

ISSN 2072-0297

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



12 2024  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 12 (511) / 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 *Алексей Владимирович Савватеев* (1973), российский математик и специалист в математической экономике, популяризатор математики, видеоблогер; доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН (2022), профессор Адыгейского государственного университета, ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН.

Алексей Владимирович родился в Москве. Его дед по материнской линии — Исаак Александрович Лурье (1890–1956) — математик, профессор и начальник кафедры высшей математики Военно-инженерной академии РККА имени В. В. Куйбышева.

В 1990 году Савватеев окончил математическую школу № 57, после чего поступил на механико-математический факультет МГУ, который окончил в 1995 году с отличием. Продолжил обучение в Российской экономической школе (РЭШ), окончил ее в 1997 году — тоже с отличием.

По окончании РЭШ Алексей Владимирович стал младшим научным сотрудником ЦЭМИ РАН, где в 2003 году защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата экономических наук по теме «Моделирование лоббирования и коррупции в переходных экономиках» (специальность — 08.00.13 «математические и инструментальные методы экономики»).

После защиты по приглашению профессора Шломо Вебера Савватеев уехал на полтора года на постдокторантуру в Бельгию в Центр исследования операций и эконометрики. После возвращения в Россию 8 лет работал в РЭШ.

С 2009 по 2016 год постоянно проживал и работал в Иркутске, наездами работая в Москве, а затем переехал в Москву, приняв приглашение Михаила Викторовича Поваляева стать первым ректором Университета Дмитрия Пожарского. Алексей Владимирович является организатором научных и научно-популярных мероприятий, среди которых МАСЭП (ежегодная Школа междисциплинарного анализа социально-экономических процессов), Байкальские чтения, Стекловский десант в Иркутске, социально-политические семинары Университета Дмитрия Пожарского и многие другие. Выступает с лекциями по математике в городах России, а также на многих зимних и летних школах для старшеклассников, ведет цикл «100 уроков математики» в Филипповской школе. Преподаёт в Университете Дмитрия Пожарского курсы «Теория игр», «Математика для гуманитариев», «Группы и геометрия». Кроме того, записывает в МФТИ видеокурсы по различным математическим дисциплинам в рамках Национальной платформы открытого образования и проекта Coursera — гло-

бального провайдера открытых онлайн-курсов. Алексей Савватеев является автором проекта «Маткульт-привет!», задача которого — сделать математику простой для любых категорий желающих приобщиться к царице наук.

«Задача, которую ставит перед собой данный ресурс, — это привлечь аудиторию, заинтересовавшуюся возможностью продолжить свое изучение науки математики, и облегчить людям поставленную задачу за счет дополнительной информации и структурной организации лекций в порядке следования тем, учёта логических взаимосвязей лекций и курсов лекций между собой, и т. п.», — пишет Алексей Савватеев на главной странице этого ресурса.

В 2013 году Алексей Владимирович защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по теме «Задача многомерного размещения: теоретико-игровой подход».

В 2021 году Алексей Савватеев принимал участие на выборах в Государственную думу по 219-му одномандатному округу (г. Севастополь) от партии «Новые люди». С 2022 года ученый не поддерживает отношения с этой партией.

Алексей Владимирович подвергает острой критике систему массового образования в России. По его мнению, она полностью разрушена и нуждается в коренном преобразовании. В 2022 году Савватеев опубликовал «Манифест спасения массовой школы в России», в котором выступил за повышение статуса учителя, сокращение его бюрократической отчётности, возрождение системы высшего педагогического образования, ревизию школьных учебников и пособий, против насаждения дистанционного обучения и натаскивания учеников исключительно на сдачу ЕГЭ, за большую вариативность этого экзамена.

В 2005 году Алексей Савватеев стал лауреатом премии имени Овсевича «за работы по математическому моделированию коррупции, связанной с уклонением от уплаты налогов», в 2018 году — финалистом литературной премии «Просветитель» в номинации «Естественные и точные науки» за книгу «Математика для гуманитариев. Живые лекции».

В 2020 году Савватеев попал в шорт-лист премии «Просветитель. Digital» за проект «Вехи математики: от Евклида до Галуа».

*Информацию собрала ответственный редактор  
Екатерина Осянина*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### ХИМИЯ

<b>Динь Ван Так (Dinh Van Tac), Ву Тхи Зуен (Vu Thi Duyen)</b> Исследование влияния условий синтеза на каталитическую активность наноматериалов Cu/Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> .....	1
--	---

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Гусев А. С.</b> Векторизация слов для нечеткого поиска в вопросно-ответных системах.....	6
<b>Зубарев А. А., Бочаров М. Ю.</b> Анализ концепции big data в области баз данных.....	11
<b>Колосовская Е. В., Сиразетдинова Ю. О.</b> Что такое DDM и что диджитал-специалисты должны про него знать .....	19
<b>Пономаренко Д. Н.</b> Обзор алгоритмов балансировки нагрузки в облачных вычислительных системах .....	21
<b>Чечерин В. Т.</b> Нечеткие тензорные модели анализа технико-экономической информации .....	30

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Айдагулов Р. А.</b> Применение нейронных сетей в создании цифрового двойника колонны фракционирования .....	34
<b>Berdimyradova O. O., Kakayev I. Y., Guzichiyev A. B., Amangulyev K.</b> Analyzing Uniformity of Layer Homogeneity Indices in Unsteady Regimes.....	38
<b>Каландарова А. Ю., Харченко Д. М.</b> Гидроэлектрическая энергия .....	39

<b>Морозова В. С.</b> Анализ статистики пожаров, произошедших на промышленных предприятиях на территории Российской Федерации .....	42
--	----

<b>Надин А. Н.</b> Технико-экономическое обоснование вариантов защитных ограждений для парка хранения бензинов Альметьевской нефтебазы ООО «Татнефть-АЗС Центр».....	44
---	----

<b>Родченко А. В., Полянский И. А., Тарасова В. В.</b> Растительное молоко: влияние технологий производства на сохранность готового продукта.....	47
---	----

<b>Черных М. А.</b> Проблемы внедрения автоматизированных систем в производство.....	50
---	----

### АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

<b>Ruziev Z. U.</b> Assessment and safety criteria of hydro technical structures of the Yavan HPP .....	53
--	----

### ГЕОЛОГИЯ

<b>Amanov M. M., Kakabayev Y. A., Toymyradova N. A.</b> Evolution of Modern Methods for Collecting Well Products.....	58
--	----

<b>Berdimyradova O. O., Guzichiyev A. B., Bayramalyev Y. M.</b> Strategies for Mitigating the Decline in Productivity of Irrigated Wells .....	59
---	----

<b>Berdimyradova O. O., Tejenov D. M., Rozyeva A. R.</b> Achieving Balanced Maintenance of Gas and Gas Condensate Wells under Abnormally Low Pressures.....	60
--	----

**Berdimyradova O. O., Tejenov D. M.,**

**Yagmyrov D. S.**

Innovative Techniques for Restoring Wells  
at Abnormally Low Pressure Levels .....62

**ЭКОЛОГИЯ**

**Альмухаметов И. И.**

О некоторых проблемах утилизации твердых  
коммунальных отходов на примере Республики  
Башкортостан .....64

# ХИМИЯ

## Исследование влияния условий синтеза на каталитическую активность наноматериалов Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

Динь Ван Так (Dinh Van Tac), кандидат химических наук, преподаватель;  
Ву Тхи Зуен (Vu Thi Duyen), кандидат химических наук, преподаватель  
Университет Дананга (The University of Danang — University of Science and Education) (Вьетнам)

### Введение

Загрязнение окружающей среды, особенно загрязнение воды, становится все более животрепещущей проблемой во всем мире. Причиной такой ситуации является быстрый рост промышленного производства. Как известно, промышленные сточные воды содержат большое количество органических пигментов, ионов тяжелых металлов и многих других токсичных веществ, будут вызывать загрязнение воды, если их не очищать. Если сточные воды не будут проходить очистку, то их попадание в окружающую среду может вызвать негативные последствия как для экосистемы, так и для самого человека. На сегодняшний день существует множество методов очистки водных ресурсов, таких как биохимического окисления, адсорбции, ионного обмена, фоторазложения... Из всех специальных методов очистки воды, метод восстановления пигментов до нейтральной, бесцветной и нетоксичной формы привлекает внимание многих исследователей во всем мире [1–5].

Было показано, что наноматериалы Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, синтезированные методом зеленой химии из экстракта зеленого чая, обладают хорошей каталитической активностью в реакции восстановления МВ боргидридом натрия [2]. Однако факторы, влияющие на процесс получения экстракта зеленого чая, а также на процесс синтеза, а следовательно, и на каталитическую активность материала, детально не были исследованы.

Цель настоящей работы — исследование влияния условий синтеза Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> из экстракта зеленого чая на их каталитическую активность в реакции восстановления метиленового синего боргидридом натрия.

### Экспериментальная часть

Синтез материалов Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>: Экстракт получили при нагревании 5–25 г листьев зеленого чая в 200 мл дистиллированной воды при 50–100°C в течение 5–50 мин. Поместили 0,005–0,05 г Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> в стеклянный стакан, содержащий 10 мл дистиллированной воды, и обрабатывали ультразвуком в течение 15 мин, чтобы создать суспензию Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> в воде. Добавили в суспензии 50 мл раствора CuSO<sub>4</sub> 1–10 ммоль/л, затем 1–10 мл экстракта зеленого чая, помешали смесь магнитной мешалкой при 40–70 °C в течение 5–50 мин. Полученный осадок (Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) извлекали с помощью магнитов, промывали и сушили при 60°C в течение 4 часов.

**Катализ восстановления МВ боргидридом натрия:** добавили 4 мг адсорбента Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> в 50 мл раствора МВ20 мг/л. Перемешали смесь магнитной мешалкой в течение 60 мин до достижения адсорбционного равновесия. К смешанному раствору добавили 1 мл раствора 0,2 М NaBH<sub>4</sub> и 1,5 М NaOH. Перемешали смесь магнитной мешалкой в течение 20 мин. Через каждые 4 мин отсасывали примерно 3 мл раствора и измерили оставшуюся концентрацию МВ в растворе. После завершения фотометрических измерений раствор сливали обратно в реакционную колбу.

### Обсуждение результатов

#### 1. Влияние условий экстракции зеленого чая

Зависимость константы скорости восстановления МВ боргидридом натрия от массы зеленого чая представлен на рис. 1.

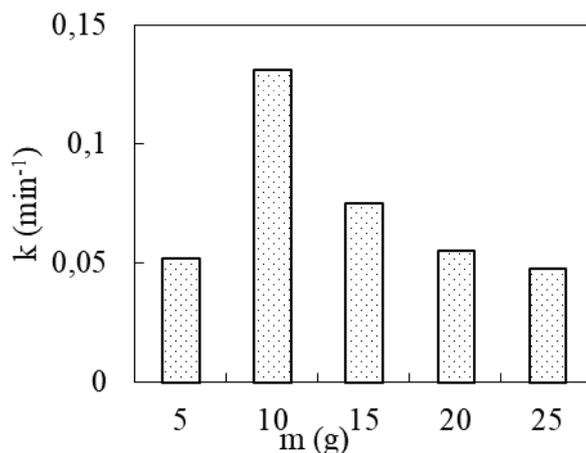


Рис. 1. Зависимость константы скорости восстановления МВ от массы зеленого чая

Из рис. 1 видно, что масса зеленого чая сильно влияет на каталитическую активность материала  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ . При увеличении массы зеленого чая с 5 г до 25 г скорость реакции восстановления МВ быстро возростала, а затем постепенно снижалась. Наибольшее значение константы скорости было достигнуто при использовании катализатора  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ , синтезированного из экстракта с соотношением 10 г зеленого чая на 200 мл дистиллированной воды. Это можно объяснить тем, что при увеличении массы зеленого чая содержание восстановителей в экстракте, следовательно, количество образовавшейся  $\text{Cu}$  увеличивается.  $\text{Cu}$  действует как каталитический центр, поэтому каталитическая активность материала возрастает. Однако при массе зеленого чая выше 10 г количество восстановителя в экс-

тракте может быть слишком большим, в результате чего реакция восстановления  $\text{Cu}^{2+}$  до  $\text{Cu}$  будет происходить в объеме раствора, а не на поверхности  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Уменьшение содержания  $\text{Cu}$  в материале является причиной снижения каталитической активности материала.

Время и температура экстракции также сильно влияют на каталитическую активность материала  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Соответственно, при увеличении времени экстракции зеленого чая с 10 мин до 50 мин скорость восстановления МВ постоянно возрастала, а затем внезапно снижалась (Рис. 2а). При повышении температуры экстракции от 50°C до 100°C скорость восстановления МВ быстро возрастает, затем медленно возрастает (Рис. 2б).

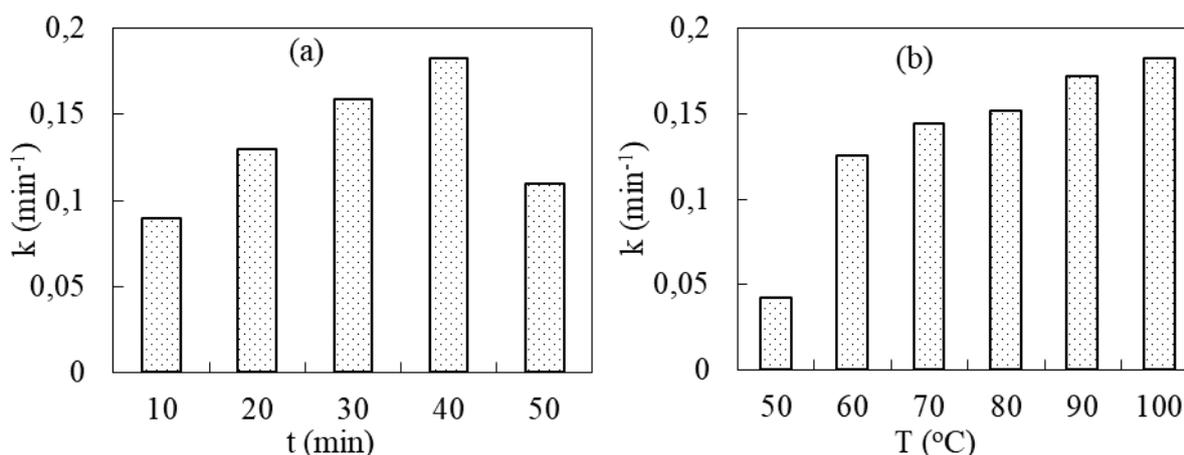


Рис. 2. Зависимость константы скорости восстановления МВ от времени (а) и температуры (б) экстракции

Влияние времени и температуры экстракции на каталитическую активность материала  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  может быть связано с влиянием времени и температуры экстракции на количество восстановителя, диффундирующего в экстракт. Соответственно, с увеличением времени экстракции количество восстановителя, диффундирующего в экстракт увеличивается. Однако, когда время экстракции слишком велико ( $t > 40$  min), восстановители в экстракте могут разложиться и потерять

активность. При повышении температуры процесс проникновения растворителя будет происходить быстрее, поэтому количество восстановителя, диффундирующего в экстракт увеличивается.

Таким образом, подходящими условиями экстракции зеленого чая для подготовки экстракта для синтеза  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  являются: 10 г зеленого чая на 200 мл дистиллированной воды; время экстракции: 40 мин; температура экстракции: 100 °C.

2. Влияние условий синтеза наноматериалов

Влияние объема экстракта, температуры и времени синтеза наноматериалов, концентрации  $\text{CuSO}_4$  и содержания  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  на каталитическую активность материалов  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  было исследовано.

Результаты экспериментов показывают, что объем экстракта зеленого чая сильно влияет на каталитическую активность материала  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ . При увеличении объема экстракта с 1 мл до 10 мл скорость восстановления МВ возрастала, а затем постепенно снижалась.

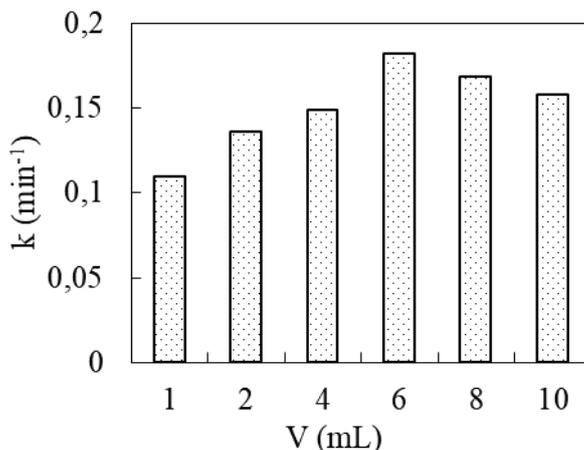


Рис. 3. Зависимость константы скорости восстановления МВ от объема экстракта

Это можно объяснить тем, что увеличение объема экстракта зеленого чая означает увеличение содержания восстановителя, поэтому каталитическая активность материала  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  увеличивается. Однако при слишком большом количестве восстановителя реакция восстановления  $\text{Cu}^{2+}$  до  $\text{Cu}$  происходит быстро, образующиеся частицы  $\text{Cu}$  не успевают

прикрепиться к носителю  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , а остаются во взвешенном состоянии в растворе, поэтому каталитическая активность  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  снижается.

Эксперименты показывают, что время и температура синтеза наноматериалов также сильно влияют на каталитическую активность  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

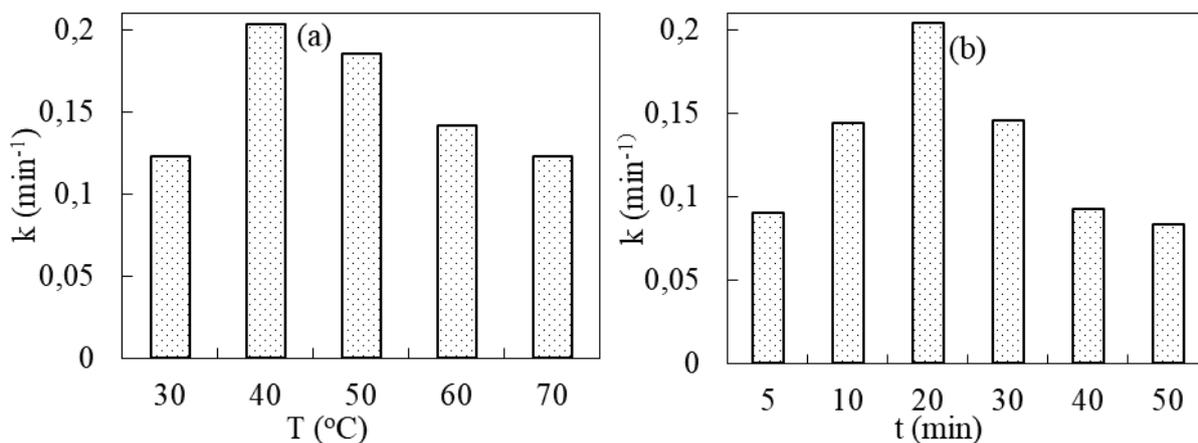


Рис. 4. Зависимость константы скорости восстановления МВ от температуры (а) и времени (б) синтеза наноматериалов

Из рис. 4 видно, что при увеличении температуры и времени синтеза наноматериалов каталитическая активность материала  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  увеличивается, а затем постепенно снижается.

Температура синтеза влияет не только на скорость образования  $\text{Cu}$ , но и на дисперсионную способность носителя  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в растворе. Повышение температуры до 40 °C увеличивает скорость восстановления  $\text{Cu}^{2+}$ , поэтому каталитическая активность  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$  возрастает. Однако при высоких температурах частицы  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  быстро коагулируют. Следовательно, реакция

образования  $\text{Cu}$  на поверхности носителя не благоприятна, и каталитическая активность полученного материала снижается.

Влияние времени синтеза наноматериалов на каталитическую активность материала может быть связано с влиянием времени на содержание  $\text{Cu}$  в полученном материале  $\text{Cu}/\text{Fe}_3\text{O}_4$ . С увеличением времени реакции количество образующейся  $\text{Cu}$  увеличивается, как следствие, каталитическая активность материала повышается. Однако, когда время синтеза слишком ве-

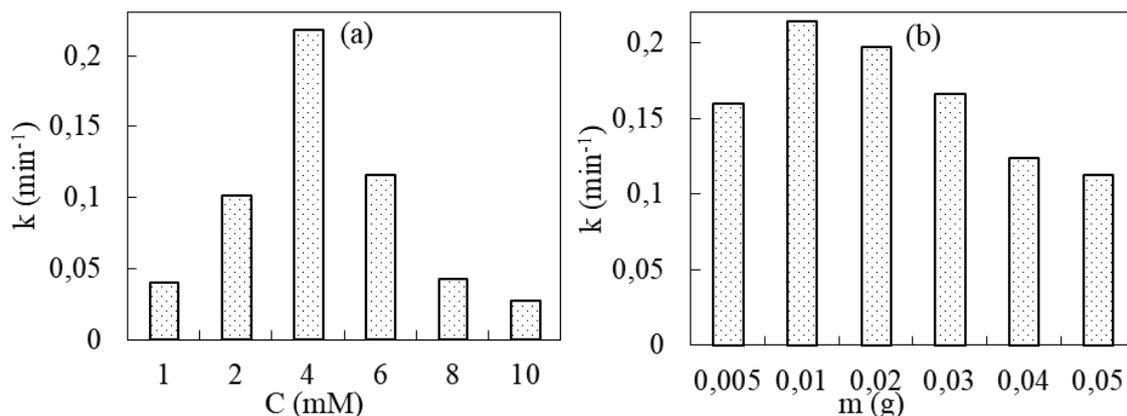


Рис. 5. Зависимость константы скорости восстановления МВ от концентрации CuSO<sub>4</sub> (а) и массы Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (б)

лико, кристаллы Cu, образовавшиеся на носители Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, могут снова попасть в раствор. Следовательно, каталитическая активность материала Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> снижается.

Влияние концентрации CuSO<sub>4</sub> и массы Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> на каталитическую активность материала Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> показано на рис. 5.

Эксперименты показывают, что при увеличении концентрации раствора CuSO<sub>4</sub> от 1 ммоль/л до 10 ммоль/л каталитическая активность материала Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> быстро возрастает, а затем резко снижается. При увеличении массы носителя Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> от 0,005 г до 0,05 г каталитическая активность полученного материала Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> незначительно возросла, затем постепенно снижалась.

Концентрация раствора CuSO<sub>4</sub> влияет не только на содержание, но и на размер образующихся наночастиц Cu. Соответственно, при низких концентрациях Cu образуется в форме коллоидных частиц. Поэтому содержание Cu в Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> невелико и каталитическая активность материала плохая. Увеличение концентрации CuSO<sub>4</sub> приводит к образованию большего количества Cu, поэтому каталитическая активность материала значительно улучшается. Однако при слишком большой концентрации CuSO<sub>4</sub> реакция синтеза наноматериалов протекает быстро, образующиеся частицы Cu не прилипают к поверхности Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, а быстро флокулируют в растворе. В результате чего каталитическая активность материала снижается.

Как известно, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> действует как носитель, определяя магнетизм, а фаза Cu выступает как каталитический центр, опре-

деляя каталитическую активность материала. В принципе, чем больше содержание Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, тем ниже каталитическая активность материала. Однако в действительности, когда количество носителя слишком мало, частицы Cu, образующиеся на поверхности материала, будут иметь большой размер и, скорее всего, выпадут из носителя, тем самым снижая каталитическую активность материала Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Таким образом, подходящими условиями синтеза наноматериалов Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> являются: 6 мл экстракта зеленого чая на 50 мл раствора CuSO<sub>4</sub> с концентрацией 4 ммоль/л; температура синтеза: 40 °C в течение 20 мин; масса носителя Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>: 0,01 г.

### Заключение

Факторы, влияющие на процесс экстракции, такие как масса зеленого чая, время и температура экстракции, и на синтез наноматериалов, такие, как объем экстракта, температура и время синтеза, концентрация CuSO<sub>4</sub> и масса носителя Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, сильно влияют на каталитическую активность полученного материала Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.

Подходящими условиями для синтеза каталитических материалов Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> являются: 10 г зеленого чая на 200 мл дистиллированной воды; время экстракции: 40 мин; температура экстракции: 100 °C; 6 мл экстракта зеленого чая на 50 мл раствора CuSO<sub>4</sub> с концентрацией 4 ммоль/л; температура синтеза: 40 °C в течение 20 мин; масса носителя Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>: 0,01 г.

### Литература:

1. Synthesis of silver decorated silica nanoparticles with rough surfaces as adsorbent and catalyst for methylene blue removal / M. Hu, X. Yan, X. Hu, R. Feng, M. Zhou. — Текст: непосредственный // Journal of Sol-Gel Science and Technology. — 2018. — V. 89. — № 3 — P. 754–763. DOI:10.1007/s10971-018-4871-z
2. Ву Тхи Зуен. Синтез наноматериалов Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> из экстракта листьев зеленого чая и их применение в качестве катализатора восстановления метиленового синего / Тхи Зуен Ву, Ван Так Динь. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2024. — № 5 (504). — С. 7–11. — URL: <https://moluch.ru/archive/504/110884>.
3. Green synthesis of Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles using green tea extract: Evaluation of its catalytic activity, antioxidant and anti-colon cancer effects / L. Xu, L. Zhang, D. Ren [и др.]. — Текст: непосредственный // Inorganic Chemistry Communications. — 2022. — V. 144 — P. 109927. DOI: 10.1016/j.inoche.2022.109927
4. Nasrollahzadeh M. Green synthesis of the Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles using Morinda morindoides leaf aqueous extract: A highly efficient magnetically separable catalyst for the reduction of organic dyes in aqueous medium at room temperature / M. Nasrollahzadeh,

- M. Atarod, S. M. Sajadi. — Текст: непосредственный // Applied Surface Science. — 2016. — V. 364(28). — P. 636–644. DOI: 10.1016/j.apsusc.2015.12.209
5. Green Nanoarchitectonics of Cu/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles using helleborus niger extract towards an efficient nanocatalyst, antioxidant and anti-lung cancer agent / Y. Хие, В. Кармакаг. — Текст: непосредственный // Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials. — 2022. — № 32(9). — P. 3585–3594. DOI: 10.1007/s10904-022-02430-w

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Векторизация слов для нечеткого поиска в вопросно-ответных системах

Гусев Александр Сергеевич, студент

Научный руководитель: Бизянов Евгений Евгеньевич, кандидат технических наук, доктор экономических наук, профессор  
Донбасский государственный технический университет (г. Алчевск)

*В статье автор исследует применение векторизации слов для нечеткого поиска в вопросно-ответных системах, путем улучшения точности через современные подходы к векторизации слов и поиск семантически близких слов.*

**Ключевые слова:** NLP, Bag of Words, Word2Vec, семантика.

Современные системы вопросно-ответной обработки информации сталкиваются с проблемами, связанными с разнообразием и нечеткостью формулировок пользовательских запросов. Вопросы, содержащие синонимы, множественные интерпретации или нечеткие конструкции, усложняют задачу точного выделения контекста и предоставления релевантных ответов. В данном контексте, эволюция методов векторизации слов и классификации вопросов становится важным аспектом развития вопросно-ответных систем.

Традиционные подходы, такие как Bag of Words [1], демонстрировали свою эффективность, однако они ограничены в учете семантической близости и контекста вопросов. Для решения этой проблемы автор предлагает подход, основанный на использовании контекстуализированных векторных представлений.

В данной статье исследуется применение современных методов векторизации слов и классификации вопросов с акцентом на учет нечеткости в формулировках, путем расширения модели Bag of Words.

Цель — предложить эффективные решения, способные учесть неопределенность в формулировках вопросов и обеспечить более точные ответы, при минимальных вычислительных ресурсах.

### Традиционный подход Bag Of Words

В статье [2] «Разработка вопросно-ответной системы с использованием машинного обучения» авторы рассматривают задачу создания автоматизированной вопросно-ответной системы, исследуя несколько подходов к решению этой задачи, включая метод векторного представления слов и метод синтаксических деревьев. Авторы применяют такие технологии как Bag Of Words, NLTK, и `morphy2`. Рассмотрим традиционный подход классификации, основанный на технологии Bag Of Words.

Мешок слов (Bag of Words) — это упрощенное представление текста, которое применяется в обработке естественных языков и информационном поиске [1]. Модель «мешка слов» представляет текст в виде мультимножества слов, игнорируя порядок слов и грамматику. В этой модели каждый текст (предложение или документ) представляется как набор его слов, учитывая только их количество [1]. Это удобно для методов классификации документов, где частотность вхождения слова используется как признак для обучения классификатора.

Пример реализации Мешка слов, есть два простых документа:

Документ 1: «Иван любит смотреть фильмы. Мария тоже любит фильмы».

Документ 2: «Иван также любит смотреть футбольные матчи».

Для каждого документа строим список его слов:

Документ 1: «Иван», «любит», «смотреть», «фильмы», «Мария», «тоже»

Документ 2: «Иван», «также», «любит», «смотреть», «футбольные», «матчи».

Затем создаем объекты, представляющие мешок слов:

Мешок слов для Документа 1 (BoW1): {«Иван»: 1, «любит»: 2, «смотреть»: 1, «фильмы»: 2, «Мария»: 1, «тоже»: 1}

Мешок слов для Документа 2 (BoW2): {«Иван»: 1, «также»: 1, «любит»: 1, «смотреть»: 1, «футбольные»: 1, «матчи»: 1}

Если объединить эти два документа, получим мешок слов для третьего документа:

Мешок слов для Документа 3 (BoW3): {«Иван»: 2, «любит»: 3, «смотреть»: 2, «фильмы»: 2, «Мария»: 1, «тоже»: 1, «также»: 1, «футбольные»: 1, «матчи»: 1}

В алгебре логики «объединение» двух документов — это дизъюнктивное объединение, суммирующее кратности элементов.

Мешок слов используется для формирования признаков, чаще всего его используют чтобы найти абсолютную частотность слов в тексте. Например, можно построить вектора абсолютных частотностей слов для каждого документа:

Документ 1: [1, 2, 1, 2, 1, 1, 0, 0, 0]

Документ 2: [1, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 1]

Каждое число в векторе соответствует количеству появлений соответствующего слова в тексте.

### Word2Vec как семантический анализатор

В области обработки естественного языка Bag of Words (мешок слов), является мощным методом анализа текста. Однако классический подход не учитывает семантическую информацию о словах, что может привести к потере важной информации при анализе текста. Для преодоления этого ограничения был предложен и реализован расширенный алгоритм Bag of Words, который использует технологию Word2Vec [3].

Word2Vec — это метод обработки естественного языка, который преобразует слова в векторы в многомерном пространстве таким образом, что семантически близкие слова имеют близкие векторные представления [3]. Это позволяет улавливать семантические свойства слов и их взаимосвязи на основе контекста, в котором они употребляются.

Алгоритм Word2Vec основан на предположении, что слова, которые часто встречаются в похожих контекстах, имеют схожие смысловые значения. Для обучения векторных представлений слов используется нейронная сеть, которая на основе корпуса текстовых данных предсказывает контекст слова или слово по его контексту. После обучения модели Word2Vec каждое слово из словаря представлено вектором определенной размерности. В дальнейшем, эти вектора можно использовать для задач обработки текста, поиск семантически близких слов, анализ смысла предложений, кластеризация текстов и другие.

Рассмотрим математическую модель обучения Word2Vec, используя простейшую архитектуру — Continuous Bag of Words (CBOW) и Skip-gram [3].

#### 1. Continuous Bag of Words (CBOW)

CBOW — это модель, которая пытается предсказать целевое слово на основе контекста, в котором оно находится. Для этого CBOW использует среднее значение векторов контекстных слов, входными данными в таком случае являются контекстные слова вокруг целевого слова [3]. Например, если у нас есть предложение «я люблю гулять в парке», и целевым словом является «гулять», контекстными словами могут быть «я», «люблю», «в», «парке». Для каждого контекстного слова берется его векторное представление, затем вычисляется среднее значение векторов всех контекстных слов, а полученное среднее значение векторов контекстных слов подается на вход нейронной сети. Нейронная сеть предсказывает вероятности для каждого слова из словаря в качестве целевого слова. Вероятности рассчитываются с использованием функции softmax. Модель обучается минимизировать ошибку между предсказанными вероятностями и истинными метками (one-hot encoding [4] целевого слова) с помощью метода обратного распространения ошибки.

Пусть дано предложение  $\omega_{-2}, \omega_{-1}, \omega_0, \omega_1, \omega_2$

где  $\omega_0$  — целевое слово, а  $\omega_{-2}, \omega_{-1}, \omega_1, \omega_2$  — контекст.

Входные векторы:  $x = [t_{-2}, t_{-1}, t_1, t_2]$ ,

где каждый  $t_i$  — вектор-индикатор для слова  $\omega_i$ .

Весовая матрица:  $W$  размерности  $V \times N$ ,

где  $V$  — размер словаря,  $N$  — размерность векторов.

Преобразование входных векторов:  $h = \frac{1}{4} \sum_i^4 W \cdot t_i$ .

Предсказание целевого слова:  $y = \text{softmax}(h \cdot W)$ ,

где  $W$  — выходная весовая матрица.

#### Skip-gram

Skip-gram — это модель, которая пытается предсказать контекстные слова на основе целевого слова, т. е. действует обратно CBOW. Входными данными здесь является целевое слово [3]. Каждое слово представляется в виде вектора, например, с использованием one-hot encoding [4]. Входное слово подается на вход нейронной сети, которая пытается предсказать вероятности для всех контекстных слов из словаря на основе данного целевого слова, для вычисления вероятностей здесь также используется функция softmax.

Пусть дано целевое слово  $\omega_0$ .

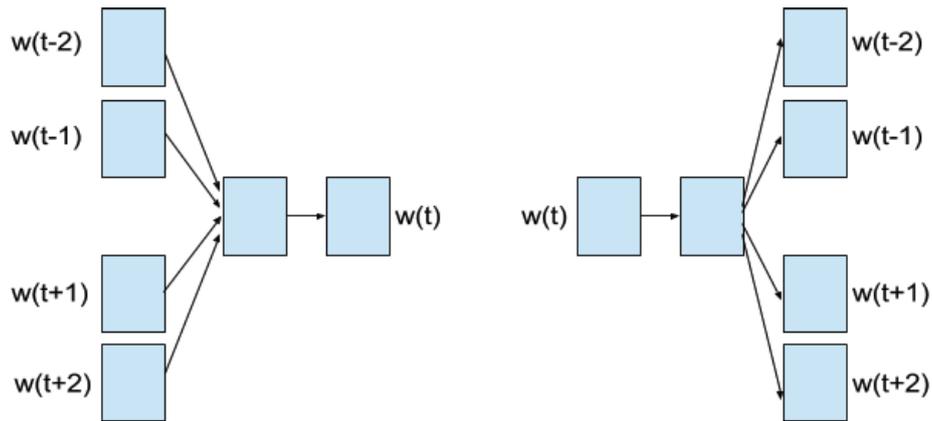


Рис. 1. Схема работы алгоритма CBOW и Skip-gram [2]

Входной вектор:  $t = [t_0]$ ,

где  $t_0$  – вектор – индикатор слова  $\omega_0$

Преобразование входного вектора  $h = t \cdot W$ .

Предсказание целевого слова:  $y = \text{softmax}(h \cdot W)$ ,

где  $W$  – выходная весовая матрица.

На рисунке 1 представлена структурная схема работы алгоритма CBOW и Skip-gram.

### Расширенный Bag Of Words

Алгоритм расширенного Bag of Words использует Word2Vec для оценки семантической схожести между словами в тексте. Рассмотрим подробнее шаги этого алгоритма:

Шаг первый, формализация текста. Пусть дан текст  $D$ , который содержит  $N$  слов:

$$D = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N\},$$

где каждый  $\omega_i$  является токеном.

