

# МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

ISSN 2072-0297

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



24 2020  
ЧАСТЬ I

16+

# Молодой ученый

## Международный научный журнал

### № 24 (314) / 2020

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

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

*Редакционная коллегия:*

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

*Международный редакционный совет:*

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)  
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)  
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)  
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)  
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)  
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)  
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)  
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)  
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)  
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)  
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)  
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)  
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)  
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)  
Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, декан (Узбекистан)  
Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)  
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)  
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)  
Кощербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)  
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)  
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)  
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)  
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)  
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)  
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)  
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)  
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)  
Рахмонов Азиз Боситович, доктор философии (PhD) по педагогическим наукам (Узбекистан)  
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)  
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)  
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)  
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)  
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)  
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)  
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)  
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

---

---

На обложке изображен *Ласло Ловас* (1948), венгерский математик, известный своими работами по комбинаторике.

Ласло Ловас родился в Будапеште (Венгрия) в семье хирурга. Значительное впечатление на него оказали статья и личная встреча с Палом Эрдёшем, известным венгерским математиком. Во время учебы в школе Ловас трижды выигрывал золотые медали на международных математических олимпиадах. Он получил степень кандидата наук от Венгерской академии наук. Его научным руководителем был Тибор Гала.

В течение 1990-х годов Ласло работал в должности профессора в Йельском университете и сотрудничал с исследовательским центром Microsoft. Затем он вернулся в Будапештский университет на должность директора института математики.

Ловас был президентом Международного математического союза в 2007–2010 годах.

Он является соавтором шести статей, написанных совместно с Палом Эрдёшем, благодаря чему обладает числом Эрдёша, равным 1.

В статье 1979 года «О емкости Шеннона графа» Ласло Ловас впервые ввел число Ловаса графа — вещественное число, которое является верхней границей емкости Шеннона графа. Число Ловаса известно также под названием «тета-функция Ловаса» и обычно обозначается как  $\theta(G)$ .

Локальная лемма Ловаса — лемма в теории вероятностей. Если некоторое количество событий не зависят друг от друга и

вероятность каждого меньше 1, то вероятность того, что ни одно из событий не произойдет, положительна. Локальная лемма Ловаса позволяет ослабить условие независимости: пока события «не сильно зависимы» друг от друга и по отдельности не слишком вероятны, то с положительной вероятностью ни одно из них не произойдет. Этот результат чаще всего используется в вероятностном методе, в частности для доказательства существования. Существует несколько версий леммы. Симметричная версия, приведенная выше, является самой простой и наиболее часто используемой. Более слабая версия была доказана в 1975 году Ласло Ловасом и Палом Эрдёшем в статье «Проблемы и результаты по 3-хроматическим гиперграфам и некоторые смежные вопросы».

Ласло Ловас получил грант от Европейского исследовательского совета. В 2008 году он сделал пленарный доклад на Европейском математическом конгрессе. Избран иностранным членом Российской академии наук, Шведской королевской академии наук, почетным членом Лондонского математического общества. Находится в списке самых цитируемых исследователей ИНИ. Является действительным членом Американского математического общества.

За свои работы в комбинаторике Ловас был удостоен премии Вольфа и Кнута, премии Киото по фундаментальным наукам, а также множества других премий и наград.

*Екатерина Осянина, ответственный редактор*

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### АНОНСЫ

Прием заявок на конкурс «УМНИК — Почта России» ..... 1

### ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА «УМНИК» В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

**Грива Е. В.**  
Разработка чат-бота Volunteurio для организации и управления волонтерскими проектами ..... 2

**Шейн В. А.**  
Модуль автоматической сортировки отходов для городской инфраструктуры..... 5

### МАТЕМАТИКА

**Каримов Х. К.**  
Отображения, сохраняющие нулевые произведения..... 8

### ФИЗИКА

**Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Котов А. Е., Падеряков А. В., Ужве А. А., Шутылев А. А., Пестеров Д. И.**  
Преобразование фазных переменных напряжений и токов асинхронного двигателя в пространственные векторы .....10

**Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Котов А. Е., Падеряков А. В., Шутылев А. А., Байдосов А. А., Баканин Д. Ю., Шипицын Д. Н.**  
Пространственный вектор потокосцепления ротора асинхронного двигателя .....16

**Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Котов А. Е., Падеряков А. В., Шутылев А. А., Байдосов А. А., Гаращенко Л. В., Сосновский А. О.**  
Пространственный вектор потокосцепления статора асинхронного двигателя .....21

**Мясников М. К.**  
Глубокая компенсация арсенид галлия хромом .....25

**Мясников М. К.**  
Полупроводниковые приборы на основе GaAs: Cr ..... 27

**Прохорова М. Д.**  
Область досягаемости в задаче о свободном движении тела в поле тяготения Земли .....29

### ХИМИЯ

**Кириллов И. А., Мкртчян А. С.**  
Производные N<sup>3</sup>-фенацилуридина как снотворные средства: антология, взаимосвязь структуры и биологической активности и синтез некоторых их ациклонуклеозидных аналогов...37

**Шарипова Х. Т., Бабасодиков Ш. С.**  
Использование угля Апартакского месторождения для производства органоминеральных удобрений .....39

**Шарипова Х. Т.**  
Исследование процесса разложения минерализованной массы фосфоритов Центральных Кызылкумов сульфоглем .....43

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Асылгареев Р. Ф.**  
Абстрактные и динамически сгенерированные контроллеры в ASP.NET ..... 47

**Егорова И. Е.**  
Сравнение работы алгоритмов кластеризации.....52

**Закиров Р. Ф.**  
Разработка тренировок по оперативным переключениям в нормальных и аварийных режимах работы в программном комплексе «Модус».....54

**Малева Н. Г.**  
Автоматизированные информационные системы управления учебным процессом в педагогическом вузе .....57

**Наливайко А. С.**

Рекомендации по оптимизации потребления  
памяти в Java .....59

**Nasrullaev N. B., Shakarov M. A.**

Analyzing of Cloud storage protection methods of  
personal data .....63

**Суворова В. О., Крашенинникова Ю. С.**

Сущность электронных образовательных  
ресурсов в обучении иностранному языку.....65

**ГЕОГРАФИЯ****Kosherbay K. Z.**

How space matters in geopolitical path .....67

**ГЕОЛОГИЯ****Авазов Р. Р., Нуртаев Б. Х.**

Вещественный состав пород и руд уранового  
месторождения Ингичка .....70

**ЭКОЛОГИЯ****Морозов А. Е., Батулин С. В.**

Эффективность различных способов  
лесовосстановления на вырубках Бисерского  
лесничества Пермского края после  
применения комплексов многооперационных  
лесозаготовительных машин.....73

**СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО****Вернер А. В.**

Влияние срока посева на рост и развитие  
чечевицы в зависимости от погодно-  
климатических условий года.....76

**Гайнутдинов И. Г., Зарипова Т. Т.**

Факторы повышения эффективности  
производства зерновых культур в Российской  
Федерации .....78

**Черемухина Н. В.**

Инновационные технологии  
в кормопроизводстве для молочного  
животноводства.....79

## АНОНСЫ

### Прием заявок на конкурс «УМНИК — Почта России»

Открыт прием заявок на участие во всероссийском конкурсе «УМНИК — Почта России», реализуемый совместно с АО «Почта России». Конкурс направлен на поддержку проектов в области цифровой трансформации национального почтового оператора.

В конкурсе могут принять участие студенты, аспиранты, молодые ученые, инноваторы, предприниматели и сотрудники высокотехнологичных компаний в возрасте от 18 до 30 лет включительно, являющиеся гражданами РФ и ранее не имеющие договоров с Фондом. Положение о конкурсе.

Тематические направления конкурса соответствуют сквозным цифровым технологиям национальной программы «Цифровая экономика»:

- искусственный интеллект;
- компоненты робототехники и сенсорики;
- новые производственные технологии;
- системы распределенного реестра.

Тематические треки конкурса:

- распознавание текста и речи, лингвистический анализ;
- системы поддержки принятия решений;
- компьютерное зрение;
- логистическая и интерскладская роботизация;
- сервисные роботы;
- распределенные реестры и блокчейн.

Авторы лучших проектов получают грант в размере 500 тысяч рублей на реализацию своей идеи.

Заявки принимаются до 30 июня 2020 г. Финал конкурса пройдет в октябре на площадке АО «Почта России».

Для того, чтобы принять участие в конкурсе, необходимо заполнить заявку на сайте программы «УМНИК»: <https://umnik.fasie.ru/russianpost>

Контактное лицо по конкурсу

главный специалист группы программы «УМНИК»

Виталий Киселев (e-mail: [kiselev@fasie.ru](mailto:kiselev@fasie.ru)).



# ПОБЕДИТЕЛИ КОНКУРСА «УМНИК» В РАМКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ «ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»

## Разработка чат-бота Volunteurio для организации и управления волонтерскими проектами

Грива Егор Владимирович, студент

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*В данной статье рассматривается разработка чат-бота, помогающего в организации волонтерских проектов, рассматривается его актуальность, анализ конкурентов, новизна предлагаемого решения и текущие наработки по проекту.*

**Ключевые слова:** чат-боты, ВКонтакте, автоматизация, волонтерство, организация мероприятий.



Если вам когда-либо приходилось проводить и организовывать мероприятие волонтерской тематики с большим количеством участников, то вам неминуемо приходилось сталкиваться с проблемами в его организации. Часто организаторам таких проектов или мероприятий не хватает инструментов для управления процессами отбора и нахождения участников, проведения итогов мероприятия и выбора особо выделившихся во время мероприятия участников. Каждому организатору мероприятий приходится вести списки участников в одном месте, задачи и дедлайны, и их распределение между самими участни-

ками в другом, а все коммуникации с участниками еще в одном месте или даже в нескольких местах сразу. В результате организаторы волонтерских мероприятий приходится очень сложно ориентироваться в каждом отдельном месте, а участники нередко теряют или не видят необходимую информацию подготовки и проведения мероприятия. Для решения этих постоянных проблем организации мероприятий разрабатывается чат-бот на базе социальной сети ВКонтакте (см. рис 1.).

Разрабатываемый сервис, базируется в социальной сети ВКонтакте на технологии чат-ботов. Чат-бот помогает облегчить и автоматизировать работу всех организаторов волонтерских мероприятий и поможет им удобно вести управление волонтерскими мероприятиями, осуществлять быстрое общение и оповещение всех участников проекта на всем сроке его проведения. Данный чат-бот предусматривает возможность привлечения друзей и друзей друзей всех участников мероприятия к проекту, публичность участия всех волонтеров и результативность, осуществление геймификации со всеми участниками проекта и поощрения выделившихся волонтеров, инструментов для полного управления волонтерскими проектами или мероприятиями, ускоренного формирования проектного общения со всеми волонтерами проекта и способствовать их взаимной коммуникации между друг другом.

Научной новизной разрабатываемого проекта является использование технологии чат-ботов. Чат-боты в мессенджерах и социальных сетях не требуют установки и обновлений на устройствах пользователей, тем самым они экономят интернет трафик и память устройства. Работают на любом устройстве (Смартфоны, планшеты, ПК) и в любом браузере, могут работать в сторонних клиентах ВКонтакте (таких, как Kate Mobile или VK MP3 Mod), что позволяет людям использовать удобный



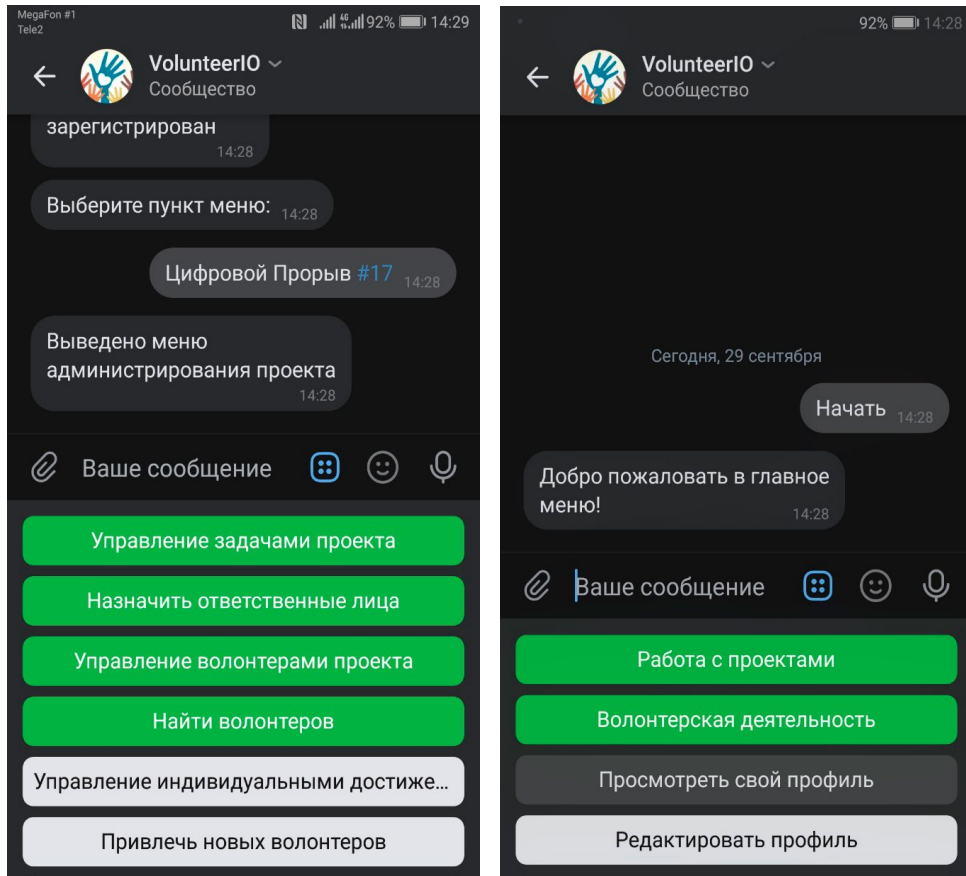


Рис. 1. Главное меню и меню управления проектом

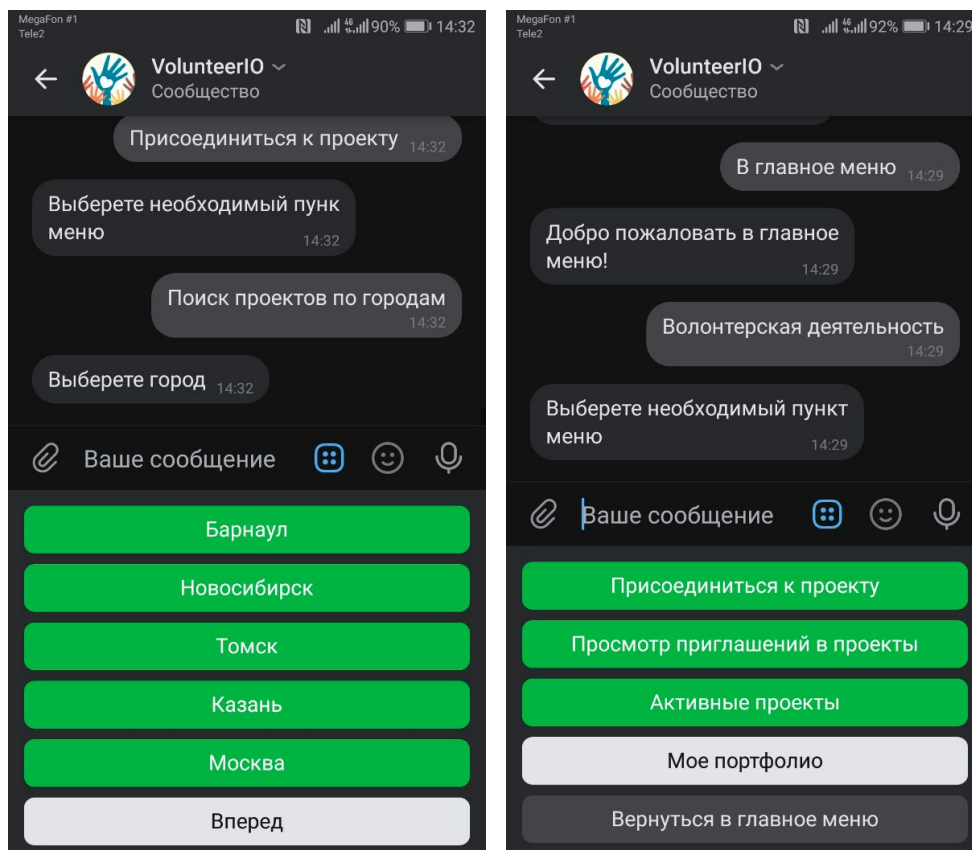


Рис. 2. Меню волонтера и меню выбора мероприятий по городам

им клиент, все вычисления и обработка данных происходят только на серверах, тем самым разгружая устройства пользователей и не тормозя их работу. Чат-бот размещается в социальной сети или в мессенджерах, что позволяет пользователям не отрываясь от своих дел и диалогов с другими пользователями, и в удобном месте, использовать чат-бота [1, 2, 3, 4].

В чат-ботах все данные хранятся и обрабатываются на серверах, которые нельзя отследить через ВКонтакте, что позволяет обеспечить максимальную защиту данных всех пользователей чат-бота, если они сами не передадут доступ к своей странице третьим лицам.

Даже если пользователь вышел из диалога с чат-ботом или сменил устройство, которое он использует, пользователь в любой момент сможет вернуться на то же самое место, где остановил свою работу, диалог с ботом никуда не теряется и продолжается с того же места, где была закончена последняя сессия.

При анализе конкурентов было выявлено, что их решения базируются на создании простеньких мобильных приложений (для ОС IOS и Android), web-сайтов и групп по интересам в социальной сети ВКонтакте. Работают они как правило в рамках одного региона или города, имеют маленький охват и редко обновляются, что затрудняет их постоянный рост и масштабирование.

Разрабатываемая платформа имеет низкую стоимость разработки, внедрения и поддержки по сравнению с основными конкурентами, т.к. чат-бот работает на всех современных устройствах, и не требует разработки приложений и web-сайтов под каждую отдельно взятую операционную систему или браузер. Ценностным предложением разрабатываемого решения являются: отказ от нативных приложений требующих установки на

устройства пользователей, в пользу больших и быстрых социальных сетей и современных браузеров, которые есть у большинства пользователей смартфонов и ПК [5,6](рис. 2).

На момент написания статьи в чат-боте для хранения данных используется СУБД PostgreSQL, реализованы все таблицы и связи, протестирована отказоустойчивость. В качестве языка программирования для написания чат-бота используется Python 3.7. В настоящее время реализован личный кабинет волонтера, за исключением элементов геймификации и личного портфолио. Для организаторов проектов реализован основной функционал, позволяющий создавать проекты, управлять участниками, привлекать партнеров. Для партнеров также реализован личный кабинет, позволяющий предлагать организаторам свою помощь. В ближайшее время планируется доделать систему геймификации, выдачу индивидуальных достижений от организаторов, портфолио волонтеров и организаторов, полностью доработать UX чат-бота и начать проводить тестирование системы на отказоустойчивость и баги. Разрабатываемая платформа на базе чат-ботов получила название «VolunteerIO» и стала победителем программы Фонда содействия инновациям (ФСИ) «УМНИК» («Разработка приложения для организации волонтерских мероприятий, управления проектами и взаимодействия с сообществом», № договора 395ГУЦ-ЭС8-Д3/56479) от 27.12.2019, и в настоящее время получает финансирование на проведение НИР.

В настоящий момент платформа находится в разработке, функционал расширяется и дорабатывается, происходит поиск ошибок в логике и работе программы. В дальнейшем планируется запуск платформы и тестирование ее на реальных пользователях.

#### Литература:

1. Мартин Роберт. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения: пер. с англ. — СПб.: Питер, 2018. — 352 с.
2. Сенченко П. В. Организация баз данных: учеб. пособие. — Томск: ФДО, ТУСУР, 2015. — 170 с.
3. Telegram Bot API [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://core.telegram.org/bots/api> (дата обращения: 30.10.2019).
4. ВКонтакте Callback API [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [https://vk.com/dev/callback\\_api](https://vk.com/dev/callback_api) (дата обращения: 30.10.2019).
5. Грива Е. В. Разработка автоматизированной информационной системы сбора, анализа и хранения данных о бронировании и заказах для малых предприятий, работающих в сфере оказания услуг [Электронный ресурс] / Е. В. Грива, Р. С. Кульшин, С. В. Коновалов // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2019» (Томск, 22–24 мая 2019 г.). — Томск: В-Спектр, 2019. — Т. 3. С. 139–142.
6. Грива Е. В. Разработка автоматизированной информационной системы сбора, анализа и хранения данных о бронировании и заказах для малых предприятий, работающих в сфере оказания услуг [Электронный ресурс] / Е. В. Грива, С. В. Коновалов, Р. С. Кульшин // Инноватика-2019 Сборник материалов XV Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Инноватика-2019» (Томск, 25–27 апреля 2019 г.). — Томск: STT, 2019. — С. 366–369.

## Модуль автоматической сортировки отходов для городской инфраструктуры

Шейн Вячеслав Александрович, студент  
МИРЭА — Российский технологический университет (г. Москва)

*В данной статье рассмотрена проблема автоматической сортировки мусора с применением нейросетевых технологий и компьютерного зрения. Рассмотрены существующие технологические решения мусорных баков с автоматической сортировкой мусора, проведен сравнительный анализ, выявлены недостатки. Предложено решение в виде аппаратно-программного средства. Описан принцип работы устройства и его технологические особенности.*

**Ключевые слова:** нейронные сети; сортировка мусора; компьютерное зрение; распознавание отходов; баки для автоматической сортировки.



В настоящее время наиболее актуальной проблемой является сортировка и переработка мусора. В 2019 году на саммите ООН, 16-летняя девочка из Швеции своим докладом вызвала огромный резонанс по всему миру [1]. С данной проблемой пытаются бороться во всем мире. Переработка различного типа отходов позволяет существенно экономить как денежные, так и природные ресурсы. В актуальности данной проблемы можно убедиться самостоятельно, взглянув на городскую инфраструктуру, которая оснащена баками для раздельного сбора мусора. Но у всего есть недостатки, и у данного метода решения проблемы они тоже есть. У ручного способа сортировки отходов существует такой недостаток, как человеческий фактор, который не учитывается в первичном разделении отходов в городской среде. Большинство людей, выбрасывающих мусор в специальные контейнеры, даже не задумываются в какой отсек нужно положить отходы, поэтому часто выбрасывают — «куда попало». Остальным гражданам, которым не безразлична данная проблематика, приходится тратить какое-то количество времени, чтобы остановиться, прочитать и подумать в какой

отсек выбросить мусор. Именно поэтому данный способ сортировки не является эффективным. Данную проблему можно решить автоматизацией всего цикла сортировки и переработки мусора.

Актуальность представленной темы неоднократно подтверждена, многие развитые страны занимаются разработками для мусороперерабатывающей промышленности. Проанализировав разработки, мы можем увидеть, что сортировочное оборудование создается не только для применения его на мусороперерабатывающих и мусоросжигательных предприятиях, но и для внедрения его в городскую среду в виде специальных мусорных баков с автоматической сортировкой. Конструкция бака представляет собой специальный контейнер, оснащенный несколькими отсеками для разного типа мусора, а также, микропроцессорной системой управления и датчиками для распознавания различных видов мусорных отходов и управления сортировочной платформой.

Принцип работы такого бака заключается в следующем. Человек, который хочет выбросить свой мусор, подходит к данному баку и просто помещает в его в отсек. Далее, система функционирует автоматически. В специальном отсеке находится датчик, который получает информацию об объекте и передает на нее на вычислительное устройство. Это устройство определяет тип мусора и отправляет управляющий сигнал сортировочной платформе, которая перенаправляет объект в необходимый отсек. Главным преимуществом таких баков является то, что на этапе сортировки практически полностью снимается нагрузка с человека.

В связи с развитием технологий компьютерного зрения и нейронных сетей активно расширяются и области их применения. Проанализировав рынок технологических решений, было выделено несколько наиболее перспективных разработок различных специалистов по всему миру. Подробно рассмотрим данные решения.

Компания Cambridge Consultants представила баки для сортировки мусора, работающие с применением технологий машинного обучения и компьютерного зрения [2]. Бак оснащен четырьмя отсеками для разного рода мусора и платформой для его определения. Человек помещает свой объект на данную платформу, далее, система определяет тип мусора и в соответствии с требуемыми категориями, необходимый отсек, в который, человеку нужно переместить свой мусор, подсвечивается зеленым цветом. Главным недостатком данной разработки

является то, что человеку все равно приходится тратить какое-то время на сканирование своего мусора и в последствии, перемещения его в необходимый отсек.

Следующую разработку под названием Bin-e представила компания Interseroh [3]. Данный мусорный бак представляет собой прямоугольную конструкцию, длиной 140 см, высотой 120 см и толщиной 60 см, оснащенную несколькими отсеками для каждого рода мусора и специальной сортировочной платформой. Сортировка мусора происходит посредством данной платформы, которая осуществляет горизонтальное перемещение над контейнерами. Человек помещает объект в специальный отсек, далее, встроенный компьютер получает его изображение и с помощью технологий компьютерного зрения и нейронных сетей обрабатывает и определяет какой объект, находится в отсеке. В результате обработки изображения на сортировочную платформу поступает необходимый управляющий сигнал, посредством которого, происходит перемещение отсека в сторону, где находится требуемый контейнер и сбрасывает в него наш объект. Данный мусорный бак имеет несколько существенных недостатков таких, как стоимость и габариты конструкции. Приблизительная стоимость составляет 5,800 долларов. Чтобы внедрить такие баки в городскую инфраструктуру, государству понадобилось бы потратить значительную часть бюджета. Очевидно, что закупка и обслуживание данной разработки экономически не целесообразно для государства.

Выше было подробно рассмотрено две наиболее перспективные разработки для первичной сортировки отходов в городской среде. На основе проведенного бенчмаркинга, эти и многие другие технологические предложения, была составлена концепция разработки, в которой отсутствуют основные недостатки существующих аналогов.

Основная идея заключалась в том, чтобы реализовать компактное и недорогое решение. Нами предполагается, что конструкция будет представлять собой цилиндрический бак, оснащенный четырьмя отсеками для каждого типа мусора, сортировочной платформой, микрокомпьютером, сервомоторами и камерами. Микрокомпьютер будет получать изображения с камеры и обрабатывать их с целью определения типа мусора. Далее управляющий сигнал будет поступать на сервомоторы, которые начнут вращать платформу на определенный угол для перемещения мусора в необходимый отсек. Модель бака представлена на рисунках 1 и 2. По сравнению с мусорным баком «Bin-e», габариты данной конструкции планируется уменьшить в 1,5 раза. Также, хотелось бы отметить, что на реализацию данного проекта была оказана поддержка с стороны Фонда Содействия Инновациям.

Анализируя рынок предлагаемых решений для сортировки отходов с применением компьютерного зрения и нейронных сетей можно увидеть, что ведутся разработки как для городской среды, так и для мусоросжигательных и мусороперерабатывающих предприятий. На текущий момент сортировка по большей части осуществляется с помощью ручного труда. Из-за тяжелых условий труда, данная работа высоко оплачивается, в связи с чем, государство выделяет большие ресурсы на обеспечение работоспособности таких предприятий. С развитием данных технологий и появлением новых разработок для сортировки отходов с целью внедрения их на предприятия, можно было бы полностью избавиться от ручного труда, что привело бы к значительному снижению затрат государства и улучшению экологической обстановки.

На данный момент большая часть разработок направлены на создание автоматических баков. Этому есть несколько объ-

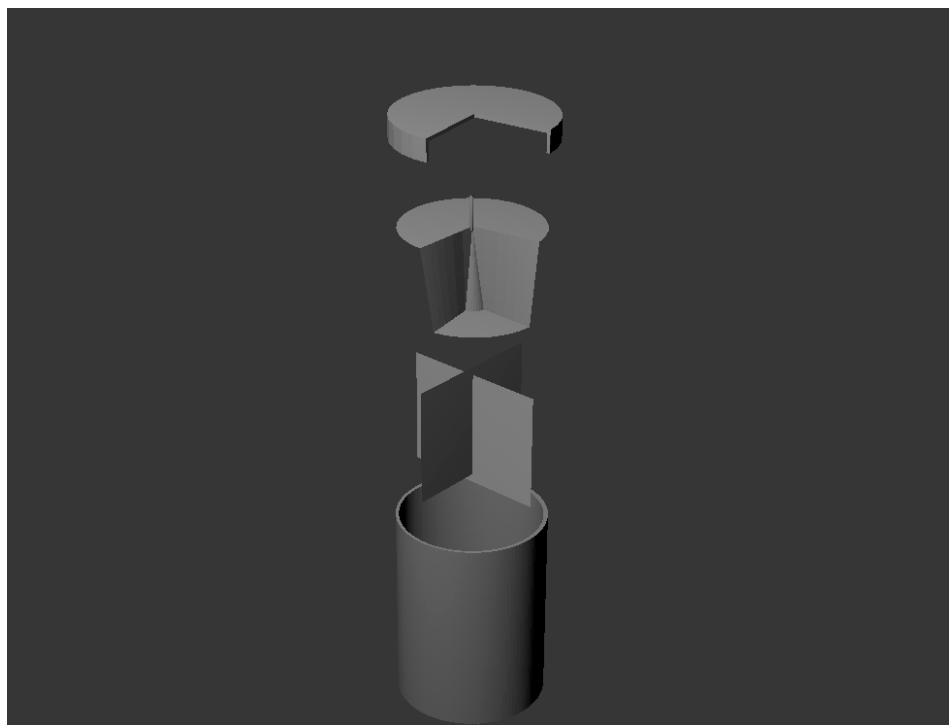


Рис. 1. 3d-модель бака в разобранном виде

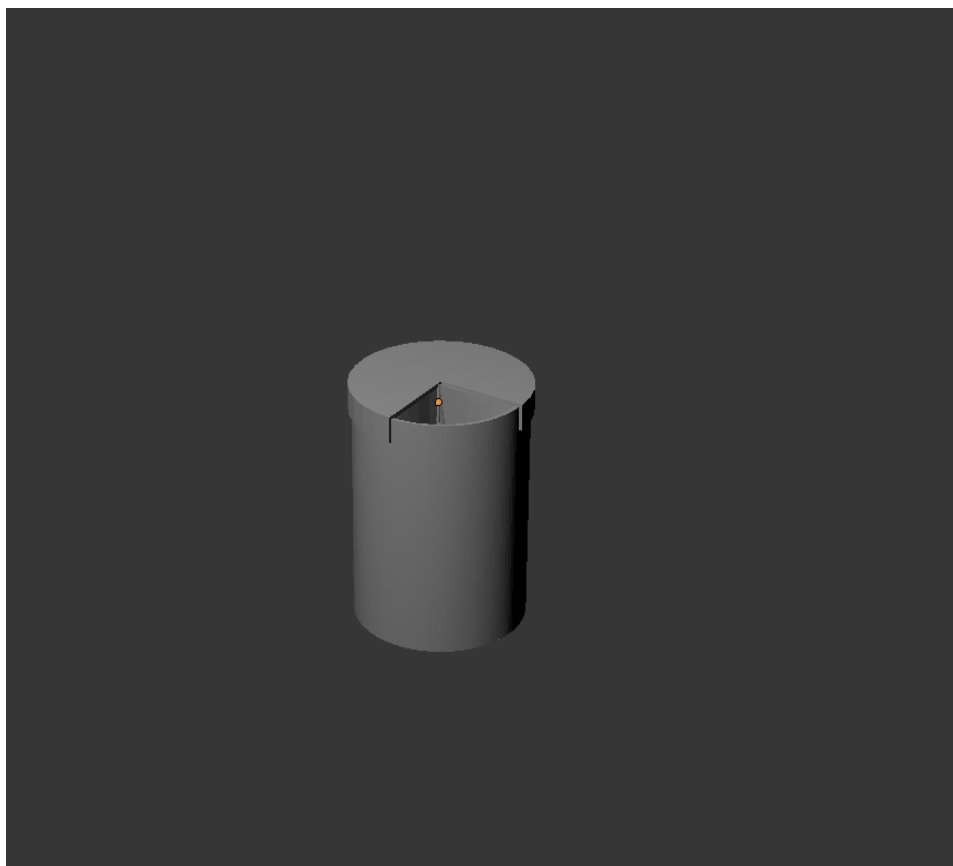


Рис. 2. 3d-модель бака в собранном виде

яснений: низкая стоимость комплектующих, простота в реализации для последующей автоматизации всего цикла сортировки и переработки отходов. Ключевая технология заключается в том, чтобы обучить нейронные сети определять тип материала с помощью камеры, что на данный момент, тяжело осуществить.

В заключение мы можем отметить, что из-за большого числа разрабатываемых автоматических баков с применением данных технологий появляется все больше работоспособных образцов.

Это свидетельствует тому, что в ближайшие годы мы сможем увидеть реальный продукт на наших улицах в различных городах по всему миру. Данные решения позволят автоматизировать, как минимум, первичную сортировку отходов. Но мы уверены, что это станет отправной точкой для создания нового оборудования для предприятий и, совсем скоро, позволит автоматизировать полный цикл сортировки отходов, что позволит экономить денежные и природные ресурсы.

#### Литература:

1. Воронин Н. Грета Тунберг обвинила ООН в пустословии. Чем ответил климатический саммит? / Н. Воронин — Текст: электронный // ВВС: Интернет-издание. — URL: <https://www.bbc.com/russian/features-49800855> (дата обращения: 13.05.2020).
2. Интернет-ресурс: Cambridge Consultants: сайт. — URL: <https://www.cambridgeconsultants.com/press-releases/smarter-way-recycle> (дата обращения: 13.05.2020) — Текст: электронный
3. Интернет ресурс: interseroh zero waste solutions: сайт — URL: <https://www.interseroh.pl/en/services/modern-devices-and-machines/bin-e/> (дата обращения: 13.05.2020) — Текст: электронный.

# МАТЕМАТИКА

## Отображения, сохраняющие нулевые произведения

Каримов Хакимбек Каримович, студент магистратуры  
Каракалпакский государственный университет имени Бердаха (г. Нукус, Узбекистан)

При изучении алгебр линейных операторов отображения между ними играют важную роль. Отображения, такие как изоморфизм, гомоморфизм, дифференцирование и автоморфизм различных алгебр операторов, определённых в гильбертовых пространствах, были изучены во многих работах ([1]- [5]).

В 1997 г. Шемрлом [2], было введено понятие 2-локального автоморфизма и 2-локального дифференцирования, и в этой работе он рассматривал отображений на алгебре всех линейных ограниченных операторов на гильбертовом пространстве, в бесконечномерном сепарабельном случае, показав, что если  $H$  — бесконечномерное сепарабельное гильбертово пространство, тогда каждый 2-локальный автоморфизм  $\phi$  алгебры  $B(H)$  является автоморфизмом. Аналогичный результат был получен для 2-локального дифференцирования.

В 2004 г. [3] было получено аналогичное описание для конечномерного случая, а именно доказано, что если  $M_n$  — алгебра  $n \times n$  матриц над комплексными числами, и  $\phi$  2-локальный \*-автоморфизм на этой алгебре, тогда  $\phi$  является \*-автоморфизмом.

В работе Аюпова и Кудайбергенова [4] были изучены 2-локальные дифференцирования и 2-локальные автоморфизмы на алгебре всех линейных ограниченных операторов на произвольном гильбертовом пространстве и было показано, что если  $H$  — произвольное гильбертово пространство,  $B(H)$  — алгебра всех ограниченных линейных операторов на  $H$ , тогда каждый 2-локальный автоморфизм на этой алгебре, является автоморфизмом.

Многие ученые изучали и аддитивные, или линейные отображения, сохраняющие нулевые произведения, в которых одно из отображений в операторных алгебрах, и в большинстве случаев показано, что отображение сохраняет нулевого произведения тогда и только тогда, когда отображение записано в виде умножения гомоморфизма с центральным элементом алгебры.

Пусть  $H$  — гильбертово пространство,  $B(H)$  — алгебра всех линейных ограниченных операторов на  $H$ ,  $M$  — некоторое подмножество алгебры  $B(H)$ . Множество  $M' = \{s \in B(H) : Ts = sT, \forall T \in B(H)\}$  называется коммутантом множества  $M$ . Ясно, что коммутант  $M'$  является унитарной подалгеброй алгебры  $B(H)$ . Бикоммутант  $M'' = (M')'$  множество  $M$  содержит само множество  $M$ .

**Определение 1.** Если для \*-подалгеброй  $M \subseteq B(H)$  выполняется равенство  $M = M''$  тогда  $M$  называется алгеброй фон Неймана.

Множество  $Z(M) = \{b \in M | bx = xb, \forall x \in M\}$  называется центром алгеброй  $M$ .

Пусть  $H$  — гильбертово пространство над полем комплексных чисел  $M$  и  $B(H)$  — алгебра всех ограниченных линейных операторов на  $H$ . Обозначим через  $1$  — тождественной оператор на  $H$ , и пусть  $P(H) = \{p \in B(H) : p = p^2 = p^*\}$  — решетка проекторов в  $B(H)$ . Рассмотрим алгебру фон Неймана  $M$  на  $H$ , т. е. слабо замкнуто \*-подалгебру в  $B(H)$ , содержащий оператор  $1$  и обозначим через  $\|\cdot\|_M$  операторную норму на  $M$ . Множество  $P(M) = P(H) \cap M$  — полная ортомодулярная решетка относительно естественного частичного порядка на  $M_h = \{x \in M : x = x^*\}$ , порожденное конусом  $M_+$  — положительных операторов  $M$ .

Два проекторы  $e, f \in P(M)$  называется эквивалентными (обозначается через  $e \sim f$ ), если существует частичная изометрия  $v \in M$  с начальным проектором  $e$  и конечным проектором  $f$ , т. е.  $v^*v = e, vv^* = f$ . Отношение " $\sim$ " является также отношением эквивалентности на  $P(M)$ .

Проектор  $e \in P(M)$  называется конечным, если для  $f \in P(M)$  из  $f \leq e, f \sim e$  следует, что  $e = f$ .

Алгебра фон Неймана  $M$  называется  
*конечной*, если  $\mathbf{1}$  — конечный проектор;  
*полуко конечной*, если каждый ненулевой проектор из  $M$  содержит ненулевой конечный проектор;  
*бесконечной*, если  $\mathbf{1}$  — неконечно;  
*собственно бесконечной*, если каждый ненулевой проектор из  $M$  является бесконечным (т. е. неконечным);  
*чисто бесконечным или типа III*, если каждый ненулевой проектор из  $M$  является бесконечным.

