементов, углы, расстояния и т.д. Он также позволяет определить зависимости между этими параметрами и скоростями, ускорениями и другими кинематическими характеристиками механизма.

Один из основных инструментов кинематического анализа плоских механизмов — это метод геометрических кинематических рассуждений. С его помощью можно анализировать зависимости между различными элементами механизма, исследовать возможные конфигурации механизма и оптимизировать его рабочие характеристики.

Также кинематический анализ плоских механизмов позволяет произвести расчеты последовательностей и скоростей, применяемых в механизмах, что облегчает решение таких задач, как разработка систем передачи движения или определение принципа работы устройства.

Важной задачей кинематического анализа является определение границ движения механизма, таких как ограничения на углы поворота элементов или на максимальные значения линейных перемещений. Это важно для обеспечения правильной работы механизма и безопасности его использования.

Кинематический анализ плоских механизмов является основой для более сложных аналитических исследований и разработок в области динамики механизмов. Он позволяет определить начальные условия для динамического анализа и рассчитать нагрузки, возникающие в элементах механизмов при его движении.

Таким образом, кинематический анализ плоских механизмов является важным и неотъемлемым этапом проектирования и исследования механизмов. Он позволяет определить геометрические и кинематические параметры механизма, изучить его движение и оптимизировать его работу. Кинематический анализ является базовым инструментом, без которого невозможно провести полноценное исследование и разработку плоского механизма.

Для выполнения кинематического анализа плоских механизмов можно использовать различные методы и подходы. Один из них — метод классической аналитической кинематики, который основан на использовании алгебраических и геометрических уравнений для описания движения механизма. Этот метод позволяет получить точные решения и подходит для простых и средней сложности механизмов.

Другой распространенный метод — это метод численного анализа, который основан на использовании компьютерных программ и алгоритмов для решения уравнений движения механизма. Этот метод позволяет анализировать более сложные и нелинейные механизмы, а также выполнять оптимизацию и моделирование их работы.

Важно отметить, что при кинематическом анализе плоских механизмов не учитывается влияние внешних сил, например, силы тяжести или сопротивления деталей. Этот анализ фокуси-

руется исключительно на исследовании и описании движения механизма и его элементов.

Кинематический анализ плоских механизмов является важным этапом проектирования и разработки различных систем и устройств. Он позволяет определить геометрические параметры и зависимости между элементами механизма, а также оценить их рабочие характеристики, такие как скорость, ускорение, траектория и другие кинематические характеристики.

В итоге, кинематический анализ плоских механизмов играет важную роль в проектировании и оптимизации различных систем с разнообразными приложениями. Он помогает улучшить работу и эффективность механизмов, обеспечивая их надежность и безопасность использования.

Кинематический анализ плоских механизмов включает в себя ряд важных шагов и методов для изучения и понимания движения этих механизмов.

Первым шагом при кинематическом анализе является определение геометрических параметров механизма, таких как длины звеньев, расстояния между звеньями, углы поворота и т.д. Эти параметры позволяют описать форму и конфигурацию механизма.

Далее следует определение связей и ограничений, которые действуют на элементы механизма. Это могут быть различные типы связей, такие как вращательная или поступательная связи, или же условия ограничения на движение элементов механизма. Эти связи и ограничения определяют возможные движения механизма.

Затем проводится анализ кинематических параметров механизма, таких как скорость и ускорение. Скорость является производной от перемещения элементов механизма по времени, а ускорение — производной от скорости по времени. Анализ этих параметров позволяет определить, как изменяются скорость и ускорение элементов механизма при движении.

Также в процессе кинематического анализа проводится анализ траектории движения. Это позволяет определить путь, по которому перемещаются элементы механизма, и выявить особенности их движения, например, точки экстремума или моменты изменения направления движения.

Один из важных методов при кинематическом анализе плоских механизмов — метод векторной алгебры и геометрии. Он основан на использовании векторов и матриц для описания движения и связей между элементами механизма. Этот метод позволяет эффективно решать задачи кинематики и получать аналитические выражения для определения требуемых параметров механизма.

Кроме того, при кинематическом анализе плоских механизмов может быть использовано программное обеспечение, которое позволяет проводить численные расчеты и моделирование для определения и визуализации движения механизма.

В целом, кинематический анализ плоских механизмов является важным инструментом для проектирования и оптимизации различных систем. Он позволяет исследовать и определить характеристики движения механизмов, а также разрабатывать эффективные и надежные конструкции.

Кинематический анализ плоских механизмов является важным инструментом для проектирования и оптимизации

различных систем. Он позволяет установить, как движутся различные элементы механизма и как они взаимодействуют друг с другом.

Одна из основных целей кинематического анализа — определить положение, скорость и ускорение каждого элемента механизма в течение времени. Для этого проводятся расчеты на основе уравнений движения, описывающих связи и ограничения между звеньями.

Одним из важных понятий при кинематическом анализе является «степень свободы» механизма. Она определяет количество независимых переменных, необходимых для полного описания положения механизма. Например, одноосный вращательный механизм имеет одну степень свободы, так как его положение может быть описано одной переменной — углом поворота.

Для более сложных механизмов может потребоваться применение дополнительных методов и техник. Например, метода Лагранжа позволяет учесть влияние сил и моментов, действующих на элементы механизма, и более точно определить их движение.

Кроме того, кинематический анализ плоских механизмов может включать исследование обратной задачи — нахождение управляющего воздействия, необходимого для достижения требуемого движения элементов механизма. Это позволяет проектировать системы управления для управления движением механизмов.

Важно отметить, что кинематический анализ плоских механизмов является лишь основой для дальнейшего проектирования и анализа. Для полного понимания и оптимизации механизмов также требуется проведение динамического анализа, который учитывает влияние сил и моментов на движение элементов механизма.

В общем, кинематический анализ плоских механизмов позволяет определить и описать движение элементов механизма, включая их положение, скорость и ускорение. Это важное исследование при проектировании и оптимизации систем, обеспечивающее правильное функционирование и эффективность механизмов.

Для проведения кинематического анализа плоских механизмов используются различные методы и подходы. Одним из них является метод аналитической геометрии, который основывается на использовании уравнений и геометрических преобразований.

При аналитическом кинематическом анализе строятся математические модели механизма, описывающие его геометрию и связи между звеньями. Затем эти модели используются для получения выражений, описывающих перемещение, скорость и ускорение элементов механизма. Эти выражения могут быть полезными для предварительного проектирования системы, определения ее рабочего диапазона и ограничений.

Еще одним методом кинематического анализа является метод графической кинематики. Он основан на построении графиков и диаграмм, которые позволяют визуализировать движение элементов механизма и анализировать его характеристики. Например, можно построить кривую перемещения, которая показывает изменение положения элемента механизма в зависимости от времени.

Метод численного моделирования также широко используется при кинематическом анализе плоских механизмов. Он заключается в создании математической модели механизма и использовании численных методов для аппроксимации его движения. Например, могут быть использованы методы конечных элементов или численного интегрирования для решения уравнений движения и получения численных результатов.

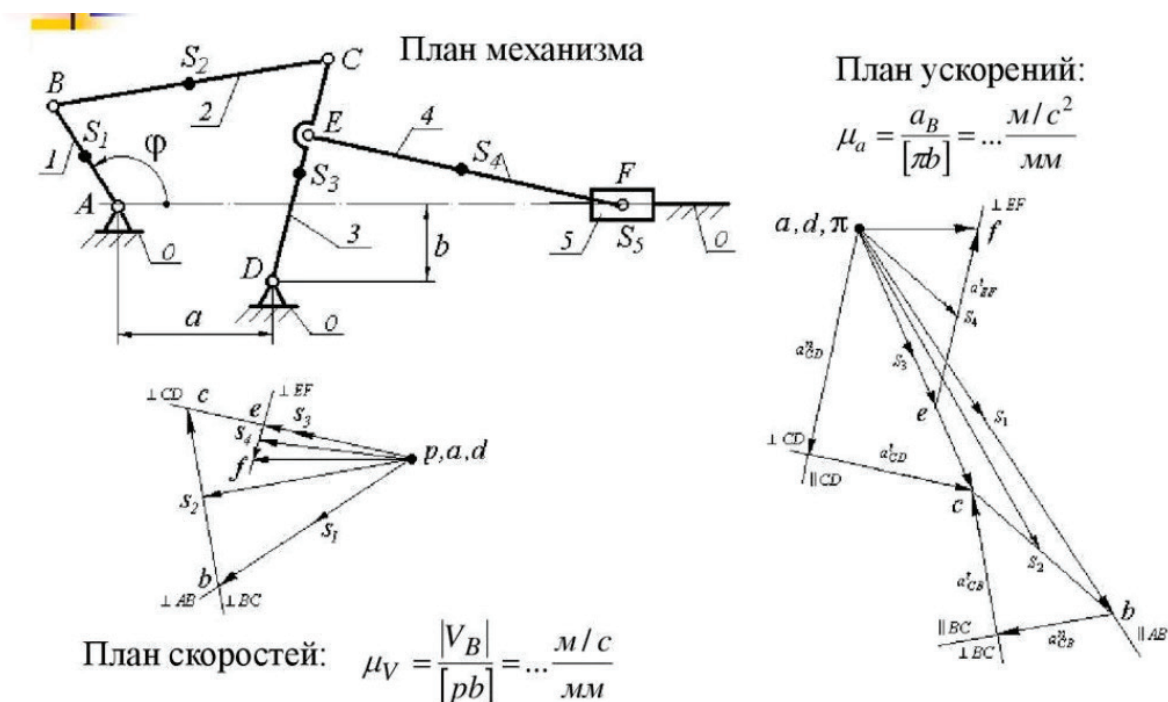


Рис. 1. Графический анализ плоского рычажного механизма

И наконец, стоит отметить важность использования специализированного программного обеспечения для кинематического анализа механизмов. Существуют различные компьютерные программы, которые позволяют визуализировать и анализировать движение элементов механизма, а также проводить различные расчеты и оптимизации.

#### Литература:

1. Артоблевский И. И. Теория механизмов и машин. — М.: ГРФЛ, 1988.
2. Тимофеев Г. А., Умнов Н. В. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование — М.: МГТУ, 2012.

## Научная важность программного моделирования плоских рычажных механизмов

Кирнос Дмитрий Сергеевич, курсант

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

*В статье автор исследует и обосновывает научную важность программного представления и исследования плоских механизмов.*

**Ключевые слова:** моделирование, механизм, программа.

Научное моделирование плоских механизмов в машиностроении имеет огромную важность. Оно позволяет исследовать и анализировать различные аспекты и поведение механизмов, таких как кинематика, динамика, прочность, жесткость и т.д. Моделирование помогает инженерам и конструкторам получить представление о том, как механизм будет функционировать в реальном мире, тестировать различные конфигурации и принимать обоснованные решения в процессе разработки.

Одним из основных преимуществ моделирования является возможность экономии времени и ресурсов. Вместо физического создания и испытания прототипов, которые могут быть дороги и трудоемки, инженеры могут использовать программное моделирование для проведения виртуальных экспериментов. Это позволяет быстро и эффективно изучать различные варианты конструкции механизма, оптимизировать его параметры и находить лучшие решения.

Кроме того, моделирование способствует повышению точности и надежности проектирования. Оно позволяет учесть множество факторов, влияющих на работу механизма, таких как трение, деформации, воздействие внешних нагрузок и другие. Благодаря моделированию можно выявить потенциальные проблемы и недостатки ещё на этапе проектирования, а не на производственной стадии или даже после выпуска изделия.

Еще одной важной особенностью моделирования плоских механизмов является возможность проведения исследований, которые физически невозможно или чрезвычайно сложно выполнить. Например, моделирование может помочь определить оптимальные параметры для максимизации эффективности, минимизации вибраций или решения других задач, которые трудно изучить экспериментально.

Таким образом, программное моделирование плоских механизмов в машиностроении является неотъемлемой частью

В целом, кинематический анализ плоских механизмов является важным этапом при проектировании и оптимизации систем. Он позволяет установить движение элементов механизма и оценить его влияние на общую производительность и эффективность системы.

Графическое представление механизма отображено на рис. 1.

современного инжиниринга. Оно позволяет существенно сократить время и затраты на разработку, повысить точность и надежность проектирования, а также проводить исследования, недоступные с использованием традиционных методов.

Разработка программного моделирования плоских механизмов в машиностроении имеет ещё несколько важных преимуществ. Первое из них — возможность усовершенствования существующих конструкций и создания новых, более эффективных механизмов. Путем использования моделирования, инженеры могут исследовать различные параметры и варианты конструкции, оптимизировать их и выбрать наиболее оптимальные решения.

Второе преимущество программного моделирования заключается в его способности предсказывать поведение и характеристики механизма в различных условиях эксплуатации. Виртуальные эксперименты позволяют исследовать различные сценарии, изменяя входные параметры и анализируя их влияние на работу механизма. Таким образом, моделирование помогает предотвратить нежелательные воздействия и проблемы, которые могут возникнуть в реальном мире.

Третье преимущество моделирования в машиностроении — возможность проведения тестирования и валидации без необходимости создания физических прототипов. Это особенно важно на ранних стадиях проектирования, когда изменения в конструкции могут быть внесены с минимальными затратами. Виртуальное моделирование позволяет оценить эффективность и надежность механизма, а также выявить потенциальные проблемы и улучшить его производительность еще до того, как будет создан физический прототип.

Наконец, программное моделирование плоских механизмов является важным инструментом для обучения и обмена знаниями. С его помощью можно создавать образовательные материалы, визуализировать и объяснить особенности работы ме-

ханизмов учащимся и студентам. Кроме того, моделирование позволяет обмениваться опытом и идеями между инженерами и учеными, способствуя прогрессу и инновациям в машиностроении.

В целом, программное моделирование плоских механизмов имеет огромную научную важность, предоставляя инженерам и исследователям мощный инструмент для изучения, оптимизации и развития механизмов в машиностроении. С его помощью можно создавать более эффективные и надежные механизмы, проводить виртуальные эксперименты и тестирование, а также обучать и обмениваться знаниями в этой области.

Однако, следует отметить, что программное моделирование является всего лишь инструментом, а не самоцелью. Для достижения оптимальных результатов необходимо сочетать моделирование с другими методами и подходами, такими как теоретический анализ, эксперименты и проверка на практике. Кроме того, точность и достоверность моделей зависят от правильного ввода данных и учета всех реальных факторов, влияющих на работу механизма.

В заключение, программное моделирование плоских механизмов в машиностроении является незаменимым инструментом для проектирования, оптимизации и анализа работы механизмов. Оно позволяет улучшить конструкции, предсказать и предотвратить возможные проблемы, сократить затраты и временные рамки проектирования. Программное моделирование также способствует обмену знаниями и обучению, ускоряет процесс инноваций и развития в машиностроении. Однако, следует помнить, что моделирование является только

одним из инструментов, и его результаты должны быть подтверждены реальными экспериментами и практикой.

Да, научное программное моделирование механизма является важным инструментом в современной науке. Оно позволяет исследователям создавать виртуальные модели и симуляции, которые помогают лучше понять и объяснить сложные физические, химические или биологические процессы.

Программное моделирование механизма позволяет проводить эксперименты в виртуальной среде, что позволяет исследователям изучать систему под различными условиями и получать данные, которые было бы сложно или невозможно получить экспериментальным путем. Это позволяет экономить время, ресурсы и снижает риск в ходе исследований. Кроме того, программное моделирование механизма позволяет проверять гипотезы, анализировать данные и прогнозировать результаты до выполнения физических экспериментов. Это позволяет исследователям сделать более информированные решения и оптимизировать процессы их работы. Таким образом, научное программное моделирование механизма играет важную роль в современной науке, помогая исследователям лучше понять, объяснить и прогнозировать сложные физические явления.

В научных исследованиях механизмов программное моделирование имеет несколько ключевых преимуществ:

1. Возможность изучать сложные системы: Механизмы в реальном мире часто представляют собой сложные и взаимодействующие системы. Программное моделирование позволяет исследователям разбираться в сложности этих систем, а также выявлять связи и взаимодействия между различными компонентами.

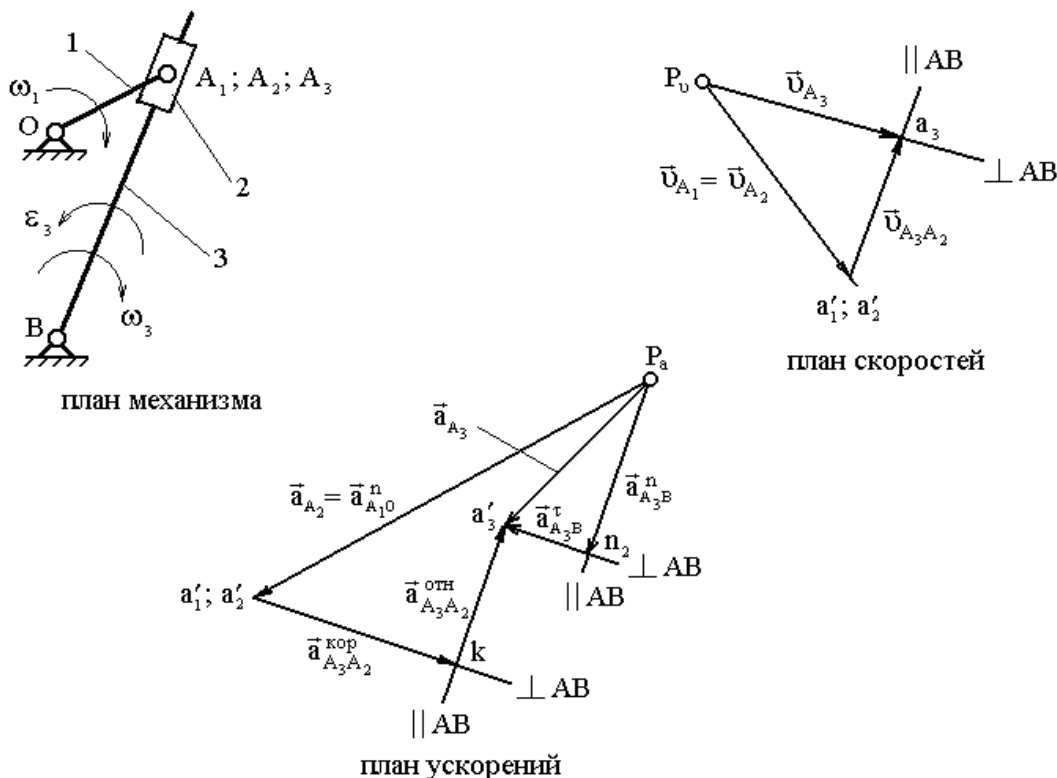


Рис. 1. Графический анализ плоского рычажного механизма

2. Меньшие затраты на исследования: Физические эксперименты могут быть дорогими и требующими много времени. Программное моделирование позволяет исследователям проводить виртуальные эксперименты, что значительно сокращает затраты на оборудование и ресурсы.

3. Гибкость и удобство исследований: Программное моделирование механизма предоставляет исследователям гибкость в изменении параметров и условий эксперимента. Они могут легко изменять и настраивать модели, чтобы проверить различные сценарии и гипотезы. Это позволяет быстро и эффективно анализировать данные и получать новые познания.

4. Прогнозирование и оптимизация: Моделирование механизма позволяет исследователям прогнозировать результаты и оптимизировать процессы. Это может быть полезно для про-

ектирования новых систем, оптимизации существующих исследований и принятия более обоснованных решений.

5. Понимание фундаментальных принципов: Моделирование механизма помогает исследователям лучше понять фундаментальные принципы, лежащие в основе сложных явлений. Оно позволяет углубиться в анализ и эксперименты, чтобы расширить наше понимание мира и развивать новые теории.

В целом, научное программное моделирование механизма является незаменимым инструментом для исследований в различных научных областях. Оно позволяет исследователям облегчить изучение и понимание сложных систем, сократить затраты и время на исследования, а также прогнозировать результаты и оптимизировать процессы.

Графическое представление механизма отображено на рис. 1.

#### Литература:

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. — М.: ГРФЛ, 1988.
2. Григорьева Г. В., Надырова И. М. Механика. Теория механизмов и машин. — М.: ГОУ ВПО СГГА, 2007.

## Научное прикладное применение силового расчета плоских рычажных механизмов в промышленности

Кирнос Дмитрий Сергеевич, курсант

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

*В статье автор исследует и обосновывает научную важность силового расчета плоских рычажных механизмов в машиностроении и других отраслях промышленности, рассматривает основные его этапы и рассматривает его актуальность.*

Силовой анализ плоских рычажных механизмов является важной частью их проектирования и исследования. Он позволяет определить силовые воздействия, возникающие в различных элементах механизма, и оценить его эффективность и надежность.

Для проведения силового анализа плоского рычажного механизма необходимо выполнить следующие шаги:

1. Определение внешних сил: Исследование начинается с определения внешних сил, действующих на механизм. Это могут быть такие силы как грузы, силы сопротивления, приложенные силы или реакции опоры. Важно учесть все силы, которые могут влиять на механизм.

2. Построение свободной диаграммы сил: Для анализа сил в рычажном механизме обычно строят свободную диаграмму сил. На этой диаграмме изображают все внешние силы и соответствующие им направления и величины.

3. Выбор точек анализа: Для каждого элемента механизма необходимо выбрать точку анализа. Эти точки обычно выбираются таким образом, чтобы минимизировать количество неизвестных сил. Обычно выбирают точки пересечения или соединения элементов механизма.

4. Расчет реакций опоры: После выбора точек анализа необходимо рассчитать реакции опоры. Реакции опоры пред-

ставляют собой силы и моменты, действующие на механизм от опоры или платформы, на которой он находится.

5. Расчет внутренних сил: С использованием принципа равнодействующих сил и моментов рассчитываются внутренние силы в элементах механизма. Это позволяет определить, каким образом силы распределены по элементам и как они влияют на их работу и прочность.

6. Оценка эффективности и надежности: После расчета внутренних сил можно оценить эффективность и надежность механизма. Это включает оценку напряжений, деформаций и потенциальных проблем, таких как перенапряжения или динамические нагрузки.

Силовой анализ плоских рычажных механизмов является комплексным процессом, требующим учета множества факторов. Он позволяет оптимизировать дизайн и обеспечить надежную и эффективную работу механизма.

Силовой анализ плоских рычажных механизмов представляет собой существенный компонент их проектирования и исследования. Он способствует определению силовых воздействий, возникающих в различных компонентах механизма, и позволяет оценить его эффективность и надежность.

В контексте силового анализа плоского рычажного механизма необходимо иметь в виду осуществление исследования

равновесия и применение метода равнодействующих сил и моментов.

При анализе равновесия рычажного механизма следует детально изучить каждый рычаг отдельно и определить агрегацию всех сил и моментов, воздействующих на данный рычаг. Устойчивость достигается в тот момент, когда данная агрегация равна нулю.

Для определения внутренних сил в компонентах механизма используются метод равнодействующих сил и метод равнодействующих моментов. С помощью данных методов можно определить силы, моменты и реакции в различных частях механизма, таких как шарниры, рычаги и оси вращения.

На протяжении силового анализа следует также учитывать материалы компонентов механизма, их геометрические размеры и прочностные характеристики. Например, при проведении расчета напряжений и деформаций требуется учитывать прочностные свойства материалов и выбрать соответствующие сечения компонентов.

Другим важным аспектом силового анализа является оценка надежности и безопасности механизма. Высокие напряжения, деформации или перегрузки могут привести к повреждениям или отказам в работе механизма. Поэтому рекомендуется проводить дополнительные проверки для подтверждения безопасности функционирования системы.

Все вышеупомянутые этапы анализа, включая расчеты и оценки, помогают инженерам усовершенствовать проектирование и оптимизировать работу плоского рычажного механизма в терминах его эффективности, надежности и безопасности.

Силовой расчет плоских механизмов остается актуальным и важным инженерным заданием. Плоские механизмы широко применяются в различных областях, включая машиностроение, автомобильную и аэрокосмическую промышленности, робототехнику и другие.

Силовой расчет позволяет оценить воздействие внешних нагрузок на механизм и его отдельные элементы. Это необходимо для обеспечения безопасной и эффективной работы механизма, а также для предотвращения повреждений и отказов.

Силовой расчет плоских механизмов включает в себя определение сил, моментов и давлений, действующих на различные элементы механизма. Такой расчет включает в себя анализ статических и динамических нагрузок, выбор материалов и размеров компонентов, а также оценку прочности и устойчивости механизма.

Силовой расчет позволяет оптимизировать конструкцию механизма, учитывая требования прочности, жесткости, устойчивости и других параметров. Благодаря этому можно достичь оптимальных результатов, снизить издержки производства, повысить надежность и снизить риск возникновения аварийных ситуаций.

Таким образом, актуальность силового расчета плоских механизмов обусловлена его важностью для обеспечения безопасной и эффективной работы механизма, а также для оптимизации его конструкции и повышения качества продукции в различных отраслях промышленности.

Силовой расчет плоских механизмов является неотъемлемой частью процесса проектирования и анализа таких систем. Он позволяет определить необходимые силы и моменты, которые действуют на различные элементы механизма, а также оценить их влияние на его работу и надежность.

Актуальность силового расчета плоских механизмов подтверждается их повсеместным использованием в инженерной практике. Плоские механизмы, включающие такие элементы, как рычаги, зубчатые передачи, шатуны и т.д., широко применяются во многих отраслях промышленности для передачи, преобразования и управления движением.

Силовой расчет необходим для таких задач, как определение оптимальных размеров и форм элементов механизма, выбор материалов с учетом требований прочности, жесткости и износостойкости, а также проверка на соответствие допустимым напряжениям и деформациям. Важно учесть все возможные силовые воздействия, включая статические, динамические, ударные, циклические и прочие нагрузки, чтобы обеспечить безопасность, эффективность и долговечность работы механизма.