Шаг второй, нормализация. Для каждого слова  $\omega_i$  в тексте применяем функцию нормализации  $\text{stem}(\omega_i)$ , чтобы привести его к базовой форме. Полученный текст после нормализации обозначим как:

$$D = \{\text{stem}(\omega_1), \text{stem}(\omega_2), \dots, \text{stem}(\omega_N)\}.$$

Третьим шагом является создание мешка слов. Пусть имеется набор всех возможных слов:

$$W = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M\},$$

где  $M$  – общее количество уникальных слов в корпусе.

Создаем мешок слов  $B = [b_1, b_2, \dots, b_M]$ ,

где  $b_i$  – индикаторная переменная, равная 1, если слово  $\omega_i$  присутствует в тексте  $D$ , и 0 в противном случае.

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \omega_i \in D \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Шаг четвертый, поиск семантической схожести. Для каждого слова  $\omega_i$  в мешке  $B$  проверяем семантическую схожесть с каждым словом  $\omega_j$  в тексте  $D$  с помощью модели Word2Vec. Если схожесть между  $\omega_i$  и  $\omega_j$  превышает заданный порог  $\theta$ , устанавливаем  $b_i = 1$

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \text{similarity}(w_i, w_j) > \theta \text{ для некоторого } w_j \in D \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

all\_words = [«студент», «предоставить», «общезитие», «стипендия», «курс» ... ]

test\_sentence = [«предоставляться», «ученик», «общезитие»]



bag\_of\_words = [0, 0, 1, 0, 0, ... ]

Рис. 2 Схема работы стандартной модели Bag Of Words

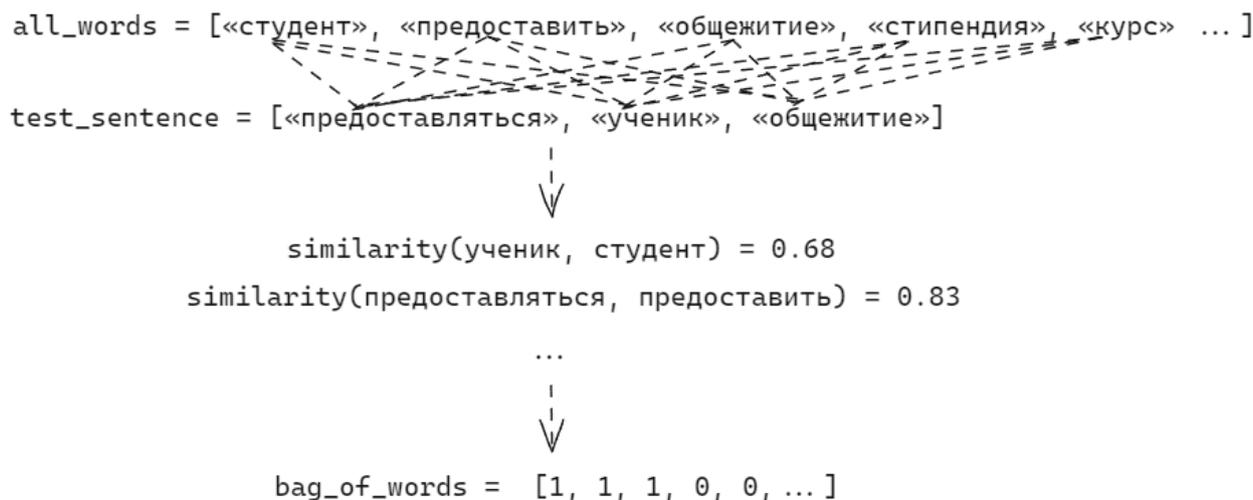


Рис. 3 Схема работы расширенного Bag Of Words

$$similarity = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}}$$

где  $A$  и  $B$  — вектора, расстояние между которыми вычисляется,  $\theta$  — угол между ними.

На последнем шаге возвращаем полученный мешок слов  $B$  в качестве результата.

На рисунках 2 и 3 визуализировано сравнение стандартной и расширенной моделей Bag Of Words.

На рисунках 2 и 3 визуализировано сравнение стандартной и расширенной моделей Bag Of Words.

Таким образом, модель расширенного Bag of Words с использованием Word2Vec для поиска семантической близости позволяет активировать триггеры, недоступные стандартной модели.

### Результаты исследования

Для тестирования расширенного Bag of Words был создан корпус часто задаваемых вопросов абитуриентов при поступлении в университет, содержащий 20 тем для классификации с двумя примерами для каждого класса, и 100 тестовых примеров. Обучение проводится на 3-х моделях, применяя семантическое сопоставление на разных этапах:

model\_with\_study\_w2v — модель с применением Word2Vec на этапе обучения.

model\_with\_answer\_w2v — модель с применением Word2Vec на этапе предсказания.

model\_with\_w2v — модель с применением Word2Vec и на этапе обучения и предсказания.

Структура всех трех моделей представляют собой простую многослойную нейронную сеть (MLP), состоящую из трех слоев: входного, двух скрытых и выходного. Размерность входа определяется параметром, который указывает на количество слов в обучающей выборке, при тестировании это значение составило 100 элементов. Два скрытых слоя, по 16 нейронов на каждом. Для каждого скрытого слоя применяется линейное преобразование с последующей функцией активации ReLU. Выходной слой состоит из одного слоя с 20 нейронами. В данном случае, поскольку это вероятностная классификационная задача, на выходном слое не применяется функция активации, вместо него используется линейное преобразование.

Результаты проведенных исследований представлены на рисунках 4–5.

### Вывод

В результате исследования процент верных ответов модели model\_with\_study\_w2v при similarity = 0.65 не опускался ниже 90%, а лучший результат достиг 98% на тестовой выборке, что на 4% превосходит лучший результат базового подхода, однако в среднем, model\_with\_study\_w2v опережает базовый всего на 2.5% model\_with\_w2v в этом исследовании показала самый худший результат. Следует также отметить, что расширенная модель лучше справляется при небольшом количестве обучающих данных.

Можно сделать вывод, что применение модели Word2Vec для сравнения семантической схожести может дать лучший результат при правильно подобранном параметре similarity. При слишком низком значении, активируются ложные триггеры, что приводит к неверным ответам модели. В тоже время слишком высокое значение может быть неэффективным с точки зрения затраченных ре-

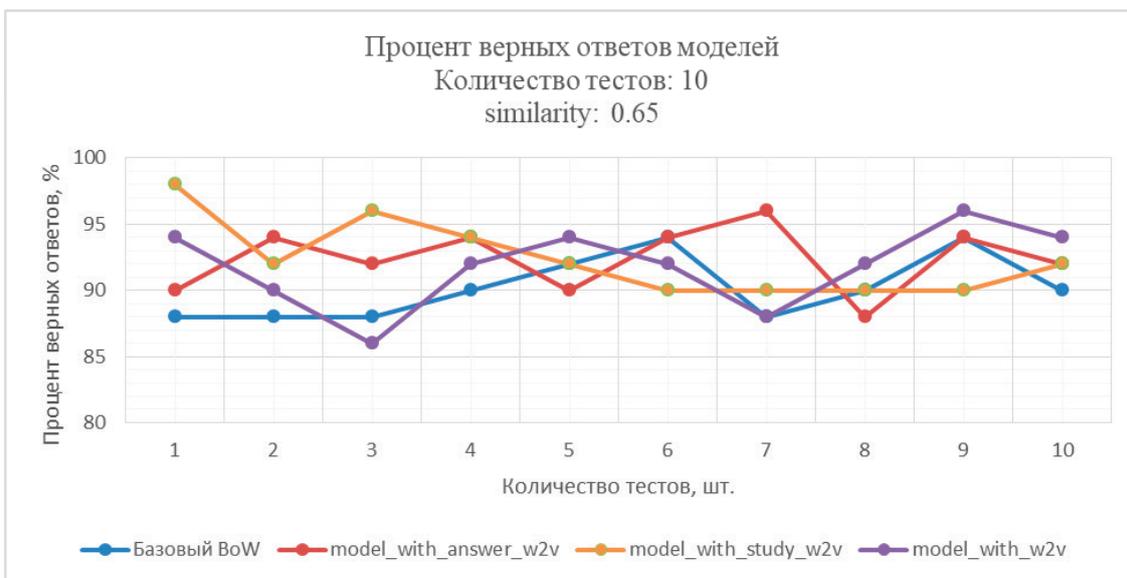


Рис. 4. Процент верных ответов моделей при similarity: 0.65

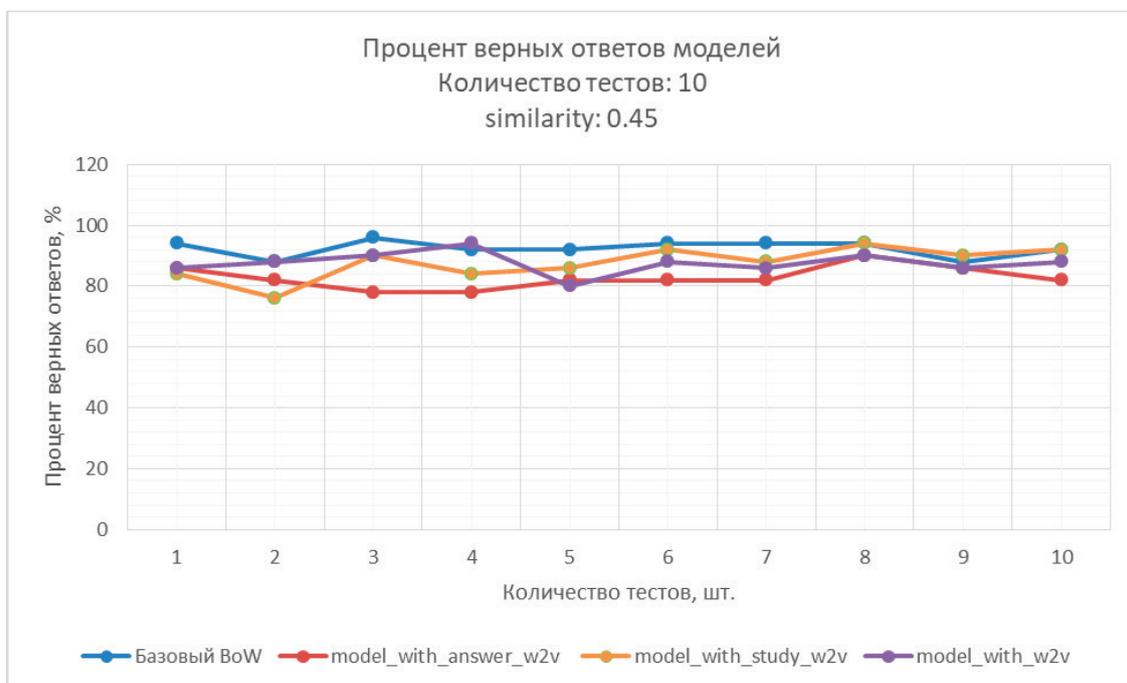


Рис. 5. Процент верных ответов моделей при similarity: 0.45

сурсов, так как, результат модели будет идентичен традиционному методу. Также, ключевую роль играет то, на каких данных была обучена модель Word2Vec. При правильно подобранном корпусе данных, состоящем из семантически близких слов, можно улучшить результат распознавания.

Литература:

1. Bag of Words Meets Bags of Popcorn.— Текст: электронный // kaggle: [сайт].— URL: <https://www.kaggle.com/competitions/word2vec-nlp-tutorial> (дата обращения: 14.03.2024).
2. Науменко, А.М. Разработка вопросно-ответной системы с использованием машинного обучения / А.М. Науменко, С.Д. Шелудько, Р.Ю. Юлдашев, Н.О. Хлебников.— Текст: непосредственный // Молодой ученый.— 2017.— № 8 (142).— С. 36–40.— URL: <https://moluch.ru/archive/142/40056/> (дата обращения: 14.03.2024).
3. Word2Vec. How does it work.— Текст: электронный // Google: [сайт].— URL: <https://code.google.com/archive/p/word2vec/> (дата обращения: 14.03.2024).

4. Jamell, A.S. One-Hot Encoding and Two-Hot Encoding: An Introduction / A.S. Jamell.— Текст: электронный // ResearchGate: [сайт].— URL: [https://www.researchgate.net/publication/377159812\\_One-Hot-Encoding\\_and\\_Two-Hot-Encoding\\_An-Introduction](https://www.researchgate.net/publication/377159812_One-Hot-Encoding_and_Two-Hot-Encoding_An-Introduction) (дата обращения: 14.03.2024).

## Анализ концепции big data в области баз данных

Зубарев Андрей Андреевич, студент магистратуры;

Бочаров Максим Юрьевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Ландышев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент  
Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону)

*В статье автор исследует концепцию применимости big data в области баз данных.*

**Ключевые слова:** big data, СУБД, PostgreSQL.

### Введение

В современном мире все больше растет потребность в хранении и обработке достаточно больших ресурсов данных, которые нельзя расположить в рамках одного устройства. На данный момент все больше набирает популярность технология Big Data, которая в перспективе может устранить проблемы в структуризации сверхбольших объемов информации во множестве областей, такие как, финансовая среда, медицина, агропромышленность, банки, страхование, логистика, наука, маркетинг.

В общем случае данная технология позволяет систематизировать данные, находить причинно-следственные связи, что в свою очередь, помогает при обработке определенных запросов, которые трудно реализовать в общепринятых системах хранения данных. На примере данной технологии, можно отследить закономерности в передвижении определенной группы пользователей агрегаторов такси или иных перевозок в рамках коммерческого пользования. Данные, которые хранятся о покупателях, автопарке, партнерах, сотрудниках, пользователях, можно структурировать для обработки и анализа закономерностей, полученных из данных от партнеров, которые могут предложить, какой группе пользователей предлагать услуги партнеров на истории их запросов или покупок в сфере услуг.

Для обеспечения хранения подобного объема данных требуются значительные вычислительные мощности, что может вызвать финансовые и кадровые трудности для компаний, обслуживающих огромное количество пользователей. Одна из ведущих компаний, чья деятельность прямо связана с передачей, хранением и обработкой огромного объема данных в различных формах по всему миру, оказывает значительное влияние на информационное пространство общества.

Тем не менее, сами по себе эти данные не имеют за собой практической пользы, если не уметь правильно их использовать. Для повышения эффективности предприятий широко применяется анализ больших данных (Big Data), что открывает широкий спектр возможностей, таких как прогнозирование спроса на определенный товар или услугу. Благодаря анализу данных можно заранее оценить успешность продукта, еще до его выхода на рынок.

### 1. Определение методологий для исследования по теме «Анализ концепции big data в области баз данных»

Была сформулирована **тема исследования:** «Анализ концепции big data в области баз данных».

Выявлена **проблема исследования:**

При работе с большими данными есть проблема структуризации, т.к. информация может быть разнородной, что влечет за собой проблему масштабируемости, которая, скорее всего, является одним из ключевых затруднений при реализации концепции big data в области баз данных.

Была поставлена следующая **цель исследования:**

Проанализировать в каком ключе применяется концепция big data в области баз данных из области применения данной концепции.

Были определены следующие **задачи:**

- Определить причины использования больших данных в сфере баз данных;
- Сформулировать общие понятия концепции big data;
- Описать, в общих чертах, проблемы при использовании big data в сфере баз данных;
- Проанализировать подходы при работе с big data в области баз данных.

**Объект исследования:** концепция big data в области баз данных;

**Предмет исследования:** изучение технологий при реализации концепции big data в среде баз данных.

**Гипотеза исследования:** Проанализировав нижеописанные источники, можно будет сформулировать вывод о целесообразности применения концепции big data в области баз данных, опираясь на информацию из источников.

### 2. Анализ предметной области

В настоящее время, мировое деловое сообщество уделяет значительное внимание инновациям как потенциальному двигателю роста. Каждая компания осознает, что для достижения действительного успеха и конкурентоспособности в быстро меняющейся бизнес-среде необходимо вкладывать в инновации.

Анализ больших данных считается одним из ключевых направлений современных бизнес-инноваций с высоким потенциалом. В последнее время этот вид технологии привлекает повышенный интерес в деловых кругах по всему миру. Разнообразные управленческие возможности анализа больших данных для всех функций и отраслей бизнеса, а также перспективы от использования этой технологии, привлекают внимание компаний.

Согласно статистике, более половины всех применений анализа больших данных связаны с проблемами, касающимися клиентов. Это подчеркивает высокий спрос компаний на маркетинговые приложения технологии анализа больших данных. Таким образом, вопросы, связанные с использованием анализа больших данных в маркетинге, гармонично сочетаются с последними технологическими вызовами в сфере бизнеса.

Для более конструктивного анализа по теме big data, необходимо рассмотреть подход к самой концепции big data с разных сторон.

Как известно, само понятие big data достаточно широко, что является неоспоримым плюсом для разработки информационных систем, структур для хранения данных, аналитической базы в экономической сфере, системах безопасности, основанных на данной технологии. В ниже приведенных источниках, рассмотрим само понятие big data и его применение.

В статье «Цифровой маркетинг как современный тренд», авторы А. Д. Назаров и Н. Д. Товмасын описывают термин «Big Data» как «методы обработки данных огромных объемов, которые позволяют анализировать эту информацию».

Неотъемлемой частью любого бизнеса является присутствие в онлайн-рекламе, будь то профиль в Яндекс Маркете, на YouTube или в других социальных сетях. Современные вызовы экономики побуждают компании пересматривать свои рекламные кампании и стратегии продвижения в сети с учетом цифровых маркетинговых технологий.

Таким образом, возникла новая ветвь развития маркетинга — «Big Data Driven Marketing», где все стратегические решения принимаются исключительно на основе анализа данных и гибкой сегментации клиентов. Гибкая сегментация клиентов представляет собой многофакторную кластеризацию по множеству критериев, преодолевая ограничения стандартных параметров, таких как пол, возраст и профессия.

На основе полученной информации можно выделить четыре стадии «знания» клиента в маркетинге:

- 1-я стадия: демография, доход;
- 2-я стадия: поведение с call-центром, поведение на сайте, геоданные, профили социальных сетей;
- 3-я стадия: поисковые данные пользователя, опросы, взаимодействие с компанией через приложения, кросс-дейвасность;
- 4-я стадия: история ответов на маркетинговые кампании, полноценный анализ скрытых связей между разными типами данных.

В статье «Стандарты в области больших данных», опубликованной в 2016 г. (<https://cyberleninka.ru/article/n/standarty-v-oblasti-bolshih-dannyh>), Д. Е. Намиот рассматривает проблему стандартизации больших данных. Автор данной статьи

описывает, существующие стандарты в области больших данных на момент публикации статьи.

Наибольший интерес для анализа представлен в стандартах больших данных от NIST. В данных документах, приведены актуальные темы в область больших данных:

- Технические требования и стандартизация для метаданных.
- Языки запросов, включая нереляционные запросы для поддержки различных типов данных (например, XML, RDF, JSON, мультимедиа) и больших объемов данных операций (например, матричных операций).
- Проблемно-ориентированные языки для задач больших данных.
- Семантика для слабой согласованности и согласованности в конечном счете.
- Расширенные сетевые протоколы для эффективной передачи данных.
- Безопасность и контроль доступа.
- Удаленные, распределенные и федеративные аналитики данных, включая методы обнаружения и обработки ресурсов, а также методы интеллектуального анализа данных.
- Обмен и разделение данных.
- Системы хранения данных.
- Представление результатов анализа данных (сюда, очевидно, должны входить визуализация и объяснения).
- Энергетическая эффективность работы с большими данными.
- Интерфейс между реляционными (SQL) и нереляционными (NoSQL) хранилищами данных.
- Оценка качества и достоверности данных.

Приведенные в этой статье стандарты демонстрируют актуальный вектор развития в области больших данных на момент 2016 г. Так же, автор указывает на проблему взаимодействия установившегося стандарта SQL и новых стандартов больших данных в сфере баз данных. Не уделено внимание технической стороне в вопросе стандартизации в сфере хранения больших данных.

В статье «Применение Big Data при анализе больших данных в компьютерных сетях», опубликованной в 2020 г. (<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-big-data-pri-analize-bolshih-dannyh-v-kompyuternyh-setyah>), Орлов Г. А. привел основную информацию для сравнительной характеристики традиционных баз данных и big data. В данной статье представлены информативные таблицы при сравнении традиционных БД и big data. На рисунках 1–2 представлены информативные таблицы для сравнения традиционных БД и big data.

Орлов Г. А. достаточно подробно предоставил информацию по реализации big data в области баз данных для решения конкретной задачи, что демонстрирует эффективность больших данных при использовании NoSQL.

В статье «Big Data: опасности и перспективы», опубликованной в 2019 г. (<https://cyberleninka.ru/article/n/big-data-opasnosti-i-perspektivy>), рассмотрена концепция big data со стороны перспектив и опасности при реализации в сфере услуг. Закулисова А. Ю. приводит примеры двоякости использования больших данных, т.к. с одной стороны компании оперируют информацией

Таблица 1

Характерные особенности традиционной базы данных и Big Data

Характеристика	Традиционная БД	Big Data
Информационный объем	От гигабайта ( $10^9$ байт), до терабайта ( $10^{12}$ байт)	От петабайта ( $10^{15}$ байт), до эксабайта ( $10^{18}$ байт)
Структурированность данных	Структурированы	Полу-структурированы и не структурированы
Способ хранения	Централизованный	Децентрализованный
Взаимосвязь между данными	Сильная	Слабая
Модель хранения и обработки данных	Вертикальная модель	Горизонтальная модель

Рис. 1. Таблица с характерными особенностями традиционной базы данных и big data

Таблица 2

Таблица сравнения для Big Data

Характеристики	SQL	NoSQL	BDA	Аналитика больших данных (сравнительные характеристики)
Объектно-ориентированное программирование БД	Да	Возможны разные варианты	Нет	Практические схожие характеристики изучаемых языков программирования без существенных отличий
Мультимедийные типы данных	Да	Да	Не ограничено	Практические схожие характеристики изучаемых языков программирования без существенных отличий
Макс размер таблиц	Да указать размер числом	Да указать размер числом	Практически не ограничено	Практические схожие характеристики изучаемых языков программирования без существенных отличий
Макс число таблиц в БД	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	Есть отличия но незначительные
Макс число таблиц на каждое соединение	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	Есть отличия но незначительные
Макс число пользователей БД	Не ограничено	Не ограничено	Не ограничено	Есть отличия но незначительные
Рекомендуемая емкость ОП на одного пользователя	Изменяемая величина	Изменяемая величина	Изменяемая величина	Есть отличия но незначительные

Рис. 2. Таблица сравнения для big data

о пользователях, что несет свои плюсы для аналитики и корректировки бизнес-процессов, но существует опасность в утечке данных пользователей или в не правомерном использовании личных данных пользователей третьими лицами.

В итоге Закулисова А.Ю. рассмотрел данную проблему с точки зрения общества, но не уделил внимание в сфере хранения больших данных.

М.А. Симакина в своей статье «Особенности использования технологий Big Data в маркетинге» выделяет ряд преимуществ, которые компании могут получить, внедрив технологию Big Data:

1. Создание наиболее точного портрета целевого потребителя.

2. Предсказание реакции потребителей на маркетинговые «сообщения» и предложения того или иного продукта.

3. Персонализация рекламных сообщений.

4. Оптимизация производства и стратегий распределения.

5. Создание цифрового маркетинга и рекламных кампаний.

6. Сохранение большого числа клиентов путем наименьших затрат.

7. Получение лучшего представления о собственном продукте компании.

Тем не менее, необходимо помнить, что, как и в случае с любым другим решением, у больших данных есть свои недостатки.

Во-первых, возникает проблема масштабирования. Работа с большим объемом информации, характерной для больших данных, требует не только значительных объемов хранения, но и постоянного доступа к этим данным. Многие корпоративные центры обработки информации не были изначально спроектированы для обработки таких объемов данных. Следовательно, компаниям приходится не только рассматривать вопрос о расширении собственных корпоративных центров хранения, но и искать оптимизированные подходы, такие как переход к использованию «облачных» хранилищ данных.

Во-вторых, необходима правильная интеграция данных, которые были собраны до использования Big Data. Важно иметь доступ к собранной ранее информации о клиентах, чтобы более эффективно использовать все преимущества больших данных, однако прошлые системы хранения не были рассчитаны для использования их в реальном времени, что может негативно влиять на работу технологии Big Data.

В-третьих, даже при наличии организованной системы данных, при сборе и анализе данных необходимо понимание, как правильно и эффективно работать с полученной информацией, а значит отделу маркетинга придется научиться кооперироваться со специалистами данной области.

### 3. Основные проблемы, связанные с использованием Big Data

Проблемы, связанные с использованием системы Big Data, могут быть разделены на три основных категории: объем данных, скорость обработки и неструктурированность. Эти три «V» — объем (Volume), скорость (Velocity) и разнообразие (Variety) — представляют собой ключевые аспекты, на которые следует обратить внимание при работе с Big Data.

Управление обширными объемами информации представляет собой сложную задачу, требующую специализированных условий и ресурсов. Вопросы, связанные с пространством и возможностями, становятся критическими. Скорость обработки данных важна не только для устранения задержек и повышения производительности, но также для обеспечения интерактивности и оперативного реагирования на требования рынка.

Проблема отсутствия структурированности данных возникает из-за разнообразия источников, форматов и качества информации. Для эффективной обработки таких данных необходимо привести их к единому формату и использовать специализированные аналитические инструменты и системы.

Тем не менее, существует и проблема, связанная с масштабами данных. Определение точного «объема» данных является сложной задачей, и, следовательно, затруднительно предсказать необходимые технологии и финансовые вложения для

будущих разработок. Тем не менее, уже сейчас существуют инструменты обработки данных, способные справиться с конкретными объемами информации (например, терабайт), и эти инструменты продолжают активно развиваться.

Одной из сложностей является отсутствие четких принципов в обработке такого объема данных, связанного с разнообразием потоков. Возникает вполне логичный вопрос о том, какие данные стоит собирать и сохранять, а какие можно пренебречь, чтобы извлечь ценные сведения. Это требует разработки новых методов анализа больших данных и формирования новых областей, например, науки о Big Data, как указывают исследователи из некоторых американских университетов.

Временные задержки в реализации проектов Big Data в компаниях обусловлены не только вышеуказанными факторами, но также высокими ресурсными затратами. Выбор данных для обработки и определение алгоритмов анализа представляют собой отдельные трудности, поскольку часто отсутствует ясное представление о том, какие данные являются значимыми, а какие можно проигнорировать. Также, одной из серьезных проблем также является нехватка квалифицированных специалистов, способных провести глубокий анализ данных, создать отчеты и извлечь выгоду из Big Data.

Этический компонент также представляет собой проблему в области работы с Big Data. Сбор данных, особенно без согласия пользователей, может рассматриваться как нарушение личной жизни. Некоторые поисковые системы активно собирают информацию о пользователях, включая их интересы, покупки и личные данные, с целью предоставления контекстной рекламы. Возникает вопрос о том, где проходит граница между сбором данных и нарушением приватности. Безопасность хранения и использования данных также становится актуальной проблемой, учитывая современные угрозы вирусной активности и хакерских атак.

В общем, система Big Data представляет свои сложности и порождает множество вопросов. Тем не менее, с использованием соответствующих методов анализа, разработки новых инструментов и обеспечения этичной и безопасной обработки данных, Big Data может стать мощным инструментом для принятия обоснованных решений в маркетинге и других областях бизнеса.

### 4. Чем отличается SQL в больших данных от обычного SQL.

Как упоминалось ранее, для обработки больших данных широко используется подход с распределенными вычислениями. Вычислительные задачи распределяются между несколькими серверами, где одна база данных размещена на нескольких узлах. Результаты запросов вычисляются параллельно несколькими серверами. Парадигма MapReduce описывает алгоритмы распределенных вычислений.

При работе с большими объемами данных важно учесть, что практически каждая база данных хранит информацию на нескольких серверах. Допустим, имеются три сервера и таблица клиентов. Вся таблица равномерно распределена между этими серверами, так что каждый из них хранит треть общего объема данных. Для получения результата запроса необходимо из-

влекать каждую часть данных с каждого сервера и объединить их на одном сервере, где будет сформирован итоговый результат.

Пример простейшего SQL-запроса для такой структуры:

```
SELECT * FROM CLIENTS;
```

Даже такой элементарный запрос разбивается на три обязательные части MapReduce:

- Map
- Shuffle
- Reduce

Каждая из перечисленных операций имеет свои особенности в распределении и параллелизации, что делает важным понимание их сути.

1. Стадия Map. Часто представляет собой чтение данных с жесткого диска. Кроме чтения, здесь могут выполняться однострочные трансформации и фильтры, такие как операции без операндов `distinct`, `join`, `group by`, `order by`, и без агрегирующих функций. Операции на этой стадии отлично параллелизуются и не нагружают базу данных, поскольку каждый сервер читает только ту часть данных, которая хранится у него на жестком диске. Данные обычно распределены равномерно на каждом сервере, что обеспечивает равномерное распределение нагрузки между всеми серверами.

2. Стадия Shuffle. На этой стадии не происходит никаких вычислений, но все данные перемещаются между серверами так, чтобы их можно было использовать для формирования окончательного результата на стадии Reduce. Полное понимание этого шага становится ясным только после вхождения в стадию Reduce.

3. Стадия Reduce. Reduce может вызвать заметные проблемы с производительностью базы данных. Здесь выполняются группирующие операции и операции, записывающие

результат. Некоторые операции не могут выполняться параллельно на нескольких серверах, поэтому для их выполнения необходимо собрать весь объем данных на одном сервере. Если данные не уместятся на один сервер, запрос может вызвать ошибку.

Использование эффективных стратегий запросов и оптимизации для устранения ошибок типа «Out of Memory» — важная задача. Одним из подходов может быть изменение запроса таким образом, чтобы снизить нагрузку на сервер, выполняющий запрос. В приведенном вами примере предлагается создать отдельную таблицу, `CLIENTS_RESULT`, которая будет хранить данные из исходной таблицы `CLIENTS`. Это позволит сократить нагрузку при выводе результатов запроса на сервере.

Эффективный запрос можно представить как:

```
INSERT INTO CLIENTS_RESULT
SELECT * FROM CLIENTS;
COMMIT;
```

При таком подходе таблица `CLIENTS_RESULT` будет храниться на трех серверах, что дает возможность записывать данные с каждого сервера по отдельности. Это может улучшить производительность при обработке запроса и снизить риск возникновения аномалий при правильной обработке операции добавления новых данных.

В таком случае необходимость в централизации данных отсутствует, и все вычисления будут эффективно распределяться. Фаза Map успешно параллелизуется, в то время как фаза Reduce (запись результатов) теперь выполняется распределено на серверах, где данные были изначально прочитаны. Это позволяет избежать этапа Shuffle (передача данных между серверами перед записью результатов), что дополнительно ускоряет вычислительный процесс. Процесс описан на рисунке 3.

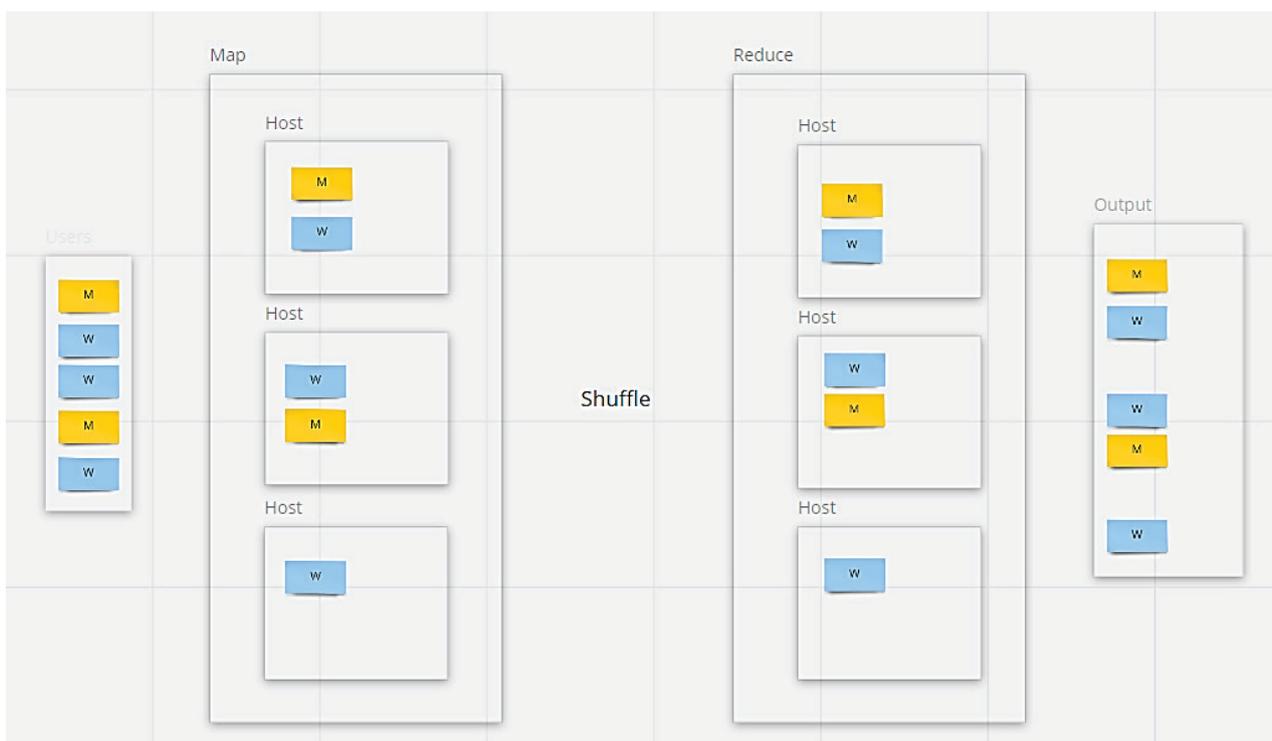


Рис. 3. Процесс выборки и чтения данных по парадигме MapReduce

Таким образом, применение парадигмы MapReduce целесообразно для параллелизации обработки запросов, что повышает скорость обработки при использовании нескольких серверов для обработки обширных данных. Следует отметить, что необходимо учитывать возможные ошибки, которые могут возникнуть при работе с обширными данными, например, при выборке данных в рамках парадигмы MapReduce.

Также стоит упомянуть, что в сфере баз данных существует несколько подходов к использованию больших данных в реляционных и нереляционных СУБД. Один из ключевых аспектов при работе с SQL — масштабируемость и оптимизация. В случае NoSQL проблема оптимизации решается за счет распределения базы данных между несколькими узлами, что улучшает масштабируемость и снижает нагрузку. Для реализации нереляционной СУБД с использованием концепции больших данных применяется ВДА. Главное отличие заключается в горизонтальной масштабируемости и динамической схеме данных, что устраняет необходимость в изменении самих данных.

В представленных источниках упоминается интеграция больших данных в реляционные СУБД, что вызывает трудности с SQL СУБД. Больше предпочтений уделяется NoSQL СУБД из-за их совместимости и открытого исходного кода, который доступен в свободном доступе. Также важную роль играет экономическая эффективность при использовании NoSQL и SQL СУБД, где NoSQL оказывается в 2 раза более эффективной с точки зрения окупаемости. Следовательно, для интеграции больших данных предпочтительнее использовать NoSQL СУБД.

### 5. Реализация подхода SQL в концепции big data, с использованием NoSQL структур.

Для реализации концепции Big Data, можно использовать реляционную СУБД PostgreSQL, которая поддерживает некоторые аспекты, для реализации методов обработки и хранения больших объемов данных.

Один из возможных вариантов реализации на практике данной концепции, это хранение данных в виде объектов, например JSON. При таком подходе, можно достичь структурированности данных и гибкости организации структур с данными, в зависимости от необходимости. Организация данных, как структур или объектов, может дать большую гибкость для модернизации архитектуры хранилища данных или организации какой-либо системы хранения, обработки различной информации.