Говорят, что проектор  $e$  мажорируется проектором  $f$ , если существует проектор  $f_1 \leq f$  такой, что  $e \sim f_1$ , и обозначается  $e \preceq f$ . Предположим, что  $\{p_\lambda | \lambda \in \Lambda\}$  — система ортогональных проекторов в центре  $Z(M)$ , удовлетворяющие условию  $\sum_{\lambda \in \Lambda} p_\lambda = I$ . Система  $\{p_\lambda | \lambda \in \Lambda\}$  называется максимальной системой ортогональных проекторов, если для любой системой ортогональных проекторов  $\{q_\alpha | \alpha \in \Delta\}$  в центре  $Z(M)$ , с условием  $\sum_{\alpha \in \Delta} q_\alpha = I$ , при каждой  $\alpha \in \Delta$  найдётся  $\lambda \in \Lambda$  такой, что  $p_\lambda \preceq q_\alpha$ .

Алгебра фон Неймана  $M$  называется типа I, если она содержит точный Абелева проектор  $e$  (т. е.  $eMe$  — абелева (коммутативная) алгебра фон Неймана).

Это означает, что центральный носитель  $z(e)$  проектора  $e$  (т. е. наименьше центральный проектор в  $M$  мажорирующий  $e$ ) является тождественным оператором  $\mathbf{1}$ . Алгебра фон Неймана с ненулевым абелевым проектором называется непрерывным. Для произвольная алгебра фон Неймана и может быть разложена единственным способом в прямую сумму алгебр фон Неймана типа  $I_{fin}$  (конечный тип), типа  $I_\infty$  (собственно бесконечная типа I), типа  $\Pi_1$  (конечно непрерывная), типа  $\Pi_\infty$  (полуко конечная, собственно бесконечная, непрерывная) и III.

Пусть  $A$  и  $B$  некоторые алгебры операторов, и  $\phi$  — отображение алгебры  $A$  в алгебру  $B$ .

**Определение 2.** Линейные отображение  $\phi$  называется сохраняет нулевыми произведениями, если из условия  $ab=0, a, b \in A$  следует равенство  $\phi(a)\phi(b)=0$ .

Следующая теорема известна с работы [1], и в этом предполагается, что алгебра  $B$  имеет максимальной системой ортогональных проекторов

**Теорема 1.** Пусть  $A$  и  $B$  алгебры фон Неймана действующие в комплексных гильбертовых пространствах, соответственно  $H$  и  $K$ . Если  $\phi: A \rightarrow B$  ограниченное сюръективное линейное отображение, тогда следующие условия эквивалентны:

- (1)  $\phi$  — сохраняет нулевое произведение
- (2) Существуют такой обратимый элемент  $a \in Z(B)$  и  $\psi: A \rightarrow B$  гомоморфизм, для любого  $x \in A$  имеет место  $\phi(x) = a\psi(x)$ .

Пусть  $M_n(A)$  и  $M_n(B)$  алгебры матриц  $n$ -го порядка над алгебры  $A$  и  $B$  рассматриваемые в приведенной теореме.

С помощью ограниченное сюръективное линейное отображение сохраняющие нулевое произведение  $\phi: A \rightarrow B$ , приведем отображение  $\tilde{\phi}: M_n(A) \rightarrow M_n(B)$  следующим образом:

$$\tilde{\phi}(x) = \begin{pmatrix} \phi(x_{11}) & \phi(x_{12}) & \cdots & \phi(x_{1n}) \\ \phi(x_{21}) & \phi(x_{22}) & \cdots & \phi(x_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi(x_{n1}) & \phi(x_{n2}) & \cdots & \phi(x_{nn}) \end{pmatrix}, x = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{pmatrix} \tag{1}$$

Тогда по теореме 1, мы будем имеет следующей теореме.

**Теорема 2.** Существуют такой элемент  $z \in Z(M_n(A))$  и отображение  $\tilde{\psi}: M_n(A) \rightarrow M_n(B)$ , для любого элемента  $x \in M_n(A)$  имеет место  $\tilde{\phi}(x) = z\tilde{\psi}(x)$ .

Литература:

1. Cui Jianlian and Hou Jinchuan, Linear maps on von Neumann algebras preserving zero products or tr-rank, Bull. Austral. Math. Soc. Vol. 65 (2002).
2. P. Semrl, Local automorphisms and derivations on, Proc. Amer. Math. Soc. 125, 2677–2680 (1997).
3. S. O. Kim, J. S. Kim, Local automorphisms and derivations on Mn, Proc. Amer. Math. Soc. 132, no. 5, 1389–1392 (2004).
4. Sh. Ayupov, K. Kudaybergenov, 2-local derivations and automorphisms on B(H), J. Math. Anal. Appl. 395, no. 1, 15–18 (2012).
5. D. R. Larson and A. R. Sourour, Local derivations and local automorphisms of B(X), Proc. Sympos. Pure Math. 51, Part 2, Providence, Rhode Island 1990, pp. 187–194.



# ФИЗИКА

## Преобразование фазных переменных напряжений и токов асинхронного двигателя в пространственные векторы

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;  
 Бесклеткин Виктор Викторович, старший преподаватель;  
 Котов Александр Евгеньевич, студент;  
 Падеряков Алексей Викторович, студент;  
 Ужве Арина Артемовна, студент;  
 Шутылев Александр Александрович, студент  
 Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

Пестеров Дмитрий Ильич, студент магистратуры  
 Уральский государственный университет путей сообщения (г. Екатеринбург)

При подготовке слайдов для проведения вебинаров возникла необходимость введения дополнительных обозначений при выводе уравнений асинхронного двигателя и сделаны существенные изменения в работе [1].

1. Преобразование мгновенных значений напряжений и токов в степенные функции.

Фазные напряжения в статоре:

$$\begin{cases} u_{sa} = U_{ms} \cdot \cos(\omega t - 0); \\ u_{sb} = U_{ms} \cdot \cos(\omega t - 120); \\ u_{sc} = U_{ms} \cdot \cos(\omega t - 240). \end{cases} \tag{1}$$

Выразим  $u_a$ ,  $u_b$  и  $u_c$  через степенные функции по формуле Эйлера:

$$\begin{aligned} e^{j\omega t} &= \cos \omega t + j \sin \omega t. \\ u_{a,b,c} &= \frac{U_{ms}}{2} \cdot [e^{j(\alpha-\beta)} + e^{-j(\alpha-\beta)}] = \frac{U_{ms}}{2} \cdot [e^{j\alpha} \cdot e^{-j\beta} + e^{-j\alpha} \cdot e^{j\beta}] = \\ &= \frac{U_{ms}}{2} \cdot \left[ \underbrace{(\cos \alpha + j \sin \alpha)}_{e^{j\alpha}} \cdot \underbrace{(\cos \beta - j \sin \beta)}_{e^{-j\beta}} + (\cos \alpha - j \sin \alpha) \cdot (\cos \beta + j \sin \beta) \right] = \\ &= \frac{U_{ms}}{2} \cdot [ \cos \alpha \cdot \cos \beta - j \cos \alpha \cdot \sin \beta + \\ &\quad + \sin \alpha \cdot \sin \beta + j \sin \alpha \cdot \cos \beta + \\ &\quad + \cos \alpha \cdot \cos \beta + j \cos \alpha \cdot \sin \beta + \\ &\quad + \sin \alpha \cdot \sin \beta - j \sin \alpha \cdot \cos \beta ] = U_{ms} \cdot \underbrace{[\cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \sin \beta]}_{\cos(\alpha - \beta)} = U_{ms} \cdot \cos(\alpha - \beta). \end{aligned}$$

Примечание:  $j^2 = -1$ .

$$\begin{cases} \alpha = \omega t; \\ \beta = 0; -120; -240. \end{cases} \begin{cases} u_{sa} = U_{ms} \cdot \cos(\omega t - 0) = \frac{U_{ms}}{2} \cdot ( e^{j\omega t} \cdot e^{j0} + e^{-j\omega t} \cdot e^{j0} ); \\ u_{sb} = U_{ms} \cdot \cos(\omega t - 120) = \frac{U_{ms}}{2} \cdot ( e^{j\omega t} \cdot e^{-j120} + e^{-j\omega t} \cdot e^{j120} ); \\ u_{sc} = U_{ms} \cdot \cos(\omega t - 240) = \frac{U_{ms}}{2} \cdot ( e^{j\omega t} \cdot e^{-j240} + e^{-j\omega t} \cdot e^{j240} ). \end{cases} \tag{2}$$

Мгновенные значения токов статора и ротора:

$$\begin{cases} i_{sa} = I_{ms} \cdot \cos(\omega t - \varphi_{is}) = \frac{I_{ms}}{2} \cdot ( e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 ); \\ i_{sb} = I_{ms} \cdot \cos(\omega t - \varphi_{is} - 120) = \frac{I_{ms}}{2} \cdot ( e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120} ); \\ i_{sc} = I_{ms} \cdot \cos(\omega t - \varphi_{is} - 240) = \frac{I_{ms}}{2} \cdot ( e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240} ); \\ i_{ra} = I_{mr} \cdot \cos(\omega t - \varphi_{ir}) = \frac{I_{mr}}{2} \cdot ( e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot 1 ); \\ i_{rb} = I_{mr} \cdot \cos(\omega t - \varphi_{ir} - 120) = \frac{I_{mr}}{2} \cdot ( e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{j120} ); \\ i_{rc} = I_{mr} \cdot \cos(\omega t - \varphi_{ir} - 240) = \frac{I_{mr}}{2} \cdot ( e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{j240} ); \end{cases}$$

Где  $\varphi_{is}$  и  $\varphi_{ir}$  – углы отставания от напряжения во времени для фазы «а».

Преобразование углов через степенные функции:

$$\begin{cases} \cos \theta = \frac{1}{2} \cdot ( e^{j\theta} \cdot 1 + e^{-j\theta} \cdot 1 ); \\ \cos(\theta + 120) = \frac{1}{2} \cdot ( e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} ); \\ \cos(\theta + 240) = \frac{1}{2} \cdot ( e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} ); \\ \cos \theta = \frac{1}{2} \cdot ( e^{j\theta} \cdot 1 + e^{-j\theta} \cdot 1 ); \\ \cos(\theta - 120) = \frac{1}{2} \cdot ( e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120} ); \\ \cos(\theta - 240) = \frac{1}{2} \cdot ( e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240} ). \end{cases}$$

Численные значения  $e^{j0}$ ,  $e^{j120}$  и  $e^{j240}$ :

$$e^{j0} = \cos 0 + j \sin 0 = 1;$$

$$e^{j120} = \cos 120 + j \sin 120 = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$e^{j240} = \cos 240 + j \sin 240 = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$e^{j0} + e^{j120} + e^{j240} = 1 + \left(-\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \left(-\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 0;$$

$$e^{-j120} = \cos 120 - j \sin 120 = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2};$$

$$e^{-j240} = e^{j(-240+360)} = e^{j120} = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

## 2. Пространственные векторы напряжения и токов.

Единичные пространственные векторы:

$$\vec{a}_1 = \vec{1} \cdot e^{j0};$$

$$\vec{a}_2 = \vec{1} \cdot e^{j120};$$

$$\vec{a}_3 = \vec{1} \cdot e^{j240};$$

$$\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 = 0.$$

$$\begin{aligned} \bar{a}_2 &= \bar{1} \cdot e^{j120} = \bar{1} \cdot e^{j(120-360)} = \bar{1} \cdot e^{-j240}; \\ \bar{a}_3 &= \bar{1} \cdot e^{j240} = \bar{1} \cdot e^{j(240-360)} = \bar{1} \cdot e^{-j120}; \\ \bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{-j120} + \bar{1} \cdot e^{-j240} &= 0. \end{aligned}$$

Пространственный вектор напряжения статора  $\bar{U}_s$ :

$$\begin{aligned} \bar{U}_s &= \frac{2}{3} \cdot [u_{sa} \cdot \bar{a}_1 + u_{sb} \cdot \bar{a}_2 + u_{sc} \cdot \bar{a}_3] = \frac{2}{3} \cdot \left[ \underbrace{\frac{U_{ms}}{2} \cdot (e^{j\omega t} \cdot 1 + e^{-j\omega t} \cdot 1)}_{u_{sa}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j0}}_{\bar{a}_1} + \right. \\ &+ \underbrace{\frac{U_{ms}}{2} \cdot (e^{j\omega t} \cdot e^{-j120} + e^{-j\omega t} \cdot e^{+j120})}_{u_{sb}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j120}}_{\bar{a}_2} + \left. \frac{U_{ms}}{2} \cdot (e^{j\omega t} \cdot e^{-j240} + e^{-j\omega t} \cdot e^{j240}) \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j240}}_{\bar{a}_3} \right] = \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{U_{ms}}{3} \cdot \left[ \begin{array}{c|c|c|c|c|c} | & e^{j\omega t} & \cdot & | & \bar{1} \cdot e^{j0} & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \end{array} + \begin{array}{c|c|c|c|c|c} | & e^{-j\omega t} & \cdot & | & \bar{1} \cdot e^{j0} & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \end{array} + \right. \\ &\tag{1} \quad + \begin{array}{c|c|c|c|c|c} | & e^{j\omega t} & \cdot & | & \bar{1} \cdot e^{j(-120+120)} & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \end{array} + \begin{array}{c|c|c|c|c|c} | & e^{-j\omega t} & \cdot & | & \bar{1} \cdot e^{j(120+120)} & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \end{array} + \\ &\tag{2} \quad + \begin{array}{c|c|c|c|c|c} | & e^{j\omega t} & \cdot & | & \bar{1} \cdot e^{j(-240+240)} & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \end{array} + \begin{array}{c|c|c|c|c|c} | & e^{-j\omega t} & \cdot & | & \bar{1} \cdot e^{j(240+240)} & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \\ | & & & | & & | \end{array} \Big] = \\ &= \frac{U_{ms}}{3} \cdot \left[ e^{j\omega t} \cdot (\bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j0}) + e^{-j\omega t} \cdot (\bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j240} + \bar{1} \cdot e^{j480}) \right] = (U_{ms} \cdot \bar{1} \cdot e^{j0}) \cdot e^{j\omega t}. \end{aligned} \tag{4}$$

Вывод: пространственный вектор напряжения статора  $\bar{U}_s$  имеет такой же угол и модуль комплекса  $\dot{U}_A$  (фазы «а») на временной комплексной плоскости.

Геометрический смысл преобразования мгновенных значений напряжений в пространственный вектор показан на рис. 1.

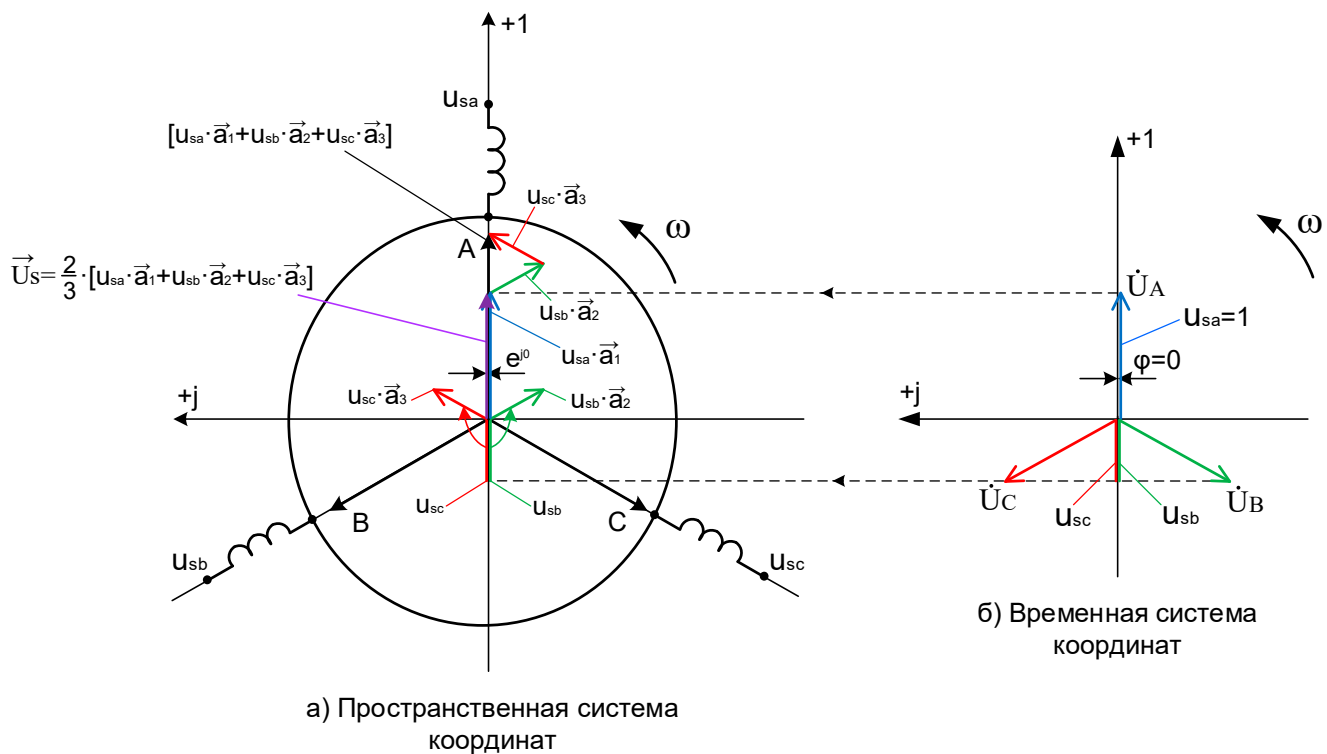


Рис. 1. Геометрический смысл построения пространственного вектора  $\bar{U}_s$  по составляющим  $u_a \cdot \bar{a}_1$ ,  $u_b \cdot \bar{a}_2$  и  $u_c \cdot \bar{a}_3$

Последовательность построений: во временной системе координат определяются мгновенные значения векторов на действительную ось  $u_{sa}, u_{sb}, u_{sc}$ , далее они переносятся на действительную ось в пространственную систему координат в виде отрезков. Затем осуществляется разворот этих отрезков с помощью единичных пространственных векторов. Далее производится геометрическая сумма  $[u_{sa} \cdot \bar{a}_1 + u_{sb} \cdot \bar{a}_2 + u_{sc} \cdot \bar{a}_3]$ , и наконец, умножив полученный вектор на множитель  $\frac{2}{3}$ , получим искомый вектор  $\bar{U}_s$ .

Вектор тока статора  $\bar{I}_s$ :

$$\begin{aligned} \bar{I}_s &= \frac{2}{3} \cdot [i_{sa} \cdot \bar{a}_1 + i_{sb} \cdot \bar{a}_2 + i_{sc} \cdot \bar{a}_3] = \frac{2}{3} \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1)}_{i_{sa}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j0}}_{a_1} + \right. \\ &+ \left. \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120})}_{i_{sb}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j120}}_{a_2} + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240})}_{i_{sc}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j240}}_{a_3} \right] = \\ &= \frac{I_{ms}}{3} \cdot \left[ \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \text{(1)} & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j0} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j0} & + & \\ \text{(2)} & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j(-120+120)} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j(120+120)} & + & \\ & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} & \cdot & \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j(-240+240)}}_{=3 \cdot \bar{1} \cdot e^{j0}} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} & \cdot & \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j(240+240)}}_{=0} & + & \end{array} \right] = \\ &= \underbrace{(I_{ms} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}})}_{\text{Вращающийся}} \cdot e^{j\omega t} \end{aligned}$$

Вращающийся вектор статора  $\bar{I}_s$  в направлении "+"  $\omega$

Вектор тока ротора  $\bar{I}_r$ :

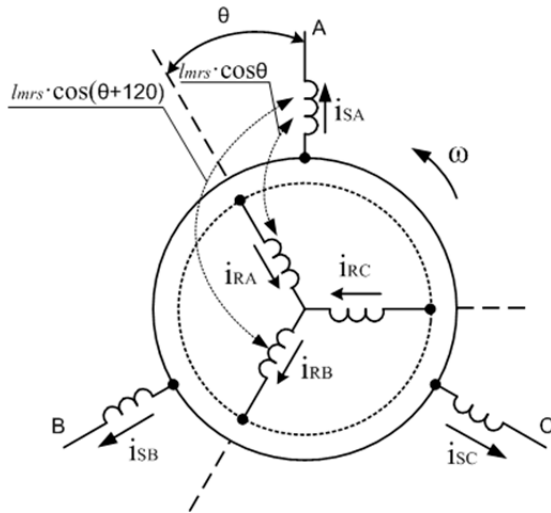
$$\begin{aligned} \bar{I}_r &= \frac{2}{3} \cdot [i_{ra} \cdot \bar{a}_1 + i_{rb} \cdot \bar{a}_2 + i_{rc} \cdot \bar{a}_3] = \frac{2}{3} \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j0}}_{a_1} + \right. \\ &+ \left. \underbrace{\frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{j120})}_{i_{rb}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j120}}_{a_2} + \underbrace{\frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} \cdot e^{j240})}_{i_{rc}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j240}}_{a_3} \right] = \\ &= \frac{I_{mr}}{3} \cdot \left[ \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c|c|c|} \text{(1)} & e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j0} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j0} & + & \\ \text{(2)} & e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j(-120+120)} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} & \cdot & \bar{1} \cdot e^{j(120+120)} & + & \\ & e^{j(\omega t - \varphi_{ir})} & \cdot & \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j(-240+240)}}_{=3 \cdot \bar{1} \cdot e^{j0}} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{ir})} & \cdot & \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j(240+240)}}_{=0} & + & \end{array} \right] = \\ &= \underbrace{(I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_{ir}})}_{\text{Вращающийся}} \cdot e^{j\omega t} \end{aligned}$$

Вращающийся вектор ротора  $\bar{I}_r$  в направлении "+"  $\omega$

Вывод: пространственные векторы  $\vec{I}_s$  и  $\vec{I}_r$  сдвинуты на те же углы  $e^{-j\phi_{is}}$  и  $e^{-j\phi_{ir}}$  в пространственной плоскости, что и соответствующие фазовые отставания  $\phi_{is}$  и  $\phi_{ir}$  во времени по отношению к напряжению для фазы «а».

3. Основные уравнения асинхронного двигателя в фазных переменных статора и ротора.

Обобщенная асинхронная машина показана на рис. 2.



$R_s, l_s, l_{ms}$  – параметры статорной обмотки;  
 $R_r, l_r, l_{mr}$  – параметры роторной обмотки;  
 $|l_{msr}|=|l_{mrs}|=|l_m|$  – коэффициенты  
 взаимной индуктивности при совпадении  
 магнитных осей статора и ротора  $\theta = 0$ .

Рис. 2. Обобщённая асинхронная машина

Баланс фазных напряжений статорных и роторных цепей:

$$\begin{cases} u_{sa} = i_{sa} \cdot R_s + \frac{d\psi_{sa}}{dt}; \end{cases} \tag{5}$$

$$\begin{cases} u_{sb} = i_{sb} \cdot R_s + \frac{d\psi_{sb}}{dt}; \end{cases} \tag{6}$$

$$\begin{cases} u_{sc} = i_{sc} \cdot R_s + \frac{d\psi_{sc}}{dt}; \end{cases} \tag{7}$$

$$\begin{cases} u_{ra} = i_{ra} \cdot R_r + \frac{d\psi_{ra}}{dt}; \end{cases} \tag{8}$$

$$\begin{cases} u_{rb} = i_{rb} \cdot R_r + \frac{d\psi_{rb}}{dt}; \end{cases} \tag{9}$$

$$\begin{cases} u_{rc} = i_{rc} \cdot R_r + \frac{d\psi_{rc}}{dt}. \end{cases} \tag{10}$$

Потокоцепление фаз статорных и роторных цепей с учетом взаимной индуктивностей с переменными коэффициентами, зависящими от расположения магнитных осей ротора и статора:

$$\begin{cases} \psi_{sa} = l_s \cdot i_{sa} + l_{ms} \cdot (i_{sb} + i_{sc}) + (l_{mrs} \cdot \cos\theta) \cdot i_{ra} + (l_{mrs} \cdot \cos(\theta + 120)) \cdot i_{rb} + (l_{mrs} \cdot \cos(\theta + 240)) \cdot i_{rc}; \end{cases} \tag{11}$$

$$\begin{cases} \psi_{sb} = l_s \cdot i_{sb} + l_{ms} \cdot (i_{sa} + i_{sc}) + (l_{mrs} \cdot \cos(\theta + 240)) \cdot i_{ra} + (l_{mrs} \cdot \cos\theta) \cdot i_{rb} + (l_{mrs} \cdot \cos(\theta + 120)) \cdot i_{rc}; \end{cases} \tag{12}$$

$$\begin{cases} \psi_{sc} = l_s \cdot i_{sc} + l_{ms} \cdot (i_{sa} + i_{sb}) + (l_{mrs} \cdot \cos(\theta + 120)) \cdot i_{ra} + (l_{mrs} \cdot \cos(\theta + 240)) \cdot i_{rb} + (l_{mrs} \cdot \cos\theta) \cdot i_{rc}; \end{cases} \tag{13}$$

$$\begin{cases} \psi_{ra} = l_r \cdot i_{ra} + l_{mr} \cdot (i_{rb} + i_{rc}) + (l_{msr} \cdot \cos(-\theta)) \cdot i_{sa} + (l_{msr} \cdot \cos(120 - \theta)) \cdot i_{sb} + (l_{msr} \cdot \cos(240 - \theta)) \cdot i_{sc}; \end{cases} \tag{14}$$

$$\begin{cases} \psi_{rb} = l_r \cdot i_{rb} + l_{mr} \cdot (i_{ra} + i_{rc}) + (l_{msr} \cdot \cos(240 - \theta)) \cdot i_{sa} + (l_{msr} \cdot \cos(-\theta)) \cdot i_{sb} + (l_{msr} \cdot \cos(120 - \theta)) \cdot i_{sc}; \end{cases} \tag{15}$$

$$\begin{cases} \psi_{rc} = l_r \cdot i_{rc} + l_{mr} \cdot (i_{ra} + i_{rb}) + (l_{msr} \cdot \cos(120 - \theta)) \cdot i_{sa} + (l_{msr} \cdot \cos(240 - \theta)) \cdot i_{sb} + (l_{msr} \cdot \cos(-\theta)) \cdot i_{sc}. \end{cases} \tag{16}$$

4. Преобразование балансов напряжений в фазных переменных в соответствующий баланс пространственных векторов.

Умножим обе части уравнения (5) на единичный пространственный вектор  $\vec{a}_1$ , уравнения (6) и (7) – соответственно на  $\vec{a}_2$  и  $\vec{a}_3$ . Далее, просуммируем уравнения:

$$\frac{2}{3} \cdot \underbrace{[u_{sa} \cdot \bar{a}_1 + u_{sb} \cdot \bar{a}_2 + u_{sc} \cdot \bar{a}_3]}_{\bar{U}_s} = \frac{2}{3} \cdot \underbrace{[i_{sa} \cdot \bar{a}_1 + i_{sb} \cdot \bar{a}_2 + i_{sc} \cdot \bar{a}_3]}_{\bar{I}_s} \cdot R_s + \frac{d}{dt} \underbrace{\left[ \frac{2}{3} \cdot (\psi_{sa} \cdot \bar{a}_1 + \psi_{sb} \cdot \bar{a}_2 + \psi_{sc} \cdot \bar{a}_3) \right]}_{\bar{\Psi}_s}.$$

В векторной форме баланс напряжений для статора:

$$\boxed{\bar{U}_s = \bar{I}_s \cdot R_s + \frac{d\bar{\Psi}_s}{dt}}. \tag{17}$$

Аналогично произведем преобразование баланса напряжений для роторных фазных переменных:

$$\begin{cases} u_{ra} = i_{ra} \cdot R_r + \frac{d\psi_{ra}}{dt} \quad |\times \bar{a}_1 \cdot \left(\frac{2}{3}\right); \\ u_{rb} = i_{rb} \cdot R_r + \frac{d\psi_{rb}}{dt} \quad |\times \bar{a}_2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right); \\ u_{rc} = i_{rc} \cdot R_r + \frac{d\psi_{rc}}{dt} \quad |\times \bar{a}_3 \cdot \left(\frac{2}{3}\right). \end{cases}$$

$$\frac{2}{3} \cdot \underbrace{[u_{ra} \cdot \bar{a}_1 + u_{rb} \cdot \bar{a}_2 + u_{rc} \cdot \bar{a}_3]}_{\bar{U}_r} = \frac{2}{3} \cdot \underbrace{[i_{ra} \cdot \bar{a}_1 + i_{rb} \cdot \bar{a}_2 + i_{rc} \cdot \bar{a}_3]}_{\bar{I}_r} \cdot R_r + \frac{d}{dt} \underbrace{\left[ \frac{2}{3} \cdot (\psi_{ra} \cdot \bar{a}_1 + \psi_{rb} \cdot \bar{a}_2 + \psi_{rc} \cdot \bar{a}_3) \right]}_{\bar{\Psi}_r}.$$

В векторной форме баланс напряжений для ротора:

$$\boxed{\bar{U}_r = \bar{I}_r \cdot R_r + \frac{d\bar{\Psi}_r}{dt}}. \tag{18}$$

Литература:

1. Пространственные векторы в асинхронном двигателе в относительной системе единиц / А. А. Емельянов, А. М. Козлов, В. В. Бесклеткин [и др.].— Текст: непосредственный // Молодой ученый.— 2015.— № 11 (91).— С. 133–156.
2. Ковач, К. П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К. П. Ковач, И. Рац; пер. с нем.— Москва: Госэнергоиздат, 1963.— 735 с.— Текст: непосредственный.
3. Шрейнер, Р. Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин; под ред. проф. д.т.н. Р. Т. Шрейнера.— Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.—пед. ун-т», 2008.— 361 с.— Текст: непосредственный.
4. Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р. Т. Шрейнер.— Екатеринбург: УРО РАН, 2000.— 654 с.— Текст: непосредственный.

## Пространственный вектор потокосцепления ротора асинхронного двигателя

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;

Бескеткин Виктор Викторович, старший преподаватель;

Котов Александр Евгеньевич, студент;

Падеряков Алексей Викторович, студент;

Шутылев Александр Александрович, студент;

Байдосов Александр Александрович, студент;

Баканин Дмитрий Юрьевич, студент;

Шипицын Дмитрий Николаевич, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

При подготовке слайдов для проведения вебинаров возникла необходимость введения дополнительных обозначений при выводе уравнений асинхронного двигателя и сделаны существенные изменения в работе [1].

$$\begin{cases} \Psi_{ra} \\ \Psi_{rb} \\ \Psi_{rc} \end{cases} = \begin{cases} l_r \cdot i_{ra} \\ l_r \cdot i_{rb} \\ l_r \cdot i_{rc} \end{cases} + \begin{cases} l_{mr} \cdot (i_{rb} + i_{rc}) \\ l_{mr} \cdot (i_{ra} + i_{rc}) \\ l_{mr} \cdot (i_{ra} + i_{rb}) \end{cases} + \begin{cases} l_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos \theta + i_{sb} \cdot \cos(\theta - 120) + i_{sc} \cdot \cos(\theta - 240)] \\ l_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos(\theta - 240) + i_{sb} \cdot \cos \theta + i_{sc} \cdot \cos(\theta - 120)] \\ l_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos(\theta - 120) + i_{sb} \cdot \cos(\theta - 240) + i_{sc} \cdot \cos \theta] \end{cases}$$

$$\bar{\Psi}_r = \frac{2}{3} \cdot (\Psi_{ra} \cdot \bar{a}_1 + \Psi_{rb} \cdot \bar{a}_2 + \Psi_{rc} \cdot \bar{a}_3);$$

$$\bar{\Psi}_r = \bar{\Psi}_{lr} + \bar{\Psi}_{lmr} + \bar{\Psi}_{lmsr}.$$

$$\begin{aligned} \bar{\Psi}_{lr} &= \frac{2}{3} \cdot l_r \cdot [i_{ra} \cdot \bar{a}_1 + i_{rb} \cdot \bar{a}_2 + i_{rc} \cdot \bar{a}_3] = \\ &= \frac{2}{3} \cdot l_r \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j0}}_{a_1} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120}) \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j120}}_{a_2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240}) \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j240}}_{a_3} \right] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{3} \cdot l_r \cdot I_{mr} \cdot \left[ \begin{array}{c} e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot \bar{1} \cdot e^{j0} \\ + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot \bar{1} \cdot e^{j(-120+120)} \\ + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot \bar{1} \cdot e^{j(-240+240)} \end{array} + \begin{array}{c} e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot \bar{1} \cdot e^{j0} \\ + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot \bar{1} \cdot e^{j(120+120)} \\ + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot \bar{1} \cdot e^{j(240+240)} \end{array} \right] = \\ &= 3 \cdot \bar{1} \cdot e^{j0} + 0 \end{aligned}$$

$$= l_r \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\bar{I}_r - \text{вращающийся вектор в направлении "+" } \omega} \cdot e^{j\omega t} = l_r \cdot \bar{I}_r;$$

$$\bar{\Psi}_{lmsr} = \frac{2}{3} \cdot l_{msr} \cdot [(i_{rb} + i_{rc}) \cdot \bar{a}_1 + (i_{ra} + i_{rc}) \cdot \bar{a}_2 + (i_{ra} + i_{rb}) \cdot \bar{a}_3] = -\frac{2}{3} \cdot l_{msr} \cdot [i_{ra} \cdot \bar{a}_1 + i_{rb} \cdot \bar{a}_2 + i_{rc} \cdot \bar{a}_3] = -l_{msr} \cdot \bar{I}_r,$$

Где  $i_{ra} + i_{rb} + i_{rc} = 0$  — соединение роторной обмотки в звезду “Λ”.

$$\bar{\Psi}_{lmsr} = \frac{2}{3} \cdot [\bar{A}_r + \bar{B}_r + \bar{C}_r];$$



$$\begin{aligned} \vec{A}_r &= \vec{a}_1 \cdot l_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos \theta + i_{sb} \cdot \cos(\theta - 120) + i_{sc} \cdot \cos(\theta - 240)] = \\ &= (\vec{1} \cdot e^{j0}) \cdot l_{msr} \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1)}_{i_{sa}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta})}_{\cos \theta} \right] + \textcircled{1} \\ &\quad + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120})}_{i_{sb}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120})}_{\cos(\theta - 120)} + \textcircled{2} \\ &\quad + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240})}_{i_{sc}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240})}_{\cos(\theta - 240)} \Big] = \end{aligned}$$

$$= \frac{I_{ms}}{4} \cdot (\vec{1} \cdot e^{j0}) \cdot l_{msr} \times$$

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  | ← Прямобегущая волна →   | ← Обратnobегущая волна →  |  |
| $\times [$<br>$\textcircled{1} +$<br>$\textcircled{2} +$ | $e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 +$  | $e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 +$ | $\textcircled{1}$<br>$\textcircled{2}$ |
|  | $e^{-j(120+120)} + e^{j(120+120)} + e^{-j(240+240)} + e^{j(240+240)}$  | $e^{-j(120-120)} + e^{j(120-120)} + e^{-j(240-240)} + e^{j(240-240)}$   |  |
|  | $\underbrace{\hspace{10em}}_{=0}$  | $\underbrace{\hspace{10em}}_{=3}$   |  |
| $\uparrow$<br>опережающий угол                           | $\uparrow$<br>отстающий угол   | $\uparrow$<br>опереж. угол  | $\uparrow$<br>отстающ. угол            |
|  | $= 0$  | $= 3$   | $= 0$                                  |
|  | $\Big] = \frac{3}{4} \cdot (l_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{ms} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}})}_{\vec{I}_s - \text{вращающийся вектор в направлении "++" } \omega} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot l_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\vec{1} \cdot e^{j0});$ |   |  |

В слайдовом варианте громоздкое выражение  $A_r$  рационально представить в следующей форме:

$$\begin{aligned} \vec{A}_r &= \vec{a}_1 \cdot l_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos \theta + i_{sb} \cdot \cos(\theta - 120) + i_{sc} \cdot \cos(\theta - 240)] = \\ &= (\vec{1} \cdot e^{j0}) \cdot l_{msr} \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1)}_{i_{sa}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta})}_{\cos \theta} \right] + \textcircled{1} \\ &\quad + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120})}_{i_{sb}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120})}_{\cos(\theta - 120)} + \textcircled{2} \\ &\quad + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240})}_{i_{sc}} \cdot \underbrace{\frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240})}_{\cos(\theta - 240)} \Big] = \end{aligned}$$

$$= \frac{I_{ms}}{4} \cdot (\vec{1} \cdot e^{j0}) \cdot l_{msr} \times$$

|   |   |  |
|---|---|--|
|   | ← Прямобегущая волна →  |  |
| $\times [$<br>$\textcircled{1} +$<br>$\textcircled{2} +$  | $e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 +$   | $\textcircled{1}$<br>$\textcircled{2}$ |
|   | $e^{-j(120+120)} + e^{j(120+120)} + e^{-j(240+240)} + e^{j(240+240)}$   |  |
|   | $\underbrace{\hspace{10em}}_{=0}$   | $\underbrace{\hspace{10em}}_{=3}$      |
|   | $\Big] = \frac{3}{4} \cdot (l_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{ms} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}})}_{\vec{I}_s} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot l_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\vec{1} \cdot e^{j0}).$ |  |
|   | ← Обратnobегущая волна →  |  |
| $+ e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot 1 +$ | $e^{j(120-120)} + e^{-j(120-120)} + e^{j(240-240)} + e^{-j(240-240)}$   | $\textcircled{1}$<br>$\textcircled{2}$ |
|   | $\underbrace{\hspace{10em}}_{=3}$   | $\underbrace{\hspace{10em}}_{=0}$      |
|   | $\Big] = \frac{3}{4} \cdot (l_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{ms} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}})}_{\vec{I}_s} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot l_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\vec{1} \cdot e^{j0}).$ |  |

$$\begin{aligned} \vec{B}_r &= \vec{a}_2 \cdot I_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos(\theta - 240) + i_{sb} \cdot \cos \theta + i_{sc} \cdot \cos(\theta - 120)] = \\ &= (\vec{1} \cdot e^{j120}) \cdot I_{msr} \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1)}_{i_{sa}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120}) \right] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{I_{ms}}{4} \cdot (\vec{1} \cdot e^{j120}) \cdot I_{msr} \times \\ &\quad \left[ \begin{array}{cccccccc} \text{Прямобегущая волна} & & & & & & \text{Обратнобегущая волна} & \\ \left[ \begin{array}{ccc|ccc|ccc} e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j240} & + & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j240} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j240} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j240} \\ e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j120} & + & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{-j120} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{j120} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j120} \\ e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j(240+120)} & + & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{-j(240-120)} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{j(240-120)} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j(240+120)} \end{array} \right] \\ \text{опережающий угол} & \uparrow & = 0 & \text{отстающий угол} & \uparrow & = 3 \cdot e^{-j120} & \text{опереж. угол} & \uparrow & = 3 \cdot e^{j120} & \text{отстающ. угол} & \uparrow & = 0 \end{array} \right] = \\ &= \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \left( I_{ms} \cdot \frac{(\vec{1} \cdot e^{j120} \cdot e^{-j120})}{\vec{1} \cdot e^{j0}} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right) \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\vec{1} \cdot e^{j120} \cdot e^{j120}) = \\ &= \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \left( I_{ms} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right) \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot \vec{1} \cdot e^{j240}. \\ &\quad \vec{I}_s - \text{вращающийся вектор} \\ &\quad \text{в направлении "+" } \omega \end{aligned}$$