Кроме того, силовой расчет является основой для проведения дальнейших анализов, таких как расчеты прочности, устойчивости и динамических характеристик механизма. Он позволяет предсказать возможные проблемы, такие как износ, деформации, изломы, и предпринять соответствующие меры для предотвращения аварий и повышения эксплуатационной надежности.

В итоге, актуальность силового расчета плоских механизмов состоит в необходимости обеспечения безопасности и надежности работы механизма, его оптимизации с точки зрения производства и эксплуатационных характеристик, а также использования новых материалов и технологий для повышения эффективности и конкурентоспособности продукции.

Силовой расчет плоских механизмов также важен для оптимизации и снижения затрат на производство механизмов. Правильный силовой расчет позволяет выбрать наиболее эффективные элементы механизма, учитывая требования к прочности и жесткости, а также экономичность производства.

Кроме того, силовой расчет помогает оценить воздействие на механизм внешних факторов, таких как изменение нагрузки, температуры, влажности и других условий эксплуатации. Это позволяет прогнозировать возможные проблемы и предпринять меры по их предотвращению.

Силовой расчет также играет важную роль в разработке новых механизмов и улучшении уже существующих систем. Он позволяет провести анализ различных вариантов конструкции, определить наиболее эффективное сочетание элементов и параметров, а также произвести оценку их влияния на работу системы в целом. Такой подход позволяет сократить время и затраты на разработку, повысить качество и надежность продукции.

Наконец, силовой расчет плоских механизмов является основой для проведения статических и динамических испытаний механизмов. Результаты силового расчета используются при проведении испытаний для проверки соответствия проекта требованиям нормативных документов и стандартов. Отсут-

ствие достаточного силового расчета может привести к аварийным ситуациям, повреждению оборудования и жизнеопасным ситуациям для персонала.

Рассчитать силы и моменты, действующие на элементы плоского механизма, можно с помощью различных методов, таких как метод силы, метод перекалывания пяточка, метод виртуальных перемещений и другие. Каждый из этих методов имеет свои особенности и применяется в зависимости от конкретной задачи и условий.

Метод силы основан на равновесии сил и моментов в каждом из элементов механизма. Для этого требуется учесть все внешние силы, такие как силы тяжести, реакции опор, приложенные силы и моменты, а также внутренние силы, вызванные взаимодействием элементов механизма друг с другом. Расчеты проводятся с использованием принципов статики, включая уравновешенность суммарных сил и моментов в каждом из элементов.

Метод перекалывания пяточка основан на анализе сил, действующих на пяточок, который является одним из элементов механизма. С помощью этого метода можно определить силы и моменты, действующие на остальные элементы механизма,

путем равновесия моментов относительно пяточка. Этот метод особенно полезен при анализе механизмов с большим количеством элементов и сложной геометрией.

Метод виртуальных перемещений является более общим и универсальным подходом к силовому расчету. Он основан на использовании принципа виртуальной работы, который предполагает равенство виртуальной работы внешних и внутренних сил при малых виртуальных перемещениях. С помощью этого метода можно определить силы и моменты, действующие на элементы механизма, а также их влияние на перемещение и деформацию механизма.

Все эти методы силового расчета позволяют определить требуемые силы и моменты, которые должны быть учтены при проектировании и анализе плоских механизмов. Они помогают обеспечить безопасность и надежность работы системы, а также оптимизировать ее конструкцию с учетом требований к прочности, жесткости и экономичности. Силовой расчет плоских механизмов является неотъемлемой частью процесса их проектирования и помогает достичь успешных результатов.

Графическое представление силового расчета механизма отображено на рис. 1.

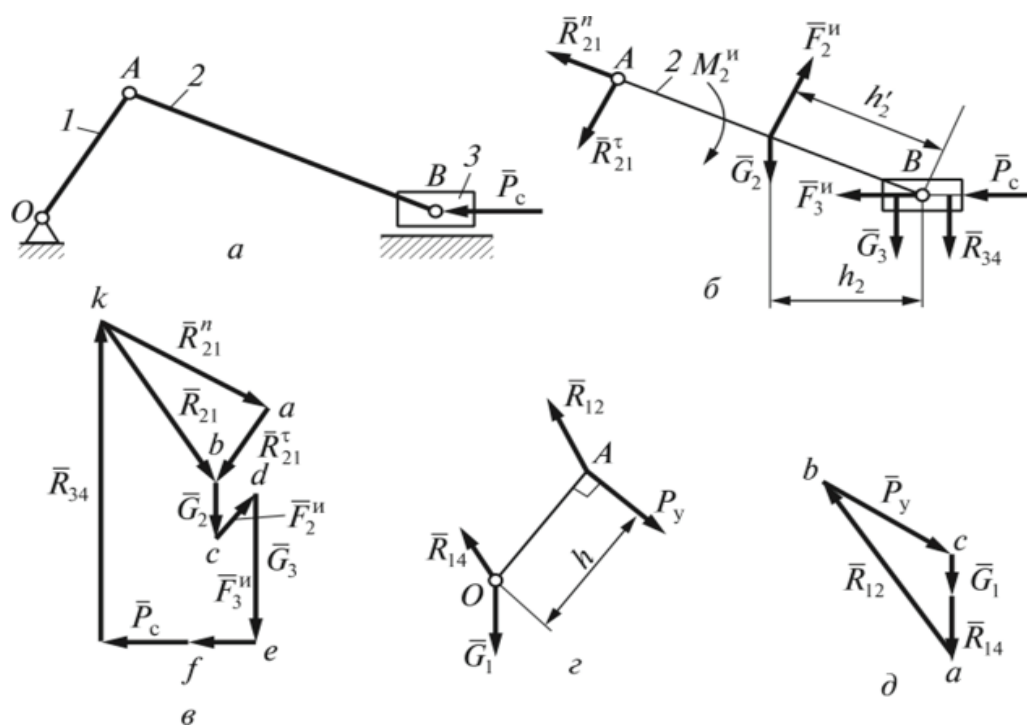


Рис. 1. Графическое представление силового расчета плоского рычажного механизма

Литература:

1. Артоболовский И. И. Теория механизмов и машин. — М.: ГРФЛ, 1988.
2. Григорьева Г. В., Надырова И. М. Механика. Теория механизмов и машин. — М.: ГОУ ВПО СГТА, 2007.

## Исследование причин и меры устранения недопустимых токовых перегрузок в линии электропередачи, питающей тяговую нагрузку

Кольцов Макар Игоревич, студент магистратуры;

Кольцов Василий Игоревич, студент

Научный руководитель: Константинов Михаил Андреевич, кандидат технических наук, доцент  
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

*В статье автор рассматривает причины и способы устранения недопустимых токовых перегрузок в линии электропередачи, питающей тяговую нагрузку.*

**Ключевые слова:** система тягового электроснабжения, несимметрия тока, воздушная линия, недопустимые длительные токовые перегрузки.

Электрифицированные железные дороги являются крупным потребителем электрической энергии, поэтому предъявляют к системе электроснабжения серьезные требования по энергообеспечению, так как от надежности системы тягового электроснабжения зависит безопасность и соблюдение скоростного режима, а также интервальность движения. В настоящее время остро стоит проблема в росте объема перевозок, которая приводит к увеличению массы электроподвижного состава и уменьшению интервала движения поездов. Кроме этого, электрифицированная железная дорога переменного тока является специфическим потребителем электрической энергии. Это заключается в том, что электротяговая нагрузка является несимметричным нелинейным потребителем с переменной нагрузкой, которая оказывает влияние на качество электроэнергии в системе внешнего электроснабжения (СВЭ). Однофазная тяговая нагрузка подключается через тяговые подстанции к трехфазной линии электропередачи (ЛЭП), вызывая в ней неравномерное потребление токов [1]. А такие условия как сложный профиль пути, увеличение массы подвижного состава и переход на ремонтные схемы СВЭ приводит к увеличению несимметрии тока и напряжения в ЛЭП. Это сопровождается недопустимыми длительными токовыми перегрузкам в одной из фаз ЛЭП, что снижает надежность электроснабжения. Причиной возникновения недопустимой длительной токовой перегрузки в большинстве случаев является несимметрия тока. Таким образом, чтобы решить вопрос устранения токовой перегрузки, нужно рассмотреть способы снижения несимметрии тока.

К мероприятиям по снижению несимметрии тока можно отнести: перенос фидеров контактной сети; использование устройств продольной компенсации в тяговой сети; установка трансформаторов с симметрирующим эффектом, например, трансформатор с обмотками, соединенными по схеме Скотта; использование управляемого статического тиристорного компенсатора в тяговой сети. Каждое из этих мероприятий имеет свои достоинства и недостатки. Ниже опишем каждый вариант.

### 1. Перенос фидеров контактной сети

Данное мероприятие сводится к переводу фидеров с перегруженного плеча на недогруженное, тем самым достигается более равномерная нагрузка фаз. Также это приводит к существенному уменьшению потерь электрической энергии во

внешней сети [2]. Учитывая резко-переменный характер тяговой нагрузки, можно отметить, что данное мероприятие позволяет снизить максимальное значение тока в наиболее загруженной фазе питающей подстанции ЛЭП на 10%, но не всегда способно решить проблему токовой перегрузки.

### 2. Применение установки поперечной емкостной компенсации

В настоящее время для отечественных железных дорог проектируются установки поперечной емкостной компенсации с плавным и ступенчатым регулированием мощности. Их использование позволяет снизить значение несимметрии тока и напряжения. Это приводит к уменьшению максимальных значений тока в наиболее загруженной фазе линии электропередачи, питающей тяговую подстанцию, на 7%. Однако, существует ограничение, вызванное максимальным значением уровня напряжения на шинах тяговой сети. То есть, при использовании компенсирующего устройства повышается уровень напряжения в тяговой сети. Поэтому дополнительно необходимо следить, чтобы напряжение не превышало 29 кВ. Но в то же время преимуществом использования конденсаторных установок является их простота и экономичность.

### 3. Применение на тяговой подстанции силовых трансформаторов с обмотками, соединенными по схеме Скотта

Питание тяговой сети при соединении вводов двух силовых однофазных трансформаторов («базисного» и «высотного») по схеме Скотта является одной из самых популярных схем с симметрирующими трансформаторами. Данная схема интересна тем, что угол сдвига между векторами напряжений обмоток низшего напряжения «базисного» и «высотного» трансформаторов составляет 90 градусов [2], что в случае, когда правое и левое плечи тяговой подстанции одинаково загружены, приводит к практически равномерной нагрузке фаз линии электропередачи, питающей тяговую подстанцию. В среднем, максимальный ток в фазе ЛЭП снижается на 13%. Реализация схемы Скотта на тяговых подстанциях, подобна использованию схемы открытого треугольника, но неприменима на



территории России для существующей системы электроснабжения.

#### 4. Использование управляемого статического тиристорного компенсатора

Управляемый статический тиристорный компенсатор (СТК) представляет собой последовательно включенную батарею конденсаторов и встречно-параллельные тиристоры, объединенные в схему треугольник.

Автоматическое регулирование реактивной мощности производится импульсно-фазовым методом согласно специальному алгоритму, который позволяет регулировать угол открытия тиристоры в рабочих фазах и устанавливать необходимые значения емкости и соответственно величину реактивной мощности, выдаваемой СТК [3]. Так же, как и в случае с однофазным компенсирующим устройством, необходимо следить за уровнем напряжения на шинах тяговой сети, чтобы не превышать 29 кВ. Но применение управляемого СТК позволяет в более широком диапазоне производить регулирование. Это приводит к более равномерной нагрузке фаз питающей ЛЭП, тем самым снижая коэффициент несимметрии тока по обратной последовательности, и, как следствие, устранению недопустимой токовой перегрузки питающей ЛЭП. Максимальное

значение тока в загруженной фазе ЛЭП снижается на 30%. Недостатком использования СТК является его высокая стоимость.

Отдельно хочется выделить мероприятие по увеличению сечения кабеля линии электропередачи [4]. Данное мероприятие позволяет увеличить значение недопустимой длительной токовой перегрузки ЛЭП. При этом на несимметрию тока данное мероприятие не влияет, и значение тока в одной фазе ЛЭП остается больше, чем в двух других. Что при увеличении нагрузки тяговой сети в дальнейшем приведет к повторному превышению допустимых значений.

Таким образом, сложный профиль железнодорожного пути, переход на ремонтные схемы СВЭ при введении тяжеловесного движения приводят к возникновению недопустимых длительных токовых перегрузок в одной фазе ЛЭП. Для их устранения рассмотрены такие мероприятия, как перенос фидеров контактной сети, установка устройства продольной компенсации, использование трансформаторов с обмотками, соединенными по схеме Скотта, установка управляемого статического тиристорного компенсатора. Установка СТК является самым эффективным и в то же время самым дорогим вариантом, но при этом устраняется значительная несимметрия тока. Мероприятие по замене фазного кабеля ЛЭП устраняет недопустимую длительную токовую перегрузку, но никак не влияет на несимметрию тока.

#### Литература:

1. СП 224.1326000.2014 Тяговое электроснабжение железной дороги. — Текст: электронный // Строительные нормы и правила РФ: официальный сайт. — 2014. — URL: <http://sniprf.ru/sp224-1326000-2014> (дата обращения 12.12.2023)
2. Киселев, М. Г. Исследование и разработка методов симметрирования токов в трехфазных системах электроснабжения на основе силовых электронных устройств компенсации неактивной мощности — Москва, ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ», 2017–16
3. Марквардт К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. Учебник для вузов ж. д. трансп. — М.: Транспорт, 1982 — с. 528.
4. Геркусов, А. А. Анализ методик для выбора сечений проводов воздушных линий электропередачи / А. А. Геркусов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. — 2014. — № 3(202). — с. 131–138. — EDN SUFIML.

## Разработка технологии получения моно- и диглицеридов жирных кислот из масла ши

Кондратьев Александр Владимирович, студент магистратуры;  
Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

*В современном мире все больше людей обращают внимание на здоровое питание и стараются выбирать продукты, содержащие меньше насыщенных жиров и холестерина. В связи с этим, интерес к растительным маслам, богатым полезными жирными кислотами, растет с каждым днем. Однако, для улучшения их функциональных свойств и расширения применения в пищевой промышленности необходимо разработать технологию получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла. Моно- и диглицериды — это эффективные поверхностно-активные вещества, которые используются в пищевой промышленности как стабилизаторы, эмульгаторы и антиоксиданты. Они повышают эластичность теста при выпечке хлебобулочных изделий, увеличивают срок годности продуктов за счет предотвращения окисления масел и жиров, а также улучшают текстуру и вкусовые качества различных продуктов. Разработка технологии получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла имеет большое практическое значение. Это позволит использовать растительные масла более широко в пищевой промышленности и создавать новые продукты с улучшенными свойствами. Однако, данный процесс является сложным и требует глубоких знаний в области химической технологии и катализа. В данной статье будут рассмотрены основные методы получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла, а также принципы работы различных катализаторов, используемых в этом процессе.*

*Ключевые слова:* орехи ши, масло ши, жирные кислоты, моно- и диглицериды жирных кислот

## Development of technology for producing mono- and diglycerides of fatty acids from Shea Butter

Kondratyev Aleksandr Vladimirovich, student master's degree;  
Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor  
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (Moscow)

*In the modern world, more and more people are paying attention to healthy eating and trying to choose foods that contain less saturated fat and cholesterol. In this regard, interest in vegetable oils rich in healthy fatty acids is growing every day. However, to improve their functional properties and expand their use in the food industry, it is necessary to develop a technology for producing mono- and diglycerides of fatty acids from vegetable oil. Mono- and diglycerides are effective surfactants that are used in the food industry as stabilizers, emulsifiers and antioxidants. They increase the elasticity of dough when baking baked goods, increase the shelf life of products by preventing the oxidation of oils and fats, and also improve the texture and taste of various products. The development of technology for producing mono- and diglycerides of fatty acids from vegetable oil is of great practical importance. This will allow the use of vegetable oils more widely in the food industry and the creation of new products with improved properties. However, this process is complex and requires deep knowledge in the field of chemical technology and catalysis. This article will discuss the basic methods for producing mono- and diglycerides of fatty acids from vegetable oil, as well as the principles of operation of the various catalysts used in this process.*

**Keywords:** shea nuts, shea butter, fatty acids, mono- and diglycerides of fatty acids

Моно- и диглицериды жирных кислот широко используются в пищевой промышленности как эмульгаторы, стабилизаторы и антистарители. Однако, традиционные методы производства моно- и диглицеридов связаны с использованием животных жиров или синтезом с помощью химических реактивов, что может иметь негативное влияние на окружающую среду и здоровье потребителей. Одним из главных преимуществ моно- и диглицеридов является их способность улучшать эмульгирование и стабилизацию продуктов. Это особенно полезно при производстве хлебобулочных изделий, кондитерских изделий, соусов и мороженого, где требуется сохранение однородной текстуры и устойчивости к разделению [3].

С развитием технологий получения моно- и диглицеридов из растительного масла появляются новые перспективы для применения этих добавок в пищевой промышленности. Новые методы синтеза позволяют получать более чистые и стабильные моно- и диглицериды, что открывает возможности для создания продуктов с высоким качеством и длительным сроком годности [3].

Кроме того, с увеличением интереса потребителей к здоровому образу жизни и натуральным продуктам, моно- и диглицериды из растительного масла могут стать альтернативой животным жирам и трансжирам. Использование растительных добавок может помочь производителям разработать более здоровые и экологически чистые продукты.

В последние годы возрос интерес к разработке экологически чистых, безопасных и эффективных методов получения моно- и диглицеридов из растительного масла. Растительные масла, такие как соевое, рапсовое или подсолнечное масло, являются прекрасной альтернативой для получения функциональных липидов [11].

Одним из перспективных методов получения моно- и диглицеридов из растительного масла является ферментативный подход. В основе этого метода лежит использование специфических липаз — ферментов, способных каталитически разла-

гать масляные триглицериды на свободные жирные кислоты и глицерин. При определенных условиях, таких как соотношение субстрата и фермента, температура и время реакции, можно получить моно- и диглицериды в высокой степени чистоты.

Одним из основных преимуществ ферментативного метода является его способность работать при более низких температурах и без использования опасных химических реагентов. Это позволяет сохранить полезные свойства растительного масла, такие как витамины и антиоксиданты, а также снизить экологическую нагрузку процесса [7].

Важным этапом разработки этого метода является определение оптимальных условий реакции, которые обеспечивают высокую эффективность превращения триглицеридов в моно- и диглицериды. Для этого проводятся эксперименты с различными факторами, такими как концентрация фермента, температура реакции и время экспозиции. Оптимизация этих параметров позволяет повысить конверсию триглицеридов и получить максимальное количество моно- и диглицеридов [5].

Другим важным аспектом разработки технологии является выбор подходящего фермента. Существует большое разнообразие липаз, которые могут быть использованы для этой реакции, и каждый из них имеет свои особенности. Некоторые ферменты обладают высокой активностью при низких температурах, в то время как другие более эффективны при более высоких значениях pH. Выбор подходящего фермента определяется требуемой скоростью реакции, стабильностью фермента и другими параметрами [3].

Таким образом, разработка технологии получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла с использованием ферментативного подхода представляет собой перспективное направление в пищевой промышленности. Этот метод позволяет получать функциональные липиды с сохра-

нением полезных свойств растительного масла и снижением вредного воздействия на окружающую среду. Однако, перед его промышленным использованием необходимо провести дальнейшие исследования для оптимизации процесса и оценки его экономической целесообразности.

Существует несколько методов получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла [12].

Один из методов — химический синтез, который основан на реакции эстерификации или трансэстерификации. Эти процессы позволяют превратить растительное масло в глицериды жирных кислот. Однако такой метод имеет некоторые недостатки, такие как высокая стоимость и сложность процесса, а также возможность образования нежелательных побочных продуктов.

Другой метод — физическая очистка растительного масла. Для этого используются различные физические процессы, такие как дистилляция, фильтрация и отжим. Однако данный метод не позволяет получить высокую концентрацию моно- и диглицеридов, поэтому его применение ограничено [10].

Третий метод — использование ферментации или биоконверсии. В этом процессе при помощи определенных бактерий или грибов происходит разложение триглицеридов на моно- и диглицериды. Данный метод является более дешевым и эко-

логически чистым, но требует более длительного времени для получения желаемого продукта [6].

Одним из наиболее перспективных методов является использование энзимов. Специфические ферменты могут разрушать триглицериды и преобразовывать их в моно- и диглицериды. Этот метод имеет несколько преимуществ, таких как высокая эффективность, низкая стоимость и возможность контроля процесса. Однако все существующие методы имеют свои ограничения и недостатки. Некоторые из них требуют сложных технических устройств или специализированных оборудования, а другие могут вызывать побочные эффекты или быть неэкономичными.

Таким образом, разработка новых технологий для получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла является актуальной задачей. Необходимо проводить более глубокое исследование в данной области с целью создания эффективных, экономически выгодных и экологически чистых методов получения данных продуктов [7].

Процесс изучения кислот осуществлялся посредством гидролиза определённого вида масла, за которым следовала тщательная перегонка для очистки. Для удобства изложения результатов, данные о свойствах анализируемых кислот собраны и систематизированы в таблицу 1.

Таблица 1. Характеристика кислот [14]

Кислоты	Температура застывания, °С	Йодное число, мг J <sub>2</sub> /100 г	Кислотное число, мг КОН/г
ЖКРМ	11,8	113,6	178,0
Р ЖКПМ	18,0	132,0	188,1

Счет молекулярной массы велся исходя из хроматографического состава. ЖКРМ: C016–3,9 C116–0,5 C118–64 C218–20,9 C318–9,9; ЖКПМ: C016–5,1 C116–0,5 C018–0,8 C118–16,1 C218–74,8 C318, C020–2,7, где C016 — пальмитиновая кислота; C116 — пальмитинолеиновая кислота; C018 — стеариновая кислота; C118 — олеиновая кислота; C218 — линолевая кислота; C318 — линоленовая кислота; C120 — гадолеиновая кислота; C122 — эруковая кислота. Применение для синтеза диэтаноламидов ЖКРМ, ЖКПМ и ДЭА позволяет расширить ассортимент известных неионогенных ПАВ (нПАВ).

При эквимольном соотношении реагентов реакция идет по схеме:

$$RCOON + NH(C_2H_4OH)_2 \rightarrow RC(O)N(CH_2CH_2OH)_2 + H_2O$$

где R — остаток жирной кислоты. Получены диэтаноламиды на ЖКРМ — КРДА и на ЖКПМ — КПДА. Контроль реакции осуществлялся по изменению К. Ч., достигшего в конце процесса 4,5 мгКОН/г у КРДА и 5,5 мгКОН/г у КПДА [15].

Продолжительность синтеза составила 7,0–7,5 ч как для КРДА, так и для КПДА. При комнатной температуре синтезированные продукты — вязкие массы темнокоричневого цвета.

Адгезия поверхностно-активных веществ (ПАВ) к интерфейсу зависит от уникальной структуры их молекул. Эффективность и возможности применения ПАВ определяются балансом между их любовью к воде (гидрофильностью)

и страстью к отталкиванию воды (гидрофобностью), что выражается через параметр гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ). Оптимальный выбор ПАВ для конкретной задачи неразрывно связан со значением ГЛБ, а также с таким показателем, как точка помутнения. Для удобства классификации ПАВ используется ГЛБ-шкала, которая имеет градацию от 0 до 20 [14].

Исследование ГЛБ для новых синтезированных ПАВ, примеры которых приведены в таблице 2, позволило выявить их высокую эффективность как эмульгаторов в системах, где масло распределяется в воде. Эти ПАВ также обладают способностью к образованию стабильных, прозрачных и легко растворимых в воде дисперсий.

Для создания стабильной эмульсии важны температурные параметры, в частности, необходимо учитывать температуру, при которой происходит помутнение поверхностно-активных веществ (ПАВ). В ходе исследования было выявлено, что синтетические компоненты для повышения нефтеотдачи скважин (КРДА) и компоненты для повышения добычи нефти (КПДА) начинают мутнеть при средней температуре 82 градуса Цельсия [5].

Пенообразующие характеристики также критичны и определяются соотношением между образовавшейся пеной и объемом исходного раствора. В данном случае, это соотношение находится в пределах от 0,048 до 0,050, что свидетель-

ствуется о сравнительно низкой способности данных синтетических продуктов к формированию пены. Это указывает на то, что в составе этих продуктов присутствуют неионогенные поверхностно-активные вещества с определенными свойствами [14].

Активные поверхностные вещества (ПАВ) выполняют ключевые функции, обеспечивая стабильность эмульсий, а также их эмульгирующую способность. Эта стабильность, иначе называемая агрегативной устойчивостью, определяется продолжительностью, в течение которой капельки в эмульсии существуют без расслаивания, а также временем их взаимодействия с межфазными поверхностями. Чтобы проверить эту устойчи-

вость, мы провели тестирование, разбавив эмульсии до концентрации 0,5% и интенсивно их взбалтывая. Наблюдения в течение двух часов и более подтвердили: эмульсии оставались нерасслоившимися, что свидетельствует об их высокой стабильности [7].

Активность поверхностно-активных веществ (ПАВ) в роли стабилизаторов можно понять, исходя из наличия различных уровней натяжения на границе между такими компонентами, как масло (дисперсионная фаза) и вода (диспергирующая среда). Отмеченные результаты исследования новых синтезированных соединений отражены в таблице 2.