Для примера реализации концепции big data, был взят набор данных, представляющий собой, информацию о литературных произведениях, с отзывами и рейтингом от различных пользователей, которые взаимодействовали или знают о данной книге или авторе. Также, в данном наборе присутствуют категории, которые относятся к определенным литературным произведениям.

При помощи средств на базе СУБД PostgreSQL, данный набор данных распределен в базе данных data, которая представляет собой примером, как реализация хранения объектно-ориентированной структуры в сфере реляционной базы данных

На рисунке 4 представлена структура базы данных data в СУБД PostgreSQL, в которую входит схема books, содержащая следующий перечень таблиц:

- books.answers;
- books.books;
- books.books\_tags;
- books.ratings;
- books.reviews;
- books.tags.

Каждая таблица в схеме books имеет один атрибут data, представляющий собой тип данных формата JSON. Пример одной записи из таблицы books.books:

```
{«item_id»: 16827462, «URL»: «https://www.goodreads.com/book/show/11870085-the-fault-in-our-stars», «title»: «The Fault in Our Stars», «authors»: «John Green», «lang»: «eng», «img»: «https://images.gr-assets.com/books/1360206420m/11870085.jpg», «year»: 2012, «description»: «There is an alternate cover edition \u0001.\n»I fell in love the way you fall asleep: slowly, then all at once.»\nDespite the tumor-shrinking medical miracle that has bought her a few years, Hazel has never been anything but terminal, her final chapter inscribed upon diagnosis. But when a gorgeous plot twist named Augustus Waters suddenly appears at Cancer Kid Support Group, Hazel's story is about to be completely rewritten.\nInsightful, bold, irreverent, and raw, The Fault in Our Stars is award-winning author John Green's most ambitious and heartbreaking work yet, brilliantly exploring the funny, thrilling, and tragic business of being alive and in love.»}
```

Из вышеприведенного примера можно сделать предположение, что каждая запись в такой таблице может иметь различные объекты в виде ключ-значение, что придает гибкости и неоднородности данных, как при работе с файлами, имеющими ветвистую структуру. Такие объекты могут содержать в себе множество несвязанных между собой пар ключ-значение, что так же ведет к избыточности данных при обработке или хранении полезной информации.

Стоит упомянуть, что данный набор данных из таблицы books.books связан с другими таблицами через пару ключ-значение «item\_id»: value, где «item\_id» — ключ, а value значение, которое может быть представлено как строка, число, ссылка, путь до файла, логическим значением (true/false).

Для работы с такими данными средствами СУБД PostgreSQL представляет следующий пример, приведенный на рисунке 5.

Есть определенные достоинства и недостатки при работе с такой организацией данных:

— При работе с объектами можно использовать ORM системы на примере различных фреймворков, которые поддерживают формат JSON, что в свою очередь избавит разработчика ППО от необходимости работы со строками классической реляционной базы данных;

— Нужно учитывать проблемы с оптимизацией, при выборке огромного набора результирующих строк, не отсортированных или не проиндексированных значений, с подходом выборки значений каждого ключа и преобразованием в строку или число;

Рассмотрим ситуацию, в которой нужно получить из набора данных информацию, которая связана через пару ключ-зна-



Рис. 4. Структура базы данных data и перечнем таблиц в схеме books

```

1 select distinct
2   data->>'item_id' as book_id,
3   data->>'title' as title,
4   data->>'authors' as author
5 from books.books
    
```

Data Output   Сообщения   Notifications

	book_id text	title text	author text
1	48574866	Today Will Be Different	Maria Semple
2	10140384	The Cookbook Collector	Allegra Goodman
3	42002485	Stella by Starlight	Sharon M. Draper
4	15184744	The Shoemaker's Wife	Adriana Trigiani
5	3315115	Born Standing Up: A Comic's Life	Steve Martin
6	5768221	The Children's Book	A.S. Byatt
7	42071244	Reckless (Forever, #6)	Priscilla West
8	17043623	Keep Holding On	Susane Colasanti
9	24961863	Playlist for the Dead	Michelle Falkoff
10	18127772	The Hero's Guide to Saving Your Kingdom (The League of Princes, #1)	Christopher Healy

Рис. 5. Запрос на выборку из таблицы books.books в схеме books

чения в разных файлах на примере таблиц books.books, books.books\_tags и books.tags.

При использовании объектов можно использовать подзапросы для выборки значений в временную таблицу, формирующуюся в подзапросе, и связывать значения напрямую через join конструкции в запросе.

На рисунке 6 приведен запрос, который включает в себя подзапросы из каждой таблицы, которая в блоке where завязывается с другими таблицами через атрибуты, которые находятся в других таблицах.

На рисунке 7 приведен запрос, который напрямую связывает таблицы через join конструкцию, используя равенство пар

ключ-значение в каждой таблице с приравниванием значений атрибутов JSON объекта.

Из выше приведенных примеров, можно сделать вывод о том, что можно использовать разные подходы к выборке, которые удобны для написания компактных запросов, так и для более оптимизированных за счет использования стандартных приемов при работе с СУБД PostgreSQL.

Стоит заметить, что существует множество различных способов оптимизации запросов за счет распараллеливания процессов чтения и записи на несколько кластеров или узлов в базах данных, как пример, использование вышеописанной парадигмы MapReduce и не только.

```

1  select distinct
2      tg.tag,
3      b.title,
4      b.author
5  from(
6      select distinct
7          data->>'item_id' as book_id,
8          data->>'title' as title,
9          data->>'authors' as author
10     from books.books
11 )b,
12 (
13     select distinct
14         data->>'item_id' as book_id,
15         data->>'tag_id' as tag_id
16     from books.books_tags
17 )btg,
18 (
19     select distinct
20         data->>'id' as tag_id,
21         data->>'tag' as tag
22     from books.tags
23 )tg
24 where b.book_id = btg.book_id
25        and tg.tag_id = btg.tag_id
    
```

Total rows: 1000 of 239252    Query complete 00:00:05.847

Рис. 6. Выборка значений с подзапросами

```

1  select distinct
2      tg.data->>'tag' as tag,
3      b.data->>'title' as title,
4      b.data->>'authors' as author
5  from
6      books.books_tags btg
7      left join books.books b on (b.data->>'item_id' = btg.data->>'item_id')
8      left join books.tags tg on (tg.data->>'id' = btg.data->>'tag_id')
9  
```

Data Output    Сообщения    Notifications

	tag text	title text	author text
1	18th century	1776	David McCullough
2	18th century	A Breath of Snow and Ashes (Outlander, #6)	Diana Gabaldon
3	18th century	A Desperate Fortune	Susanna Kearsley
4	18th century	A Modest Proposal	Jonathan Swift
5	18th century	Ahab's Wife, or The Star-Gazer	Sena Jeter Naslund
6	18th century	Alex and Eliza (Alex & Eliza #1)	Melissa de la Cruz
7	18th century	Alexander Hamilton	Ron Chernow
8	18th century	America's First Daughter	Stephanie Dray, Laura Kamoie
9	18th century	An Echo in the Bone (Outlander, #7)	Diana Gabaldon

Total rows: 239252 of 239252    Query complete 00:00:07.513

Рис. 7. Выборка значений с конструкцией join

## Заключение

Исходя из всего вышеперечисленного, можно выдвинуть предположение о том, что концепция больших данных может быть реализована в различных СУБД с использованием неструктурированных данных по типу ключ-значение на примере JSON объектов.

Эти данные имеют разнородную и не структурированную информацию в огромных количествах, что создает проблему при реализации этих данных в традиционных БД, т.к. реляци-

онные СУБД на базе SQL имеют проблемы с масштабируемостью и оптимизацией, ограничивающие возможности при использовании больших данных.

Для реализации big data подойдет реляционная СУБД на базе NoSQL, из-за своего потенциала к масштабируемости и не строгой структуре при разработке схем данных.

Также рассмотрены некоторые возможности для реализации концепции big data в СУБД PostgreSQL с демонстрацией структуры базы данных, состоящей из перечней таблиц, которые содержат в себе объекты формата JSON

## Литература:

1. Век качества. Феномен big data. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenomen-big-data> (дата обращения: 22.10.2022).
2. Д. Е. Намиот и др. International Journal of Open Information Technologies. Стандарты в области больших данных. Д. Е. Намиот, В. П. Куприянов, Д. Е. Николоаев, Зубарева Е. В., URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/standarty-v-oblasti-bolshih-dannyh> (дата обращения: 22.10.2022).
3. Орлов Г. А. и др. Научно-технологические исследования в космических исследованиях Земли. Применение Big Data при анализе больших данных в компьютерных сетях. / Орлов Г. А., Красов А. В., Гольфанд А. М., URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-big-data-pri-analize-bolshih-dannyh-v-kompyuternykh-setyah> (дата обращения: 22.10.2022).
4. Закулисова А. Ю. Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». Big Data: опасности и перспективы. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/big-data-opasnosti-i-perspektivy> (дата обращения: 22.10.2022).
5. Назаренко Ю. Л., European science. Обзор технологии «большие данные» (Big Data) и программно-аппаратных средств, применяемых для их анализа и обработки. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-tehnologii-bolshie-dannye-big-data-i-programmno-apparatnyh-sredstv-primenyayemyh-dlya-ih-analiza-i-obrabotki> (дата обращения: 22.10.2022).
6. Котенко И. В., Ушаков И. А. Базы данных безопасности корпоративной сети: применение SQL и NoSQL технологий // Региональная информатика и информационная безопасность: сборник трудов. 2017. № 4. С. 254–255.
7. Назаров А. Д., Товмасян Н. Д. Цифровой маркетинг как современный тренд // Московский экономический журнал. 2020. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoy-marketing-kak-sovremennyy-trend> (дата обращения: 22.10.2022).
8. Большие данные // Википедия, 2017. URL: [http://ru.wikipedia.org/?oldid=87934960/](http://ru.wikipedia.org/?oldid=87934960) (дата обращения: 29.09.2021).
9. Медетов А. А. Термин Big Data и способы его применения // Молодой ученый, 2016. № 11. С. 207–210.
10. Намиот Д. Е., Шнепс-Шнеппе М. А. Об отечественных стандартах для Умного Города // International Journal of Open Information Technologies. 2016. — Т. 4. — № 7. С. 32–37.
11. BSI Big Data and standards market research, 2016
12. ITU Big Data <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/big-data-standards.aspx> (дата обращения: 28.09.2022).
13. Tene, Omer, and Jules Polonetsky. «Big data for all: Privacy and user control in the age of analytics». Nw. J. Tech. & Intell. (2012): xxvii
14. Smith, John R. «Riding the multimedia big data wave». Proceedings of the 36th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. ACM, 2013.

## Что такое DDM и что диджитал-специалисты должны про него знать

Колосовская Елизавета Валерьевна, студент

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (г. Москва)

Сиразетдинова Юлия Олеговна, студент

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

В эпоху цифровых технологий концепция «больших данных» стала ключевым элементом в развитии маркетинговых стратегий. Большие данные представляют собой огромное количество информации, которая при эффективном анализе может выявить потребительские модели, спрогнозировать рыночные тенденции и обеспечить конкурентное преимущество бизнесу. Преобразующий потенциал аналитики больших

данных заключается в ее способности превращать необработанные данные в режиме реального времени в практические инсайты, оказывая тем самым глубокое влияние на эффективность и прибыльность организации [1]. Аналитика больших данных включает в себя передовые алгоритмы, искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение (МО) для быстрой обработки и интерпретации сложных наборов информации [3].

В этом эссе будет рассмотрена интеграция больших данных в маркетинговые стратегии, начиная с их сбора и заканчивая применением инсайтов, полученных в результате анализа. Более того, в нем будут рассмотрены нюансы платформ управления данными (DMP), синергия онлайн- и офлайн-данных, а также роль использования всего потенциала такого инструмента в бизнесе.

Источники и методы сбора больших данных, являющихся основой любой маркетинговой стратегии, основанной на них, столь же разнообразны, сколь и обширны. В эпоху, когда создание данных распространяется беспрецедентными темпами, маркетологи могут использовать множество как структурированных, так и неструктурированных источников данных. Структурированные источники — это данные, упорядоченные четко и систематически, например, информация в базах, где каждый элемент имеет свое место и формат. Неструктурированные данные не имеют такой организации и включают тексты, видео и данные из соц. сетей, которые сложнее анализировать. Оба вида данных предоставляют важную информацию для понимания рынка и потребительских предпочтений.

Онлайн-каналы обеспечивают непрерывный поток цифровых следов, оставленных потребителями, а офлайн-взаимодействия дают ценную информацию о поведении, каждый из которых способствует целостному представлению о пути потребителя и о рынке в целом. Для эффективного использования этих данных необходимы надежные платформы, способные не только агрегировать и хранить огромные объемы информации, но также обеспечивать ее качество и доступность для анализа. Платформы управления данными (DMP) стали неотъемлемой частью этого процесса, обеспечивая необходимую инфраструктуру для консолидации данных из различных источников, сегментирования аудиторий и облегчения маркетинговых кампаний.

Платформы управления данными представляют собой комплексные системы, которые интегрируют и структурируют огромные потоки данных, проистекающие из множества диджитал- и офлайн-источников. Они применяют алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для обработки и анализа информации, выявляя в них закономерности и стратегически значимые инсайты. Среди ключевых функций DMP — агрегация данных, их сегментация, а также профилирование аудитории, что позволяет оптимизировать таргетинг рекламных кампаний. Важной особенностью DMP является соблюдение протоколов безопасности данных, включая шифрование и контроль доступа. Эффективность DMP обусловлена их способностью к интеграции с другими маркетинговыми технологиями, такими как системы CRM, и платформами автоматизации маркетинга, что обеспечивает создание унифицированной, динамически обновляемой базы данных для принятия обоснованных маркетинговых решений.

Истинное преимущество больших данных заключается в их аналитических возможностях, которые преобразуют разрозненные точки данных в последовательные нарративы, которые стимулируют принятие стратегических решений. Рост аналитики больших данных (BDA) в отрасли был стремительным, ознаменовав переход к более тонкому, основанному на данных подходу к маркетингу, который опирается на ин-

формированное понимание, а не на интуицию [5]. Эти аналитические процессы подкреплены сложными алгоритмами и искусственным интеллектом, которые могут анализировать огромные наборы данных для выявления закономерностей, прогнозирования поведения потребителей и персонализации маркетинговых усилий [3]. Более того, алгоритмы машинного обучения со временем совершенствуют эти процессы, повышая точность маркетинговых кампаний и эффективность распределения ресурсов. Такая расширенная аналитика не только оптимизирует взаимодействие с клиентами, но и совершенствует маркетинговую воронку, обеспечивая повышение качества обслуживания клиентов.

Кроме того, аналитика больших данных способствует более эффективному управлению цепочками поставок, оптимизации ценообразования и разработке новых продуктов. Интеграция BDA с инновационными технологиями, такими как искусственный интеллект, облака и интернет вещей (IoT), дополнительно усиливает их способность приводить к качественному скачку в области маркетинговой аналитики и принятия данных в качестве основы для стратегических решений [9]. В литературе говорится, что организации, инвестирующие в развитие возможностей BDA, лучше способны ориентироваться в сложностях современного рынка, используя данные не только как ресурс, но и как стратегический актив [5].

Реализация маркетинговых стратегий, дополненных большими данными, представляет собой преобразующий процесс, который требует как технологической инфраструктуры, так и стратегического мышления. Он начинается с интеграции анализа больших данных на этапе маркетингового планирования, где выводы, полученные на их основе, используются для формирования маркетинговых целей, определения аудиторных сегментов и адаптации сообщений. Гибкость, обеспечиваемая большими данными, позволяет маркетологам адаптироваться к быстро меняющимся потребительским предпочтениям и динамике рынка, способствуя более гибкому и динамичному подходу к маркетингу [2]. Эта интеграция также служит мостом между онлайн- и офлайн-каналами, создавая единый омниканальный опыт, который соответствует многогранному пути потребителя. Стратегическое применение больших данных выходит за рамки простого привлечения клиентов; оно включает в себя удержание клиентов, где правильная аналитика может прогнозировать будущее поведение потребителей и определять возможности для роста [8].

О реальном применении этих стратегий свидетельствуют компании, которые используют большие данные для совершенствования своих продуктовых предложений, настройки пользовательского опыта и, в конечном итоге, для стимулирования роста доходов. Тем не менее, путь к успешной маркетинговой стратегии больших данных не лишен препятствий; для этого требуется культурный сдвиг внутри организаций, чтобы принять процесс принятия решений на основе данных и приверженность постоянному обучению и адаптации по мере того, как ландшафт данных продолжает развиваться [6].

Помимо технологических триумфов, которые предлагают стратегии маркетинга больших данных, они также порождают сложный комплекс юридических и этических проблем,

с которыми организациям приходится справляться. Использование данных потребителей пересекается со строгими законами о защите данных, такими как Общий регламент по защите данных (GDPR<sup>1</sup>) в Европе, который подчеркивает важность согласия и права на неприкосновенность частной жизни. Этическая маркетинговая практика выходит за рамки соблюдения законодательства; они предполагают ответственное использование данных, прозрачность перед потребителями методов сбора данных и защиту личной информации от взлома. Этическое управление данными — это не просто нормативное требование, но и краеугольный камень доверия потребителей и репутации бренда. Поэтому компании должны внедрить надежные системы управления данными, которые обеспечат этичный сбор, хранение и использование больших данных, с четкой политикой хранения, точности и доступа к ним.

В заключение, маркетинг больших данных возникает не просто как область практики, но и как сдвиг парадигмы в понимании и взаимодействии с потребителями.

#### Литература:

1. Rejeb, Abderahman & Rejeb, K & Keogh, John. (2020). Potential of Big Data for Marketing: A Literature Review. Forthcoming
2. Cavlak, Neslihan & Cop, Ruziye. (2021). The Role of Big Data in Digital Marketing
3. S. Verma, R. Sharma, S. Deb, D. Maitra, Artificial intelligence in marketing: Systematic review and future research direction International Journal of Information Management Data Insights, 1 (1) (2021), Article 100002
4. U. Sivarajah, et al., Critical analysis of Big Data challenges and analytical methods, J. Bus. Res., 70 (2017), pp. 263–286
5. A. Miklosik and N. Evans, «Impact of Big Data and Machine Learning on Digital Transformation in Marketing: A Literature Review», in IEEE Access, vol. 8, pp. 101284–101292, 2020
6. Johnson, D.S.; Sihi, D.; Muzellec, L. Implementing Big Data Analytics in Marketing Departments: Mixing Organic and Administered Approaches to Increase Data-Driven Decision Making. Informatics 2021, 8, 66.
7. Sabharwal, R., Miah, S. J. A new theoretical understanding of big data analytics capabilities in organizations: a thematic analysis. J Big Data 8, 159 (2021).
8. Manko, B. A. (2022). Big data: The effect of analytics on marketing and business. Journal of Information Technology Teaching Cases, 12(2), 223–229.
9. Shabbir, M.Q., Gardezi, S. B. W. Application of big data analytics and organizational performance: the mediating role of knowledge management practices. J Big Data 7, 47 (2020).

## Обзор алгоритмов балансировки нагрузки в облачных вычислительных системах

Пономаренко Дмитрий Николаевич, аспирант  
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону)

*Автоматическая балансировка нагрузки в облачных вычислениях является ключевым элементом обеспечения эффективной работы распределенных вычислительных систем. В статье представлен обзор различных подходов и методов балансировки нагрузки, предложенных отечественными и зарубежными исследователями. Автор рассматриваются статические, динамические и вдохновленные природой методы. Представленный обзор поможет читателям понять суть проблемы балансировки нагрузки в облачных средах, ознакомиться с передовыми методами решения этой задачи, а также узнать о пробелах в данной области исследований.*

**Ключевые слова:** облачные вычисления, планирование задач, балансировка нагрузки.

Облачные вычисления — это парадигма предоставления вычислительных ресурсов, таких как хранилище данных,

серверы, сетевые ресурсы, приложения и услуги, через интернет. Она предполагает предоставление пользователям доступа

<sup>1</sup> Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation) [2016] OJ L 119/1

к этим ресурсам по требованию без необходимости владения и управления физическими вычислительными устройствами. Облачные вычисления предоставляют несколько типов услуг, включая: инфраструктуру как услугу (IaaS), платформу как услугу (PaaS), и программное обеспечение как услугу (SaaS). IaaS предоставляет виртуальные вычислительные ресурсы, такие как виртуальные машины и хранилище данных, PaaS предоставляет средства для разработки приложений и их развертывания, в то время как SaaS предоставляет готовые к использованию программные продукты через облако.

Преимущества облачных вычислений включают гибкость (возможность масштабировать вычислительные ресурсы по требованию), экономичность (предприятия могут платить только за те вычислительные ресурсы, которые они используют), повышенную доступность и безопасность данных, а также упрощенное обслуживание оборудования. В целом, облачные вычисления представляют собой мощный инструмент для бизнеса, промышленности и потребителей, позволяющий им улучшить гибкость, масштабируемость и доступность вычислительных ресурсов.

В облачных вычислениях, где большое количество вычислительных ресурсов может быть масштабировано в режиме реального времени важную роль играет **балансировка нагрузки**. Этот процесс направлен на оптимизацию использования доступных ресурсов и обеспечение равномерного распределения нагрузки между различными серверами и устройствами в целях оптимизации производительности и доступности приложений.

К основным задачам балансировки нагрузки в облачных вычислениях относят:

1. **Оптимизацию производительности:** балансировка нагрузки направлена на обеспечение высокой производительности системы путем равномерного распределения нагрузки между вычислительными узлами. Цель состоит в том, чтобы избежать перегрузок конкретных ресурсов и создать оптимальные условия для обработки запросов от пользователей и приложений.

2. **Масштабирование ресурсов:** балансировка нагрузки также играет важную роль в масштабировании вычислительных ресурсов в облаке. При возрастающей нагрузке система автоматически должна выделять или освобождать вычислительные ресурсы, чтобы обеспечить требуемую производительность. Этот процесс может осуществляться динамически в реальном времени.

3. **Обеспечение отказоустойчивости и надежности:** балансировка нагрузки позволяет повысить доступность системы путем перераспределения нагрузки в случае отказа одного или нескольких вычислительных узлов. Это также включает в себя резервирование и репликацию данных для обеспечения надежности.

4. **Эффективное использование ресурсов:** балансировка нагрузки имеет цель обеспечить эффективное использование вычислительных ресурсов, предоставляя приложениям и пользователям необходимые ресурсы в зависимости от текущей нагрузки. Это помогает сократить издержки на обслуживание и улучшает общую эффективность системы.

Таким образом, балансировка нагрузки в облачных вычислениях играет ключевую роль в обеспечении производительности, доступности и надежности вычислительных ресурсов,

а также в оптимизации использования этих ресурсов для удовлетворения требований пользователей и приложений путем обеспечения непрерывной доступности приложений и услуг.

Методы балансировки нагрузки можно классифицировать на **статические**, **динамические** и методы, **вдохновленные природой**.

**Статическая** балансировка нагрузки основана на заранее определенных правилах и стратегиях распределения нагрузки между вычислительными ресурсами. Статические методы подразумевают предопределенные настройки и конфигурации, которые обычно не меняются в реальном времени, если только нет необходимости в ручном вмешательстве.

**Динамическая** балансировка нагрузки основывается на изменяющихся условиях и требованиях. Она изменяет распределение нагрузки в реальном времени в зависимости от мониторинга нагрузки, производительности и доступности ресурсов. Динамические методы обычно автоматизированы и могут использовать технологии машинного обучения или алгоритмы обратной связи для адаптации к изменениям в нагрузке и ресурсах.

Методы балансировки нагрузки, **вдохновленные природой**, часто опираются на аналогии из природных систем и биологических организмов для улучшения эффективности распределения нагрузки.

В облачных вычислениях все категории методов могут использоваться как самостоятельно, так и в комбинации друг с другом в зависимости от потребностей системы. Некоторые сценарии могут требовать статической балансировки для более предсказуемых и стабильных нагрузок, в то время как динамическая балансировка может быть эффективной для поддержания отзывчивости системы в условиях изменчивой и непредсказуемой нагрузки.

Рассмотрим некоторые алгоритмы балансировки нагрузки, предложенные в современной литературе.

### Алгоритм циклического перебора Round Robin (RR)

Балансировка нагрузки на основе алгоритма RR является одним из простых и широко используемых методов для распределения нагрузки между серверами в облачных системах. Этот алгоритм подразумевает циклическое распределение запросов между доступными серверами по круговой схеме. Хотя метод RR прост в реализации, его недостаток состоит в том, что он не учитывает различную производительность или нагрузку серверов, что может привести к неравномерному распределению нагрузки и потере эффективности.

Улучшение RR с использованием подхода генетического алгоритма (**RRGA**) представлено в работе [1]. Чтобы решить проблему RR, этот подход распределяет запросы путем сканирования хеш-карты, которая содержит все виртуальные машины. Если виртуальная машина доступна, задача распределяется, в противном случае лучшая виртуальная машина будет выбрана путем анализа наиболее подходящих задач с использованием GA. Результаты показывают, что алгоритм значительно сокращает время отклика серверов. Однако GA имеет тенденцию усложняться, когда пространство поиска увеличивается.

Исследователи в статье [2] улучшили качество обслуживания в облачных приложениях, приняв во внимание проблему пакетной рабочей нагрузки. Это проблема балансировки нагрузки, которая возникает из-за внезапного увеличения числа пользователей облачных сервисов. Таким образом, предлагается алгоритм адаптивной балансировки нагрузки (**Adaptive LB (RR + Random)**) для обеспечения равномерного распределения полученных задач по виртуальным машинам при большой (периодической) нагрузке путем переключения между Random (если рабочая нагрузка нормальная) и RR (если рабочая нагрузка низкая) политиками планирования задач.

**Взвешенный циклический алгоритм (WRR)** [3] — подход, аналогичный традиционному RR, однако этот алгоритм учитывает вес каждого узла. Хотя этот алгоритм отлично подходит для оценки времени ожидания, он не учитывает различную длину задач, которые необходимо выделить для соответствующей виртуальной машины.

Авторы [4] предложили метод, известный как метод **МЕМА**, который учитывает запросы с приоритетом (все запросы делятся на обычные и срочные). Данный метод использует алгоритм взвешенного циклического перебора (WRR), при котором каждая виртуальная машина отправляет свой вес на сервер (который называется балансировщиком нагрузки), чтобы определить количество запросов, которые можно выделить на эту машину. Подход имеет ограничение в виде большего времени выполнения по сравнению с WRR.

### Дроссельный алгоритм (TA)

В TA алгоритме балансировщик нагрузки поддерживает таблицу индексов виртуальных машин, а также их состояния (например, доступна/занята/ожидает). Если виртуальная машина доступна и имеет достаточно места, задача принимается и распределяется для этой виртуальной машины. Если доступная виртуальная машина не найдена, запрос ставится в очередь. По-

добно традиционному алгоритму TA, **модифицированный алгоритм регулирования (MTA)**, предложенный в работе [5] поддерживает индексную таблицу всех виртуальных машин вместе с их состояниями, однако авторы экспериментировали в отношении времени отклика и использования виртуальных машин, выбирая виртуальную машину по первому индексу, если она доступна. После выбора первого индекса происходит перемещение виртуальных машин. Это отличается от традиционного TA, где первая виртуальная машина выбирается каждый раз при поступлении запроса.

Исследователи в [6] представили **приоритетный** подход, основанный на модифицированном алгоритме регулирования (**PMTA**) с улучшенным временем выполнения по сравнению с существующим алгоритмом. Он фокусируется на распределении входящих задач с использованием очереди переключения, чтобы остановить выполнение задач с низким приоритетом и сначала запустить задачи с высоким приоритетом, а также распределить равную рабочую нагрузку между несколькими виртуальными машинами. Хотя этот подход улучшил время отклика и время ожидания по сравнению с существующими алгоритмами TA и RR, он все равно может привести к простаиванию и увеличению времени отклика для заданий с низким приоритетом [7]. На рисунке 1 приведена блок-схема работы дроссельного алгоритма.

### Алгоритм равномерного распределения текущего исполнения (ESCE)

ESCE — это динамический алгоритм балансировки нагрузки. Он рассматривает размер задания как приоритет, а затем случайным образом распределяет рабочую нагрузку на виртуальную машину с небольшой нагрузкой. ESCE зависит от использования очереди для хранения запросов и распределения нагрузки на виртуальные машины. Распространенной проблемой этого алгоритма нагрузки является то, что он может вызвать накладные расходы при обновлении таблицы индексов.

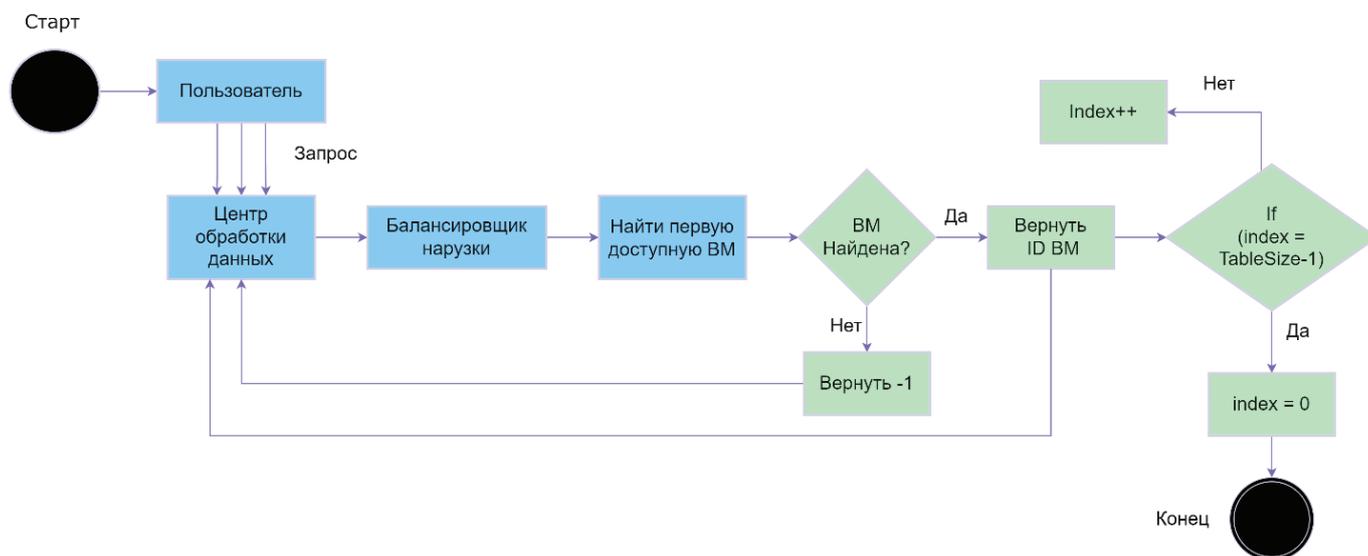


Рис. 1. Блок-схема работы дроссельного алгоритма

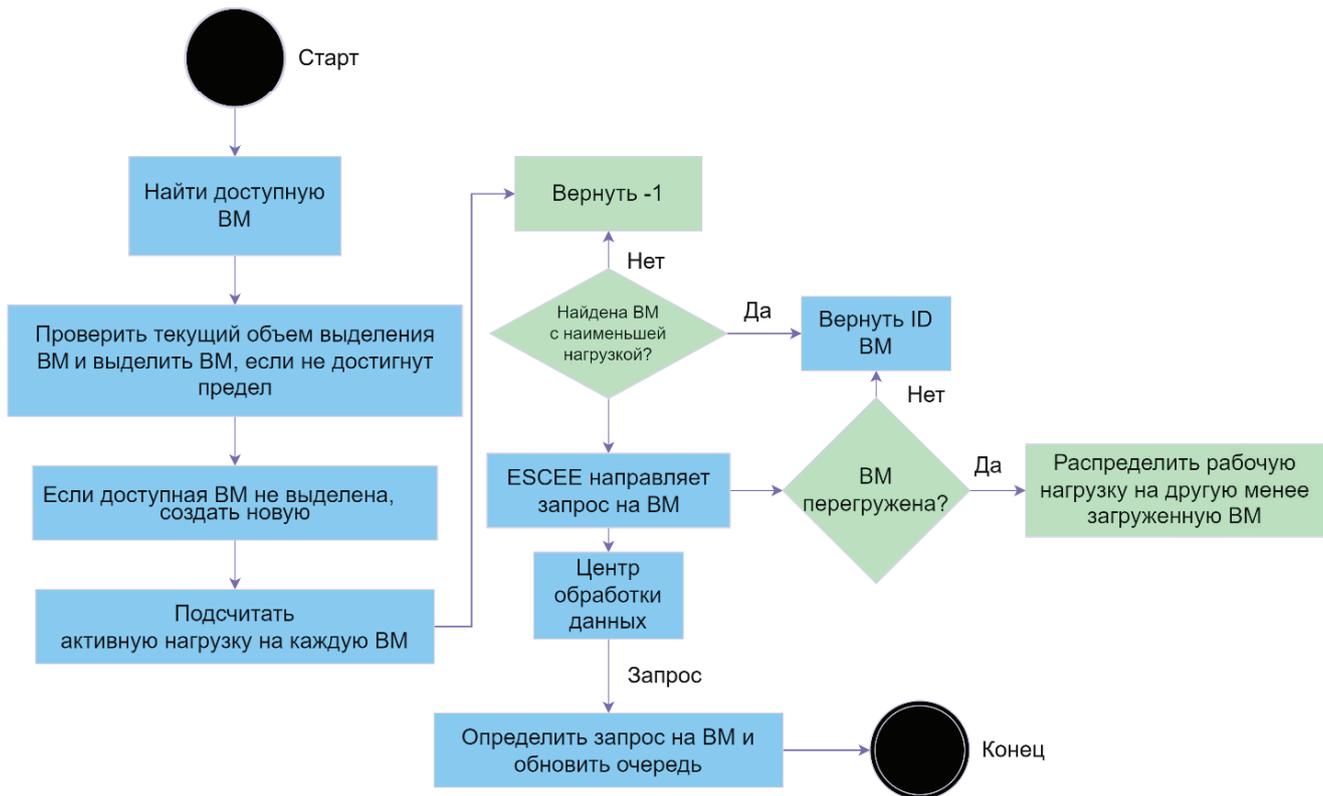


Рис. 2. Блок-схема работы алгоритма равномерного распределения текущего исполнения

На рисунке 2 представлена блок-схема работы алгоритма равномерного распределения текущего исполнения.

**Гибридный подход (Hybrid LB (TA & ESCE))**, сочетающий в себе как ESCE, так и TA, предложен авторами в [8] для сокращения времени ответа в облачных вычислениях. Балансировщик хранит список пользовательских запросов и просматривает этот список в поисках доступной виртуальной машины. В отличие от TA, где он возвращает 1, если виртуальные машины заняты, ESCE используется для поиска машины с минимальной нагрузкой и назначения ей задачи. Другой аналогичный подход, предложенный авторами в [9] — **Enhanced LB (TA и ESCE)** предназначен для дальнейшей оптимизации ресурсов. Вместо того, чтобы сохранять очередь на случай, если виртуальные машины заняты, он стремится использовать функцию создания нового хоста, чтобы сократить время ожидания в очереди. Оба алгоритма хороши для сокращения времени отклика, однако оба не учитывают миграцию виртуальной машины в случае возникновения какой-либо неисправности.

Другой **гибридный подход с использованием TA и ESCE (LBHM)** предложен в [10] для уменьшения времени ожидания при увеличении количества задач. В отличие от рассмотренных ранее подходов, гибридная модель балансировки нагрузки использует пороговое значение для каждой виртуальной машины, определяемое на основе ее емкости. Однако метод не может хорошо работать в случае отказа узлов.

Аналогичный подход предлагается в работе [11] — **Hybrid Approach (TA & ESCE)**. Алгоритм предлагает сохранять пороговое значение в качестве приоритета для каждой виртуальной машины для равномерного распределения рабочей нагрузки.