В слайдовом варианте  $B_r$  будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \vec{B}_r &= \vec{a}_2 \cdot I_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos(\theta - 240) + i_{sb} \cdot \cos \theta + i_{sc} \cdot \cos(\theta - 120)] = \\ &= (\vec{1} \cdot e^{j120}) \cdot I_{msr} \cdot \left[ \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120}) \right] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{I_{ms}}{4} \cdot (\vec{1} \cdot e^{j120}) \cdot I_{msr} \times \\ &\quad \left[ \begin{array}{cccccccc} \text{Прямобегущая волна} & & & & & & & \\ \left[ \begin{array}{ccc|ccc} e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j240} & + & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j240} & + & \\ e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j120} & + & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{-j120} & + & \\ e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j(240+120)} & + & e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{-j(240-120)} & + & \end{array} \right] \\ = 0 & & & = 3 \cdot e^{-j120} & & & \\ \text{Обратнобегущая волна} & & & & & & \\ \left[ \begin{array}{ccc|ccc} e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{-j240} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j240} & + & \\ e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{j120} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j120} & + & \\ e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} & \cdot e^{j(240-120)} & + & e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} & \cdot e^{j(240+120)} & + & \end{array} \right] \\ = 3 \cdot e^{j120} & & & = 0 & & & \end{array} \right] = \end{aligned}$$

$$= \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \left( I_{ms} \cdot \underbrace{(\bar{1} \cdot e^{j120} \cdot e^{-j120})}_{\bar{1} \cdot e^{j0}} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right) \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\bar{1} \cdot e^{j120} \cdot e^{j120}) =$$

$$= \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \underbrace{\left( I_{ms} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right)}_{\bar{I}_s} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j240}$$

$$\vec{C}_r = \vec{a}_3 \cdot I_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos(\theta - 120) + i_{sb} \cdot \cos(\theta - 240) + i_{sc} \cdot \cos \theta] =$$

$$= (\bar{1} \cdot e^{j240}) \cdot I_{msr} \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1)}_{i_{sa}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120}) \right] +$$

$$\textcircled{1} + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120})}_{i_{sb}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240}) \textcircled{2} +$$

$$\textcircled{2} + \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240})}_{i_{sc}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \textcircled{3} =$$

$$= \frac{I_{ms}}{4} \cdot (\bar{1} \cdot e^{j240}) \cdot I_{msr} \times$$

Прямобегущая волна

Обратнобегущая волна

$$\times \left[ \begin{array}{l} \textcircled{1} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j120} \\ \textcircled{2} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j240} \end{array} \right] =$$

↑ опережающий угол      = 0      ↑ отстающий угол      = 3 \cdot e^{-j240}      ↑ опереж. угол      = 3 \cdot e^{-j120}      ↑ отстающ. угол      = 0

$$= \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \left( I_{ms} \cdot \underbrace{(\bar{1} \cdot e^{j240} \cdot e^{-j240})}_{\bar{1} \cdot e^{j0}} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right) \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\bar{1} \cdot e^{j240} \cdot e^{-j120}) =$$

$$= \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \underbrace{\left( I_{ms} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right)}_{\bar{I}_s \text{ - вращающийся вектор в направлении "+" } \omega} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j120};$$

В слайдовом варианте C<sub>r</sub> будет иметь следующий вид:

$$\vec{C}_r = \vec{a}_3 \cdot I_{msr} \cdot [i_{sa} \cdot \cos(\theta - 120) + i_{sb} \cdot \cos(\theta - 240) + i_{sc} \cdot \cos \theta] =$$

$$= (\bar{1} \cdot e^{j240}) \cdot I_{msr} \cdot \left[ \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{j120}) \right] +$$

$$\textcircled{1} + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{j240}) \textcircled{2} +$$

$$\textcircled{2} + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \textcircled{3} =$$

$$= \frac{I_{ms}}{4} \cdot (\bar{1} \cdot e^{j240}) \cdot I_{msr} \times$$

Прямобегущая волна

$$\times \left[ \begin{array}{l} \textcircled{1} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j120} \\ \textcircled{2} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j240} \end{array} \right] =$$

↑ опережающий угол      = 0      ↑ отстающий угол      = 3 \cdot e^{-j240}

← Обратnobегущая волна →

$$\begin{aligned}
 & + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j120} \right] + \textcircled{1} \\
 & + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j(120-240)} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j(120+240)} \right] + \textcircled{2} \\
 & + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^0 \right] = \\
 & = 3 \cdot e^{-j120} \qquad \qquad \qquad = 0 \\
 & = \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \left( I_{ms} \cdot \underbrace{(\bar{1} \cdot e^{j240} \cdot e^{-j240})}_{\bar{1} \cdot e^{j0}} \cdot e^{-j\varphi_{is}} \right) \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot (\bar{1} \cdot e^{j240} \cdot e^{-j120}) = \\
 & = \frac{3}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{ms} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}})}_{\bar{I}_s} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j120}; \\
 \bar{\Psi}_{msr} & = \frac{2}{3} \cdot \left[ \frac{9}{4} \cdot (I_{msr} \cdot e^{-j\theta}) \cdot \bar{I}_s + \left( \frac{3}{4} \cdot I_{msr} \cdot I_{ms} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \underbrace{(\bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j240} + \bar{1} \cdot e^{j120})}_{=0} \right] = \left( \frac{3}{2} \cdot I_{msr} \cdot e^{-j\theta} \right) \cdot \bar{I}_s; \\
 \bar{\Psi}_r & = \frac{2}{3} \cdot (\Psi_{ra} \cdot \bar{a}_1 + \Psi_{rb} \cdot \bar{a}_2 + \Psi_{rc} \cdot \bar{a}_3) = \bar{\Psi}_{lr} + \bar{\Psi}_{lmr} + \bar{\Psi}_{lmsr} = L_r \cdot \bar{I}_r + (-L_{mr} \cdot \bar{I}_r) + \left( \frac{3}{2} \cdot I_{msr} \cdot e^{-j\theta} \right) \cdot \bar{I}_s = \\
 & = \underbrace{(L_r - L_{mr})}_{L_r} \cdot \bar{I}_r + \left( \frac{3}{2} \cdot I_{msr} \right) \cdot e^{-j\theta} \cdot \bar{I}_s = L_r \cdot \bar{I}_r + (L_m \cdot e^{-j\theta}) \cdot \bar{I}_s; \\
 \boxed{\bar{\Psi}_r} & = L_r \cdot \bar{I}_r + (L_m \cdot e^{-j\theta}) \cdot \bar{I}_s;
 \end{aligned}$$

Литература:

1. Пространственные векторы в асинхронном двигателе в относительной системе единиц / А. А. Емельянов, А. М. Козлов, В. В. Бесклеткин [и др.]. — Текст: непосредственный // Молодой учёный. — 2015. — № 11 (91). — С. 133–156.
2. Ковач, К. П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К. П. Ковач, И. Рац; пер. с нем. — Москва: Госэнергоиздат, 1963. — 735 с.
3. Шрейнер, Р. Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. — 361 с. — Текст: непосредственный.
4. Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р. Т. Шрейнер. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 654 с. — Текст: непосредственный.

## Пространственный вектор потокоцепления статора асинхронного двигателя

Емельянов Александр Александрович, старший преподаватель;

Бескеткин Виктор Викторович, старший преподаватель;

Котов Александр Евгеньевич, студент;

Падеряков Алексей Викторович, студент;

Шутылев Александр Александрович, студент;

Байдосов Александр Александрович, студент;

Гаращенко Лев Вадимович, студент;

Сосновский Александр Олегович, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

При подготовке слайдов для проведения вебинаров возникла необходимость введения дополнительных обозначений при выводе уравнений асинхронного двигателя и сделаны существенные изменения в работе [1].

$$\begin{aligned} \begin{cases} \Psi_{sa} \\ \Psi_{sb} \\ \Psi_{sc} \end{cases} &= \begin{cases} l_s \cdot i_{sa} \\ l_s \cdot i_{sb} \\ l_s \cdot i_{sc} \end{cases} + \underbrace{\begin{cases} l_{ms} \cdot (i_{sb} + i_{sc}) \\ l_{ms} \cdot (i_{sa} + i_{sb}) \\ l_{ms} \cdot (i_{sa} + i_{sb}) \end{cases}}_{\Psi_{lms}} + \underbrace{\begin{cases} l_{mrs} \cdot [i_{ra} \cdot \cos \theta + i_{rb} \cdot \cos(\theta + 120) + i_{rc} \cdot \cos(\theta + 240)] \\ l_{mrs} \cdot [i_{ra} \cdot \cos(\theta + 240) + i_{rb} \cdot \cos \theta + i_{rc} \cdot \cos(\theta + 120)] \\ l_{mrs} \cdot [i_{ra} \cdot \cos(\theta + 120) + i_{rb} \cdot \cos(\theta + 240) + i_{rc} \cdot \cos \theta] \end{cases}}_{\Psi_{lmrs}} \\ \bar{\Psi}_s &= \frac{2}{3} \cdot (\Psi_{sa} \cdot \bar{a}_1 + \Psi_{sb} \cdot \bar{a}_2 + \Psi_{sc} \cdot \bar{a}_3) = \bar{\Psi}_{ls} + \bar{\Psi}_{lms} + \bar{\Psi}_{lmrs} \\ \bar{\Psi}_{ls} &= \frac{2}{3} \cdot l_s \cdot (i_{sa} \cdot \bar{a}_1 + i_{sb} \cdot \bar{a}_2 + i_{sc} \cdot \bar{a}_3) = \\ &= \frac{2}{3} \cdot l_s \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot 1)}_{i_{sa}} \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j0}}_{a_1} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j120}) \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j120}}_{a_2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{I_{ms}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot e^{j240}) \cdot \underbrace{\bar{1} \cdot e^{j240}}_{a_3} \right] = \\ &= \frac{2}{3} \cdot \frac{I_{ms}}{2} \cdot l_s \cdot \left[ \begin{array}{c} | e^{j(\omega t - \varphi_{is})} | \cdot \bar{1} \cdot e^{j0} \\ | e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} | \cdot \bar{1} \cdot e^{j0} \\ | e^{j(\omega t - \varphi_{is})} | \cdot \bar{1} \cdot e^{j(-120+120)} \\ | e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} | \cdot \bar{1} \cdot e^{j(120+120)} \\ | e^{j(\omega t - \varphi_{is})} | \cdot \bar{1} \cdot e^{j(-240+240)} \\ | e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} | \cdot \bar{1} \cdot e^{j(240+240)} \end{array} \right] = \\ &= \frac{1}{3} \cdot I_{ms} \cdot l_s \cdot [e^{j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot (\bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j0}) + e^{-j(\omega t - \varphi_{is})} \cdot (\bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j240} + \bar{1} \cdot e^{j120})] = \\ &= l_s \cdot \underbrace{(I_{ms} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_{is}})}_{\bar{I}_s} \cdot e^{j\omega t} = l_s \cdot \bar{I}_s; \\ &= \bar{I}_s - \text{вращающийся вектор} \\ &\quad \text{в направлении "+" } \omega \end{aligned}$$

Примечание:

При соединении статорной обмотки в звезду "Λ" токи  $i_{sa} + i_{sb} + i_{sc} = 0$ .

$$\bar{\Psi}_{lmrs} = \frac{2}{3} \cdot [\bar{A}_s + \bar{B}_s + \bar{C}_s];$$

$$\begin{aligned} \vec{A}_s &= \vec{a}_1 \cdot l_{mrs} \cdot \left[ \frac{I_{mr}}{2} \cdot \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} + e^{-j\theta})}_{\cos \theta} + \right. \\ &\quad \textcircled{1} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120})}_{i_{rb}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120})}_{\cos(\theta + 120)} + \\ &\quad \left. \textcircled{2} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240})}_{i_{rc}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240})}_{\cos(\theta + 240)} \right] = \\ &= \frac{1}{4} \cdot l_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{j0} \times \\ &\quad \times \left[ \begin{array}{cccccccc} \textcircled{1} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опережающий угол}} & \cdot & \underbrace{1}_{=3} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающий угол}} & \cdot & \underbrace{1}_{=0} & + \\ & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опережающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{j(-120+120)}}_{=3} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{-j240}}_{=0} & + \\ & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опережающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{j(-240+240)}}_{=3} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{-j480}}_{=0} & + \\ & & & & & & \underbrace{e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опереж. угол}} & \cdot & \underbrace{1}_{=0} & + \\ & & & & & & \underbrace{e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающ. угол}} & \cdot & \underbrace{e^{j(120-120)}}_{=3} & + \\ & & & & & & & & & \underbrace{e^{j(240-240)}}_{=3} \end{array} \right] = \\ &= \frac{3}{4} \cdot (l_{mrs} \cdot e^{j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\vec{I}_r - \text{ вращающийся вектор}} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot l_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \vec{1} \cdot e^{j0}; \end{aligned}$$

$\vec{I}_r$  - вращающийся вектор в направлении "+"  $\omega$

В слайдовом варианте громоздкое выражение  $A_s$  рационально представить в следующей форме:

$$\begin{aligned} \vec{A}_s &= \vec{a}_1 \cdot l_{mrs} \cdot \left[ \frac{I_{mr}}{2} \cdot \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} + e^{-j\theta})}_{\cos \theta} + \right. \\ &\quad \textcircled{1} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120})}_{i_{rb}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120})}_{\cos(\theta + 120)} + \\ &\quad \left. \textcircled{2} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240})}_{i_{rc}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240})}_{\cos(\theta + 240)} \right] = \\ &= \frac{1}{4} \cdot l_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{j0} \times \\ &\quad \times \left[ \begin{array}{cccccccc} \textcircled{1} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опережающий угол}} & \cdot & \underbrace{1}_{=3} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающий угол}} & \cdot & \underbrace{1}_{=0} & + \\ & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опережающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{j(-120+120)}}_{=3} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{-j240}}_{=0} & + \\ & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опережающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{j(-240+240)}}_{=3} & + & \underbrace{e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающий угол}} & \cdot & \underbrace{e^{-j480}}_{=0} & + \\ & & & & & & \underbrace{e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta}}_{\text{опереж. угол}} & \cdot & \underbrace{1}_{=0} & + \\ & & & & & & \underbrace{e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta}}_{\text{отстающ. угол}} & \cdot & \underbrace{e^{j(120-120)}}_{=3} & + \\ & & & & & & & & & \underbrace{e^{j(240-240)}}_{=3} \end{array} \right] = \\ &= \frac{3}{4} \cdot (l_{mrs} \cdot e^{j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\vec{I}_r} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot l_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \vec{1} \cdot e^{j0}. \end{aligned}$$

$$\vec{B}_s = I_{mrs} \cdot \vec{a}_2 \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240}) + \right. \\ \left. \begin{matrix} \textcircled{1} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) + \\ \textcircled{2} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120}) \end{matrix} \right] =$$

$$= \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{j120} \times$$

← Прямобегущая волна
← Обратнобегущая волна →

$$\times \left[ \begin{matrix} \textcircled{1} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} + \\ \textcircled{2} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j120} + \\ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j(-240+120)} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j(-240-120)} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j(240+120)} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j(240-120)} \end{matrix} \right] =$$

опережающий угол
отстающий угол
= 0
опереж. угол
= 0
отстающ. угол

$$= \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{j120} \cdot [e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot 3 \cdot e^{j120}] =$$

$$= \frac{3}{4} \cdot (I_{mrs} \cdot e^{j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\vec{I}_r \text{ - вращающийся вектор в направлении "+" } \omega} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \vec{1} \cdot e^{j240}.$$

В слайдовом варианте Bs будет иметь следующий вид:

$$\vec{B}_s = I_{mrs} \cdot \vec{a}_2 \cdot \left[ \underbrace{\frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240}) + \right. \\ \left. \begin{matrix} \textcircled{1} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) + \\ \textcircled{2} + \frac{I_{mr}}{2} \cdot (e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240}) \cdot \frac{1}{2} \cdot (e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120}) \end{matrix} \right] =$$

$$= \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \vec{1} \cdot e^{j120} \times$$

← Прямобегущая волна

$$\times \left[ \begin{matrix} \textcircled{1} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} + \\ \textcircled{2} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j120} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} + \\ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j(-240+120)} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{j(-240-120)} \end{matrix} \right] =$$

3 · e<sup>-j120</sup>
= 0



$$\begin{aligned}
 & \begin{array}{c} \text{← Обратнобегущая волна →} \\ + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} \right] + \text{①} \\ + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \text{②} \\ + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot \underbrace{e^{j(240+120)}}_{=0} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot \underbrace{e^{j(240-120)}}_{=120} \right] = \end{array} \\
 & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j120} \cdot [e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot 3 \cdot e^{j120}] = \\
 & = \frac{3}{4} \cdot (I_{mrs} \cdot e^{j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\vec{I}_r} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j240}. \\
 \\
 \vec{C}_s & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \cdot \left[ \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120})}_{\cos(\theta + 120)} + \text{①} \right. \\
 & \quad \text{①} + \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120})}_{i_{rb}} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240})}_{\cos(\theta + 240)} + \text{②} \\
 & \quad \left. \text{②} + \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240})}_{i_{rc}} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} + e^{-j\theta})}_{\cos \theta} \right] = \\
 & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \times \\
 & \begin{array}{c} \text{← Прямобегущая волна →} \quad \quad \quad \text{← Обратнобегущая волна →} \\ \text{①} \times \left[ \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \text{①} \right. \\ \text{②} + \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^0 \right] + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^0 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \text{②} \\ \left. + \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} \right] + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] \right] = \\
 \text{опережающий угол} \quad \quad \quad \text{отстающий угол} \quad \quad \quad \text{опереж. угол} \quad \quad \quad \text{отстающ. угол} \\
 & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \cdot [e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j120}] = \\
 & = \frac{3}{4} \cdot (I_{mrs} \cdot e^{j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\vec{I}_r - \text{ вращающийся вектор в направлении "+" } \omega} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j120}.
 \end{array}
 \end{aligned}$$

В слайдовом варианте Cs будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}
 \vec{C}_s & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \cdot \left[ \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot 1)}_{i_{ra}} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j120})}_{\cos(\theta + 120)} + \text{①} \right. \\
 & \quad \text{①} + \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j120})}_{i_{rb}} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j\theta} \cdot e^{-j240})}_{\cos(\theta + 240)} + \text{②} \\
 & \quad \left. \text{②} + \underbrace{(e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j240})}_{i_{rc}} \cdot \underbrace{(e^{j\theta} + e^{-j\theta})}_{\cos \theta} \right] = \\
 & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \times \\
 & \begin{array}{c} \text{← Прямобегущая волна →} \\ \text{①} \times \left[ \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j120} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \text{①} \right. \\ \text{②} + \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^0 \right] + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^0 + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] + \text{②} \\ \left. + \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{-j240} + e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j240} \right] + \left[ e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot e^{j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot e^{-j120} \right] \right] = \\
 & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \cdot [e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j120}] = \\
 & = \frac{3}{4} \cdot (I_{mrs} \cdot e^{j\theta}) \cdot \underbrace{(I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_r})}_{\vec{I}_r - \text{ вращающийся вектор в направлении "+" } \omega} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j120}.
 \end{array}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \left[ \begin{array}{c} \left( e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \left( e^{j120} \right) + \left( e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right) \cdot \left( e^{-j120} \right) \\ \left( e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \left( e^{j0} \right) + \left( e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right) \cdot \left( e^{-j120} \right) \\ \left( e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \left( e^{j240} \right) + \left( e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right) \cdot \left( e^{-j120} \right) \end{array} \right] = \\
 & = \frac{1}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} \cdot \left[ e^{j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j240} + e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \cdot 3 \cdot e^{-j120} \right] = \\
 & = \frac{3}{4} \cdot \left( I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \underbrace{\left( I_{mr} \cdot \bar{1} \cdot e^{-j\varphi_r} \right)}_{\bar{I}_r} \cdot e^{j\omega t} + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j120} \\
 \bar{\Psi}_{lms} & = \frac{2}{3} \cdot \left[ \bar{A}_s + \bar{B}_s + \bar{C}_s \right] = \\
 & = \frac{2}{3} \cdot \left[ \frac{3}{4} \cdot \left( I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j0} + \right. \\
 & \quad \left. + \frac{3}{4} \cdot \left( I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j240} + \right. \\
 & \quad \left. + \frac{3}{4} \cdot \left( I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \bar{1} \cdot e^{j120} \right] = \\
 & = \frac{2}{3} \cdot \left[ \frac{9}{4} \cdot \left( I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r + \left[ \frac{3}{4} \cdot I_{mrs} \cdot I_{mr} \cdot e^{-j(\omega t - \varphi_r)} \cdot e^{-j\theta} \right] \cdot \underbrace{\left( \bar{1} \cdot e^{j0} + \bar{1} \cdot e^{j120} + \bar{1} \cdot e^{j240} \right)}_{=0} \right] = \\
 & = \left( \frac{3}{2} \cdot I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r \\
 \bar{\Psi}_s & = \frac{2}{3} \cdot \left( \Psi_{sa} \cdot \bar{a}_1 + \Psi_{sb} \cdot \bar{a}_2 + \Psi_{sc} \cdot \bar{a}_3 \right) = \bar{\Psi}_{ls} + \bar{\Psi}_{lms} + \bar{\Psi}_{lms} = L_s \cdot \bar{I}_s + \left( -L_{ms} \cdot \bar{I}_s \right) + \left( \frac{3}{2} \cdot I_{mrs} \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r = \\
 & = \underbrace{\left( L_s - L_{ms} \right)}_{L_s} \cdot \bar{I}_s + \left( \frac{3}{2} \cdot I_{mrs} \right) \cdot e^{j\theta} \cdot \bar{I}_r = L_s \cdot \bar{I}_s + \left( L_m \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r; \\
 \boxed{\bar{\Psi}_s} & = L_s \cdot \bar{I}_s + \left( L_m \cdot e^{j\theta} \right) \cdot \bar{I}_r.
 \end{aligned}$$

Литература:

1. Пространственные векторы в асинхронном двигателе в относительной системе единиц / А. А. Емельянов, А. М. Козлов, В. В. Бесклеткин [и др.]. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 11 (91). — С. 133–156.
2. Ковач, К. П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К. П. Ковач, И. Рац; пер. с нем. — Москва: Госэнергоиздат, 1963. — 735 с. — Текст: непосредственный.
3. Шрейнер, Р. Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин; под ред. проф. д.т.н. Р. Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.—пед. ун-т», 2008. — 361 с. — Текст: непосредственный.
4. Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р. Т. Шрейнер. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 654 с. — Текст: непосредственный.

## Глубокая компенсация арсенид галлия хромом

Мясников Михаил Константинович, инженер по наладке и испытаниям  
 ООО «Завод приборов и средств автоматизации »ЭлеСи» (г. Томск)

Для изучения радиоактивных излучений ( $\alpha$  и  $\beta$  — частиц,  $\gamma$ -квантов) их свойств и энергий, а также для исследования тяжелых частиц используют различные методы. В основе данных методов лежит использование ионизирующее свойство заряженных частиц и высокую проходимость излучения. Устройства для регистрации заряженных частиц, элемен-

тарных частиц, рентгеновского и гамма-излучений, ядер атомов называют детекторами. В устройствах на основе полупроводниковых детекторов можно получить наиболее информативный сигнал при прохождении ионизирующего излучения через детектор. В современной экспериментальной физике в основном используют детекторы на основе кремния (Si) и германия (Ge),

но также используют материалы из бинарных и тройных соединений такие, как GaAs, CdTe, CdZnTe. Применение данных многоэлементных соединений позволяет создать:

- Медицинские цифровые устройства (томографы, маммографы и т.д.) с понижением дозы излучения пациента и получения картинки с большим разрешением;
- Создание дефектоскопов и ламинографов с высоким пространственным разрешением до 0,02 мм;
- Высокоэффективные системы безопасности в аэропортах, ЖД вокзалах и т.д.

Перспективным материалом для полупроводниковых детекторов является арсенид галлия (GaAs) в особенности для прямого преобразования энергии квантов ионизирующего излучения в электрический сигнал. По сравнению с одностабильным материалом таких как кремний (Si) и германий (Ge) арсенид галлия имеет ряд преимуществ таких как большой эффективный номер  $Z \sim 32$ , широкую запрещенную зону ( $E_g = 1.42$  эВ), высокую плотностью ( $5,32$  г/см<sup>3</sup>) [1]. Системы на детекторах из арсенида галлия такими параметрами как высокое пространственное разрешение, хорошая линейность, большой динамический диапазон. [2] Глубокая компенсация хромом арсенида галлия обладает малой концентрацией свободных носителей, что делает удельное сопротивление большим, увеличивает значение подвижности электронов, возрастает время жизни носителей заряда.

Получение высоких значений времени жизни зарядов было достигнуто путем глубокой компенсации арсенида галлия хромом. Легированный GaAs n-типа, в котором концентрация электронов составляет  $n \cong N_d \approx 10^{17}$  см<sup>-3</sup> производится диффузия хрома в таком количестве, чтобы арсенид галлия перекompенсировался в р-тип [4]. Таким образом можно изменять электрофизические параметры и свойства материала, в некотором диапазоне, путем подбора легирующей примеси, уровня легирования и градиента концентрации. Хром фиксируется в вакантных местах галлия  $Cr_i + V_{Ga} \rightarrow Cr_{Ga}$  с сильным локализованным потенциалом.

Во время компенсации происходит изменение энергетической схемы кристалла. Распределение примеси происходит случайным образом. Фрагмент энергетической диаграммы после сильной компенсации представлен на рисунке 1. В таком случае электроны и дырки пространственно разделены и находятся в своих минимумах. При воздействии силы на электрон он получает достаточную энергию для преодоления энергетического барьера высотой  $\Delta E$ , при переходе в валентную зону на месте электрона образуется дырка, до этого момента носители заряда могут долго находиться в неравновесном состоянии.

В основном для детекторов используют кристаллы GaAs, выращенные методом Чехральского. Материал имеет некоторые ограничения и связаны они с наличием глубоких донорных EL2 центров, при ионизации EL2+ увеличивают сечение захвата электронов и уменьшает время жизни электронов, что приводит к низкой эффективности сбора заряда. Напряженность электрического поля по всей толщине распределяется неравномерно и малое удельное сопротивление, что ограничивает варианты использования материала. Путем глубокой компенсации глубокие EL2 центры заполняются электронами мелких доноров в соответствии с соотношением  $N_{Cr} \gg N_d > N_f$ , что частично компенсирует центры хрома. Получение хорошего качества материала происходит путем уменьшения количества EL2+ центров, это возможно сделать несколькими способами:

- получение «чистого» материала при переходе на эпитаксиальную технологию;
- компенсация EL2+ центров до состояния нейтральных  $EL2^+ + e \rightarrow EL2^0$ . Для проведения диффузии хрома требуется высокая температура. Таким образом, компенсационный процесс происходит в тоже время, что и перераспределение собственных дефектов кристалла [5].

После глубокой компенсации удельное сопротивление материала составляет порядка  $10^9$  Ом·см, напряженность электрического поля распределяется равномерно по всей толщине, время жизни неравновесных электронов составляет  $\sim 10$  нс, а дырок  $\sim 0,2$  нс.

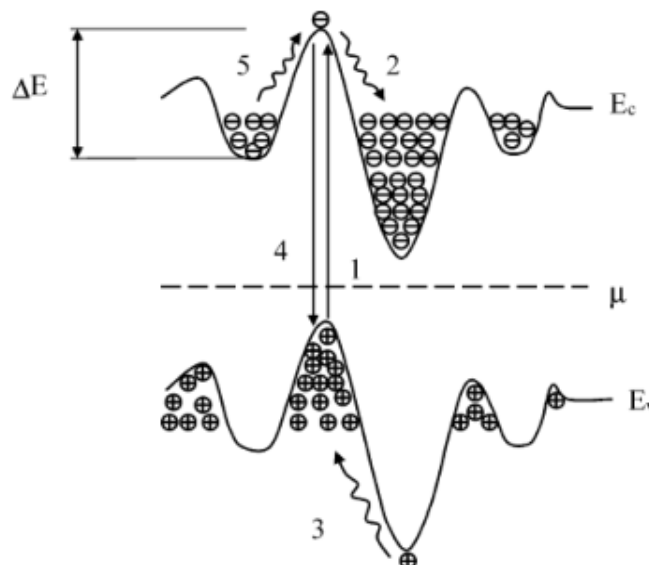


Рис. 1. Фрагмент энергетической диаграммы сильно компенсированной структуры [4]

Направления связанные с разработкой и исследованием структур с глубокой примесью дает возможность использования и создания высокочувствительных элементов (лазерных

диодов, светодиодов, сверхвысокочастотных интегральных схем и транзисторов) для различного назначения и использования в функциональной электронике.

#### Литература:

1. Резников Р. С., Сельдяков Ю. П. Промышленные полупроводниковые детекторы. — Москва: изд. Атомиздат. — 1975 г. — 86с.
2. Тяжев А. В., Зарубин А. Н., Мокеев Д. Ю. Чувствительность GaAs детекторов к рентгеновскому излучению диапазона (40–140) кэВ. // Proceedings of international Siberian conference on control and communications., -2009 г., С. 194–198.
3. Айзенштат Г. И., Вилисова М. Д. Детекторы рентгеновского излучения на эпитаксиальном арсениде галлия // ЖТФ. — 2006. — Том 76, № 8. — С. 46–49.
4. Holmes D. E. Stoichiometry-controlled compensation in liquid encapsulated Czochralski GaAs / D. E. Holmes [et al.] // Appl. Phys. Lett. — 1982. — Vol. 40, № 1. — P. 46–48.
5. Ayzenshtat G. I. GaAs structures for X-ray imaging detectors / G. I. Ayzenshtat [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. — 2001. — Vol. 466. — № 1. — P. 25–32.

## Полупроводниковые приборы на основе GaAs: Cr

Мясников Михаил Константинович, инженер по наладке и испытаниям  
ООО «Завод приборов и средств автоматизации »ЭлеСи» (г. Томск)

В последнее время в экспериментальной физике актуальными становятся задачи по регистрации тяжёлых ионов высоких энергий. Строятся новые коллайдеры и ставятся уникальные физические эксперименты (NICA, SKIF) по изучению кварк-глюонной материи при столкновении тяжёлых ионов. Для регистрации тяжёлых заряженных частиц высоких энергий необходима разработка высокочувствительных, радиационно-стойких полупроводниковых детекторов.

В основном для детекторов используют кристаллы GaAs, выращенные методом Чехральского. Материал получается с глубокими донорными EL2 центрами, что накладывает ограничение в дальнейшем использовании арсенида галлия. При ионизации EL2+ увеличивают сечение захвата электронов ( $\sim 10^{-13} \text{см}^2$ ) [1] и уменьшает время жизни электронов до 0.2 нс, что приводит к низкой эффективности сбора заряда [2]. В таком виде материал пригоден только для создания различных полупроводниковых компонентов, но в создании детекторов материал накладывает многочисленные ограничения на конечный продукт.

На данный момент проводятся исследования для создания более эффективных полупроводниковых детекторов на основе GaAs: Cr. Используя подход компенсации слоев были получены слои арсенида галлия электронного типа, которые компенсировались акцепторной примесью хрома вследствие чего получается высокоомный материал. Сопротивление такого материала близко к полупроводящему GaAs и составляет порядка  $10^9 \text{ Ом}\cdot\text{см}$  [3,4], что дает приемлемый уровень шумов, обусловленный темновыми токами. Распределение электрического поля по всей толщине сенсора, после компенсации, становится равномерным.

Наиболее популярной технологией использования полупроводниковых материалов — производство гибридных пиксельных детекторов на их основе. Технология подразумевает

микросхему считывания и чувствительный слой полупроводника, соединённые пайкой методом перевернутого кристалла (рисунок 1). Конструкция гибридного детектора представляет из себя две основные части — сенсор (в данной работе изготовленный из арсенида галлия, компенсированного хромом GaAs: Cr) и микросхема считывания. Данные микросхемы можно использовать для получения рентгеновских изображений, использования в рентгеновской компьютерной томографии и для решения различных прикладных задач. Так как для изготовления микросхемы используется гибридная технология возможно использовать различные материалы чувствительных элементов: газовые камеры, микроканальные пластины и полупроводники [5].

Одним из направлений гибридных пиксельных микросхем является семейство Medipix. Разработкой данной микросхемы занимается международная коллаборация Medipix [6], основанная Европейском центре ядерных исследований. Одной из первых микросхем является Medipix1 разработка которой началась еще 90-х годах XX века и до сих пор продолжается. Принцип работы гибридного детектора основывался на счете единичных фотонов. В 1997 году была создана первая микросхема Medipix1 на основе CMOS технологии суммарной толщиной 1 мкм, матрица разрешением 64 на 64 квадратных пикселя, с шагом 170 мкм. Развитие данного направления позволило уменьшить размеры микросхемы и потребляемую мощность, увеличить вычислительную мощность, а также увеличить функционал при тех же размерах пикселя.

Следующее поколение гибридных детекторов с микросхемами Medipix полученная информация представлялась в виде кадров, в данном режиме работы частицы регистрировались в определенное время, когда открыт затвор, после него наступало «мертвое» время, которое уходило на считывание и обра-

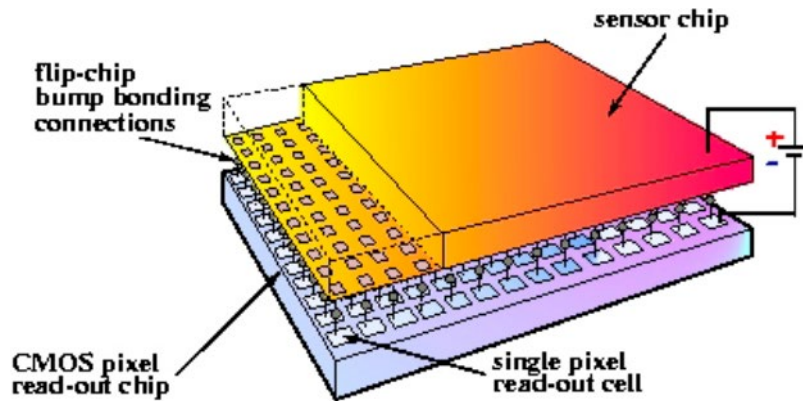


Рис. 1. Структура гибридного пиксельного детектора

ботку информации с матрицы. Во время разработки 3-го поколения микросхем был реализован режим работы без триггера информация поступает сразу после прохождения частицы через детектор и зарегистрирована пикселем. В Medipix3 добавлен режим непрерывного чтения-записи данных. Информация с детектора поступает в режиме реального времени без «мертвого» времени и доступна во всех режимах работы микросхемы.

Работа микросхем Medipix заключается в следующем: прохождение ионизирующей частицы генерирует, в чувствительной области детектора, заряды, которые дрейфуют к электродам под действием электрического поля. Таким образом наводится импульс на входе усилителя каждого пикселя. Время сбора заряда на контактах очень мало, выходной сигнал представляется в виде  $\delta$ -импульса тока, а интеграл сигнала равен суммарному наведенному заряду. Для записи информации амплитуда усиленного выходного сигнала должна быть выше уровня напряжения в схеме дискриминатора. Записанное со-

бытие обрабатывается цифровой частью микросхемы. Настройка параметров производится с помощью регулируемых по напряжению и току цифро-аналоговых преобразователей.

Во время производства пиксели в матрице могут отличаться по различным причинам, что приводит к дисперсии энергетических порогов и погрешности измерения в различных пикселях. Для устранения или сведения к минимуму влияния данного дефекта используются дополнительные источники тока. Настройка источников может производиться как для каждого пикселя, так и для всех с помощью битов ЦАП. Чаще всего для выравнивания характеристик пикселей используется сканирование по шумовому уровню усилителя, что позволяет подобрать индивидуальное значение порога каждого пикселя.

Данные микросхемы позволяют использовать арсенид галлия в новых направлениях, как для регистрации частиц с малой энергией, так и большой, что делает актуальным исследование и разработку новых гибридных детекторов на основе арсенида галлия, компенсированного хромом.

#### Литература:

1. The Medipix3RX: a high resolution, zero dead-time pixel detector readout chip allowing spectroscopic imaging / R. Ballabriga [et al.] // Journal of Instrumentation.— 2013.— Vol. 8, no. 02.— P. C02016.
2. FITPix—fast interface for Timepix pixel detectors / V. Kraus [et al.] // Journal of Instrumentation.— 2011.— Vol. 6, no. 01.— P. C01079.
3. Толбанов О. П. Сенсоры ионизирующих излучений на основе компенсированного арсенида галлия // Вестн. Том. Гос. ун-та. Серия «Физика».— 2005.— № 285.— С. 155–163.
4. Granja C. et al., 2011 Response of the pixel detector Timepix to heavy ions, Nucl. Instrum. Meth. A 633 S198
5. Ballabriga, R. Asic developments for radiation imaging applications: The medipix and timepix family / R. Ballabriga, M. Campbell, X. Llopart // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment.— 2018.— Т. 878.— С. 10–23.
6. Medipix Collaboration website.— 2018.— URL: <https://medipix.web.cern.ch>

## Область досягаемости в задаче о свободном движении тела в поле тяготения Земли

Прохорова Мария Денисовна, учащаяся;  
ГБОУ г. Москвы «Школа № 625»

Научный руководитель: Кузнецов Валентин Васильевич (г. Москва)

В работе рассматривается простое решение задачи определения характеристик траектории тела, брошенного под углом к горизонту с заданной высоты, без учёта сопротивления среды. Вводится понятие области досягаемости как совокупности точек пространства, которые могут быть достигнуты при всех возможных углах бросания, и определяются её границы.