Таблица 2. Свойства водных растворов КРДА и КПДА [14]

Показатель	Значение
ККМ, моль/дм <sup>3</sup>	3,7–3,8*10 <sup>-3</sup>
ГЛБ	12,63–12,65
Температура помутнения водного раствора концентрацией 1,0 г/дм <sup>3</sup> , °С	81,0–82,0
Кратность пены	0,048–0,050
Устойчивость эмульсии в течение 2 часов	Устойчивы
pH 1% водного раствора	6,5–6,6

Исследования, проведенные над синтезированными компонентами КРДА и КПДА, выявили интересные особенности в их характеристиках. Специфические свойства, обнаруженные в КПДА, включают способность стимулировать стабилизацию, улучшать смачивание, способствовать образованию пены и эмульсии [15]. Это открытие подчеркивает функциональность этих веществ в различных применениях, где требуются поверхностно-активные качества.

Разработка технологии получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла представляет собой значимый шаг в направлении создания новых продуктов для пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Эти соединения имеют широкий спектр применений и являются ключевыми ингредиентами во многих продуктах, таких как маргарин, кондитерские изделия, лекарственные препараты, кремы и лосьоны [10].

Использование разработанной технологии позволяет получать высококачественные моно- и диглицериды жирных кислот из растительного масла с высокой эффективностью и низкими затратами [9].

Одним из главных преимуществ разработанной технологии является ее экологическая безопасность. В процессе получения моно- и диглицеридов жирных кислот не используются опасные химические соединения или высокие температуры, что позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду и улучшить экологическую обстановку [1].

Другим важным аспектом использования разработанной технологии является возможность получения продукта с за-

данными характеристиками. Различные отрасли промышленности требуют моно- и диглицериды с определенным содержанием жирных кислот для достижения нужного эффекта в конечном продукте. Например, при производстве кондитерских изделий важно иметь продукт с определенной структурой и свойствами, чтобы обеспечить необходимую текстуру и стабильность изделий [2]. Разработанная технология позволяет контролировать содержание моно- и диглицеридов с высокой точностью, что делает ее привлекательной для использования в различных отраслях промышленности.

Кроме того, разработанная технология также имеет потенциал для улучшения функциональных свойств растительного масла. Моно- и диглицериды жирных кислот способны изменять эмульгирующие, структурообразующие и стабилизирующие свойства масла, что позволяет расширить его область применения и создать новые продукты с улучшенными характеристиками [12].

В целом, разработанная технология получения моно- и диглицеридов жирных кислот из растительного масла представляет значимый научный и технический вклад в области разработки новых продуктов для пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Ее экологическая безопасность, возможность контроля содержания жирных кислот и улучшение функциональных свойств растительного масла делают ее перспективным методом производства моно- и диглицеридов. Дальнейшие исследования и оптимизация процесса позволят расширить область применения этой технологии и создать новые инновационные продукты на основе растительного масла.

#### Литература:

1. Лепилкина О. В., Кушаков Н. М., Шутов В. Е. Гелеобразование в сырных продуктах на основе сухого молока и растительных жиров // Сыроделие и маслоделие. 2018. № 1. С. 38–41.

2. Лепилкина О. В., Смыков И. Т., Логинова И. В. О роли эмульгаторов в повышении качества сырных продуктов // Сыроделие и маслоделие. 2019. № 2. С. 44–45.
3. Остриков А. Н., Копылов М. В. Купажированное растительное масло — функциональный продукт питания // Успехи современного естествознания. 2021. № 7. С. 171–172.
4. Пилюк, Я. Э. Состав и соотношение жирных кислот маслосемян озимого и ярового рапса / Я. Э. Пилюк // Земледелие и селекция в Беларуси. — 2022. — № 58. — С. 420–427.
5. Позняковский В. М. Эволюция питания и формирование нутри-ома современного человека // Индустрия питания. 2019. № 3. С. 5–12.
6. Рощупкина Н. В. Роль эмульгаторов в формировании текстуры спредов // Пищевая промышленность. 2020. № 10. С. 64.
7. Состав жирных кислот и стероидов растительных масел / В. В. Хасанов, Г. Л. Рыжова, К. А. Дычко, Т. Т. Куряева // Химия растительного сырья. — 2006. — № 3. — С. 27–31.
8. Топникова Е. В. Продукты маслоделия: аспекты обеспечения качества. М.: Изд. Россельхозакадемии, 2022. 267 с.
9. Топникова Е. В. Роль эмульгаторов и стабилизаторов в маслообразовании и формировании структуры масла пониженной жирности // Сыроделие и маслоделие. 2018. № 5. С. 33–37.
10. Тохириён Б. Разработка нового вида комбинированного растительного масла и его использование в национальной восточной кухне: дис... канд. техн. наук. Екатеринбург, 2020. 118 с.
11. Тохириён Б., Протасова Л. Г. Оценка значимости жирно-кислотного состава растительных масел для здорового питания // Известия УрГЭУ. 2019. № 5(55). С. 115–119.
12. Черешнев В. А., Позняковский В. М. Проблема продовольственной безопасности: национальные и международные аспекты // Индустрия питания. 2019. № 1. С. 6–14.
13. Heron S., Dreux M., Tchaplal A. Post-column addition as a method of controlling triacylglycerol response coefficient of an evaporative light scattering detector in liquid chromatography-evaporative light-scattering detection // Journal of Chromatography. A. 2004. № 7. 1035(2). P. 221–225.
14. Lobato-Calleros C., Reyes-Hernández J., Beristain C. I., Hornelas-Urbe Y., Sánchez-García J. E., Vernon-Carter E. J. Microstructure and texture of white fresh cheese made with canola oil and whey protein concentrate in partial or total replacement of milk fat // Food Research International. 2021. № 40. P. 529–537.
15. Mondello L., Tranchida P. Q., Stanek V., Jandera P., Dugo G., Dugo P. Silver-ion reversed-phase comprehensive twodimensional liquid chromatography combined with mass spectrometric detection in lipidic food analysis // Journal of Chromatography. A. 2005. № 9. 1086(1–2). P. 91–98.

## Технологии pick by... в складской логистике

Кретов Виктор Борисович, студент

Научный руководитель: Лахметкина Наталья Юрьевна, кандидат технических наук, доцент

Российский университет транспорта (МИИТ) (г. Москва)

*В складской логистике существуют разные технологии, отвечающие за контроль перемещения товара по складу и за обработку тех товаров, для которых данный склад является перевалочным. В данной статье рассматриваются методы отслеживания и обработки заказов, позволяющие отказаться от терминалов сбора данных, проанализированы их преимущества и недостатки, а также предложен пример их внедрения в распределительном центре.*

**Ключевые слова:** товар, метод, система, ТСД, Pick-by-Voice, Pick-by-Light, Pick-by-Vision, Pick-by-Line, распределительный центр, зона хранения.

Складская логистика — это совокупность мероприятий, направленных на оптимизацию процессов хранения, учета и движения товаров на складах. В понятие складской логистики входят различные технологии и методы, которые помогают повысить эффективность работы складов и сократить затраты на хранение и перемещение товаров. Для таких задач существуют системы управления складом (WMS), которые автоматизируют процессы приема, размещения, отбора и отгрузки товаров [1]. На сегодняшний день такие системы с успехом решают задачи оптимизации внутрискладской логистики, однако высокая

производительность таких систем возможна только в комбинации с терминалами сбора данных (ТСД), позволяющих быстро выдавать задания в работу. Применение ТСД существенно увеличивает стоимость операционных затрат и растягивает сроки окупаемости.

Альтернативой ТСД рассматриваются технологии отбора товаров по голосу, свету и зрению. К этим технологиям относятся Pick-by-Light, Pick-by-Voice, Pick-by-Vision. У каждой технологии есть особенности применения на складе. Также на складах применяется технология Pick-by-Line (дословно

«подбор по линии»), задачей которой является обработка заказа, консолидированного поставщиком из разных магазинов.

Технология Pick-by-Light основывается на применении сигнальных знаков для перемещения товаров по складу: На каждом отсеке для хранения есть сигнальный индикатор с дисплеем, отображающий информацию, относящуюся к процессу подбора с кнопкой подтверждения сотрудникам. Визуальное отображение свободных ячеек дает возможность сократить количество ошибок, совершаемых работниками склад и повысить производительность до 50%. Свою максимальную эффективность такие системы достигают на небольших зонах складирования при комплектации мелких партий [2].

Технология Pick-by-Voice заключается в использовании голосовых команд для управления процессом отбора товаров с помощью гарнитуры (наушников с микрофоном). Данный аппарат сообщает работнику, какой товар необходимо взять и где он находится на складе. Работник следует голосовым указаниям и забирает нужный товар. Стоит отметить, что данное решение невозможно внедрить на местах хранения с повышенным уровнем шума. Помимо этого, может потребоваться обслуживание на нескольких языках. Технология Pick-by-Voice позволяет ускорить процесс отбора товаров и снизить вероятность ошибок, так как система управления может контролировать правильность выполнения заданий и давать подсказки работнику [3].

Также существует технология Pick-by-Vision, предназначенная для управления запасами, основанная на визуальном распознавании товаров с помощью специальных очков. Данная система использует алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения для анализа изображений товаров и их сравнения с изображениями в базе данных. Когда поступает заказ, система определяет его местоположение на складе и строит маршрут [2]. Несмотря на то, что представленный выше способ позволяет оптимизировать управление запасами и сократить время сбора заказов, необходимо постоянно поддерживать сеть WI-FI, глаза постоянно устают, очки необходимо заряжать.

Метод Pick-by-Line (PBL) предназначен для реформирования партии товара, отгруженной поставщиком, в логистические единицы. Затем товар делится на отдельные заказы, каждый из которых доставляется отдельному грузополучателю. Все части одного и того же заказа собираются в один блок (складское место). Хранение товара на складе исключается. Предполагается, что товар заранее зарезервирован под грузополучателей из списка поставки. Если документы оформлены правильно, штрих-коды и дополнительная обработка не требуются, то технология работает эффективно. Если возникают проблемы с документами, такие как некорректное оформление документов, немаркированный товар и т.д., то при большом объеме входящего и исходящего потока товаров процесс замедляется [4].

В данной статье рассмотрен распределительный центр с точки зрения использования разных технологий.

У каждого метода подбора товаров есть свои ограничения, а у определённого товара данный склад является либо перевалочным (известно, в какой магазин отправится товар), либо предназначен для длительного хранения. Поэтому в целях функционирования работы склада и повышения её перерабатывающей способности, а также роста занятости работников необходимо провести зонирование распределительного центра.

Применение технологии часто сопутствует зональному отбору: зона, в которой один сотрудник осуществляет отбор или сортировку, ограничивается либо количественными характеристиками операции (среднее количество отбираемого товара из зоны по заказу увязывают с вместимостью короба; зоны определяют усредненную нагрузку на сотрудников, привязанных к ним и т.д.), либо оптимальными для исполнителей габаритами.

Рассмотрим полностью процесс обработки товара в распределительном центре с использованием разных технологий.

Товар после выгрузки поступает в зону приёмки:

— Если заранее известно, в какой магазин отправится партия товаров, их отправляют в зону Pick-by-Line. При этом документы должны быть оформлены корректно, номенклатура

## РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР (РЦ)



Рис 1. Использование технологий на примере распределительного центра

иметь свою маркировку, штрих-код и дополнительная обработка не требуется. Затем товар отправляется в зону отгрузки.

— А если в зону приёмки пришли мелкие партии, то работник склада сканирует штрих-коды с помощью ТСД (терминал сбора данных). Далее товар отправляется в зону хранения, где будут формировать по зонам подбора заказов.

Зону хранения можно поделить на две составляющие: 1 зона с Pick-by-Light, вторая Pick-by-Light+ Pick-by-Voice. Нужно при этом учитывать, что на складе могут работать сотрудники с дислексией и слабовидящие. Поэтому данные технологии подбора заказа на второй части зоны хранения будут помогать друг другу. Данный метод способствует не только быстрому подбору заказа после комплектации, но

и уменьшит затраты на освещение зоны хранения. Пример зонирования распределительного центра приведён на рисунке 1.

В таблице 1 представлено сравнения технологий отбора по свету и звуку без учета Pick-by-Vision из-за низкой эффективности использования.

Несмотря на то, что pick-by-Light лучше pick-by-Voice по производительности и точности отбора, необходимо учитывать индивидуальные особенности работников склада и условия работы. В конечном итоге, владелец склада определяет вид технологии в зависимости от предстоящих задач, работников и особенностей склада. Кроме того, применение той или иной технологии требует экономического обоснования.

Таблица 1. Анализ технологий подбора заказов по звуку и по свету

	Pick-by-Voice	Pick by-Light
Цель использования	Используется в случаях, когда комплектовщику необходимо перемещаться на большие расстояния	Используется в случаях, когда комплектовщику необходимо перемещаться на большие расстояния
Виды товаров	Комплектация достаточно тяжелых или крупногабаритных изделий	Комплектация мелких позиций
Увеличение производительности	15–35%	50%
Точность отбора	99,98%	99,99%
Оптимизация процесса сборки заказа.	+	+
Процесс отбора	Безбумажный	Безбумажный

Литература:

1. Панфилова Е. Н. WMS-системы управления складом — М.: Издательство «Образовательный портал «Справочник»», 2022.— 2 С.
2. Зайцева Н. С, Олейник О.Г. Pick-by-light, Pick-by-voice и Pick-by-vision как методы ускорения складских операций. Издательство «Белорусский национальный технический университет», 2022.— С. 64–66.
3. Евсеенко П. П. Современные логистические технологии в складской деятельности — М.: Издательство «Молодой ученый», 2021.— № 5 (347). С. 311–313.
4. Лагода Д. Г., Сулименко П.М. Технологии складской логистики: кросс-докинг и pick-by-line — М.: Издательство «Белорусский национальный технический университет», 2016.— С. 90.

## Влияние консервантов в растительном молоке на продолжительность хранения

Моисеев Иван Алексеевич, студент магистратуры;  
 Гончаров Евгений Григорьевич, студент магистратуры;  
 Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
 Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

Поиск новых технологий для увеличения сроков хранения молока, в том числе и растительного, является важным направлением развития отрасли. Для этой цели используются различные методы — физические, биологические и химические. Широко применяемые методы включают стерилизацию и пастеризацию, охлаждение и замораживание, высушивание, добавление сахара, а также обработку ионизирующим излучением. Химические методы основаны на добавлении консервантов и других веществ, которые обладают консервирующими свойствами и подавляют развитие микроорганизмов.

При консервировании продуктов применяются различные методы, направленные на борьбу с микроорганизмами. Одни методы напрямую воздействуют на клетки микробов, в то время как другие создают неблагоприятные условия для их жизнедеятельности, такие как изменение рН среды, активности воды или концентрации кислорода. Чтобы достичь максимального эффекта, рекомен-

дуются использовать несколько консервантов с различными спектрами действия, а также комбинировать их с физическими методами консервирования, такими как сушка, нагревание, охлаждение и т.д. Важным условием эффективного использования консерванта является его равномерное распределение в продукте, а лучше всего — его растворение. Стадия добавления консерванта зависит от технологии производства.

В статье на примере соевого молока проводится оценка влияния консервантов на сроки хранения продукта.

**Ключевые слова:** растительное молоко, консерванты, срок хранения, срок годности, концентрация, ферментация.

## The influence of preservatives in plant milk on shelf life

Moiseev Ivan Alekseevich, student master's degree;

Goncharov Yevgeny Grigoryevich, student master's degree;

Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor

Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (Moscow)

*The search for new technologies to increase the shelf life of milk, including plant-based milk, is an important area of industry development. For this purpose, various methods are used — physical, biological and chemical. Commonly used methods include sterilization and pasteurization, refrigeration and freezing, drying, adding sugar, and treatment with ionizing radiation. Chemical methods are based on the addition of preservatives and other substances that have preservative properties and inhibit the development of microorganisms.*

*When canning food, various methods are used to combat microorganisms. Some methods directly affect microbial cells, while others create unfavorable conditions for their life, such as changing the pH of the environment, water activity or oxygen concentration. To achieve maximum effect, it is recommended to use several preservatives with different spectrums of action, and also combine them with physical preservation methods, such as drying, heating, cooling, etc. An important condition for the effective use of a preservative is its uniform distribution in the product, and best of all, its dissolution. The stage of adding a preservative depends on the production technology.*

*Using soy milk as an example, the article evaluates the influence of preservatives on the shelf life of the product.*

Соевое молоко представляет собой водный белый кремообразный экстракт, получаемый из соевых бобов, который по внешнему виду и консистенции похож на коровье молоко. Это высокопитательное вещество, содержащее белки, жиры, углеводы, витамины и минералы [2]. Именно из-за этой питательной ценности и сравнительно низкой стоимости соевое молоко играет важную роль в рационе питания людей в большинстве развивающихся стран [13]. Калорийность простого соевого молока составляет около 140 килокалорий в 250 мл. Содержание питательных веществ при этом — 10 г белка, 4 г жира, 14 г углеводов, 120 мг натрия, 1,8 мг железа, 0,1 мг рибофлавина и 80 мг кальция. В нем примерно такое же количество белка, как и в коровьем молоке, хотя аминокислотный профиль отличается [4].

Растущая популярность соевого молока в качестве напитка во всем мире объясняется пользой для здоровья, например, низким уровнем холестерина и лактозы, его способностью уменьшать потерю костной массы и симптомы менопаузы, предотвращать и уменьшать сердечные заболевания и некоторые виды рака [5]. Поскольку этот напиток не содержит холестерина и содержит мало энергии, он может повысить пользу для здоровья с точки зрения снижения массы тела и липидов крови [6].

Установлено, что соевые бобы (максимальное содержание глицина), основной материал для производства соевого молока, являются одной из важнейших бобовых культур с высоким содержанием белка. Это потенциальный пищевой материал, содержащий все незаменимые аминокислоты, которые очень важны для правильного развития организма. В соевых бобах более высокое содержание лизина по сравнению с другими растительными белками [3]. Соевые бобы при переработке дают соевое молоко, являющееся ценной белковой добавкой или заменителем для питания взрослых и младенцев [4]. Соевое молоко не содержит лактозы и может употребляться людьми с непереносимостью лактозы в качестве заменителя молока [5].

Консерванты добавляются для улучшения консистенции и хранения соевого молока. Как правило, это добавки, которые продлевают срок годности продуктов питания и напитков, предотвращая атаку микроорганизмов [1]. Технически консерванты — это химические вещества, используемые для уничтожения микроорганизмов и предотвращения брожения и порчи продуктов, в которые они добавляются, без нанесения какого-либо вредного воздействия на человека, употребляющего пищу [3]. Использование химических консервантов повышает качество пищевых продуктов и сокращает количество отходов [6].

Эти химические консерванты подразделяются на три основных типа: антимикробные (такие как соли бензойной и сорбиновой кислот, пропионаты, диметилпирироцирбонаты), антиоксидантные (такие как аскорбиновая кислота, бутилированный гидроксиланнизол) и антибиотические (такие как окситетрациклин, нинсин и лактопероксидаза). К другим разнообразным консервантам относятся уксус, силикагель, борная кислота, боракс, формальдегид, тиабендазол и так далее [15].

Аскорбиновую кислоту и ее производные добавляют в молоко и соевое молоко, чтобы снизить прогорклость и скорость порчи соевого молока. Аналогичным образом низин используется при консервировании соевого молока, поскольку он предотвращает рост клеток растительных бактерий и сужает поры, которые ответственны за газообразование у *clostridium* spp, что может при-



вести к расширению или разрыву упаковок соевого молока [10]. Культура лактопериоксидазы также используется для консервирования соевого молока, поскольку она повреждает внутреннюю мембрану бактерий. Большинство консервантов легкодоступны, поскольку их можно синтезировать в лабораториях [12]. Результаты, полученные в ходе исследования влияния консервантов при различной концентрации в соевом молоке, как при хранении на полке, так и в холодильнике, сведены в таблицы 1–8.

Таблица 1. Результаты анализа образцов, консервированных бензоатом натрия в дозе 10 мг / мл при хранении на полке

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Температура, °C	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	31	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,8	3	30			
5	6,7	4	27			
7	6,7	6	29			
9	6,7	7	27			
11	6,5	8	27			
13	6,4	9	29			
15	6,3	10	27			
17	6,2	11	29	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый
19	6,0	12	26			
21	5,9	12	26			

Таблица 2. Результаты анализа образцов, консервированных бензоатом натрия в дозе 10 мг / мл при хранении в холодильнике при 4 °C

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл
1	6,8	3
3	6,8	3
5	6,8	3
7	6,7	3
9	6,7	4
11	6,7	5
13	6,6	6
15	6,5	6
17	6,4	7
19	6,4	8
21	6,4	10

Сладковатый вкус, приятный запах и белая окраска сохранялись у образца в течение рассматриваемого периода.

Таблица 3. Результаты анализа образцов, консервированных метабисульфатом калия в дозе 20 мг / мл при хранении на полке

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Температура, °C	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	31	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,75	4	30			
5	6,7	5	29			
7	6,6	6	27			
9	6,5	7	27			
11	6,35	8	29			
13	6,3	10	27			
15	6,2	11	29			
17	6,1	12	26	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый
19	6,05	13	29			
21	5,9	13	27			

Таблица 4. Результаты анализа образцов, консервированных метабисульфатом калия в дозе 20 мг / мл при хранении в холодильнике при 4 °С

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,8	3			
5	6,8	3			
7	6,7	4			
9	6,6	5			
11	6,6	6			
13	6,55	6			
15	6,5	7			
17	6,45	8			
19	6,4	9			
21	6,3	9	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый

Сладковатый вкус, приятный запах и белая окраска сохранялись в образце в течение 19 дней, но коричневато-белый цвет, неприятный запах и кислый привкус проявились на 21-й день.

Таблица 5. Результаты анализа образцов, консервированных метабисульфатом калия в дозе 40 мг / мл при хранении на полке

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Температура °С	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	31	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,8	4	30			
5	6,75	5	29			
7	6,7	6	27			
9	6,5	7	27			
11	6,4	8	29			
13	6,3	10	27	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый
15	6,2	11	27			
17	6,05	12	26			
19	5,9	12	29			
21	5,75	13	27			

Таблица 6. Результаты анализа образцов, консервированных метабисульфатом калия в дозе 40 мг / мл при хранении в холодильнике при 4 °С

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,8	3			
5	6,75	4			
7	6,75	4			
9	6,6	5			
11	6,5	5			
13	6,5	6	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый
15	6,5	7			
17	6,4	8			
19	6,4	9			
21	6,3	9			

Таблица 7. Образец консервирован комбинированными консервантами в дозе 10 мг / мл при хранении на полке

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Температура, °C	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	29	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,8	3	30			
5	6,75	4	29			
7	6,75	5	29			
9	6,7	7	28			
11	6,7	8	28			
13	6,6	10	28			
15	6,5	11	29	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый
17	6,3	12	29			
19	6,1	13	29			
21	6,0	14	29			

Таблица 8. Образец, консервированный комбинированными консервантами в дозе 10 мг / мл при хранении в холодильнике при 4 °C

Дней	pH	Количество (биомасса) микроорганизмов, мг / мл	Цвет	Запах	Вкус
1	6,8	3	Белый	Приятный	Сладковатый
3	6,8	3			
5	6,8	3			
7	6,75	4			
9	6,7	5			
11	6,7	5			
13	6,6	6			
15	6,55	7			
17	6,5	9			
19	6,4	10			
21	6,3	11	Коричневато-белый	Неприятный	Кислый

Сладковатый вкус, приятный запах и белая окраска сохранялись в образце в течение 19 дней, но коричневато-белый цвет, неприятный запах и кислый привкус проявились на 21-й день.

Было замечено, что все образцы, которые хранились в холодильнике с консервантами в различных концентрациях, сохраняли свой цвет, запах и вкус в течение первых семнадцати дней, а после этого некоторые образцы сразу изменили свои качества. Это может быть как результатом быстрого роста бактерий, так и изменения температуры в помещении.

Результаты, полученные при хранении образца в холодильнике, консервированного бензоатом натрия, показали, что pH изменился в диапазоне 6,8–6,4, а количество микроорганизмов выросло с 3 до 10 мг/мл. Цвет, запах и вкус образца сохраняли свои качества в течение периода консервации в двадцать один день.

Образцы, консервированные бензоатом натрия, хранившиеся на полке, сохраняли свое качество в течение первых пятнадцати дней. После чего наблюдался кислый привкус. Очевидно, это происходит в результате образования кислоты при температуре в помещении 29°C. Кроме того, количество микроорганизмов в образце увеличилось, что указывает на дальнейшее ухудшение качества соевого молока [12].

При хранении в холодильнике образцы, консервированные метабисульфатом калия в различных концентрациях, сохраняли свои свойства в течение первых девятнадцати дней при снижении значений pH. При содержании 20 мг / мл соевое молоко сохраняло свои свойства в течение 20 дней при хранении в холодильнике. При хранении на полке образцы, консервированные метабисульфатом калия, сохраняли свои качества в течение пятнадцати дней. Было замечено, что качество только образца, консервированного с концентрацией консерванта 40 мг / мл, изменилось сразу после 13 дней хранения, поскольку количество микроорганизмов увеличилось с 3 до 13 мг / мл, а значение pH снизилось с 6,8 до 5,75 соответственно.

Результаты, полученные при хранении в холодильнике образцов, консервированных смесью консервантов бензоата натрия и метабисульфата калия, выявили незначительное изменение значений pH с 6,8 до 6,3, сохранение цвета, запаха и вкуса в течение 20 дней. Аналогичные образцы, хранившиеся на полке, прокисли через 15 дней со снижением значения pH с 6,8 до 6,0 и увеличением количества микроорганизмов.