Помимо сокращения времени отклика, это также выгодно с точки зрения низкой стоимости.

### Балансировка нагрузки на основе алгоритма медоносных пчел Honey Bee (HB)

Алгоритм балансировки нагрузки HB в облачных вычислениях вдохновлен поведением пчел в природе и использует аналогии из их системы для эффективного распределения нагрузки между узлами в облачной среде. Этот алгоритм основан на идее коллективной интеллектуальной системы, где группа «пчел» (или агентов) работает вместе для оптимизации баланса нагрузки. Принцип включает следующие шаги:

1. Инициализация улья (колонии): первоначально формируется «улей» (или группа агентов), который представляет собой популяцию виртуальных «пчел». Эти агенты могут представлять узлы облачной инфраструктуры, способные выполнять вычисления или обрабатывать запросы.

2. Выбор исходного узла: начиная с появления нового запроса или задачи, алгоритм HB может выбрать исходный узел или набор узлов для обработки этой задачи. Выбор исходного узла может осуществляться на основе доступности ресурсов, текущей нагрузки и других факторов.

3. Распределение задач — алгоритм может использовать механизм коммуникации и совместной работы агентов (пчел) для принятия решения о том, как распределить задачу между узлами. Это может включать обмен информацией о доступности ресурсов, пропускной способности сети, текущей нагрузке и т.д.

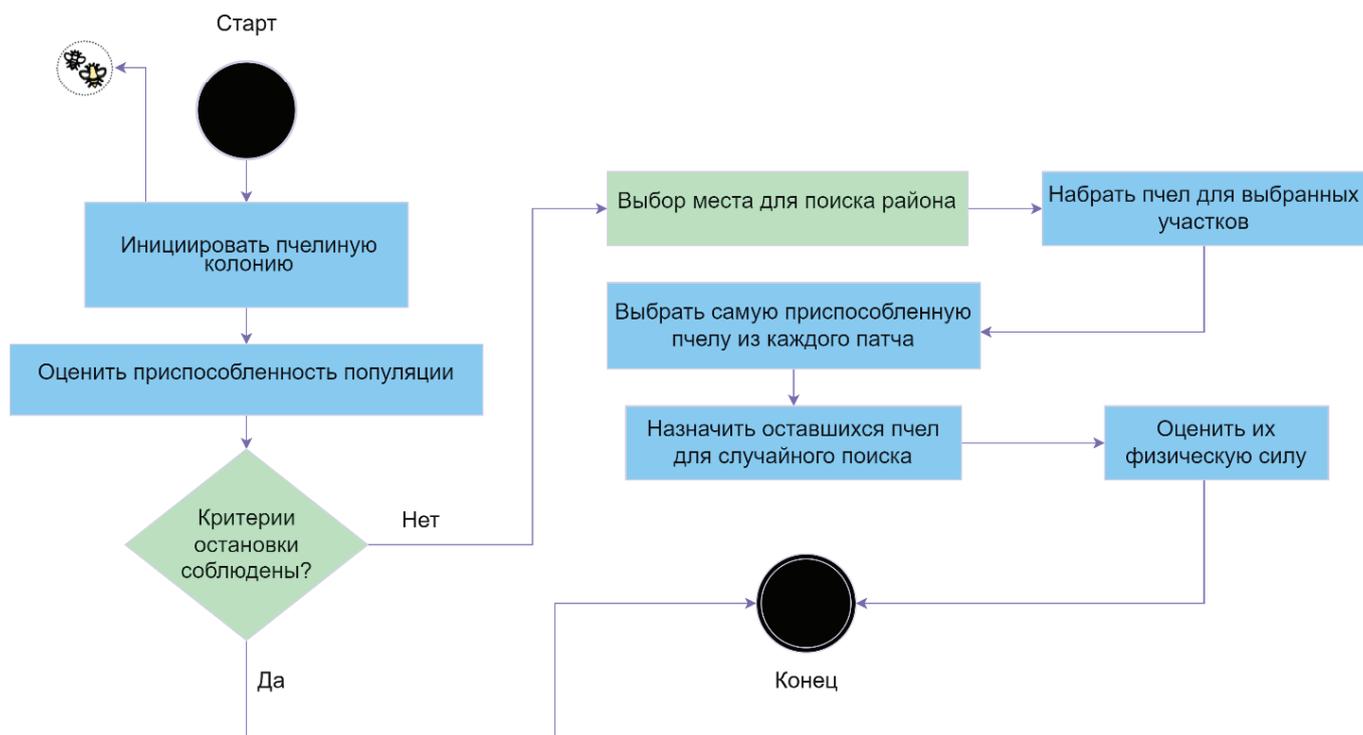


Рис. 3. Блок-схема работы алгоритма медоносных пчел

4. Обратная связь и адаптация — в процессе выполнения задач алгоритм может получать обратную связь от узлов и постепенно адаптировать свои решения, чтобы улучшить балансировку нагрузки и эффективность системы в целом.

Преимущества алгоритма НВ включают способность агентов работать коллективно для адаптации к изменяющейся нагрузке, оптимизация распределения задач в зависимости от ресурсов и пропускной способности, а также устойчивость к отказам. Однако, как и с любым методом балансировки нагрузки, важно учитывать, что реализация этого алгоритма может потребовать дополнительных вычислительных ресурсов и сложностей в управлении коллективной системой.

Алгоритмы на основе НВ предложены в работах [12], [13], [14]. Усовершенствование алгоритма НВ сделано в [15], в работе предложен алгоритм **Honey Bee Behavior Load Balancing (HBB-LB)**, где также учитывается приоритет задания. Алгоритм предназначен для сокращения времени поиска при распределении задач. После расчета нагрузки каждой виртуальной машины публичное облако разделяется на три сектора — недогруженный, сбалансированный и перегруженный. Затем алгоритм вычисляет разницу между нагрузками, исходя из того, что если она больше нуля, то перемещение ВМ из одного сектора в другой не требуется. Он также рассматривает скорость и стоимость как приоритетные значения для виртуальных машин, однако не предоставляет решение для случая двух схожих приоритетов.

Авторами [16] предлагается **гибридный подход алгоритмов НВ и RR (НВ + RR)**. Работа объясняет, как этот эволюционный алгоритм можно использовать для эффективной балансировки нагрузки в контексте поведения пчел. Подход направлен на решение приоритетной проблемы алгоритма НВ, однако исполь-

зование RR по-прежнему будет вызывать проблемы с многозадачностью из-за статического кванта, используемого в этом алгоритме.

### Балансировка нагрузки на основе генетического алгоритма

Генетические алгоритмы балансировки нагрузки в облачной среде используют концепции из генетики и эволюции для оптимизации распределения нагрузки между серверами. Основная суть заключается в создании популяции потенциальных решений (как в случае с генами в генетике) и применении операций мутации, скрещивания и отбора для создания и улучшения оптимальных распределений нагрузки.

**Генетический алгоритм (GA)** предложен в [17]. Алгоритм работает хорошо, поскольку он не фокусируется на одной точке и решает проблему нехватки ресурсов, что приводит к многокритериальной оптимизации. Однако алгоритм GA имеет тенденцию усложняться при увеличении пространства поиска, что делает его трудоемким [18].

В [19] авторы предложили объединить GA с алгоритмом локального поиска гравитационной эмуляции (GLS), создав гибридный подход, известный как **GA-GEL**. Алгоритм GLS демонстрирует гравитационное притяжение в пространстве, где задействован поиск. Используя рассчитанное значение скорости хромосомы, этот алгоритм иницирует популяцию для GA. Аналогично GA, где для отбора используется пригодность, применяются скрещивание и мутация. Такой подход значительно сократил время ответа, однако авторы не рассматривают какой-либо приоритет запроса.

### Балансировка нагрузки на основе алгоритма роя частиц (PSO)

Алгоритм на основе PSO предложен в [20]. Он демонстрирует естественное скопление популяции. Например, при моделировании кормового поведения птиц или «уток, собирающихся в поисках еды». Популяцией здесь называется рой, а частицы — это утки, представляющие особей в рое. Эти частицы будут пе-

ремещаться глобально, используя заданную скорость, и, таким образом, могут изменить и обновить ситуацию. Доказано, что этот тип оптимизатора очень полезен в приложениях нейронных сетей. Он похож на генетический алгоритм, однако PSO имеет более простые правила, чем GA, поскольку он не выполняет никаких операций мутации или скрещивания. PSO стремится найти оптимальное решение путем выполнения итераций и использует функцию пригодности для оценки качества решения.

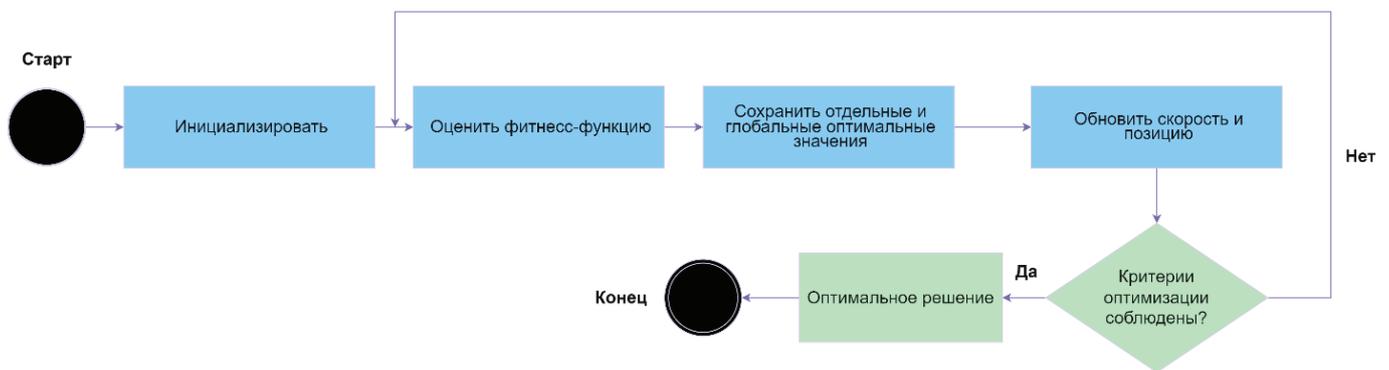


Рис. 4. Блок-схема работы алгоритма роя частиц (PSO)

В [21] предложена оптимизация роя частиц для построения алгоритма решения проблемы балансировки нагрузки в виртуальной среде. Целью данного исследования является ограничение времени выполнения заданий. В [22, 23] оптимизация роя частиц предлагается для уменьшения среднего времени выполнения работ и повышения коэффициента доступности активов.

### Балансировка нагрузки на основе алгоритма оптимизации муравьиной колонии (ACO)

Оптимизация муравьиной колонии (ACO): Мотивация алгоритма оптимизации муравьиной колонии основана на поведении муравьев во время охоты за едой. Муравьи беспорядочно путешествуют в поисках еды, и когда они возвращаются, они выделяют определенное количество химических веществ, известных как феромоны. Такое количество определяет кратчайший путь от гнезда к источнику пищи, по которому могут следовать другие муравьи. Хотя этот подход хорош для оптимизации ресурсов, он приводит к замедлению времени отклика и производительности.

Чтобы обеспечить эффективное планирование и равномерное распределение между серверами, авторы [24] представили гибридный алгоритм, сочетающий ACO с алгоритмом приоритета ABC (ACO\_ABC) для более высокой производительности. Приоритет присваивается задачам на основе критерия кратчайшего задания. Подобно поведению муравьев и пчел, между узлами устанавливается кратчайшее расстояние. Предлагаемый алгоритм сокращает время ответа, однако требует дальнейшего совершенствования для сокращения времени обработки в центре обработки данных.

Другой подход, в котором ACO используется для динамической балансировки нагрузки (Dynamic Novel Approach ACO),

предложен в работе [25]. Муравьи (BM) генерируются в случае недогрузки или перегрузки в облаке, а затем применяется процедура поиска для поиска лучшего узла-кандидата для балансировки. Алгоритм обеспечивает высокий уровень качества обслуживания в облаке, однако тестирование производительности, гарантирующее это, не проводится.

НАСОВЕЕ, предложенный в [26] представляет собой гибридный алгоритм, сочетающий ACO и искусственную пчелиную колонию, где муравьи определяют нагрузку, а пчелиная колония находит наиболее подходящую виртуальную машину для распределения задач. Метод также сначала использует самое короткое задание, чтобы определить приоритет задач на этапе инициализации. Алгоритм хорош для сокращения времени отклика, однако он может не работать в динамической среде.

Балансировка нагрузки со взвешенным активным мониторингом (WAMLB) [27] — этот подход хорошо работает для гетерогенной среды, где вес каждой виртуальной машины рассчитывается с учетом ее пропускной способности, количества процессоров и скорости. Выбирается виртуальная машина с наибольшим весом, идентификатор отправляется в центр обработки данных, а таблица распределения обновляется. Этот подход направлен на сокращение времени отклика в облаке, однако не учитывает загруженность виртуальных машин.

Улучшенный центральный балансировщик нагрузки [28] — этот алгоритм использует систему приоритетов для сокращения потерь ресурсов в облачном центре обработки данных. Метод позволяет системе выбрать лучшую виртуальную машину для обслуживания поступающих запросов, что сокращает время ответа и стоимость по сравнению с ACO, однако авторы не делятся информацией о том, как работает выбор приоритета в этом подходе.

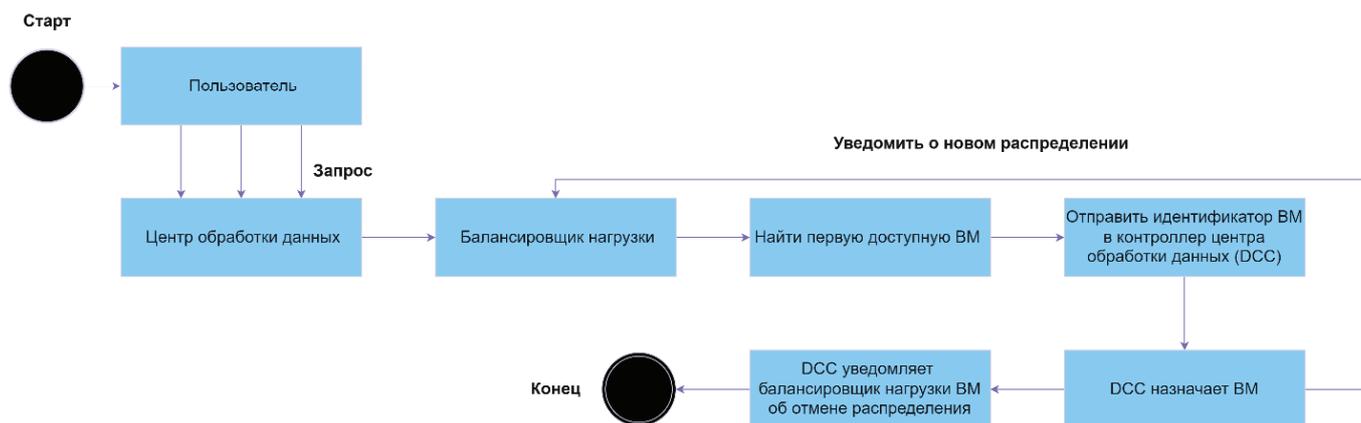


Рис. 5. Блок-схема балансировка нагрузки со взвешенным активным мониторингом

**Эвристический алгоритм балансировки нагрузки (HBLBA)** для модели IaaS представлен в [29]. Он направлен на решение проблемы неправильного распределения задач между виртуальными машинами путем настройки серверов в зависимости от количества задач, размера и совместимости виртуальных машин, чтобы повысить эффективность и найти подходящую виртуальную машину. Этот подход отлично работает для небольшого количества задач, поэтому может быть неэффективным, когда в системе большое количество задач. Также использование дополнительной информации о конфигурации может замедлить процесс.

В работе [30] обсуждается гибридная стратегия балансировки, известная как **HSLJF**. Предложенная концепция представляет собой смесь Shortest Job First (SJF) и алгоритма Longest Job First (LJF), учитывающую как продолжительность задачи, так и нагрузку на ресурсы. Задачи сортируются в две очереди, одна для коротких задач, другая для длительных, с целью максимизации использования ресурсов. Тем не менее, данный метод не учитывает затраты на выполнение задач на облачных ресурсах.

**Сервисный брокер с учетом динамической стоимости нагрузки (DCLASB)** [31] — для обеспечения высокого качества обслуживания авторы в этом исследовании предложили динамический алгоритм, который учитывает задержку сети для балансировки нагрузки. Виртуальные машины сортируются по скорости, VM выбирается по длине запроса. Выбирается дата-центр с наименьшим временем обработки, сравнивается задержка и рассматривается дата-центр с наименьшими затратами. Алгоритм позволяет добиться эффективной производительности в облаке, однако он не учитывает приоритеты запросов пользователей.

### Некоторые работы по многоуровневой балансировке нагрузки

Многоуровневая балансировка нагрузки в облачной среде — это подход, который учитывает несколько уровней абстракции и управления ресурсами для эффективного распределения рабочей нагрузки в облаке. Этот метод балансировки нагрузки используется для оптимизации использования ресурсов и по-

вышения производительности системы в условиях разнообразных и динамических рабочих нагрузок.

На самом высоком уровне многоуровневой архитектуры облачной среды располагается планирование и управление общими ресурсами облака. Этот уровень обычно включает глобальную координацию и выделение ресурсов между различными клиентами и приложениями.

На следующем уровне находится балансировка нагрузки между различными центрами обработки данных и серверами. Здесь осуществляется распределение рабочих задач и обработка запросов на уровне конкретных компонентов облачной инфраструктуры.

Далее, многоуровневая балансировка нагрузки может включать управление и распределение нагрузки на уровне отдельных вычислительных узлов, таких как физические серверы, виртуальные машины или контейнеры.

В исследовании [32] представлен новый **динамический и интегрированный алгоритм планирования ресурсов (DAIRS)** для балансировки виртуальных машин в облаке. Этот алгоритм учитывает процессор, память и пропускную способность сети в качестве интегрированного ресурса с учетом их весовых коэффициентов. В рамках этого исследования была разработана новая метрика — средний уровень дисбаланса всех хостов для оценки производительности при планировании нескольких ресурсов. DAIRS является одним из ранних алгоритмов, которые исследовали различные типы ресурсов, рассматривая их как интегрированную ценность. Однако главным недостатком DAIRS является игнорирование коммуникационных издержек миграции.

Авторы [33] предложили схему балансировки нагрузки, действующую на трех уровнях: Центр Обработки Данных, хост и обрабатываемые элементы. Балансировка облака контролируется физическим ресурсным объектом, включая центры обработки данных, хосты и PE (процессорные элементы), используя минимальные значения стандартного отклонения. Стандартное отклонение нагрузки может быть увеличено или уменьшено по сравнению с исходным состоянием перед планированием.

Исследователи в [34] предложили балансировку нагрузки в трехуровневой архитектуре облачных вычислений. Третий уровень представляет собой сервисный узел, используемый

для выполнения подзадачи, в то время как второй уровень — это диспетчер служб, который обычно разделяет задачу на несколько логически независимых подзадач.

Другой кластерный алгоритм балансировки нагрузки в облачных средах предложен в работе [35] и предназначен для нескольких ведущих и нескольких ведомых архитектур (MMMS), где сеть делится на кластеры с использованием алгоритма кластеризации таким образом, что каждый узел (ведущий) в сети принадлежит ровно одному кластеру. Новые узлы, входящие в сеть, назначаются существующему кластеру или новому кластеру, если существующий кластер полностью занят, в соответствии с используемой стратегией кластеризации.

Из актуальных **отечественных исследований** можно выделить работы Хантимирова Р.И. [36,37]. Согласно выводам данного исследователя, производительность ранее реализованных алгоритмов балансировки нагрузки в облачных вычислениях не соответствует требованиям этой среды. В связи с этим планируется внести изменения в алгоритмы экспоненциального плавного прогноза, алгоритм Weighted Least Connection и Макс-Мин алгоритм балансировки нагрузки, с целью повышения их производительности и улучшения общей производительности облака.

Исследователь Петров Д.Л. [38] предложил алгоритм балансировки нагрузки (ВАТ), сокращающий интервал времени отклика и выполняющий балансировку нагрузки без какой-либо задержки по времени. Алгоритм также может эффективно распределять нагрузку на несколько виртуальных машин.

В работах [39,40,41] исследователь Ходар А.А. предлагает новый генетический алгоритм оптимального распределения новых виртуальных ресурсов, отличающийся реализацией древовидной структуры хромосом с сохранением высоконагруженных узлов, обеспечивающий повышение качества балансировки нагрузки и уменьшение динамического перемещения ресурсов, а также алгоритм оптимального распределения задач на виртуальные машины, отличающийся применением процедуры оптимизации роя частиц и обеспечивающий нахождение оптималь-

ного решения не только с точки зрения издержек, но и с точки зрения общего времени выполнения. Автор отмечает, что направления дальнейших исследований могут заключаться в разработке новых подходов к исследованию состояний нагрузок узлов системы с использованием нескольких центров обработки данных.

Спицын А.А. в [42,43,44] предлагает эвристический алгоритм планирования задач в облаке с полиномиальной по времени сложностью, отличающийся декомпозицией больших задач на подзадачи по специальному критерию и обеспечивающий соблюдение регламентных сроков исполнения задач, кроме того автор описывает иерархическую стратегию балансировки нагрузки для облачных многокластерных центров обработки данных, отличающуюся приоритизацией локальной балансировки нагрузки сначала внутри кластера, а затем внутри центра обработки данных и обеспечивающей уменьшение среднего времени отклика и служебных издержек межкластерной коммуникации.

## Вывод

На основании рассмотренной литературы можно сделать вывод, что все еще существуют открытые исследовательские вопросы, которые предстоит решить в будущем. В качестве областей улучшения алгоритмов балансировки нагрузки в будущих исследованиях можно выделить: *отказоустойчивость* — большинство рассмотренных алгоритмов, не учитывают возможные сбои в системе; *миграцию задач* — процесс все еще требует больших затрат времени; некоторые подходы по-прежнему приводят к увеличению *времени ожидания* из-за используемых базовых статических алгоритмов, таких как RR.

Также стоит отметить пробелы в исследованиях, посвященных многоуровневой балансировки нагрузки в среде облачных вычислений. Далекое не все исследования учитывают динамическую изменчивость нагрузки, выстраивают согласованность между различными уровнями и рассматривают аспект безопасности.

## Литература:

1. Kaurav, N.S., Yadav, P., 2019. A genetic algorithm based load balancing approach for resource optimization for cloud computing environment. *Int. J. Inf. Comput. Sci.* 6 (3), 175–184.
2. Issawi, S.F., Al Halees, A., Radi, M., 2015. An efficient adaptive load balancing algorithm for cloud computing under bursty workloads. *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.* 5 (3), 795–800.
3. Moly, M.I., Hossain, A., Lecturer, S., Roy, O., 2019. Load balancing approach and algorithm in cloud computing environment. *Am. J. Eng. Res.* 8 (4), 99–105.
4. Manaseer, S., Alzghoul, M., Mohmad, M., 2019. An advanced algorithm for load balancing in cloud computing using MEMA technique. *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.* 8 (3), 36–41.
5. Nayak, P., Vania, J., 2015. Load Balancing using Modified Throttled Algorithm. *IJSRD — Int J. Sci. Res. Dev.* 3 (03), 3614–3616.
6. Ghosh, S., Banerjee, C., 2016. Priority Based Modified Throttled Algorithm in Cloud Computing. *Proc. Int. Conf. Inven. Comput. Technol. ICICT 2016, 2016.* <https://doi.org/10.1109/INVENTIVE.2016.7830175>.
7. Shafiq, D.A., Jhanjhi N. Z., Azween A., 2021. Load balancing techniques in cloud computing environment: A review. *Journal of King Saud University — Computer and Information Sciences* 34 (2022) 3910–3933
8. Sachdeva, R., Kakkar, S., 2017. A Novel Approach in Cloud Computing for Load Balancing Using Composite Algorithms. *Int. J. Adv. Res. Comput. Sci. Softw. Eng.* 7 (2), 51–56. <https://doi.org/10.23956/ijarcsse/v7i2/0119>.
9. Subalakshmi, S., Malarvizhi, N., 2017. Enhanced hybrid approach for load balancing algorithms in cloud computing. *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.* 2 (2), 136–142.

10. Rathore, J., Keswani, B., Rathore, V.S., 2018. An efficient load balancing algorithm for cloud environment. *J. Invent. Comput. Sci. Commun. Technol.* 4 (1), 37–41.
11. Aliyu, A.N., Souley, P.B., 2019. Performance analysis of a hybrid approach to enhance load balancing in a heterogeneous cloud environment. *Int. J. Adv. Sci. Res. Eng.* 5 (7), 246–257. <https://doi.org/10.31695/ijasre.2019.33430>.
12. Babu, K. R. R., Joy, A.A., Samuel, P., 2015. Load Balancing of Tasks in Cloud Computing Environment Based on Bee Colony Algorithm, *Proc. — 2015 5th Int. Conf. Adv. Comput. Commun. ICACC2015*, pp. 89–93, doi: 10.1109/ICACC.2015.47.
13. Hashem, W., Nashaat, H., Rizk, R., 2017. Honey Bee based load balancing in cloud computing. *KSI Trans. Internet Inf. Syst.* 11 (12), 5694–5711. <https://doi.org/10.3837/tiis.2017.12.001>.
14. Khataavkar, B., Boopathy, P., 2017. Efficient WMaxMin static algorithm for load balancing in cloud computation. *Int. Conf. Innov. Power Adv. Comput. Technol. i-PACT2017*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IPACT.2017.8245166>.
15. Ehsanimoghadam, P., Effatparvar, M., 2018. Load balancing based on bee colony algorithm with partitioning of public clouds. *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.* 9 (4), 450–455. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090462>.
16. Kiritbhai, P.B., Shah, N.Y., 2017. Optimizing Load Balancing Technique for Efficient Load Balancing. *Int. J. Innov. Res. Technol.* 4 (6), 39–44.
17. Sharma, N., Singh, J., Bajaj, R., 2019. Genetic load balancing algorithms in cloud environment, *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, 8(9) Special Issue 4, pp. 98–103, 2019, doi: 10.35940/ijitee.I1114.0789S419
18. Katyal, M., Mishra, A., 2013. A Comparative study of load balancing algorithms in cloud computing environment, *Int. J. Distrib. Cloud Comput.*, 1(2), 2013, doi: 10.17485/ijst/2016/v9i20/85866.
19. Parmesivan, Y. A. P., Hasan, S., Muhammed, A., 2018. Performance Evaluation of Load Balancing Algorithm for Virtual Machine in Data Centre in Cloud Computing, *Int. J. Eng. Technol.*, 7(4.31), pp. 386–390.
20. Aslam, S., Shah, M.A., 2015. Load Balancing Algorithms in Cloud Computing: A Survey of Modern Techniques,” 2015 Natl. Softw. Eng. Conf. (NSEC2015), pp. 30–35.
21. Liu Z., Wang X. A pso-based algorithm for load balancing in virtual machines of cloud computing environment. *Advances in Swarm Intelligence*, ser. Lecture Notes in Computer Science, Berlin, Heidelberg, Springer. 2012. Vol. 7331, pp.142–147.
22. Zhan S., Huo H. Improved PSO-based task scheduling algorithm in cloud computing. *Journal of Information and Computational Science*, 2012. 9(13), pp.3821–3829.
23. Liu J., Guo Luo X., Zhang X. M. F. Job scheduling algorithm for cloud computing based on particle swarm optimization. *Advanced Materials Research*, 2013. 662, pp.957–960.
24. Kumar, R., Prashar, T., 2015. Performance Analysis of Load Balancing Algorithms in Cloud Computing, *Int. J. Comput. Appl.* (0975–8887), 120(7), pp. 19–27.
25. Selvakumar, A., Gunasekaran, D.G., 2017. A Novel Approach in Load Balancing for Dynamic Cloud Environment Using Aco. *Int. J. Pure Appl. Math.* 116 (5), 67–72.
26. Singh, G.S., Vivek, T., 2016. Implementation of A Hybrid Load Balancing Algorithm for Cloud Computing. *Int. J. Adv. Technol. Eng. Sci.* 3 (1), 73–81.
27. Singh, A.N., Prakash, S., 2018. Wamlb: weighted active monitoring load balancing in cloud computing. *Adv. Intell. Syst. Comput.* 654 (January), 677–685. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6620-7\\_65](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6620-7_65).
28. Kaur, S., Sharma, T., 2018. Efficient load balancing using improved central load balancing technique, *Proc. 2nd Int. Conf. Inven. Syst. Control. ICISC2018*, pp. 1–5, doi: 10.1109/ICISC.2018.8398857.
29. Adhikari, M., Amgoth, T., 2018. Heuristic-based load-balancing algorithm for IaaS cloud. *Futur. Gener. Comput. Syst.* 81, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.10.035>.
30. Alworafi, M. A., Dhari, A., El-Booz, S. A., Nasr, A. A., Arpitha, A., 103 and Mallappa, S., «An enhanced task scheduling in cloud computing based on hybrid approach,» in *Data Analytics and Learning*. Springer, 2019, pp. 11–25.
31. Rekha, P.M., Dakshayini, M., 2018. Dynamic Cost-Load Aware Service Broker Load Balancing in Virtualization Environment, *Int. Conf. Comput. Intell. Data Sci. (ICCIDS2018)*, vol. 132, pp. 744–751, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.05.086.
32. Tian, W., Zhao, Y., Zhong, Y., Xu, M., Jing, C.: A dynamic and integrated load-balancing scheduling algorithm for cloud datacenters. In: 2011 IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems 104 (CCIS), pp. 311–315. IEEE (2011).
33. Malhotra, M., Singh, A.: Adaptive framework for load balancing to improve the performance of cloud environment. In: 2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology (CICIT), pp. 224–228. IEEE (2015).
34. Hao, Y., Liu, G., Lu, J.: Three levels load balancing on cloudsims. *Int. J. Grid Distrib. Comput.* 7(3), 71–88 (2014).
35. Dhurandher, S.K., Obaidat, M.S., Woungang, I., Agarwal, P., Gupta, A., Gupta, P.: A clusterbased load balancing algorithm in cloud computing. In: 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), pp. 2921–2925. IEEE (2014).
36. Хантимиров Р.И. Модель распределения ресурсов в процессе функционирования облачной среды / Р.И. Хантимиров, А. А. Микрюков // Открытое образование. 2015. № 5. — С. 44–48.
37. Хантимиров Р.И. Прогнозирование нагрузки в облачной среде с использованием нейросетей, обучаемых системой искусственного иммунитета / Р.И. Хантимиров, А. А. Микрюков// Нейрокомпьютеры. 2015. № 5. С. 1–4.
38. Петров Д.Л. Оптимальный алгоритм миграции данных в масштабируемых облачных хранилищах/ Д.Л. Петров // Управление большими системами. 2010. — № . 30. — С. 180–197.

39. Ходар А. А., Десятирикова Е. Н., Алхаят И. М. Программа для оптимизации балансировки нагрузки с использованием генетического алгоритма.— Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. М.: ФИПС, 2019. № 2019667473 от 17.12.2019.
40. Разработка модели для улучшения планирования задач в облачных вычислениях на основе оптимизации роя частиц/ А. А. Ходар, Э. К. Алгазинов, Е. Н. Десятирикова, И. Алхаят // Вестник Воронежского государственного технического университета.— 2019.— Т. 15. № 5.— С. 23–29.
41. Ходар А. А. Разработка подхода к планированию ресурсов виртуальных машин в облачных вычислениях с использованием генетического алгоритма/ А. А. Ходар, Э. К. Алгазинов, Е. Н. Десятирикова // Вестник РГУПС.— 2019.— № 4.— С. 101–109.
42. Спицын А. А. Алгоритм настройки параметров расписания облачных вычислений на основе оптимизации роя частиц// Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, № 75, 2021. С. 44–52.
43. Спицын А. А. Оптимизированный по стоимости эвристический алгоритм для планирования рабочих процессов в облачной среде сервисов IaaS// Системы управления и информационные технологии, № 1(83), 2021.— С. 30–37.
44. Спицын А. А., Мути́н Д. И. Оптимизация миграции виртуальных машин в облачных вычислениях с помощью эффективного алгоритма размещения// Матер. 16-й Международной научно-технической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации» (МТО-56).— Курск, 2021. С. 251–256.

## Нечеткие тензорные модели анализа технико-экономической информации

Чечерин Вадим Тимофеевич, студент

Научный руководитель: Бизянов Евгений Евгеньевич, кандидат технических наук, профессор  
Донбасский государственный технический университет (г. Алчевск)

*В статье рассматривается применение нечетких тензорных моделей в анализе технико-экономической информации. Нечеткая логика и тензорные модели представляют собой эффективный инструмент для работы с многомерными и нечеткими данными, что делает их особенно полезными в экономике и управлении. Рассмотрены преимущества и примеры применения нечетких тензорных моделей, такие как прогнозирование спроса на продукцию, анализ эффективности производственных процессов и принятие решений о распределении ресурсов. В заключении подчеркнута перспективность использования нечетких тензорных моделей в анализе данных для принятия обоснованных и эффективных решений.*

**Ключевые слова:** нечеткая логика, тензорные модели, анализ данных, технико-экономическая информация, прогнозирование, оптимизация.

### 1. Введение

Анализ технико-экономической информации играет ключевую роль в современном бизнесе и управлении. Однако, в контексте динамично меняющейся экономической среды, традиционные методы анализа, основанные на точных числовых данных, могут оказаться недостаточно гибкими для учета неопределенности и размытости, характерных для многих экономических явлений.

В последние годы нечеткая логика и тензорные модели привлекают все большее внимание исследователей и практиков в области анализа данных. Нечеткие тензорные модели представляют собой эффективный инструмент для работы с многомерными данными, учитывающий не только значения параметров, но и их взаимосвязи.

Целью данной статьи является рассмотрение применения нечетких тензорных моделей в анализе технико-экономической информации. Мы рассмотрим основы нечеткой логики и тензорных моделей, их преимущества по сравнению с традиционными методами анализа данных, а также конкретные примеры применения в различных сферах бизнеса и управления. [3]

### 2. Основы нечеткой логики и тензорных моделей

Нечеткая логика и тензорные модели представляют собой два важных аспекта современного анализа данных, особенно в контексте анализа технико-экономической информации. Нечеткая логика позволяет оперировать нечеткими понятиями и значениями, что позволяет учитывать неопределенность и размытость данных. Тензорные модели, в свою очередь, позволяют работать с многомерными данными, учитывая взаимосвязи между различными параметрами. [1]

$$\mu_{\alpha}x = \begin{cases} 0, & \text{если } x \text{ не принадлежит } A \\ f(x), & \text{если } x \text{ частично принадлежит } A \\ 1, & \text{если } x \text{ полностью принадлежит } A \end{cases}$$

где  $\mu_{\alpha}x$  — функция принадлежности элемента  $x$  множеству  $A$ , а  $f(x)$  — нечеткая функция принадлежности.

Нечеткая логика основывается на идее принадлежности элемента к множеству с определенной степенью принадлежности, в отличие от классической бинарной логики, где элемент либо принадлежит множеству, либо не принадлежит. Такой подход позволяет более гибко моделировать реальные ситуации, где понятия не всегда могут быть однозначно определены. [2]

Тензоры представляют собой обобщение матриц на более высокие размерности и позволяют компактно хранить и анализировать многомерные данные. Они нашли широкое применение в различных областях, таких как обработка изображений и сигналов, где необходимо учитывать не только отдельные значения, но и их структуру и взаимосвязи. [3]

Нечеткие тензорные модели сочетают в себе преимущества нечеткой логики и тензорного анализа, позволяя анализировать сложные структуры данных, учитывая их неопределенность и размытость. Такие модели могут быть эффективно применены в анализе технико-экономической информации для прогнозирования, оптимизации и принятия решений в условиях неопределенности и разнообразия параметров. [4]

### 3. Применение нечетких тензорных моделей в анализе технико-экономической информации

Анализ технико-экономической информации включает в себя оценку производственных процессов, прогнозирование спроса на продукцию, оптимизацию ресурсов и множество других задач, которые требуют учета множества параметров и их взаимосвязей. В контексте такой сложной и разнообразной информации нечеткие тензорные модели представляют собой мощный инструмент для анализа и принятия решений.