**Ключевые слова:** свободное падение, характеристики траектории движения тела, брошенного под углом к горизонту, область досягаемости.

Задача о свободном падении тела вблизи поверхности Земли изучена довольно основательно. Это движение в вакууме описано, например, в [1–4]. Традиционно при рассмотрении этой темы в школе основное внимание уделяется проблемам определения вида траектории движения, расчёта дальности полёта, получения аналитического выражения для необходимого угла бросания. При этом, к сожалению, не рассматривается проблема определения той области в плоскости движения тела, которая содержала бы в себе все точки пространства, которые могут быть достигнуты в процессе свободного движения тела, брошенного под различными углами к горизонту при заданной начальной высоте и известной начальной скорости.

Решение этой актуальной задачи представляет интерес как учебно-методический при изучении темы в школе, так, возможно, и практический при предварительной оценке тактико-технических характеристик артиллерийских систем и стрелкового оружия.

### 1. Уравнение траектории в относительных переменных

Траектория движения изображена на рис. 1, где  $x$  и  $y$  — соответственно, горизонтальная и вертикальная координаты тела,  $v_0$  — начальная скорость,  $h$  — начальная высота,  $\alpha$  — угол бросания,  $D$  — дальность полёта.

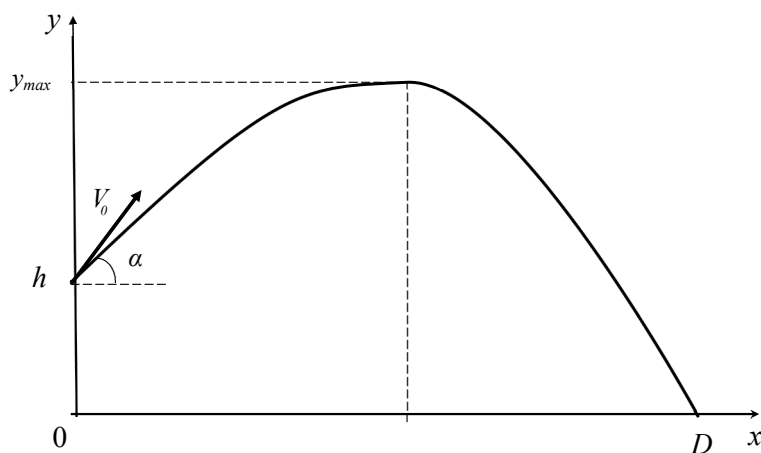


Рис. 1. Схема движения

В [1–4] для этой траектории получено следующее уравнение:

$$y = h + \operatorname{tg} \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) x^2. \tag{1}$$

Для упрощения последующего анализа перейдём в этом выражении к безразмерным относительным величинам с помощью следующих обозначений [3]:

$$\frac{v_0^2}{2g} = H, \quad \frac{x}{H} = X, \quad \frac{y}{H} = Y, \quad \frac{h}{H} = a.$$

Физический смысл нормирующего множителя  $H$  состоит в том, что его значение равно максимальной высоте подъёма  $y_{\max}$  при начальной скорости  $v_0$ , направленной вертикально вверх (при  $h = 0$  и  $\alpha = 90^\circ$ ). В безразмерных величинах  $X$  и  $Y$  уравнение траектории (1) принимает вид [3]:

$$Y = a + \operatorname{tg} \alpha \cdot X - \frac{1}{4} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \cdot X^2.$$

Оно упрощается, если обозначить  $\operatorname{tg} \alpha = z$ :

$$Y = -\frac{1}{4}(1+z^2) \cdot X^2 + z \cdot X + a. \quad (2)$$

Уравнение (2) является квадратным как относительно горизонтальной координаты  $X$ , так и относительно тангенса угла бросания  $z$ . Целесообразно в (2) сделать замену переменной  $\frac{1}{1+z^2} = s$ , чтобы получить уравнение траектории в виде

$$Y = -\frac{1}{4s} X^2 + \sqrt{\left(\frac{1}{s} - 1\right)} \cdot X + a, \quad (3)$$

обеспечивающем затем в пунктах 4 и 5 довольно простое определение максимальной дальности полёта.

## 2. Геометрическое место вершин траекторий

Выражение (2) представляет собой уравнение параболы, известное из школьного курса математики как  $y = ax^2 + bx + c$ . Также из программы по математике известно, как можно найти координаты  $x_B$  и  $y_B$  вершины параболы:  $x_B = -\frac{b}{2a}$ ,  $y_B = y(x_B)$ . Воспользуемся этими простыми формулами для того, чтобы найти координаты  $X_B$  и  $Y_B$  вершин парабол, определяемых уравнением (2). Получим:

$$X_B = 2 \frac{z}{1+z^2}. \quad (4)$$

Подставив это выражение в (2), получаем значение ординаты вершины параболы:

$$Y_B = \frac{z^2}{1+z^2} + a. \quad (5)$$

Пара выражений (4) и (5) представляет собой в неявном виде уравнение той линии, на которой находятся все вершины парабол — высшие точки всевозможных траекторий. Эта линия схематически изображена на рис. 2.

Уравнение (4) — (5) получено в параметрической форме, в качестве параметра в нём выступает величина  $z$ . Желательно получить это уравнение в явном виде, а для этого из выражений (4) и (5) нужно исключить параметр  $z$ . Удобно сделать это, если из (5) выразить  $z^2$  как функцию от  $Y_B$  и подставить его в (4). Но в (4), кроме  $z^2$ , есть ещё и  $z$  в первой степени, поэтому, чтобы не вводить в преобразования квадратный корень, вначале возведём в квадрат левую и правую части равенства (4). После несложных преобразований получаем уравнение геометрического места вершин траекторий уже в явном виде:

$$\frac{1}{4} X_B^2 + Y_B^2 - (1+2a) Y_B + a + a^2 = 0. \quad (6)$$

Геометрическим образом уравнения (6) является эллипс, показанный на рис. 3 для случая нулевой начальной высоты ( $h = 0$ ).

При изменении начальной высоты  $h$  эллипс, изображённый на рис. 3, перемещается по оси ординат на величину  $\frac{h}{H}$ , причём при положительном значении  $h$  — вверх, а при отрицательном — вниз.

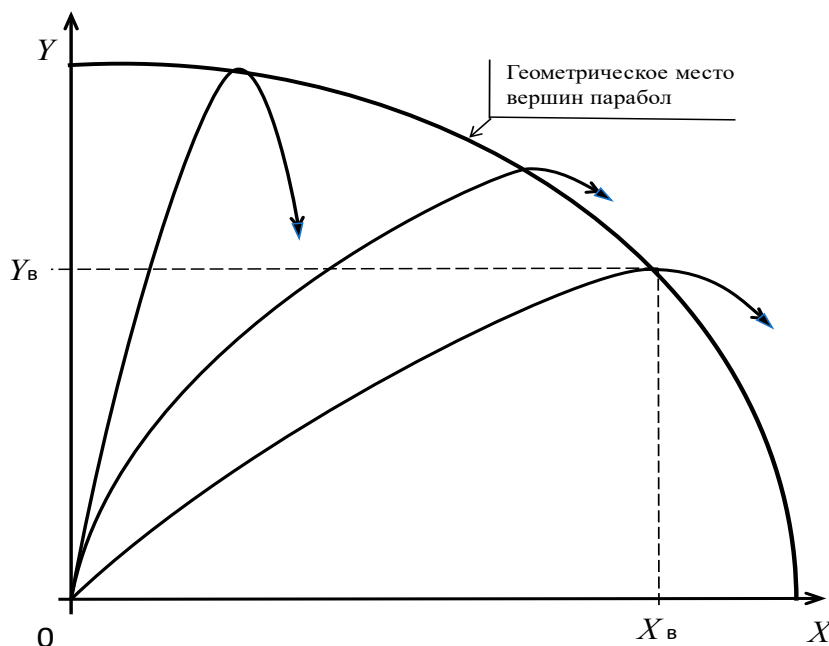


Рис. 2. Схема геометрического места вершин траекторий



Уравнение эллипса (6) можно привести к более простому виду, если выполнить масштабирование по оси X, то есть если перейти к новой переменной  $X_1$  по правилу  $X_1 = 0,5 X$ . В получившемся уравнении в переменных  $X_1$  и  $Y_B$  можно выделить полный квадрат и получить окончательно:

$$X_1^2 + (Y_B - (0,5 + a))^2 = 0,5^2. \tag{7}$$

Из школьного курса математики известно, что (7) — это уравнение окружности с центром в точке  $(0,5; 0,5 + a)$  и радиусом, равным 0,5.

Таким образом, в координатах  $X_1$  и  $Y_B$  вершины траекторий находятся на полуокружности с радиусом, равным 0,5, и центром, находящимся на оси ординат в точке  $0,5 + a$  (рис. 4).

Линия 1 на рис. 4 соответствует нулевому значению начальной высоты ( $h = 0$ ). Из выражения (7) следует, что изменение начальной высоты  $h$  приводит только к перемещению центра окружности по оси ординат на величину  $\frac{h}{H}$ , причём при положительном значении  $h$  — вверх (окружность 2 на рис. 4), а при отрицательном — вниз (окружность 3 на рис. 4). Величина радиуса полуокружности (0,5) при изменении начальной высоты не изменяется.

Для случая нулевой начальной высоты на рис. 4 отмечены также точки, соответствующие углам бросания  $\alpha$ , равным  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  и  $60^\circ$ . Из рисунка 4 видно, что нижняя часть полуокружности соответствует настильным (невысоким) траекториям, при которых  $\alpha < 45^\circ$ , а верхняя часть — навесным (высоким) траекториям, для которых  $\alpha > 45^\circ$ .

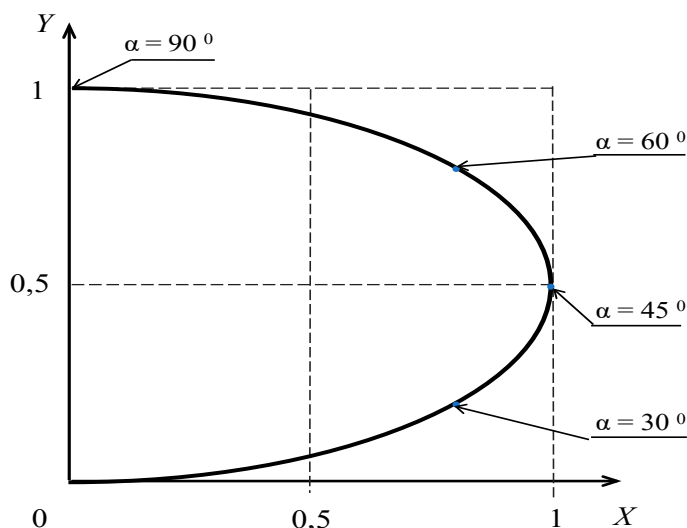


Рис. 3. Геометрическое место вершин траекторий в координатах X и Y при  $h = 0$

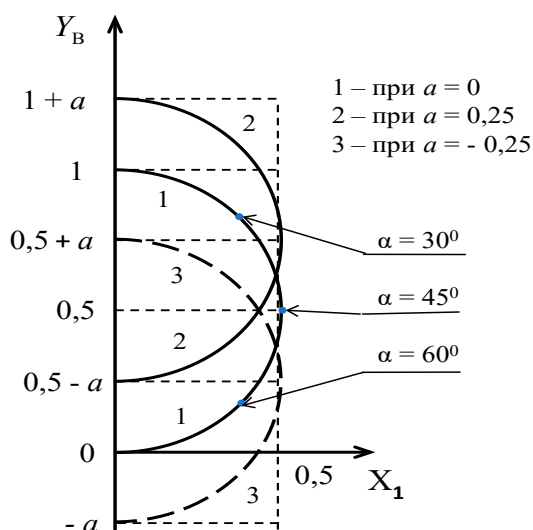


Рис. 4. Полуокружности вершин траекторий (1 — при  $a = 0$ ; 2 — при  $a = 0,25$ ; 3 — при  $a = -0,25$ )

Поскольку вершины парабол являются самыми верхними точками траекторий движения, вполне естественным было бы предположить, что при  $X \leq 1$  верхняя часть полуокружностей, изображённых на рисунке 4, и является верхней границей для искомой области досягаемости. Однако в пункт 6.1 мы покажем, что это не так.

Ещё одной характеристикой, определяющей размер искомой области досягаемости в другом направлении — в горизонтальном, является дальность полёта. Поэтому далее в пунктах 4 и 5 получим явные выражения для дальности полёта в зависимости от величины угла бросания ( $\alpha$ ), выясним ограничения на  $\alpha$  и  $a$ , а также исследуем зависимость максимальной дальности полёта и угла, обеспечивающего максимальную дальность, от начальной высоты (как положительной, так и отрицательной).

### 3. Дальность полёта

Из выражения (3) при  $Y = 0$ , то есть при падении тела на землю, получаем:

$$d^2 - 4\sqrt{s - s^2} d - 4sa = 0. \quad (8)$$

Здесь через  $d$  обозначено значение безразмерной горизонтальной координаты  $X$  при  $Y = 0$ :  $d = \frac{D}{H}$ . Решив относительно переменной  $d$  квадратное уравнение (8), получаем значение дальности полёта:

$$d = 2(\sqrt{s - s^2} + \sqrt{s - s^2 + sa}). \quad (9)$$

Важно отметить, что это выражение — алгебраическое и получено оно — в отличие от аналогичного выражения (10) в работе [3] — без привлечения тригонометрических формул, которые к моменту изучения школьниками темы «Движение тела, брошенного под углом к горизонту» освоены ими ещё не достаточно полно. При этом в выражении (9) нет знаменателя и в нём не три корня, как в выражении (15) работы [3], а только два. Это значительно упрощает в дальнейшем вычисление производной от дальности  $d$ .

Из выражения (9) видно, что дальность полёта зависит от величины  $s$  (от угла бросания) и от начальной высоты ( $a$ ). Эту зависимость и будем анализировать далее. При этом начальная высота ( $a$ ) и угол бросания ( $\alpha$ ) не могут быть произвольными. Из (9) следует, что подкоренное выражение в нём должно быть неотрицательным, то есть  $a \geq s - \frac{1}{s}$ . Соответствующая область допустимых значений  $a$  и  $s$  показана на рисунке 5 в виде заштрихованной зоны.

### 4. Максимальная дальность полёта

Из выражения (9) следует, что при нулевой начальной высоте ( $a = 0$ ) дальность полёта определяется выражением  $d(a = 0) = 4\sqrt{s - s^2}$ , то есть зависит только от величины угла бросания ( $\alpha$ ). Эту зависимость можно представить в виде  $d(a = 0) = 2 \sin(2\alpha)$ , из чего следует известный вывод, что при нулевой начальной высоте максимальная дальность

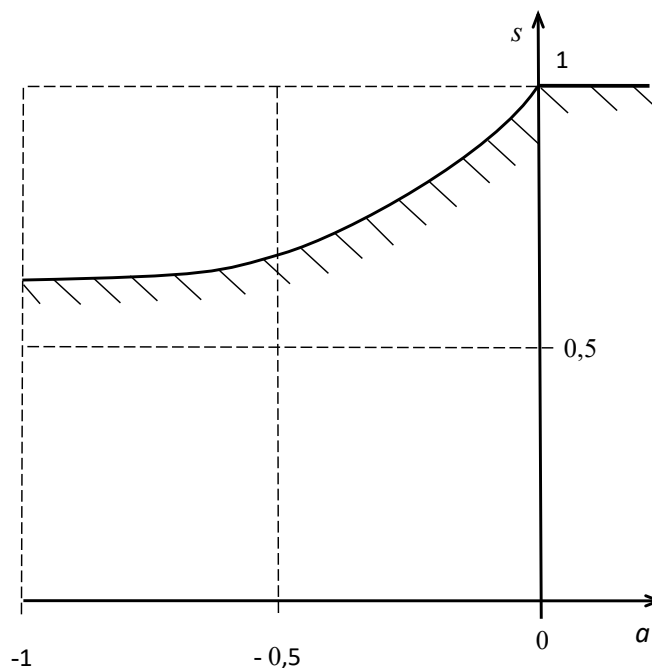


Рис. 5. Область допустимых значений для  $a$  и  $s$

( $d_m$ ), равная двум, достигается при угле бросания  $\alpha$ , равном  $45^\circ$ . Однако при начальной высоте  $h$ , отличной от нуля, величина максимальной дальности уже зависит от высоты старта, а необходимый угол бросания отличается от  $45^\circ$  и определяется параметром  $a$ . В статье [3, с. 35] утверждается, что угол  $\alpha_m$ , обеспечивающий максимальную дальность полёта, не превышает  $45^\circ$ . Далее мы докажем, что этот угол может быть как меньше, так и больше, чем  $45^\circ$ , в зависимости от начальной высоты. Для этого рассмотрим в выражении (9) дальность полёта  $d$  как функцию независимой переменной  $s$ , считая при этом переменную  $a$  параметром задачи.

Для определения экстремума функции  $d(s)$  записываем производную  $d$  по  $s$  (для этого необходимо знать формулу производной только от степенной функции) и приравняем её нулю:

$$\sqrt{\frac{1+a-s}{1-s}} = \frac{1+a-2s}{2s-1}.$$

После возведения в квадрат левой и правой частей этого равенства получаем для переменной  $s$ , обеспечивающей максимальную дальность  $d_m$ , следующее выражение:

$$s_m = \frac{1+a}{2+a}. \tag{10}$$

Если теперь с помощью замен переменных вернуться к исходной переменной  $\alpha$ , то для угла бросания  $\alpha_m$ , обеспечивающего максимальную дальность полёта, получаем его явное выражение в зависимости от безразмерной начальной высоты ( $a$ ):

$$\sin \alpha_m = \frac{1}{\sqrt{2+a}}. \tag{11}$$

Графически зависимость (11) представлена на рисунке 6.

Из рисунка 6 и из выражения (11) видно, что в зависимости от начальной высоты угол  $\alpha_m$ , обеспечивающий максимальную дальность  $d_m$ , может быть как меньше, так и больше, чем  $45^\circ$ .

Теперь, имея явное выражение для угла бросания, который обеспечивает максимальную дальность, получим явное выражение и для самой максимальной дальности  $d_m$  в зависимости от начальной высоты. Для этого подставим  $s_m$  из (10) в (9) вместо  $s$  и получим:

$$d_m = 2\sqrt{1+a}. \tag{12}$$

Графически эта зависимость показана на рисунке 7.

При произвольной начальной высоте ( $a$ ) выражение (12) определяет крайнюю точку на оси  $X$  для области досягаемости.

Отметим, что выражение (12) для максимальной дальности полёта  $d_m$  фактически совпадает с аналогичным выражением (12), приведённым в работе [4] в других переменных, но получено оно проще, чем в [4], поскольку для этого не использовались тригонометрические формулы.

Отметим также, что выражения (10) и (12) получены нами выше с помощью хоть и простого, но всё же дифференцирования, которое школьниками в момент изучения ими темы «Баллистическое движение» ещё не знакомо. Поэтому

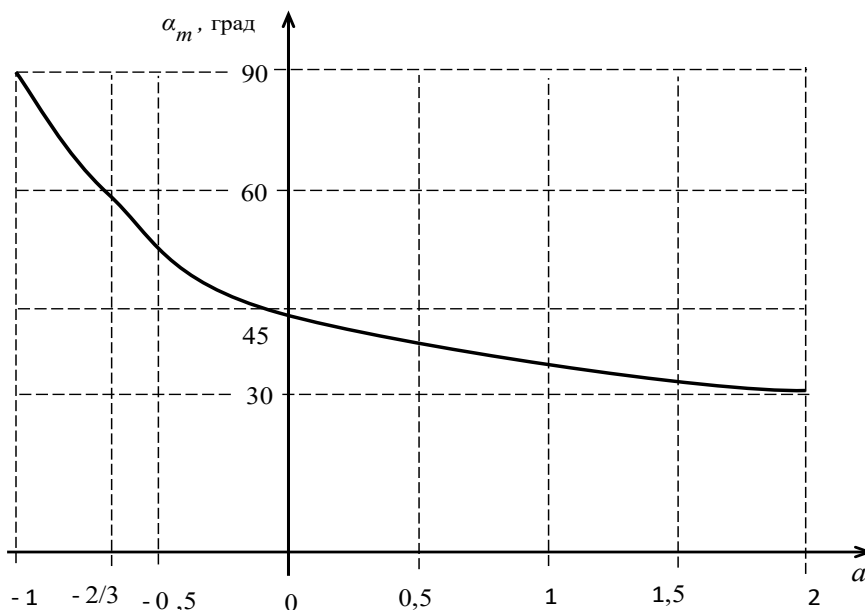


Рис. 6. Угол бросания ( $\alpha_m$ ), обеспечивающий максимальную дальность, в зависимости от начальной высоты  $a$

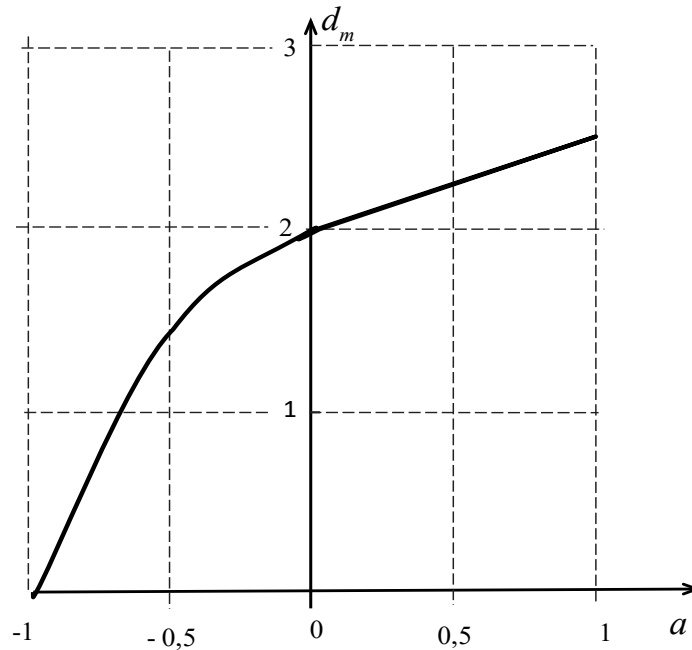


Рис. 7. Максимальная дальность ( $d_m$ ) в зависимости от начальной высоты  $a$

желательно попытаться получить те же выражения, но не используя для этого производные. Далее покажем, что это действительно возможно. Для этого, обозначив в выражении (9)  $1 - s = u$ , запишем его в виде

$$d(u) = 2 \sqrt{1 - u} (\sqrt{u} + \sqrt{u + a}).$$

Возведём его левую и правую части в квадрат, чтобы остался только один корень:

$$d^2(u) = 8 (1 - u) (u + \sqrt{u(u + a)} + \frac{a}{2}).$$

Разделив на 8, получаем функцию, график которой уже можно построить. Например, при  $a = 0,2$  и  $a = 0,5$  можно убедиться в том, что максимального значения эта функция достигает при значениях  $u$ , равных  $\frac{1}{2+a}$ . А тогда из замены переменной  $1 - s_m = u_m$  находим, что  $s_m = \frac{1+a}{2+a}$ . Это значение совпадает со значением (10), полученным выше с использованием производной. А это и доказывает, что справедливость формул (11) и (12), по которым определяется максимальная дальность полёта, можно установить и без привлечения для этого производных.

### 5. Область досягаемости

5.1 Из изложенного в пунктах 3–5 следует, что при  $a = 0$  искомой области досягаемости принадлежат следующие две подобласти в системе отсчёта  $XOY$  (рис. 8):

- подобласть 1, находящаяся под дугой эллипса между точками (0; 1) и (1; 0,5),
- подобласть 2 под параболой, соответствующей углу  $\alpha$  в  $45^\circ$ , между точками (1; 0,5) и (2; 0).

5.2 Докажем, что над подобластью 1 есть некоторая подобласть области досягаемости. Ординаты траекторий ( $Y$ ) определяются выражением (2), а ординаты вершин парабол ( $Y_b$ ) — выражением

$$Y_b = \frac{1}{2} (\sqrt{1 - X_b^2} + 1 + 2a),$$

которое получаем при  $0 \leq X \leq 1$  в результате решения квадратного уравнения (6) относительно  $Y_b$ . Запишем разность этих ординат:

$$R_1 = Y - Y_b = -\frac{1}{4} (1 + z^2) X^2 + z X - \frac{1}{2} (1 + \sqrt{1 - X^2}).$$

Эта разность не зависит от начальной высоты  $a$ , а зависит только от  $X$  и  $z$ . Для того чтобы доказать, что над подобластью 1 существует и ещё одна подобласть значений  $X$  и  $Y$ , достаточно указать хотя бы одну пару чисел  $X$  и  $z$ , при которых разность  $R_1$  положительна. Разность  $R_1$  больше нуля, например, при  $X = 0,9$  и  $z = 2$ , а это и доказывает, что над подобластью 1 при  $0 \leq X \leq 1$  есть и ещё одна подобласть (назовём её подобластью 3 — рис. 8) достижимых точек в плоскости  $XOY$ .

5.3 Докажем, что и над подобластью 2 находится некоторая подобласть области досягаемости.

Ордината  $Y_n$  траектории, соответствующей углу бросания в  $45^\circ$ , определяется выражением

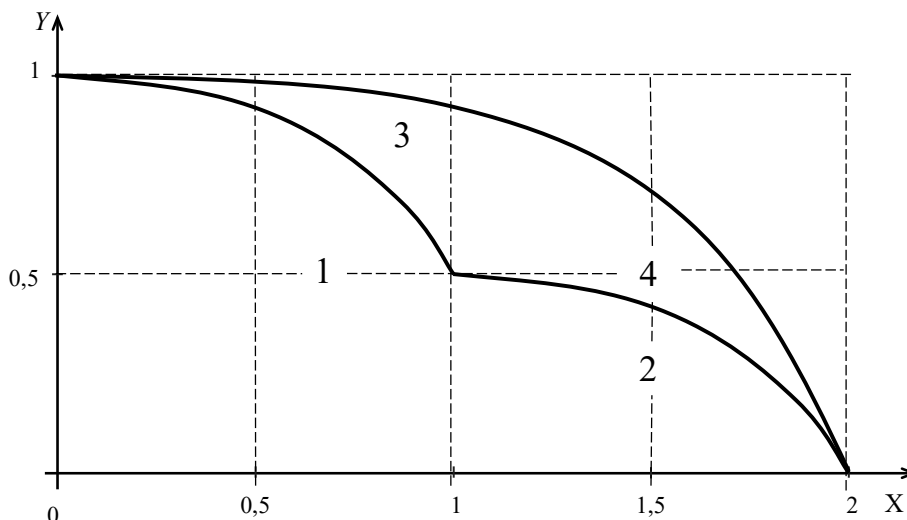


Рис. 8. Область досягаемости

$$Y_{II} = -\frac{1}{2} X^2 + X. \tag{13}$$

Запишем разность ординат траекторий, определяемых выражениями (2) и (13) и, поскольку для дальнейшего важен только знак этой разности, умножим её на  $\frac{4}{(z-1)X}$ . Тогда при  $a = 0$  и  $1 < X \leq 2$  получим:  $R_2 = 4 - (1 + z) X$ . Графически зависимость  $R_2$  от  $X$  представлена на рисунке 9.

Из рисунка 9 видно, что при  $1 < z < 3$  разность  $R_2$  положительна. Следовательно, ординаты траекторий выше, чем парабола, соответствующая углу в  $45^\circ$ , причём при увеличении  $X$  от 1 до 2 размер подобласти 4 уменьшается до нуля (рис. 8).

Таким образом, область досягаемости представляет собой сумму (объединение) четырёх подобластей (рис. 8), и теперь необходимо найти верхнюю границу этой области.

#### 5.4 Верхняя граница области досягаемости

Получим аналитическое выражение для верхней границы области досягаемости. Для этого выражение (2) представим как уравнение параболы относительно переменной  $z$ :

$$Y = -\frac{1}{4} X^2 z^2 + X z - \frac{1}{4} X^2 + a. \tag{14}$$

Из школьного курса алгебры известно, что наибольшее значение параболы  $y = ax^2 + bx + c$  достигается при  $x = -\frac{b}{2a}$ . Воспользовавшись этим простым правилом, найдём для каждого из значений  $X$  то значение переменной  $z$ , при котором получается максимальное значение для  $Y$ :  $z = \frac{2}{X}$ . Подставив это значение в (14), получаем:

$$Y = 1 - 0,25 X^2 + a.$$

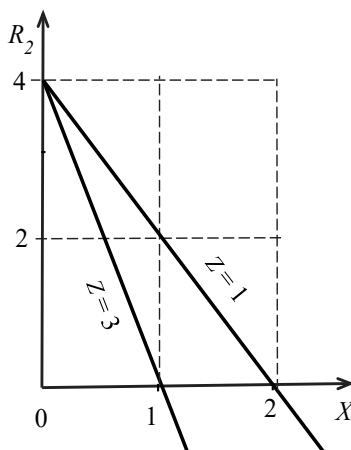


Рис. 9. Разность ординат ( $R_2$ ) в зависимости от  $X$

Это и есть уравнение верхней границы области досягаемости. Эта линия ограничивает область досягаемости сверху. Слева и снизу при нулевой начальной высоте эта область ограничена, соответственно, осью ординат и осью абсцисс. При изменении начальной высоты верхняя граница области досягаемости перемещается по оси  $Y$  на величину, равную  $a$ , причём при положительных значениях  $a$  — вверх, а при отрицательных — вниз.

## 6. Заключение

Предложено простое, доступное учащимся среднего уровня подготовленности, решение задачи анализа свободного движения тела, брошенного под углом к горизонту. Упрощение анализа особенностей задачи достигнуто в результате того, что всё исследование выполнено в безразмерных относительных величинах, а также вследствие перехода к переменным, в которых уравнения имеют более простой вид. При этом удалось обойтись практически без тригонометрических формул, которые к моменту изучения школьниками темы «Движение тела, брошенного под углом к горизонту» освоены ими ещё не в полной мере, а также без нахождения производных от сложных функций.

Введено понятие области досягаемости как множества точек в плоскости движения, которые могут быть достигнуты при заданной начальной скорости, известной начальной высоте и всевозможных углах бросания. Определены границы области досягаемости.

Изложение материала, приведённое в этой работе, может быть полезным как учащимся, так и преподавателям физики в школе.

Следуя одному из основных дидактических принципов образования — доступность и преемственность с тем содержанием, которое осваивается в школе [5, с. 59], — анализ задачи, представленный в настоящей статье, рассчитан на учащихся с базовым уровнем знаний по физике и математике. Поэтому этот анализ основывается исключительно на средствах и приёмах, доступных этой категории учащихся, и тем самым он предоставляет всем школьникам равные возможности для решения ими творческих задач.

### Литература:

1. Касьянов В. А. Физика. 10 класс. Профильный уровень. — М.: Дрофа, 2013—428 с.
2. М. М. Балашов, А. И. Гомонова, А. Б. Долицкий и др. Физика: Механика. 10 класс: Учебник для углублённого изучения физики/ Под ред. Г. Я. Мякишева. — М.: Дрофа, 2004—496 с.
3. Бобылев Ю. В., Грибков А. И., Романов Р. В. «Кидай дальше», или Четыре способа решения одной известной физической задачи/ Физика в школе — 2018 — № 3 — С. 33–38.
4. Бобылев Ю. В., Грибков А. И., Романов Р. В. Нестандартное нахождение траектории тела при свободном падении и её анализ/ Физика в школе — 2019 — № 2 — С. 31–35.
5. Казакова Ю. В., Петрова Е. В. Размышления учителя физики о состоянии и перспективах развития исследовательской деятельности учащихся/ Физика в школе — 2015 — № 1 — С. 53–60.

## ХИМИЯ

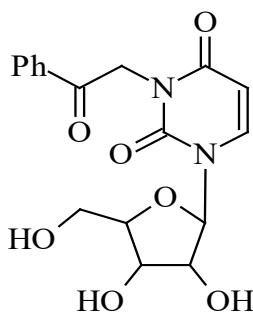
### Производные N<sup>3</sup>-фенацилуридина как снотворные средства: антология, взаимосвязь структуры и биологической активности и синтез некоторых их ациклонуклеозидных аналогов

Кириллов Иван Александрович, аспирант;  
Мкртчян Артур Сергеевич, аспирант  
Волгоградский государственный технический университет

*Представлен краткий обзор антологии и перспективы новых снотворных средств, полученных из N<sup>3</sup>-фенацилуридина, а также описание нескольких новых аналогов ациклонуклеозидов.*

**Ключевые слова:** N<sup>3</sup>-фенацилуридин, снотворные средства

Целевой поиск новых безопасных и эффективных снотворных все еще находится в центре внимания современной фармацевтической и медицинской химии, а также фармакологии. Ряд потенциальных соединений-лидеров, которые обладают различными механизмами действия, был представлен в недавнем обзоре [1]. Особое место среди них может занимать нуклеозидное производное — N<sup>3</sup>-фенацилуридин:



Его воздействие на центральную нервную систему впервые было показано И. Ямамото и соавторами в 1994 г. [2]. В ходе исследований механизма его связывания с рецепторами было установлено, что N<sup>3</sup>-фенацилуридин оказывает некоторое влияние на связывание меченного тритием флунитразепама с бензодиазепиновыми рецепторами [3].

Эти данные указывают на то, что этот молекулярный механизм может быть частично ответственным за биологическую активность N<sup>3</sup>-фенацилуридина. Но существенный механизм его гипнотической активности был открыт и опубликован Т. Кимурай и соавторами [4] только спустя несколько лет. Было показано, что специфический тип рецепторов, так называемые «уридиновые рецепторы» в центральной нервной системе, опосредовал свою активность на молекулярном уровне. Также было показано, что соответствующие спирты наделены тем же

профилем активности и средства с вновь открытыми рецепторами. Во время этих исследований была показана примечательная стереоселективность их действия [5].

Следует отметить, что R-изомер 3-(2-гидрокси-2-фенилэтил)уридина был примерно в 190 раз менее активным, чем его оптический антипод, и примерно в 5 раз менее активен, чем рацемическая форма в рецепторе. В испытаниях *in vivo* снотворный эффект продолжался в 10 раз короче, чем в случае рацемической формы, и в 15 раз короче, чем в случае S-энантиомера при введении мышам в приблизительно равных дозах. Абсолютным лидером в этих исследованиях был N<sup>3</sup>-фенацилуридин, который в 16 раз более эффективен, чем S-энантиомер соответствующего спирта в исследованиях по связыванию рецепторов. Мыши, обработанные N<sup>3</sup>-фенацилуридином, также спали на 20% дольше, чем мыши, получавшие S-изомер 3-(2-гидрокси-3-фенилэтил)уридина в равных дозах. Эти данные представляются довольно интересными, поскольку соответствующие спирты оказались единственными фармакологически активными метаболитами N<sup>3</sup>-фенацилуридина у мышей [6]. Среди родственных соединений небольшое удлинение сна, вызванного пентобарбиталом, было также связано с урацилом, уридином и N<sup>3</sup>-фенацилурацилом (в порядке убывания).

Модификация рибозильной части и урацильного фрагмента N<sup>3</sup>-фенацилуридина, по-видимому, наносит ущерб снотворным свойствам соединений во время исследований *in vivo*. Замена рибозильного остатка его 2-дезоксипродеривом, а также замена фрагмента урацила на тимидин или 6-азаурацил привели к резкой потере снотворной активности полученных соединений [7]. Некоторые гипнотические свойства сохранялись в случае 3-(4-фторфенил)-2'-дезоксидеокси-2'-фторуридина, что делает его и его близкие структурные аналоги более перспективными в качестве анти-ВИЧ-1, а не снотворных агентов [8].

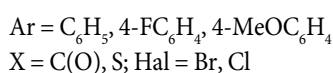
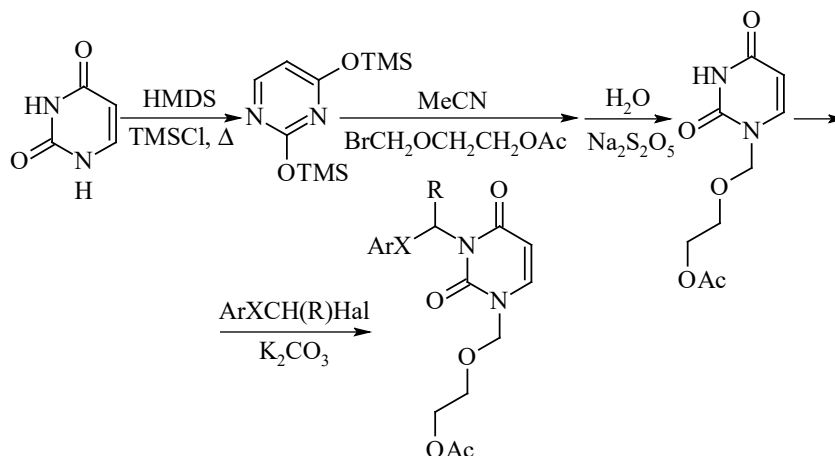
Некоторые усилия были также предприняты в области синтеза и фармакологической оценки производных N<sup>3</sup>-фенацилуридина, в которых отсутствует сахарный фрагмент в положении N-1 ядра урацила, но вместо него имеются структурно разнообразные, главным образом, гетарилметильные группы [9]. Во время оценки в опытах *in vivo* этих серий соединений было установлено, что 1-[2-(метилсульфанил) этил]-, 1-(2- или 3-хлорбензил)-N<sup>3</sup>-фенацилурицилы проявляли свои собственные снотворные свойства.

Необходимо отметить, что несколько аналогов N<sup>3</sup>-фенацилуридина, содержащих различные заместители в ароматической части фенацильного фрагмента, продемонстрировали многообещающую антиноцицептивную активность, которая была наиболее очевидна в случае метоксилированных производных [10].

Важно отметить, что открытие N<sup>3</sup>-фенацилуридина и его характеристика в качестве средства, вызывающего сон, является хорошим примером рациональной структурно-основанного

поиска лекарственных препаратов. Вся эта работа началась в середине 1980-х годов и велась одной и той же группой авторов все это время.