Образцы с консервантом бензоат натрия, хранящиеся в холодильнике, показали наилучшую устойчивость к порче. Это является следствием антимикробной активности бензоата натрия и низкой температуре, препятствующей росту бактерий. Однако при хранении при комнатной температуре окислительные процессы способствуют их размножению. Поэтому соевое молоко с консервантами следует все же хранить при низкой температуре, чтобы увеличить срок его службы [13].

Итак, консервант бензоат натрия на отрезке времени 21 день обеспечивает наилучшую (оптимальную) сохранность, как при хранении на полке, так и в холодильнике. Это ясно указывает на то, что ингибирующая способность бензоата натрия выше, чем у метабисульфата калия. Кроме того, комбинированные консерванты (бензоат натрия и метабисульфат калия) обеспечивают также хороший уровень устойчивости продукта к порче как для хранения на полке, так и в холодильнике.

Хранение образцов соевого молока с добавлением консервантов при низкой температуре увеличивает срок годности продукта. Химические изменения, которым подвергается образец соевого молока в процессе хранения, постепенно приводят к потере цвета, запаха и вкуса. Повышение кислотности и снижение pH создает благоприятную среду для роста микроорганизмов.

Ферментация соевого молока, особенно в образцах, хранящихся на полке, была вызвана окислением органических соединений, присутствующих в продукте, и жизнедеятельностью бактерий.

#### Литература:

1. Кривошлыков К. М., Рощина Е. Ю. Современные тенденции рынка сои в мире и России // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. — 2021. — № 2(166). — С. 68–72.
2. Лисицин А. Б., Захаров А. Н., Исаков М. Х., Алиев М. С. Современное состояние российского рынка сои и соевых белков // Все о мясе. — 2023. — № 4. — С. 20–23.
3. Матушанская Е. Е. Модель развития отечественного рынка сои в перспективе // Моделирование и прогнозирование развития отраслей социально-экономической сферы: материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Курск, 2022. — С. 127–130.
4. Рязанова О. А., Кириличева О. Д., Шерстобитов В. А. Формирование российского рынка сои и соевых продуктов // Пищевая промышленность. 2019. № 10. С. 8–10.
5. Adams M. R., Moss M. O., Food Microbiology, Cambridge U.K, Royal Society of Chemistry, p. 18, & 255–265, 2022.
6. Ade-Omowaye B. I. O., Olajide J. O., Otunola E. T., Omotade V. A., Effect of some processing parameters on the quality characteristics of Soya bean curd, Science Focus, 2020, 7, p. 53–57.
7. Afrose, S., Hossain, M. S., & Tsujii, H. (2020). Effect of dietary karaya saponin on serum and egg yolk cholesterol in laying hens. British poultry science, 51(6), 797–804.
8. Bellaloui, N., & Mengistu, A. (2018). Seed composition is influenced by irrigation regimes and cultivar differences in soybean. Irrigation Science, 26(3), 261–268
9. Delia C., Herbert E., Food facts, A study of Food Nutrition, 1st edition, Macmillan Publishers Company, London, p. 101–114, 2019.
10. Friezer W. C., Contamination, Spoilage and Preservation of Yoghurt, AVI Publishers, U. S. A., p. 13–29, 2021.
11. Momoh JE, Udobi CE, Orukotan AA. Improving the Microbial Keeping Quality of Home Made Soymilk Using a Combination of Preservatives, Pasteurization and Refrigeration. British Journal of Dairy Sciences. 2021; 2(1):1–4.
12. Odu NN, Egbo NN. Assessment of the Effect of Different Preservatives on the Keeping Quality of Soymilk Stored at Different Temperatures. Nature and Science. 2022; 10(9):1–9.
13. Okafor N., Focus on Nutritional Values of Soya Beans, Macmillan Publishers, Nigeria, p. 6–9, 2018.
14. Osuntogun B, Aboaba OO. Microbiological and Physico-chemical Evaluation of some Non-alcoholic beverages. Pak. J Nut. 2019; 3(3):188–192.
15. Peterson S., Johnson M., Food for the Orient, 1st edition, McGraw Hill publishers, London, p. 34–42, 2019.

## Разработка методологий определения качественных показателей ореха ши при приемке, сепарации, сушке и хранении

Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Дмитриенко Роман Владиславович, студент магистратуры  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

*Орех ши — одна из самых популярных и ценных сельскохозяйственных культур. Его уникальные свойства и богатый состав делают его незаменимым ингредиентом в пищевой и косметической промышленности. Однако, чтобы использовать орех ши в производстве, необходимо убедиться в его качестве. В этой статье мы рассмотрим разработку методологий определения качественных показателей ореха ши при его приемке, сепарации, сушке и хранении. Определение качества ореха ши является сложной задачей, требующей систематического и комплексного подхода. Ведь качество ореха зависит от множества факторов, включая его внешний вид, влажность, содержание жира, содержание активных веществ и другие параметры. Для обеспечения высокого качества продукции необходимы точные и надежные методы определения этих показателей. В статье рассмотрены различные методологии, используемые для определения качественных показателей ореха ши, в том числе методы визуального и инструментального контроля, химического анализа, физико-механических испытаний и другие подходы. Особое внимание уделено разработке новых методов и технологий, которые могут улучшить точность и эффективность определения качества ореха ши.*

**Ключевые слова:** орехи ши, качество, методы, методология, приемка, хранение, сепарация, сушка орехов ши.

## Development of methodologies for determining quality indicators of Shea nut during acceptance, separation, drying and storage

Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor;  
Dmitriyenko Roman Vladislavovich, student master's degree  
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (Moscow)

*Shea nut is one of the most popular and valuable agricultural crops. Its unique properties and rich composition make it an indispensable ingredient in the food and cosmetic industries. However, in order to use Shea nut in production, you need to ensure its quality. In this article we will look at the development of methodologies for determining the quality indicators of Shea nut during its acceptance, separation, drying and storage. Determining the quality of Shea nut is a complex task requiring a systematic and comprehensive approach. After all, the quality of a nut depends on many factors, including its appearance, humidity, fat content, content of active substances and other parameters. To ensure high quality products, accurate and reliable methods for determining these indicators are necessary. The article discusses various methodologies used to determine the quality indicators of Shea nuts, including methods of visual and instrumental control, chemical analysis, physical and mechanical tests and other approaches. Particular attention is paid to the development of new methods and technologies that can improve the accuracy and efficiency of determining the quality of Shea nuts.*

**Keywords:** shea nuts, quality, methods, methodology, acceptance, storage, separation, drying of shea nuts.

Орех ши является одним из самых популярных орехов, используемых в пищевой промышленности и домашнем приготовлении пищи. Он обладает высокой пищевой ценностью и богат содержанием витаминов, минералов и антиоксидантов [12]. Однако, для того чтобы орех ши сохранил свою пищевую ценность и качество, необходимо разработать методологии определения качественных показателей при приемке, сепарации, сушке и хранении.

Одним из методов определения качественных показателей ореха ши является визуальный осмотр. При приемке орехов ши следует обратить внимание на их внешний вид. Орехи должны быть целыми, без видимых повреждений и следов гниения. Также важно проверить их цвет — орехи ши должны иметь характерный светло-коричневый оттенок. Визуальный осмотр позволяет выявить наличие дефектов и определить соответствие орехов ши установленным стандартам качества [8].

Другим методом определения качественных показателей ореха ши является измерение веса и размера орехов. Вес является одним из основных показателей качества ореха ши, так как он напрямую связан с его размером и полезными свойствами. Определение веса осуществляется с помощью весов, а размер — с помощью линейки или секстанта [3]. На основе этих данных можно сделать вывод о качестве орехов ши и их пригодности для дальнейшей обработки.

Для определения содержания жира и влажности в орехах ши используются химические методы анализа. Содержание жира определяется с помощью экстракции жира из орехов и последующего его взвешивания. Влажность определяется путем определения разницы между начальной и конечной массой орехов после их сушки. Эти показатели являются важными при оценке качества орехов ши, так как они влияют на их вкусовые и пищевые свойства.

Важным методом определения качественных показателей ореха ши является органолептическое исследование. Оно позволяет оценить вкус, запах и текстуру орехов ши. Органолептическое исследование проводится путем проб и оценки орехов в соответствии с определенными критериями. Оно позволяет выявить наличие неприятного запаха, горечи или других дефектов, которые могут указывать на непригодность орехов ши для использования [6].

Таким образом, методы определения качественных показателей ореха ши при приемке включают в себя визуальный осмотр, измерение веса и размера, химический анализ содержания жира и влажности, а также органолептическое исследование. Комплексное использование этих методов позволяет получить объективную оценку качества орехов ши и принять решение о дальнейшей обработке и хранении продукции.

Таким образом, для определения качественных показателей ореха ши при сепарации применяются различные методы, такие как визуальный анализ, химический анализ и физический анализ. Комплексное использование этих методов позволяет получить полную информацию о качестве орехов и принять решение о их пригодности для дальнейшей обработки и хранения.

Для определения качественных показателей ореха ши при сушке применяются различные методы, позволяющие оценить его влажность, содержание жира, а также сохранность витаминов и других полезных веществ [7].

Один из наиболее распространенных методов определения влажности ореха ши — гравиметрический метод. Он основан на измерении массы ореха до и после сушки. Для этого орехи взвешивают перед сушкой и после нее. Разница в массе позволяет определить содержание влаги в орехе. Этот метод достаточно прост и доступен, но требует использования точных весов и контроля температуры и времени сушки [5].

Для определения содержания жира в орехе ши применяются химические методы, основанные на экстрагировании жировых компонентов. Один из таких методов — экстракция соответствующим растворителем, например, эфиром [1]. Орехи помещают в растворитель, который способен извлечь жиры, а затем проводят экстракцию. Полученный экстракт анализируют на содержание жира с помощью гравиметрического или хроматографического методов. Этот метод позволяет получить точные результаты, но требует использования химических реагентов и специального оборудования.

Определение сохранности витаминов и других полезных веществ в орехе Ши при сушке является сложной задачей. Для этого применяются различные физико-химические методы, такие как хроматография, спектрофотометрия и др. Например, для определения содержания витамина Е можно использовать метод газовой хроматографии. Орехи подвергаются экстракции соответствующим растворителем, а затем анализируются на содержание витамина Е с помощью газового хроматографа. Этот метод позволяет получить точные результаты, но требует специального оборудования и высокой квалификации персонала [10].

Таким образом, для определения качественных показателей ореха ши при сушке применяются различные методы, позволяющие оценить его влажность, содержание жира и сохранность полезных веществ. Каждый из этих методов имеет свои

преимущества и недостатки, и выбор метода зависит от целей и условий исследования. Важно учитывать, что точность результатов определения качественных показателей ореха ши при сушке напрямую зависит от правильного применения и контроля выбранного метода.

При хранении ореха ши важно определить его качественные показатели, чтобы гарантировать сохранение его вкуса, аромата и питательных свойств. Существует несколько методов определения качественных показателей ореха ши при хранении [9].

Один из таких методов — органолептическое исследование. Оно основано на оценке субъективных впечатлений приемщика в процессе качественной оценки ореха ши. При этом оцениваются такие параметры, как цвет, запах, вкус и текстура. Органолептическое исследование позволяет определить степень свежести, сохранности и пригодности ореха ши для дальнейшего использования [6].

Другим методом определения качественных показателей ореха ши при хранении является химический анализ. С помощью химического анализа можно определить содержание витаминов, минералов, жиров, белков и других питательных веществ в орехе ши. Также проводятся анализы на наличие пестицидов, гербицидов и других вредных веществ, которые могут быть использованы при выращивании ореха ши. Химический анализ позволяет получить объективные данные о качестве ореха ши и его пригодности для потребления.

Еще одним методом определения качественных показателей ореха ши при хранении является микробиологический анализ. Он позволяет определить наличие и количество микроорганизмов, таких как патогенные бактерии, плесень и дрожжи, в орехе ши [5]. Микробиологический анализ необходим для обеспечения безопасности и гигиены продукта.

Проведение всех этих методов определения качественных показателей ореха ши при хранении позволяет сделать выводы о его качестве и пригодности для потребления. Например, если органолептическое исследование показывает, что орех ши имеет неприятный запах или вкус, а химический анализ выявляет наличие вредных веществ, то можно сделать вывод о низком качестве и непригодности данного ореха ши для использования.

Таким образом, разработка методологий определения качественных показателей ореха ши при хранении является важной задачей. Она позволяет обеспечить сохранность и пригодность ореха ши для дальнейшего использования, а также гарантировать безопасность и качество продукта для потребителей [4].

В рамках исследования более подробно была рассмотрена методология поверхности отклика (RSM) — это статистический метод, в котором используются количественные данные, полученные в результате соответствующего плана эксперимента с количественными факторами, для оценки взаимосвязи между реакцией и факторами с целью оптимизации процессов или продуктов.

В данном исследовании для оценки одновременного влияния сроков хранения (3–21 сутки) и времени кипячения (10–60 мин) свежих орехов ши на определенные качественные характеристики полученных ядер и сливочного масла, а также для определения оптимального срока хранения и времени ки-

печения, которые позволят получить ядра и масло, соответствующие экспортным требованиям, был использован центральный композитный линейный дизайн (CCFD) с двумя факторами. Этот дизайн обычно используется для изучения линейных взаимодействий и квадратичных эффектов между факторами [7].

Диапазоны продолжительности хранения и времени кипячения были выбраны в соответствии с практикой обработки в Бенине. Дизайн сгенерировал 13 комбинаций (таблица 1)

и каждая из них была продублирована, что дало в общей сложности 26 комбинаций.

Для каждого исследуемого параметра в дизайне была выдана следующая формула регрессии [14]:  $Y = I + aX1 + bX2 + cX2^2 + dX1X2 + eX1X2$

Колебания продолжительности кипячения могут повлиять на качество масла ши. Например, чрезмерное кипячение приводит к повреждению клеток, что иногда приводит к обесцвечиванию ореха ши, в то время как неправильная инактивация липазы

Таблица 1. Различные комбинации времени хранения и времени кипячения орехов ши, генерируемые CCFD, и различные ответы

Лечение	Срок хранения (сутки)	Время кипячения (минута)	Содержание влаги (%)	Покраснение ядра (a*)	Содержание жира (% dw)	Выход сливочного масла (%)	Яркость сливочного масла (л*)	Желтизна сливочного масла (b*)	СЖК (%)	Перекись (мг-экв O2/кг)
1	12	35	7,6±0	7,5±0,3	47,1±2,2	30,7±0,7	75,4±1,0	20,7±0,9	1,4±0	2,7±0,1
2	3	10	7,2±0,7	6,5±0,2	49,0±1,7	30,9±1,1	78,7±2,0	22,1±0,6	1,2±0,4	2,3±0,1
3	12	35	7,3±0,4	7,8±0,5	44,2±1,7	30,8±0,7	74,1±3,0	21,2±1,8	1,4±0,6	2,8±0,2
4	12	35	7,5±0,2	7,8±0,5	45,4±0,1	31,6±0,3	72,8±3,0	20,2±2,0	1,5±0	2,7±0,2
5	12	35	7,0±0,7	7,7±0	46,2±1,2	33,7±2,0	75,2±0,9	20,4±1,8	1,4±0	2,9±0,6
6	21	60	7,4±0,1	11,6±0,1	40,6±0,8	28,2±2,9	71,5±0	21,1±0,9	1,9±0,1	3,5±0,5
7	21	35	6,8±0,4	7,6±0,4	44,5±0,6	28,6±1,4	72,0±1,5	17,1±1,0	1,7±0,2	3,3±0,6
8	12	60	7,4±0,3	10,8±0,7	42,8±2,7	29,9±3,8	74,3±1,9	20,5±3,1	1,4±0	2,7±0
9	21	10	6,8±0,6	6,9±0,1	40,2±2,5	26,3±1,1	70,9±0	17,5±0	1,7±0	2,7±0,5
10	12	10	7,1±0,6	6,8±0,2	40,4±1,0	29,3±0,8	71,9±1,7	20,9±1,7	1,4±0	2,9±0,2
11	3	60	6,9±0,4	10,9±0,2	52,1±0,5	32,8±0,4	74,9±1,1	18,9±1,1	1,0±0,1	2,8±0,2
12	3	35	6,4±0,1	7,2±0,1	49,7±0,8	33,6±0,6	76,5±1,5	20,8±1,5	0,6±0,1	2,7±0,1
13	12	35	7,3±0	7,7±0,2	48,0±5,3	31,8±1,3	73,9±0,8	20,5±0,8	1,4±0,1	2,6±0,2

Таблица 2. Значения коэффициентов регрессии (RC), константы (I), коэффициента детерминации (R2) и несоответствия значений P (P), описывающие взаимосвязи между влажностью, краснотой и жирностью ядер ши, выходом сливочного масла, процентным содержанием FFA и перекисным числом различных масел в соответствии с центральной композитной конструкцией

Параметр	Содержание влаги (%)	Покраснение ядра (a*)	Содержание жира (% dw)	Выход сливочного масла (%)	Яркость сливочного масла (л*)	Желтизна сливочного масла (b*)	СЖК (%)	Перекись (мг-экв O2/кг)
Хранилище: X1	0,1113	0,04454	-1,1479**	-0,1604	-0,5790*	-0,1333	0,0698*	-0,0306
Кипячение: x2	-0,0254	-0,06767*	0,4175**	0,2363**	0,0204	-0,498	-0,044	0,0062
X12	-0,0058*	-0,00126	0,0345**	-0,0042	0,0050	-0,0102	-0,0016	0,0020
X22	0,0003	0,00215**	-0,0048**	-0,0029**	-0,0012	0,0014	0,0002	-0,0001
X1X2	0,0012	0,00042	-0,0036	-0,0000	0,0048	0,007**	0,0004	0,0005
Постоянный	6,9117	6,84458	42,397	27,5162	79,1155	24,6282	1,0237	2,5049
R2	35,6	97,3	84,6	71,5	61,5	42,5	74,1	48,4
Недостаточная посадка	0,68	0,22	0,69	0,51	0,73	0,84	0,35	0,12

\* Значимый при P <0,05; \*\* Значимый при P <0,01

может произойти из-за недостаточного кипячения, что приводит к высокому содержанию свободных жирных кислот (FFA) в ядрах. Кроме того, заплесневелые ядра могут быть получены от орехов, которые были сварены и плохо высушены. Среди многих других проблем, связанных с этим традиционным методом, также технологические ограничения процесса, которые не позволяли.

Свежие плоды ши были собраны с различных деревьев ши в деревне Арбонга в Баникоаре (11° 4' северной широты и 2° 25' восточной долготы), расположенной в департаменте Алибори, Северный Бенин. Плоды были очищены от пульпы в тот же день. На следующий день свежие орехи были доставлены в Университет Абомей-Калави, где и проводились эксперименты.

Содержание влаги (МС) дало следующую регрессию (таблица 2). Эта модель объясняет только 36% вариаций влаж-

ности (6,3–7,7%) зерен ши. Оба фактора не оказывали существенного влияния на влажность ядер (таблица 2). Линейный член модели имел положительное значение, тогда как его квадратичный член выражает отрицательное влияние на содержание влаги. Скорлупа иногда трескается, и это может способствовать поглощению воды ядром. Однако влажность ядер ши соответствует экспортным требованиям по этому показателю (7–8%).

В целом, содержание влаги представлено одной из важнейших характеристик сельскохозяйственных материалов, так как она влияет на их физико-механические и химические свойства. Это предположение справедливо и для ядер ши; кроме того, некоторые исследования показали, что содержание влаги в зернах ши влияет на их хранение, обработку и переработку.

#### Литература:

1. Абдул-Мумин И., Закпаа Х. Д., Миллс-Робертсон ФК (2023). Ближайшие и биофитохимические свойства жмыха ореха ши. *Журнал химических и фармацевтических ресурсов* 5:961–970.
2. Акулей.К., Лоуор С. Т., Куми В. О., Ассуа М. К. (2022). Влияние традиционной первичной обработки плодов ши на выход и качество масла в ядре. *Американский журнал пищевых технологий* 7:73–81.
3. АОАК (2002). *Официальные методы анализа*. 16-е издание (Ассоциация официальных химиков-аналитиков) Вашингтон, округ Колумбия.
4. Белло-Браво Дж., Ловетт Н., Питтендриг Р. Б. (2019). Эволюция «парадокса парадокса» масла ши и потенциальная возможность использования информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) для повышения качества, доступа к рынкам и средств к существованию женщин в сельских районах Африки. *Устойчивое развитие* 7:5752–5772.
5. Буп Н. Д., Капсеу С., Матос Л., Мабиала Б., Мулунги З. (2021). Влияние физической предварительной обработки ореха (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.) на качество сливочного масла. *European Journal of Lipid Science and Technology* 113:1152–1160.
6. Хонфо Ф. Г., Линнеманн А., Акиссо Н., Суману М., ван Бёкель М. А. (2022). Знания коренных народов об обработке ши и восприятию качества продуктов из ши в Бенине. *Экология пищи и питания* 51:505–525.
7. Хонфо Ф. Г., Акиссо Н., Линнеманн А. Р., Суману М., ван Бёкель Маджс (2018). Питательный состав продуктов ши и химические свойства масла ши: обзор. *Критический обзор продуктов питания* 54(5):673–686.
8. Хонфо Ф. Г., Линнеманн А. Р., Гуо М., Акиссо Н., Суману М. М., ван Бёкель М. А. (2019). Влияние обжарки ядер ши на их жирность и некоторые качественные характеристики масла ши. *Журнал пищевых исследований* 6(1):2377–1356.
9. Kang K. K., Kim S., Kim I. H., Lee C., Kim B. H. Selective Enrichment of Symmetric Monounsaturated Triacylglycerols from Palm Stearin by Double Solvent Fractionation. *LWT—Food Sci. Technol.* 2022; 51:242–252.
10. Kim B. H., Akoh C. C. Recent Research Trends on the Enzymatic Synthesis of Structured Lipids. *J. Food Sci.* 2019; 80: C1713–C1724.
11. Pirouzian H. R., Konar N., Palabiyik I., Oba S., Toker O. S. Pre-Crystallization Process in Chocolate: Mechanism, Importance and Novel Aspects. *Food Chem.* 2020;321:126718. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.
12. Shukla V. K. S. Cocoa Butter, Cocoa butter Equivalents, and Cocoa Butter Substitutes. In: Akoh C. C., editor. *Handbook of Functional Lipids*. 1st ed. CRC Press; New York, NY, USA: 2021. pp. 279–307.
13. Timms R. E. Processing Methods. In: Timms R. E., editor. *Confectionery Fats Handbook: Properties, Production and Application*. 1st ed. Oily Press; Bridgwater, UK: 2019. pp. 105–142.
14. Wähnelt S., Teusel D., Tülsner M. Influence of Isomeric Diglycerides on Phase Transitions of Cocoa Butter—Investigation by Isothermal DSC. *Fat Sci. Technol.* 1991;93:174–178.
15. Yamada K., Ibuki M., McBrayer T. Cocoa Butter, Cocoa Butter Equivalents, and Cocoa Butter Replacers. In: Lai O. M., Akoh C. C., editors. *Healthful Lipids*. 1st ed. AOCS Press; Champaign, IL, USA: 2020. pp. 642–664.



## Технология купажирования растительных масел на основе масла ши для производства продуктов питания из растительного сырья

Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент;  
Ибрагимов Теймур Мустафаевич, студент магистратуры  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

*Отрасль пищевого производства постоянно ищет новые пути для улучшения своих продуктов, особенно когда речь идет о растительных маслах. Инновационный подход заключается в разработке смешанных масел с идеальным балансом жирных кислот. Эта стратегия направлена на удовлетворение стремления потребителей к потреблению питательных, функциональных и, прежде всего, здоровых продуктов. Для достижения этой цели необходимо разработать новые технические решения для создания купажированных продуктов. Это позволит увеличить ассортимент полезных для здоровья масел с новым составом и свойствами. Важным аспектом, связанным с равновесием жирно-кислотного состава, является соотношение насыщенных, одно- и многократно-ненасыщенных жирных кислот. Насыщенные жирные кислоты, содержащиеся в основном в мясе и молочных продуктах животного происхождения, известны своей способностью повышать уровень холестерина в крови и увеличивать риск сердечно-сосудистых заболеваний. Однако некоторое количество насыщенных жирных кислот необходимо для нормального функционирования организма. В изготовлении масел ключевая технология — это создание купажа. Суть её заключается в том, что комбинируют разные сорта масел для достижения оптимальных качеств конечного продукта. Таким образом, исследования в этой области являются важными для развития пищевой промышленности и улучшения качества продуктов питания.*

**Ключевые слова:** растительные масла, масло ши, купажирование, качество, окисление, обогащение полезными веществами.

## Technology of blending vegetable oils based on Shea butter for the production of food products from vegetable raw materials

Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor;  
Ibragimov Teymur Mustafayevich, student master's degree  
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (Moscow)

*The food processing industry is constantly looking for new ways to improve its products, especially when it comes to vegetable oils. An innovative approach is to develop blended oils with the ideal balance of fatty acids. This strategy aims to meet consumers' desire for nutritious, functional and, above all, healthy products. To achieve this goal, it is necessary to develop new technical solutions for creating blended products. This will increase the range of healthy oils with new composition and properties. An important aspect related to the balance of fatty acid composition is the ratio of saturated, mono- and multi-unsaturated fatty acids. Saturated fatty acids, found primarily in animal meat and dairy products, are known to raise blood cholesterol levels and increase the risk of heart disease. However, some amount of saturated fatty acids is necessary for the normal functioning of the body. In the production of oils, the key technology is the creation of a blend. Its essence lies in the fact that different types of oils are combined to achieve optimal qualities of the final product. Thus, research in this area is important for the development of the food industry and improving the quality of food products.*

**Keywords:** vegetable oils, shea butter, blending, quality, oxidation, enrichment with nutrients.

Создание купажа растительных масел оптимального жирно-кислотного состава — это важная задача в пищевой и косметической промышленности. Растительные масла являются ценными продуктами, богатыми полезными жирными кислотами. Однако каждое масло имеет свой уникальный состав, и для достижения оптимальных показателей необходимо сочетать разные виды масел. Комбинируя различные растительные масла, можно получить купаж с оптимальным жирно-кислотным составом, который будет сочетать в себе все преимущества каждого отдельного масла [5]. Такой купаж будет обладать высокими пищевыми и питательными свойствами, а также иметь уникальный вкус и аромат. При составлении купажей растительных масел важно учитывать их жирно-кислотный состав. Значимость данного фактора обусловлена его влиянием

на вкусовые и пищевые качества продуктов. Поэтому для обеспечения оптимального соотношения жирных кислот в купаже, необходимо иметь подробные данные о составе каждого масла, что позволяет принимать обоснованные решения при его составлении (таблица 1).