Для прогнозирования спроса на продукцию с использованием нечетких тензорных моделей можно воспользоваться следующей формулой для оценки принадлежности элемента к категории:

$$\mu_{\alpha^x} = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - c}{a}\right)^{2b}}$$

где:

- $x$  — значение параметра (например, цена, рекламный бюджет и т.д.);
- $c$  — центр категории (например, оптимальная цена);
- $a$  — ширина категории (чем меньше, тем более резким будет переход между категориями);
- $b$  — параметр, определяющий «крутизну» перехода между категориями.

Такая функция принадлежности может быть использована для определения степени принадлежности каждого значения параметра к каждой категории спроса (например, низкий, средний, высокий).

Для прогнозирования спроса можно использовать нечеткие правила, которые определяют связи между значениями различных параметров и уровнями спроса. Например, если цена низкая и рекламный бюджет высокий, то спрос высокий.

Далее, с помощью операций тензорного умножения и агрегации можно объединить все нечеткие правила и определить общую степень принадлежности каждого сценария к различным уровням спроса.

Преимущества использования нечетких тензорных моделей в анализе технико-экономической информации огромны. Во-первых, они позволяют учитывать неопреде-

ленность и размытость данных, что особенно важно при работе с реальными экономическими данными, где информация может быть неполной или недостоверной. Во-вторых, эти модели способны обрабатывать многомерные данные, учитывая не только отдельные параметры, но и их взаимосвязи, что позволяет более точно моделировать сложные экономические процессы. [10]

### 4. Конкретные примеры применения нечетких тензорных моделей

Применение нечетких тензорных моделей в анализе технико-экономической информации может быть иллюстрировано рядом конкретных задач и сценариев, где эти модели проявляют свою эффективность. Рассмотрим несколько примеров:

**Прогнозирование спроса на продукцию:** Представим, что компания занимается производством электроники и планирует выпуск новой модели смартфона. Нечеткая тензорная модель может использоваться для анализа исторических данных о продажах, маркетинговых акциях, экономических показателях и других факторах, чтобы предсказать спрос на новую модель смартфона в различных сценариях. Для прогнозирования спроса на продукцию с использованием нечетких тензорных моделей можно применить методы нечеткой логики и тензорного анализа. Один из подходов основан на использовании нечетких правил и нечетких тензоров.

Например, есть нечеткие правила вида «Если  $X_1$  — высокий,  $X_2$  — средний,  $X_3$  — низкий, то спрос — высокий». Такие правила можно записать в виде тензора, где каждому правилу соответствует элемент тензора.

Далее, можно представить значения параметров ( $X_1, X_2, X_3$ ) в виде нечетких чисел и вычислить степень принадлежности каждому из них к определенной категории (высокий, средний, низкий).

С помощью операций тензорного умножения и агрегации можно объединить все нечеткие правила и определить общую степень принадлежности каждого сценария к различным уровням спроса. [4]

**Анализ эффективности производственных процессов:** Предположим, что компания занимается производством автомобилей и стремится оптимизировать производственные процессы для улучшения эффективности.

Пусть  $X_1 X_2 \dots X_n$  — факторы, влияющие на эффективность производства (например, скорость, качество, затраты и т.д.), а  $Y$  — показатель эффективности производства.

Для  $X_1$

$$\mu_{X_{1\text{низкий}}}(X) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq 20 \\ \frac{(30 - x)}{10}, & \text{если } 20 < x \leq 30 \\ 0, & \text{если } x > 30 \end{cases}$$

$$\mu_{X_{1\text{средний}}}(X) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq 20 \text{ или } > 50 \\ \frac{x - 20}{10}, & \text{если } 20 < x \leq 30 \\ \frac{x - 20}{10}, & \text{если } 30 < x \leq 50 \end{cases}$$

$$\mu_{X_1 \text{ высокий}}(X) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq 30 \\ \frac{x-20}{10}, & \text{если } 30 < x \leq 50 \\ 1 & \text{если } x > 50 \end{cases}$$

Для  $X_2$

$$\mu_{X_2 \text{ низкий}}(X) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \leq 100 \\ \frac{(150-x)}{50}, & \text{если } 100 < x \leq 150 \\ 0, & \text{если } x > 150 \end{cases}$$

$$\mu_{X_2 \text{ средний}}(X) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq 100 \text{ или } > 200 \\ \frac{x-100}{50}, & \text{если } 100 < x \leq 150 \\ \frac{200-x}{50}, & \text{если } 150 < x \leq 200 \end{cases}$$

$$\mu_{X_2 \text{ высокий}}(X) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \leq 150 \\ \frac{x-150}{50}, & \text{если } 150 < x \leq 200 \\ 1 & \text{если } x > 200 \end{cases}$$

Для  $Y$

$$\mu_{Y \text{ низкий}}(Y) = \begin{cases} 1, & \text{если } y \leq 70 \\ \frac{(100-y)}{30}, & \text{если } 70 < y \leq 100 \\ 0, & \text{если } y > 100 \end{cases}$$

$$\mu_{Y \text{ средний}}(Y) = \begin{cases} 0, & \text{если } y \leq 70 \text{ или } > 130 \\ \frac{y-70}{30}, & \text{если } 70 < y \leq 100 \\ \frac{130-y}{30}, & \text{если } 100 < y \leq 130 \end{cases}$$

$$\mu_{Y \text{ высокий}}(Y) = \begin{cases} 0, & \text{если } y \leq 100 \\ \frac{x-100}{30}, & \text{если } 100 < y \leq 130 \\ 1 & \text{если } y > 130 \end{cases}$$

Тогда, можно определить степень принадлежности каждого фактора к определенной категории (например, низкая, средняя, высокая) с помощью функции принадлежности нечеткой логики.

После этого, можно использовать нечеткие правила для определения связей между значениями факторов и уровнем эффективности производства. Например, «если скорость высокая и качество среднее, то эффективность высокая».

Далее, с помощью тензорного умножения и агрегации можно объединить все нечеткие правила и определить общую степень принадлежности каждого сценария к различным уровням эффективности производства.

Таким образом, нечеткие тензорные модели позволяют учитывать многомерность данных и сложные взаимосвязи между различными параметрами при анализе эффективности производственных процессов.

Нечеткие тензорные модели могут быть использованы для анализа данных о производственных операциях, использовании ресурсов, качестве продукции и других параметрах, чтобы выявить узкие места и оптимизировать производственные процессы. [8]

Литература:

1. Романенко В.А. Нечеткая технико-экономическая модель системы обработки багажа аэропорта / В.А. Романенко, М.А. Скорухин

Принятие решений о распределении ресурсов: В условиях ограниченности ресурсов и неопределенности внешних условий компании часто сталкиваются с необходимостью принятия решений о распределении ресурсов. Нечеткие тензорные модели могут помочь анализировать данные о потреблении ресурсов, затратах, производственных мощностях и других факторах, чтобы оптимизировать распределение ресурсов и достичь наилучших результатов.

Прогнозирование финансовых показателей: Для финансовых аналитиков и менеджеров важно иметь надежные прогнозы финансовых показателей, таких как выручка, прибыль, затраты. Нечеткие тензорные модели могут использоваться для анализа финансовых данных, учета взаимосвязей между различными факторами и прогнозирования финансовых показателей в различных сценариях.

В целом, нечеткие тензорные модели представляют собой мощный инструмент для анализа технико-экономической информации, который позволяет учитывать сложность и неопределенность реальных экономических процессов и принимать обоснованные решения в условиях неопределенности и изменчивости. [7]

## 5. Заключение

В данной статье было рассмотрено применение нечетких тензорных моделей в анализе технико-экономической информации. Нечеткая логика и тензорные модели представляют собой мощные инструменты для работы с нечеткой и многомерной информацией, что делает их особенно полезными для анализа данных в сфере экономики и управления.

Одним из основных преимуществ нечетких тензорных моделей является их способность учитывать неопределенность и размытость данных, что позволяет более точно моделировать сложные экономические процессы и принимать обоснованные решения. Кроме того, эти модели позволяют анализировать многомерные данные, учитывая взаимосвязи между различными параметрами, что делает их эффективным инструментом для прогнозирования, оптимизации и принятия решений в условиях неопределенности и разнообразия факторов.

Примеры применения нечетких тензорных моделей включают прогнозирование спроса на продукцию, анализ эффективности производственных процессов, принятие решений о распределении ресурсов и прогнозирование финансовых показателей. В каждом из этих случаев нечеткие тензорные модели могут помочь выявить закономерности и взаимосвязи в данных, что позволит принимать более обоснованные и эффективные решения.

Таким образом, нечеткие тензорные модели представляют собой перспективное направление развития анализа данных в сфере экономики и управления, которое может значительно улучшить качество принимаемых решений и повысить эффективность бизнес-процессов.

2. Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России: сб. ст. XI Всерос. науч.-практ. конф. Вып. 1. Ин-т проблем упр. им. В. А. Трапезникова Рос. акад. наук.; Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева, под ред. Д. А. Новикова — Самара: Изд-во СамНИЦ РАН, 2017. — С. 118–123.
3. Броневи́ч, А. Г. Нечеткие модели анализа данных и принятия решений: учебное пособие / А. Г. Броневи́ч, А. Е. Лепский.
4. Задурнова Г. В. Основы нечеткой логики. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 160 с.
5. Журавлев Ю. П., Гусева Н. М. Нечеткая логика и ее применение в управлении. — М.: Инфра-М, 2017. — 288 с.
6. Чудновский В. П. Нечеткая модель экономических систем. — М.: Интеллект, 2003. — 288 с.
7. Красносельский М. А. Нечеткие множества и их применение. — М.: Высшая школа, 1990. — 240 с.
8. Розенблат Г. И. Введение в нечеткую логику. — М.: Наука, 1989. — 232 с.
9. Броневи́ч А. Г., Лепский А. Е. Нечеткие модели анализа данных и принятия решений. — М.: Форум, 2007. — 320 с.
10. Литвинов В. Н., Сергеев В. А. Модели и методы анализа нечеткой информации. — М.: Финансы и статистика, 2003. — 272 с.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## Применение нейронных сетей в создании цифрового двойника колонны фракционирования

Айдагулов Радик Айратович, студент магистратуры  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

*В современном мире анализ и изучение физических объектов с помощью цифровых технологий имеют высокую актуальность из-за относительной дешевизны и простоты процесса. Одним из ключевых направлений использования цифровых технологий в сфере нефтехимической промышленности является оптимизация процесса с ключевыми задачами, как увеличение выхода целевого продукта, снижение энергетических затрат процесса на реальных установках. Модели, созданные при помощи цифровых технологий, называют цифровыми двойниками. Их главным преимуществом является возможность предсказывать результаты процесса, основываясь на собранной базе данных, которая, в свою очередь, должна иметь большое количество качественных данных. Для этого необходимо также её анализировать и выделять аномальные параметры, которые с реальностью не имеют ничего общего. С большим количеством информации человеку необходимо большое количество времени на анализ таких баз данных. В таком случае люди для ускорения процесса анализа применяют нейронные сети, которые способны проанализировать базу данных и выделить аномальные значения в считанные секунды. В данной работе рассматривается процесс создания цифрового двойника колонны фракционирования с применением нейронных сетей.*

**Ключевые слова:** цифровые технологии, цифровые двойники, нейронные сети, обучение нейронных сетей.

Цифровой двойник, как можно понять из названия, это цифровая или виртуальная модель реального объекта, система или процесса, которая полностью отвечает своим реальным прототипам при помощи систем математических уравнений и зависимостей [1]. Такие модели создаются с целью исследования объекта в различных условиях для анализа возможных последствий, для оптимизации процесса или для предотвращения нежелательных случаев. В наше время цифровые двойники имеют очень высокую востребованность во многих сферах деятельности, так как при их помощи на основе имеющейся информации можно предсказывать, так как у них имеется множество различных применений, которые ещё не были упомянуты. В нефтяной промышленности цифровые двойники имеют множество применений: поиск нефтяных месторождений [2], обучение специалистов в различных сценариях [3], анализ и оптимизация существующего оборудования [4] и т.д. На основе цифровых двойников не только оптимизируют уже существующие объекты, но также создают новые с учетом опыта эксплуатации похожих объектов. Таким образом, компании не только экономят на построении модели объекта, но и экономят время на реализации самого проекта.

В нашей работе мы воссоздали модель колонны фракционирования на установке риформинга. Сырьем колонны является стабильный риформат после процесса риформинга. Продуктами колонны являются газ остаточных легких углеводородов, который направляется на факел, фракции от начала

кипения (НК) до 62°C, который применяется в качестве компонента товарного бензина в торгово-сервисных центрах (ТСЦ), фракции от 62 до 90°C, который применяется как сырье промышленных установок для получения ароматических углеводородов и как компонент товарного бензина в ТСЦ, и фракции от 90°C до конца кипения (КК), которые имеют такое же применение, как фракции 62–90°C. Целевым продуктом являются фракции 90-КК°C, поэтому в нашей работе будет выполняться анализ с целью увеличения выхода именно этого продукта.

В качестве исходных данных был взят регламент установки риформинга, режимные листы и нормы технологического режима работы установки.

Методику создания цифрового двойника представим на рисунке 1.

Далее по пунктам представим процесс создания цифрового двойника:

1. Как было сказано ранее, за основу модели был взят регламент установки риформинга и его режимные листы. Но нам не был неизвестен состав и свойства сырья колонны фракционирования, поэтому было предпринято решение воссоздать модель установки риформинга вплоть до колонны фракционирования. В качестве среды моделирования была взята программа UniSim Design, термодинамический пакет — «Peng-Robinson». В качестве сырья установки создавалась проба нефти по режимным листам с учетом содержания различных примесей. На протяжении воссоздания модели, многие элементы задавались

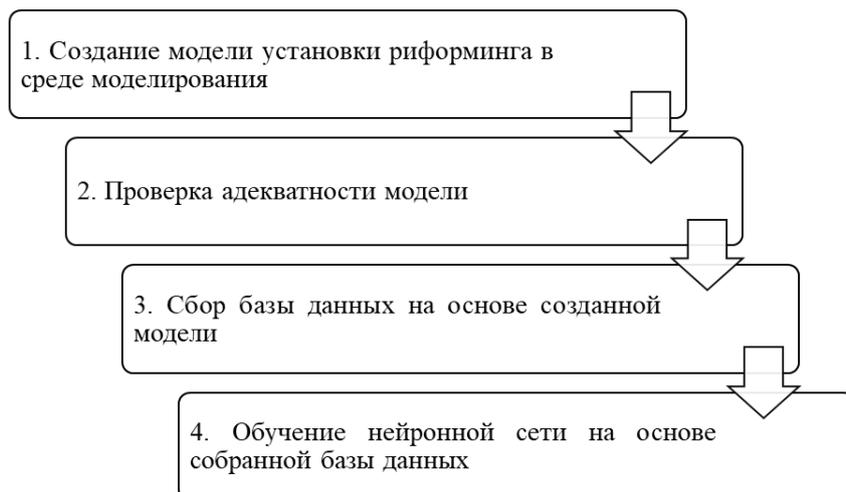


Рис. 1. Методика создания цифрового двойника

строго по регламенту, чтобы получить наиболее реалистичные состав и свойства сырья колонны фракционирования.

2. После создания модели была выполнена оценка адекватности модели. В результате, все параметры и условия процесса были выполнены в допустимых значениях регламента и соответствовали значениям из режимного листа с учетом погрешности в 5%. После того, как мы убедились в адекватности модели, с целью оптимизации и ускорения процесса сбора данных, было решено из всей модели оставить только сырье колонны фракционирования и саму колонну непосредственно. Представим полученную модель на рисунке 2.

3. Для сбора данных был написан алгоритм на базе языка программирования Python с использованием таких библиотек, как numpy — для создания массивов, в которые будут записываться значения из среды моделирования при переборе переменных, и csv — для создания удобной базы данных в виде таблицы в формате.csv. На рисунке 3 представлен алгоритм процесса создания базы данных в виде блок-схемы.

4. Собранная база данных на данный момент состоит из 13781 строчек и 13 рядов, в которые было записаны температурный режим колонны, объемные и массовые расходы потоков, а также нагрузки на ребойлер и конденсатор. Также, на данный момент анализ проводился при статичном массовом расходе сырья колонны фракционирования, а также температуры орошения. В будущем предполагается расширение базы данных с учетом варьирования этих двух параметров, чтобы получить наиболее полный цифровой двойник колонны фракционирования.

Для анализа данных помимо ранее озвученных библиотек была выбрана scikit-learn — простая и эффективная библиотека для машинного обучения и предиктивного анализа данных. Она применяется в различных целях, основными выделяют классификацию и регрессия. Библиотека scikit-learn предлагает нам большое количество различных методов обучения, которые применяются при разных условиях анализа данных, а также в зависимости от выбранного метода будет различаться и точность предсказаний нейронной сети.

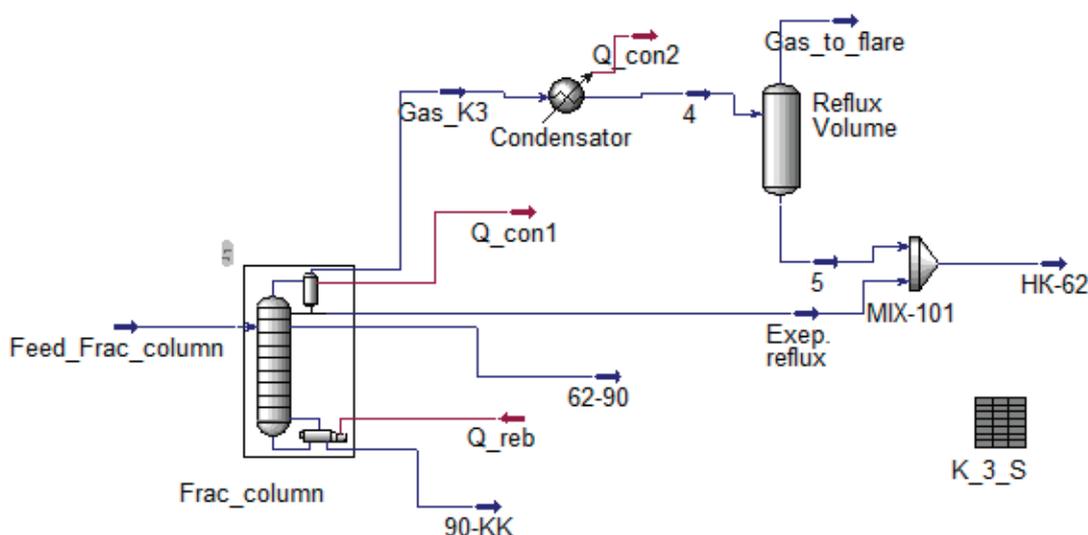


Рис. 2. Модель колонны фракционирования



Рис. 3. Блок-схема алгоритма процесса сбора базы данных

Предварительно перед обучением нейронной сети при помощи библиотеки seaborn визуализируем значения базы данных для того, чтобы выделить аномальные значения, которые могут послужить ухудшением точности предсказаний нашей нейронной сети. На рисунке 4 представим график зависимости объемного расхода фракций 90-КК°С от нагрузки ребойлера.

Как мы видим, база данных имеет несколько аномальных результатов, которые сильно отличаются от большинства. Такие желательно из базы данных удалять с целью повышения качества и точности нейронной сети. Это можно сделать как вручную, к примеру, при помощи офисного приложения Microsoft Excel, который способен в своей среде представлять данные.csv формата. Но если мы имеем дело с большим мас-

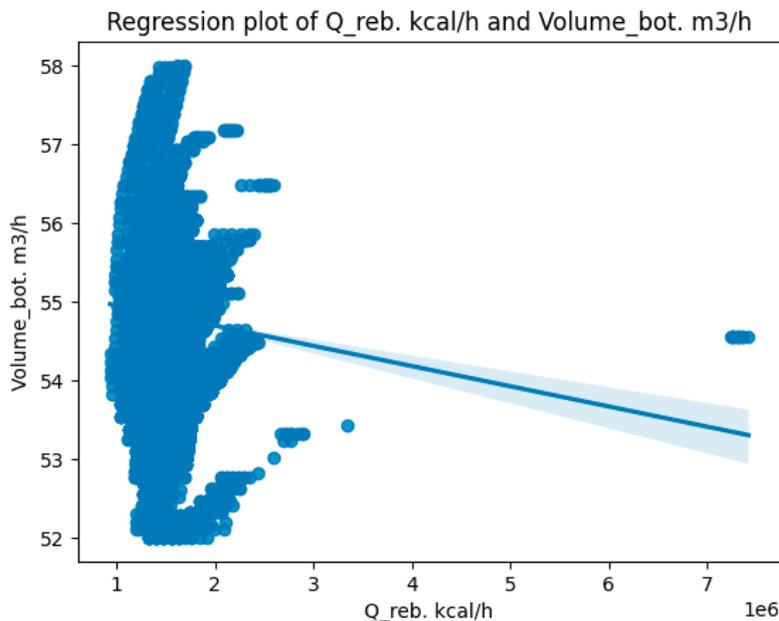


Рис. 4. Зависимость объемного расхода фракций 90-КК°С от нагрузки ребойлера

сивом данных, то вручную это делать очень долго, поэтому более оптимальным методом является непосредственное использования отдельного программного кода, при помощи которого можно будет находить и удалять подобные аномалии.

После всех вышеуказанных действий, был создан алгоритм обучения нейронной сети. В качестве методов обучения были использованы: LinearRegression — который соответствует линейной модели с коэффициентами, RandomForestRegressor — который подбирает ряд регрессоров дерева решений для различных подвыборок набора данных и GradientBoostingRegressor — который строит аддитивную модель поэтапно [5]. Несколько методов обучения были взяты с целью выяснить, какой метод для нас наиболее подходящий. Для обучения нейронной сети были созданы два массива — X и y. В массив X мы включим задаваемые нами параметры — температурный режим колонны и желаемый получаемый объемный расход фракций 90-КК°С. В будущем предполагается заменить задаваемый объемный расход фракций 90-КК°С на значение массового расхода сырьевого потока колонны фрак-

ционирования. В массив y были добавлены все остальные ряды базы данных.

В результате обучения нейронной сети, мы выполнили оценку точности её предиктивных способностей:

- LinearRegression: 61,1% точности;
- RandomForestRegressor: 73,5% точности;
- GradientBoostingRegressor: 74,8% Точности.

Как мы видим, предположительно, наиболее точным на данный момент является метод GradientBoostingRegressor. Чтобы убедиться в этом, было выполнено сравнение результатов, полученные в среде моделирования UniSim Design с результатами предсказаний всех трех нейронных сетей.

К примеру, возьмем следующие параметры:

- Температура верха: 67,32°С;
- Температура бокового отбора: 97,52°С;
- Температура ребойлера: 150,1°С;
- Предположительный объемный расход нижнего продукта: 56 м<sup>3</sup>/ч

Результаты представим в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение результатов предсказания с моделью

	Температура сырья, °С	Об. расход НК-62, м <sup>3</sup> /ч	Об. расход 62-90, м <sup>3</sup> /ч	Масс. расход газа, кг/ч	Масс. расход НК-62, кг/ч	Масс. расход 62-90, кг/ч	Масс. расход 90-КК, кг/ч	Нагрузка конд., ккал/ч	Нагрузка реб., ккал/ч
UniSim Design	120	2,12	2,99	0	1386	1962	40652	805765	1352229
LR	114	3,67	2,97	550	1365	1969	40636	778472	1458789
RFR	117	2,17	3,05	0	1351	2019	40630	750372	1392300
GBR	115	3,87	3,02	245	1284	1963	40627	736478	1393426

Как мы можем наблюдать, наиболее близкие результаты были получены при помощи метода обучения RandomForestRegressor.

**Вывод:** На данный момент создан цифровой двойник типа цифровая тень, то есть такой цифровой двойник может с опре-

деленной точностью предсказывать результаты только в рамках представленной базы данных. Для расширения предиктивных способностей цифрового двойника будет расширение существующей базы данных с учетом разной подачи сырья в колонну фракционирования и разной температуры орошения.

Литература:

1. Что такое цифровой двойник [Электронный ресурс] — URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/6107e5339a79478125166eeb> (Дата обращения 17.03.2024).
2. Азиева, Р.Х. Экономические аспекты внедрения цифровых технологий в современную геологоразведку / Р.Х. Азиева, Т.В. Якубов. — Текст: непосредственный // Инженерные и информационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности. — Волгоград: Сборник научных статей, 2020. — С. 7-13.
3. Волкова, М.М. Применение виртуальных тренажеров для обучения специалистов нефтегазовой отрасли / М.М. Волкова, Р.А. Манурова, Д.Н. Шайдуллина. — Текст: непосредственный // Вестник технологического университета. — 2019. — № Т. 22, № 4. — С. 115-121.
4. Fei Shen, Shuang Shuang Ren, Xiang Yang Zhang, Hong Wu Luo, Chao Min Feng, «A Digital Twin-Based Approach for Optimization and Prediction of Oil and Gas Production», Mathematical Problems in Engineering, vol. 2021, Article ID3062841, 8 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3062841>.
5. scikit-learn [Электронный ресурс] — URL: <https://scikit-learn.org/stable/index.html> (Дата обращения: 17.03.2024).

## Analyzing Uniformity of Layer Homogeneity Indices in Unsteady Regimes

Berdimyradova Ogulgerek Orazgulyevna, candidate of technical sciences, head of department;

Kakayev Ilyas Yagshygeldiyevich, graduate student;

Guzichiyev Atamyrat Begli ogly, teacher;

Amangulyev Kakadurdy, student

International University of Oil and Gas named after Yagshigeldy Kakaev (Ashgabat, Turkmenistan)

**Keywords:** *energy conditions, gas dispersed, high solids.*

To analyze the flow characteristics of the gas-mixed high solids anaerobic digestion system and optimize the mixing performance, the mixing performance of gas and non-Newtonian fluid in the system was investigated using the simulation. The mixing energy magnitude, input pattern and nozzle inlet angle were optimized by evaluating available mixing indices. The performed experiments showed that the non-Newtonian fluid properties and consistency index of the food waste increased as the total solid increased. Moreover, it was found that the higher the reactor diameter, the greater the input energy, the smaller the dead zone, and the higher the global velocity gradient. Under specific input energy conditions, more mixing was achieved with the gas dispersed inlet compared with the centralized inlet. The obtained results demonstrate that is a powerful tool to optimize the mixing performance in high solids anaerobic digestion systems.

The reduction in energy consumption and the increasingly demanding emissions regulations have become strategic challenges for every industrial sector. In this context, the glass industry would be one of the most affected sectors due to its high energy demand and emissions productions, especially in terms of NOx. For this reason, various emission abatement systems have been developed in this field and one of the most used is the air staging system. It consists in injecting air into the upper part of the regenerative chamber on the exhaust gases side in order to create the conditions for combustion that reduces NOx emissions. In this work, the combined use of CFD with data analysis techniques offers a tool for the design and management of a hybrid air staging system. Surrogate models of the bypass mass flow rate and uniformity index in the regenerative chamber have been obtained starting from DoE based on different simulations by varying the air mass flow rate of the two injectors located in a bypass duct that connects the two regenerative chambers. This model allows a UQ analysis to verify how the uncertainty of the air injectors can affect the bypass mass flow rate. Finally, an optimization procedure has identified the optimal condition for the best bypass mass flow rates and uniformity of the oxygen concentration in the chamber. High values of the mass flow rate of the pros injector and medium-low values for the cons injectors are identified as operating parameters for best conditions.

The determination of uniformity of layer homogeneity indices in unsteady regimes is a critical aspect of various fields, including fluid dynamics, environmental engineering, and geosciences. Understanding the distribution of properties within layers of heterogeneous materials under unsteady conditions is essential for optimizing processes, predicting behavior, and mitigating risks. This essay delves into the methodologies and significance of evaluating uniformity in layer homogeneity indices under unsteady regimes, exploring its applications and implications across different disciplines.

**Understanding Layer Homogeneity Indices:** Layer homogeneity indices refer to parameters that characterize the uniformity or heterogeneity of properties within stratified layers of materials. These properties may include density, porosity, permeability, concentration gradients, or mechanical properties, depending on the specific context of the study. Homogeneity indices provide quantitative measures of the degree of uniformity or variability within layers, aiding in the characterization and analysis of heterogeneous systems.

**Challenges in Unsteady Regimes:** Unsteady regimes present unique challenges for assessing the uniformity of layer homogeneity indices due to temporal variations, transient phenomena, and evolving conditions. In such dynamic environments, the distribution of properties within layers may fluctuate over time, influenced by factors such as flow dynamics, sediment transport, chemical reactions, or external perturbations. Traditional steady state approaches may be inadequate for capturing the transient behavior and temporal variability inherent in unsteady regimes.

**Methodologies for Determination:** Several methodologies are employed to determine the uniformity of layer homogeneity indices in unsteady regimes, leveraging mathematical models, numerical simulations, experimental techniques, and data analysis approaches. Computational fluid dynamics (CFD) simulations enable the modeling of fluid flow and transport processes within heterogeneous layers, providing insights into the evolution of property distributions over time.

Experimental methods, such as tracer studies, geophysical imaging, or sensor networks, allow for direct measurements of property variations within layers under unsteady conditions.

**Indices for Quantification:** Various indices are used to quantify the uniformity of layer homogeneity under unsteady regimes, encompassing statistical metrics, spatial analysis techniques, and time dependent parameters. These indices may include coefficient of variation, standard deviation, spatial autocorrelation functions, fractal dimensions, or entropy measures, depending on the specific characteristics of the system and the objectives of the analysis. By evaluating these indices, researchers can assess the spatial and temporal variability of layer homogeneity and identify patterns, trends, or anomalies within the system.

**Applications and Implications:** The determination of uniformity of layer homogeneity indices in unsteady regimes has wide ranging applications across diverse fields. In hydrology and groundwater modeling, understanding the heterogeneity of aquifer properties under transient flow conditions is essential for accurate prediction of contaminant transport, water quality dynamics, and resource management strategies. In geotechnical engineering, assessing the variability of soil properties in unsteady slopes or embankments is critical for slope stability analysis, risk assessment, and infrastruc-

ture design. In environmental monitoring and remediation, characterizing the spatial and temporal distribution of pollutants within heterogeneous media helps in identifying sources, assessing impacts, and designing effective remediation strategies.

The determination of uniformity of layer homogeneity indices in unsteady regimes is essential for understanding the distribution, dynamics, and behavior of heterogeneous systems across various disciplines. By employing appropriate methodologies, quantifying

relevant indices, and analyzing spatial and temporal variations, researchers can gain insights into the underlying processes, optimize operations, and make informed decisions in complex and dynamic environments. As advancements continue in modeling, experimentation, and data analysis techniques, the characterization of layer homogeneity under unsteady conditions will further enhance our understanding of natural and engineered systems, driving innovation and sustainability in diverse applications.

#### References:

1. «Program for the development of the oil and gas industry of Turkmenistan for the period up to 2030». Ashgabat, 2006.
2. M. Gafurova, O. Garaeva. Transcripts of general, practical lessons from the course on mastering gas and gas-condensate stoves. Ashgabat, TPI, 2006.

## Гидроэлектрическая энергия

Каландарова Алина Юрьевна, студент;

Харченко Данил Михайлович, студент

Научный руководитель: Кочин Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент  
Ростовский государственный университет путей сообщения

### 1. Гидроэнергетика

Вода — один из самых древних источников энергии, разработанных человеком. На протяжении тысячелетий гидроэнергия использовалась для орошения и приведения в действие различных механических устройств, таких как водяные мельницы, лесопилки, доковые краны и подъемники. Гидроэнергетика была одним из первых изобретений человека для получения энергии. В 20 веке мощность гидроэнергетики значительно возросла, и до конца века она была самым важным источником возобновляемой электроэнергии.

Сегодня гидроэнергетика является наиболее широко используемым возобновляемым источником энергии, ее вклад более чем в два раза превышает вклад всех других возобновляемых источников энергии вместе взятых.

На долю гидроэнергетики приходится 16–17% мирового производства электроэнергии. Однако в некоторых странах этот показатель гораздо выше. Например, в Норвегии доля гидроэнергетики составляет 99%, а в Швейцарии и Канаде — 60%.

Гидроэнергия производится в 150 странах, при этом Азиатско-Тихоокеанский регион производит 32% мировой гидроэнергии. Крупнейшими странами-производителями гидроэнергии являются Китай, Канада, Бразилия и США.

Существует семь гидроэлектростанций мощностью более 10 ГВт. Четыре из них находятся в Китае — Три ущелья, Байхетан, Силоду и Удунде; две в Бразилии — Итайпу и Брумонта; и одна в Венесуэле — Гури.

Гидроэлектростанции могут производить энергию быстро и с низкими затратами, поскольку сырье — вода — практически бесплатное. Кроме того, для эксплуатации гидроэлектростанций требуется меньше ресурсов.

### 2. Преимущества и недостатки гидроэнергетики

Гидроэлектростанции не загрязняют атмосферу, обеспечивают кислородом водный поток, не требуют топлива, безотходны и чрезвычайно безопасны. Гибкость покрытия потребления и способность накапливать энергию (в случае гидроэлектростанций) повышает эффективность энергосистемы.

Гидроэлектростанции также могут использоваться для накопления энергии из других источников, например, солнечной или ветровой энергии.

Гидроаккумулирующие резервуары улучшают качество воды и служат источником воды для орошения/очистки технологических процессов и питьевой воды.

Благодаря своей способности накапливать воду они также снижают риск наводнений и, наоборот, улучшают условия судоходства на реках во время засухи, увеличивая минимальный расход воды. Не будем забывать и о важной рекреационной функции.

Особое внимание следует уделить работе гидроэлектростанций. Гидроэлектростанции характеризуются быстрой реакцией на запуск, время запуска составляет всего несколько секунд. Кроме того, они способны поддерживать практически постоянный КПД во всем диапазоне мощности, который можно регулировать в широких пределах.

Таким образом, гидроэнергетика является гибким источником производства электроэнергии, способным гибко реагировать на изменения спроса. Среди других преимуществ — низкая стоимость топлива и отсутствие загрязнения воздуха.

Однако такие установки имеют некоторые недостатки, такие как высокие инвестиционные затраты, определенная степень случайности и ограничения в количестве доступной пер-

вичной энергии, а также необходимость затопления больших территорий, что негативно сказывается на окружающей среде.

Крупномасштабные проекты могут легко разрушить экосистемы и окружающие сообщества. Примером тому является плотина «Три ущелья» в Китае, которая переселила около 1,2 миллиона человек и затопила сотни деревень.

В результате разложения органических веществ в водохранилищах образуется метан, который также является причиной глобального потепления. Однако воздействие гидроэнергетики на окружающую среду может быть смягчено и остается низким по сравнению со сжиганием ископаемого топлива.

Кроме того, турбины на электростанциях позволяют добавлять в воду кислород, поэтому использованная вода возвращается в реку с лучшим качеством. Вмешательства в природу, такие как изменение течения реки, дополняются, например, копьёметанием. Это позволяет водным животным перемещаться вверх по течению для нереста. Кроме того, только часть реки используется в качестве электростанции.

Ведутся исследования, чтобы сделать гидроэлектростанции более «дружелюбными» к окружающей экосистеме.