Принимая во внимание сильное влияние липофильности названных соединений на их свойства, вызывающие сон после введения инъекции, мы сосредоточили наше внимание на разработке новых структурных аналогов N<sup>3</sup>-фенацилуридина, содержащих менее гидрофильный заместитель вместо рибозильного фрагмента, но также имитирующих последний. Нам также было любопытно уменьшить степень стереохимической сложности названных соединений. Вот почему соответствующие ациклонуклеозид-ацетаты оказались структурами, выбранными для дальнейшего синтеза и исследования. Более того, эти соединения были признаны перспективными анти-ВИЧ-1 агентами, принимая во внимание этот тип активности N<sup>3</sup>-фенацил-2'-дезоксид-2'-фторуридиновых аналогов [8]. Общий синтез целевых соединений состоял из следующих этапов:



Примечательно, что  $\alpha$ -бромпропиофеноны оказались гораздо менее реакционноспособными в этом синтезе, чем соответствующие  $\alpha$ -бромацетофеноны, как показывает реакция ТСХ-мониторинга. Полная конверсия исходного ацетата ациклоуридина наблюдалась только после длительного кипячения в ацетонитриле с первыми. В случае менее стерически затрудненных  $\alpha$ -бромацетофенонов реакция была завершена за гораздо более короткий период времени при комнатной темпе-

ратуре. Использование арил(хлорметил)сульфида в качестве алкилирующего агента было объяснено перспективной структурой названных соединений. С одной стороны, фенилсульфанильная группа гораздо более липофильная, чем бензоильная. С другой стороны, первый может подвергаться микросомальному окислению до сульфоксида, с получением биоизостера до фенацила с повышенной энантиоселективностью действия.

Все названные соединения в настоящее время изучаются как потенциальные индукторы сна (*in vivo*) и перспективные противовирусные препараты (*in vitro*).

#### Литература:

1. Tanious, M.K. New Hypnotic Drug Development and Pharmacologic Considerations for Clinical Anesthesia / M.K. Tanious, S.S. Beutler, A.D. Kaye, R.D. Urman. — Текст: непосредственный // *Anesthesiology Clinics*. — 2017. — № 35(2). — с. e95-e113.
2. N<sup>3</sup>-Phenacyluridine, a novel hypnotic compound, interacts with the benzodiazepine receptor / T. Kimura [и др.]. — Текст: непосредственный // *European Journal of Pharmacology*. — 1996. — № 311. — С. 265–269. T. Kimura, M. Miki, M. Ikeda, S. Yonemoto, K. Watanabe, S. Kondo, I. K. Ho and I. Yamamoto, *Biol. Pharm. Bull.* 24, 729–731 (2001).
3. Kimura, T. Uridine Receptor: Discovery and Its Involvement in Sleep Mechanism / T. Kimura, I. K. Ho, I. Yamamoto. — Текст: непосредственный // *Sleep*. — 2001. — № 24(3). — С. 251–260.
4. Ralevic, V. Receptors for purines and pyrimidines / V. Ralevic, G. Burnstock. — Текст: непосредственный // *Pharmacological Reviews*. — 1998. — № 50(3). — С. 413–492.



5. Metabolism of a novel hypnotic, N<sup>3</sup>-phenacyluridine, and hypnotic and sedative activities of its enantiomer metabolites in mouse / T. Kimura [и др.].— Текст: непосредственный // Xenobiotica.— 2000.— № 30(6).— С. 643–653.
6. Synthesis and Hypnotic and Anti-Human Immunodeficiency Virus-1 Activities of N<sup>3</sup>-Substituted 2'-Deoxy-2'-fluorouridines / Y. Sato [и др.].— Текст: непосредственный // Chemical and Pharmaceutical Bulletin.— 1994.— № 42(3).— С. 595–598.
7. Synthesis and hypnotic-sedative activities of N-substituted uracil on mice / T. Maruyama [и др.].— Текст: непосредственный // Nucleic Acids Research Supplement.— 2003.— № 3.— С. 25–26.
8. Synthesis of N<sup>3</sup>-substituted uridine and related pyrimidine nucleosides and their antinociceptive effects in mice / T. Shimizu [и др.].— Текст: непосредственный // Chemical and Pharmaceutical Bulletin.— 2005.— № 53(3).— С. 313–318.
9. Yamamoto, I. N<sup>3</sup>-benzyluridine exerts hypnotic activity in mice / I. Yamamoto, T. Kimura, Y. Tateoka, Watanabe, and, I, K K.— Текст: непосредственный // Chemical and Pharmaceutical Bulletin.— 1985.— № 33.— С. 4088–4090.
10. Yamamoto, I. Hypnotic activity of N<sup>3</sup>-benzylthymidine on mice / I. Yamamoto, T. Kimura, Y. Tateoka, Watanabe, and, I, K K.— Текст: непосредственный // Journal of Medicinal Chemistry.— 1987.— № 33.— С. 4088–4090.

## Использование угля Апартакского месторождения для производства органоминеральных удобрений

Шарипова Хабиба Тешаевна, доцент;  
Бабасодиқов Шукрулло Сайфуллоевич, студент магистратуры  
Ташкентский химико-технологический институт (Узбекистан)

*С целью получения комплексного органоминерального удобрения изучен состав бурого угля Апартакского месторождения и определены оптимальные условия его окисления азотной кислотой. Показаны норма азотной кислоты, длительность процесса окисления, влияние концентрации азотной кислоты на выход гуминовых кислот.*

**Ключевые слова:** органоминеральное удобрение, уголь, Апартак, норма, азотная кислот, гуминовая кислота, окисление, влияние.

*In order to obtain a complex organomineral fertilizer, the composition of brown coals of the Apartak deposit was studied and optimal conditions of oxidation of the Apartak deposit coals by nitric acid were determined. Nitric acid rate, duration of oxidation process, impact of nitric acid concentration on humic acids yield are shown.*

Узбекистан — агропромышленная страна. Она располагает 25 млн 736 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, в том числе 3,73 млн га орошаемых [1]. Именно на орошаемых землях получают свыше 97% всей сельскохозяйственной продукции республики. В сельском хозяйстве занято 40% трудоспособного населения. Оно даёт примерно 25% валового внутреннего продукта. По производству хлопка Узбекистан занимает пятое место в мире. Он обеспечил свою зерновую независимость, собрав в 2006 г свыше 6 млн т зерна колосовых культур [2].

Каждая тонна минеральных удобрений обеспечивает годовую потребность в продуктах питания 5–6 человек. Затраты на производство и применение удобрений в 2–3 раза окупаются стоимостью дополнительной сельскохозяйственной продукции. Благодаря применению минеральных удобрений обеспечивается в среднем 40–50% прироста урожая сельскохозяйственных культур. Эффективность применения минеральных удобрений и химических средств защиты растений выражается не только в повышении урожайности и сохранении продукции, но и в значительном росте производительности труда в сельском хозяйстве.

Узбекским научно-исследовательским институтом хлопководства давно показано, что хлопчатник без удобрений даёт

урожай в 12 ц/га хлопка-сырца, а при применении 225 кг азота, 150 кг фосфора и 100 кг калия на гектар обеспечивается его гарантированный урожай в 30–35 ц/га.

Понимание всего вышесказанного позволило и Узбекистану создать крупную отрасль химической промышленности, работающую на сельское хозяйство. Три открытых акционерных общества: Чирчикское «Электрохимпром», «Навоиазот» и Ферганское «Азот» выпускают азотные удобрения, ассортимент которых складывается из аммиачной селитры, карбамида и сульфата аммония. Алмалыкское ОАО «Аммофос», Самаркандский химический и Кокандский суперфосфатный заводы производят фосфорсодержащие удобрения, ассортимент которых состоит из супрефоса, аммоний сульфатфосфата, нитрокальцийфосфата и простого аммонизированного суперфосфата. Кызылкумский фосфоритовый комбинат обеспечивает сырьём заводы, производящие фосфорсодержащие удобрения. Навоийское акционерное объединение «Электрохимзавод» выпускает различные виды химических средств защиты растений. Калийные удобрения производятся на Дехканабадском заводе калийных удобрений.

Но сельскохозяйственное производство Узбекистана сталкивается с целым рядом очень серьезных проблем. Прежде всего это дефицит минеральных удобрений. Потребность ре-

спублики в азотных, фосфорных и калийных удобрениях составляет 761,82 тыс. т 100%-ного азота, 518,27 тыс. т 100%-ного  $P_2O_5$  и 278,12 тыс. т 100%-ного  $K_2O$ . А промышленность производит 736,8 тыс. т азотных и 137,4 тыс. т фосфорных удобрений в расчете на 100% действующего вещества.

Вынос питательных веществ с урожаем также очень высок. В Узбекистане основными сельскохозяйственными культурами являются хлопчатник и пшеница. Валовой сбор хлопка-сырца превышает 3 млн т, а пшеницы 6 млн 100 тыс. т. Известно, что одна тонна хлопка-сырца выносит из почвы ежегодно 45 кг азота, 15 кг  $P_2O_5$  и 45 кг  $K_2O$ . Одна тонна пшеницы выносит из почвы ежегодно 35 кг азота, 10 кг  $P_2O_5$  и 24 кг  $K_2O$  [9]. При вышеназванном урожае только этими двумя культурами из почвы ежегодно уносится с урожаем 348,5 тыс. т азота, 106 тыс. т фосфора и 281,4 тыс. т калия. А ведь другие культуры также выносят из почвы большое количество питательных элементов. Их надо в почву восполнять.

Из вышесказанного следует, что в Узбекистане необходимо наращивать производство минеральных удобрений. Заслуживают полного одобрения решения правительства республики о наращивании мощностей Кызылкумского фосфоритового комбината, о реконструкции Алмалыкского ОАО «Аммофос» и Самаркандского химического завода.

Вторая проблема нашего сельскохозяйственного производства связана с почвенным гумусом, являющегося основой плодородия любых почв.

В органическое вещество помимо азота входят также фосфор и сера. При минерализации гумуса азот, фосфор и сера переходят в усвояемую для растений минеральную форму. Размеры ежегодной минерализации органического вещества в пахотном слое дерново-подзолистых почв составляют 0,6–0,7 т, а черноземов — 1,0 т/га с образованием соответствующего количества (соответственно 30–35 и 50 кг/га) доступного растениям минерального азота.

Особая роль гумуса заключается в его комплексном положительном влиянии на все стороны почвенного плодородия. Питательные вещества минеральных удобрений, сколько бы их ни вносили в почву, не в состоянии заменить гумус как источник азота и других элементов питания, освобождающихся при его минерализации. Установлено, что даже при очень высоких дозах минеральных азотных удобрений урожай сельскохозяйственных культур на 50–60% формируется за счет запасов азота гумуса, а на неудобряемых почвах — почти полностью за счет почвенного азота. Обогащение почв гумусом снижает негативное влияние минеральных удобрений, пестицидов, солей тяжелых металлов, формирует агрономически ценные агрофизические свойства почв [3].

Велика роль гумуса в улучшении физических свойств почв, создании оптимального водно-воздушного режима.

Почвы Узбекистана по содержанию этого важнейшего элемента относятся к низко- и очень низкообеспеченным. По количеству гумуса они находятся на самом последнем месте среди других почв. В метровом слое чернозема, например, на одном гектаре содержится 350–700 т гумуса, тогда как лучшие почвы хлопковой зоны — сероземы содержат всего 65–85 т [4]. Агрохимические обследования почв Узбекистана показали, что

удельный вес почв с низким содержанием гумуса (в сероземах — 0,8–1%) составляет почти две трети площади, со средним (1–1,2%) — одна треть и с высоким (1,2–1,5% от веса почвы) — всего лишь 7% посевной площади [5].

Гумусовые вещества могут быть использованы как регуляторы структурообразования бедных гумусом почв. При этом они улучшают водный, воздушный и питательный режим почвы, повышая ее плодородие. В практике земледелия однозначно показано, что при использовании высоких доз минеральных удобрений невозможно добиться эффекта без обогащения почвы гумусом. Аммонизация сырья либо водным аммиаком, либо безводным способствует активизации ГК, стимулирующих рост растений, а поглощенный аммиак постепенно потребляется корневой системой. Опрыскивание растений гуматами натрия в малых дозах дает значительные прибавки урожая. После такой обработки наблюдается ускоренный рост и других растений.

Поэтому изучение состава углей Апартакского месторождения с целью использования его как сырья для получения органоминеральных удобрений является актуальной.

Известные способы получения гуминовых кислот окислением углей и других каустобиолитов основаны на применении различных окислителей: перманганата калия в щелочной среде, азотной кислоты, кислорода или воздуха.

Целью наших исследований явилось изучение физико-химических свойств угля Апартакского месторождения, а также определения оптимальных норм технологических параметров получения органоминерального удобрения на основе углей Апартакского месторождения.

**Методика эксперимента.** Для исследований были отобраны пробы углей из месторождения Апартак.

Общетехнические исследования углей проводили общепринятыми методами. Аналитическую влажность угля определяли по ГОСТ 11014–81. Зольность проб определяли по ГОСТ 11022–75. Количество гуминовых кислот в угле определяли экстракцией гуминовых кислот 0,1 Н раствором щелочи при нагревании, осаждением их избытком соляной кислоты и определением массы полученного осадка по ГОСТ-9517–76.

Процесс окисления проводили в стеклянном реакторе с винтовой мешалкой. Реактор поместили в термостат. Для улавливания окислов азота использовали абсорбер с водой. В реактор наливали азотную кислоту и постепенно подавали уголь. Содержимое реактора перемешивали с помощью винтовой мешалки с определенной скоростью. После окисления нитроуголь промывали водой. В полученных образцах определяли количество гуминовых веществ.

**Результаты исследований.** Результаты исследований приведены в табл. 1

Результаты анализов бурых углей участка Апартакского месторождения показывают, что они содержат 46,7% гуминовых кислот в расчете на органическую массу угля.

Результаты анализов минеральной части углей Апартакского и Ангренского месторождений представлены в таблице 2 и 3 соответственно.

Как видно из табл. 2 угли Апартакского месторождения богаты соединениями магния, кальция, железа, алюминия,

Таблица 1. Результаты анализов угля Апартакского месторождения

| № | Влажность, % | Зольность, % | Органическая масса угля, % | ГК, % на ОМУ |
|---|--------------|--------------|----------------------------|--------------|
| 1 | 25,0         | 20,0         | 55,0                       | 46,7         |

Таблица 2. Спектральный анализ золы углей Апартакского месторождения

| №  | component                      | Result | Unit  | Stat.err. | LLD     | LLQ    |
|----|--------------------------------|--------|-------|-----------|---------|--------|
| 1  | MgO                            | 9,39   | Mass% | 0,0252    | 0,0322  | 0,0965 |
| 2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,5   | Mass% | 0,0217    | 0,0147  | 0,0440 |
| 3  | SiO <sub>2</sub>               | 11,8   | Mass% | 0,086     | 0,0029  | 0,0087 |
| 4  | SO <sub>3</sub>                | 26,1   | Mass% | 0,0035    | 0,0009  | 0,0026 |
| 5  | K <sub>2</sub> O               | 0,0745 | Mass% | 0,0070    | 0,0038  | 0,0115 |
| 6  | CaO                            | 29,9   | Mass% | 0,0197    | 0,0039  | 0,0117 |
| 7  | TiO <sub>2</sub>               | 0,282  | Mass% | 0,0017    | 0,0017  | 0,0050 |
| 8  | MnO                            | 0,114  | Mass% | 0,0009    | 0,0012  | 0,0036 |
| 9  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,2   | Mass% | 0,0037    | 0,0011  | 0,0033 |
| 10 | CuO                            | 0,0142 | Mass% | 0,0001    | 0,0002  | 0,0006 |
| 11 | ZnO                            | 0,0134 | Mass% | 0,0001    | 0,0001  | 0,0004 |
| 12 | SrO                            | 0,365  | Mass% | 0,0002    | <0,0001 | 0,0001 |
| 13 | U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>  | 0,0056 | Mass% | <0,0001   | 0,0002  | 0,0005 |
| 14 | ZrO <sub>2</sub>               | 0,315  | Mass% | 0,0012    | 0,0004  | 0,0012 |

Таблица 3. Спектральный анализ золы углей Ангрэнского месторождения

| №  | component                      | Result | Unit  | Stat.err. | LLD     | LLQ    |
|----|--------------------------------|--------|-------|-----------|---------|--------|
| 1  | MgO                            | 8,55   | Mass% | 0,0252    | 0,0322  | 0,0965 |
| 2  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,4   | Mass% | 0,0217    | 0,0147  | 0,0440 |
| 3  | SiO <sub>2</sub>               | 34,3   | Mass% | 0,086     | 0,0029  | 0,0087 |
| 4  | SO <sub>3</sub>                | 13,6   | Mass% | 0,0035    | 0,0009  | 0,0026 |
| 5  | K <sub>2</sub> O               | 0,887  | Mass% | 0,0070    | 0,0038  | 0,0115 |
| 6  | CaO                            | 16,7   | Mass% | 0,0197    | 0,0039  | 0,0117 |
| 7  | TiO <sub>2</sub>               | 0,591  | Mass% | 0,0017    | 0,0017  | 0,0050 |
| 8  | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,0346 | Mass% | 0,0007    | 0,0016  | 0,0047 |
| 9  | MnO                            | 0,0323 | Mass% | 0,0009    | 0,0012  | 0,0036 |
| 10 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,81   | Mass% | 0,0037    | 0,0011  | 0,0033 |
| 11 | CuO                            | 0,0174 | Mass% | 0,0001    | 0,0002  | 0,0006 |
| 12 | ZnO                            | 0,0345 | Mass% | 0,0001    | 0,0001  | 0,0004 |
| 13 | Rb <sub>2</sub> O              | 0,0098 | Mass% | <0,0001   | 0,0001  | 0,0001 |
| 14 | SrO                            | 0,225  | Mass% | 0,0002    | <0,0001 | 0,0001 |
| 15 | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 0,0052 | Mass% | <0,0001   | <0,0001 | 0,0002 |
| 16 | BaO                            | 0,0764 | Mass% | 0,0006    | 0,0014  | 0,0042 |
| 17 | ZrO <sub>2</sub>               | 0,402  | Mass% | 0,0012    | 0,0004  | 0,0012 |
| 18 | WO <sub>3</sub>                | 0,0161 | Mass% | 0,0017    | 0,0048  | 0,0144 |

кремния и сульфатами. Количество их оксидов достигает 9,39; 29,9; 10,2; 11,5; 11,8 и 26,1% соответственно, в то время как Ангренский уголь (табл. 3) содержит магний, кальций и железо в меньшем количестве. В минеральной части угля Апартакского месторождения имеются такие элементы, как калий, марганец, медь, цинк, а также стронций и цирконий, которые могут служить в качестве микроэлементов в удобрениях.

Спектральный анализ угля Ангренского месторождения и месторождения Апартак показал, что наибольшая интенсивность соответствует оксидам железа. Уголь Апартакского месторождения отличаются от угля Ангренского месторождения

пониженным содержанием оксида кремния. Так, если в Апартакском угле оксид кремния достигает 11,8%, то в Ангренском угле этот показатель достигает 34,3%.

С целью окисления углей месторождения Апартак использовалась азотная кислота концентрацией: 10, 20, 30, 40, 50%. Соотношение ОМУ к безводной азотной кислоте изменялась в пределах: 0,9:0,1; 0,8:0,2; 0,5:0,5; 0,4:0,6. Продолжительность окисления составляла: 20мин, 30 мин, 60мин, 120 минут. Окисление угля азотной кислотой проводилось при температуре 50, 70, 90, 110, 140°C.

Органическая масса угля составляла 55%.

Таблица 4. Влияние нормы и концентрации азотной кислоты на выход гуминовых кислот ( — 60 минут t — 70°C)

| Продукты окисления | Концентрация $\text{HNO}_3$ , % | Соотношение ОМУ: $\text{HNO}_3$ |          |          |          |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
|                    |                                 | 0,9: 0,1                        | 0,8: 0,2 | 0,5: 0,5 | 0,4: 0,6 |
| Гуминовые кислоты  | 10                              | 47,1                            | 48,2     | 49,1     | 52,3     |
|                    | 20                              | 52,3                            | 55,7     | 58,9     | 59,8     |
|                    | 30                              | 56,7                            | 59,8     | 67,7     | 68,1     |
|                    | 40                              | 57,4                            | 60,1     | 68,4     | 69,2     |
|                    | 50                              | 57,9                            | 60,9     | 68,9     | 69,8     |

Из таблицы (4) видно, что с увеличением концентрации азотной кислоты от 10 до 50% выход гуминовых веществ увеличивается от 46,7% в исходном сырье до 69,8% в окисленном угле при массовом соотношении ОМУ:  $\text{HNO}_3$  равном 0,4:0,6 при окислении азотной кислотой 50%-ной концентрации (табл.).

Изучение влияния температуры при окислении угля азотной кислотой на выход гуминовых веществ показало (табл. 5), что при окислении угля азотной кислотой 50%-ной концентрации при температуре 90°C наблюдается наибольший выход гуминовых кислот 65,9% в расчете на органическую массу угля.

Таблица 5. Влияние температуры окисления на выход гуминовых кислот (соотношение ОМУ:  $\text{HNO}_3 = 0,5:0,5 = 60$  минут)

| Температура, °C | Гуминовые кислоты, % к ОМУ      |      |      |      |      |
|-----------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                 | Концентрация азотной кислоты, % |      |      |      |      |
|                 | 10                              | 20   | 30   | 40   | 50   |
| 50              | 49,1                            | 54,8 | 56,7 | 57,1 | 57,7 |
| 70              | 53,7                            | 62,5 | 67,1 | 67,3 | 67,5 |
| 90              | 52,1                            | 63,6 | 65,2 | 65,7 | 65,9 |
| 110             | 48,8                            | 57,2 | 58,5 | 58,9 | 60,1 |
| 140             | 49,5                            | 57,6 | 59,2 | 59,8 | 60,5 |

При окислении угля Апартакского месторождения азотной кислотой с целью увеличения выхода гуминовых веществ было изучено влияние продолжительности окисления на содержание гуминовых кислот. Время окисления менялось от 20 минут до 30, 60, 120 минут.

Установлено, что при окислении угля в течение 120 минут 30%-ной концентрацией азотной кислоты количество гуминовых кислот составляет 66,67% (табл. 6). Однако, замечено, что при окислении угля в течение 60 минут при той же концентрации азотной кислоты этот показатель составляет 66,58%.

Таблица 6. Влияние продолжительности окисления на выход гуминовых кислот (соотношение ОМУ:  $\text{HNO}_3 = 0,5:0,5 = 60$  минут)

| Продолжительность окисления, мин | Гуминовые кислоты, % к ОМУ      |      |       |      |      |
|----------------------------------|---------------------------------|------|-------|------|------|
|                                  | Концентрация азотной кислоты, % |      |       |      |      |
|                                  | 10                              | 20   | 30    | 40   | 50   |
| 20                               | 47,3                            | 49,7 | 52,8  | 51,4 | 50,8 |
| 30                               | 48,5                            | 53,6 | 60,42 | 59,3 | 57,4 |
| 60                               | 51,6                            | 58,7 | 66,58 | 63,2 | 60,9 |
| 120                              | 52,6                            | 58,9 | 66,67 | 63,8 | 61,2 |

Следовательно. Увеличение продолжительности окисления угля замедляет процесс окисления.

Таким образом, результаты исследований по изучению состава углей Апартакского месторождения и по окислению

углей азотной кислотой с целью увеличения выхода гуминовых кислот показали пригодность углей данного месторождения для производства органоминеральных удобрений.

#### Литература:

1. Курбанов Э., Кузиев Р. Современное состояние плодородия почв Узбекистана и некоторые пути его улучшения // Горный вестник Узбекистана. — 2001. — № 1. — стр. 94–96.
2. Газета «Правда Востока» от 20 июля 2006 г.
3. Жуков А. И. Состояние баланса гумуса в почвах СССР и потребность в органических удобрениях // Труды Всес. НИИ сельскохозяйственной микробиологии. — Л., Том 58. — 1988. — стр. 12–20.
4. Саттаров Д. С., Эргашев А. Э., Кобзева Г. И. Агрохимические исследования почв Узбекистана и пути повышения их плодородия // Институту почвоведения и агрохимии 70 лет. — Ташкент, 1990. с. 137–150.
5. Бобоходжаев И. Гумус и плодородие почвы // Сельское хозяйство Узбекистана. — 1992. — № 8–9. — стр. 15–16.

## Исследование процесса разложения минерализованной массы фосфоритов Центральных Кызылкумов сульфоглем

Шарипова Хабиба Тешаевна, доцент  
Ташкентский химико-технологический институт (Узбекистан)

*С целью получения комплексного удобрения изучен процесс разложения минерализованной массы фосфоритов Центральных Кызылкумов серной кислотой содержащей уголь Ангренского месторождения. Показано влияние концентрации и нормы серной кислоты, а также нормы органических веществ на степень разложения фосфатного сырья. Определены оптимальные параметры процесса получения азотно-фосфорного удобрения.*

**Ключевые слова:** удобрение, фосфорит, Ангренский уголь,  $P_2O_{5\text{общ}}$ ,  $P_2O_{5\text{усв}}$ , разложение, серная кислота, органическое вещество, гуминовые вещества, простой суперфосфат, двойной суперфосфат, Кизилкумский фосфорит, монокальцийфосфат, фосфатное сырьё, фосфорная кислота, аммонизация.

*Aiming to get complex fertilizer the process of decomposition of mineralized mass of Central Kyzyl-Kum phosphorous by sulfuric acid that contains Angren coal had been studied. Below in the article, there are shown effects of concentration, norms of sulfuric acid and organic elements on the decomposition degree of phosphorous. Moreover, optimal parameters of azote ammonium phosphorous obtaining processes are set.*

Применение в крупных масштабах фосфорных удобрений для производства сельскохозяйственной продукции обуславливает необходимость минимальных затрат на их производство, перевозку, хранение и внесение в почву. Малый расход применяемой кислоты, полное использование сырья и интенсивное осуществление процесса являются условиями малых производственных затрат и капитальных вложений, а высокое качество получаемых продуктов (минимальное или почти полное отсутствие в них балласта) обуславливает экономичность их транспортировки и внесения в почву.

В настоящее время наиболее распространённым методом переработки природных фосфатов является сернокислотный способ. Обработкой фосфатного сырья серной кислотой, взятой в количестве, соответствующем образованию монокальцийфосфата, получают простой суперфосфат [1]. Основным недостатком этого удобрения — большое количества гипса в составе продукта и содержание пятиоксида фосфора в суперфосфате в зависимости от качества фосфорита не превышает 12–19,5%.

В производстве двойного суперфосфата требуется двухкратное разложение природного фосфорита [2–4]. К недостаткам технологии этого вида удобрения относится огромный расход дефицитной фосфорной кислоты и наличие ряда технологических трудностей, которые строго ограничивают объем производства.

При совместной обработке аммиаком, фосфорной и азотной кислотой получают такие удобрения, как: нитроаммофос, нитроаммофоска, диаммонитрофоска [5–11].

Хотя вышеуказанными способами получают лучшие по качеству продукты, содержащие около 55% питательных веществ, эти процессы являются малорациональными вследствие того, что химическая энергия азотной и фосфорной кислот не используется для разложения фосфорита. В свою очередь это приводит к удорожанию себестоимости 1 т  $P_2O_5$  в готовом продукте.

Особый интерес представляют комплексные гуминовые удобрения, которые помимо основных элементов питания растений, находящихся в усвояемой форме, содержат гуматные соединения из угля, обладающую стимулирующим

действием. Применение их приводит к повышению урожайности с одновременным ускорением сроков их созревания на 8–10 дней.

С целью определения влияния гуматов на повышение усвояемой формы фосфат ионов в удобрении были проведены исследования по разложению низкосортных фосфоритов Центральных Кызылкумов серной кислотой в присутствии угля с дальнейшей аммонизацией полученной смеси.

В качестве источника органических веществ использовались угли Ангреного месторождения, содержащие 20% гуминовых кислот в расчете на органическую массу угля. Исходный уголь содержит, масс. %: влажность — 6.3%; зольность — 21.7, органических веществ — 72%. Исходное сырьё — фосфорит имеет следующий состав, масс. %:  $P_2O_{5\text{общ}}$  — 12.56;  $CO_2$  — 15.37; CaO — 32.68.

Методика эксперимента. В опытах применяли разные нормы кислоты при различных их концентрациях. Концентрация кислоты изменялась от 55 до 65%, норма кислоты варьировалась в пределах 60–110% в расчёте на CaO в фосфатном сырье. В серную кислоту был добавлен уголь, содержащий 20% гуминовых кислот в количестве 2; 4; 8% в расчёте на общую массу пульпы. Далее к серной кислоте, содержащий уголь добавляли необходимое количество фосфатного сырья при перемешивании. Температура реакционной массы поддерживалась на уровне 80–90°C. Пульпа аммонизировалась. Загустевшую пульпу перемешивали в течение 60–90 мин и высушивали при 80°C.

Массовые соотношения исходных компонентов, использованных для разложения минерализованной массы фосфорита Центральных Кызылкумов показаны в таблице 1.

Таблица 1. Массовые соотношения исходных компонентов для разложения минерализованной массы фосфорита Центральных Кызылкумов

| № пробы | Концентрация $H_2SO_4$ , % | Содержание органических веществ, % | Норма серной кислоты, % |
|---------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| 1       | 55                         | 2                                  | 60                      |
| 2       | 55                         | 2                                  | 80                      |
| 3       | 55                         | 2                                  | 100                     |
| 4       | 55                         | 2                                  | 110                     |
| 5       | 55                         | 4                                  | 60                      |
| 6       | 55                         | 4                                  | 80                      |
| 7       | 55                         | 4                                  | 100                     |
| 8       | 55                         | 4                                  | 110                     |
| 9       | 55                         | 8                                  | 60                      |
| 10      | 55                         | 8                                  | 80                      |
| 11      | 55                         | 8                                  | 100                     |
| 12      | 55                         | 8                                  | 110                     |
| 13      | 65                         | 4                                  | 100                     |
| 14      | 65                         | 4                                  | 80                      |
| 15      | 65                         | 8                                  | 110                     |
| 16      | 65                         | 8                                  | 60                      |

В полученных образцах определяли  $P_2O_{5\text{общ}}$  и  $P_2O_{5\text{усв}}$  по Трилоу Б по общеизвестным методам [12].

**Результаты исследований.** Результаты исследований сведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2 на степень разложения фосфатного сырья влияют как концентрация и норма серной кислоты, так и количество органических веществ.

Так, например, разложение минерализованной массы фосфатного сырья 55%-ной и 65%-ной серной кислотой при постоянной норме серной кислоты (60%) и органических веществ (8%) соответственно привело к увеличению степени разложения фосфатного сырья от 58,12% до 65,45%.

Такая же закономерность наблюдается и при норме серной кислоты 80, 100 и 110% содержащей 2% органических веществ.

Исследование влияния нормы серной кислоты на степень перехода  $P_2O_{5\text{общ}}$  к  $P_2O_{5\text{усв}}$  при постоянной её концентрации показало, что при изменении нормы серной кислоты от 60 до 80, 100 и 110% независимо от нормы органических веществ показало, что увеличение нормы серной кислоты приводит к увели-

чению степени перехода  $P_2O_{5\text{общ}}$  к  $P_2O_{5\text{усв}}$ . Как видно из таблицы 2, с увеличением нормы 55%-ной серной кислоты содержащей 4% органических веществ от 60 до 80, 100, 110% степень перехода  $P_2O_{5\text{общ}}$  в  $P_2O_{5\text{усв}}$  увеличивается от 42,63% до 52,14; 74,23 и 85,88% соответственно. Такая же закономерность проявляется и при использовании 65%-ной серной кислоты.

Ввиду того, что гуминовые кислоты органического вещества угля, вступая в реакции взаимодействия с кальцием фосфатного сырья, позволяют повысить степень разложения фосфорита, увеличение нормы органических веществ в пульпе привело к увеличению степени разложения данного сырья. Из табл. 2 видно, что при норме органических веществ 4 и 8% в образцах № 6 и 10 степень превращения  $P_2O_{5\text{общ}}$  в  $P_2O_{5\text{усв}}$  увеличивается от 52,14 до 61,22% соответственно.

Увеличение концентрации серной кислоты до 65% использованной для разложения фосфатного сырья также повлияло на данную закономерность. Так, применение 65%-ной серной кислоты при норме 60% содержащей 8% органических веществ привело к переходу  $P_2O_{5\text{общ}}$  к  $P_2O_{5\text{усв}}$  на 65,45%, тогда как при

Таблица 2. Влияние массового соотношения компонентов и концентрации серной кислоты на состав азотно-фосфорного удобрения

| № пробы | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> общ, % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> усв., % по трилону Б | $\frac{P_2O_{5\text{усв}}}{P_2O_{5\text{общ}}} \cdot 100$ |
|---------|--------------------------------------|--|---|
| 1       | 10.30                                | 4.01   | 38.93   |
| 2       | 9.30                                 | 4.45   | 47.87   |
| 3       | 8.14                                 | 5.07   | 62.26   |
| 4       | 7.48                                 | 5.55   | 74.18   |
| 5       | 10.26                                | 4.37   | 42.63   |
| 6       | 9.27                                 | 4.83   | 52.14   |
| 7       | 8.10                                 | 6.01   | 74.23   |
| 8       | 7.30                                 | 6.27   | 85.88   |
| 9       | 9.87                                 | 5.74   | 58.12   |
| 10      | 8.69                                 | 5.32   | 61.22   |
| 11      | 8.06                                 | 6.41   | 79.58   |
| 12      | 7.24                                 | 6.48   | 89.45   |
| 13      | 8.11                                 | 6.84   | 84.35   |
| 14      | 9.32                                 | 7.02   | 75.36   |
| 15      | 7.39                                 | 6.82   | 92.23   |
| 16      | 9.92                                 | 5.49   | 65.45   |

использовании 55%-ной серной кислоты этот показатель составлял 58,12%.

Изучение влияния органических веществ на степень разложения фосфорита показало, что увеличение количества органических веществ в серной кислоте приводит к увеличению усвояемой формы P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в образцах. Так, например, для разложения образцов, где применялась 55%-ная серная кислота в норме 80% относительно СаО, но количество органических веществ в них изменялось от 2 до 4, 8% степень перехода P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>общ в P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>усв. составляет от 47,87% до 52,14 и 61,25% соответственно.

Для определения ориентировочного солевого состава исходного сырья и полученного удобрения был использован рентгенографический метод анализа.

На рис. 1 показана рентгенограмма полученного удобрения, где имеются дифракционные пики: 3,75; 2,80; 2,77; 2,46; 2,32; 1,983; 1,927; 1,846, которые характеризуют наличие фторкарбонатапатита. Это свидетельствует о том, что в полученных удобрениях остаются неразложенные фосфориты.

Установлено, что полученное сложное органоминеральное удобрение в основном состоит из моно- и дикальцийфосфатов

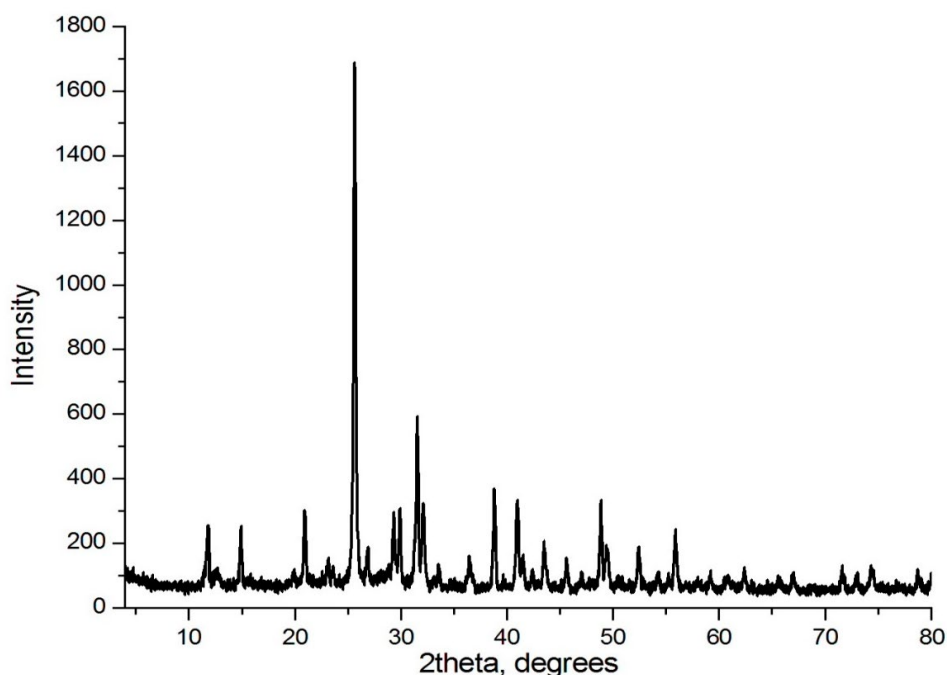


Рис. 1. Рентгенограмма полученного органоминерального удобрения

различных гидратных, сульфатных соединений кальция. Рентгенограмма полученного удобрения свидетельствует о наличии в нем вышеуказанных веществ. Наличие пиков при 2,18; 2,05 Å свидетельствует о наличии  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . Наличие пиков 1,875; 1,85 Å соответствует соединениям  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Пики 1,497; 1,561 Å соответствуют  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Остальные дифракционные пики соответствуют нерастворимым соединениям фосфорита.

Таким образом, результаты исследований показали, что на степень разложения фосфорита влияют как норма серной

кислоты, так и норма органических веществ, а также и концентрация серной кислоты. Оптимальными параметрами получения азотно-фосфорного удобрения являются: норма 65%-ной серной кислоты 60–80%, а также 8% органических веществ относительно монокальцийфосфата. Результаты исследований показывают, что добавление сульфогля к фосфориту после аммонизации способствуют переходу  $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ}}$  в усвояемые для растений формы и сопровождается образованием медленнодействующего органоминерального азотно-фосфорного удобрения.