На основе представленных данных можно сделать вывод, что жирно-кислотный состав масел в основном определяется наличием пальмитиновой, стеариновой, олеиновой и линолевой кислот. Газохроматографические исследования показали, что кукурузное масло содержит наибольшее количество линолевой кислоты, а льняное и рыжиковые масла — линоленовой. Эти результаты согласуются с известными литературными данными [2]. Однако ни одно из исследованных масел не соответствовало рекомендациям [8] по соотношению  $\omega$ -6 к  $\omega$ -3 жирных кислот.

Таблица 1. Жирно-кислотный состав растительных масел и их купажей [13]

Наименование кислоты	Содержание жирных кислот, мас. %					
	Кукурузное масло	Льняное масло	Рыжиковое масло	Кукурузно- льняной купаж	Кукурузно- рыжиковый купаж	Подсолнечниково- рыжиковый купаж
Гексадекановая	3,6	5,8	5,6	7,2	5,3	6,0
Октадекановая	1,4	2,6	3,3	1,7	2,0	3,0
Октадеценная	34,0	20,0	18,0	30,0	30,4	25,2
Октадекадненая	52,0	22,0	24,0	51,0	49,0	55,0
Октадекатриеновая	3,0	47,0	37,7	5,6	6,9	5,5
Доказанная	-	-	2,1	0,1	0,3	0,2
Неидентифицированное соединение	6,0	2,6	9,3	4,4	6,1	4,8
Соотношение ω6: ω3	17:1	1:2,1	1:1,15	9,1:1	7,1:1	10:1

Интересно отметить, что пальмитиновая, стеариновая, олеиновая и линолевая кислоты являются основными компонентами жирно-кислотного состава растительных масел. Это связано с тем, что эти кислоты являются наиболее распространенными в растительном мире. Они играют важную роль в обмене веществ у растений и имеют значительное значение для человека [1].

Для создания купажей, растительные масла смешивали поэтапно, при этом каждое масло добавлялось при скорости вращения мешалки не менее 100 об/мин и при температуре 35–40°C в течение 15 минут. В результате исследования был составлен состав жирных кислот триглицеридов купажей растительных масел, который представлен в таблице 1. Анализ данных показал, что купажирование растительных масел позволило получить образцы с содержанием линолевой и линоленовой кислот на уровне (53 ± 3) мас [4].

В современной практике пищевой промышленности активно разрабатываются методики, которые позволяют продлевать свежесть и сохранять питательную стоимость продуктов питания. Особое внимание уделяется применению антиоксидантов, поскольку эти вещества эффективно препятствуют окислению жиров, что важно для поддержания качества пищи. Важно подчеркнуть роль растительных масел, которые служат ключевым источником жиров в диетах многих людей, в поддержании здорового питания и обеспечении организма необходимыми питательными веществами [10].

Исследование воздействия антиоксидантов на профиль жирных кислот в разнообразных сочетаниях растительных масел приобретает ключевое значение, учитывая их распространенное применение как в промышленной обработке продуктов, так и в кулинарии на дому [3]. Цель данного анализа заключается в выявлении идеальных параметров для эффективного использования антиоксидантов, что способствует не только повышению качества масел, но и увеличивает их срок

службы. Это, в свою очередь, благоприятно влияет на пищевые качества продуктов и их значение в диете человека.

К тому же проведенный анализ органолептических характеристик, включающий цвет, аромат и вкус, для масляных смесей подтвердил соответствие всех изученных параметров установленным стандартам [9]. Это подчеркивает потенциальную пользу от нахождения оптимального применения антиоксидантов в создании высококачественных продуктов. Образцы масел были прозрачными и имели светло-желтый оттенок, что является характеристикой качественных растительных масел.

Для более наглядного представления результатов оценки запаха и вкуса купажей растительных масел, эти данные были отражены на рисунках 1 и 2. Анализ рисунка 1 отображает результаты оценки запаха, где представлены различные ароматические характеристики, обнаруженные в купажах масел. Анализ рисунка 1 демонстрирует результаты оценки вкуса, где представлены различные вкусовые оттенки, выявленные при анализе купажей.

Таким образом, органолептическая оценка составленных купажей растительных масел подтвердила их соответствие требованиям к качеству. Полученные результаты позволяют делать вывод о высокой качественной характеристике этих масел, что является важным фактором при выборе продукта для использования в пищевой и косметической промышленности.

Результаты профилограмм показывают, что в подсолнечниково-рыжиковом купаже присутствовал характерный травянистый аромат, однако его вкус практически не выделялся при оценке [11]. Кукурузно-рыжиковый купаж имел слабое присутствие горького и травянистого вкуса. Для изучения влияния термоокисления на органолептические свойства купажей, они были подвергнуты нагреванию при температуре 100°C в течение 8 часов в разных средах [7]. Результаты показали, что такая обработка практически не повлияла на изменение органолептических показателей.

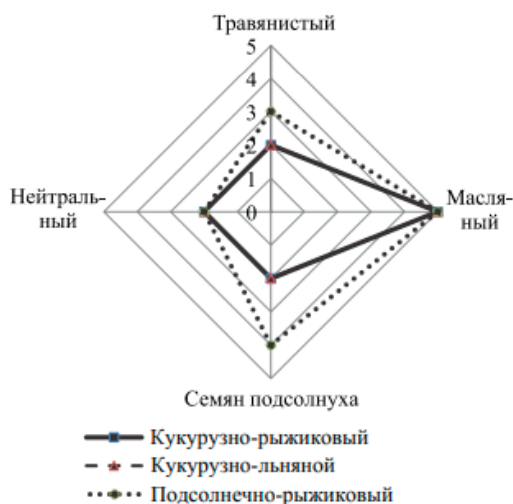


Рис. 1. Профилограмма органолептической оценки запаха купажей растительных масел



Рис. 2. Профилограмма органолептической оценки вкуса купажей растительных масел

Для определения степени окисления использовался метод активации перекисного окисления. Проба масла из каждого купажа была помещена в специальную камеру, где происходило насыщение кислородом. Затем проводилось измерение изменения содержания перекисей в масле с помощью химических реакций.

Результаты исследования показали, что стойкость к окислению растительных масел может значительно различаться в зависимости от их купажей. Некоторые купажи проявили высокую устойчивость к окислению, что свидетельствует о их хорошем качестве и длительном сроке годности. В то же время, некоторые купажи оказались менее стабильными и подверженными окислительным процессам [4].

Эти результаты позволяют более точно определить качество и стабильность растительных масел, что обеспечивает возможность выбора оптимальных маслопродуктов для различных

применений [12]. Также, они могут быть использованы в разработке новых технологий и рецептур для производства пищевых продуктов и косметических средств, которые будут обладать повышенной стойкостью к окислению.

Для более детального анализа качества растительных масел после нагревания в азотной среде и в присутствии кислорода воздуха, были измерены показатели кислотного и перекисного чисел и содержание жирных кислот (таблица 2).

Купажи растительных масел, подвергнутые нагреванию в инертной среде, показали наиболее интенсивное увеличение перекисного и кислотного чисел (рисунок 3). Особенно высокие значения были обнаружены в подсолнечно-рыжиковом купаже, где перекисное число увеличилось на 74%, а кислотное — на 108%. Однако эти значения не превысили установленных норм, установленных Техническим регламентом Таможенного союза 024/2011 [2].

Таблица 2. Жирно-кислотный состав купажей растительных масел после термического окисления (8 ч)

Наименование кислоты	Содержание жирных кислот, мас. %		
	Кукурузно-льняной купаж	Кукурузно-рыжиковый купаж	Подсолнечно-рыжиковый купаж после обработки
Гексадекановая	7,2	5,3	6,0
Октадекановая	1,7	2,0	3,0
Октадеценновая	30,0	30,0	25,0
Октадекадневная	50,0	48,0	55,0
Октадекатриеновая	5,0	6,0	5,0
Доказановая	0,1	0,3	0,2
Неидентифицированное соединение	6,0	8,4	5,8
Соотношение ωб: ω3	10:1	8:1	10:1

Результаты исследования показали, что нагревание купажей растительных масел в инертной среде может привести к увеличению перекисного и кислотного чисел. Это явление особенно заметно в случае подсолнечно-рыжикового купажа, где значения этих показателей увеличились на 74% и 108% соответственно. Однако, несмотря на такой рост, эти значения все же остались в пределах норм, установленных Техническим регламентом Таможенного союза 024/2011 [2]. Это свидетельствует о том, что подходящие технологические процессы и условия нагревания могут быть использованы для предотвращения превышения допустимых значений этих показателей.

Нагревание купажей растительных масел в окружающей среде с наличием кислорода способствует образованию первичных продуктов окисления липидов. Этот процесс наблюдается в большей степени и может иметь значительное влияние на структуру и свойства масел. Рисунок 6 иллюстрирует этот процесс и показывает, что при нагревании в кислородсодержащей среде происходит активное образование окисленных липидов. Это может привести к изменению химического состава масел,

образованию вредных соединений и потере их питательных свойств. Таким образом, контроль окружающей среды при нагревании растительных масел является важным аспектом для обеспечения качества и безопасности продукции.

Исследования показали, что самая высокая скорость роста перекисного числа была характерна для подсолнечно-рыжикового купажа, что является интересным результатом. На протяжении исследовательского периода, предельное установленное значение было превышено на 30%, что говорит о значительной активности окислительных процессов в данном купаже. С другой стороны, кислотное число интенсивнее возрастало в кукурузно-льняном купаже и за период исследования достигло нормативного значения (0,6 мг КОН/кг) [10]. Эти результаты говорят о различных механизмах окисления жирных кислот в разных составах купажей.

После термического окисления исследования состава жирных кислот показали, что в течение 8 часов обработки в инертной среде и в присутствии кислорода воздуха существенных изменений содержания жирных кислот не было (рисунок 4).

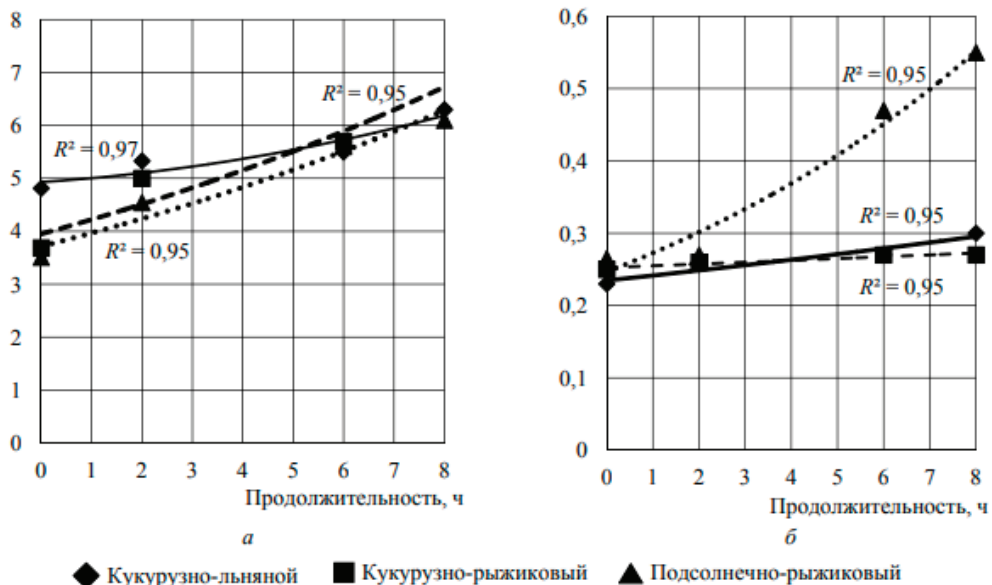


Рис. 3. Изменение содержания перекисного (а) и кислотного (б) чисел при термическом окислении купажей растительных масел в инертной среде

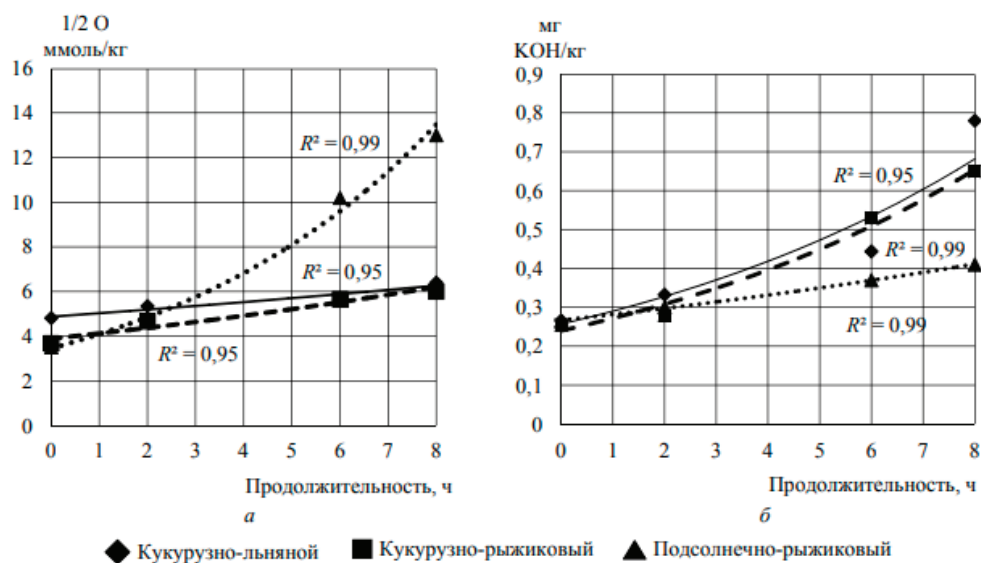


Рис. 4. Изменение содержания перекисного (а) и кислотного (б) чисел при термическом окислении купажей растительных масел в среде, содержащей кислород

Исследование показало, что в условиях проведённого эксперимента жирные кислоты, насыщенные и ненасыщенные, устойчиво перенесли термическое воздействие, без заметных признаков окислительных изменений. Это открытие подчеркивает низкий риск формирования перекисных соединений и подтверждает стойкость жирных кислот к высоким температурам.

Такие выводы имеют значительную ценность для осмысления химических процессов, протекающих в жирных кислотах при их нагревании, особенно при создании смешанных составов для пищевой промышленности. Разработка этих про-

дуктов требует глубокого понимания их устойчивости к окислению, чтобы обеспечить их качество и безопасность для потребителя.

Использование комбинаций различных растительных масел открывает новые горизонты в области здорового питания. Такой подход позволяет разрабатывать продукты с оптимальным составом, обогащенные важными для организма питательными элементами. Это становится ключом к поддержанию сбалансированного рациона и способствует укреплению здоровья.

#### Литература:

1. Адашев Б. Ш., Абдурахимов С. А., Ходжаев С. Ф. Анализ состава и свойств, осветленных светлых растительных масел с использованием местных глин // *Universum: Технические науки*. — 2021. — № 6 (87). — С. 12–16.
2. Гусева Д. А., Прозоровская Н. Н., Широнин А. В., Санжаков М. А. и др. Антиоксидантная активность растительных масел с разным соотношением омега-6/омега-3 жирных кислот // *Биомедицинская химия*. — 2020. — Т. 56(3). — С. 342–350 с.
3. Долголюк И. В., Терещук Л. В., Трубникова М. А., Старовойтова К. В. Растительные Масла — Функциональные Продукты Питания // *Техника и технология пищевых производств*. — 2020. — № 2. — С. 35–37.
4. Кулакова с. Н., Байков В. Г., Бессонов В. В., Нечаев А. П., Тарасова В. В. Особенности растительных масел и их роль в питании // *Масложирная промышленность*. — 2019. — № 3. — С. 16–20.
5. *Масла растительные: методы анализа*. — М.: Издательство стандартов, 2020. — 454 с.
6. Нечаев А. П. Ключевые тенденции в производстве масложировых продуктов // *Продукты и прибыль*. — 2021. — № 2. — С. 6–9.
7. Нечаев А. П. Научные основы технологий получения функциональных жировых продуктов нового поколения // *Масла и жиры*. — 2019. — № 8. — С. 26–27.
8. Нечаев А. П., Кочеткова А. А. Растительные масла функционального назначения // *Масложирная промышленность*. — 2019. — № 3. — С. 20–21.
9. Обухова Л. А., Гарагуля Е. Б. Растительные масла в питании. Сравнительный анализ [Электронный ресурс] // Потребительское общество АРГО. URL: <https://www.argo-shop.com.ua/article-9182.html> (дата обращения 12.01.2024).
10. Прокопенко Л. Г., Бойняжева Л. И., Павлова Е. В. Полиненасыщенные жирные кислоты в растительных маслах // *Масложирная промышленность*. — 2019. — № 2. — С. 11–12.
11. Салиханова Д. С., Исмоилова М. А., Сагдуллаева Д. С., Адашев Б. Ш., Кадилова Н. Б. Факторы, влияющие на процесс эмульгирования водно-жировых эмульсий. 2022.

12. Салиханова Д. С. Разработка новых композиционных углещелочных и глинистых адсорбентов для очистки хлопковых масел. Дисс. ... доктора наук. — Ташкент, 2019.
13. Степычева Н. В., Фудько А. А. Купажированные растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом // Химия растительного сырья. — 2021. — № 2. — С. 27–33.
14. Терещук Л. В. Витаминно-антиоксидантная композиция для новых видов комбинированных масел // Известия вузов. Пищевая технология. — 2019. — № 5–6. — С. 42–44.
15. Шиков А. Н., Макаров В. Г., Рыженков В. Е. Растительные масла и масляные экстракты. Технология, стандартизация, свойства. — М.: Русский врач, 2004. — 264 с.

## Анализ способов осуществления высоковольтных электрических разрядов при формировании буронабивных и буроинъекционных свай

Толкачев Святослав Валерьевич, студент магистратуры  
Научный руководитель: Кадушкин Юрий Васильевич, кандидат технических наук, доцент  
Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

*В статье автор анализирует способы уплотнения бетонной смеси электрическим взрывом, при производстве свайных работ.*

**Ключевые слова:** электрогидравлический эффект, буроинъекционные сваи, буронабивные сваи.

При производстве работ по устройству свайных фундаментов в условиях плотной застройки городских территорий в последние годы применение буронабивных свай приобретает массовый характер. Разновидностью буронабивных свай являются буроинъекционные сваи, применяемые для усиления грунтов оснований фундаментов при реконструкции зданий и сооружений. В последние годы всё шире внедряется разрядно-импульсная технология (РИТ) при изготовлении как буронабивных, так и буроинъекционных свай.

Анализируя практику применения РИТ и данные научно-технической литературы, можно сделать вывод о реализации двух способов получения энергии в канале разряда в жидких средах [1;2;3].

Первый способ основан на том, что в результате создания напряжения на электродах, превышающего электрическое сопротивление жидкости в межэлектродном пространстве происходит электрический пробой (разряд). Для создания требуемой энергии на электродах конструкция генераторов импульсных токов (ГИТ) предусматривает применение высоких напряжений на электродах (порядка 10 и более кВ). С целью стабилизации разряда в жидкости необходимо учитывать характеристики жидкости в которой производится разряд ( $tC$ , электропроводность её состава, наличие примесей и др. факторов). Именно от них зависит величина межэлектродного зазора, которая, в свою очередь влияет на энергетические параметры электровзрыва.

К тому же, для формирования тела буронабивных свай применяется тяжёлый конструкционный бетон. Для создания камуфлетных уширений желательнее обеспечить жёсткость бетонной смеси, так как применение литых бетонных смесей снижает эффект образования камуфлетных уширений. Как показывает практика применения данной технологии пробой межэлектродного промежутка иногда происходит не в рас-

творной части бетона, а в воздушном пространстве, это приводит к необходимости увеличения напряжения на электродах свыше 10кВ. К тому же эффективность такого разряда значительно ниже из-за низкой плотности воздуха по сравнению с жидкостью. На практике приходится иногда делать перерывы в работе электроразрядной установки (ЭРУ) для заполнения межэлектродного промежутка жидкостью. Следует отметить, что в дренирующих водонасыщенных грунтах процесс формирования ствола сваи идёт более интенсивно, наблюдается стабильность процесса.

Второй способ состоит в иницировании разряда путём замыкания рабочих электродов разрядника тонким металлическим проводником. Это позволяет увеличить величину межэлектродного зазора при относительно низком напряжении (не более 1000 В) сохраняя при этом высокие параметры ударных волн сжатия, сопровождающих высоковольтный разряд. Возможность при этом увеличить величину межэлектродного зазора, увеличивает время протекания разряда и электровзрыв принимает объёмный характер, это увеличивает эффект образования полости и уплотнения грунта вокруг скважины.

Существует предложение об иницировании межэлектродного промежутка металлосодержащей пастой (например, алюминиевой) путём впрыскивания её в электродную систему из специально картриджа. После каждого разряда [4].

Достоинством данного способа формирования канала разряда в теле сваи является возможность образования объёмного электровзрыва в скважине, снижение энергоёмкости процесса, уменьшение габаритов оборудования, к тому же обслуживание оборудования с применением высоких напряжений (свыше 1000) выполняется специально обученным персоналом.

Реализация способа иницирования электрического разряда путем замыкания электродной системы металлическим проводником или металлизированной пастой в реальных усло-

виях устройства камуфлетных уширений в свае на больших глубинах является весьма сложной задачей, и требует отдельного технического решения.

В случае устройства буроинъекционных свай ствол сваи служит каналом для подачи твердеющей смеси в пята сваи. Так как ствол сваи не предназначен для восприятия вертикальной нагрузки, диаметр скважины выполняется небольшими диаметрами (порядка 130–150 мм). Скважины больших диаметров иногда сложно выполнить, учитывая громоздкость оборудования. Буроинъекционные сваи предназначены не столько для образования камуфлета, сколько для инъектирования твердеющей смеси в межзерновое пространство околоскваженного массива грунта для последующего его скрепления (цементирования).

Следовательно, твердеющая смесь должна обладать большой текучестью и не содержать крупного заполнителя. Данные условия соответствуют осуществлению устройства свай по первому способу, т.е. без инициирования разряда путём замыкания электродов проводником.

Учитывая, что процесс инъектирования твердеющей смеси в скважинах осуществляется вблизи существующего фундамента, применение электрических зарядов большой мощности недопустимо по причине воздействия волн сжатия на рекон-

струируемые фундаменты. В данном случае большего эффекта по инъектированию твердеющей смеси в грунт можно достичь не высоким напряжением на электродах, а увеличением длительности протекания разряда за счёт увеличения электрической ёмкости конденсатора ГИТа [5].

Выводы:

1. Способ инициирования электрического пробоя межэлектродного пространства путём замыкания электродов металлическим проводником или металлизированной пастой требует доработки для его практического применения.

2. При устройстве буроинъекционных свай способ инициирования неприемлем из-за малых диаметров скважин и невозможности «осушения» электродной системы по причине большой текучести твердеющей смеси

3. Наибольший эффект по инъектированию твердеющей смеси в межзерновое пространство грунта достигается при выполнении процесса в дренирующих, а также водонасыщенных грунтах.

4. В качестве твердеющей смеси целесообразно применять растворы шлакощелочных вяжущих, обладающих большой текучестью, а после затвердевания образующих камень с высокой прочностью, плотностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред.

#### Литература:

1. Л. А. Юткин «Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности». Ленинград издательство «Машиностроение» ленинградское отделение 1986 г.
2. Соколов Н. С. Кадышев Е. Н. «Электроразрядная технология для устройства буроинъекционных свай. Вестник Чувашского университета. 2017-№ 3 — с. 159–164.
3. С. А. Рытов «Устройство буроинъекционных свай с применением электроразрядной технологии в различных грунтовых условиях» Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 2009 г. Институт оснований и подземных сооружений имени Н. М. Герсиванова.
4. С. А. Рытов «Устройство буроинъекционных свай с применением электроразрядной технологии в различных грунтовых условиях» Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва 2009 г. Институт оснований и подземных сооружений имени Н. М. Герсиванова.
5. Кадушкин Ю. В. к.т.н., заведующий кафедрой строительства зданий и сооружений СПбГАУ, Миклашевский Н. В. к.т.н. доцент кафедры строительства зданий и сооружений. «Применение шлакощелочных вяжущих в технологии устройства буроинъекционных свай» СПбГАУ Санкт-Петербург. Пушкин.
6. Патент на полезную модель № 215022 U1 Российская Федерация, МПК E02D7/00. «Разрядник для создания бетонной стены в грунте» № 2022126818: заявл. 14.10.2022 г. опубл. 24.11.2022 г. Ю. В. Кадушкин, Н. В. Миклашевский; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»-EDNUSJNXQ

## Технологии повышения энергоэффективности производственных процессов в промышленности

Ян Чун Нам, студент магистратуры  
Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

В статье автор исследует современные технологии повышения энергоэффективности производственных процессов в промышленности.