### 3. Гидроэлектрогенераторы

Гидроэлектрогенераторы — это низкоскоростные двигатели. Они рассчитаны на меньшую скорость, чем турбогенераторы, и, в отличие от последних, скорость турбины зависит от напора и течения в реке и может колебаться от нескольких десятков до нескольких сотен оборотов в минуту.

В зависимости от положения вала гидрогенераторы можно разделить на вертикальные и горизонтальные типы. Гидрогенераторы средней и большой мощности проектируются как вертикальные, а гидрогенераторы малой мощности — как горизонтальные.

Вертикальные генераторы имеют подшипниковый узел (упорный подшипник), который является общим для всей гидрогенераторной установки. Этот подшипник воспринимает большие нагрузки от ротора генератора, турбинного колеса и вертикальной части реакции воды.

Вертикальная часть силы реакции воды передается на ротор, который называется опорой. Радиальные силы, действующие на ротор, передаются двумя направляющими подшипниками. Это также обеспечивает вертикальную ориентацию ротора. По расположению подшипников различают подвесные и зонтичные турбогенераторы. Подшипниковые опоры расположены на кронштейне над ротором в подвесном типе и на кронштейне под ротором в зонтичном типе.

### 4. Типы гидрогенераторов и их характеристики

Гидрогенераторы занимают особое положение среди всех типов электрических машин. Это объясняется тем, что они, как и турбогенераторы, являются наиболее мощными электрическими машинами и, благодаря очень низкой номинальной частоте вращения, превосходят все другие электрические машины по величине крутящего момента, радиальным и габаритным размерам, массе вращающихся частей и общей массе

машины, динамическому моменту инерции, нагрузкам на подшипники и расходу охлаждающей воды.

Размеры гидрогенератора, как наиболее материало- и трудоемкой электрической машины, обуславливают длительный цикл его производства и требуют большого количества специальных измерительных приборов, которые приходится разрабатывать заново для каждого нового типа машины.

Для производства гидрогенераторов требуется широкий спектр станков, включая мощные краны, прессы, кузнечное, термическое оборудование, литье, сварку, штамповку и изоляцию.

Поскольку размеры и вес гидрогенератора не позволяют транспортировать его на гидроэлектростанцию в собранном виде, основная работа по сборке всех крупных узлов и всей машины происходит во время монтажа гидрогенератора, по существу, продолжая производственно-технический процесс, начатый на заводе.

Строительство и ввод в эксплуатацию гидрогенератора является одним из центральных этапов строительства гидроэлектростанции, строительство которой всегда является крупным событием в развитии целой экономической зоны.

Гидроэлектрогенераторы, как правило, являются малогабаритными или одноразовыми машинами, так как условия водотока каждый раз требуют нового типа агрегата при строительстве гидроэлектростанции. Поэтому конструкция гидрогенераторов совершенствуется быстрее, чем других крупных электрических машин, на основе опыта и разработок в соответствующих технических областях.

По этой причине гидроэнергетика имеет тот аспект, что она является отраслью большой электротехники, о которой судят по опыту производства гидрогенераторов.

Несмотря на разнообразие конструкций гидрогенераторов, в настоящее время не существует их классификации. Это связано с трудностью определения наиболее важных характеристик, определяющих базовую конструкцию. В качестве таких признаков обычно указываются количество и расположение подшипников относительно ротора, системы охлаждения и возбуждения.

Одним из основных факторов, определяющих конструкцию гидрогенератора, несомненно, является расположение валов в его осевой передаче. По этому признаку все гидрогенераторы можно разделить на две группы: вертикальные и горизонтальные.

Поддавляющее большинство гидрогенераторов строится с вертикальным валом, что обусловлено особенностями привода, гидротурбины, рентабельностью и, во многих случаях, невозможностью строительства крупных гидрогенераторов в горизонтальном исполнении из-за требований сохранения необходимой жесткости статора и ротора, установки подшипников с достаточной грузоподъемностью и т.п. В результате было предусмотрено следующее. Крупные вертикальные машины проще в сборке, эксплуатации и ремонте, чем горизонтальные. Однако из-за вертикального расположения валапровода в конструкции гидрогенераторов должны быть предусмотрены опорные элементы, такие как упорные подшипники, а часто и опорные крестовины для восприятия массы вращающихся частей генератора и турбины и сил, возникающих из-за реакции воды на их рабочие колеса. Вертикальные гидроэлек-

трогенераторы можно разделить на два типа: зонтичный тип, когда нижняя опорная плита ротора крепится к нижней крестовине или стойке на крышке турбины, и подвесной тип, когда верхняя опорная плита ротора крепится к верхней крестовине. Четких границ в области применения этих двух типов вертикальных гидрогенераторов не существует, и во многих случаях могут использоваться оба. Генераторы с низкой и средней скоростью вращения (до 150 об/мин) в основном относятся к зонтичному типу, хотя есть примеры достижения гораздо более высоких скоростей, с постепенным переходом к зонтичному типу для все более быстрых машин. Последние, как правило, относятся к подвесному типу.

В международной практике иногда различают зонтичные и полузонтные типы, первые понимаются как усеченно-конические роторы из-за их изогнутой конструкции.

До недавнего времени горизонтальные типы в основном использовались в высокоскоростных гидроэлектрогенераторах, обычно в паре с одной или двумя ковшовыми турбинами (по обе стороны агрегата). Горизонтальные гидроэлектрогенераторы оказались более компактными и легкими, чем вертикальные типы при относительно высоких скоростях.

Горизонтальное расположение вала также использовалось для создания нескольких типов небольших агрегатов постоянного и ближнего действия, но они не получили значительного распространения и не имели высокой энергетической ценности. С другой стороны, развитие установок постоянного тока привело к созданию нового типа энергогенерирующей установки — капсульного гидроэлектрогенератора, который сочетает в себе капсульный гидроэлектрогенератор и роторно-лопастную турбину и устанавливается под водой.

Капсульные гидроэлектрогенераторы широко используются на низконапорных проточных и приливных электростанциях. Они характеризуются относительно низкой частотой вращения и искусственно малым радиусом генератора, что достигается за счет использования более эффективной системы принудительного охлаждения. Единичная мощность капсульных гидроэлектростанций не превышает 50 МВт, но при необходимости может быть значительно увеличена.

Все известные конструкции вертикальных гидрогенераторов соответствуют усовершенствованиям капсульных машин. Подвесной тип состоит из упорного и контрподшипника между турбиной и генератором, а капсульный — из упорного и контрподшипника на противоположной стороне турбины.

В очень редких случаях встречаются также небольшие гидроагрегаты с наклонными валами.

Гидрогенераторы можно классифицировать не только по расположению вращающегося вала, но и по их функциональной роли в энергосистеме. В этом отношении все гидрогенераторы можно разделить на две группы: генераторы обычной конструкции, предназначенные в основном для выработки электроэнергии для сети, и обратимые машины, которые в разное время работают в режиме генератора (турбины) или двигателя (насоса).

Реверсивные гидроэлектростанции (ГЭС), также иногда называемые насосно-аккумулирующими электростанциями (НАЭС), используются для покрытия пиковой нагрузки энергосистемы или переводятся в режим активного потребления электроэнергии для выравнивания графика нагрузки всей системы и перекачивают воду из нижнего бьефа в верхний.

Реверсивные гидроагрегаты могут быть четырехмашинными, трехмашинными или двухмашинными, в зависимости от того, совмещают ли входящие в их состав агрегаты различные функции. Последний вариант (турбина/насос и генератор/двигатель) обычно предпочтительнее, поскольку он наиболее компактен, недорог и прост в обслуживании, а также наиболее широко применяется благодаря развитию реверсивных машин.

Реверсивные гидроэлектрогенераторы могут быть вертикальными или горизонтальными, зонтичными или подвесными. К особенностям генераторов зонтичного типа относятся

Асинхронные гидрогенераторы (AS-генераторы), которые, в отличие от обычных синхронных машин, вращают машину с разной скоростью скольжения относительно синхронной скорости и поддерживают постоянную и номинальную частоту сети, пока имеют разовое применение, но заслуживают отдельного рассмотрения (ГЭС Айова). Iowa Hydroelectric Power Station). Это достигается путем создания магнитного поля возбуждения, действующего относительно ротора на частоте скольжения.

Генератор переменного тока ГЭС Айова отличается от обычных машин тем, что в его конструкции используется ротор с темными полюсами и двумя распределенными обмотками, которые удалены друг от друга на 90 градусов. Быстродействующая система, которая регулирует ток возбуждения каждой обмотки в соответствии с определенными законами, автоматически обеспечивает, чтобы скорость поля ротора (с учетом его направления) относительно самого ротора была равна разности между частотой синхронизации и скоростью вращения ротора.

#### Литература:

1. Трубицина, Н. А. Принцип действия и конструкция электрических машин и трансформаторов: метод. указ. к лаб. работам по дисциплинам «Электр. Машины и электропривод» / Н. А. Трубицина, М. А. Трубицин, А. Р. Шайхиев; РГУПС. — Ростов н/Д, 2006. — 23 с
2. Соломин, В. А. Машины переменного тока: учеб.-метод. пособие к лаб. работам / В. А. Соломин, Н. А. Трубицина, Л. Л. Замшина; ФГБОУ ВО РГУПС. — Ростов н/Д, 2015. — 24 с.
3. Соломин, В. А. Машины переменного тока: учеб.-метод. пособие к лаб. работам / В. А. Соломин, Н. А. Трубицина, Л. Л. Замшина; ФГБОУ ВПО РГУПС. — Ростов н/Д, 2014. — 23 с.
4. <https://studfile.net/preview/4520439/page:11/>
5. <https://electricps.ru/gidrogenators>

## Анализ статистики пожаров, произошедших на промышленных предприятиях на территории Российской Федерации

Морозова Вера Сергеевна, студент магистратуры  
Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России (г. Екатеринбург)

*В данной статье произведен анализ статистики пожаров, произошедших на территории Российской Федерации в 2018–2022 гг. и количества погибших на объектах производственного назначения. Проведён сравнительный анализ основных причин пожаров и гибели людей. Рассмотрены наиболее характерные места возникновения пожаров. Предложены мероприятия по снижению вероятности возникновения пожароопасных ситуаций.*

**Ключевые слова:** промышленные предприятия, пожары, гибель, основные причины, места возникновения, система обеспечения пожарной безопасности.

Ключевую роль в обеспечении потребностей людей необходимыми предметами обихода играют производственные предприятия, производящие востребованную на рынке продукцию, а также оказывающие услуги для удовлетворения потребностей людей.

На промышленной карте России по состоянию на 2023 год числится 19837 промышленных предприятий, производств, фабрик, заводов, ферм — от крупных, до средних и малых. И немало предприятий ещё находится в стадии строительства. [1]

Увеличение количества производственных предприятий в свою очередь влечёт возрастающую вероятность возникновения количества пожароопасных ситуаций на этой категории объектов.

Пожары происходят ежедневно как в жилье, так и на производстве. Они являются достаточно распространённой чрезвычайной ситуацией. Причём в случае промышленных предприятий пожары несут с собой, как правило, значительные материальные потери [2].

В таблице 1 приведено распределение числа пожаров и количества погибших при пожарах на объектах производственного назначения за последние 5 лет [3].

Несмотря на наблюдаемое уменьшение количества пожаров к 2022 году, а также погибших людей, возникновение пожаров на промышленных предприятиях полностью исключить не удаётся. Они по-прежнему происходят, их количество является большим и пожары влекут за собой значительный материальный ущерб.

За последние пять лет (табл. 1) в 2021 году произошло наибольшее количество пожаров в производственных зданиях (3589 пожаров), также в этом году зафиксировано максимальное число погибших людей при пожарах — 110 человек за последние 5 лет.

Эти статистические данные очень далеки от нормативных значений величины индивидуального пожарного риска, установленных ст. 79 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ, где сказано, что индивидуальный пожарный риск в зданиях и сооружениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удалённой от выхода из здания и сооружения точке. [4]

На рисунке 1 представлено распределение причин пожаров на производственных объектах за последние 5 лет (с 2018–2022 гг.) [3].

Основные причины пожаров в производственных зданиях в 2022 году распределились следующим образом:

- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования — 1396 случаев;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных и огневых работ — 794 случаев;
- нарушение правил устройства и эксплуатации печей — 307 случаев;
- неосторожное обращение с огнём — 240 случаев;
- по технологическим причинам (неисправность производственного оборудования, нарушения технологического процесса производства) — 228 случаев;
- нарушение правил устройств и эксплуатации теплогенерирующих агрегатов и установок — 36 случаев;
- прочие неустановленные причины — 19 случаев [3].

То есть основной причиной пожаров на промышленных предприятиях в последние годы стала нарушение правил эксплуатации электрооборудования.

Распределение пожаров в 2021 году по местам возникновения представлено на рисунке 2. [5]

Таблица 1. Число возникновения пожаров в производственных зданиях в 2018–2022 гг.

Производственные здания	Абсолютные данные за год				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Количество пожаров, ед.	2813	3546	3438	3589	1949
Количество погибших людей при пожарах в производственных зданиях, чел.	71	72	83	110	32
Ущерб от пожаров, тыс. руб.	1 343 463	2 089 945	7 132 712	1 783 532	376 482

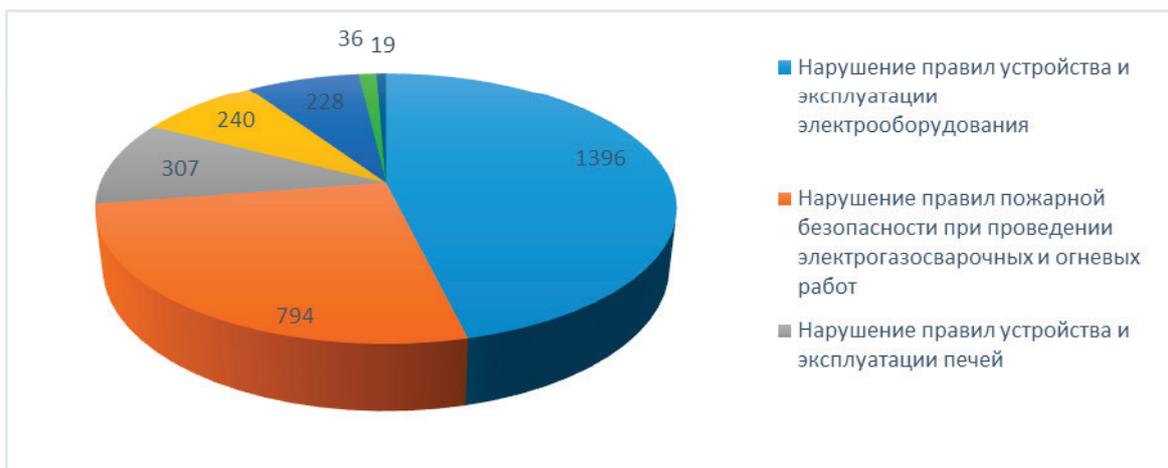


Рис. 1. Причины пожаров на производственных объектах в 2022 году

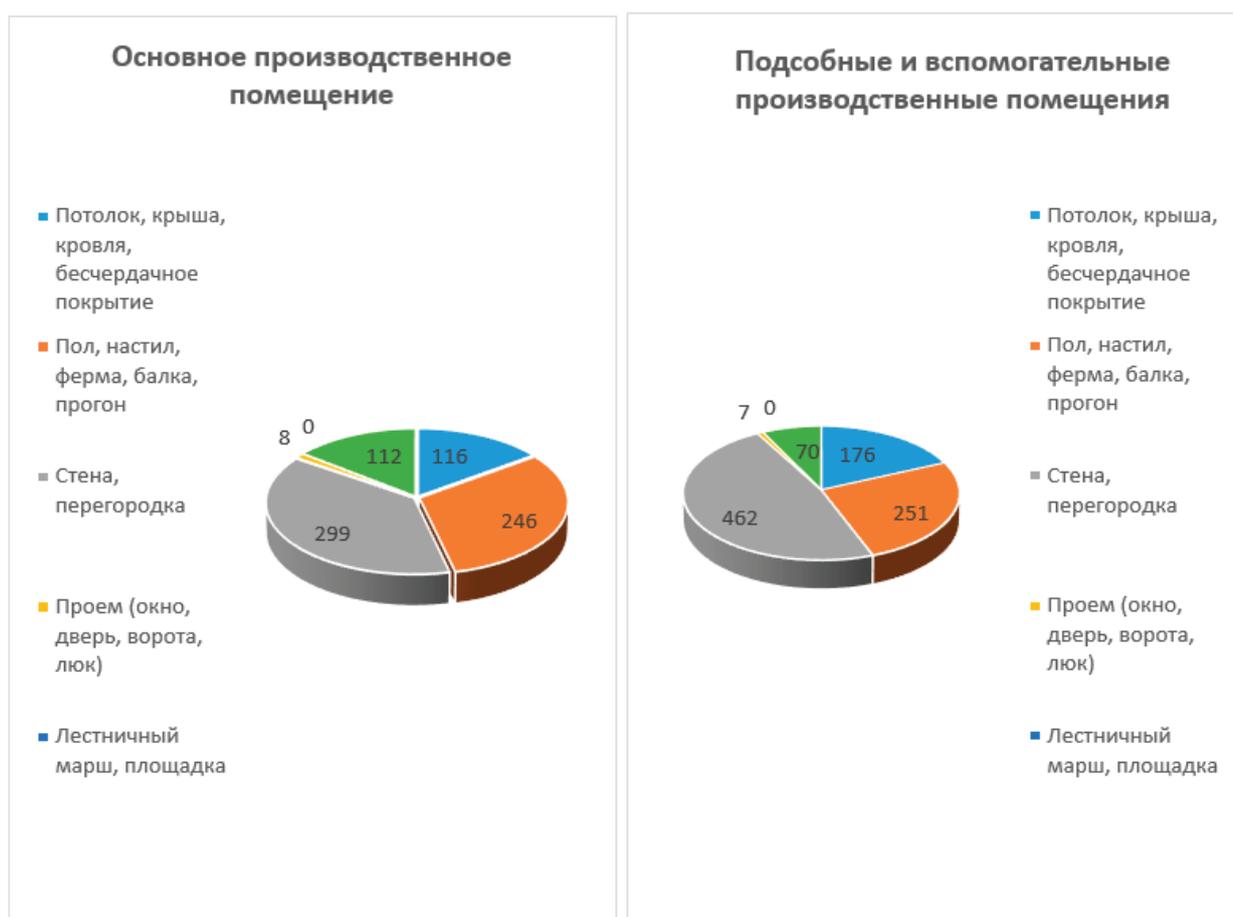


Рис. 2. Распределение количества пожаров по местам их возникновения на производственных объектах в 2021 году, ед.

По диаграмме на рис. 2 видно, что в 2021 году на 24% чаще пожары происходили в подсобных и вспомогательных помещениях, их число составило 966 ед. (в основных производственных помещениях — 781). Самыми распространёнными местами возникновения пожаров на производственных объектах являются пол и стены.

Таким образом, анализ произошедших пожаров в 2018–2022 гг. на территории Российской Федерации показал, что за рассматриваемый период на объектах производственного на-

значения за 5 лет произошло достаточно большое количество пожаров 15335, на которых погибли 368 человек.

Это связано как с увеличением количества производственных объектов, так и с несоблюдением на территории и в помещениях предприятий требований нормативных документов по пожарной безопасности.

**Выводы.** Согласно статистическим данным о произошедших пожарах можно сделать вывод, что организация системы обеспечения пожарной безопасности на промышленных предприя-

тиях России не совершенна и находится на слабом уровне, так как при всей полноте выполнения требований не исключает возможности возникновения пожароопасных ситуаций.

Для обеспечения пожарной безопасности на промышленных предприятиях необходимо провести анализ и выявить возможные причины, которые могут привести к возникновению пожаров и (или) взрывов на предприятиях (особое внимание необходимо обратить на защиту строительных конструкций — стен, полов, так как в этих местах чаще всего происходит возникновение возгораний); провести обучение работников действиям в случае пожара; решить каким образом будет осуществляться тушение в кратчайшие сроки возможных

возгораний; предусмотреть мероприятия, предотвращающие распространение огня в смежные помещения и соседние с ним здания и др.

И на основании этого анализа необходимо будет разработать комплекс необходимых организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, направленный на исключение возникновения любых пожароопасных ситуаций.

Также руководителям промышленных предприятий необходимо позаботиться об обеспечении пожарной безопасности на своих предприятиях путём совершенствования систем предотвращения пожаров и противопожарной защиты.

#### Литература:

1. Попов Е. Новые производства России — 2023 (<https://tenchat.ru/media/1444564-novyue-proizvodstva-rossii-2023>).
2. Салихова А. Х., Шварев Е. А., Михалин В. Н., Лазарев А. А., Самойлов Д. Б. Анализ и систематизация статистических данных о пожарах на производственных объектах // Современные проблемы гражданской защиты. Иваново, 2022. № 2(44). с. 60–66.
3. Пожары и пожарная безопасность в 2022 году: статист. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023.— 80 с.
4. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
5. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022.— 114 с.

## Технико-экономическое обоснование вариантов защитных ограждений для парка хранения бензинов Альметьевской нефтебазы ООО «Татнефть-АЗС Центр»

Надин Артем Николаевич, студент  
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

*В статье представлено технико-экономическое обоснование предложенных вариантов совершенствования системы обеспечения пожарной безопасности парка бензинов.*

**Ключевые слова:** бензин, нефтебаза, пожарная безопасность.

Критерием экономической эффективности систем обеспечения пожарной безопасности служит интегральный экономический эффект, учитывающий материальные потери от пожаров, капитальные вложения и текущие затраты на те или иные мероприятия систем обеспечения пожарной безопасности. Если экономический эффект (Э) от использования систем обеспечения пожарной безопасности является положительным, то принятое решение является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии.

В рамках данной статьи предлагаем рассчитать эффективность внедрения ограждающей стены с отбойным козырьком для локализации разлива нефтепродуктов при внезапных полных разрушениях резервуаров в парке хранения бензинов Альметьевской нефтебазы ООО «Татнефть-АЗС Центр».

По состоянию на начало 2024 года стоимость резервуара РВСП-2000 с понтоном с учётом монтажных работ, стоимости оборудования (арматуры), накладных расходов, плановых накоплений (сметной прибыли строительно-монтажных организаций) и проектных работ согласно полученным на объекте данным составляет более 3,5 млн руб. Норма амортизационных отчислений для металлических резервуаров принята равной 5% год<sup>-1</sup>.

Стоимость остатков, годных для дальнейшего использования (металлолома), составляет 874080 руб. Срок службы РВСП-2000 принимаем равным 20 годам. Согласно статистическим данным частота возникновения пожара на РВСП-2000 с понтоном  $\lambda = 1,09 \cdot 10^{-3}$ . Следовательно, если пожар возникнет в конце срока его службы, то потери будут минимальными.

При такой неопределённости, возникающей из-за очень больших интервалов между пожарами (обратная величина частоты пожаров) принимают величину износа основных фондов до периода математического ожидания пожара, соответствующего половине срока службы резервуара.

$$U_{\text{оп}} = 3565400 \left(1 - \frac{5 \cdot 10}{100}\right) - 18 \cdot 48560 = 908620 \text{ руб.},$$

где 18 — цена 1 кг стали марки Г2С, 48650 — масса металлоконструкций резервуара РВС-2000.

При аварийном разрушении РВСП-2000 уничтожается весь продукт, находящийся в резервуаре. При этом ущерб определяем из выражения (1):

$$V_{oc} = 2000 \frac{k_3}{100} \rho C, \tag{1}$$

где  $k_3 = 95\%$  — степень заполнения резервуара;

$\rho$  — плотность бензина, принятая равной по справочным данным 0,736 т/м<sup>3</sup>;

$C$  — цена бензина, принятая равной 20000 руб./т.

Тогда:

$$V_{oc} = 2000 \cdot 0,95 \cdot 0,736 \cdot 20000 = 27968000 \text{ руб.}$$

Общий ущерб от разрушения одного резервуара РВСП-2000 с учётом ущерба, нанесённого природной среде, составит (2):

$$V_{об} = V_{оф} + V_{oc} + V_{ообщ} = 908620 + 27968000 + 5049014 = 33925634 \text{ руб.} \tag{2}$$

Перечень зданий и сооружений, которые окажутся в зоне пожара (без внедрения защитной стенки), а также значения ущербов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Перечень зданий и сооружений, которые окажутся в зоне пожара

Здания и сооружения	Ущерб, млн руб.
14 Резервуаров с бензином АИ-92 и АИ-95	153,822
8 Резервуаров с дизельным топливом	83,637
Насосная для перекачки нефтепродуктов	1,4
Электрощитовая и операторная	1,3
Ёмкости сбора утечек	0,8
<b>Всего:</b>	<b>240,959</b>

Согласно исследованиям, проведенным сотрудниками Центрального научно-исследовательского и проектного института строительных металлоконструкций им. Н. П. Мельникова, установлено, что частота полных разрушений РВС оценивается значением  $3 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>.

Подобные аварии с пожарами сказываются на экономике того или иного региона, где выполняла свои функции нефтебаза. В расчетах принимается среднеотраслевой коэффициент косвенных потерь ( $k = 5,8$ ). Тогда общие потери составят:

$$V_1 = 5,8 \cdot 240,959 \cdot 3 \cdot 10^{-4} + 33,926 = 0,4783 \text{ млн руб./год} \\ (478299 \text{ руб./год}).$$

При внедрении защитной преграды в виде бетонной стены с отбойным козырьком в зону возможного пожара попадут только те резервуары, которые находятся в одном обваловании с разрушившимся резервуаром. С учётом эффективности работы установки пенного пожаротушения пожар в течение 10-ти минут будет потушен. Большая часть бензина (ориентировочно до 80-ти%) останется в каре обвалования и в дальнейшем может быть использована в технологическом процессе [2].

В этом случае, общий ущерб при полном разрушении РВСП-2000 и последующем пожаре составит (3):

$$V_2 = (V_{оф} + V_{oc} \cdot 0,2) \cdot 3 \cdot 10^{-4} = (908620 + 27968000 \cdot 0,2) \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 1951 \text{ руб/год} \tag{3}$$

Определяем интегральный экономический эффект от реализации возможных вариантов противопожарной защиты.

В качестве базового варианта принимает вариант защиты резервуарного парка нормативным земляным обвалованием без внедрения установки пенного пожаротушения.

В качестве проектируемого варианта принимается вариант защиты резервуарного парка железобетонной стеной с отбойным козырьком, установленной на имеющееся нормативное земляное обвалование, с внедрением установки пенного пожаротушения.

Капитальные затраты по вариантам защиты:

Нормативное земляное обвалование:

— периметр —  $P = 2 \cdot (91,2 + 25,4) = 233,2 \text{ м}$

— высота — 1,5 м

— количество грунта на 1 м/п — 10 м<sup>3</sup>

— цена за 1 м<sup>3</sup> 780 руб [3]

— общая стоимость обвалования —  $233,2 \cdot 10 \cdot 780 = 1818960 \text{ руб.}$

— общая стоимость с учётом строительно-монтажных работ:

$$K_1 = 1818960 \cdot 1,8 = 3274128$$

(здесь 1,8 — коэффициент, учитывающий стоимость строительно-монтажных работ, накладных расходов, плановых накопленных и транспортно-заготовительных расходов);

Железобетонная стена с отбойным козырьком, установленная на нормативное земляное обвалование:

- периметр  $P = 2 \cdot (91,2 + 25,4) = 233,2$  м.
- высота —  $2,24 - 1,5 = 0,74$  м.
- количество бетона на 1 м/п —  $1,7 \text{ м}^3$
- цена за  $1 \text{ м}^3$  (М:400) — 2500 руб. [3]
- цена за арматуру на 1 м/п — 800 руб. [3]
- общая стоимость —  $1818960 + 233,2 \cdot (4250 + 800) = 2996620$  руб.
- общая стоимость с учётом строительно-монтажных работ:

$$K_2 = 2996620 \cdot 1,8 = 5393916 \text{ руб.}$$

(здесь 1,8 — коэффициент, учитывающий стоимость строительно-монтажных работ, накладных расходов, плановых накоп-лений и транспортно-заготовительных расходов).

Эксплуатационные расходы (4):

$$C_i = C_{ам} + C_{мп}, \tag{4}$$

где  $C_{ам}$  — амортизационные отчисления (5):

$$C_{ам} = K_i \cdot H_{ам} / 100 \tag{5}$$

(здесь  $H_{ам}$  — норма амортизационных отчислений для соответствующего варианта защитной преграды:  $H_{ам1} = 1\%$ ;  $H_{ам2} = 1\%$ );

Стр — затраты на текущий ремонт и обслуживание (6):

$$C_{мп} = K_i \cdot H_{мп} / 100 \tag{6}$$

(здесь  $H_{тр}$  — норма отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание для соответствующего варианта защитной преграды:  $H_{тр1} = 3\%$ ;  $H_{тр2} = 2,5\%$ ).

Тогда:

$$C_{ам1} = 3274128 \cdot 1 / 100 = 32741,28 \text{ руб/год};$$

$$C_{ам2} = 5393916 \cdot 1 / 100 = 53939,16 \text{ руб/год};$$

$$C_{мп1} = 3274128 \cdot 3 / 100 = 98223,84 \text{ руб/год};$$

$$C_{мп2} = 5393916 \cdot 2,5 / 100 = 134847,9 \text{ руб/год}.$$

Эксплуатационные расходы на содержание и ремонт защитных ограждений составят:

$$C_1 = 32741,28 + 98223,84 = 130965,12 \text{ руб/год};$$

$$C_2 = 53939,16 + 134847,9 = 188787,06 \text{ руб/год}.$$

Таблица 2. Суммарная величина интегрального экономического эффекта при постоянной норме дисконта, в зависимости от года осуществления затрат

Год осуществления проекта	ДУ, тыс. руб./год	ДС, тыс. руб./год	D	(ДУ — ДС) · D тыс. руб./год
1	476,348	57,822	0,909	380,441
2	476,348	57,822	0,826	345,703
3	476,348	57,822	0,751	314,313
4	476,348	57,822	0,683	285,853
5	476,348	57,822	0,621	259,905
6	476,348	57,822	0,564	236,049
7	476,348	57,822	0,513	214,704
8	476,348	57,822	0,467	195,452
9	476,348	57,822	0,424	177,455
10	476,348	57,822	0,386	161,551
11	476,348	57,822	0,350	146,484
12	476,348	57,822	0,319	133,510
13	476,348	57,822	0,290	121,373
14	476,348	57,822	0,263	110,072
15	476,348	57,822	0,239	100,028
16	476,348	57,822	0,218	91,239
17	476,348	57,822	0,198	82,868
18	476,348	57,822	0,180	75,335
19	476,348	57,822	0,164	68,638
20	476,348	57,822	0,149	62,360
Всего				3563,333

Таким образом, основные величины, входящие в формулу определения интегрального экономического эффекта составят (7)-(9):

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 478299 - 1951 = 476348 \text{ руб/год} \quad (7)$$

$$\Delta C = C_2 - C_1 = 188787,06 - 130965,12 = 57821,94 \text{ руб/год} \quad (8)$$

$$\Delta K = K_2 - K_1 = 5393916 - 3274128 = 2119788 \text{ руб/год} \quad (9)$$

Результаты расчётного определения суммарной величины интегрального экономического эффекта при постоянной норме дисконта, принятого равным 0,1, в зависимости от года осуществления затрат на защитные сооружения представлены в таблице 2.

Тогда, экономический эффект от внедрения бетонной стены с отбойным козырьком составит (10):

$$\Theta = [\Sigma(\Delta U - \Delta C)D] - \Delta K \quad (10)$$

Отсюда:

$$\Theta = 3563,333 - 2120 = 1443,333 \text{ тыс. руб. (1 млн 443 тыс. 333 руб.)}$$

Проведённое технико-экономическое обоснование принятого решения обеспечения пожарной безопасности технологического процесса показало, что ожидаемый экономический эффект от внедрения ограждающей стены с отбойным козырьком в парке бензинов Альметьевской нефтебазы ООО «Татнефть-АЗС Центр» составляет 1 млн 443 тыс. руб. а экономический ущерб от загрязнения окружающей природной среды в случае полного разрушения резервуара снизится в 1086 раз.

Литература:

1. Федеральный закон от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». С изменениями и дополнениями.
2. Собурь, С. В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие / С. В. Собурь. — М.: ПожКнига, 2017. — 480 с.
3. Бадагуев, Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, инструкции, журналы, положения / Б. Т. Бадагуев. — М.: Альфа-Пресс, 2018. — 488 с.

## Растительное молоко: влияние технологий производства на сохранность готового продукта

Родченко Александр Викторович, студент магистратуры;  
Полянский Игорь Александрович, студент магистратуры;  
Тарасова Вероника Владимировна, кандидат технических наук, доцент  
Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ) (г. Москва)

*В статье автор рассматривает растительные аналоги молока и различные технологии его производства*

**Ключевые слова:** напитки на растительной основе, технология производства, соя.

## Plant milk: the influence of production technologies on the safety of the finished product

Rodchenko Aleksandr Viktorovich, student master's degree;  
Polyansky Igor Aleksandrovich, student master's degree;  
Tarasova Veronika Vladimirovna, candidate of technical sciences, associate professor  
Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH) (Moscow)

*In the article, the author examines plant analogues of milk and various technologies for its production.*

**Keywords:** plant-based drinks, production technology, soy.

Одним из перспективных и быстроразвивающихся направлений современной перерабатывающей отрасли является производство продуктов питания с использованием растительного сырья. В связи с этим растёт спрос на аналоги молочных продуктов — растительные напитки, которые в настоящее время представлены в широком ассортименте.

Напитки на растительной основе позволяют расширить рацион питания и предоставляют возможность наслаждаться вкусными, легкими и сытными напитками, которые отлично подходят тем, кто придерживается правил здорового питания для себя и своих детей, вегетарианского или спортивного образа жизни, а также диеты. Функциональные напитки, изготов-

ленные на растительной основе, очень богаты белками и клетчаткой, они могут быть обогащены различными комплексами витаминов, что делает этот продукт ещё более привлекательным со стороны потребителя. Ориентированность на здоровое питание повышает спрос на растительные продукты, и их производство активно растёт. Кроме этого, ученые обращают внимание на вред, наносимый окружающей среде животноводческими фермами.

Начиная с 2019 года многие предприятия молочной отрасли стали все чаще с интересом обращаться к производству на-

питков на растительной основе — в основном это было желание расширить ассортимент продукции.

Для производства напитков на растительной основе используют сельскохозяйственные культуры: пшеницу, рожь, овес, ячмень, гречиху, сою, амарант, коноплю. Биохимический состав, соотношение макро- и микронутриентов в указанных видах растений значительно различаются. Следовательно физико-химические свойства, органолептические показатели и пищевая ценность получаемых напитков будут неодинаковы (см. таблицу 1). [1]

Таблица 1. Химический состав сельскохозяйственных культур [1]

Вид культуры	Содержание в семенах (зернах) растения, в пересчете на сухое вещество, %				
	Белки	Жиры	Углеводы	Пищевые волокна	Минеральные вещества
Пшеница	10,1–12,3	1,7–2,3	70,0–71,5	1,6–2,2	1,7–2,2
Рожь	7,4–8,2	1,5–2,1	73,2–74,8	1,6–2,2	1,5–2,0
Ячмень	9,5–11,2	2,1–2,7	67,0–69,0	3,5–4,1	2,5–3,0
Овес	10,4–11,6	4,2–5,1	58,3–61,8	10,2–12,1	3,6–4,1
Соя	35–40	18–27	15–17,3	6,5–13,5	5,0–5,5

В ходе исследования рынка были выявлены следующие разновидности растительных напитков:

— из орехов: миндальные, кедровые, кокосовые, из кешью, фисташек, макадамии, из бразильского ореха, грецкого ореха, пекана, каштанов и фундука;

— из зерновых и бобовых: рисовые (из белого, коричневого и дикого риса), соевые, овсяные, гречневые, гороховые, из спельты, ячменя, проса, киноа, из арахиса, теффа, амаранта и др.;

— из семечек: маковые, кунжутные, конопляные, из семян чиа, подсолнечника и тыквенных семечек.