#### Литература:

1. Позин М. Е. Технология минеральных удобрений. Ленинград «Химия». Ленинградское отделение. 1989. С. 144–183.
2. Алимов У. К., Реймов А. М., Намазов Ш. С. Активация рядовой фосмуки Центральных Кизилкумов частично аммонизированной экстракционной фосфорной кислотой // Материалы конференции «Актуальные проблемы химической переработки фосфоритов Центральных Кизилкумов». Ташкент. 2006. С. 47–51.
3. Ирецкая с. Н., Ярош Е. Б., Дмитриевский Б. А. Получение медленно-действующих удобрений из карбонатсодержащих фосфоритов и полупродуктов азотнокислотной переработки фосфатного сырья // Журнал прикладной химии. 1993. Т. 66 № 9. С. 1921–1926.
4. Бродский А. А., Евдокимова Л. И., Букколини Н. В., Лобачёва М. П. Использование бедных фосфоритов в технологии НРК удобрений // Химическая промышленность. 1999. Т. 76. № 11. С. 716–719.
5. Сейтназаров А. Р., Тукешов А. Т., Мирзакулов Х. Ч., Намазов Ш. С., Беглов Б. М. Химическая активация фосфоритов Центральных Кизилкумов // Доклады АН РУз. 2003. № 4. С. 48–51.
6. Садииков Б. Б., Волинскова Н. В., Намазов Ш. С., Беглов Б. М. Технология производства азот-фосфор-серукальцийсодержащего удобрения под названием «Супрефос» // Химическая промышленность. 2008; Т. 85. № 3. С. 127–134.
7. Реймов А. М. Новые одинарные фосфорные удобрения на основе фосфорно-кислотно-гипсовой пульпы и Кизилкумских фосфоритов. // Узбекский химический журнал. 2010. № 3.
8. Усанбоев Н. Х., Намазов Ш. С., Беглов Б. М. Исследование процесса получения органоминеральных удобрений на основе Ангренского бурого угля и пылевидной фракции фосфоритов Центральных Кизилкумов // Узбекский химический журнал. 2006. № 6. С. 20–23.
9. Жуманова М. О, Усанбоев Н. Х., Намазов Ш. С., Беглов Б. М. Окисление бурого угля Ангренского месторождения смесью азотной и серной кислот // Химическая промышленность. 2009. Т. 86. № 5. С. 217–226.
10. Сейтназаров А. Р., Намазов Ш. С., Мирзакулов Х. Ч., Беглов Б. М. Механохимическая активация рядовой фосфоритовой муки Центральных Кизилкумов // Доклады АН РУз. — 2003. — № 2. — С. 40–43.
11. Садииков Б. Б. Технология получения комплексных азотнофосфорных серу- и кальций содержащих удобрений на основе фосфоритов Центральных Кизилкумов: Автореф. дисс... канд. техн. наук. — Ташкент, ИОНХ АН РУз, 2008, — 25 с.
12. Винник М. М., Ербанова Л. Н., Зайцев П. М. и др. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов. // М.: Химия, 1975–213 с.



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## Абстрактные и динамически сгенерированные контроллеры в ASP.NET

Асылгареев Рустам Фанилевич, студент магистратуры  
Казанский (Приволжский) федеральный университет

*В данной статье будет рассмотрен подход автоматически сгенерированных контроллеров в одной из самых популярных технологий для написания веб-сайтов — ASP.NET Core MVC.*

**Ключевые слова:** разработка ПО, C#, ASP.NET, MVC, контроллеры, метапрограммирование.

Информационные технологии имеют чрезвычайно тесную взаимосвязь с наукой. Десятилетия кропотливых исследований, идущих бок о бок с научными методами, являются результатом изобретения цифровых инструментов, которые предыдущие поколения назвали бы магией.

И в наши дни, в годы расцвета ИТ, можно встретить подходы, инструменты и концепты делающие такие вещи, которые лет десять или пятнадцать назад казались невозможными. Такую вещь можно встретить в мире объектно-ориентированного программирования под названием метапрограммирование.

Метапрограммирование — это процесс написания программ, которые могут создавать другие программы. Это один из самых недоиспользуемых и плохо изученных методов программирования. Положительная черта метапрограммирования заключается в том, что оно позволяет программистам минимизировать количество строк кода для выражения решения в декларативном стиле или дает программам большую гибкость для эффективной обработки новых ситуаций без перекомпиляции.

Несмотря на то, что метапрограммирование широко распространено в некоторых языках программирования, оно не получает должного внимания. Это, потенциально, очень мощный, и малоизученный концепт, который может быть использован как инструмент позволяющий абстрагироваться от большинства проблем абсолютно на любом проекте и минимизировать затраты на разработку.

### MVC-контроллеры

Одна из тех наиболее повторяющихся тем, которые, довольно часто обсуждается среди веб-разработчиков.NET и не только, — это использование универсальных контроллеров для определения конечных точек, маршрутов в их веб-API. Такое высокое внимание к этому оправдано, ведь почти любое веб-приложение, написанное с помощью MVC, использует в себе десятки и сотни различных контроллеров. Поэтому существует множество взглядов на то, как это должно быть реализовано.

Хотя потребность или выгоду в универсальных контроллерах не всегда оправдана ввиду некоторой сложности в реализации, можно себе представить, что особенно в контексте предприятия существуют сценарии, в которых раскрытие аналогично структурированных контроллеров, которые предлагают конечные HTTP маршруты для методов чтения и записи могут иметь некоторую ценность для бизнеса.

Давайте тогда посмотрим на универсальные контроллеры и на то, как мы могли бы также их динамически типизировать и использовать.

### Тестовая доменная область и репозиторий

Итак, для ознакомительных целей придумаем пару типов. Во-первых, нам понадобятся некоторые фиктивные сущности, которые будут представлять наши объекты данных, а также будут в доступны из API нашего приложения.

Давайте рассмотрим две тестовые сущности, с которыми мы будем работать:

Помимо наших сущностей, давайте также придумаем очень простой и универсальный механизм хранения. Это полностью демонстрационный код, и его единственная цель состоит в том, чтобы мы могли заполнить наш контроллер каким-то более значимым кодом.

Универсальный сервис хранения данных, придуманный для данной статьи, очень прост и основан на словаре в памяти. Частично сервис представляет из себя реализацию паттерна «Репозиторий» и предоставляет только операции чтения и сохранения:

```
1 public class Book
2 {
3     public Guid Id { get; set; }
4
5     public string Title { get; set; }
6
7     public string Author { get; set; }
8 }
9
10 public class Album
11 {
12     public Guid Id { get; set; }
13
14     public string Title { get; set; }
15
16     public string Artist { get; set; }
17 }
```

Рис. 1. Демонстрационные сущности

```
1 public class Storage<T> where T : class
2 {
3     private Dictionary<Guid, T> storage = new Dictionary<Guid, T>();
4
5     public IEnumerable<T> GetAll() => storage.Values;
6
7     public T GetById(Guid id)
8     {
9         return storage.FirstOrDefault(x => x.Key == id).Value;
10    }
11
12    public void AddOrUpdate(Guid id, T item)
13    {
14        storage[id] = item;
15    }
16 }
```

Рис. 2. Универсальный сервис хранения данных

Наконец, вооружившись всем этим, мы можем приступить к рассмотрению видов универсальных контроллеров.

### Абстрактный контроллер

Абстрактные контроллеры не поддерживаются из коробки по ASP.NET ядро MVC. Тем не менее, нетрудно представить, как будет выглядеть такой контроллер:

```
1 [Route("api/[controller]")]
2 public class BaseController<T> : Controller where T : class
3 {
4     private Storage<T> _storage;
5
6     public BaseController(Storage<T> storage)
7     {
8         _storage = storage;
9     }
10
11    [HttpGet]
12    public IEnumerable<T> Get()
13    {
14        return _storage.GetAll();
15    }
16
17    [HttpGet("{id}")]
18    public T Get(Guid id)
19    {
20        return _storage.GetById(id);
21    }
22
23    [HttpPost("{id}")]
24    public void Post(Guid id, [FromBody]T value)
25    {
26        _storage.Add(id, value);
27    }
28 }
```

Здесь не так уж много нужно обсуждать, поскольку код говорит сам за себя — мы просто выставляем операции из нашего общего хранилища как операции GET/POST. Мы могли бы пойти дальше, добавив PUT, DELETE или что-то еще, но фактические детали реализации здесь имеют второстепенное значение.

Как уже упоминалось, ASP.NET ядро не будет рассматривать BaseController<T> как допустимый контроллер. Причина вполне очевидна — он не знал бы, что положить в букву «Т». [3]

Давайте теперь рассмотрим, как мы могли бы решить это проблему.

### Подход 1. Наследование от абстрактного контроллера

Самым простым решением было бы сделать дочерние контроллеры, которые наследуются от BaseController<T> и заполняют параметр T. Таким образом дочерние контроллеры могут быть обнаружены и использованы в MVC — структуре без каких-либо проблем.

```

1 public class BookController : GenericController<Book>
2 {
3     public BookController(Storage<Book> storage) : base(storage)
4     {
5     }
6 }
7
8 public class AlbumController : GenericController<Album>
9 {
10    public AlbumController(Storage<Album> storage) : base(storage)
11    {
12    }
13 }
    
```

Рис. 4. Дочерние контроллеры, реализующие GenericController<T>

Код, показанный выше сразу же работает, и никакие дополнительные настройки или пользовательские расширения не требуются. Имена наших контроллеров Book и Album вставляются в шаблон маршрута из базового класса [Route(«api/ [controller]»)], и все определенные операции GET/POST доступны автоматически.

Конечно, этот подход не самый лучший, потому что он диктует что мы должны вручную создать тип контроллера для каждого типа сущности, которое мы хотели бы включить в наше приложение.

### Подход 2. Динамические контроллеры

Мы могли бы избежать необходимости вручную создавать тип контроллера для каждой сущности, если мы создадим наш собственный пользовательский интерфейс IApplicationFeatureProvider<ControllerFeature>.

Этот интерфейс вызывается при запуске приложения и позволяет нам явно вводить определенные типы, которые должны рассматриваться MVC механизмом как контроллеры. Это означает, что мы могли бы использовать в качестве контроллеров определенные типы, которые обычно не были бы обнаружены механизмом обнаружения MVC контроллеров по умолчанию.

В нашем случае мы могли бы использовать этот подход, чтобы сопоставить наш BaseController<T> с конкретными типами сущностей и использовать их в качестве конкретных контроллеров.

Чтобы это реализовать, нам нужно будет ввести дополнительный декоратор. Для этого введем атрибут GeneratedControllerAttribute.

Он будет использоваться нами для обозначения типов, которые мы хотели бы использовать совместно с BaseController<T> в качестве маршрутов HTTP.

Очевидно, что мы могли бы сделать это и по-другому, то есть выделив определенную сборку для доменных моделей, и просто создав контроллеры для всех типов — это зависит от требований системы и потребностей заказчика.

```

1 [AttributeUsage(AttributeTargets.Class, AllowMultiple = false)]
2 public class GeneratedControllerAttribute : Attribute
3 {
4     public GeneratedControllerAttribute(string route)
5     {
6         Route = route;
7     }
8
9     public string Route { get; set; }
10 }
    
```

Рис. 5. Атрибут GeneratedControllerAttribute

Как часть атрибута, мы также закладываем указание маршрута. Это позволит нам иметь пользовательский базовый путь для каждого из наших типов, а не полагаться на общий унаследованный маршрут.

Следующим шагом является введение вышеупомянутой реализации `IApplicationFeatureProvider<ControllerFeature>`, которая будет обнаруживать типы, декорированные атрибутом, создавать универсальные типы контроллеров и включать их в качестве контроллеров для платформы MVC.

```
1 public class GenericTypeControllerFeatureProvider : IApplicationFeatureProvider<Cont
2   rollerFeature>
3   {
4     public void PopulateFeature(IEnumerable<ApplicationPart> parts, ControllerFeatur
5     e feature)
6     {
7         var currentAssembly = typeof(GenericTypeControllerFeatureProvider).Assembly;
8         var candidates = currentAssembly.GetExportedTypes().Where(x => x.GetCustomAt
9         tributes<GeneratedControllerAttribute>().Any());
10
11         foreach (var candidate in candidates)
12         {
13             feature.Controllers.Add(
14                 typeof(BaseController<>).MakeGenericType(candidate).GetTypeInfo()
15             );
16         }
17     }
18 }
```

Рис. 6. Реализация `GenericTypeControllerFeatureProvider`

Нам все еще нужно обрабатывать маршруты, которые мы определили как часть нашего `GeneratedControllerAttribute`. Мы можем сделать это с помощью настраиваемой конвенции MVC [2].

В нашей конвенции мы возьмем шаблон маршрута из атрибута и введем его в контроллер, как если бы это был встроенный маршрут атрибута (эквивалентно использованию атрибута `[Route(...)]` на контроллере).

```
1 public class GenericControllerRouteConvention : IControllerModelConvention
2   {
3     public void Apply(ControllerModel controller)
4     {
5         if (controller.ControllerType.IsGenericType)
6         {
7             var genericType = controller.ControllerType.GenericTypeArguments[0];
8             var customNameAttribute = genericType.GetCustomAttribute<GeneratedContro
9             llerAttribute>();
10
11             if (customNameAttribute?.Route != null)
12             {
13                 controller.Selectors.Add(new SelectorModel
14                 {
15                     AttributeRouteModel = new AttributeRouteModel(new RouteAttribute
16                     (customNameAttribute.Route)),
17                 });
18             }
19         }
20     }
21 }
```

Рис. 7. Настраиваемая конвенция MVC

Во время выполнения кода мы перебираем все зарегистрированные в сборке контроллеры, и если у кого-то из них есть аргументы универсального типа (например, `BaseController<T>` или `BaseController<Book>`), мы будем выбирать маршрут из атрибута и использовать его в качестве так называемой `SelectorModel`. Опять же, в конце концов, это эквивалентно определению встроенного маршрута атрибутов.

Обе пользовательские функции: `GenericTypeControllerFeatureProvider` и `GenericControllerRouteConvention` — должны быть добавлены в сборку MVC при запуске. Это делается как часть класса `Startup`, как только мы вызываем `AddMvc()` [1].

```
1 public void ConfigureServices(IServiceCollection services)
2 {
3     services.AddSingleton(typeof(Storage<>));
4     services.
5         AddMvc(o => o.Conventions.Add(
6             new GenericControllerRouteConvention()
7         )).
8         ConfigureApplicationPartManager(m =>
9             m.FeatureProviders.Add(new GenericTypeControllerFeatureProvider()
10         ));
11 }
```

Рис. 8. Регистрация `GenericTypeControllerFeatureProvider` и `GenericControllerRouteConvention`

Наконец, мы должны добавить атрибут для сущностей:

```
1 [GeneratedController("api/book")]
2 public class Book
3 {
4     public Guid Id { get; set; }
5
6     public string Title { get; set; }
7
8     public string Author { get; set; }
9 }
10
11 [GeneratedController("api/v1/album")]
12 public class Album
13 {
14     public Guid Id { get; set; }
15
16     public string Title { get; set; }
17
18     public string Artist { get; set; }
19 }
```

Рис. 9. Пример использования реализованного функционала

Код показанный выше заставит работать эти классы как объекты контроллеров. Теперь мы можем добавить сколько угодно типов DTO, декорировать их атрибутом `GeneratedControllerAttribute` и использовать их как общедоступный вызываемый HTTP маршрут.

Литература:

1. Рихтер CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 2.0 на языке C# / Рихтер, Джеффри.— М.: Питер, 2012.— 656 с.
2. Робинсон, с. C# для профессионалов / С. Робинсон, О. Корнес, Д. Глинн, и др.— М.: ЛОРИ, 2018.— 779 с.
3. Альфред, В. Ахо Компиляторы. Принципы, технологии и инструментарий / Альфред В. Ахо и др.— М.: Вильямс, 2015.— 266 с.

## Сравнение работы алгоритмов кластеризации

Егорова Ирина Евгеньевна, студент магистратуры  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

**Ключевые слова:** машинное обучение, обучение без учителя, кластеризация, метод  $k$ -средних, DBSCAN, агломеративная кластеризация, иерархическая кластеризация.

В современном мире машинное обучение получило широкую популярность. С помощью машин решается множество задач, машинное обучение проникает во все сферы нашей жизни: от чат-бота до диагностики раковых опухолей на ранних стадиях. Все больше задач, которые человек пытается отдать искусственному интеллекту.

Сегодня машинное обучение разделяют на 3 типа:

1. Обучение с учителем;
2. Обучение без учителя;
3. Обучение с подкреплением.

Обучение с учителем представляет из себя процесс, аналогичный обучению человека. Есть данные, сеть и человек, который пишет нейронную сеть. В этом случае человек заранее обрабатывает данные, относит каждый объект к классу. Нейронная сеть учится на полностью готовых, размеченных человеком данных [1].

Обучение без учителя отличается тем, что данные не размечены. Рассматривая пример отнесения объекта к классу, можно сказать, что сеть ищет закономерности в наборе данных без вмешательства человека и сама определяет количество классов [1].

Обучение с подкреплением — вид машинного обучения, при котором сеть обучается, взаимодействуя со средой, в которую ее поместили. Она реагирует на сигналы именно среды, а не человека, который ее пишет. В этом состоит основная разница между обучением с учителем и обучением с подкреплением [2].

На данный момент обучение без учителя представляет наибольший интерес, т.к. данные в реальном мире крайне редко размечены и подготовлены для обучения сети. В данной статье будут рассмотрены алгоритмы обучения без учителя (кластеризация) и приведена сравнительная аналитика методов.

Кластеризация — задача разбиения множества объектов на кластеры (группы) по уровню подобия (схожести). Каждая группа должна содержать максимально похожие друг на друга объекты. При этом объекты из разных групп должны быть максимально различны. Количество кластеров заранее неизвестно, его необходимо определить в процессе работы.

Существует множество различных алгоритмов кластеризации. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Невозможно определить лучший алгоритм, т.к. зачастую один и тот же алгоритм на одном наборе данных продемонстрирует только свои преимущества, а на другом — только недостатки.

Для демонстрации работы алгоритмов сгенерировано несколько разных наборов данных (Рис. 1). Чтобы провести сравнение трех алгоритмов будем тестировать каждый алгоритм на каждом наборе данных.

Рассмотрим три алгоритма кластеризации:

1. Метод  $k$ -средних;
2. Метод DBSCAN;
3. Агломеративный метод.

### Метод $k$ -средних

Отличительной чертой данного метода является наличие центроидов каждого кластера. Центроидом является точка, находящаяся посередине кластера. Каждый рассматриваемый объект будет относиться к кластеру, расстояние до которого минимально [3].

На самом первом этапе алгоритма центроиды выбираются случайно или же по некоторому заранее заданному правилу. Следующим этапом является отнесение объекта к какому-либо

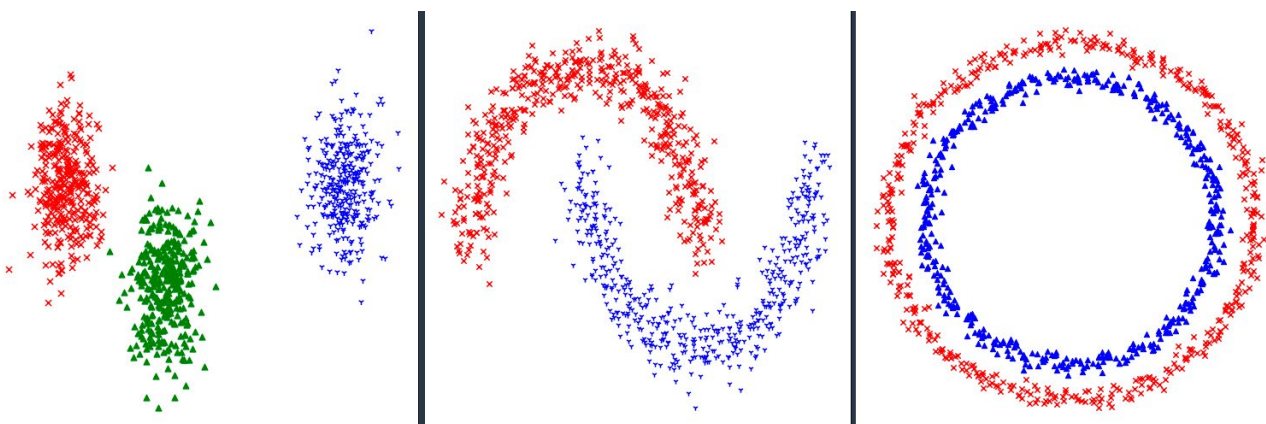


Рис. 1. Распределение наборов данных



кластеру. После этого происходит перерасчет координат центроида. Это повторяется на каждом шаге, т.е. после каждого нового кластеризованного объекта, пока не будет исчерпано входное множество. После этого работу алгоритма можно считать законченной.

### Метод DBSCAN

Данный метод основан на плотности данных в пространстве признаков. Алгоритм группирует плотнорасположенные объекты вместе, а объекты, находящиеся дальше определенного расстояния, считает шумовыми точками [4].

Работа алгоритма начинается с произвольной точки, которая не была рассмотрена ранее. Выбирается окрестность точки, определенного радиуса. Если она содержит достаточное количество точек, чтобы объединить их в один кластер, происходит объединение. Если найдена точка, принадлежащая какому-либо кластеру, то ее окрестность тоже является частью кластера. Следовательно, все точки, находящиеся в ее области, тоже являются частью этого кластера. Этот процесс продолжается пока не останется свободных точек. Все точки будут либо

принадлежать одному кластеру, либо являться шумовыми точками.

### Агломеративный метод

Является частным случаем иерархической кластеризации. В данном методе кластеры представляются в виде иерархии. Агломеративный метод представлен как подход «снизу-вверх», т.е. каждый объект на первом этапе представляет из себя отдельный кластер [5]. На следующем шаге измеряется расстояние между кластерами, и ближайшие пары кластеров объединяются по мере продвижения вверх по иерархии. Этот процесс продолжается пока все данные не будут объединены в один кластер, либо не наступит условие остановки метода. В качестве условия может выступать определенное расстояние между кластерами.

### Сравнение методов

Рассмотрим первый набор данных. Хаотично расположенные точки, но легко разделимы визуально.

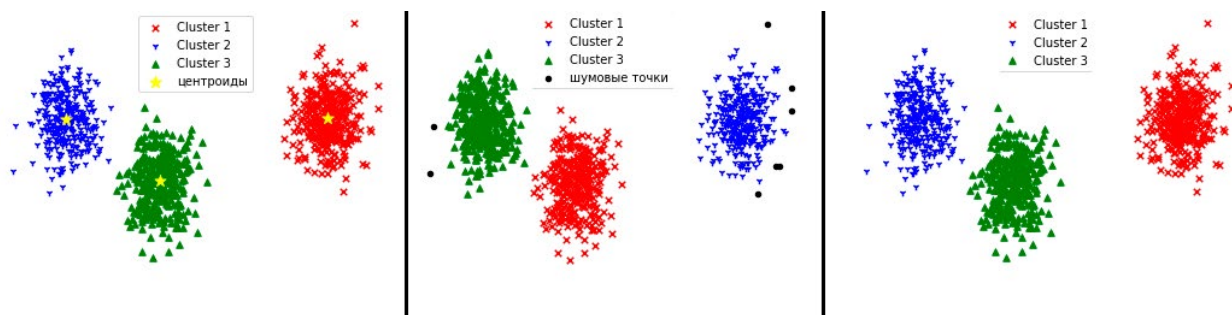


Рис. 2. Работа методов на первом наборе данных

Метод k-средних очень хорошо справляется с данными, в которых кластеры выделены явно. На этом наборе данных видно, что метод кластеризовал данные очень точно.

Метод DBSCAN не смог отнести некоторые точки к кластерам и посчитал их шумовыми.

Агломеративный метод отлично справился с задачей.

Рассмотрим второй набор данных. Он является более сложным, т.к. не является линейно разделимым.

Как мы видим на рис. 3, метод k-средних не смог верно разделить данные. Это связано с тем, что идея алгоритма заключается в том, что необходимо находить точки вокруг центров.

Метод DBSCAN кластеризовал данные точно, определив несколько точек, как шумовые. В этом случае данные располагаются довольно-таки плотно. Это облегчает процесс кластеризации для метода.

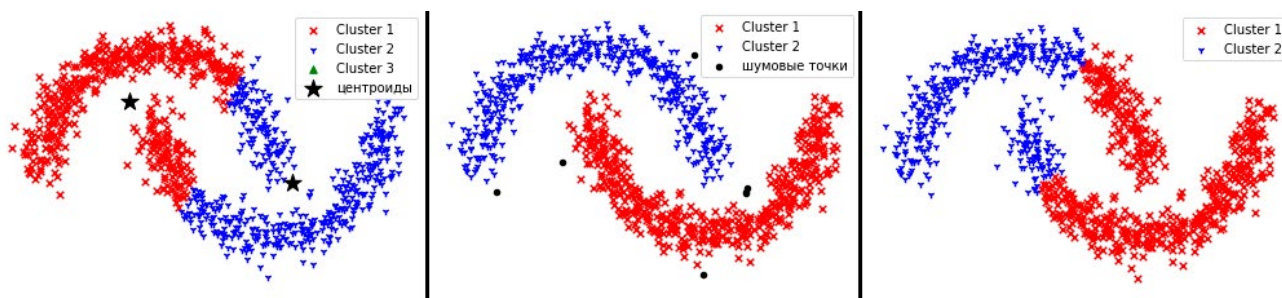


Рис. 3. Работа методов на втором наборе данных

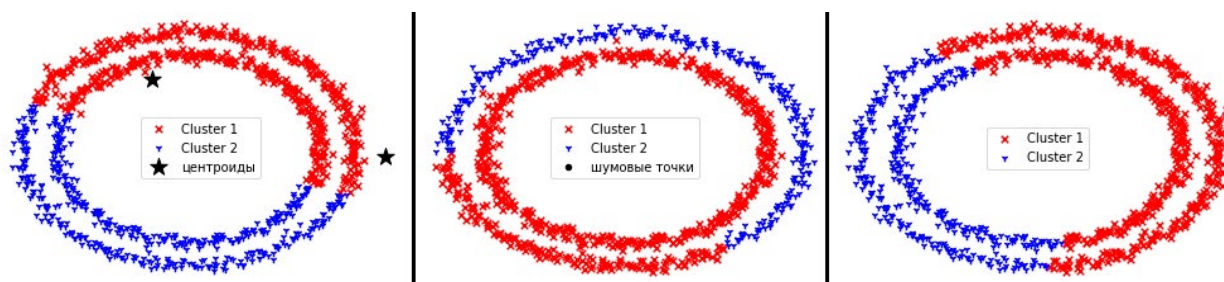


Рис. 4. Работа методов на третьем наборе данных

Агломеративный метод отработал практически, как и метод  $k$ -средних.

Рассмотрим третий набор данных.

Третий набор данных оказался наиболее сложным для всех методов.

Метод  $k$ -средних правильно определил лишь половину объектов каждого класса.

DBSCAN полностью определил все данные относящиеся к первому кластеру, но при этом неверно определил часть данных второго кластера.

Агломеративный метод и в этом случае оказался близок к методу  $k$ -средних.

Таким образом, можно сделать вывод, что на плотностногруппированных данных все методы хорошо отработали. Если форма данных произвольная, метод DBSCAN показывает лучшие результаты, но его недостатком является то, что в любом наборе данных будут шумовые точки. Если данные собраны в группы в произвольной форме, удобен метод агломеративной кластеризации.

Сгенерированные наборы данных хорошо показали, что нельзя определить лучший метод кластеризации. Выбор метода должен быть обусловлен, в первую очередь, входными данными.

#### Литература:

1. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. — 1992.
2. Саттон Р. С., Барто Э. Г. Обучение с подкреплением // М.: Бином. — 2011.
3. Arthur D., Vassilvitskii S. How slow is the  $k$ -means method? // Proceedings of the twenty-second annual symposium on Computational geometry. — 2006. — С. 144–153.
4. Ester M. et al. A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise // Kdd. — 1996. — Т. 96. — № 34. — С. 226–231.
5. Gowda S. D. et al. An hybrid validity index for dynamic cut-off in hierarchical agglomerative clustering // 2014 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI). — IEEE, 2014. — С. 2205–2211.

## Разработка тренировок по оперативным переключениям в нормальных и аварийных режимах работы в программном комплексе «Модус»

Закиров Рустам Фанилевич, студент магистратуры  
Нижевартовский государственный университет

*В статье автор рассказывает о полезности применения компьютерных тренажеров, описывает опыт разработки тренировок по оперативным переключениям.*

**Ключевые слова:** тренажер, обучение, оперативные переключения.

**П**одготовка оперативного персонала, способного безопасно и эффективно работать, достаточно трудоемкий процесс. Автоматизация приводит к повышению надежности оборудования и бесперебойности технологических процессов, снижению частоты нештатных и аварийных ситуаций. Вследствие этого, оперативный персонал с течением времени утрачивает

навыки качественного и надежного исполнения своих обязанностей в аварийной и нештатной ситуациях [1, 2].

При этом следует учитывать переоборудование подстанций с целью централизации контроля и управления оборудованием и режимом подстанции, заключающееся в переносе этих функций с главного щита управления в ав-



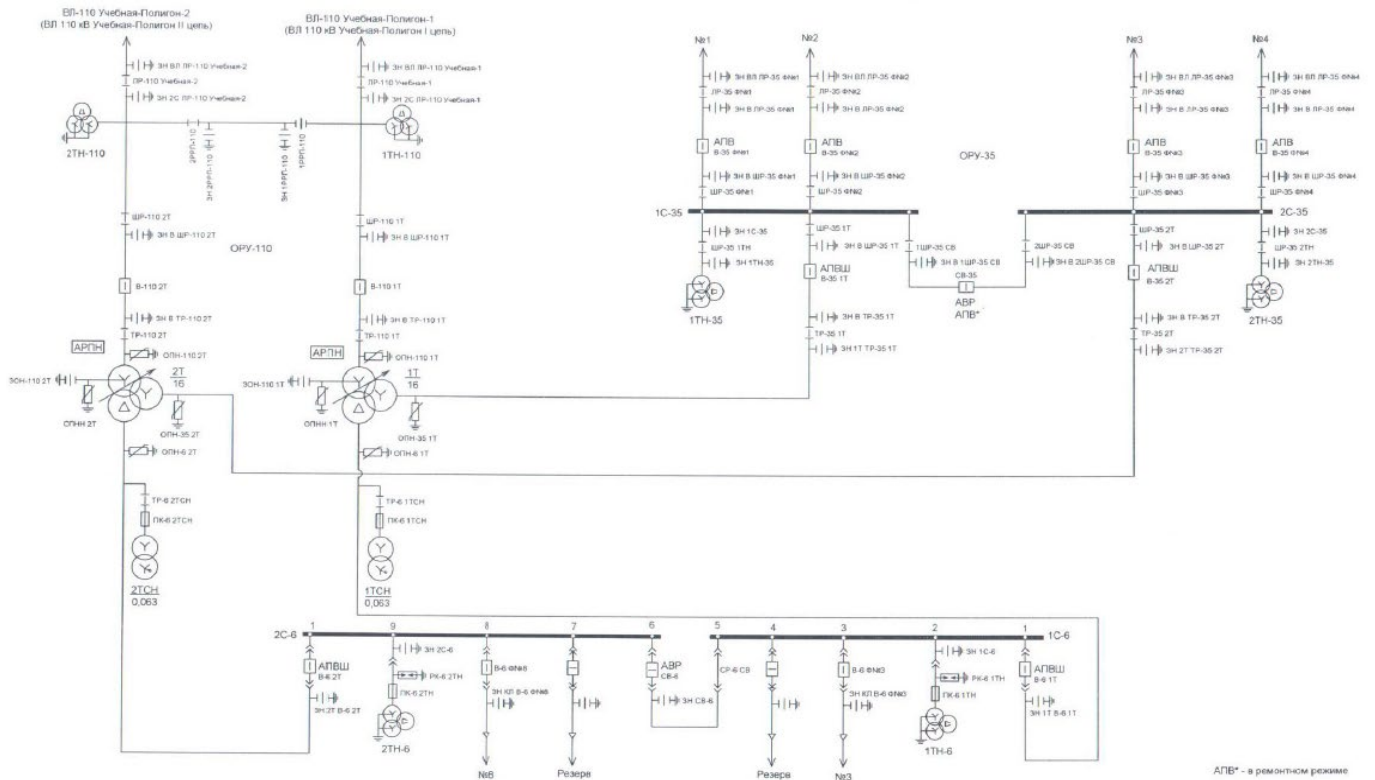


Рис. 1. Схема подстанции 110/35/6 «Полигон»

томатизированное рабочее место автоматизированной системы управления технологическим процессом, реализованное в виде программного обеспечения, установленного на компьютере [1].

Вследствие вышесказанного в процессе подготовки и тренировки операторов, а также обучения студентов соответствующих направлений целесообразно использовать компьютерные тренажеры, являющиеся максимально идентичными моделями реальных подстанций и позволяющие реализовы-

вать все действия оперативно-диспетчерского персонала, выполняемые на действующей установке.

Схема подстанции, для которой разрабатывается тренажер, представлена на рис. 1.

Применяемый для разработки программный комплекс «Модус» обеспечивает возможность создавать графические схемы, настраивать поведение оборудования, представленного на схеме, настраивать работу средств релейной защиты и автоматики, создавать тренировки и собирать их в курсы [3].

| Зоны                            | Узлы                             | Каналы           | Блокировки        | Управление | Статус | Правила | СУБГ |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------|-------------------|------------|--------|---------|------|
| Команды                         |                                  |                  |                   |            |        |         |      |
| Источники                       | Зависимости                      | По панелям       | Индикация         |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.1Т-110\35\6\У   | ПС Полигон\В-110 1Т              | положение        | Свойство прием... |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.1Т-110\35\6\У   | Щит упр.\Трансф.1Т-110\35\6\У\РН | К_трансф         |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.2Т-110\35\6\У   | ПС Полигон\В-110 2Т              | положение        |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\УЧ-6к\УЧУ В-6к 1Т      | ПС Полигон\В-6кВ 1Т              | положение        |                   |            |        |         |      |
| КРУ\В-6 1Т\ШП В-6 1Т            | ПС Полигон\В-6кВ 1Т              | опер_ток_привода |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\УЧ-35к\УЧУ В-35кВ 1Т   | ПС Полигон\В-35 1Т               | положение        |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\УЧ-35к\УЧУ В-35кВ 2Т   | ПС Полигон\В-35 2Т               | положение        |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\УЧ-35к\УЧУ В-35кВ ФН#1 | ПС Полигон\В-35 ФН#1             | положение        |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\УЧ-35к\УЧУ В-35кВ ФН#2 | ПС Полигон\В-35 ФН#2             | положение        |                   |            |        |         |      |
| КРУ\В-6 ФН#2\УЧУ В-6 ФН#2       | ПС Полигон\В-6кВ ФН#2            | положение        |                   |            |        |         |      |
| КРУ\В-6 ФН#2\ШП В-6 ФН#2        | ПС Полигон\В-6кВ ФН#2            | опер_ток_привода |                   |            |        |         |      |
| КРУ\В-6 ФН#1\ШП В-6 ФН#1        | ПС Полигон\В-6кВ ФН#1            | опер_ток_привода |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\УЧ-6к\УЧУ СВ-6кВ       | ПС Полигон\СВ-6кВ                | положение        |                   |            |        |         |      |
| КРУ\В-6 ФН#1\УЧУ В-6 ФН#1       | ПС Полигон\В-6кВ ФН#1            | положение        |                   |            |        |         |      |
| Элемент                         |                                  |                  |                   |            |        |         |      |
| ПС Полигон\Предок. вкл          | Состояние                        | Условие          | положение         |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В заво.откл          |                                  | блокировать      |                   |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.1Т - откл       |                                  | блокировать      |                   |            |        |         |      |

| Зоны                   | Узлы                           | Каналы     | Блокировки        | Управление | Статус | Правила | СУБГ |
|------------------------|--------------------------------|------------|-------------------|------------|--------|---------|------|
| Команды                |                                |            |                   |            |        |         |      |
| Контроллер             | Зависимости                    | По панелям | Индикация         |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.1Т-110 | Щит упр.\Трансф.1Т-110         | положение  | Свойство Индик... | режим_РПН  |        |         |      |
| ПС Полигон\В-110 2Т    | Щит упр.\Трансф.2 м_ток        |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В-6кВ 1Т    | Щит упр.\УЧ-6кВ\1 м_ток        |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\1С-6        | Щит упр.\УЧ-6кВ\1 м_напряжение |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\2С-6        | Щит упр.\УЧ-6кВ\2 м_напряжение |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В-35 1Т     | Щит упр.\УЧ-35кВ\1 м_ток       |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В-35 2Т     | Щит упр.\УЧ-35кВ\2 м_ток       |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В-35 ФН#1   | Щит упр.\УЧ-35кВ\1 м_ток       |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В-35 ФН#2   | Щит упр.\УЧ-35кВ\2 м_ток       |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\СВ-6кВ      | Щит упр.\УЧ-6кВ\1 м_ток        |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| ПС Полигон\СВ-35       | Щит упр.\УЧ-35кВ\1 м_ток       |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.2Т-110 | Щит упр.\Трансф.2Т-110         | положение  | режим_РПН         |            |        |         |      |
| ПС Полигон\В-110 2Т    | Щит упр.\Трансф.2 м_ток        |            | есть_значение     |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.1Т-110 | Щит упр.\Трансф.1Т-110         | положение  | положение         |            |        |         |      |
| Щит упр.\Трансф.2Т-110 | Щит упр.\Трансф.2Т-110         | положение  | положение         |            |        |         |      |
| Элемент                |                                |            |                   |            |        |         |      |
| ПС Полигон\Предок. вкл | Состояние                      | Условие    | положение         |            |        |         |      |

Рис. 2. Команды и зависимости в аниматоре схем

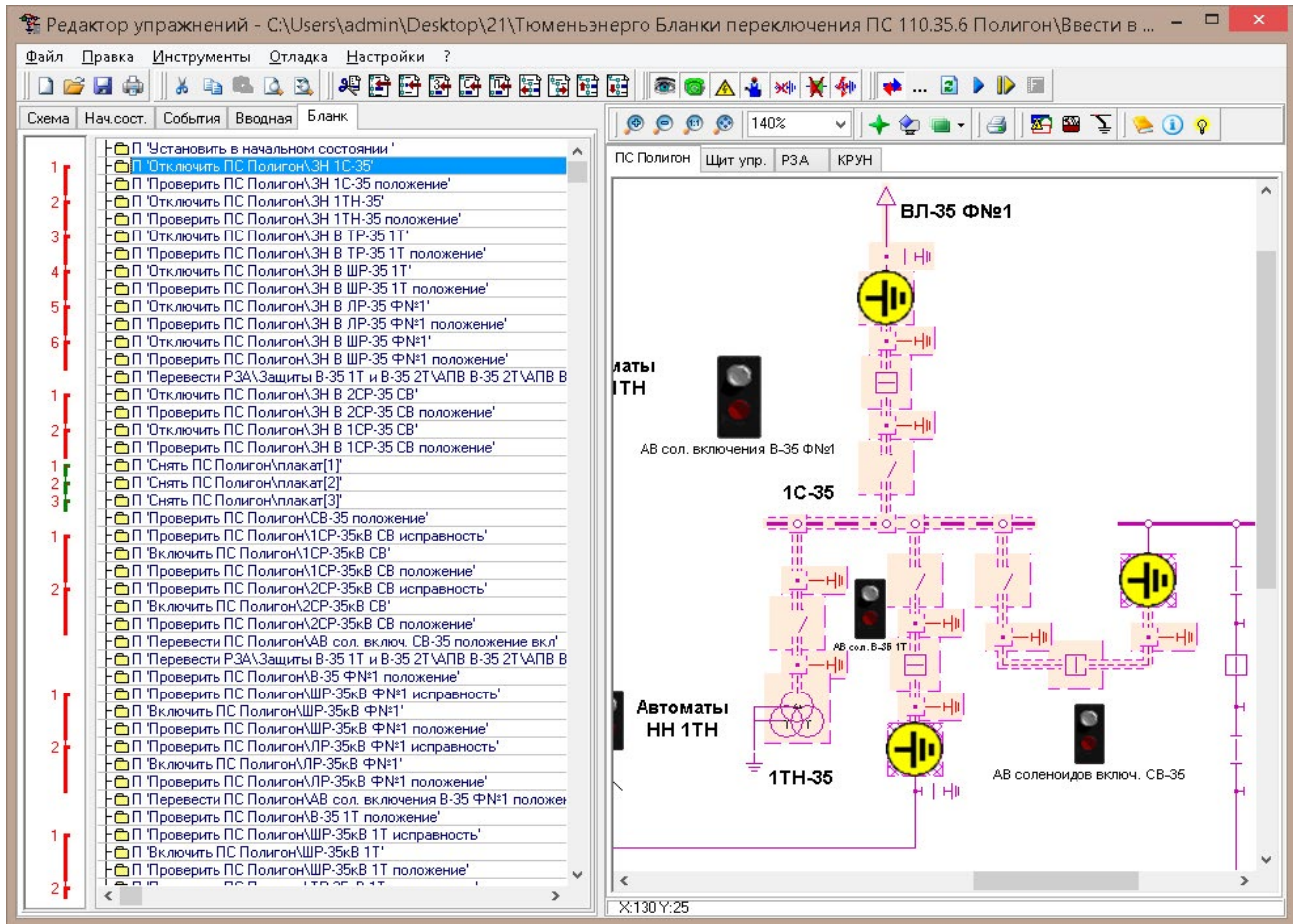


Рис. 3. Окно редактора упражнений

В автоматизированном рабочем месте (далее АРМ), являющемся совокупностью графической схемы подстанции, схематически изображенных щита управления и шкафов релейной защиты и автоматики, и комплектных распределительных устройств, настроены работа индикации, блокировок, зависимостей и команд между элементами АРМ (Рис. 2). Для АРМ разработаны тренировки для нормальных и аварийных режимов работы подстанции. В качестве примера представлено окно редактора упражнений, в котором открыта тренировка «Ввести в работу» на рис. 3.