**Ключевые слова:** промышленность, энергоэффективность, энергосберегающие технологии

Промышленность — это сектор экономики, который занимается производством и обработкой материальных товаров, особенно на масштабах, требующих крупномасштабных операций и применения машин и технологий. Это могут быть различные области, такие как тяжелая индустрия, легкая промышленность, пищевая промышленность и другие. В каждой из этих сфер используются ресурсы, в том числе энергетические, для преобразования сырья в готовую продукцию.

Актуальность исследования энергосберегающих технологий в промышленности обусловлена несколькими весомыми факторами. В первую очередь, это стремительный рост глобального энергопотребления и соответствующая потребность в сохранении энергетических ресурсов, что непосредственно влияет на экономическую стабильность и ценообразование энергоносителей. Параллельно, экологические инициативы и законодательные меры направлены на сокращение вредных выбросов, особенно в контексте международных соглашений по климату.

Как справедливо отмечает Д. В. Федин, «в условиях постоянного роста энергопотребления и истощаемости традиционных источников энергии, разработка эффективных методов энергосбережения становится критически важной задачей. Нарастающие экологические проблемы, такие как изменение климата и истощение природных ресурсов, подталкивают к поиску ин-

новационных решений для оптимизации энергетических процессов и минимизации потерь энергии» [1, с. 27].

Следует также согласиться с точкой зрения С. С. Амировой, И. Т. Ахметшина, Ю. А. Вагуровой, что «условия рыночной конкуренции, удорожания сырья, заставляют отечественные промышленные предприятия повышать свою экономическую эффективность путем энергосбережения и повышения энергетической эффективности» [3, с. 95].

Экономически, для предприятий, целью становится не просто снижение расходов на энергию, но и укрепление своих позиций на рынке через повышение эффективности производства. При этом, социальная ответственность бизнеса и стремление к устойчивому развитию также играют важную роль, ведь общество все более требовательно к экологической чистоте производства.

В политическом аспекте, энергосбережение становится неотъемлемой частью государственной политики [2, с. 109]. Таким образом, исследование в области энергосбережения становится крайне значимым для всестороннего анализа и разработки эффективных стратегий, способствующих экономическому росту, улучшению экологической ситуации и социальному благополучию.

Технологии повышения энергоэффективности производственных процессов ориентированы на максимизацию про-

Таблица 1. Основные технологии повышения энергоэффективности производственных процессов в промышленности

Технологии	Содержание
Автоматизация и контроль процессов	Современные системы автоматизации и контроля позволяют тщательно мониторить и управлять производственными процессами, оптимизируя использование энергии. Использование датчиков и умного аналитического программного обеспечения для точного контроля параметров производства сокращает энергопотребление и повышает качество продукции
Регулируемые приводы и моторы	Внедрение электродвигателей с переменной скоростью (VSDs) позволяет точно настраивать мощность двигателей в соответствии с текущей нагрузкой, существенно снижая энергопотребление по сравнению с двигателями постоянной скорости
Оптимизация освещения	Замена традиционного освещения на светодиодное (LED) не только сокращает потребление электроэнергии, но и улучшает качество света, повышая производительность и безопасность на рабочем месте
Интегрированные системы управления энергией	Применение комплексных систем для мониторинга и управления энергией на предприятии позволяет определять и анализировать ключевые точки потерь энергии, предоставляя данные для дальнейшей оптимизации процессов
Применение возобновляемых источников энергии	Интеграция солнечных панелей, ветрогенераторов и других установок для добычи энергии из возобновляемых источников снижает зависимость от ископаемого топлива и способствует сокращению операционных расходов



дуктивности при одновременном минимизации потребления энергии. Применение таких технологий является стратегическим решением, направленным на сокращение экологического воздействия промышленности и уменьшение затрат.

Как отмечает О.Я. Юсупов, «энергетическая эффективность — характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю» [4, с. 1029].

Рассмотрим основные направления и технологии в этой области — см. Таблицу 1.

Помимо этого, следует отметить, что энергетическая независимость, получаемая за счёт внедрения возобновляемых источников, укрепляет позиции предприятий на рынке, делая их менее уязвимыми к колебаниям цен и политической обстановке. Такая трансформация энергетического баланса также

положительно влияет на имидж компании, демонстрируя ее обязательства перед обществом и окружающей средой.

Итак, подводя итог, представляется возможным построить следующие выводы. Промышленный сектор, охватывающий производство и обработку товаров, является значительным потребителем энергии. Становится очевидным, что эффективное использование энергии является не только экологической необходимостью, но и экономическим приоритетом для промышленности. Автоматизация процессов, применение регулируемых приводов, оптимизация освещения и интеграция систем управления энергией значительно снижают энергопотребление. Внедрение возобновляемых источников энергии также укрепляет энергетическую независимость предприятий и сокращает их операционные затраты. Все эти меры, в совокупности, помогают улучшить экономическую эффективность и устойчивость производства, подчеркивая важность энергосберегающих инноваций в текущей промышленной практике.

#### Литература:

1. Федин, Д. В. разработка эффективных методов энергосбережения и управления энергопотреблением / Д. В. Федин // Символ науки: международный научный журнал. — 2023. — № 7-2. — С. 27-28.
2. Амирова, С. С. Энергосберегающие технологии на ОАО «Нижнекамскшина» / С. С. Амирова, И. Т. Ахметшин, Ю. А. Вагурова // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 17, № 7. — С. 95-96.
3. Чекалин, В. С. Обоснование организационной структуры системы стратегического управления энергоэффективностью в регионе / В. С. Чекалин, В. В. Маркин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. — 2008. — № 4(61). — С. 109-117.
4. Юсупов, О. Я. Повышение энергоэффективности предприятия / О. Я. Юсупов // Экономика и социум. — 2022. — № 3-2(94). — С. 1029-1034.

## Проблемы управления энергопотреблением в промышленности

Ян Чун Нам, студент магистратуры

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (г. Хабаровск)

*В статье автор исследует основные проблемы управления энергопотреблением в промышленности.*

**Ключевые слова:** промышленность, энергоэффективность, управление энергопотреблением

Актуальность исследования проблем управления энергопотреблением в промышленности заключается в необходимости оптимизации затрат на производство, улучшении экологической ситуации и внедрении новейших энергоэффективных технологий. Повышение интереса к экологической ответственности и устойчивому развитию требует от предприятий более активных действий по уменьшению энергопотребления и вредных выбросов. В то же время, усиление энергетической безопасности и снижение зависимости от колебаний цен на рынке энергоресурсов выдвигает вопросы эффективности использования энергии в число приоритетных для исследования и решения на современном этапе развития промышленности.

Социально-экономическое развитие во многом определяется наличием и эффективностью использования энергетических

ресурсов, что обусловлено сокращением запасов первичных невозобновляемых энергоресурсов, ростом цен на них, ухудшением состояния экологии окружающей среды и угрозами энергетической безопасности страны [1, с. 52].

Как отмечают Н. В. Захарова, С. С. Ивасев, «на долю промышленности в Российской Федерации приходится около 45% от всего энергопотребления в стране. Из них второе место по значению потребляемой электроэнергии после топливной отрасли занимает машиностроение и металлообработка» [2, с. 295].

Промышленный сектор традиционно является одним из крупнейших потребителей энергии из-за масштабов и энергоёмкости производственных процессов.

Действительно, топливная отрасль, включающая добычу и переработку углеводородов, а также производство электро-

энергии, исторически потребляет наибольшее количество энергии. Машиностроение и металлообработка также являются энергоёмкими отраслями, так как производственные процессы в них включают работу тяжелого оборудования, нагревание и обработку металлов, что требует значительных объемов электроэнергии.

При этом, следует согласиться с Д. В. Фединым, что «эффективное управление энергопотреблением не только позволяет снизить расходы на энергию, но также способствует сокращению выбросов парниковых газов и снижению негативного влияния на окружающую среду» [3, с. 28].

Управление энергопотреблением в промышленности сталкивается с несколькими ключевыми проблемами, три из которых можно выделить как наиболее значимые — см. Рис. 1.

Рассмотрим данные проблемы подробнее.

1. Одной из основных проблем является отсутствие полной и точной информации о реальном энергопотреблении на всех уровнях производственного процесса [4, с. 663]. Это затрудняет идентификацию неэффективных участков и оптимизацию систем. Без точного мониторинга и аналитики трудно определить приоритеты в энергосбережении и разработать эффективную стратегию управления.

2. Второй проблемой является использование устаревшего оборудования, которое часто является энергоёмким и менее производительным. Обновление или модернизация такого оборудования требует значительных капитальных вложений, которые могут быть не по силам многим предприятиям, особенно в условиях ограниченного бюджета и быстрой смены технологий.

Исследуя ресурсный потенциал нефтегазовой отрасли промышленности России и возможности его эффективного использования И. В. Петров справедливо отмечает, что «одной из проблем является устаревшее оборудование и технологии, которые существенно снижают производительность и качество производимой продукции. Это приводит к увеличению затрат на производство и снижению конкурентоспособности российской нефтегазовой отрасли на мировых рынках. Кроме того, недостаточное инвестирование в развитие отрасли и снижение уровня производительности ограничивают возможности роста

производства и повышения эффективности использования ресурсов» [5, с. 464].

3. Колебания цен на энергоресурсы оказывают значительное влияние на управление энергопотреблением. Непредсказуемость ценовой политики и волатильность рынка затрудняют планирование и приводят к риску больших финансовых потерь, особенно для энергоёмких производств. Это требует от предприятий гибкости в управлении энергетическими ресурсами и способности быстро адаптироваться к изменяющимся экономическим условиям.

Проблема изменения цен на энергоресурсы является одной из ключевых в управлении энергопотреблением на промышленных предприятиях. Энергозатраты составляют значительную часть операционных издержек большинства производственных компаний, и любые колебания в ценах на энергию могут существенно повлиять на их финансовые результаты.

Волатильность цен на энергоносители может быть вызвана множеством факторов — см. таблицу 1.

Промышленные предприятия, сталкивающиеся с нестабильностью цен на энергию, вынуждены искать способы минимизации этого риска. Одним из решений может быть заключение долгосрочных контрактов на поставку энергии по фиксированным ценам, что дает возможность предсказуемого бюджетирования. Другой подход — это диверсификация энергетического портфеля с использованием возобновляемых источников энергии, что позволяет снизить зависимость от колебаний цен на традиционные энергоресурсы. Кроме того, повышение энергоэффективности производства через технологические инновации и оптимизацию процессов может уменьшить общее потребление энергии и, соответственно, финансовую уязвимость предприятий перед изменениями на рынке.

Итак, на основании проведенного исследования можно констатировать, что управление энергопотреблением в промышленности сталкивается с серьезными проблемами, которые требуют системного и комплексного подхода. Отсутствие полной информации об энергопотреблении, устаревшее оборудование и колебания цен на энергоресурсы выступают в качестве основных барьеров для повышения энергоэффективности производственных процессов.



Рис. 1. Проблемы управления энергопотреблением в промышленности

Таблица 1. Факторы, влияющие на волатильность цен на энергоресурсы

Фактор	Характеристика
Политические изменения	Нестабильность или изменения в политике крупных производителей энергоресурсов могут вызвать резкие изменения цен
Экономические флуктуации	Мировые экономические кризисы или рецессии могут снижать спрос и цены на энергоносители, в то время как экономический рост может их повышать
Природные и техногенные катастрофы	Аварии на энергетических объектах, природные катастрофы могут приводить к внезапному дефициту и подъему цен
Рыночные спекуляции	Торговля фьючерсами на энергоресурсы может также вносить нестабильность в ценообразование

Промышленность играет ключевую роль в экономике страны, однако для поддержания её стабильного и устойчивого развития необходимо сосредоточить усилия на оптимизации использования энергетических ресурсов. Это включает в себя внедрение современных технологий мониторинга и управления, модернизацию оборудования и переход на возобновляемые источники энергии.

В свете этих проблем и возможностей, устойчивое управление энергопотреблением должно стать приоритетной задачей на государственном уровне и в рамках каждого предприятия. Только через скоординированные действия можно достичь значительного снижения энергопотребления и экологического воздействия промышленности, обеспечив при этом её конкурентоспособность и соответствие мировым стандартам устойчивости.

Литература:

1. Теслюк, Л. М. Повышение энергетической эффективности в Свердловской области как фактор социально-экономического развития региона / Л. М. Теслюк, Н. В. Дукмасова, А. Ю. Бояринов // Дискуссия.— 2020.— № 4(101).— С. 52–62.
2. Захарова, Н. В. Управление энергопотреблением при токарной обработке / Н. В. Захарова, С. С. Ивасев // Актуальные проблемы авиации и космонавтики.— 2013.— Т. 1, № 9.— С. 295–296.
3. Федин, Д. В. разработка эффективных методов энергосбережения и управления энергопотреблением / Д. В. Федин // Символ науки: международный научный журнал.— 2023.— № 7–2.— С. 27–28.
4. Вартеваньян, Э. С. Оценка и нормирование затрат на электроэнергию на промышленных предприятиях / Э. С. Вартеваньян // Форум молодых ученых.— 2018.— № 6–1(22).— С. 663–668.
5. Петров, И. В. Проблемы, связанные с устаревшим оборудованием и технологиями, недостаточным инвестированием в развитие и снижением уровня производительности / И. В. Петров // E-Scio.— 2023.— № 5(80).— С. 464–469.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Анализ систем газоочистки на асфальтобетонных заводах

Васина Мария Александровна, студент магистратуры

Научный руководитель: Симонова Анна Сергеевна, старший преподаватель

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

*Производство асфальтобетонных смесей сопровождается выбросом загрязняющих веществ в атмосферу, поэтому необходима установка газоочистного оборудования для того, чтобы минимизировать количество газовых выбросов, абразивной пыли и других веществ, негативно влияющих на экологию. Поллютанты, поступающие в атмосферу с выбросами, негативно влияют на состояние воздушной среды, почв, гидросферы, вредят нормальному функционированию растений и живых организмов, и, конечно, негативно сказываются на здоровье человека. Наиболее эффективным способом, позволяющим минимизировать количество выбросов в окружающую среду, является использование специализированных установок. Приведены характеристики существующих систем газоочистки.*

**Ключевые слова:** асфальтобетонный завод, выбросы, пылегазоулавливающие установки, рукавный фильтр, циклон, скруббер.

Современные модели асфальтобетонных заводов отвечают высоким нормам экологической безопасности. В их конструкции обязательно введены модули, чья работа позволяет существенно снизить показатели загрязнения окружающей среды вокруг АБЗ. Такие меры безопасности обусловлены тем, что все стадии приготовления асфальтобетонной смеси сопровождаются выбросами вредных веществ в окружающую среду.

Выбросы загрязняющих веществ разделяются на организованные и неорганизованные:

- организованными выбросами являются выбросы, отводимые от мест выделения системой газоотводов (пылеуловители с выхлопными трубами).

- неорганизованными являются выбросы, возникающие за счет негерметичности технологического оборудования, газоотводных устройств, резервуаров, открытых мест пыления и испарения и т.д. [1]

При работе асфальтобетонного завода выделяются следующие вещества: пыль, содержащая 20–70% SiO<sub>2</sub> (диоксид кремния); диоксид углерода (CO<sub>2</sub> (углекислый газ)), диоксид азота (NO<sub>2</sub>), диоксид серы (SO<sub>2</sub>), монооксид углерода (угарный газ (CO)), сажа и др.

Загрязнение атмосферы является серьезной угрозой для всех живых организмов. Угарный газ приводит к критическому кислородному голоданию и поражению всех жизненных систем. В случае отравления диоксидом серы возможны затруднения речи, глотания и дыхания, рвота и отек легких, носовые кровотечения, может появиться усталость, спутанность сознания, боль в груди, бронхит (как правило, в острой форме), повысится температура тела. Диоксид азота — особо токсичный газ, в больших концентрациях вызывает отёк лёгких

(также участвует в образовании кислотных дождей). Воздействие асбеста вызывает асбестоз (фиброз легких), рак легких, гортани и яичников; многоатомных жирных спиртов — поражение ЦНС и внутренних органов, конвульсии, кома.

Фильтрационные установки (пылегазоулавливающие установки) на АБЗ являются неотъемлемой частью оснащения предприятия. Они должны с высокой долей эффективности осуществлять захват или нейтрализацию опасных выбросов. Оборудование, применяемое для очистки запыленного газа, можно разделить на: воздушный фильтр (фильтр рукавного типа),

Установка рукавных фильтров для АБЗ достаточно быстрый и не затратный процесс, демонтаж подобных фильтрующих систем воздуха также не вызовет проблем. Загрязненный воздух поступает в воздушный фильтр (фильтр рукавного типа) через отверстие металлического бункера и перед прохождением через рукава распространяется по бункеру. Фильтрация происходит с внешней поверхности рукавов во внутрь. Скопившаяся пыль, которая улавливается фильтром, во время очистки ссыпается в бункер, после чего может быть утилизирована или возвращена в технологический процесс. Следовательно, фильтровальные рукава помогают не только уменьшить запыленность, но и экономно использовать сырьё, возвращая пыль в собственный порошок. Очистка рукавов обеспечивается посредством автоматического электронного таймера. Периодичность и продолжительность продувки рукавов можно регулировать. Сжатый воздух для продувки выпускается короткими импульсами на внутреннюю поверхность рукавов, создавая эффект обратного потока. Импульсное давление воздуха в рукава осуществляется посредством сопел, расположенных в верхней

Таблица 1. Основными источниками выделения и выброса загрязняющих атмосферу веществ на АБЗ являются:

Наименование участка	Наименование источников выделения	Наименование источников выброса
Асфальтосмесительное отделение	Место пересыпки каменных материалов в разгрузочную коробку. Узел присоединения сушильного барабана к разгрузочной коробке. Сушильный барабан. Эlevator сушильного барабана. Грохот. Места пересыпки наполнителей в бункеры. Мешалки. Пневмотранспорт наполнителя в силосные емкости	Пылеуловители с выхлопными трубами
Битумное отделение	Битумные котлы (гудронохранилище, битумохранилище)	Выхлопные трубы
Камнедробильное отделение	Место пересыпки камня в приемный бункер. Щековая дробилка. Конусная дробилка. Грохот. Место пересыпки молотых материалов с конвейера	Неорганизованные выбросы
Отделение по приготовлению минерального порошка	Сушильный барабан Шаровая мельница Узел выгрузки (место пересыпки) порошка	Выхлопная труба сушильного барабана Пылеуловители
Штабели песка и щебня, погрузочно-разгрузочные площадки	-	Неорганизованные выбросы
Грунтосмесительная установка	Мешалка. Узел подачи цемента. Бункер минеральных материалов. Узел приготовления и дозирования органического вяжущего	Неорганизованные выбросы
Эмульсионный цех	Узел подготовки и разогрева органического вяжущего. Узел приготовления раствора эмульгатора	Люк
Котельная	Топочное устройство	Дымовая труба

части рукавов. Герметичная фиксация рукава в ячейке отражателя обеспечивается посредством стального кольца, вшитого в рукав.

На рукавный фильтр поступают частицы пыли, имеющие температуру около 200°, что выдвигает особые требования к материалам, из которых рукав изготовлен. Для фильтрации отходящих от сушильных барабанов газов применяются специальные высокотемпературные арамидные фильтровальные материалы, рабочие температуры которых достигают 180–240°. Большинство асфальтобетонных заводов и установок комплектуются фильтрами из нетканого материала под названием метарамида, а также полиимида Р84.

Несмотря на широкую распространенность тканевых и нетканых пылеуловителей для очистки воздуха от механических включений, устройства далеко не всегда показывают надлежащую эффективность, а наличие движущихся частей снижает потенциальную долговечность и надежность таких агрегатов. Плюс этих устройств — возможность селективного разделения захваченных фракций в разных секциях установки.

Сухие циклоны относятся к агрегатам первичной воздухоочистки. Резервуары (обычно металлические) характерной формы, с верхней цилиндрической частью и конической нижней. Циклонные пылеуловители не имеют движущихся частей. Загрязненная пылевоздушная смесь подается под давлением тангенциально возле стенки, куда ведет магистральный воздухопровод.

Закрученная, (немного вниз относительно горизонтальной плоскости), воздушная струя, содержащая механические примеси, увлекает частицы к внутренним стенкам конуса, где они теряют кинетическую энергию и под силой гравитации осыпа-

ются в бункер. Образующееся в конусе давление естественным образом выталкивает очищенный воздухопоток через отверстия сверху, пылевые массы падают в сборники, расположенные внизу. Из пылесборников (мешков или баков) отходы периодически высыпаются и транспортируются к месту обработки. Схема представлена на рис. 2.

Основными недостатками сухих циклонов являются невозможность улавливания мелкодисперсного партикулята и неприспособленность к задержанию влажных, липких и цементирующихся пылей, аэрозолей, маслянистых веществ. Для повышения результативности циклоны часто объединяются по несколько штук — в т.н. батареи.

Орошаемые циклоны, полые газопромыватели или инерционные сепараторы представляют собой «усовершенствованную» версию сухих циклонных пылеулавливателей. Конструкция представлена круглой либо прямоугольной башней. Принцип действия совпадает с работой сухих аппаратов, с той разницей, что во внутренней части установлена водоподающая система форсунок, орошающих корпус аппарата и его стенки. Под силой тяжести обезвреженный поллютант в составе жидкости стекает в шламоприемник, откуда может быть в дальнейшем извлечен и переработан. Схема представлена на рис. 3.

Результативность воздушных гидроциклонных сепараторов значительно превышает таковую у сухих. Дисперсность улавливаемых частиц — от 10 мкм. Стоит отметить и большую пригодность таких агрегатов к процессингу высокотемпературных потоков, низкое гидравлическое сопротивление, компактность и низкие эксплуатационные траты. При хорошем КПД грубой газоочистки, основным недостатком воздухоочистной аппаратуры данного класса является невозможность обработки сред,

Таблица 2. Классификация выбросов АБЗ в атмосферу [2,3]

№ п/п (код)	Название (формула) соединений	Класс опасности	Особенности действия на организм
0184	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	1	-
0301	Азота диоксид (азот (IV) оксид; азота двуокись)	3	0
0330	Ангидрид сернистый (серы диоксид — SO <sub>2</sub> )	3	-
0337	Углерод оксид (угарный газ; углерода окись)	4	0
0416	Углеводороды предельные C <sub>6</sub> –10	4	-
2904	Мазутная зола (в пересчете на ванадий)	4	-
2907	Пыль неорганическая	3	Ф
1325	Формальдегид	2	0, А
0303	Аммиак	4	-
2732	Керосин	4	-
2931	Пыль асбестосодержащая	1	0
0333	Дигидросульфид (водород сульфид; сероводород)	2	0
0602	Бензол	2	К
0621	Метилбензол (толуол)	3	-
1061	Этанол (спирт этиловый)	4	-
1401	Пропан-2-он (ацетон)	4	-
0616	Диметилбензол (ксилол)	3	-

«0» — вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;  
«К» — канцерогены;  
«А» — аллергены;  
«Ф» — аэрозоли преимущественно фиброгенного действия;

Код класса опасности вида отходов в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду:

I класс. Наиболее токсичная группа опасных отходов. Сюда входят остатки, которые могут нанести серьезный вред окружающей среде и людям;

II класс. Высокий показатель опасности. После нанесения ущерба экологии, прежняя ситуация нормализуется минимум через 30 лет;

III класс. Умеренно опасные отходы. Нарушают экологию, но восстановление длится идет гораздо быстрее, примерно — 10 лет;

IV класс. Малоопасные отходы. Низкая степень негативного воздействия на окружающую среду, время восстановления после ущерба не менее 3 лет;

V класс. Безвредные. Практически неопасные. Их угроза окружающей среде стремится к 0.

загрязненных парами битума, липкими, масляными и цементирующимися соединениями. Имеет место проблема утилизации отходов, а также выдвигает требование наличия постоянного водообеспечения, что в мобильных и передвижных комплексах не представляется возможным.

Фильтрами для АБЗ, показывающими максимальную качественную и количественную результативность очистки газопылевых потоков, (включая высокотемпературные), являются скрубберы с подвижной насадкой. Принцип работы скрубберов основан на мокром способе очистки газовой смеси от загрязнителя. Нежелательные включения поглощаются или растворяются в воде либо активном растворе (кальциевом, калиевом, марганцевом, бромистом и прочее).

Скрубберные установки используются в сферах, в которых оборудование с сухим способом очистки не показывает достаточной эффективности по объемам либо не может использоваться в силу наличия опасных факторов:

- в загрязненном потоке содержатся химически активные и механические включения, а также токсичные, высокоактивные, коррозионные вещества;
- очистке подвергается взрывоопасный, пожароопасный, электризующийся состав;
- высокотемпературные и/или высокотоксичные дымы и потоки;
- маслянистый, влажный, липкий, вязкий, клейкий загрязнитель;
- высококонцентрированные газопылевые включения.