Сегодня на полках магазинов можно найти практически все выше перечисленные виды растительных аналогов молока. Однако наиболее распространенным является соевый напиток, поскольку в нашей стране соя является широко возделываемой сельскохозяйственной культурой, которая используется во многих областях перерабатывающей промышленности. В частности, это перспективное сырье для изготовления растительных напитков. [3]

Соя — это сельскохозяйственная культура, сочетающая в своем составе высокое содержание белка со сбалансированным почти по всем аминокислотам составом; ненасыщенных жиров, содержащих в благоприятном соотношении омега-3 и омега-6 ПНЖК; витаминов; минеральных и фитопитательных веществ. Отличительной особенностью сои является высокое содержание фосфолипидов; токоферолов — биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами. Семена сои содержат изофлавоны, которые обладают эстрогенной активностью. Углеводы сои представлены растворимыми сахарами, крахмалом и нерастворимыми структурными полисахаридами. [2]

Достаточно часто органолептические характеристики растительных напитков не отвечают запросам потребителей, что

ограничивает их распространение. Предполагается, что растительные альтернативы коровьего молока должны быть их аналогами с точки зрения цвета, текстуры и пищевой ценности. Однако недостатком растительных напитков является нехарактерный привкус и запах, низкое содержание кальция, разрушение эмульсии при хранении. Поэтому промышленно вырабатываемые растительные напитки включают различные добавки, в том числе технологические, обеспечивающие стабильность эмульсионной системы продукта.

Общие этапы производства растительных напитков включают следующие технологические процессы: подготовка сырья (промывка, шелушение, замачивание, проращивание), мокрый или сухой помол, экстракция, многоступенчатая фильтрация, добавление ингредиентов, стерилизация, гомогенизация, асептическая упаковка и хранение. Для формирования сенсорных свойств напитков используют подсластители, вкусоароматические добавки; для повышения эмульсионной стабильности — стабилизаторы и эмульгаторы: лецитин, камеди, крахмалопродукты. Для улучшения стабильности напитков на растительной основе и исключения использования стабилизирующих добавок применяют инновационные технологии, в числе которых ультразвуковое воздействие, импульсные электрические поля, омический нагрев, гомогенизация при сверхвысоком и высоком давлении.

При производстве растительных напитков важной задачей является выбор рациональных методов экстракции и гомогенизации, которые обеспечат в дальнейшем коллоидную стабильность конечного продукта, а также минимизируют потребность в технологических добавках. Разрабатываемые технологии направлены на инактивацию микроорганизмов и ферментов, уменьшение размеров частиц и снижение вязкости эмульсии для повышения физической стабильности.

Ультрапастеризация — это процесс температурной обработки путем прямого впрыска пара (степенью очистки до кулинарного) в продукт при температуре 137 °С, данный процесс обеспечивает температурную обработку сохраняя все свойства продукта не разрушая структуру белка, что положительно влияет на вкусовые качества готового продукта и длительности хранения, далее продукт поступает по трубопроводам на упаковочную линию где происходит упаковка в асептических условиях.

Ультрапастеризация производится на комплексных производственных предприятиях, которые выполняют несколько этапов обработки и упаковки пищевых продуктов автоматически и последовательно: нагревание, быстрое охлаждение, гомогенизация, асептическое упаковывание.

На стадии нагревания обработанную жидкость сначала предварительно нагревают до не критической температуры (70–80 °С), а затем быстро нагревают до температуры, требуемой процессом. Существует два типа технологий нагрева: прямой, когда продукт находится в непосредственном контакте с горячим паром, и косвенный, когда продукт и теплоноситель остаются разделенными контактными поверхностями оборудования. Основными целями конструкции, как с точки зрения качества продукта, так и с точки зрения эффективности, являются поддержание высокой температуры продукта в течение максимально короткого периода и обеспечение равномерного распределения температуры.

### Прямые системы нагрева

Преимущество прямых систем нагрева заключается в том, что продукт выдерживается при высокой температуре в течение более короткого периода времени, что снижает тепловое повреждение чувствительных продуктов, таких как молоко. Есть две группы прямых систем нагрева.

— На основе впрыска, где пар высокого давления впрыскивается в жидкость. Это позволяет быстро нагревать и охлаждать, но подходит только для некоторых продуктов. Поскольку продукт вступает в контакт с горячей форсункой, существует вероятность локального перегрева.

— Инфузионный, где жидкость закачивается через форсунку в камеру с паром высокого давления с относительно низкой концентрацией, обеспечивая большую площадь контакта с поверхностью. Этот метод обеспечивает почти мгновенный нагрев, охлаждение и равномерное распределение температуры, избегая локального перегрева. Подходит для жидкостей как низкой, так и высокой вязкости.

### Литература:

1. Гапонова Л. В., Рашкин К. А., Карамнова С. А. Функциональные напитки на основе растительного сырья // Переработка молока. — 2022. — № 1 (267). — С. 68–69.
2. Меренкова, С. П. Актуальные аспекты производства напитков на растительном сырье / С. П. Меренкова, Н. В. Андросова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2018. Т. 6, № 3. С. 5767.
3. Тулякова Т. В., Буравова Н. А., Колесникова А. А. Растительные альтернативы традиционного молока // Вестник Медицинского института непрерывного образования. — 2023. — 3(1). С. 107–112.
4. Шишкина Д. И., Штовхун А. И., Клейн Е. Э., Беркетова Л. В. Современные технологии производства альтернативного молока из растительных продуктов // Вестник ВГУИТ. — 2022. — Т. 84, № 4. — С. 141–148.

### Система непрямого нагрева

В системах непрямого нагрева продукт нагревается твердым теплообменником, аналогичным тем, которые используются для пастеризации. Однако, поскольку применяются более высокие температуры, необходимо использовать более высокие давления для предотвращения кипения. Используются три типа теплообменников: пластинчатые, трубчатые, шнековые. Для более высокой эффективности вода или пар под давлением используются в качестве среды для нагрева самих теплообменников, вместе с установкой регенерации, что позволяет повторно использовать среду и экономить энергию.

### Мгновенное охлаждение

После нагревания горячий продукт поступает в удерживающую трубку, а затем в вакуумную камеру, где он мгновенно теряет температуру и испаряется. Процесс, называемый мгновенным охлаждением, снижает риск термического повреждения, удаляет часть или всю избыточную воду, полученную в результате контакта с паром, и удаляет некоторые летучие соединения, которые отрицательно влияют на качество продукта. Скорость охлаждения и количество удаляемой воды определяются уровнем вакуума, который должен подвергаться тщательной калибровке.

### Асептическое упаковывание

Асептическая упаковка относится к методике, в которой предварительно стерилизованное молоко асептически упаковывается в стерильную упаковку и герметично запечатывается для продления срока годности даже в условиях окружающей среды.

Проблема совершенствования технологий производства аналогов молока на растительной основе остаётся актуальной в связи с потребностью улучшать химический состав продуктов-заменителей, их физико-химические и органолептические качества. Применение тех или иных традиционных методов обработки зависит от выбора сырья и может включать или не включать такие этапы, как кислотно-щелочная обработка, вымачивание в воде, сушка, обжарка и бланширование. Также для улучшения свойств конечного продукта в процессе производства могут применяться инновационные термические и нетермические способы воздействия на продукт. [4]

## Проблемы внедрения автоматизированных систем в производство

Черных Михаил Александрович, ведущий инженер

АО «Северо-Западный региональный центр концерна ВКО «Алмаз-Антей» — Обуховский завод» (г. Санкт-Петербург)

### Введение

Автоматизация давно уже стала преобладающей тенденцией в современной промышленности, которая обещала повышение эффективности, снижение затрат и повышение производительности, за счет внедрения автоматизации. Однако, внедрение автоматизированных систем в производство сопряжено с определенными трудностями, с которыми так или иначе пришлось столкнуться. В этой статье будут рассмотрены проблемы, которые возникают при внедрении автоматизации в производственные процессы.



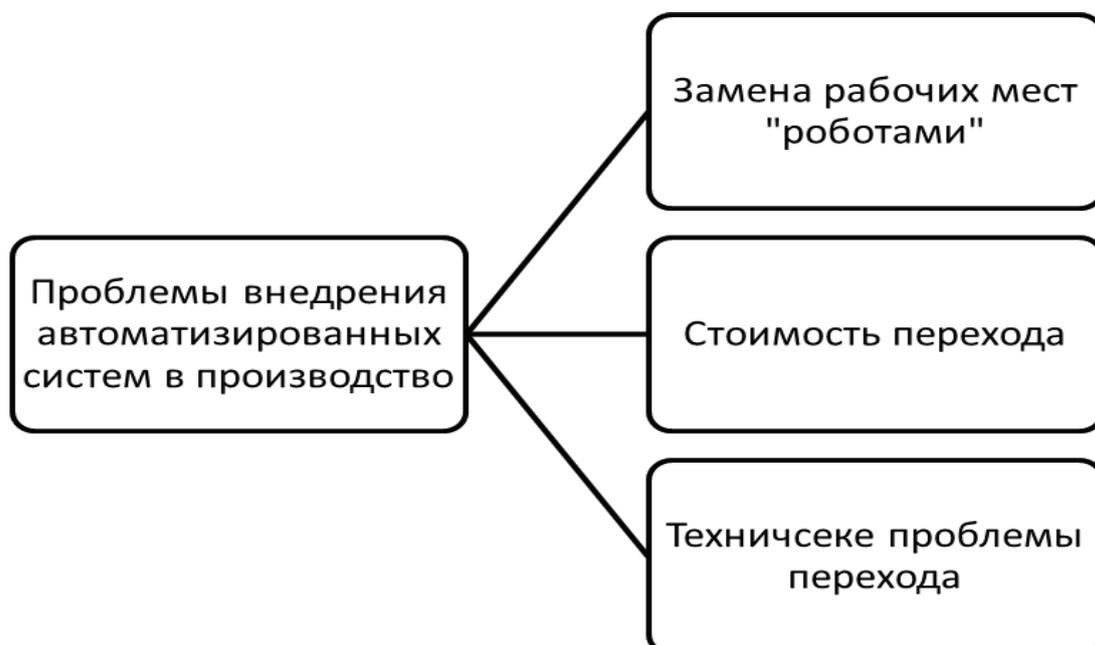
Одной из основных проблем, связанных с внедрением автоматизированных систем, является потенциальная возможность перемещения рабочих мест. Поскольку машины берут на себя задачи, которые ранее выполнялись людьми, имеет место риск

увольнений и безработицы. Это приводит к социальным и экономическим проблемам внутри общества, поскольку перемещенные работники с трудом находят новые возможности трудоустройства.

Другой проблемой, которая возникла при внедрении автоматизированных систем, является первоначальная стоимость внедрения. Установка автоматизированного оборудования и систем требует значительных капиталовложений, которые оказываются непомерно высокими для небольших компаний или предприятий, работающих с ограниченным бюджетом. Кроме того, для работы с автоматизированными системами связаны текущие расходы на техническое обслуживание и обучение обслуживающего персонала, что еще больше увеличивает финансовое бремя.

Кроме того, возникают технические проблемы и сбои в работе автоматизированных систем, которые нарушают производственные графики и приводят к дорогостоящим простоям. Обеспечение надлежащего технического обслуживания автоматизированного оборудования имеет важное значение для предотвращения этих проблем, но это является дорогостоящим и отнимающим много времени процессом.

Несмотря на то, что внедрение автоматизированных систем в производство дало много преимуществ, оно также было связано с рядом проблем, которые необходимо тщательно рассматривать и решать. Понимая и планируя эти потенциальные проблемы, производители могут лучше ориентироваться при переходе к автоматизации и максимизировать выгоды, на которые они рассчитывали, внедряя в своё производство автоматизированные устройства и процессы.



### Обращение к первой проблеме



Одним из главных аргументов в пользу замены рабочих мест автоматизированными системами является потенциал повышения эффективности. Машины могут работать круглосуточно без перерывов или отдыха, что приводит к увеличению производительности и снижению затрат для предприятий. Кроме того, автоматизация может снизить риск человеческих ошибок, что приводит к повышению качества продуктов и услуг.

Однако широкое внедрение автоматизированных систем также вызывает опасения по поводу вытеснения работников-людей. Поскольку машины берут на себя задачи, которые когда-то выполнялись людьми, многие люди могут оказаться без работы. Это может привести к росту уровня безработицы и экономической нестабильности в сообществах, которые в значительной степени зависят от традиционных отраслей промышленности.

Кроме того, при замене рабочих мест автоматизированными системами необходимо учитывать этические соображения. Использование машин для выполнения задач, которые когда-то выполнялись людьми, поднимает вопросы о ценности человеческого труда и роли работников в обществе. Важно учитывать социальные последствия автоматизации и обеспечить, чтобы переход на автоматизированные системы осуществлялся таким образом, чтобы во главу угла ставилось благополучие работников.

Хоть замена рабочих мест автоматизированными системами потенциально может повысить эффективность и продуктивность, она также вызывает серьезные опасения по поводу безработицы и обесценивания человеческого труда. Крайне важно, чтобы политики и предприятия тщательно изучали последствия автоматизации и работали над решениями, которые определяют приоритетность потребностей работников во все более автоматизированном мире.

### Обращение ко второй проблеме



Одной из основных проблем, с которой сталкиваются предприятия при рассмотрении вопроса об автоматизированных системах, является высокая первоначальная стоимость. Приобретение необходимого оборудования и программного обеспечения, а также обучение сотрудников использованию новой системы могут потребовать значительных инвестиций. Для малого или среднего бизнеса с ограниченным бюджетом эти затраты могут быть непомерно высокими.

Кроме того, затраты на внедрение автоматизированных систем выходят за рамки первоначальных инвестиций. Для обеспечения надлежащего функционирования системы необходимы постоянное техническое обслуживание и обновления. Это может увеличить общую стоимость системы и потребовать от предприятий выделения дополнительных ресурсов на поддержку и техническое обслуживание.

Несмотря на потенциальные долгосрочные преимущества автоматизированных систем, такие как повышение эффективности и точности, многим предприятиям трудно оправдать расходы. Отдача от инвестиций может быть очевидна не сразу, что заставляет некоторые организации колебаться, когда дело доходит до перехода к автоматизации.

Хоть автоматизированные системы предлагают множество преимуществ предприятиям, стремящимся улучшить свою деятельность, стоимость внедрения остается существенным препятствием. Организациям важно тщательно взвесить потенциальные выгоды с учетом первоначальных и текущих расходов, прежде чем принимать решение инвестировать в автоматизированные системы. Только с помощью тщательного анализа затрат и выгод предприятия могут определить, является ли автоматизация правильным выбором для них.

### Обращение к третьей проблеме



Одной из распространенных технических проблем являются проблемы совместимости между различными программными и аппаратными компонентами. Для правильного функционирования автоматизированных систем требуется комбинация программ и аппаратных устройств. Когда эти компоненты несовместимы друг с другом, это может привести к системным сбоям и неполадкам в работе.

Другой технической проблемой является отсутствие надлежащего тестирования перед развертыванием. Тестирование

является важным этапом процесса внедрения для выявления и устранения любых потенциальных проблем или «багов» в системе. Без тщательного тестирования автоматизированные системы с большей вероятностью столкнутся с техническими проблемами после их ввода в эксплуатацию.

Кроме того, недостаточная подготовка персонала также может способствовать возникновению технических проблем в автоматизированных системах. Сотрудники должны быть должным образом обучены тому, как использовать и обслуживать систему, чтобы предотвратить возникновение технических проблем. Недостаточная подготовка может привести к ошибкам и неэффективности, которые влияют на производительность системы.

Чтобы решить эти технические проблемы, организации должны инвестировать в надлежащее планирование, тестирование и обучение в ходе внедрения автоматизированных систем. Обеспечивая совместимость компонентов, проводя тща-

тельное тестирование и обеспечивая надлежащее обучение сотрудников, предприятия могут свести к минимуму технические проблемы и максимизировать преимущества автоматизированных систем.

### Заключение

Несмотря на то, что внедрение автоматизированных систем в производственные процессы дает много преимуществ, оно также сопряжено с рядом проблем, которыми необходимо тщательно управлять. Решая такие проблемы, как перемещение рабочих мест, высокие затраты и технические сбои, предприятия могут максимально использовать потенциал этих систем при минимизации рисков. Только благодаря продуманному планированию и стратегической реализации компании могут в полной мере реализовать преимущества автоматизации в современном промышленном ландшафте.

### Литература:

1. Автоматизация предприятий // АрмаПро URL: [https://arma.pro/?utm\\_referer=geoadv\\_search\\_yabs&utm\\_ya\\_campaign=73921073693&yabizcmpgn=17083714&utm\\_source=geoadv\\_search\\_yabs&utm\\_candidate=59135640324&utm\\_content=15952583720&yclid=15735609660373991423](https://arma.pro/?utm_referer=geoadv_search_yabs&utm_ya_campaign=73921073693&yabizcmpgn=17083714&utm_source=geoadv_search_yabs&utm_candidate=59135640324&utm_content=15952583720&yclid=15735609660373991423) (дата обращения: 20.03.2024)..
2. С. В. Чумаченко Автоматизация технологических процессов.— Костанай, 2021.— 136 с..
3. В. В. Батуев Автоматизация производственных процессов в машиностроении.— Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015.— 41 с.

# АРХИТЕКТУРА, ДИЗАЙН И СТРОИТЕЛЬСТВО

## Assessment and safety criteria of hydro technical structures of the Yavan HPP

Ruziev Zafardzon Umarzhonovich, student master’s degree  
 Scientific advisor: Krutov Denis Anatolyevich, candidate of technical sciences, teacher  
 Kazakh-German University (Almaty, Kazakhstan)

*This article provides a comprehensive assessment of the Yavan Hydroelectric Power Plant’s (HPP) hydro technical structures with a primary focus on safety criteria. The study encompasses an in-depth analysis of the hydraulic structure’s characteristics, specifications, and parameters. Detailed attention is given to the concrete spillway dam construction, including its main features and functions. Hazard identification associated with the HPP’s operation is systematically conducted, evaluating the probability of various emergency situations and assessing potential consequences on the economy and human life.*

*Environmental Impact Assessments (EIAs) are integrated into the study to gauge the ecological implications of the HPP’s activities. The research further delves into the development of safety criteria for the hydraulic structure, scrutinizing the current state for compliance and proposing necessary measures to ensure adherence to these criteria. A comprehensive set of measures to prevent emergencies and minimize consequences is outlined, accompanied by an evaluation of their effectiveness and recommendations for improvement.*

*Drawing on a review of best practices and experiences from other hydraulic structures, the article concludes with a synthesis of findings and a strategic perspective on enhancing the safety and sustainability of the Yavan HPP. This research contributes to the broader field of hydraulic engineering, emphasizing the importance of robust safety criteria and proactive measures in the operation of hydro technical structures.*

**Keywords:** Hydro technical structures, Safety criteria, Concrete spillway dam, Environmental Impact Assessment, Emergency prevention, Hydraulic engineering.

### 1.1. Characteristics of the hydraulic structure of the Yavan HPP

Yavan HPP is a hydraulic structure located on the Zervshvan River in Tajikistan. It will be built to generate electricity and improve irrigation in the area. Yavan HPP has an installed capacity of 144 MW and consists of 4 hydraulic units. It is one of the key sources of electricity in the region and plays an important role in the economic development of Tajikistan. However, like any hydraulic structure, Yavan HPP is at risk of emergency situations that can have serious consequences for the environment and the pop-

ulation. To ensure the safety of the structure, an assessment and safety criteria are necessary, as well as the development of appropriate measures. [6]

### 1.2. Specifications and parameters HPP

Technological equipment, HPP capacity and power generation — The justification and selection of the parameters of the hydraulic power equipment were made on the basis of the initial data for the variant of the hydroelectric complex adopted in the feasibility study (section I–I) with a control dam on the Zeravshan River.

Table 1. Technological equipment, HPP capacity and power generation

1.1	Installed capacity of hydroelectric power plants, MW	36x4=144
1.2	The capacity of hydroelectric power plants during the operation of 4 MW turbines	-135,33
1.3	Guaranteed HPP capacity, MW	-36
2.0	Estimated upstream levels, m	-1230
2.1	Normal retaining water level (NPU), m	-1230
2.2	Energy triggering, m	-15
2.3	Lowest level (UMO), m	-1215
3.0	Calculated levels in the downstream, m	-1155,8
3.1	Flood level, 0.01%, m	-1160,08

Table 1 (Continued)

3.2	The lowest level of low water, m	-1154,13
4.0	Pressure losses in the derivational conduit during operation of 1 agr., m	-1,08
5.0	Heads «net» when working 1 agr., m:	-73,12
5.1	Largest, m	-74,2
5.2	Weighted average, m	-71,07
5.3	Calculated at work 1 agr., m	-73,12
5.4	Minimum, m	-64,54
6.0	Number of hours of use (by watercourse) of installed capacity, taking into account the operation of hydroelectric power plants in the daily regulation mode, h	-4584
7.0	Electricity generation, MWh	
7.1	Annual average, including:	
	— Summer	-576,0
	— Winter	-84,0
	— the ratio of winter production to the average annual	-660,0
8.0	Requirements of the power system for the operating modes of hydroelectric power plants	

### 1.3. Characteristics of the route and construction site in the HPP

The hydroelectric power station is an integral part of the hydroelectric complex, which, in addition to the station, includes water-lifting and spillway structures, protective structures, reservoirs and upstream of water intake nodes.

The type of hydroelectric power station, its location and the composition of structures were determined by the purpose of the hydroelectric complex, its parameters, the natural conditions of the site for the location of the hydroelectric complex on the basis of a technical and economic comparison of possible options for a technical solution.

After carrying out fitting work on the Zeravshan River, the location of the alignment in question and its technical parameters were finally clarified. [4]

#### Description of the alignment of the hydroelectric power station

The structure of the hydroelectric complex includes:

- The building of the hydroelectric power station.
- Spillway dam (aka water-lifting).
- Water intake facility.
- Derivation tunnel.
- Block of water intake structure of construction and operational spillway
- Construction and operational spillway (CMEA).
- Diversion channel from the exit portal of the construction tunnel to the Zeravshan River
- River flow control basin and enclosing dam.
- Diversion channel from the building of the hydroelectric power station.

The presence of a gravel-pebble base allows you to have a building of a hydroelectric power station, a SEC of any number of storeys.

The issue of switching the Zeravshan River to a construction and operational spillway (CMEA) for the construction period is being resolved positively.

The creation of a reservoir of small capacity (77.545 million<sup>m<sup>3</sup></sup>), located in the canyon of the Zeravshan River, causes minimal alienation. [4]

### 2.1. Assessment of hazards associated with the operation of a hydraulic structure

Assessment of the hazards associated with the operation of the hydraulic structure is an important step in ensuring the safety of the Yavan HPP. As part of this work, it is necessary to analyze the potential hazards and risks associated with the operation of the Yavan HPP, as well as to determine the possible consequences and the likelihood of their occurrence. Based on this assessment, recommendations will be developed to eliminate and minimize dangerous situations.

The main objectives of this stage:

- Assessment of the probability and consequences of possible accidents and emergencies associated with the operation of the Yavan HPP.
- Analysis of factors that may contribute to the occurrence of dangerous situations.
- Evaluation of the effectiveness of existing security monitoring and control systems, as well as the development of recommendations for their improvement.
- Development of measures to prevent and minimize the consequences of possible accidents and emergencies.

Conducting a hazard assessment will not only improve the safety of the Yavan HPP, but also reduce the likelihood of negative envi-

ronmental consequences that may occur in the event of accidents or emergencies. [2]

## 2.2. Identification of possible threats and dangers

Identification of possible threats and hazards is one of the most important tasks in assessing the safety of a hydraulic structure. To do this, an analysis of man-made and natural factors that may affect the operation and safety of the Yavan HPP is carried out. Technogenic factors include emergency depressurization of hydraulic structures, failure of electrical equipment, personnel errors, etc. Natural factors include floods, earthquakes, landslides, etc.

As a result of the identification of threats and hazards, a list of potential emergency scenarios that may occur at the Yavan HPP will be determined. This will make it possible to develop measures to prevent such situations and minimize possible consequences. [7]

## 2.3. Assessment of the probability of occurrence of various emergency situations

Assessment of the probability of occurrence of various emergency situations is an important step in assessing the safety of the hydraulic structure of the Yavan HPP. For this purpose, an analysis of the history of operation of similar structures is carried out, as well as possible climatic and geological conditions of the region in which the Yavan hydroelectric power station is located are taken into account. Assessment of the probability of occurrence of emergency situations allows you to determine the most likely scenarios and develop measures to prevent and eliminate the consequences of these situations. [5]

## 2.4. Assessment of possible consequences for the economy and human life

Assessment of possible consequences for the environment, economy and human life is an important task in assessing the safety of the hydraulic structure of the Yavan HPP. To do this, it is necessary to analyze various emergency scenarios that may arise during the operation of the dam and hydroelectric power station.

As a result of this analysis, it is possible to determine the probability and scale of possible consequences. For example, if a dam breaks, there can be serious consequences for the environment, such as flooding and flooding, as well as threats to human life and economic facilities downstream. Destruction of hydraulic structures can also occur, which can lead to large economic losses.

Assessment of possible consequences is a necessary step for the development of measures to prevent emergencies and minimize their consequences. [2]

## 2.5 Environmental Impact Assessments (EIAs)

This report outlines the preliminary findings of an environmental and social survey for the Yavan Hydroelectric Power Plant (HPP) in the Aini district of Tajikistan. The construction aims to harness the Zeravshan River's hydropower potential, addressing energy shortages in the region. Tajikistan faces a significant energy crisis, im-

acting both urban and rural areas. The planned HPP undergoes Environmental Impact Assessment (EIA) in line with environmental protection laws. The study focuses on analyzing the study area's natural features, historical heritage, and ecosystem state. The goal is to inform optimal design solutions ensuring a balance between social, environmental, and economic aspects. Preliminary environmental impacts are discussed, guided by compliance with existing standards and taking into account the region's natural conditions. Data from Nurofar Institute's specialized departments contribute to this report, providing insights that can be refined during the ongoing study. [5]

## 3.1. Safety criteria for the hydraulic structure of Yavan HPP

The safety criteria for the hydraulic structure of the Yavan HPP may include the following aspects:

1. Hydraulic safety: assessment of the resistance of the hydraulic structure under normal and emergency operating conditions, evaluation of the effectiveness of the water flow control system.
2. Geotechnical safety: assessment of the stability of the dam, foundation and other geotechnical elements, analysis of the impact of environmental factors (earthquakes, seismic waves, floods) on geotechnical resistance.
3. Environmental safety: assessment of the impact of hydraulic structures on the environment (water, terrestrial and air ecosystems), analysis of possible consequences of pollution of water, soil and atmosphere.
4. Technological safety: assessment of risks associated with the process of electricity production and hydraulic structure management, analysis of possible emergency situations and their consequences.
5. Social security: assessment of risks associated with the life and health of people in the area of operation of the hydraulic structure, analysis of measures to protect the population from possible dangers.
6. Economic safety: assessment of the degree of economic efficiency of the hydraulic structure, analysis of possible economic risks and losses associated with its operation. [7]

## 4.1. Measures to ensure the safety of the hydraulic structure of the Yavan HPP.

To ensure the safety of the hydraulic structure of the Yavan HPP, it is necessary to implement a number of measures that would guarantee reliable protection of human life and health, the environment, as well as the hydraulic structures themselves.

The first step should be regular inspection and monitoring of the condition of all elements of the HPP, including the dam, hydraulic turbines, generators, control systems, etc. This will allow you to quickly identify potentially dangerous defects and take measures to eliminate them. [4]

To ensure the reliable operation of hydroelectric power plants, it is also necessary to ensure its effective automation and a control system that would promptly respond to possible emergency situations.

Also an important aspect is the training of HPP personnel in the rules of safe operation, as well as regular training on evacuation and actions in emergency situations.

An important role in ensuring safety is played by the system for monitoring the water level in the river on which the hydroelectric power station is located. To do this, it is necessary to install automatic sensors that would promptly report a possible increase in the water level.

Also, to ensure safety, it is necessary to take into account the opinion of experts and the public, hold regular public hearings and inform the public about possible risks.

In general, ensuring the safety of the hydraulic structure of the Yavan HPP requires an integrated approach and the implementation of many measures. An important aspect is the constant monitoring and updating of security measures in accordance with changing conditions and requirements. [4]

**4.2. Development of measures to prevent accidents and minimize the consequences**

To ensure that the hydraulic structure meets safety criteria, it is necessary to develop measures to prevent possible emergencies and minimize their consequences. These measures may include:

Development of a program of regular inspection and maintenance of the facility with the participation of experienced specialists and the use of modern equipment to detect and eliminate potential problems.

Installation and use of automatic monitoring and control systems that allow you to quickly identify any deviations in the operation of the structure and take measures to eliminate them.

Training of personnel responsible for the operation of the facility in the technical skills and knowledge necessary to ensure safe operation and prompt response to possible emergencies.

Development of evacuation plans and emergency measures that will minimize the consequences of any emergency situations.

Determination of spare capacities and backup systems to ensure non-operational operability of the structure in case of emergencies.

Development of plans and measures to protect the environment and wildlife from possible negative impacts associated with the operation of a hydraulic structure.

All these measures should be carefully designed and taken into account when developing a strategy for ensuring the safety of the hydraulic structure of the Yavan HPP. [10]

**Conclusion**

In conclusion, the article on the topic «Assessment and safety criteria of the hydraulic structure of the Yavan HPP» typically summarizes the study’s results, presenting key findings, and formulating main conclusions and recommendations. It is crucial to highlight the obtained results, underscoring the significance of evaluating the safety of hydraulic structures, particularly in the context of the Yavan HPP, and stressing the necessity for continuous monitoring and enhancement of safety measures.

Furthermore, the conclusion may delve into key recommendations aimed at improving safety criteria and ensuring their compliance. Additional measures to prevent accidents and minimize potential consequences should be proposed. Emphasizing the importance of exchanging experiences and adopting best practices from other hydraulic structures becomes pivotal in shaping effective safety measures and preventing emergencies in the future.

**Application**

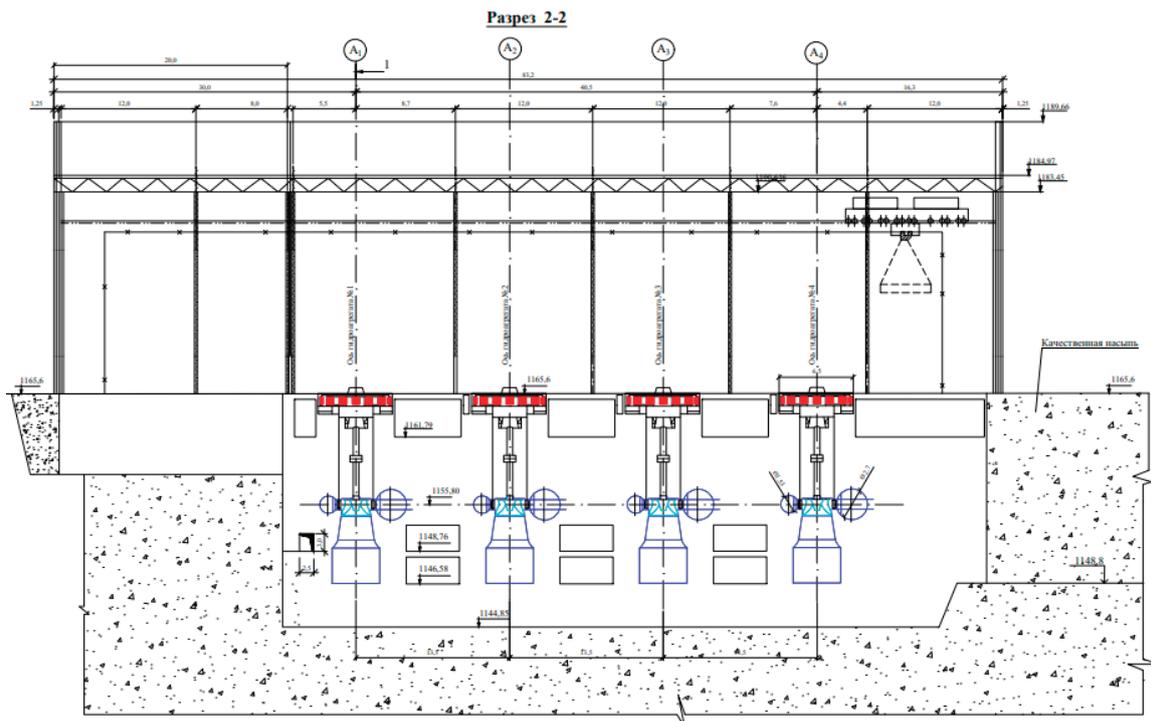


Fig. 1. Longitudinal section of the Yavan HPP

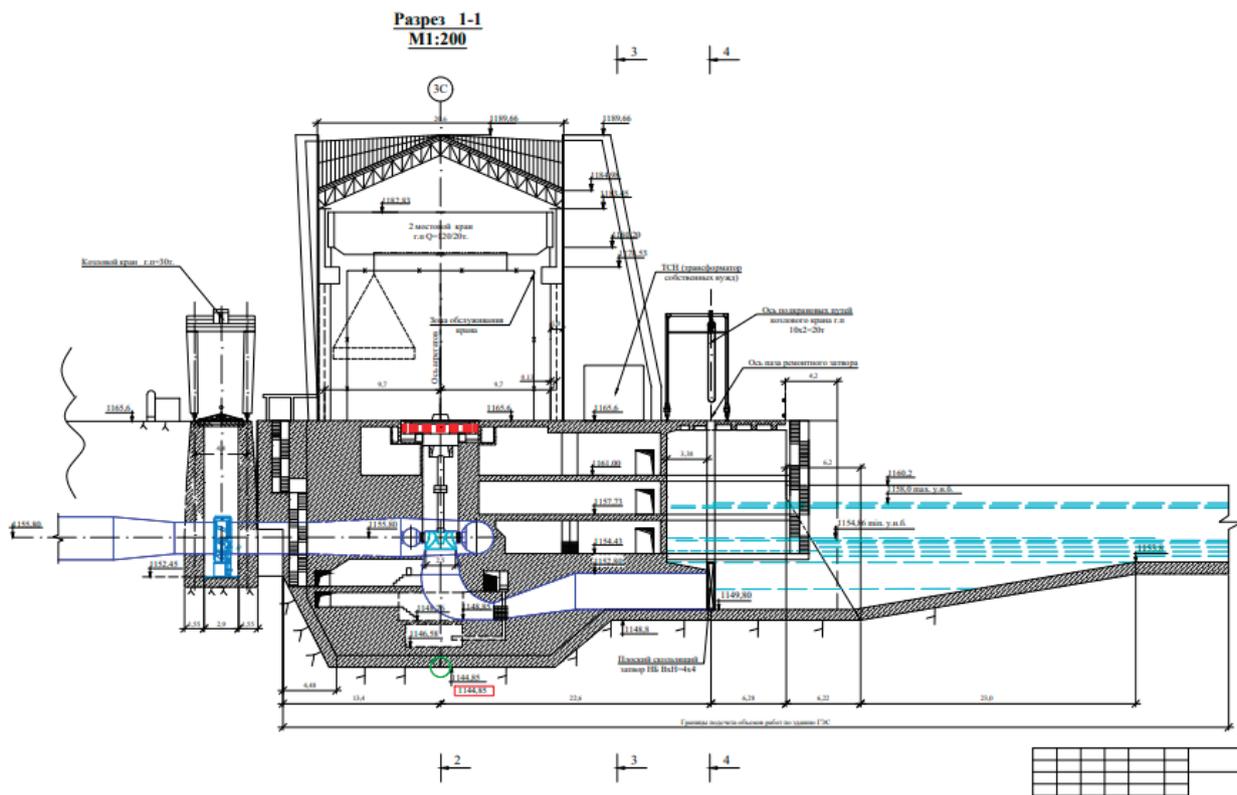


Fig. 2. Cross section of the Yawan HPP

References:

1. The law of the republic of Tajikistan on the safety of hydraulic structures (Akhbori Majlisi Oli of the Republic of Tajikistan, 2010, No. 12, part 1, Article 825; Laws of the Republic of Tajikistan dated 02.01.2018, No. 1500; dated 17.05.2018, No. 1534)
2. Ibatullin S. R., Radkevich D. B. Safety of hydraulic structures in Central Asia: problems and approaches to their solution.— Almaty, 2011. 40 p.
3. Methodical manual. Prepared with the support of the United Nations Economic Commission for Europe and the International Fund for Saving the Aral Sea development and creation. Complex measures to ensure the safety of hydraulic structures. 2013.-85 p.
4. Vasiliev Yu.S., Samorukov I. S., Khlebnikov S. N. Basic energy equipment of hydroelectric power plants. Composition and selection of basic parameters: Textbook. posobie. SPb.: Izd-vo SPbSTU, 2002.— 134 p.
5. Lyapichev Y. P. Hydrological and technical safety of hydraulic structures: Textbook. posobie.— M.: RUDN, 2008.— 222 p.
6. Lyapichev Y. P. Hydraulic structures: Textbook. posobie.— M.: RUDN, 2008.— 302 p
7. Sobolem, S.V. and Trelev, A. V. Textbook «Safety of Hydraulic Objects», is a study of the safety of hydraulic objects. Written and published in 2018.-203 p.
8. SNiP 2.06.01–86 Hydraulic structures. The main provisions of the design M.1987.
9. SNiP 2.06.04–82 \* Loads and impacts on hydraulic structures (wave, ice and from ships) M.1986.
10. This Declaration of Safety of Hydraulic Structures at Sangtudinskaya HPP-1 was drawn up in accordance with the Law of the Republic of Tajikistan «On the Safety of Hydraulic Structures» No. 666 dated 12/29/2010.