В левой части окна представлена область альтернатив бланка, отображающая настроенные разрешенные очередности и необязательные действия. Настроенные альтернативы разрешают выполнять действия в альтернативной последовательности. Правее располагается область бланка, в котором описывается изначальная очередность действий, ожидаемых от пользователя, являющаяся идеальной и верной в случае, если

не настроены альтернативы. В правой части окна располагается интерактивная схема подстанции.

Тренировки с применением компьютерного тренажера дают возможность оперативному персоналу безопасно для себя и настоящей подстанции выучить типовые переключения в аварийных и нормальных режимах работы, понимать и осознавать важность выполнения строгой последовательности действий, запоминать элементы панелей управления и защит, размещение коммутационных аппаратов установки, участвующих в переключениях, быстрее подготавливать молодых специалистов по новой должности, изучать стажировавшимся схему электроустановки, состав первичного оборудования и зоны действия релейных защит и автоматики.

На момент написания статьи уже разработаны и реализованы 12 тренировочных заданий, ожидается внедрение в процесс обучения студентов.

#### Литература:

1. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. / В.В. Денисенко — М.: Горячая линия — Телеком, 2009. — 608 с.
2. Скрыбин Н.П. Оперативное управление распределительными электрическими сетями: учебное пособие / Н.П. Скрыбин, Н.Д. Поздеев, А.Н. Алюнов. — Вологда: ВоГТУ, 2011. — 123 с.
3. Официальный сайт компании Модус [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://swman.ru>. — Загл. с экрана.
4. Правила устройства электроустановок. 7-е и 6-е изданий. — СПб.: Издательство ДЕАН, 2013. — 1168 с.

## Автоматизированные информационные системы управления учебным процессом в педагогическом вузе

Малеева Надежда Геннадьевна, студент магистратуры

Научный руководитель: Софронова Наталия Викторовна, доктор педагогических наук, профессор  
Чувашский государственный педагогический университет имени И. Я. Яковлева (г. Чебоксары)

*В данной статье рассмотрены автоматизированные информационные системы для организации процесса управления учебным процессом в вузе.*

**Ключевые слова:** документ, документооборот, автоматизированная информационная система, учебный процесс, высшее учебное заведение.

Компьютеризация — благо нашего времени, достигшее всех сторон жизни человека, и в первую очередь работы. Компьютер давно заменяет людей при выполнении самых рутинных работ, и постепенно проникает во все более интеллектуальные и творческие разделы человеческой деятельности.

Проблема работы с документами знакома практически каждому, вне зависимости от сферы деятельности и должности. Постоянные исправления и дополнения документа, который приходится печатать много раз, а потом собирать подписи всех ответственных лиц и передавать в обработку. В зависимости от типа хранения все документы можно разбить на два вида: бумажные и электронные [3]. С точки зрения удобства в электронном виде с документами работать гораздо проще. Их быстрее создавать, редактировать, хранить.

Любая организация, решившись на внедрение автоматизированной информационной системы для работы с документами, сталкивается с такой проблемой как, какую же систему выбрать. На сегодняшний день существует огромное количество систем, позволяющих организовать процесс управления работы с документами и выбрать достаточно сложно. Все они имеют разные цены, некоторые владеют излишним набором функций, как того требует организация, либо же наоборот недостаточным.

Многие автоматизированные информационные системы рассчитаны на организацию работы бизнес-предприятий, а электронный документооборот вуза же от них отличается.

*Электронный документооборот* — документооборот с использованием автоматизированной информационной системы [2].

Поскольку основные направления деятельности вуза это педагогическая и научная, основной штат это научные сотрудники и преподаватели. В современном мире, в эпоху небывалой скорости развития, к ним предъявляются весьма высокие требования, и чтобы всегда поддерживать свои знания в актуальном состоянии, а также расширять их, и изучать новые отрасли, что особенно актуально для вузов с ИКТ специальностями, требуется много времени на изучение и самосовершенствование. Кроме того, преподаватели должны проводить аудиторские занятия, готовиться к ним, составлять учебно-методические комплексы, изучать новые предметы и писать статьи. Неудивительно, что у них совершенно не хватает времени на оформление документации.

Внедрение автоматизированных информационных систем позволит упростить работу с документами и решить следующие задачи:

- установление права доступа к той или иной информации сотрудниками вуза, в соответствии с занимаемой должностью;
- сокращение времени работы на создание документов, что увеличит производительность труда сотрудников;
- упрощение работы с электронными документами;
- хранение документов в единой базе данных, что значительно упрощает поиск необходимой информации;
- организация работы приемной комиссии: регистрация абитуриентов и дальнейший документооборот;
- ведение личных дел и контроль успеваемости студентов;
- расчет количества штатных единиц и распределение учебной нагрузки между преподавателями и т.д.

Рассмотрев, различные программные продукты, предназначенные для управления учебным процессом, были выбраны, отвечающие следующим критериям:

1. Комплексное решение. Заявленная функциональность данного решения гарантирует автоматизацию всего комплекса задач по управлению учебным процессом.
2. «Коробочное» решение. Купив данный программный продукт сотрудники ИТ-службы вуза смогут его внедрить в дальнейшем сопровождать.

На сегодняшний день на отечественном рынке представлено достаточно большое количество автоматизированных информационных систем, позволяющих организовать процесс управления учебным процессом. Рассмотрим некоторые из них.

### Комплекс программ лаборатории ММИС

Лаборатория ММИС является ведущим разработчиком программного обеспечения для автоматизации управления учебным процессом высших и средних специальных учебных заведениях [4]. Она реализует такие программы как:

- планы;
- электронные ведомости;
- деканат;
- система тестирования;
- АВТОрасписание;
- GosInsp;
- планы СПО;
- приемная комиссия;
- диплом мастер;

- свидетельства;
- АС «Нагрузка ВУЗа»;
- интернет-расширение;
- ПО «РПД»;
- ведомости-онлайн.

Данные программы позволяют автоматизировать процессы, возникающие на всех этапах организации образовательной деятельности:

- разработка, проверка и утверждение учебных планов всех уровней образования;
- учет и планирование контингента студентов;
- формирование и распределение учебной нагрузки и списка учебных групп, расчет штатов;
- автоматическое составление расписания на основе распределенной учебной нагрузки и индивидуальных пожеланий преподавателей;
- регистрация абитуриентов и документооборот приемной комиссии с выгрузкой данных в ФИС ГИА.
- управление движением контингента студентов;
- проведение компьютерного и бумажного тестирования;
- учет и анализ успеваемости студентов, оформление и печать документов об образовании и т.д.

На сайте лаборатории ММИС представлен отдельный прайс-лист на программные продукты, предназначенные для высших учебных заведений. Можно ознакомиться со стоимостью каждого из них. Пользователь выбирает состав программных продуктов самостоятельно, но все без исключения модули функционируют с общей консолидированной базой данных. Любая подсистема способна функционировать как в комплексе с другими, автоматически перебрасываясь информацией, так и самостоятельно.

#### Литература:

1. Внутренний портал учебного заведения на базе 1С-Битрикс24 [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.1c-bitrix.ru/solutions/edu/portal/>
2. ГОСТ Р 7.0.8–2013 СИБИБД. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения — Москва: Госстандарт России, 2014.
3. Программные продукты для вузов лаборатории ММИС [Электронный ресурс].— Режим доступа: <https://www.mmis.ru/>
4. Софронова Н. В., Ларионова Т. А. Инновационные технологии управления в системе высшего профессионального образования.— Чебоксары: ЧГПУ, 2008.— 193 с.

#### 1С-Битрикс: внутренний портал учебного заведения

«1С-Битрикс: Внутренний портал учебного заведения — типовое отраслевое решение для любых образовательных учреждений, позволяющее одновременно создать внутренний портал для сотрудников и портал для онлайн-поддержки учащихся [2].

Данный продукт построен на основе «1С-Битрикс24: Корпоративный портал» и обладает всеми его возможностями. С помощью него удобно реализовать документооборот в вузе. В нем можно создать рабочие группы, закрытые чаты с возможностью видеосвязи; предусмотрено хранилища документов, которые доступны разным группам лиц. Также есть возможность планирования своего времени. Существует отдельный раздел с задачами и поручениями со сроками его выполнения.

Сотрудникам и преподавателям учебного заведения доступен портал для учащихся и корпоративный портал, в то время как для учащихся только первый.

В данной информационной системе учащиеся смогут: просматривать структура вуза, информацию о каждом структурном подразделении, найти своих преподавателей и пообщаться с ними, получать задания, создать свое личное хранилище документов и т.д. Преподавателям же доступны следующие функции: просмотр своих учебных групп и расписания; создание дистанционного курса по своей дисциплине, онлайн-тестирования студентов; организация онлайн конференций и т.д.

Таким образом, мы можем сделать следующий вывод по данной работе. Автоматизированные информационные системы значительно упрощают работу с документами в организации управления учебным процессом. Прежде чем внедрять какую-либо системы необходимо учитывать их функциональные возможности, стоимость, удобство использования.

## Рекомендации по оптимизации потребления памяти в Java

Наливайко Александр Сергеевич, студент магистратуры  
Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти)

*В статье описаны часто используемые способы по оптимизации потребления памяти Java приложений. Стоит понимать, что эти рекомендации несут информационный характер, зависящие от конкретной ситуации; использовав в одном случае, нет полной гарантии, что работает в другом.*

**Ключевые слова:** java, JVM, память, сборщик мусора, CPU, выделение памяти, утечка памяти.

### Миграция на последнюю версию языка

Oracle постоянно улучшает производительность языка программирования с каждой новой версией. Поэтому, как один из вариантов, можно попробовать изменить версию компиляции того или иного проекта. Эта рекомендация актуально только в том случае, если над проектом введется разработка; когда миграция не такая болезненная как для бизнеса, так и для программистов, разрабатывающих ПО.

### Использование сторонних аллокаторов памяти

Сторонние аллокаторы памяти позволяют повысить производительность всей системы, уменьшив фрагментацию и как результат понизить потребление оперативной памяти. Основным принципом заложен в использовании кеширования по потокам. При удалении объекта память возвращается не в глобальную кучу, а помещается в кэш данного потока. При повторном создании такого же объекта потоку не придется посещать общую кучу. Средний прирост в производительности достигает порядка 10–20 процентов, что показывает отличный результат.

Часто используемыми библиотеками являются Jemalloc и TCMalloc. Jemalloc является оптимизированным вариантом реализации функций malloc, который призван решать проблемы с фрагментацией при выделении памяти в несколько потоков возникающие на однопроцессорных и многопроцессорных системах и оптимальной утилизации ресурсов CPU.

TCMalloc (Thread-Caching Malloc) является аналогом Jemalloc от компании Google. Работает он по такому же принципу, однако его кэш избавлен от блокировок и работает в привязке к ядрам CPU, но откатывается на модель кеширования в привязке к потокам в случае отсутствия необходимой функциональности в ядре ОС (привязка кэша к CPU работает только в свежих ядрах Linux) [2].

### Использование GraalVM

GraalVM — это виртуальная машина Java и JDK, основанная на HotSpot/OpenJDK и написанная на Java. GraalVM поддерживает разные языки программирования и модели выполнения, такие как JIT-компиляция и AOT-компиляция [8].

«Graal» в GraalVM — это название компилятора. Первый, и самый простой способ использования Graal — это использовать его как Java JIT компилятор. Основными возможностями являются быстрое выполнение и уменьшения времени старта

и потребления памяти. Graal написан на Java, а не на C++, как большинство остальных JIT компиляторов для Java.

Начиная с JDK 10 его можно включить с помощью параметра:

```
$ -XX:+UseJVMCICompiler
```

Twitter — компания, на сегодняшний день, которая использует Graal на «боевых» серверах [4], и они говорят, что для них это оправдано, в терминах экономии реальных денег. Twitter использует Graal для исполнения приложений, написанных на Scala — Graal работает на уровне JVM байткода, т.е. применим для любого JVM языка.

Это первый вариант использования GraalVM — просто замена JIT компилятора на лучшую версию для ваших существующих Java приложений. Сильные стороны платформы Java особенно явно проявляются при работе с долго выполняющимися процессами и пиковыми нагрузками. Короткоживущие процессы, напротив, страдают от долгого времени запуска и относительно большого использования памяти.

Команда **native-image** по-настоящему компилирует ваш Java код и Java библиотеки, которые вы используете, в полноценный машинный код. Для компонентов среды выполнения, таких как сборщик мусора, мы запускаем нашу собственную новую VM, которая называется SubstrateVM, которая, как и Graal, также написана на Java.

Если запустить native-image файл, то мы увидим, что он запускается примерно на порядок быстрее и использует примерно на порядок меньше памяти, чем та же программа, запущенная под JVM. Запуск настолько быстр, что этого почти не заметно. Если использовать командную строку — не почувствуется та пауза, которая обычно присутствует, когда происходит запуск небольшой, короткоживущей программы под JVM

Alibaba одними из первых используют native-image. Как отмечают их разработчики, время на запуск сервиса удалось сократить в 20 раз (с 60 до 3 секунд), потребления памяти в 6 раз (с 128 до 21 мегабайта), а задержки при выполнении GC теперь не превышают более 100 миллисекунд. Ранее потребление и сборка всех микросервисов занимало порядка 100 гигабайт памяти и 4000 тысячи секунд на сборку проекта. В совокупности, им удалось получить четырехкратное улучшение показателей (до 20 гигабайт памяти и 1000 секунд на сборку проекта) [6].

При использовании native-image есть некоторые ограничения [10]. Обязательное условие: во время компиляции должны присутствовать все классы; также есть ограничения в области

использования Reflection API. Зато присутствуют некоторые дополнительные преимущества перед базовой компиляцией: например, выполнение статических инициализаторов во время компиляции. Таким образом, уменьшается количество работы, выполняемой каждый раз, когда приложение загружается.

Это второе применение GraalVM — распространение и выполнение существующих Java программ, с быстрым стартом и меньшим расходом памяти. Этот способ устраняет такие проблемы с конфигурацией, как поиск нужного jar во время выпол-

нения, а также позволяет создавать Docker образы меньшего размера. На самом деле, преимуществ у данной виртуальной машины гораздо больше, однако они затронуты в данной статье не будут, так как почти не влияют на оптимизацию производительности.

Одним из фреймворков, использующий преимущества GraalVM, является Quarkus. Разработчик фреймворка обещает очень высокую скорость запуска приложения и небольшой расход памяти [1]. Данные с сайта разработчика можно увидеть в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Время от старта приложения до первого ответа (в секундах)

| Конфигурация                   | REST  | REST + JPA |
|--------------------------------|-------|------------|
| Quarkus + GraalVM              | 0.016 | 0.042      |
| Quarkus + OpenJDK              | 0.943 | 2.033      |
| Traditional Cloud Native Stack | 4.3   | 9.5        |

Таблица 2. Потребление памяти (в мегабайтах)

| Конфигурация                   | REST | REST+JPA |
|--------------------------------|------|----------|
| Quarkus + GraalVM              | 12   | 28       |
| Quarkus + OpenJDK              | 73   | 145      |
| Traditional Cloud Native Stack | 136  | 209      |

### Использование более подходящего сборщика мусора

Популярными сборщиками мусора являются ZGC, G1, Epsilon, Shenandoah.

ZGC — «ленивый» сборщик мусора; он не работает, но выделяет новую память, не перезапуская её. Однако так было до JDK 13. По предварительным анонсам, он должен был решить проблему подвисаний java приложений — заявленные паузы не должны превышать 100 мс даже на многогигабайтных кучах.

Включить можно с помощью:

```
$ -XX:+UnlockExperimentalVMOptions -XX:+UseZGC
```

G1 (Garbage First) — стандартный сборщик мусора, начиная с JDK 9. Он нацелен на системы с большим количеством памяти. С самого начала использовался однопоточный полный цикл GC. В следующей версии добавили многопоточность. Создателем выступает OpenJDK. Каждое обновление версии языка приносит улучшения; например, в JDK 12 научили возвращать неиспользуемую память из кучи в ОС. Так же, как и остальные сборщики мусора, G1 разбивает кучу на молодое и старое поколения. Сборка мусора происходит по большей части в молодом поколении, чтобы увеличить пропускную способность сборки, сборка в старом поколении происходит гораздо реже.

По умолчанию он уже включен, но если требуется, активировать его можно с помощью:

```
$ -XX:+UseG1GC
```

Epsilon — сборщик мусора, который обрабатывает выделение памяти, но не реализует какой-либо реальный меха-

низм её восстановления памяти. Как только доступная куча Java будет исчерпана, JVM закроется. Обычно его используют для тестирования производительности, давления памяти, для чрезвычайно недолгой работы программы или где сборка мусора не предусмотрена (например, создание прошивки для умной техники; сам факт сборки мусора является ошибкой). В остальных случаях его возможности уступают другим сборщикам мусора.

Включить можно с помощью:

```
$ -XX:+UnlockExperimentalVMOptions -XX:+UseEpsilonGC
```

Shenandoah — алгоритм сборки мусора, цель которого — гарантировать низкое время отклика (нижний предел — 10–500 миллисекунд). Это уменьшает время паузы сборщика мусора при выполнении работы по очищению одновременно с работающими потоками. У данного алгоритма время паузы не зависит от размера кучи: будь heap размером 200 или 2 гигабайта, время паузы будет одинаковым. Является экспериментальной функцией, которая не включена в стандартную сборку OpenJDK.

Включить можно с помощью:

```
$ -XX:+UnlockExperimentalVMOptions -XX:+UseShenandoahGC
```

### Тонкая настройка JVM

Настроить JVM для эффективного использования доступной оперативной памяти не просто. Если запустить JVM с параметром — Xmx16M и ожидать, что будет использоваться не более 16 МБ памяти, то это не так.

Интересной областью памяти JVM является кэш кода JIT. По умолчанию HotSpot JVM будет использовать до 240 МБ. Если кэш



кода слишком мал, в JIT может не хватить места для хранения своих данных, и в результате будет снижена производительность. Если кэш слишком велик, то память может быть потрачена впустую. При определении размера кэша важно учитывать его влияние как на использование памяти, так и на производительность.

В 32-х разрядных системах размер указателя на ячейку памяти занимает 32 бита. Следовательно, максимально доступная память, которую могут использовать 32-х битные указатели —  $2^{32} = 4294967296$  байт или 4 ГБ. В 64-х разрядных системах соответственно можно ссылаться на  $2^{64}$  объектов. Такое огромное количество указателей излишне. Поэтому появилась опция сжатия ссылок:

`$ -XX:+UseCompressedOops`

Эта опция позволила уменьшить размер указателя в 64-х разрядных JVM до 32 бит.

### Оптимизация программного кода

Все вышеперечисленные советы будут полезны только в том случае, если программный код принудительно не вызывает утечки памяти. Первый сценарий, который может вызвать утечку памяти — это интенсивное использование статических переменных. В Java время жизни статических полей обычно совпадает со временем работы приложения. Например, метод, наполняющий статическую коллекцию (ArrayList) объектами, при завершении не очистит сборщиком мусора память (рисунок 1).

Однако, если мы отбросим слово `static` у переменной, то это приведет к резкому изменению использования памяти (рисунок 2).

Память была очищена, потому что были удалены все объекты, на которых в приложении больше нет активных ссылок. Нужно быть внимательным при использовании статических переменных. Если коллекции или объекты объявлены как ста-

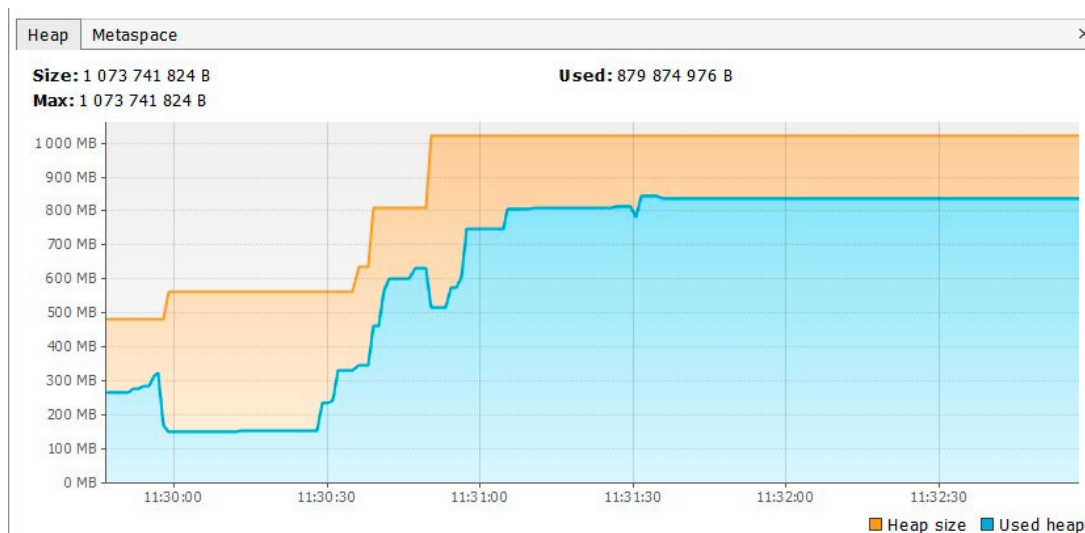


Рис. 1. Потребление памяти при наполнении статической коллекции

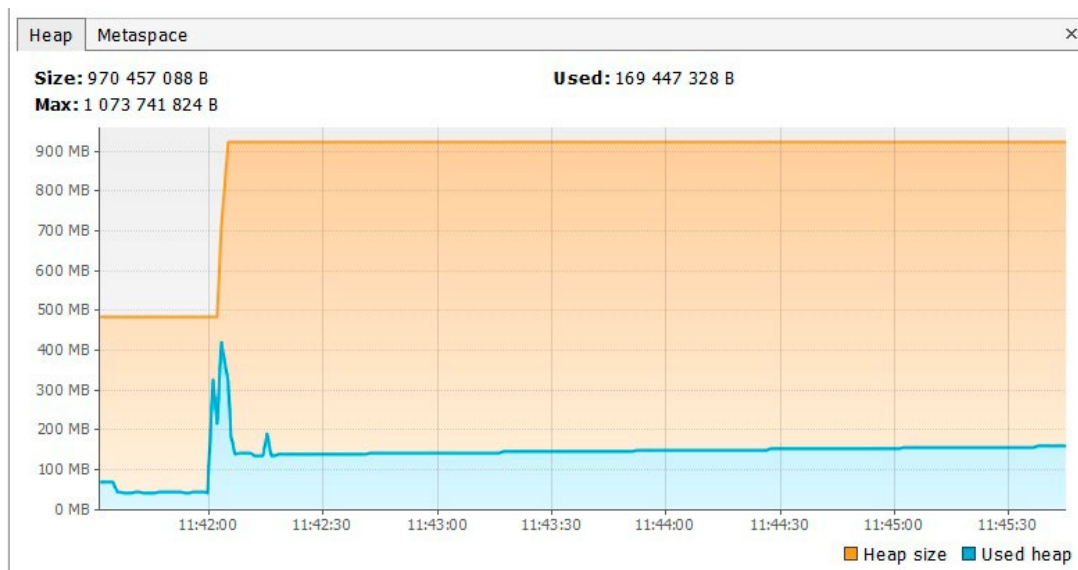


Рис. 2. Потребление памяти при наполнении обычной коллекции

тические, то они остаются в памяти в течение всего срока работы приложения, тем самым занимая ресурсы, которые можно было бы использовать в другом месте.

Вторым из сценариев можно рассмотреть ошибку некорректного написания переопределяемых методов equals() и hashCode(). Коллекции HashSet и HashMap используют эти методы во многих операциях и если они не переопределены правильно, то эти методы могут стать источником потенциальных проблем, связанных с утечкой памяти.

Рассмотрим пример наполнения коллекции HashMap простым классом Person (конструктор, переменные name и age) в качестве ключа. Как известно, Map не позволяет использовать дубликаты ключей, многочисленные объекты Person, которые мы добавили, не должны увеличить занимаемую ими пространство в памяти. Поскольку изначально не был переопределен правильный метод equals(), дублирующие объекты накопились и заняли память. В этом случае потребление памяти кучи выглядит следующим образом (рисунок 3).

Если правильно переопределить методы equals() и hashCode(), тогда в Map будет существовать только один объект Person, и лишняя память не будет использоваться (рисунок 4).

Другим примером является использование ORM, например Hibernate, который использует методы equals() и hashCode() для анализа объектов и сохранения их в кеше. Если эти методы не переопределены, то шансы утечки памяти довольно высоки, потому что Hibernate не сможет сравнивать объекты и заполнит свой кеш их дубликатами.

Третий сценарий связан со строковыми операциями. Вызов метода substring() у строки, возвращается экземпляр String с лишь изменёнными значениями переменных length и offset — длины и смещения char-последовательности. При этом, если получить строку длиной 5000 символов и получить её префикс, используя метод substring(), то 5000 символов будут продолжать храниться в памяти. Для систем, которые получают и обрабатывают множество сообщений, это может быть серьёзной проблемой.

Избежать данной проблемы можно, используя любой из предложенных вариантов:

```
String prefix = new String(longString.substring(0,5)); // Первый вариант
String prefix = longString.substring(0,5).intern(); // Второй вариант
```

**Заключение**

Борьба с утечками памяти вообще довольно таки нетривиальная и сложная задача, и данная проблема может встретиться не только в высоконагруженных или корпоративных веб-приложениях. Часто для решения таких проблем приходится углубляться в чужой исходный код. В общем случае можно рекомендовать каждый раз при использовании той или иной технологии (будь это фреймворк или сторонняя библиотека) проверять, вызывает ли она утечки памяти или нет. С другой

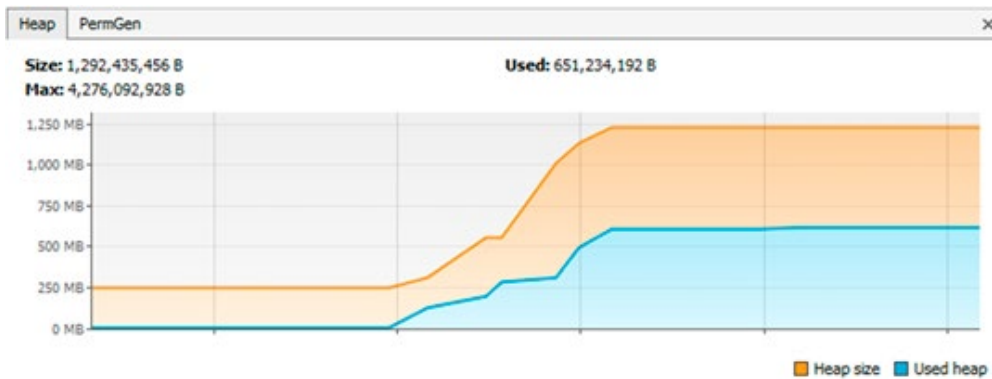


Рис. 3. Потребление памяти объектов без переопределенных методов equals() и hashCode()

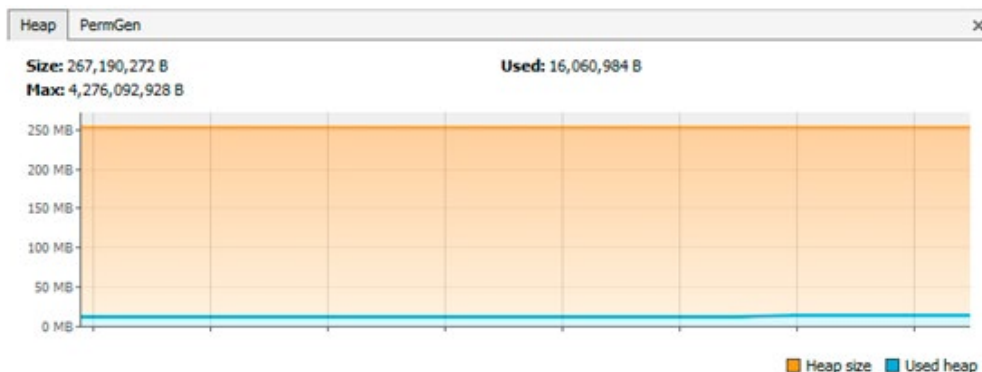


Рис. 4. Потребление памяти объектов с переопределенными методами equals() и hashCode()



стороны, можно не обращать внимание на утечки памяти. С подобными утечками система может стабильно работать годами, при этом просто потребляя при этом памяти больше, чем

нужно. Однако, это является серьезной ошибкой, и неизвестно в какой момент времени она может остановить работу предприятия.

Литература:

1. Container first.— Текст: электронный // Quarkus — Susersonic Subatomic Java: [сайт].— URL: <https://quarkus.io/> (дата обращения: 12.05.2020).
2. TCMalloc: Thread-Caching Malloc.— Текст: электронный // TCMalloc: [сайт].— URL: <http://goog-perftools.sourceforge.net/doc/tcmalloc.html> (дата обращения: 16.05.2020).
3. Сборщик мусора G1 в Java 9.— Текст: электронный // urvanov.ru: [сайт].— URL: <https://urvanov.ru/2018/03/25/%D1%81%D0%B1%D0%BE%D1%80%D1%89%D0%B8%D0%BA-%D0%BC%D1%83%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B0-g1-%D0%B2-java-9/> (дата обращения: 17.05.2020).
4. GraalVM: Clearing up confusion around the term and why Twitter uses it in production.— Текст: электронный // JAX-enter: [сайт].— URL: <https://jaxenter.com/graalvm-chris-thalinger-interview-163074.html> (дата обращения: 17.05.2020).
5. Top 10 Things To Do With GraalVM.— Текст: электронный // Medium: [сайт].— URL: <https://medium.com/graalvm/graalvm-ten-things-12d9111f307d> (дата обращения: 24.05.2020).
6. Static Compilation of Java Applications at Alibaba at Scale.— Текст: электронный // Medium: [сайт].— URL: <https://medium.com/graalvm/static-compilation-of-java-applications-at-alibaba-at-scale-2944163c92e>.
7. Из 8 в 13: полный обзор версий Java. Часть 2.— Текст: электронный // JavaRush: [сайт].— URL: <https://javarush.ru/groups/posts/2549-iz-8-v-13-polniy-obzor-versiy-java-chastjh-2> (дата обращения: 26.05.2020).
8. GraalVM.— Текст: электронный // Википедия: [сайт].— URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GraalVM> (дата обращения: 27.05.2020).
9. Understanding Memory Leaks in Java.— Текст: электронный // Baeldung: [сайт].— URL: <https://www.baeldung.com/java-memory-leaks> (дата обращения: 27.05.2020).
10. GraalVM Native Image Compatibility and Optimization Guide.— Текст: электронный // GitHub: [сайт].— URL: <https://github.com/oracle/graal/blob/master/substratevm/LIMITATIONS.md> (дата обращения: 29.05.2020).

## Analyzing of Cloud storage protection methods of personal data

Nasrullaev Nurbek Baxtiyorovich, PhD, docent

Shakarov Muhiddin Abdugaffor ugli, master

Tashkent university of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi (Tashkent, Uzbekistan)

*In this paper are described requirements of cloud storage systems and their comparison by features.*

**Keywords:** cloud, security, security model, comparing.

In the field of computation, there have been many approaches for enhancing the parallelism and distribution of resources for the advancement and acceleration of data utilization [1]. Data clusters, distributed database management systems, data grids, and many more mechanisms have been introduced. Now cloud computing is emerging as the mechanism for high level computation, as well as serving as a storage system for resources. Clouds allow users to pay for whatever resources they use, allowing users to increase or decrease the amount of resources requested as needed. Cloud servers can be used to motivate the initiation of a business and ease its financial burden in terms of Capital Expenditure and Operational Expenditure. There are many questions that arise as to whether a cloud is secure enough. Considering malicious intruders, there are many kinds of possible attacks, such as a Wrapping attack, Malware-Injection attack, Flooding attack and Browser attack.

A failure can occur for various reasons [2]:

- Due to hardware, which is in the Infrastructure as a Service (IaaS) layer of the cloud
- Due to malware in software, which is in the Software as a Service (SaaS) layer of the cloud
- Due to the customer's application running malicious code, the malfunctioning of the customer's applications or a third party invading a client's application by injecting bogus data.

The relationship among tables is finished by outside or principle keys. The divided information must meet 3 principle needs before they are put away and circulated in better places.

1. Data base must be 3nf preceding any procedure. Thus, each table can be showed up as a free part.
2. The level of classification in tables will decide the significance of accessible information.

3. The client needs will decide the extra requests identified with section dissemination which can be chosen by the client.

In the primary thing, database standardization process is given to guarantee that non-correspondence and independency is essential. Along these lines, each table must have a free subject, no repetition in the put away information, incidental attributes which are reliant to the principle key and furthermore trustworthiness and similarity [3].

With many of us using multiple devices it has become necessary for us to sync and maintain consistency between all of them. Cloud storage providers are working hard and competing to have seamless file sharing and access. They allow us to have cross platform compatibility. Two of the main providers are Google Drive and Dropbox. Both offer the same basic features and are very comparable. Dropbox has been on the market quite a few years before Google Drive, so it has a larger market share, however Google Drive still is a close competitor. With any competing product there are key differences that needed to be noted.

*Differences in File Support.* When uploading files, you do not have to be concerned file type on the cloud service, but you can only view certain file types that are supported. Google Drive is known for being able to support a large variety of files. There are 30 different file types that Google Drive supports. You can view files such as Auto Desk and even Photoshop files despite not having those programs installed on your computer since you can edit documents without downloading them to your computer. When viewing Microsoft files online they are converted to the Google docs equivalent when editing. On the other hand, Dropbox does not support any file type. Instead all files must be downloaded to the computer, so nothing is opened while online. This means that you would have to own the program for the file that was sent.

*Price V.S Storage Space.* Each service offers a certain amount of free storage space for their basic users and additional storage can be purchased. Google Drive starts users off with 5GB of storage whereas Dropbox only starts with 2GB of storage. Google offers 25GB for \$2.49 a month, 100GB for \$4.99 a month if users need more storage

space. Dropbox rates on the other hand start at \$9.99/month for 50 GB or \$19.99 for 100 GB. Overall Google Drive offers more space for a cheaper price.

*Deleted Files and Old Versions.* Both Google Drive and Dropbox have their own way to deal with version control, which allows you to go back and retrieve old files that you deleted or older versions of a file. The way Google Drive deals version control it is that it stores up to 100 revisions of a document or 30 days of versions per document, which counts towards your total storage allowance. The trash folder is used to store deleted files and if the trash folder is deleted the files are gone forever. Dropbox keeps unlimited versions of your document for 30 days and it does not count toward the total storage space you are allowed.

*Sharing Features.* The ability to share files is a key aspect when analyzing both Drive and Dropbox. The main difference between them is that Dropbox shares from its desktop app whereas with Drive you can only share through the Web app. With Drive files are shared with an email, and restrictions can be set so that the viewers only have access to view the document and not edit it. With Dropbox there are two ways to share a file: one option is with a link and the other is a shared folder. When analyzing sharing features, it is also important to look at compatibility features as well. Google Drive only supports Mac and Windows users. Dropbox supports more and earlier versions of Mac OS and Windows as well and Linux, which can be an advantage. [9]

Storing your files in the cloud has many advantages. You can view your files from any phone, tablet or computer that's connected to the Internet, and the cloud can also provide backup for files so they'll never disappear if your phone gets lost or your computer crashes.

For that reason, a guide has been compiled to the most popular cloud storage services, covering how they work and their strengths and weaknesses. Some lesser-known options have been highlighted to get away from the mainstream.

In early 2016, Microsoft will change its free storage from 15GB to 5GB and offer a \$2 per month for 50GB paid plan instead of its earlier offerings. It will also no longer let you earn free storage.