Используются следующие виды скрубберных установок:

1. Польш (форсуночный) — круглая или прямоугольная башня. В ней загрязненный газопылевой поток очищается водой, подаваемой из форсунок.
2. Пенная установка, имеющая разъемный корпус и оборудованная провальными либо переливными тарелочками, которые поливаются жидкостью. Фильтрующим компонентом

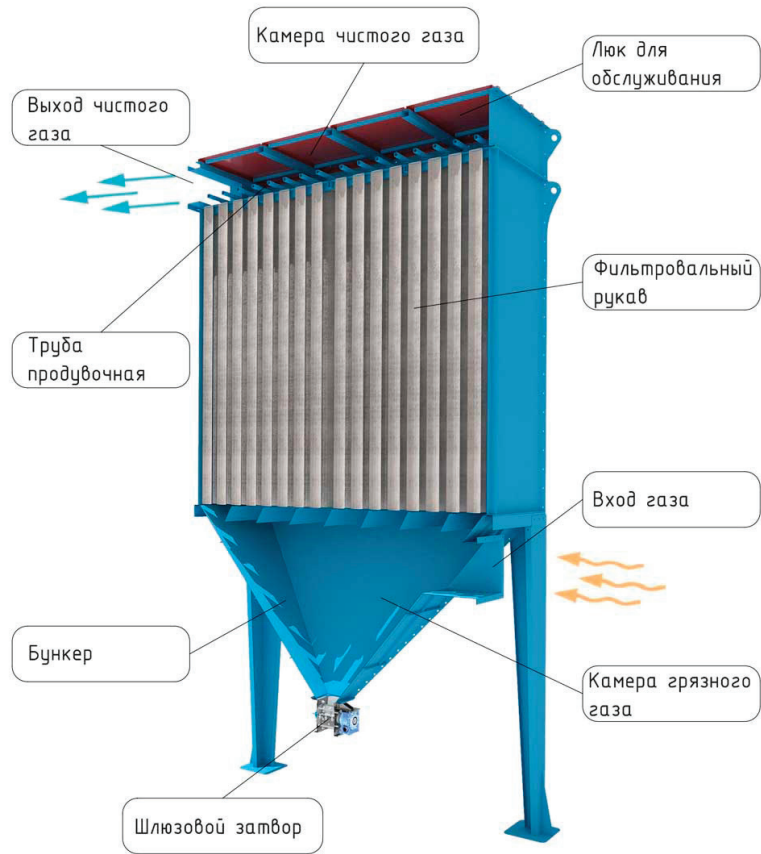


Рис. 1. Схема устройства рукавного фильтра

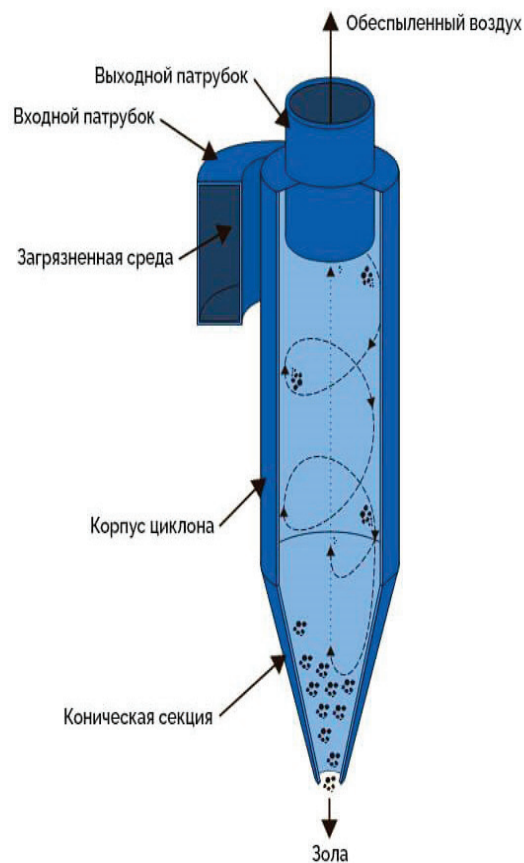


Рис. 2. Схема устройства сухого пылеуловителя (циклона)

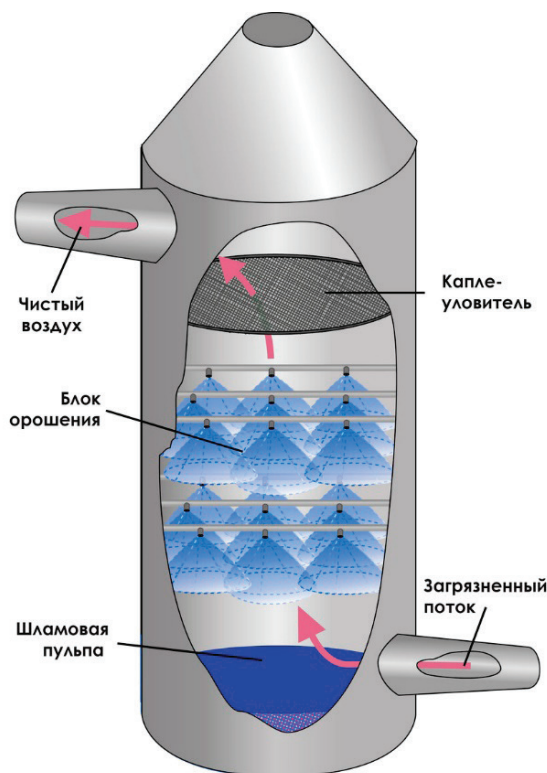


Рис. 3. Центробежный пылеулавливатель жидкостного типа

выступает нестабильная пенная прослойка, образующаяся на тарелочках при прохождении загрязненного потока сквозь отверстия поддонов.

3. Насадочные скрубберы — башни, внутренняя полость которых заполнена насадками различного вида. Форсунки орошают внутреннюю полость установки водой или химическим составом, параллельно в нее подается загрязненный газоздушный поток.

4. Скруббер Вентури, представляет собой две конусообразные трубы, которые присоединяются к горловине зауженными частями. Захват пылегазовых включений из потока осу-

ществляется мельчайшими каплями воды либо химического состава, которые обеспечивают их слипание либо нейтрализацию нежелательных газовых включений. После горловины поток направляется в диффузор, в котором скорость его движения заметно снижается. Происходит соединение микрокапель с уловленным загрязнителем либо газом и их удаление в каплеуловитель. А очищенный поток воздуха выбрасывается в атмосферу.

Каждая из установок показывает высокую эффективность очистки вплоть до 99,9%.

Сравнительный анализ фильтрационных установок приведен в таблице 3.

Таблица 3. Сравнительный анализ фильтрационных установок

Тип оборудования	Особенности работы в рамках использования на асфальтобетонном участке
Рукавный фильтр	высокий КПД пылеочистки, повышенная сложность и дороговизна конструкции, требования к квалификации обслуживающего персонала, наличие механического движения элементов, неспособность обрабатывать пары битума, ограниченность в процессинге пылевых потоков высокой концентрации
Сухой циклонный пылеуловитель	только очистка грубой дисперсности, непригодность для фильтрации маслянистых и липких пылей, эффективность использования в качестве предфильтра
Мокрый орошаемый циклон / гидроциклон	возможность охлаждения воздухопотока, захват фракции от 10 мкм, высокие показатели КПД в первичной фильтрации грубодисперсных включений, некоторая способность к нейтрализации химических компонентов
Скруббер с подвижной насадкой	≈ 100% комплексная очистка сильнозапыленных потоков, а также улавливание битумных паров: оксидов серы, окислов азота, ароматических углеводородов, спиртов, кетонов, эфиров, аэрозолей, масел, смол. Охлаждение потока. Естественная самоочистка насадочного слоя и рабочей камеры. Низкое энергопотребление. Автоматизация, высокая производительность, простота в обслуживании, низкие эксплуатационные траты, надежность и долговечность.



## Литература:

1. Пособие дорожного мастера по охране окружающей среды: Министерство транспорта РФ. Государственная служба дорожного хозяйства (Росавтодор). — Москва, 2003
2. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (ред. от 02.11.2018) «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изм. и доп., вступ. в силу с 04.10.2021)
3. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Зарегистрирован 29.01.2021 № 62296)
4. 19., С. Д. Бурлака, И. Белая. Анализ проблем экологической безопасности технологических процессов на асфальтобетонных заводах // Научные труды КубГТУ. 2020. № 1. С. 75–82.

## К проблеме формирования феномена *genius loci* как универсальной концепции

Джакупова Асель, студент магистратуры

Научный руководитель: Глаудинова Мехрибану Бекримжановна, доктор архитектуры, ассоциированный профессор  
Казахская головная архитектурно-строительная академия (г. Алматы, Казахстан)

*В данной статье рассмотрен феномен *Genius loci* как универсальная концепция. В статье рассматриваются различные аспекты взаимосвязи между историческими и культурными элементами и духом места*

**Ключевые слова:** наследие, *genius loci*, объекты культурного наследия, памятники культуры, памятники архитектуры, историко-культурная ценность.

Каждая культура и эпоха могут придавать свой собственный смысл «*Genius loci*». Это может вызывать трудности в понимании концепции в разных культурных и исторических контекстах. «*Genius loci*» — это латинский термин, который переводится как «дух места» на английский язык. Этот термин относится к уникальной атмосфере, характеру и сущности конкретного места. *Genius loci* охватывает историю, культуру, природные элементы и эмоции, связанные с этим местом. В архитектуре, ландшафтном дизайне, искусстве и литературе *genius loci* означает понимание и внимание к уникальным качествам местности при создании новых проектов или произведений искусства. Цель нашей статьи — выявить уникальные черты и дух места, которые делают это место особенным. «*Genius loci*» (гении места) — это буквально духи или магическая сила, в данной работе это характерный для архитектурных объектов многокомпонентный образ.

«*Genius loci*» — это латинское выражение, которое в английском языке переводится как «дух места». Этот термин описывает уникальную атмосферу, характер и сущность конкретного места, охватывая историю, культуру, природные элементы и эмоции, связанные с ним. В архитектуре, ландшафтном дизайне, искусстве и литературе «*genius loci*» подразумевает внимание и понимание уникальных качеств местности при создании новых проектов или произведений искусства.

Этот концепт, известный с античных времен, используется для создания образа определенного места в различных текстах, включая художественную литературу и заметки путешественников. В ландшафтном проектировании «*genius loci*» стал популярным в Англии XVIII века, благодаря поэту и садовнику Александру Поупу, который выступал за учет присущих данному месту качеств при создании ландшафтов.

Понять «*Genius loci*» можно, вовлекая свои чувства: осязание, вкус, запах, вид и звук. Несмотря на богатые художественные и исторические традиции, понимание содержания этого концепта остается не до конца проясненным. Он может рассматриваться в общих чертах в гуманитарных науках, но не подвергаться специальному понятийному исследованию.

Важным является подход архитектора или ландшафтного проектировщика, который должен быть внимательным к уникальным качествам каждого места, чтобы усилить их, а не разрушить. В римской мифологии «*Genius loci*» ассоциируется с духом, охраняющим место, и в современном понимании часто связывается с архитектурой как духом или ощущением места.

В некоторых местах присутствует ощущение гостеприимства и комфорта, в то время как другие заставляют чувствовать себя неудобно. Эта реакция происходит на чисто интуитивном уровне. Пол Тилс из архитектурной фирмы Paul Tilse Architects высказывает мнение в одном из своих интервью, что стремление к гениальности места в значительной степени является подсознательным, усвоенным знанием. «Это не всегда осознанное мышление, но оно определенно заложено в архитектурных принципах», — отмечает он [1].

«При создании ощущения места необходимо учитывать множество элементов — квартал, особенности местности, наличие видов, пейзажа, деревьев, световых условий и т. д.». В связи с тем, что «*Genius loci*» имеет свои корни в древнеримской культуре, в соответствующих исследованиях можно обнаружить ссылки на лексические и исторические аспекты, особенно в мифологическом контексте. Авторы, такие как А. Ф. Лосев, Ф. Ф. Зелинский, Р. Онианс, Г. У. Шмидт, не только утверждают присутствие «*Genius loci*» в жизни древних римлян, но также указывают

на тесную связь с «стихийной, неразумной игрой вселенских сил, изливающей преизбыток своей энергии на человеческую жизнь, входящую в общий круговорот мировой материи» [2].

Феноменология отношений между ландшафтом и человеком, обсуждаемая в работах И. Вадяна и К. Геснера, пытается объяснить причины присутствия божества в определенных местах. А. Гумбольдт исследовал духовное воздействие ландшафта на человека. А. И. Герцен, в статье «Venezia la bella», рассматривал Венецию как живой организм, обладающий душой [3].

Под влиянием мыслителей, таких как К. Гельвеций, Д. Дидро, И. Кант, латинский термин «Genius» стал философско-эстетическим понятием, характеризующим выдающуюся творческую одаренность человека. В работах В. В. Розанова акцент делается на деятельности античного человека в сочетании с органической энергией, необходимой для жизни. Автор выделяет роль органической энергии в формировании нации и государства, подчеркивая ее связь с психической деятельностью народа [1].

Таким образом, «Genius loci» охватывает широкий спектр аспектов, включая интуитивные ощущения, архитектурные принципы, культурные и исторические корни, а также философско-эстетические исследования, что подчеркивает его многогранность в различных контекстах и областях исследования.

Первоначальное применение концепта «Genius loci» стало объектом рассмотрения св. П. Флоренского. Позднее, в 1980 году, норвежский архитектурный теоретик Кристиан Норберг-Шульц в своей книге с тем же названием исследовал взаимосвязь архитектуры и ландшафта, что привело к расширенному обсуждению и спорам в зарубежной науке [2].

Эти феномены вступают в гармонию или дисгармонию через воздействие человека. В феноменологии места акцент делается на отношениях с природой и осмысленном использовании местности. Академик Д. С. Лихачёв, рассматривая проблему исторической преемственности в развитии культуры, подчеркивает важность образа города, опираясь на работы И. М. Гревса. Гревс определяет образ города через понятие «душа», которая формируется из исторического планирования, рельефа местности, связи с природой и других факторов [3].

В литературно-интуитивном восприятии города проявляется отражение его различных моментов жизни в творчестве писателей и художников, а И. М. Гревс назвал этот подход «литературным». Этот подход был развит Н. П. Анциферовым, который расширил его, изучая воздействие города на творчество художников и писателей [4]. Лихачёв охарактеризовал этот метод как «научно-поэтический».

«Genius loci» представляет собой нематериальное качество материального места, воспринимаемое физически и духовно. Оно проявляется через видимые, осязаемые и воспринимаемые нематериальные характеристики, а его анализ позволяет понять концепции жестких и мягких ценностей, а также тройной процесс, который характеризует сохранение и передачу гения места. Этот термин находит применение в различных областях для обозначения уникального характера или особенного духа конкретного места.

Внедрение современных зданий в историческую среду города осуществлялось не только с использованием метода контраста, но и с учетом сохранения «духа эпохи», то есть обеспечения соответствия и отражения времени, когда были построены старые здания. Примером такого подхода может служить дом в исторической части города Утрехт в Нидерландах. Новое строение гармонично вписывается в историческую атмосферу, повторяя элементы силуэта, характерные для старых домов. Еще одним примером является комплекс Апартаментов Tal Residence в Риге (архитектор Ингурдс Лаздиньш), посвященный памяти шахматиста Михаила Талья. В дизайне фасадов здания использованы шахматные фигуры разных размеров, мощные колонны первых этажей с капителями направлены вверх. Силуэт здания выглядит динамичным, при этом органично сливаясь с общим ансамблем исторического квартала.

Преобразование городской среды при внедрении в историческую застройку реализовывалось как через контраст, так и через тонкую настройку, что характерно для многих стран Западной Европы, России, Азии и других регионов. Существует множество примеров архитектурных решений, демонстриру-



Рис. 1. Апартамент Tal Residence в Риге [6]



Рис. 2. Королевский дворец (Koninklijk Paleis) в Амстердаме [7]

ющих успешное взаимодействие новой архитектуры с исторической окружающей средой. К примеру, Хрустальный дворец в Амстердаме является выдающимся образцом оригинального стиля. Существует также множество других сооружений, проявляющих инновационный подход, в то время как попытки имитации средневековой архитектуры в историческом центре г. Франкфурта, основанные на принципе подчинения, не привели к ожидаемым результатам и не были приняты местным населением. Мнение жителей заключается в том, что псевдоархитектура негативно сказывается на исторических постройках и вызывает негодование восприятия исторической атмосферы. Этот негативный опыт подчеркивает важность тщательного и чувственного подхода к внедрению новых строений в исторические контексты. Он также подчеркивает, что успешное сочетание современных архитектурных форм с традиционной застройкой требует не только уважения к «духу места», но и внимательного взаимодействия с местным сообществом. Отклик и принятие со стороны жителей являются важными критериями для успешной интеграции новых структур в историческую среду города. Эти примеры подчеркивают сложность задачи внедрения современных зданий в исторические контексты и важность баланса между инновациями и уважением к наследию. В современных проектах внесения изменений в историческую среду городов, архитекторам и дизайнерам важно учитывать не только функциональные и эстетические аспекты, но и местного населения к сохранению исторического характера.

В заключении можно подчеркнуть, что феномен «Genius loci» занимает значительное место в различных сферах деятель-

ности, включая архитектуру, городское планирование, искусство и культуру. Этот концепт выражает уникальную сущность каждого места, объединяя исторические, культурные, природные и эмоциональные аспекты. В архитектуре и городском планировании «Genius loci» служит ориентиром для создания соответствующих и гармоничных пространств, учитывая особенности окружающей среды и культурного контекста. Примеры внедрения новых зданий в исторические ансамбли, как удачные, так и неудачные, подчеркивают важность внимательного отношения к «духу места» при архитектурном проектировании. [5]

В искусстве «Genius loci» становится вдохновляющим источником, влияя на творческий процесс и помогая художникам выражать уникальные черты местности в своих произведениях. В музыке, кино и литературе концепция «Genius loci» отражается в создании атмосферы, которая передает особенности и характер каждого места [3].

В экологии «Genius loci» напоминает о важности сохранения природных и культурных особенностей местности для обеспечения устойчивого развития и сохранения биоразнообразия [1].

Наконец, в истории и общественных науках «Genius loci» служит ключевым понятием при изучении взаимосвязей между человеком и его окружением, а также при анализе исторического развития культурных и социальных аспектов [3].

В целом, концепция «Genius loci» подчеркивает важность уважения и понимания уникальных качеств каждого места, чтобы создавать гармоничные, устойчивые и значимые общественные и пространственные среды [4].

#### Литература:

1. Genius loci в литературе, искусстве, культуре, 2018, сборник научных статей, сост. и ред. Э. Ф. Шафранская, Санкт-Петербург.
2. Афлатуни Сухбат, 2007, Пенуэль: повесть, «Октябрь», № 9, (4.11.2020).
3. Иванов В. В., Токарев С. А., 1991, Духи, [в:] Мифы народов мира: энциклопедия: в 2 томах, Москва, т. 1, с. 413–414.
4. Анциферов Н. П. Книга о городе. Город как выразитель сменяющихся культур. — Л, 2017
5. Аналитический вестник № 18 (536) // Исторические поселения: пути возрождения и развития. — М., 2015.
6. <http://www.talresidence.lv/>
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

## Как создать умный дом? Этапы разработки и проектирования систем «Умный дом»

Жукова Светлана Константиновна, инженер-проектировщик  
ООО «Домус Сапиенс» (г. Санкт-Петербург)

В статье представлены этапы проектирования систем автоматизации «Умный дом» и особенности проектирования каждого этапа.  
**Ключевые слова:** проектирование, системы автоматизации, умный дом.

Системы «Умный дом» становятся популярными, разрабатываются новые технологии управления и контроля, что делает их доступными для широкого круга людей. Основная цель таких систем заключается в упрощении повседневной жизни человека, особенно в условиях быстрого темпа современного общества, где многие процессы имеют возможность автоматизации.

Для желающих себе внедрить «Умный дом» важно понимать, из чего состоят этапы проектирования системы. Именно понимание всех шагов даст заказчику полную картину работы над его домом и выявит моменты, которые можно исправить до внедрения в эксплуатацию. На рисунке 1 представлены основные возможности в исполнении системы «Умный дом»

Каждый проект по внедрению систем автоматизации проходит через несколько ключевых этапов, без которых невозможно успешное завершение. Первым шагом к разработке проекта является сбор информации. Чаще всего используют дизайн-проект объекта, благодаря дизайн-проекту можно определить нюансы и понять конечное виденье заказчика.

### 1. Сбор информации и планирование

- Определение потребностей и желаемых функций умного дома
- Изучение существующих технологий и устройств для умного дома

— Планирование расположения устройств  
На первоначальном этапе стоит уделить время таким вопросам, как:

— **Совместимость:** Важно выбирать устройства, которые совместимы с другими системами и устройствами в вашем доме. Например, если вы уже имеете систему умного освещения, вам будет удобно выбирать устройства, которые поддерживают протоколы, используемые этой системой.

— **Безопасность:** Устройства для умного дома работают через сеть интернет, поэтому безопасность должна быть приоритетом. Обратите внимание на устройства, которые имеют встроенные меры безопасности, такие как шифрование данных и возможность установки паролей.

— **Функциональность:** Рассмотрите, какие функции имеют устройства и как они могут быть полезны для вашей повседневной жизни. Некоторые устройства предлагают функции автоматизации, которые позволяют настраивать сценарии и автоматически управлять определенными устройствами в вашем доме.

— **Доступность:** Удостоверьтесь в доступности устройств для умного дома на рынке и имеете ли возможность легко получить поддержку и обновления программного обеспечения.

— **Цена:** Цены на устройства для умного дома могут существенно варьироваться. Прежде чем сделать окончательный выбор, оцените свой бюджет и решите, насколько готовы вложиться в развитие своего умного дома.



Рис. 1. Основные возможности систем автоматизации

После сбора информации проектировщик анализирует все потребности и корректирует, в случае невозможности исполнения предоставляет возможность поменять виденье проекта, чтобы осуществить желаемое. Этот пункт важен, так как реализация и идея — могут быть тяжело осуществимы, здесь стоит обратить внимания и найти компромисс.

## 2. Проектирование систем управления и автоматизации

— Прокладывание кабеля, учитывая расположение устройств

— Разработка принципиальных схем

При создании принципиальных схем в умных домах и прокладывании кабеля есть несколько особенностей, которые следует учитывать. Вот некоторые из них:

1. **Персонализация:** Каждый умный дом уникален, поэтому принципиальные схемы и прокладка кабеля должны быть разработаны с учетом конкретных потребностей и предпочтений владельца дома. Разметка проводки и расположение устройств должны быть продуманы с учетом различных факторов, таких как локация конкретных помещений, типы устройств и функций, которые они выполняют.

2. **Коммуникация:** при создании схемы необходимо учесть потребность в коммуникации между различными устройствами и системами умного дома. Например, прокладка кабеля для систем умного освещения, системы безопасности и автоматизации должна быть выполнена таким образом, чтобы обеспечить эффективную передачу данных и команд между ними.

3. **Резервирование:** важно предусмотреть возможность резервирования кабеля и размещение резервных линий, особенно для критически важных систем в доме. Это позволит избежать сбоев и обеспечит надежность работы умного дома в случае необходимости замены основных линий или ремонта.

4. **Масштабируемость:** Умные дома могут постепенно расширяться и добавлять новые устройства и системы. Поэтому важно предусмотреть возможность масштабирования принципиальных схем и кабельной инфраструктуры. Разработанные схемы должны быть гибкими и способными адаптироваться к будущим изменениям и дополнениям системы.

5. **Экспертиза:** Создание принципиальных схем и прокладка кабеля — это задача, требующая определенного уровня технической экспертизы.

Успешное создание принципиальных схем и прокладка кабеля являются важными этапами при построении умного дома. С учетом вышеуказанных особенностей вы сможете разработать эффективную и гибкую инфраструктуру, которая соответствует вашим потребностям и обеспечивает надежную работу умного дома.

Важно согласовывать каждый этап после его завершения, чтобы избежать крупных изменений в конечном проекте и обеспечить понимание относительно хода работ.

## 3. Монтажные работы и пусконаладочные работы

**Монтажные работы** при проектировании умного дома являются одним из ключевых этапов, определяющих функциональность и эффективность системы.

Процесс монтажа систем умного дома начинается с тщательного планирования. Необходимо определить точные места установки различных устройств и датчиков, таких как системы освещения, система отопления и кондиционирования, системы обеспечения безопасности и другие. Важно учесть потребности и пожелания владельца дома, а также учесть физические особенности и геометрию помещений.

Качество и надежность используемого оборудования играют важную роль для обеспечения корректной работы системы и ее долговечности.

Еще одним важным аспектом монтажных работ является правильная проводка и соединение системы. Кабели, провода и коммуникационные линии должны быть установлены и прокладываться таким образом, чтобы минимизировать возможность помех и повысить надежность и безопасность системы умного дома. Кроме того, важно правильно настроить и запрограммировать систему, чтобы она функционировала гармонично и соответствовала потребностям владельца.

Особенности монтажных работ в процессе установки системы умного дома связаны с повышенными требованиями к квалификации специалистов. Для проведения монтажных работ необходимы опытные и квалифицированные специалисты, обладающие знаниями и навыками в области электрики, автоматизации, программирования и системной интеграции. Также необходимо учитывать соблюдение нормативных требований и стандартов безопасности.

В заключение, монтажные работы при проектировании умного дома играют важную роль в обеспечении эффективности и функциональности системы.

**Пусконаладочные работы** в проектировании умного дома и настройка сценариев являются завершающим моментом в работе. Пусконаладочные работы представляют собой процесс проверки, настройки и оптимизации работоспособности всех компонентов и систем умного дома. Этап пусконаладочных работ начинается после завершения монтажных работ и включает в себя проверку и настройку всех электротехнических систем, датчиков, устройств управления и коммуникационной инфраструктуры.

Важной частью пусконаладочных работ является настройка сценариев в умном доме. Сценарии представляют собой предопределенные комбинации действий, которые выполняются при определенных условиях. Это может быть, например, автоматическое включение освещения при движении в определенной зоне или настройка температуры и влажности в комнатах в соответствии с предпочтениями владельца.