# ГЕОЛОГИЯ

## Evolution of Modern Methods for Collecting Well Products

Amanov Mekanberdi Mukhammetgulyevich, teacher;

Kakabayev Yagmyr Annageldiyevich, teacher;

Toymyradova Nurana Annamyradovna, student

International University of Oil and Gas named after Yagshigeldy Kakaev (Ashgabat, Turkmenistan)

*Sustainability of construction attracts much attention in construction industry. One of the factors driving this requirement is application of materials and components through modern methods and technologies. Modern methods of construction can be the way to obtain buildings assisting in minimizing the negative impact of construction industry on the environment.*

**Keywords:** collection of well products, including oil, gas

The collection of well products, including oil, gas, and other valuable resources, is a cornerstone of the energy industry. Over the years, advancements in technology and innovation have revolutionized the methods used to gather and transport these products from wellheads to processing facilities. This essay explores the evolution of modern methods for collecting the products of wells, highlighting key technologies, techniques, and their implications for the industry.

**Early Methods of Well Product Collection:** Historically, the collection of well products relied on rudimentary methods, such as manual extraction, bucket systems, and basic pipelines. In the early days of oil drilling, manual labor was often employed to extract crude oil from wellheads, requiring considerable manpower and time. As the industry evolved, simple pipelines and storage tanks were introduced to transport oil and gas from well sites to refineries and distribution centers. However, these methods were often inefficient, prone to leaks, and limited in capacity, hindering the scalability of oil and gas production.

**Evolution of Collection Technologies:** The advent of modern drilling techniques, including rotary drilling, hydraulic fracturing, and directional drilling, revolutionized the extraction of oil and gas from underground reservoirs. Concurrently, advancements in collection technologies have enabled more efficient, cost-effective, and environmentally sustainable methods for gathering well products. Some notable developments include:

1. **Flow line Systems:** Flow line systems consist of interconnected pipelines, valves, and control equipment designed to transport oil, gas, and water from wellheads to processing facilities. These systems utilize gravity, pressure differentials, or pumping mechanisms to facilitate the flow of fluids over long distances. Flow line systems are essential for optimizing production rates, minimizing transportation costs, and maximizing operational efficiency.

2. **Multiphase Flow Meters:** Multiphase flow meters are specialized instruments used to accurately measure the flow rates of oil, gas, and water streams from wellheads. These meters employ advanced

sensing technologies, such as ultrasonic, electromagnetic, or gamma-ray detection, to differentiate and quantify the individual phases within a multiphase flow. Multiphase flow meters provide real-time data on production volumes, fluid composition, and well performance, enabling operators to optimize production processes and allocate resources effectively.

3. **Subsea Production Systems:** Subsea production systems are underwater equipment installations deployed on the seabed to collect, process, and transport hydrocarbons from offshore wells. These systems include subsea wellheads, manifolds, pipelines, and control modules, interconnected with surface facilities via umbilicals and risers. Subsea production systems offer several advantages, including reduced environmental footprint, enhanced safety, and improved reservoir access in deep-water and ultra-deep-water environments.

4. **Artificial Lift Technologies:** Artificial lift technologies, such as electric submersible pumps (ESP), gas lift systems, and progressive cavity pumps (PCP), are utilized to enhance the productivity of wells by overcoming natural reservoir pressure declines. These systems inject gas, fluids, or mechanical energy into the wellbore to lift hydrocarbons to the surface, increasing flow rates and extending well life. Artificial lift technologies are essential for optimizing production from mature or low-pressure reservoirs and maximizing hydrocarbon recovery.

5. **Integrated Production Networks:** Integrated production networks leverage advanced modeling, optimization, and automation techniques to manage and optimize the collection, processing, and transportation of well products across interconnected assets.

These networks integrate data from various sources, including well sensors, flow meters, and control systems, to optimize production scheduling, minimize downtime, and improve asset performance. Integrated production networks enable operators to adapt quickly to changing operational conditions, optimize resource allocation, and maximize economic returns.

Implications for the Industry: The adoption of modern methods for collecting well products has profound implications for the energy industry, including:

1. **Enhanced Efficiency and Productivity:** Advanced collection technologies enable operators to maximize production rates, minimize downtime, and optimize resource utilization, leading to enhanced operational efficiency and productivity.
2. **Improved Safety and Environmental Performance:** Modern collection methods prioritize safety, environmental sustainability, and regulatory compliance, reducing the risk of accidents, spills, and emissions associated with traditional extraction techniques.
3. **Cost Reduction and Profitability:** By streamlining production processes, minimizing transportation costs, and optimizing asset performance, modern collection methods contribute to cost reduction and improved profitability for operators.
4. **Access to Remote and Challenging Environments:** Subsea production systems and advanced artificial lift technologies enable

operators to access and develop hydrocarbon reserves in remote, deep-water, and environmentally sensitive areas, expanding the industry's reach and resource base.

5. **Technological Innovation and Collaboration:** The ongoing evolution of collection technologies drives technological innovation, collaboration, and knowledge exchange within the energy industry, fostering a culture of continuous improvement and excellence.

The evolution of modern methods for collecting the products of wells represents a transformative shift in the energy industry, enabling operators to optimize production, enhance safety, and minimize environmental impact. From flow line systems and multiphase flow meters to subsea production systems and artificial lift technologies, advancements in collection methods have revolutionized the way oil, gas, and other resources are extracted, transported, and processed. As technology continues to evolve and industry best practices evolve, the future of well product collection holds promise for further innovation, efficiency gains, and sustainable growth in the global energy sector.

#### References:

1. Aliyev Z. S. etc. Technological modes of operation of gas wells. M., Nedra, 1978.
2. Shirkovsky A. I. Development and exploitation of gas and gas condensate fields. Textbook. M., Nedra, 1979.

## Strategies for Mitigating the Decline in Productivity of Irrigated Wells

Berdimyradova Ogulgerek Orazgulyevna, candidate of technical sciences, head of department;  
Guzichiyev Atamyrat Begli ogy, teacher;  
Bayramalyev Yakup Myratgulyevich, student  
International University of Oil and Gas named after Yagshigeldy Kakaev (Ashgabat, Turkmenistan)

*Over-irrigation to ensure high crop yields in North China Plain (NCP) has led to a sharp groundwater table decline over the past decades. We conducted a scenario analysis from 1980 to 2017 with 12 irrigation strategies from T1W0M0 to T12W3M2 (T is treatment and numbers of irrigation times in wheat (W) and maize (M) seasons, 75 mm each) for the dominant winter wheat-summer maize rotation using the soil-water-atmosphere-plant (SWAP) model in the NCP. After model calibration and validation with 4-year experimental data, we analyzed the long-term simulated annual crop yield, actual evapotranspiration ( $ET_a$ ), water productivity (WP), groundwater table change and economic benefit to the different irrigation practices.*

**Keywords:** irrigation strategy, rained treatment.

The optimized irrigation strategy is based on an integral analysis for different precipitation year-types. Results showed that annual yield and WP increased with increased irrigation until these reached a plateau. Treatment T4W2M1 was the turning point with an annual yield of 15335 kg-ha<sup>-1</sup>, significantly higher than T2W1M1 (26%) and T1W0M0 (63%), but not significantly different from 4 to 5 irrigations in wet and normal years.  $ET_a$  increased with increased irrigation from 456 to 644 mm yr<sup>-1</sup>. The annual WP followed a similar trend as annual crop yield for all irrigation schedules. T4W2M1 had an annual WP of 2.47 kg cm<sup>-3</sup>, significantly higher by 15% than T2W1M1 and 24% higher than T1W0M0, with no significant difference seen with 4–5 irrigations. The rained treatment mitigated groundwater table decline the best, even reversing the trend during the past four decades to 0.11 m yr<sup>-1</sup> rise. This was followed by two irrigation treatments (–0.30 m yr<sup>-1</sup>),

three irrigations (–0.55 m yr<sup>-1</sup>), four irrigations (–0.72 m yr<sup>-1</sup>), and five irrigations (–0.86 m yr<sup>-1</sup>). The latter corresponds to typical farmer practice. Using the productivity indicators, including irrigation WP, marginal benefit and economic index, T4W2M1 showed the best performance. Therefore, we recommend T4W2M1 (two irrigations at pre-wintering and jointing stages for wheat and one irrigation at maize sowing stage) as the best irrigation strategy for the wheat-maize rotation to mitigate groundwater table decline, and sustain grain yields and water productivity in the NCP; another a thesis irrigation for winter wheat is recommended during extreme dry years to sustain grain yield.

Irrigated agriculture plays a pivotal role in global food security, providing sustenance for billions of people worldwide. Central to this system are irrigated wells, which supply water to crops, ensuring their growth and productivity. However, over time, the productivity

of irrigated wells can decline due to various factors, posing a significant challenge to agricultural sustainability. This essay explores the causes of declining productivity in irrigated wells and proposes strategies to mitigate this issue.

#### Causes of Declining Productivity in Irrigated Wells:

1. **Over-Extraction of Groundwater:** One of the primary reasons for the decline in productivity of irrigated wells is the over-extraction of groundwater. As water is continuously pumped from aquifers to irrigate crops, the water table drops, leading to decreased well yields and increased pumping costs.

2. **Aquifer Depletion:** The excessive extraction of groundwater can result in the depletion of aquifers, reducing the overall water availability for irrigation. As aquifers are depleted, the remaining water may become more saline or contaminated, further impacting crop productivity.

3. **Sedimentation and Clogging:** Irrigated wells are susceptible to sedimentation and clogging over time, especially in areas with high sediment loads or poor water quality. Sedimentation reduces the effective capacity of wells, leading to decreased water flow and lower productivity.

4. **Infrastructure Degradation:** Aging infrastructure, including well casings, pumps, and distribution systems, can contribute to declining productivity in irrigated wells. Leaks, corrosion, and mechanical failures can reduce water delivery efficiency and increase operational costs.

5. **Climate Change:** Climate variability and change can exacerbate the challenges faced by irrigated agriculture, affecting both water availability and demand. Shifts in precipitation patterns, increased temperatures, and more frequent droughts can strain water resources, leading to reduced productivity in irrigated wells.

#### Strategies for Mitigating Declining Productivity:

1. **Sustainable Groundwater Management:** Implementing sustainable groundwater management practices is essential for preserving aquifer health and maintaining well productivity. This includes setting pumping limits, promoting water conservation measures, and implementing groundwater recharge initiatives.

2. **Improved Irrigation Efficiency:** Enhancing irrigation efficiency can help reduce the demand for groundwater and alleviate pressure on irrigated wells. Adopting precision irrigation techniques, such as drip irrigation and soil moisture monitoring, can optimize water use and improve crop yields.

3. **Rehabilitation and Maintenance:** Regular maintenance and rehabilitation of irrigated wells and associated infrastructure are crucial for ensuring optimal performance and longevity. Cleaning, desilting, and repairing wells can help mitigate sedimentation and clogging issues, restoring productivity.

4. **Investment in Modern Technologies:** Investing in modern technologies, such as solar-powered pumps, efficient irrigation systems, and remote monitoring devices, can enhance the efficiency and reliability of irrigated wells. These technologies can reduce energy consumption, improve water management, and mitigate the impacts of climate change.

5. **Integrated Water Resource Management:** Adopting an integrated approach to water resource management can help balance competing demands for water and ensure its sustainable use across sectors. This involves collaboration among stakeholders, including farmers, policymakers, and water resource managers, to develop and implement comprehensive water management plans.

6. **Promoting Crop Diversification:** Encouraging crop diversification can help reduce the reliance on water-intensive crops and alleviate pressure on irrigated wells. By promoting the cultivation of drought-resistant crops and implementing agroforestry practices, farmers can improve resilience to water scarcity and enhance overall agricultural sustainability.

The declining productivity of irrigated wells poses a significant threat to global food security and agricultural sustainability. Addressing this challenge requires a multifaceted approach, encompassing sustainable groundwater management, improved irrigation efficiency, infrastructure rehabilitation, technological innovation, and integrated water resource management. By implementing these strategies, stakeholders can mitigate the impacts of declining well productivity and ensure the long-term viability of irrigated agriculture.

#### References:

1. Aliyev Z. S. etc. Technological modes of operation of gas wells. M., Nedra, 1978.
2. Shirkovsky A. I. Development and exploitation of gas and gas condensate fields. Textbook. M., Nedra, 1979.

## Achieving Balanced Maintenance of Gas and Gas Condensate Wells under Abnormally Low Pressures

Berdimyradova Ogulgerek Orazgulyevna, candidate of technical sciences, head of department;

Tejenov Dovletgeldi Muradovich, senior teacher;

Rozyeva Aygozel Rovshenovna, student

International University of Oil and Gas named after Yagshigeldy Kakaev (Ashgabat, Turkmenistan)

*This article discusses gas condensate reservoirs and their economic value. It also introduces the challenges that face practicing engineers in producing gas condensate reservoirs. The economic value of gas condensate reservoirs depends largely on the richness of the gas (how much condensate drops out from the gas when it reaches the surface) and the production and management techniques of the reservoir. It introduces the plant prod-*

ucts and how they can be calculated with examples. It also explains gas in place calculations for gas condensate reservoirs using material balance equations and the role of pressure, volume, and temperature properties in these calculations. Applications and needed calculations for managing gas condensate reservoirs are explained with practical examples.

**Keywords:** gas condensate wells, achieving optimal performance and reliability.

Gas and gas condensate wells are critical assets in the energy industry, supplying natural gas and valuable condensates for various applications. However, maintaining optimal production levels and ensuring the longevity of these wells can be challenging, particularly when operating under abnormally low pressures. In such conditions, the risk of wellbore damage, productivity decline, and equipment failure increases, necessitating a balanced maintenance approach. This essay examines the complexities of maintaining gas and gas condensate wells under low-pressure conditions and explores strategies for achieving optimal performance and reliability.

**Challenges of Low-Pressure Operation:** Abnormally low pressures in gas and gas condensate wells pose significant challenges to maintenance and production operations. Some of the key challenges include:

1. **Reduced Production Rates:** Low reservoir pressures result in decreased gas flow rates and condensate recovery, limiting overall production levels and revenue generation.
2. **Liquid Loading:** As reservoir pressure declines, the ability to lift liquids to the surface diminishes, leading to liquid loading in the wellbore. Liquid accumulation reduces gas flow efficiency and can ultimately lead to well shutdown or gas locking.
3. **Formation Damage:** Low-pressure conditions increase the risk of formation damage due to the influx of formation fines, clay swelling, or liquid blockages in the reservoir matrix. This can impair well productivity and necessitate costly remediation efforts.
4. **Equipment Limitations:** Surface equipment, such as compressors, separators, and pumps, may be operating beyond their design limits under low-pressure conditions, leading to reduced efficiency, increased maintenance requirements, and higher energy consumption.

**Balanced Maintenance Strategies:**

Achieving balanced maintenance of gas and gas condensate wells under abnormally low pressures requires a multifaceted approach that addresses reservoir, wellbore, and surface equipment considerations.

Key strategies include:

1. **Reservoir Management:** Implementing reservoir management techniques, such as gas cycling, pressure maintenance, or enhanced oil recovery (EOR) methods, can help sustain reservoir pressure and prolong productive life. Gas injection, water alternating gas (WAG) injection, or polymer flooding are common EOR techniques employed to mitigate pressure decline and enhance hydrocarbon recovery.

2. **Liquid Unloading:** Deploying effective liquid unloading techniques is crucial for mitigating liquid loading and maintaining gas flow rates in low-pressure wells. Gas lift systems, plunger lift systems, intermittent gas injection, or chemical treatments can be utilized to remove liquids from the wellbore and restore productivity.

3. **Artificial Lift Optimization:** Optimizing artificial lift systems, such as gas lift, electric submersible pumps (ESP), or rod pumps, is essential for overcoming the challenges of low-pressure operation. Selecting the appropriate lift method, optimizing operating parameters, and monitoring well performance are critical for maximizing efficiency and reliability.

4. **Well Stimulation:** Performing well stimulation treatments, such as acidizing, hydraulic fracturing, or matrix stimulation, can improve reservoir connectivity, remove formation damage, and enhance well productivity in low-pressure environments. Targeted treatments can help restore reservoir permeability and increase hydrocarbon flow rates.

5. **Surface Equipment Upgrades:** Upgrading surface equipment to handle low-pressure conditions is essential for ensuring reliable production operations.

Installing high-efficiency compressors, separators, and pumps, as well as implementing advanced control systems and monitoring technologies, can improve system performance, reduce downtime, and minimize maintenance costs.

6. **Integrated Asset Management:** Adopting an integrated approach to asset management, incorporating predictive maintenance, condition monitoring, and risk-based inspection strategies, is essential for optimizing the performance and longevity of gas and gas condensate wells under low-pressure conditions. By proactively identifying potential issues and implementing timely interventions, operators can minimize downtime, maximize production uptime, and extend asset life cycles.

Balanced maintenance of gas and gas condensate wells under abnormally low pressures is crucial for sustaining production, minimizing operational risks, and maximizing asset value. By employing a comprehensive approach that encompasses reservoir management, liquid unloading, artificial lift optimization, well stimulation, surface equipment upgrades, and integrated asset management strategies, operators can overcome the challenges associated with low-pressure operation and ensure the long-term viability of their assets. As technology continues to evolve and industry best practices evolve, the maintenance of gas and gas condensate wells will continue to advance, enabling operators to achieve optimal performance and reliability in even the most challenging operating environments.

References:

1. Aliyev Z. S. etc. Technological modes of operation of gas wells. M., Nedra, 1978.
2. Instructions for complex exploration of gas and gas condensate reservoirs and wells. (Edited by G. A. Zotova, Z. S. Aliyeva). M., Nedra, 1980.

## Innovative Techniques for Restoring Wells at Abnormally Low Pressure Levels

Berdimyradova Ogulgerek Orazgulyevna, candidate of technical sciences, head of department;  
Tejenov Dovletgeldi Muradovich, senior teacher;  
Yagmyrov Dovrangel'di Sapargeldiyevich, student  
International University of Oil and Gas named after Yagshigeldy Kakaev (Ashgabat, Turkmenistan)

*The petroleum industry has made significant investments and extensive research to rectify structural well integrity issues, one particular failure mode relates to the migration of hydrocarbon fluids to surface through microchannel, due to poor cementation, resulting in the inability to provide integral barriers in the 9% casing × 12¼" hole annulus; therefore, these wells are being abandoned. Section milling and external casing patches are two of the widely-utilized approaches to restore annulus integrity; however, they add complexity associated with excessive steel cuttings and re-entry risk.*

**Keywords:** crucial sources of water, disrupt water supply, to reduced water pressure in wells.

Technology is one of the innovative approaches that can be utilized in wells to provide strong integral cement barriers behind the 9% production casing to prevent reservoir fluids migrating to surface. As a consequence, the well life can be extended and the older wells can be restored back to production and injection. This approach is gaining increased popularity due to a number of economic and environmental advantages such as restoring the well production/injection with minimum workover costs and risk due to less complex operations, mitigate environmental concerns by avoiding excessive steel cuttings like section milling and eliminating the complexity associated to re-entry risk as in case of section milling. The research utilizes a novel technology to execute a repair of wells with failed Annulus-B barrier integrity by providing integral cement barriers in the 9% × 13% casing annulus above the reservoir for wells experiencing migration of hydrocarbons from reservoir through the 9% × 13% casing annulus. The planned methodology starts with completion recovery followed by running noise, temperature and cement bond logs in order to evaluate the cement quality behind 9% casing above the reservoir. Findings from the noise/temperature logs and oil sample evaluation indicated that oil is migrating from the reservoir, through 9% × 13% casing annulus, dripping at surface through the 30" conductor pipe. The cement bond logs indicate poor cement behind 9% casing above the reservoir. Therefore, the aforementioned remediation technology was successfully utilized as it delivers effective jet washing and subsequent cleaning of the annular space using specialized tools and thereafter spraying cement to create a 100-foot competent cement barrier behind the casings for effective isolation and the prevention of pressure communication to the surface via Annulus-B.

Wells are crucial sources of water for various purposes, including agriculture, industry, and domestic use. However, when wells experience abnormally low pressure levels, it can disrupt water supply, jeopardizing essential activities. Addressing this issue requires innovative techniques that effectively restore wells to optimal operating conditions. This essay explores the causes of low-pressure in wells and examines cutting edge strategies for repairing them to ensure reliable water supply. Causes of Low Pressure in Wells: Pump Malfunction: Malfunctions in the pumping system, such as worn-out components, clogged filters, or motor issues, can lead to reduced water pressure in wells. These problems hinder the pump's ability to draw water from the aquifer efficiently, resulting in decreased flow rates. Well Clogging: Accumulation of sediment, debris, or mineral

deposits in the wellbore or screen can restrict water flow, causing low pressure in wells. Clogging is often exacerbated in areas with high sediment loads or poor water quality, leading to diminished well performance.

**Aquifer Depletion:** Over-extraction of groundwater from aquifers can lower the water table, reducing the available pressure head and causing wells to operate at abnormally low pressure levels. Aquifer depletion is a widespread concern in regions where water demand exceeds sustainable recharge rates. **Hydraulic Fracturing:** In areas where hydraulic fracturing (fracking) operations occur, the injection of fluids at high pressure can disrupt groundwater flow patterns and compromise well integrity, resulting in decreased pressure and potential contamination.

**Infrastructure Damage:** Damage to well infrastructure, such as casing corrosion, screen deterioration, or leaks in the distribution system, can contribute to low-pressure conditions. Aging infrastructure is particularly susceptible to degradation, requiring prompt repair and rehabilitation. Innovative Techniques for Repairing Wells at Abnormally Low Pressure:

**Hydro fracturing:** Hydro fracturing, also known as water well jetting or hydro jetting, is a technique used to improve well productivity by creating fractures in the surrounding aquifer. High-pressure water is injected into the wellbore, creating fissures that enhance water flow and increase pressure. Hydro fracturing is particularly effective in unclogging sediment-laden wells and revitalizing underperforming aquifers.

**Chemical Rehabilitation:** Chemical treatments can be applied to dissolve mineral deposits, dissolve organic matter, and remove bacterial biofilms that contribute to well clogging and reduced pressure. Acidification, oxidation, and biocide treatments are commonly used to restore well productivity and improve water quality.

**Borehole Camera Inspection:** Borehole cameras equipped with lights and sensors can be deployed to inspect the interior of wells and identify sources of clogging, damage, or other issues affecting pressure levels. Real time video footage allows for accurate diagnosis and targeted remediation efforts, minimizing downtime and optimizing repair outcomes.

**Air-Lifting:** Air-lifting involves injecting compressed air into the wellbore to agitate water and dislodge obstructions, such as sediment or debris, that impede flow. The agitation creates a temporary increase in pressure, facilitating the removal of blockages and restoring optimal well performance. Air-lifting is a cost-effective and environ-

mentally friendly method for addressing low-pressure conditions in wells.

Rehabilitation with Polymer Gels: Polymer gels can be injected into wells to improve water flow and increase pressure by reducing frictional losses and stabilizing formation particles. These gels form a temporary barrier that selectively blocks high-permeability zones while enhancing flow through low permeability zones, effectively restoring well productivity without the need for extensive physical interventions.

Addressing abnormally low pressure in wells is essential to ensure reliable water supply for various applications. Innovative techniques, such as hydro fracturing, chemical rehabilitation, borehole camera inspection, air-lifting, and polymer gel rehabilitation, offer effective solutions for restoring wells to optimal operating conditions. By deploying these cutting-edge strategies, stakeholders can mitigate the impacts of low pressure conditions and safeguard water resources for present and future generations.

References:

1. M. Gafurova, O. Garaeva. Transcripts of general, practical lessons from the course on mastering gas and gas-condensate stoves. Ashgabat, TPI, 2006.
2. Shirkovsky A. I. Development and exploitation of gas and gas condensate fields. Textbook. M., Nedra, 1979.

## ЭКОЛОГИЯ

### О некоторых проблемах утилизации твердых коммунальных отходов на примере Республики Башкортостан

Альмухаметов Ильдан Ирикович, студент

Научный руководитель: Имаева Юлия Борисовна, кандидат юридических наук, доцент  
Башкирская академия государственной службы и управления при Главе Республики Башкортостан (г. Уфа)

Теме исследования экологических проблем уделяется всё больше внимания, что обусловлено тем, что экологическая обстановка и окружающая среда неразрывно связаны с жизнедеятельностью человека. Ст. 47 Конституции РФ предоставляет каждому право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением. Из этого следует, что значимость экологической обстановки закреплена на федеральном уровне, а проблемы должны решаться незамедлительно. Так, одной из проблем является утилизация твердых коммунальных отходов (далее — ТКО). Данный вопрос рассмотрим на примере Республики Башкортостан: постараемся выявить проблемы, возможные пути их решения, а также имеющиеся положительные тенденции

Для начала следует определить, что относится к твердым коммунальным отходам. В соответствии со ст. 1 Федерального закона от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими и юридическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд [1]. То есть, данные отходы образуются каждый день, и в связи с этим становится необходимым поставить задачи, направленные на решение проблемы их утилизации.

По оценкам экспертов, в год мы накапливаем от 50 до 60 миллионов тонн такого мусора, а по данным субъектов РФ, на обработку за 6 месяцев 2023 года направлено 52,9% ТКО, на утилизацию — 12,6% [2]. Проблема утилизации отходов является глобальной, поскольку ограниченные природные ресурсы не выдерживают повышающиеся с каждым годом продукты жизнедеятельности человека. Проблема заключается в земельных участках, которые заняты свалками, что исключает такие участки из продуктивного землепользования, а также отравляет почву на долгое время.

В Российской Федерации разработан ряд программ, например, национальный проект «Экология», представленный

в 2018 году, где одной из задач являлось эффективное обращение с отходами производства и потребления, включая ликвидацию всех выявленных на 1 января 2018 год несанкционированных свалок в границах городов. Данная программа была разработана до 2024 года и принесла свои положительные плоды в ряде регионов. В связи с этим полагаем обоснованным обратиться к практике успешных регионов, где государственные программы дали положительные результаты.

Так, в 2023 году в рейтинг самых успешных городов по обращению с твердыми коммунальными отходами вошли Московская, Тульская и Нижегородская области. При этом самых заметных позитивных сдвигов в рейтинге регионов по эффективности работы в сфере обращения с отходами удалось достичь Республике Башкортостан: регион поднялся на 9-е место, набрав 47 пунктов в таблице Зеленого рейтинга [3]. Республика Башкортостан активно набирает оборот в области утилизации отходов, но при этом остаются и открытыми некоторые вопросы, поэтому анализ практики этого региона поможет детально выявить проблемные аспекты и возможные пути решения.

Начиная с 2019 года в Башкортостане идет активная ликвидация несанкционированных свалок. Уже ликвидированы 2675 незаконных свалок, из них 824 — в 2022 году, также в планах стоит ликвидация ещё 852 свалок, и согласно указу Главы Республики Башкортостан, эта работа должна завершиться в 2024. Статистические данные показывают, что в Республике производится 20,29% отходов от общего объема Приволжского Федерального округа, что делает ее третьим по объему образования отходов. Из общего количества образовавшихся твердых коммунальных отходов (ТКО) утилизируется лишь 57,23% [4].

Республика Башкортостан активно ведёт деятельность, направленную на улучшение экологической обстановки, поэтому удалось перевыполнить план по нескольким показателям. Например, процент отходов, отправленных на утилизацию после раздельного сбора и обработки твердых коммунальных отходов, составил 6,3% по сравнению с плановыми 5,8% от общей массы образованных твердых коммунальных отходов.

Самая главная задача мусорной реформы — это снижение количества отходов, которые подлежат захоронению на му-

сорных полигонах, их максимальная переработка и последующее использование в качестве вторсырья. Поэтому в регионе активно развивается инфраструктура по обработке и классификации отходов. Однако для стабильно положительных результатов необходимо нормализовать ситуацию с раздельной сортировкой отходов. Несмотря на то, что Республика Башкортостан вошла в рейтинг регионов по прогрессу в утилизации ТКО, одной из сложнорешаемых проблем остаётся сортировка мусора. Данная проблема связана с восприятием населения новой реформы, где необходима была информационно-разъяснительная работа с населением. «Для достижения положительных результатов перед установкой раздельных контейнеров необходимо было полгода разговаривать с людьми, поставить, возможно, сначала контейнер одного цвета, потом другого», — отмечает сопредседатель регионального штаба Общественного народного фронта Мурад Шафиков [5].

Также серьёзная проблема — это недобросовестная деятельность региональных операторов, которые не сортируют мусор при вывозе, поскольку для этого необходимо содержать дополнительный автопарк, а это, как правило, дополнительные затраты или повышение тарифа. Пренебрежительная деятельность регоператоров уже нанесла значительный ущерб. В качестве иллюстрации последствий этого негативного примера можно привести Распоряжение Главы Республики Башкортостан от 7 июля 2023 года № РГ-193 «О введении режима чрезвычайной ситуации на территориях отдельных муниципальных районов и городских округов Республики Башкортостан». Данная мера была вызвана в связи с прекращением сбора и вывоза отходов из муниципалитетов регоператором ООО «Дюртилимелиоводстрой», что создало угрозу для жизни и здоровья человека, а также возможность возникновения и распространения заболеваний. За данное нарушение регоператорам предусмотрен ряд наказаний, одно из которых это лишение лицензии на осуществление деятельности. Основания для изъятия лицензии установлены Постановлением Правительства РФ от 12.11.2016 № 1156. Из всего вышесказанного следует, что регоператоры существенно осложняют продвижение реформы.

Главная проблема заключается в том, что на территории Республики Башкортостан действует множество конкурирующих компаний, осуществляющих сбор, транспортирование, обработку, утилизацию, обезвреживание и захоронение ТКО. И, как следствие, значительный объём ТКО перетекает в иные виды отходов, не подвергаясь сортировке и переработке. Это связано с тем, что хозяйственные субъекты самостоятельно относят образующиеся у них отходы к тем или иным видам, что

впоследствии является причиной массовых несанкционированных свалок. Для решения данной проблемы можно взять положительный пример Республики Беларусь, где имеется государственный оператор вторичных материальных ресурсов, в функции которого входит и широкая информационная работа среди населения. В Республике Башкортостан существует несколько предприятий, которые занимаются переработкой сортированного мусора, поэтому внедрение операторов вторичного сырья в значительной степени помогло бы упростить задачу по построению экономики замкнутого цикла [6]. Также необходимо сократить число регоператоров путём лишения их лицензии за нарушения законодательства о правилах обращения с отходами.

В целом, следует отметить положительные результаты Республики Башкортостан: идёт активная ликвидация несанкционированных свалок, постройка новых перерабатывающих предприятий и внедрение политики о сортировке мусора. Решить проблему утилизации ТКО может максимальное выделение из отходов полезных фракций — вторсырья, пригодного для переработки. Минэкологии совместно с учеными Башкирского аграрного университета разработали концепцию раздельного сбора отходов, которую представили на Экологическом форуме в Уфе. Данная концепция должна помочь изменить культуру обращения с мусором.

К 2030 году Республика должна достичь полной сортировки всех образующихся отходов. Эта глобальная цель была установлена в Указе Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [7], и для ее достижения планируется заключение концессионных соглашений о создании трех перспективных объектов в области обращения с отходами в Уфимской агломерации, а также в Дюртилинском и Краснокамском районах. Цель к 2030 году — это не только 100% уровень сортировки ТКО, но и в 2 раза снизить объём ТКО, который направляется на полигоны. Достижение таких показателей невозможно без построения экономики замкнутого цикла.

Таким образом, Республика Башкортостан приносит положительные результаты в решение проблемы по утилизации отходов ТКО. Задача каждого региона заключается в том, чтобы приблизиться к 100% показателям и выйти на экономику замкнутого цикла, которая в свою очередь снизит неблагоприятное воздействие на окружающую среду, продлит срок службы продуктов, сократит добычу природных ресурсов и образование отходов. Для этого необходимо перенимать практику более успешных регионов, так как сохранение экологической безопасности является национальной задачей.

#### Литература:

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 04.08.2023) «Об отходах производства и потребления» // Российская газета. 30 июня 1998 г. № 122.
2. Уровень обработки и утилизации ТКО в России по итогам первого полугодия 2023 года... // [Электронный ресурс] URL: [https://www.vedomosti.ru/press\\_releases/2023/07/14/uroven-obrabotki-i-utilizatsii-tko-v-rossii-po-itogam-pervogo-polugodiya-2023-goda-sostavil-529-i-126](https://www.vedomosti.ru/press_releases/2023/07/14/uroven-obrabotki-i-utilizatsii-tko-v-rossii-po-itogam-pervogo-polugodiya-2023-goda-sostavil-529-i-126) (дата обращения: 18.03.2024).
3. РЭО назвал 20 лучших регионов в сфере обращения с отходами в 2023 году // [Электронный ресурс] URL: <https://reo.ru/post/06f51s5z11-reo-nazval-20-luchshih-regionov-v-sfere> (дата обращения: 18.03.2024).

4. В 2024 году не останется незаконных свалок: как в Башкирии реализуют нацпроект «Экология» // [Электронный ресурс] URL: <https://www.bashkortostan.ru/presscenter/news/527863/> (дата обращения: 18.03.2024).
5. АиФ — Уфа // [Электронный ресурс] URL: <https://ufa.aif.ru/> (дата обращения: 18.03.2024).
6. Эксперт из Уфы о мусорной реформе // [Электронный ресурс] URL: [https://dzen.ru/a/ZIBVZ\\_kVrkXuA54N](https://dzen.ru/a/ZIBVZ_kVrkXuA54N) (дата обращения: 18.03.2024)
7. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. N474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Российская газета 22 июля 2020 г. № 159



# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 12 (511) / 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 03.04.2024. Дата выхода в свет: 10.04.2024.

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.