Одной из особенностей управления в умном доме является его многофункциональность. Умный дом позволяет управлять различными системами и устройствами с помощью централизованной системы управления, смартфона, планшета или голосовых команд. Это дает возможность владельцу управлять освещением, отоплением, кондиционированием, системами безопасности, аудио-видео оборудованием и другими системами из любого места и в любое время.

Умный дом также обладает возможностью интеграции с другими устройствами и системами, такими как умные телевизоры, аудиосистемы, системы видеонаблюдения и т.д.

Это позволяет создать единую среду управления и контроля, что облегчает взаимодействие и повышает комфорт пользователя.

Возможности управления в умном доме не ограничиваются только индивидуальным управлением каждой системы или устройства. Благодаря сценариям и автоматическому управлению различными системами, можно создавать удобные и энергоэффективные сценарии работы. Например, при выходе из дома можно запустить сценарий «Уход из дома», который ав-

томатически выключит освещение, отключит неиспользуемые устройства, активирует систему безопасности и настроит температуру в доме в экономичный режим.

В целом, проектирование системы умного дома является сложным процессом, требующим внимательного анализа, планирования и интеграции различных компонентов и систем. Важно учесть потребности и требования заказчика, а также обеспечить эффективность, комфорт и безопасность владельца умного дома.

#### Литература:

1. Кранц Интернет вещей. Новая технологическая революция / Кранц, М.— 1-е изд.— 2018: Бомбора.— 336 с.
2. Ли, Перри Архитектура интернета вещей / Перри Ли.— 2018: ДМК Пресс.— 456 с.

## Архитектурный язык в кино: пространство кадра

Муканова Томирис Касиевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Глаудинова Мехрибану Бекримжановна, доктор архитектуры, ассоциированный профессор  
Казахская головная архитектурно-строительная академия (г. Алматы, Казахстан)

*В статье исследуется взаимосвязь между архитектурой и кинематографом.*

*Ключевые слова: архитектура, кинематография, взаимосвязь видов искусства, пространство кадра.*

Архитектурный язык в кино представляет собой уникальный и мощный инструмент режиссерского искусства, способный глубоко воздействовать на восприятие зрителей и раскрывать дополнительные слои смысла в кинематографическом произведении. Архитектурные элементы, такие как местоположение, композиция, декорации и пространственная организация, несут в себе не только функциональную нагрузку, но и служат средством передачи эмоциональных, социокультурных и символических аспектов.

Целью настоящего исследования является более глубокое понимание роли архитектурного языка в кино и его влияния на восприятие и интерпретацию зрителей. Мы стремимся проанализировать, как архитектурные решения в кинематографе используются для создания атмосферы, передачи настроения и раскрытия сюжетных элементов. Дополнительной целью является выявление тенденций и изменений в использовании архитектурного языка в кино с течением времени и в различных культурных контекстах.

Это исследование предоставит важные научные и практические выводы, способствуя расширению знаний о взаимосвязи между архитектурой и кинематографом. Полученные результаты могут быть применены в области искусства, дизайна и культурных исследований, а также могут стать основой для дальнейших исследований в области кинематографии и визуальных искусств.

Впервые тема «Архитектура и кино» была представлена в 1926 году К. С. Мельниковым в труде «Мир художника» [5], данная тема в течение XX века привлекала внимание исследователей. В своей лекции «Кино и архитектура» знаменитый конструктивист сопоставляет предметы двух искусств, исследуя их творческие методы и практические результаты на уровне того времени. В заключение он делает уверенное заявление о том, что «в своих достижениях оба искусства будут дополнять друг друга, и их совместная работа может создать невиданную до сего времени силу художественного воздействия на человека». В различные периоды значимость разработки этого направления подчеркивали такие выдающиеся личности мировой культуры, как Ле Корбюзье, С. Эйзенштейн, Р. Колхаас, Ф. Л. Райт, В. Вендерс.

В 1960-е — 1970-е годы было проведено несколько исследований, нацеленных на поиск оптимальных способов внедрения киносредств в архитектурно-проектное творчество. Раскадровка и разработка сценариев в проектировании рассматривались как эффективные инструменты для создания более детализированных проектов, близких к реальному восприятию. Среди исследователей, занимавшихся этой темой, были Э. М. Климов [3], В. В. Лазарев [4], Е. Л. Беляева [2] и другие.

Пик исследовательского интереса пришёлся на последнее десятилетие XX и начало XXI века — период технического прорыва в области высоких технологий и мультимедиа. Но они не нашли отражения в теории и практике казахстанской архитектуры.

В основном, этот период выделяется работами исследователей из зарубежных стран, посвященными изучению стилевых особенностей американского искусства. Эти исследования затрагивают одновременно фильмы и архитектурные творения этого времени, а также раскрывают влияние кинематографа на городскую культуру в XX веке. Особое внимание уделяется роли архитектуры

в смысловой и образной структуре фильмов, исследованию категорий скорости и динамики в современной архитектуре, а также влиянию технических открытий на культуру в целом и на архитектурный процесс. К примеру: Juhani Pallasmaa в своей работе «The Architecture of Image: Existential Space in Cinema» [15] рассматривает влияние кинематографии на восприятие архитектуры и пространства. David Clarke в работе «The Cinematic City» [8] исследует взаимосвязь между городской архитектурой и кинематографией. В книге «Film Architecture: Set Designs from Metropolis to Blade Runner» написанной Dietrich Neumann [13] рассматривается роль архитектуры в создании визуального стиля в кино, начиная с фильма «Метрополис» Фрица Ланга. Anthony Vidler в своей работе «The Architectural Uncanny: Essays in the Modern Unhomely» [16] — обсуждает взаимосвязь между архитектурой и нечистотой, что может быть интересным в контексте анализа архитектурных элементов в фильмах. Markus Miessen в книге «Screened City» [12] — говорил, как технологии воздействуют на городскую архитектуру и как города предстают на экране. Еще одна книга Juhani Pallasmaa, в которой обсуждается влияние чувств на восприятие архитектуры, что может быть важным в контексте анализа кинематографии — «The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses» [14].

## Архитектурный язык в кино: Теоретический аспект

### 1. Введение в архитектурный язык в кино

Архитектурный язык в кино представляет собой уникальный комплекс визуальных и пространственных элементов, используемых режиссерами для создания смысла, атмосферы и глубины визуального повествования. Важность архитектурного языка проявляется в его способности взаимодействовать с зрителями на эмоциональном, культурном и символическом уровне.

«Время развлечений» (1967):

- Режиссер: Жак Тати.
- Создан уникальный город Тативиль, пародирующий современный Париж.
- Архитектурное пространство становится одним из главных действующих лиц в фильме.

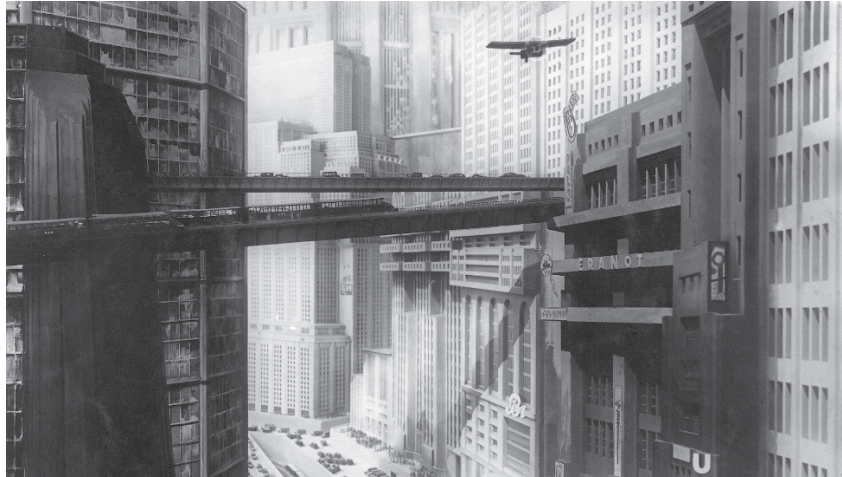


### 2. Архитектурный язык как носитель смысла

Теоретики кинематографа, такие как Сергей Эйзенштейн [7] в своей работе «Искусство и кинематограф», а также Рудольф Арнхейм в «Искусстве и восприятии» [1], подчеркивают важность визуальных элементов в создании кинематографического смысла. Архитектурный язык выступает в роли дополнительного средства передачи информации, позволяя режиссерам создавать не только пространственные кадры, но и зримые символы.

«Метрополис» (1927):

- Режиссер: Фриц Ланг.
- Город Метрополис в фильме символизирует борьбу классов и средства производства.
- Архитектурный язык сочетает элементы ар-деко, экспрессионизма и функционализма.
- Вавилонская башня — выразительный символ в фильме.



### 3. Пространственная композиция и нарратив в архитектуре

Пространственная композиция в кино играет ключевую роль в структуре повествования. Архитектурные элементы, такие как аранжировка объектов и использование планов, способны влиять на восприятие времени, создавать напряжение и обогащать смысловые слои кинематографического повествования.

«Бегущий по лезвию» (1982):

- Режиссер: Ридли Скотт.
- Город будущего, где архитектура сочетает современные и киберпанк-элементы.
- Небоскребы, рекламные вывески и темная атмосфера создают уникальный мир.



### 4. Эмоциональная и социокультурная зарядка архитектурных элементов

Теории феноменологии пространства, предложенные Морисом Мерло-Понти [6] в «Феноменологии восприятия» и Джеймсом Джигбсоном [10] в «Экологической психологии», указывают на то, что восприятие окружающего пространства является неотъемлемой частью человеческого опыта. В кино архитектурный язык становится средством вызова эмоций и ассоциаций, основанных на культурных и социокультурных контекстах.

«Великий Гэтсби» (2013):

- Режиссер: Баз Лурман.
- Экранизация романа Фрэнсиса Скотта Фицджеральда.
- Особняк Гэтсби, его вечеринки и атмосфера роскоши создают эмоциональный фон для истории о любви, американской мечте и трагедии.
- Архитектурные детали, яркие интерьеры и ночные виды Нью-Йорка воплощают дух эпохи и социокультурные аспекты.





### 5. Символика и метафоры архитектурного языка

Работа лингвиста Джорджа Лакоффа «Метафоры, которыми мы живем» [11], обосновывают использование архитектурных элементов как языковых символов и метафор в кинематографе. Архитектурные детали, такие как дома, мосты и города, могут служить аллегориями, обогащая смысл фильмов и обеспечивая глубокий культурный контекст.

«Престиж» (2006):

- Режиссер: Кристофер Нолан.
- Архитектурные детали театров и лабораторий становятся символами соперничества, обмана и стремления к совершенству.



### 6. Эволюция архитектурного языка в кинематографе

Исследования киноведа Дэвида Боруэля «Основы кинокритики» [9] подчеркивают изменчивость и разнообразие архитектурного языка в различных периодах и культурных традициях киноискусства. Эта эволюция отражает изменения в обществе, технологии и художественной эстетике.

В то же время стоит отметить, что художественные и концептуальные аспекты киноискусства либо остаются вне поля зрения архитекторов и исследователей, либо недостаточно изучены. Технические возможности применения кино в архитектурном проектировании были подробно рассмотрены в работах XX века, но требуют существенного обновления или полного пересмотра, учитывая современные высокотехнологичные реалии. Использование современных возможностей кино и мультимедиа в архитектурном проектировании сейчас слишком сосредоточено на технологиях и недостаточно уделяет внимания художественным, концептуальным и философским аспектам. В общем, вопрос о взаимодействии кино и архитектуры требует внимательного изучения, учитывая современные вызовы и более широкое понимание проблемы.

## Литература:

1. Арнхейм Р. Динамика архитектурных форм: пер, с англ. / М.: Стройиздат, 1984. — 191 с.
2. Беляева Е. Архитектурно-пространственная среда города как объект зрительного восприятия. / — М.: Стройиздат, 1977. — 127 с
3. Климов Э. Проектно-художественное моделирование восприятия застройки (кинематографический метод) / — М., — 1977. — 150 с.
4. Лазарев В. Архитектурное проектирование и фактор времени в зрительном восприятии общественных комплексов / — М., 1978. — 159 с.
5. Мельников К. Мир художника / — М.: Искусство, 1985.-331с
6. Мерло-Понти М. / Феноменология восприятия: пер, с англ. / 1945. Санкт-Петербург: «Ювента» «Наука», 1999. 605с
7. Эйзенштейн С. Монтаж. Избранные произведения, в 6 т. Т. 2 / Искусство, 1964. — 567 с
8. David Clarke / The Cinematic City / Routledge, 1997. — 264 с
9. David Jay Bordwell / Poetics of Cinema — Berkeley: Routledge, 2008. — 512 с
10. James Jerome Gibson / The Ecological Approach to Visual Perception / Boston: Houghton Mifflin / 1979. — 346 с
11. George Lakoff with Mark Johnson. / Metaphors We Live By. / University of Chicago Press, 1980. — 242 с
12. Markus Miessen / Screened City / — Berlin / 2017. — 305 с
13. Dietrich Neumann / Film Architecture: Set Designs from Metropolis to Blade Runner / Prestel. 1996. — 207 с
14. Juhani Pallasmaa / The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses / Wiley / 1996. — 144 с
15. Juhani Pallasmaa / The Architecture of Image: Existential Space in Cinema/ Rakennustieto / 2001. 184 с
16. Anthony Vidler / The Architectural Uncanny: Essays in the Modern Unhomely / The MIT Press / 1992. — 278 с

## Перспектива развития дорожной сети на примере Валуйского городского округа

Пендюрин Андрей Николаевич, выпускник  
Воронежский государственный технический университет

*В статье рассмотрены перспективы развития дорожной сети на примере Валуйского городского округа Белгородской области, проведены обследования автомобильных дорог, сделаны заключения о текущем состоянии.*

**Ключевые слова:** дорожная сеть, перспектива развития, оценка состояния дорожного фонда, обследование автомобильных дорог.

## The perspective of the development of the road network by example Valuysky city district

Pendyurin Andrey Nikolayevich, graduate student  
Voronezh State Technical University

*The article considers the process of assessing the prospects for the development of the road network on the example of the Valuysky urban district of the Belgorod region, surveys of highways were conducted, conclusions were made about the current state.*

**Keywords:** road network, development prospects, condition assessment, road survey.

Российская Федерация — поистине многогранная страна. Чтобы понимать всю сложность ситуации, можно представить частный дом. Помимо того, что его нужно построить, возникает необходимость в содержании. При низких доходах, постоянной занятости и в среде накопления усталости довольно тяжело исполнять поддерживающие мероприятия. Кроме того, нужно умудряться развиваться, двигаться вперед.

Цель исследования — на примере Валуйского городского округа Белгородской области оценить перспективы развития дорожной сети.

Согласно открытой информации с сайта Администрации Валуйского городского округа [1] 28% автомобильных дорог (а/д) имеют грунтовое покрытие, из оставшихся 72% только

22% находятся в удовлетворительном состоянии, а 50% — с просроченными межремонтными сроками (рисунок 1).

Для упрощения анализа обратимся к а/д опорного и местного значения, принадлежащим ОГКУ «УпрДорТранс Белгородской области» и находящимся на обслуживании ООО «БелгородДорСтрой». Согласно перечню автомобильных дорог общего пользования регионального и муниципального значений и конструктивных элементов на них (Валуйский городской округ) общая протяженность а/д составляет 380,47 км.

Исключим грунтовые дороги, поскольку все они имеют дорожную одежду. Тогда в расчете можно принять следующее соотношение удовлетворительных покрытий к неудовлетво-



Рис. 1. Диаграмма состояния а/д Валуйского городского округа

рительным 1:4 (на основании внутреннего реестра учета состояния а/д).

Рассмотрим гарантийные участки а/д — те, ремонт которых выполнен относительно недавно, в период с 2017 по 2020 года. В таблице 1 описаны дефекты и причины их появ-

ления, следовательно, необходимо учитывать такую статью затрат, как содержание а/д в виду их износа, старения и подверженности влиянию окружающей среды и пользователей дорожной сети. [2–3] Фотоматериал дефектов представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Выявленные дефекты

- а) деформирована стойка, отсутствует щиток дорожного знака;
- б) деформирована обшивка автопавильона;
- в) выбоины на укрепленной части обочины;
- г) деформирована стойка дорожного знака

Таблица 1. Сводная таблица обследования гарантийных участков а/д

Наименование а/д	Год последнего ремонта	Вид дефекта	Причины появления дефекта
1	2	3	4
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки км 53+000 — км 60+000	2017	Поросли кустарника и трещины на ж/б трубе	Нарушение условий содержания
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки км 60+000 — км 68+000	2017	Дорожный знак не соответствует дислокации	Вандализм, хулиганство
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки км 68+120 — км 77+000	2018	На примыкании км 75+940 слева отсутствует дорожный знак согласно дислокации	ДТП
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки км 78+000 — км 85+700	2017	На примыкании км 79+005 справа деформирован дорожный знак	Вандализм, хулиганство
Валуйки-Алексеевка-Красное км 0+035 — км 14+035	2017	На примыкании км 7+750 слева поврежден сигнальный столбик	Наезд автомобильного транспорта
Валуйки-Алексеевка-Красное км 14+035 — км 20+200	2018	На остановочном павильоне км 19+025 слева деформирована обшивка и отсутствуют панели	Вандализм, хулиганство
Валуйки-Уразово-Логачевка км 0+000 — км 7+800	2018	На км 5+810 слева деформированы сигнальные столбики	ДТП
Валуйки-Уразово-Логачевка км 7+800 — км 18+100	2018	На обочине км 14+970 слева ямы	Вымывание обочины
Валуйки-Уразово-Логачевка км 18+100 — км 23+100	2021	На остановочном павильоне «ул. Буденного» повреждено а/б покрытие	Субподрядчик не выполнил восстановление а/б покрытия по завершению работ
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки-Хмелевец-Фощеватово км 15+700 — км 21+100	2019	Деформирован дорожный знак	Наезд автомобильного транспорта
Новый Оскол-Валуйки-Ровеньки-Новоказачское км 0+000 — км 0+370	2020	На ж/б трубе км 0+050 отсутствуют укрепления	Не предусмотрено проектом — несовершенство технологии ремонта или отсутствие денежных средств
Валуйки-Алексеевка-Красное-Касеновка км 0+000 — км 11+300	2020	Отсутствуют сигнальные столбики слева	Вандализм, хулиганство
Мандрово-Ватутино км 0+000 — км 5+400	2020	Просадка угла на остановочном автопавильоне	Нарушение технологии строительства

По результатам работы в рамках исследования и анализа контрактно-сметной документации содержательных мероприятий, сделан вывод о их средней стоимости — 32276,330 тыс. рублей в год.

Вторым этапом работы является рассмотрение а/д, межремонтный срок которых давно просрочен — это дороги, построенные в период с 1970-х по 2000-е года. В таблице 2 представлен реестр предложений по ремонту, в котором отражены аварийные участки, ориентировочная стоимость, дефекты (рисунок 3) [4–8].

Выразим среднюю стоимость ремонта 1 км а/д, разделив общую стоимость на общую протяженность (столб 6/столб 5). Получим величину, равную — 21 172,888 тыс. руб.

Произведем общую оценку финансирования мероприятий по ремонту и содержанию а/д со стороны ОГКУ «УпрДор-

Транс Белгородской области» по контрактам заключенным с ООО «БелгородДорСтрой». Данные являются достоверными в виду того, что в Валуйском городском округе единственное дорожное предприятие. (таблица 3)

После сбора необходимой информации расчет перспективы развития дорожной сети округа произведем по следующей формуле:

$$N = \frac{L * C_{км} * K_n / уд * K_c * K_p}{C_{год}}$$

где N — перспектива развития дорожной сети, [кол-во лет];  
L — протяженность а/д опорной и местной сети, [км];  
C<sub>км</sub> — средняя стоимость ремонта 1 км а/д, [тыс. руб.];

Таблица 2. Реестр предложений по ремонту

Наименование а/д	L а/д, км	Участки требующие ремонта		L рем., км	Ориентировочная сумма, тыс. руб.	Дефекты
		от км	до км			
1	2	3	4	5	6	7
Местная сеть						
«Валуйки-Казинка-Вериговка»-Дубровка	1,6	0+000	1+600	1,6	25 777,69	Сетка трещин, просадки, выпоры, гребенка, нарушен профиль. Просрочен межремонтный срок
«Валуйки-Казинка-Вериговка»-Конопляновка-Гладково	4,8	0+000	4+800	4,8	125 106,54	А/б покрытие разрушено на 80%, на 20% разрушено основание. Просрочен межремонтный срок
«Валуйки-Казинка-Вериговка»-Рябики	8,86	0+000	8+860	8,86	198 347,57	Сетка трещин, колейность, просадки, выпоры, гребенка, нарушен профиль. Просрочен межремонтный срок
Валуйки-Пристенъ-Борки	18,3	4+100	18+300	14,2	269 800,00	Сетка трещин, колейность, просадки, выпоры, гребенка, нарушен профиль, ямочный ремонт выполнен на 40% а/б покрытия. Просрочен межремонтный срок
Уразово-Герасимовка-Конотоповка	19,2	0+000	19+200	19,2	403 200,00	Сетка трещин, колейность, участками покрытие разрушено полностью, выпоры, гребенка, нарушен профиль, ямочный ремонт выполнен на 30% а/б покрытия. Просрочен межремонтный срок
«Уразово-Герасимовка-Конотоповка»-гр. Украины-Викторополь	3	0+000	3+000	3	71 559,62	Сетка трещин, колейность, просадки, пучины, ямочный ремонт выполнен на 45% а/б покрытия. Просрочен межремонтный срок
<b>Итого</b>				<b>51,66</b>	<b>1 093 791,420</b>	

Таблица 3. Финансирование ремонтно-содержательных мероприятий

Период	ОГКУ «УпрДорТранс Белгородской области»
1	2
2020	363 812,260
2021	302 332,974
2022	612 526,513
<b>Итого:</b>	<b>1 278 671,747</b>
1	2
Среднее значение за 1 год:	<b>426 223,916</b>
Содержание за период с 14.08.2017 по 30.06.2022	161 381,650
Среднее значение за 1 год:	<b>32 276,330</b>
Общее финансирование за 1 год:	<b>458 500,246</b>

$K_{н/уд}$  — процентное выражение а/д в неудовлетворительном состоянии;

$K_c$  — коэффициент старения а/д;

$K_n$  — коэффициент содержания а/д, отношение общего финансирования к финансированию ремонтных мероприятий;

$$K_n = 458\,500,246 / 426\,223,916 = 1,08$$

$C_{год}$  — финансирование мероприятий содержания и ремонта а/д [тыс.руб/год].

Коэффициент старения примем равным  $K_c = 1,6$  согласно данным статьи Реут Ж. В. [9] Для упрощения расчета подставим исходные данные в расчетную формулу программы **Microsoft Excel** (таблица 4).



**Рис. 3. Фотоматериал а/д с просроченным межремонтным сроком**

а) «Валуйки-Казинка-Вериговка»-Дубровка; б) «Валуйки-Казинка-Вериговка»-Конопляновка-Гладково;  
в) «Валуйки-Казинка-Вериговка»-Рябики; г) «Уразово-Герасимовка-Конотоповка»-гр. Украины-Викторополь

**Таблица 4. Расчет перспективы по предложенной формуле**

L а/д, км	C <sub>км</sub> , руб	K <sub>н/уд</sub>	C <sub>год</sub> , руб	K <sub>с</sub>	K <sub>п</sub>	N, кол-во лет
380,47	21 172 888,502	0,75	458 500 246,000	1,6	1,08	22,8

Как видно из расчетов, при сохранении текущей тенденции финансирования перспектива становится более чем долгосрочной. Однако, в будущем возможен такой вариант событий, когда преимущественно от ремонтных мероприятий предстоит

перейти к содержательным. Остается только усердно работать и поддерживать порядок в организации труда.

В процессе работы удалось лично убедиться в том, что при приложении требуемых усилий результат не заставит себя ждать.

Литература:

1. Сайт Администрации Валуйского городского округа.— Электрон. дан.— Режим доступа: <https://valujskij-r31.gosweb.gosuslugi.ru/>
2. ГОСТ Р 50597–2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля.
3. ОДМ 218.11.004–2020. Методические рекомендации по порядку проведения оценки уровня содержания автомобильных дорог общего пользования федерального значения (для опытного применения).
4. ГОСТ 32825–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений.

5. ОДМ 218.6.015–2015. Рекомендации по учету и анализу дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации.
6. ГОСТ Р 58349–2019. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Методы измерения толщины слоев дорожной одежды.
7. Жидко Е. А., Попова Л. Г. Системное математическое моделирование устойчивого (антикризисного) развития хозяйствующих субъектов по формуле Бэкуса-Наура./Е. А. Жидко, Л. Г. Попова //Вестник Воронежского института ГПС МЧС России.— 2016.— № 1 (18).— С. 27–31.
8. Разиньков с. Н., Жидко Е. А. Эффективность коллективной идентификации объектов при неточно заданных значениях однотипных параметров / С. Н. Разиньков, Е. А. Жидко // Информационно-измерительные и управляющие системы.— 2018.— Т. 16.— № 8.— С. 64–68.
9. Реут Ж. В. Факторы, влияющие на сроки службы автомобильных дорог / Ж. В. Реут // Проблемы и перспективы развития автомобильных дорог СНГ [Электронный ресурс]: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Леоновича Ивана Иосифовича / ред.: С. Н. Соболевская, Е. В. Богданова.— Минск: БНТУ, 2019.— С. 187–192.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 9 (508) / 2024

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

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.  
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.  
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.  
Материалы публикуются в авторской редакции.

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 13.03.2024. Дата выхода в свет: 20.03.2024.

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

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

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

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

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