Table 1. Cloud storage comparison

|                                | OneDrive                                  | Dropbox   | Google Drive                        | Box   | Amazon Cloud Drive  |
|--------------------------------|---|---|-------------------------------------|---|---|
| File size restrictions?        | 10GB                                      | 10GB with website, none with Dropbox apps                                 | 5TB                                 | 250MB for free plan, 5GB for paid personal plan       | 2GB*  |
| Free storage?                  | 5GB**                                     | 2GB   | 15GB                                | 10GB  | No***   |
| Can I earn extra free storage? | No**                                      | Yes   | No                                  | No  | No  |
| Paid plans                     | \$2/month for 50GB**                      | \$10/month for 1TB  | \$2/month 100GB, \$10/month for 1TB | \$10/month for 100GB                                  | \$12/year for unlimited photos, \$60/year for unlimited files |
| OSes supported                 | Windows, Mac, Android, iOS, Windows Phone | Windows, Mac, Linux, Android, iOS, Windows Phone, BlackBerry, Kindle Fire | Windows, Mac, Android, iOS          | Windows, Mac, Android, iOS, Windows Phone, BlackBerry | Windows, Mac, Android, iOS, Kindle Fire                       |

There is no file size limit with desktop apps.

## References:

1. Cloud Security Alliance (CSA), "Security Guidance for critical Areas.
2. Security Algorithms for Cloud Computing Akashdeep Bhardwaja\*, GVB Computational Modeling and Security (CMS2016).
3. Security Threats/Attacks Present in Cloud Environment Kashif Munir and Computer Science that Network Security, VOL.12 No.12, December 2012.
4. [http://victorbiyi.blogspot.com/2014/06/four-differences-between-google-drive\\_19.html](http://victorbiyi.blogspot.com/2014/06/four-differences-between-google-drive_19.html)
5. <https://www.coolheadtech.com/blog/four-differences-between-google-drive-and-dropbox>

## Сущность электронных образовательных ресурсов в обучении иностранному языку

Суворова Валерия Олеговна, кандидат педагогических наук, доцент;

Крашенинникова Юлия Сергеевна, студент магистратуры

Пензенский государственный университет

*Данная статья посвящена сущности электронных образовательных ресурсов на уроках английского языка в общеобразовательных школах как эффективное средство обучения в рамках Федерального образовательного стандартов основного общего образования (ФГОС ООО).*

**Ключевые слова:** информационная образовательная среда, электронный образовательный ресурс, текстографические ЭОР, элементарные визуальные ЭОР, мультимедийные ЭОР, сетевые ЭОР.

В конце двадцатого века обучение иностранным языкам столкнулось с рядом трудностей, которые были связаны с подачей изучаемого материала. Оно было незапоминающимся, неполным, по причине чего обучающиеся не были замотивированы и недостаточно практиковались в речевой деятельности. Более того, представление материала было нелогичным, чувствовалась нехватка наглядных образов для визуализации предметов, связанных с темой, что заставляло учителей обращаться за помощью к новым идеям и способам представления информации. Для повышения эффективности обучения учителя использовали огромное количество различных средств обучения, пытались найти наиболее оптимальный из них, чем стал электронный образовательный ресурс.

Прежде чем мы перейдем к детальному рассмотрению ЭОР, нам необходимо отметить, что в Федеральных образовательных стандартах основного общего образования (ФГОС ООО) второго поколения широкое распространение получил термин «информационная образовательная среда» (ИОС).

Информационная образовательная среда — основанная на использовании компьютерной техники программно-телекоммуникационная среда, реализующая единими технологическими средствами и взаимосвязанным содержательным наполнением качественное информационное обеспечение школьников, педагогов, родителей, администрацию учебного заведения и общественность [2].

Иными словами, это компьютерные программы или сети, которые содержат огромное количество учебных материалов, пособий для оптимального обучения в школах.

На сегодняшний день этот термин также широко оговаривается во многих научных работах. Такие учёные как Е. А. Маслыко [3] и А. А. Витухновская в своих монографиях рассматривают ИОС как набор трёх компонентов, таких как комплекс

информационных образовательных ресурсов, технологические средства ИКТ и система педагогических технологий, где интегрирующие нас электронные образовательные ресурсы, выделяются как подсистема информационного компонента информационной образовательной среды школы (ИОС).

Прежде всего необходимо дать определение данному понятию. На сегодняшний день этот термин также широко оговаривается во многих научных работах таких ученых как Акользина Е. А., Башмаков А. И., Вайндорф-Сысоева М. Е., Гриншкун В. В., Суворова Т. Н. и другие.

В частности, Бордовский Г. А. определяют ЭОР как средство обучения, представленное в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и мета-данные о них [1].

По мнению Мовчана И. Н., электронный образовательный ресурс — совокупность средств программного, технического и организационного обеспечения, электронных изданий, размещаемая на машиночитаемых носителях в сеть [4].

Согласно определению Осина А. В., «электронными образовательными ресурсами называют учебные материалы, для воспроизведения которых используются электронные устройства» [5].

Проанализировав данные определения, мы склоняемся к мнению И. Н. Мовчана, что электронный образовательный ресурс — разработанное компьютерное обеспечение, содержащее в себе огромное количество учебного материала, которое передается аудиовизуальными средствами обучения с помощью информационных технологий.

Главная цель использования ЭОР — усовершенствование подачи учебного материала для более эффективного обучения в школе. Современные ЭОР способны обеспечить поддержку всех этапов образовательного процесса — получение инфор-

мации, аттестацию или контроль учебных достижений, что способствует работе учителя.

Для более подробного описания данного термина, необходимо уточнить основные типы данного вида ресурсов.

В настоящее время приведено немало классификаций для выделения особенностей различных типов ЭОР такими учеными как И. Г. Захарова, А. И. Башмаков и другие, но одной из фундаментальных из них была представлена А. В. Осиным в работе «Открытые образовательные модульные мультимедиа системы», где он выделяет их по степени отличия от традиционных учебников на печатной основе [5]:

- текстографические (электронный учебник и гипертекст);
- элементарные аудиовизуальные;
- мультимедийные и сетевые.

Первым из типов данного средства обучения являются текстографические ЭОР (электронный учебник), который является самым простым видом электронных образовательных ресурсов, представляющий собой электронную форму текста с иллюстрациями. Они представляют собой электронный учебник, необходимый не только в качестве источника хранения информации, но и для обучения на средней ступени школы, который не представляет интереса ввиду отсутствия всякой интерактивности. Основные отличия данного типа ЭОР от печатного учебника в том, что представленные на экране монитора или другого устройства тексты доступны только для просмотра, так как каким-либо образом переносить или редактировать их мы не сможем.

Следующим из типов являются текстографические ЭОР (гипертексты) — это вид данного средства обучения, отличающийся от предыдущего только системой навигации по тексту. В них возможен интерактив в простой форме: просмотр фрагментов текста в произвольном порядке, наличие гиперссылок, обеспечивающие элементарную интерактивность при навигации по учебнику.

Элементарные аудиовизуальные ЭОР — полностью визуальный и/или компьютерный файл. Главное их отличие в том, что у обучающихся есть возможность воспроизведения анимации, звука, видео или изображения, где все они выполняют

функция наглядного материала. Благодаря данным ЭОР, предоставляемая информация становится более красочной и запоминающейся, тем самым способствует лучшему запоминанию.

Следующим типом данного вида ресурсов являются мультимедийные ЭОР (расположены на оптических носителях) — ресурсы, имеющие возможность воспроизводить изображения, аудио- и видеоматериалы одновременно, что позволяет обучающимся ознакомиться с изучаемым материалом более подробно и полно и выполнить задания разного уровня сложности в интерактивном режиме. Именно данный тип ЭОР считается наиболее разнообразным, прогрессивным и эффективным, однако они широко не используются и их распространение становится проблематичным по причинам высоких цен на компакт-диски, отсутствия дисковода у современных технических устройств, и довольно трудоемкого распространения в Интернете. Более того, довольно проблематично легко и гармонично встроить данные ЭОР в учебный процесс в рамках урока, а для того, чтобы дать обучающимся задания для самостоятельной работы, необходимо предоставить диск каждому из них.

Поэтому наиболее оптимальным типом данного средства обучения являются сетевые ЭОР — ресурсы «нового поколения», которые объединяют в себе все достоинства предыдущих типов электронных образовательных ресурсов. Сетевые ЭОР содержат интерактивный аудиовизуальный контент, который с легкостью можно распространить в сети Интернет и полноценно использовать в образовательном процессе.

На основе полученной информации можем сделать вывод, что электронный образовательный ресурс является одним из более удачных и удобных средств обучения. Он полно и логично визуализирует изучаемый материал, делает его запоминающимся, тем самым увеличивая мотивацию обучающихся к учебе, помогает использовать все органы чувств одновременно для лучшего усвоения информации, а также может быть распространен в сети Интернет для самостоятельной работы обучающихся вне урока. Поэтому, мы считаем, что использование ЭОР необходимы в среднеобразовательных школах для создания благоприятных и комфортных условий для обучения иностранному языку.

#### Литература:

1. Бордовский Г. А., Готская И. Б., Ильина С. П., Снегурова В. И. Использование электронных образовательных ресурсов нового поколения в учебном процессе. СПб: РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. 32 с.
2. Григорьев С. Г., Гриншкун В. В. Информатизация образования. Фундаментальные основы. Томск: ТМЛ-Пресс, 2008. 286 с.
3. Маслыко Е. А. Настольная книга преподавателя иностранного языка. Минск: Народная Асвета, 1999. 368 с.
4. Мовчан И. Н. Цифровые образовательные ресурсы: современные возможности и тенденции развития // Сборник научных трудов Sworld. 2010. № 4. С. 36–38.
5. Осин А. В. Электронные образовательные ресурсы нового поколения в вопросах и ответах. Москва: ФГНУ, 2007. 28 с.

# ГЕОГРАФИЯ

## How space matters in geopolitical path

Kosherbay Kuanysh Zhomartovich, student

Scientific adviser: Niusupova Gulnara Nurmukhamedovna, doctor of geographical sciences, professor  
Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty)

*Several aspects of investigating space from position of geopolitical science are under consideration in mentioned article. It determined that in majority of geopolitically directed works category of «space» or spatial aspect is appearing as part and parcel of theoretically-methodological basics of research. Despite on point that category of «space» comes scientifically and used widely in theory and practices of various disciplines, usage of it in geopolitics requires concrete definition of this term. Authorial position consists in point, which shows that geopolitical space is represented as private case of geographical space. Besides concrete definition of geopolitical space process of analyzing its characteristics lets conduct distinct border, which is dividing concepts of «geopolitical space» and «territory». According to the following research the main purpose was to show how space matters in geopolitical path, how it could be recognized by scientific society.*

**Keywords:** space, space and time, characteristics of space, geopolitical space, territory.

Does the space appear as a simple emptiness, which is lying in base of everything? Or it seems as an emptiness between objects? Most of us consider ourselves that space is an emptiness where all processes are taking place, but according to science space is not just an emptiness and it is not just a simple interaction of particles of matter. The aspect of «space-time» is one of the crucial in geographical researches. The conception of «geographical space and time» is derivative from philosophical categories of «space» and «time», which are interpreted in wide range from objective reality. Materialistic dialectics emphasizes objective pattern of space and time and deny non-spatial and timeless reality (Shalnev V. A. and Talalakina A. A., 2011).

Geographical space — one of the most important concepts of geography and at the same time one of the most debatable. To start the research it's necessary to determine with the notion of category «space», which also causes certain discussions. Further we are aiming on finding out features of geospace and its structure, noting such characteristics, which has meaning for political geography and geopolitics.

### Basics of geospace in historical way

Spatial approach with through direction is passing through the history of geography and appears as main scientific treatment in its methodology. However a concept of geospace and of main parts as essence, dimension and connection with time have changed repeatedly. Together with that changes affect terminological apparatus of various geographical schools. Foreign geographers commonly used terms as 'space', 'place' and 'region'. For geographers of Soviet Union more traditional are 'territory' or 'area'. Herewith ter-

ritory and area often interprets as a synonym of term 'space'. Space for philosophers is a form of matter being, which is characterized by length, structural, coexistence and interaction of elements in all material systems. Time as an integral subject of space seems as a form of matter being, which is expressing duration of existence, sequence of change in modification and development processes in all material systems (Shalnev V. A. and Talalakina A. A., 2011).

So, geographical space represents itself as a combination of geographical systems and totality of relations in coordination and length of coexisting dissimilar elements. Geographical time expresses complex of relations in coordination and length, which seems following each other under the circumstances of dissimilar elements and geographical systems. Each point of geographical «space-time» is due to special move and nature of component elements. Elements are not just side by side — they are interacting between each other in case of forming spatial interconnection and interdependence. As a result of complex interaction of composite elements it forms vertical and horizontal connections. Vertical connections are mainly due to impact of components and horizontal connections are determined by relative position of territorial units. Combination of this connections brings to the generation of special spatial structures and spatial systems. That's why we can say, that geographical space is a summation of physical connections between geographical objects and between their analogues — geographical systems.

Theory of relativity of Albert Einstein have uncovered inextricable connection between space and time as of unified form of matter being and also have established structures of world as space-time and cause-consequence. Geographical meaning of space without any philosophical component is mentioned as form of existence of various types of geographical objects and phenomena in limits of geo-

graphical shell — totality of relations between geographical objects, which are located on specific territory and are developing with time. Physical geographical space has its own features — seems as scope, therefore seems isolated. Physical space of Earth is represented by two constituents — aboveground and underground, which are focused on surface of Earth. Within its limits geographical objects are interacting and consequently organize a bunch of places, where processes of structuring of matter are taking place for an aim of making individual objects — geosystems, which could simple (river system), complex (natural landscape) and integral(territorial recreational systems).

As to opinion of Soviet Union’s scientist E. B. Alaev area within which impact of certain object is manifests itself is named as geographical field. Concerning to this presence of territory is considered required condition. Wherein for most of the geographical objects area could be constant just in certain line segment of time. In this way geographical space is seems as aggregate of following attributes: objects (geosystems), geographical field and area. And the output by E. B. Alaev is that territory occurs as a part of solid surface of Earth with inherent natural and anthropogenic properties and resources, square and two-dimensionality (Sharigin M.D. and Chupina L. B., 2013).

Important role in understanding in essence of geographical space is taken by evolutionary approach, which is aimed on explanation of main stages in formation of modern structure and its diversification. From position of concept of global evolution model of such space is considered as amount of universal evolution of natural process (Shalnev V. A. and Talalakina A. A., 2011). Quality jump of this evolution was made with the appearance of human and the formation of social structures. In its own way and structure geographical space is multi-object and multidimensional, constantly changing historical

unity, which is characterized with dimension, structural, properties, coexistence and interaction between objects.

In this way real geographical actuality is complicated and framed — it has complex material substrate. Investigating such bunch of processes and phenomena seems hard, but it is possible in the presence of ideal model, which let us to consider objects of study as holistic composition.

**Political geospace as subspace**

According to the view of Gladkiy Y. N., geographical space is divided to two generalized geographical spheres — natural and human. By second one it shows the meaning of humanized nature, which includes a human, material items of his action and also material and spiritual activity itself. As one of the private geographical sphere political space is mentioned, representing itself not as space of physical bodies, in which political activity is acting, but as an activity from attributive point of view (Sharapov A. K., 2012).

Content of geographical sample is seems as simplified model of geographical space. But samples as an ideal essence could be elements of noosphere and parts of real geographical space. Both of this aspects in political geography are lead to attentive research. It means that representation of geographical space are getting in objective geopolitical relations with real space and seems as essential geopolitical factor. Metrical and topological parameters of different geographical spheres are not the same. For each of them could be used multiple systems of coordinates, which are considered as multidimensional in unity with geographical coordinates.

A bunch of functional spaces are connected to geographical space. They are contained not just from material objects, but also from different ideal formations of various nature. Each functional

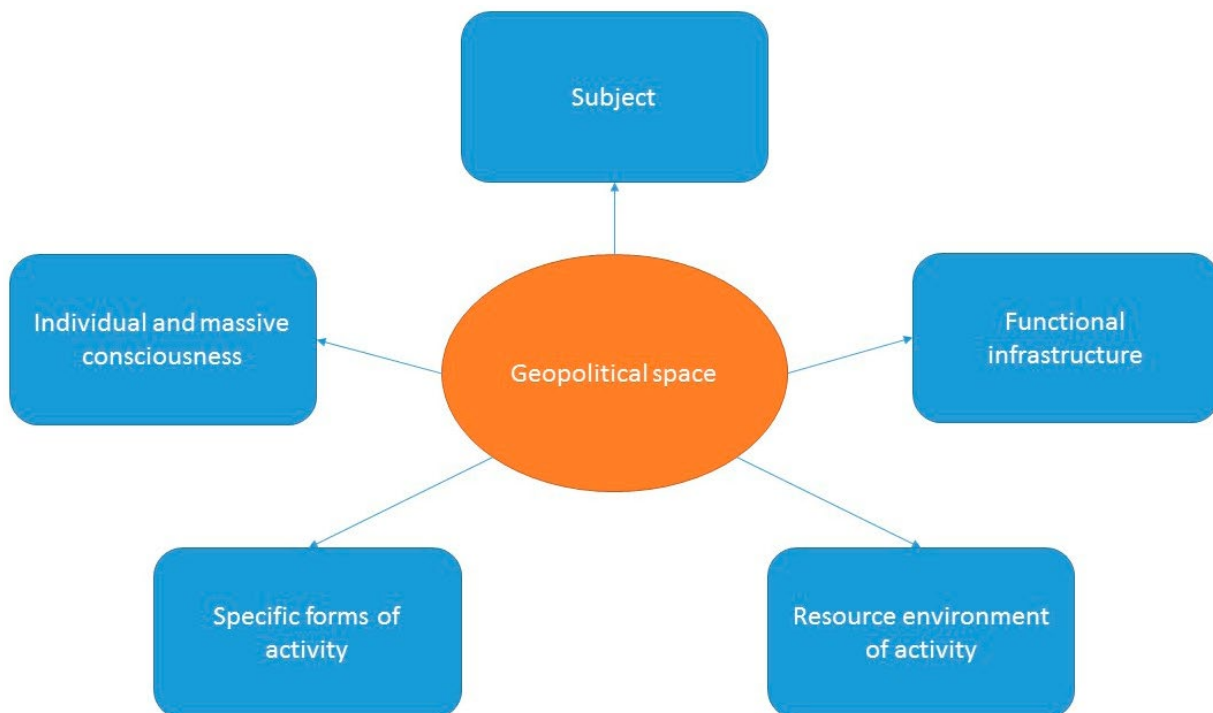


Fig. 1. Components of geopolitical space

system which is having geographical objects as elements is referring to geospatial. Geographically tied functional space is reflecting physical metrics and topology of geographical space by edges. Geographical space is integrating all functional spaces, which has any connections to Earth by itself (Elatskov A. B., 2012).

In modern geopolitical and other social conditions the main factor of the development of geopolitical space is based on totality of topological properties in the scale of geographical space, within the framework of which in certain circumstances could be given to physical space and also to natural, human, technological, infrastructural and ecological resources. Namely, specified features appears as a strategical reserve of geopolitical space and within is mentioned as a moving factor of global processes, which leads to new forms of geospatial organization (Volynchuk A. B. and Pestsov S. K., 2018).

## Conclusion

Spatial relationships of society are presenting itself as a projection of numerous measurements on specific space, but also while being affected by various limits could be reflected on a structure of it. Consequently, geography of human is not representing itself as just an appendage of social sciences. It is not staying it aside of them, it is making up one of the edges of its numerous sides (Elatskov A. B., 2012).

Geographical space as an object of political geography and politics could be understood in two ways — in wide and narrow meanings. But interconnection of various types of space and concentric structure of geographical space — it is just one side of considered category. Not less meaningful is territorial structure and geographical relations in base.

## References:

1. Shalnev V. A. and Talalakina A. A. 2011. Geographical space: the essence, problems and ways of solutions. Stavropol National University press: Sciences about Earth #74; pp. 136–144
2. Sharigin M. D. and Chupina L. B. 2013. Approaches to the study of the geographical space-time and problems associated with them. Geographical messenger 2(25); pp. 4–8
3. Elatskov A. B. 2012. Political geospace as an object of research. Saint-Petersburg National University press: Messenger of SPbNU #7(part 2); pp. 126–135
4. Sharapov A. K. 2012. Geopolitical area — the category's content analyses. TransBaikal State University Press: Messenger of political sciences #6; pp. 41–47
5. Volynchuk A. B. and Pestsov S. K. 2018. Geopolitical Space: Critical Analysis and Conceptualization of the Category. Scientific journal «Russia and the Pacific»; pp. 84–94

## ГЕОЛОГИЯ

### Вещественный состав пород и руд уранового месторождения Ингичка

Авазов Рустам Рахатович, ассистент;  
Нуртаев Бурхон Химаилович, ассистент  
Навоийский государственный горный институт (Узбекистан)

В данной статье приведены результаты изучения вещественного состава пород и руд из отложений Кендыктябрьского и Сабирсайского горизонтов.

По литологическому составу в рудах выделяются следующие типы оруденелых пород: пески, песчаники глинистые, песчано-гравийные породы, алевролиты и глины.

По минералогическому составу вмещающие оруденение отложения практически не отличаются от соответствующих безрудных пород. Суммарное содержание в них обломочного материала колеблется от 81 (Кендыктябрьский горизонт) до 81–93% (Сабирсайский горизонт). Преобладают в составе обломочного материала кварц (44–60%), полевые шпаты (15–18%) и обломки пород (10–18%). Слюды практически отсутствуют. Процессоры представлены турмалином, лейкоксеном, ставролитом, сфеном и другими минералами.

Глинистые минералы в цементе песчано-гравийных руд составляют 5,3–14,2%.

В составе глинистого материала из руд Сабирсайского горизонта постоянно присутствуют каолинит (2,0–4,7%) и смешаннослойные образования (2,1–8,8%). Периодически присутствуют монтмориллонит (до 0,7%) и гидрослюда (до 0,3%).

В составе глинистых минералов в рудах из отложения Кендыктябрьского горизонта постоянно отмечаются каолинит (5,0%), гидрослюда (3,8%) и смешаннослойные образования монтмориллонит-гидрослюдистого состава (5,3%). При электронно-микроскопических исследованиях в составе глинистого вещества устанавливаются трубчатые выделения галлуазита (рис. 1а). Присутствие в рудах смешаннослойных образований обусловлено, скорее всего, проявлением в них процессов восстановительного характера.

Карбонаты присутствуют в рудах в количестве 0,7–2,8% и представлены кальцитом (1,2% в рудах из отложений Кен-

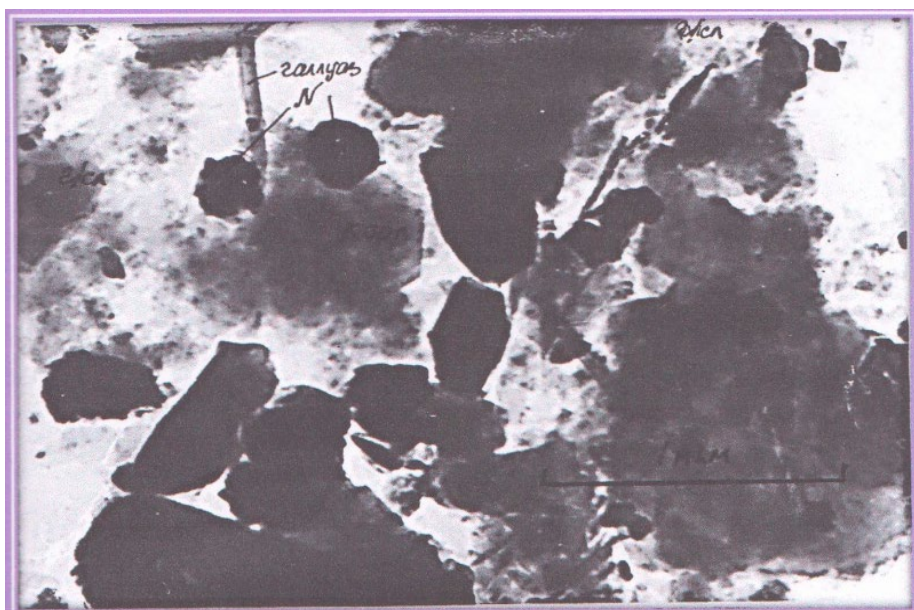


Рис. 1а. Электронный микроскоп, суспензия. Увеличение 35000х



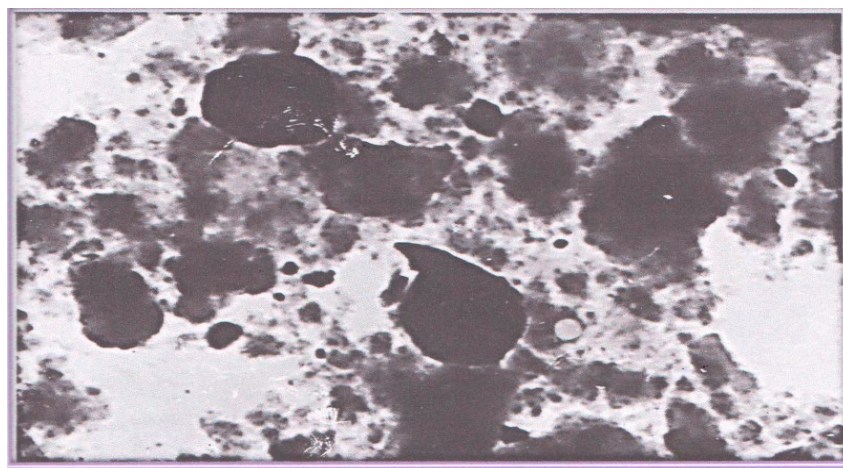


Рис. 16. Электронный микроскоп, суспензия. Увеличение 22000х. Облаковидные выделения смешаннослойных образований, таблички каолинита (а, б), пластинки гидрослюды (б) и трубчатые удлиненные кристаллы галлуазита (а) в отложениях Сабирсайского (а) и Киндыктюбинского (б) горизонтов

дыктюбинского горизонта и 1,4–2,0% в рудах из отложений Сабирсайского горизонта) и доломитом (0,2–0,7% в рудах из отложений Сабирсайского горизонта). Кроме того, в рудах отмечаются пирит и марказит (до 0,4–1,2%) и фосфорит (0,2%, Киндыктюбинский горизонт).

Урановая минерализация относительно равномерно распределена в рудах, образуя вкрапленные и пятнисто-вкрапленные текстуры. Руды дисперсны. Размеры скоплений урановой минерализации колеблются от п.  $10^{-5}$  мм до первых сотых долей миллиметра. Они образуют чёрные порошковатые выделения по поверхности обломочных зёрен и аутогенных минералов и реже пропитывают глинистый материал.

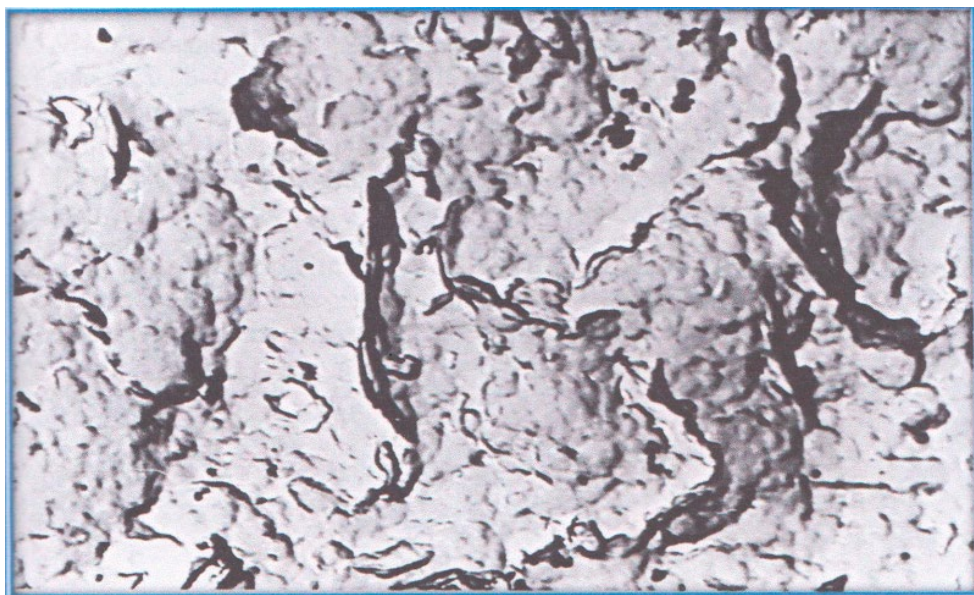
При электронно-микроскопическом исследовании при увеличении 15000х в рудах устанавливаются плёночно-натёчно-коллоидные выделения оксидов с редкими глобулами на глинистом

веществе, на поверхности обломочных зёрен (рис. 1–2). Очень редко встречаются желудевидные выделения коффинита (рис. 1).

#### Форма выделения урановой минерализации

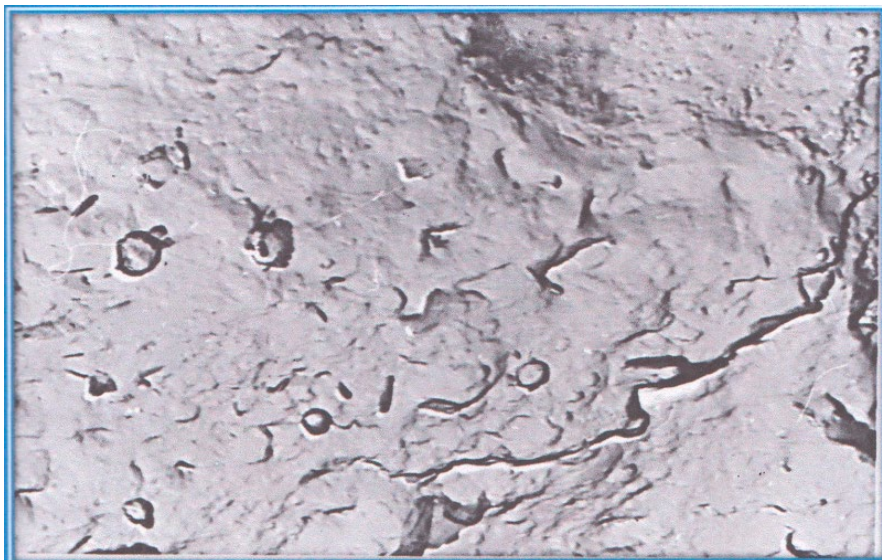
Руды силикатные (обломочный материал, состоящий из кварца, полевых шпатов и обломков пород) составляют 80–90% со следующим содержанием:  $Fe_{вал}$  — 1,6–1,9%, двухвалентное — 0,5–1,1%, трехвалентное — 0,04–0,1%, сульфидное — 0,4–0,1,2%,  $C_{орг.}$  < 0,03–0,13%,  $CO_2$  < 0,20–1,23%.

Кроме урана ( $355-1029 \times 10^{-4}\%$ ) в составе руд устанавливается свинец (14–18%), селен  $(1-9) \times 10^{-4}\%$ , иттрий  $(8,5-14) \times 10^{-5}\%$ , мышьяк  $(14-26) \times 10^{-4}\%$ , ниобий  $(9-14) \times 10^{-4}\%$ , причем повышенное содержание иттрия, мышьяка и ниобия характерно для руд из Сабирсайского горизонта с более высоким содержанием урана.



а

Рис. 2



б

Рис. 2. Пленочно-натёчно-коломорфные выделения оксидов и редкие глобулы на обломочных зёрнах (а) и поверхности глинистого вещества (б). Электронный микроскоп. Реплика. Увеличение 15000х

Литература:

1. Толстов Е. А., Толстов Д. Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. — Москва, 2002.
2. Рудные месторождения Узбекистана. — Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001.

## ЭКОЛОГИЯ

### Эффективность различных способов лесовосстановления на вырубках Бисерского лесничества Пермского края после применения комплексов многооперационных лесозаготовительных машин

Морозов Андрей Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
Батурин Сергей Владимирович, студент магистратуры  
Уральский государственный лесотехнический университет (г. Екатеринбург)

*В статье приводятся результаты анализа лесоводственной эффективности различных способов лесовосстановления на сплошных вырубках после применения сортиментной технологии лесозаготовок на базе многооперационных машин. Даны рекомендации по выбору оптимальных вариантов лесовосстановления.*

**Ключевые слова:** сплошные рубки, многооперационные лесозаготовительные машины, сортиментная технология лесозаготовки, лесосека, пасека, технологический коридор, лесовосстановление, подготовка почвы, подрост, саженцы.

Сортиментная технология лесозаготовок на базе комплекса многооперационных валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин (харвестеров) и сортиментовозов (форвардеров) в настоящее время является достаточно распространенной на арендуемых лесных участках, поскольку исключает необходимость организации нижних складов. В то же время такая технология имеет целый ряд специфических особенностей, в том числе связанных с проведением работ по лесовосстановлению на сплошных вырубках.

Целью работы явилась оценка эффективности различных способов лесовосстановления на сплошных вырубках после проведения лесозаготовок с использованием сортиментной технологии.

Исследования проводились на территории Бисерского лесничества, расположенного в Горнозаводском районе Пермского края. В соответствии с Приказом Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации» район исследований относится к таежной зоне, Средне-Уральскому таежному району [2, 15].

В основу исследований положен метод пробных площадей. Пробные площади закладывались на лесных участках, пройденных сплошными рубками с использованием комплекса многооперационных машин в разные сезоны года.

До рубки на исследуемых участках произрастали лесные насаждения, представленные перестойными ельниками зеленомошной, травяной и сфагновой групп типов леса, с преобладанием ели в составе с незначительной примесью пихты и березы, III — IV классов бонитета, с относительной полнотой 0,7–0,8. На всех исследуемых участках до рубки под пологом древостоев

присутствовал хвойный подрост предварительной генерации в количестве от 600 до 4000 шт./га. В составе подроста доминировала ель, на долю которой приходилось от 6 до 9 единиц состава. Доля других пород (кедр, пихта, береза) в сумме составляла не более 4 единиц состава.

Технологический процесс лесосечных работ с применением многооперационных машин на всех исследуемых участках являлся однотипным и включал в себя валку, обрезку сучьев и раскряжевку деревьев на сортименты харвестером с предварительной рубкой технологических коридоров шириной 3,0 метра. Технология работы харвестера включала несколько операций: наведение харвестерной головки на ствол дерева, захват дерева, спиливание и сталкивание дерева в сторону пасеки шириной 16 метров, протаскивание дерева на противоположную сторону технологического коридора и обрезка сучьев, раскряжевка полученного хлыста на сортименты, укладка готовых сортиментов по обе стороны от оси технологического коридора, переезд на новую технологическую стоянку, а затем — на новый технологический коридор. Сортименты, уложенные харвестером вдоль технологического коридора, загружались форвардером с помощью манипулятора и вывозились им же по магистральному технологическому коридору к месту погрузки на лесовозный транспорт (погрузочная площадка размерами 60 x 40 м), подборка порубочных остатков с лесосек так же осуществлялась с помощью форвардера.

При технологии работ, предусматривающей сталкивание дерева харвестером в сторону пасеки и последующее его протаскивание в сторону технологического коридора вместе с кроной, как правило, наблюдается почти полное уничтожение подроста предварительной генерации в этом месте. Практи-

чески полное уничтожение подроста отмечается также на погрузочных площадках. Кроме того, в местах протаскивания деревьев и укладки сортиментов при проведении работ в бесснежный период года также происходит уничтожение живого напочвенного покрова.

На всех исследуемых участках лесозаготовка осуществлялась многооперационными машинами на колесном ходу. Способ очистки мест рубок — измельчение и укладка порубочных остатков на технологические коридоры. Ширина лесосек варьировала от 90 до 400 м.

Мероприятия по лесовосстановлению на исследуемых участках заключались в проведении мер содействия естественному лесовосстановлению в виде сохранения подроста предварительной генерации (в случае, если его количество соответствовало нормативному) либо проведению посадки лесных культур (в случае, если количество подроста не соответствовало нормативному). Нормативы численности подроста устанавливались согласно Приказу Минприроды России от 25.03.2019 г. № 188 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений» [1, 42].

Мероприятия по искусственному лесовосстановлению включали: подготовку почвы и посадку саженцев ели.

Подготовка почвы проводилась тремя различными способами:

- нарезкой полос шириной 3,0 м отвалом бульдозера через каждые 3,0 м;
- нарезкой борозд шириной 1,4 м плугом ПКЛ-70 в двухкорпусном варианте в агрегате с трактором ТТ-4М через каждые 3,0 метра;
- созданием микроповышений ковшом экскаватора объемом 1,55 м<sup>3</sup> в количестве 500 шт./га. Микроповышения формировались высотой 0,5 м, на расстоянии друг от друга 1,5–2,0 м в шахматном порядке, как на пасаках, так и на волоках.

Посадка проводилась двумя способами:

- на лесосеках с подготовкой почвы плугом ПКЛ-70 и отвалом бульдозера — трехлетним саженцами ели сибирской с открытой корневой системой под меч Колесова в дно полосы или борозды;
- на лесосеках с подготовкой почвы ковшом экскаватора — трехлетними саженцами с закрытой корневой системой специальной посадочной трубой в созданные микроповышения по методу конверта (5 саженцев в каждое микроповышение).

Для оценки эффективности проведенных мероприятий по лесовосстановлению были заложены 9 пробных площадей, в том числе 5 — на лесосеках, где проводились мероприятия по естественному лесовосстановлению и 4 — на лесосеках, где проводились мероприятия по искусственному лесовосстановлению. На каждой пробной площади равномерно по территории лесосеки (включая пасаки и технологические коридоры) закладывались учетные площадки размером 2,0 x 2,0 м в количестве 30 шт. В процессе учета подрост группировали по породам, высоте и жизненному состоянию. По высоте подрост разделяли на следующие высотные группы: мелкий (не более 0,5 м), средний (0,6–1,5 м) и крупный (более 1,5 м). По жизненному состоянию — на жизнеспособный, сомнительный и нежизнеспособный.

Оценка успешности лесовосстановления проводилась в соответствии с Приказом Минприроды России от 25.03.2019 г. № 188 [1, 42]. Весь жизнеспособный подрост при этом пересчитывался в крупный согласно требованиям [1, 8].

Как показали результаты исследования, поврежденный в процессе рубок подрост на территории лесосеки распределяется неравномерно. Его больше в местах размещения погрузочных пунктов и меньше — в отдаленных частях лесосеки на пасаках. Доля поврежденного подроста на лесосеке в целом находится в прямой зависимости от площади, занятой технологическими коридорами и погрузочными пунктами. В зимний период года, благодаря снежному покрову, повреждений при рубках подроста и живого напочвенного покрова наблюдается гораздо меньше.

Полученные результаты показали, что общее количество подроста предварительной и последующей генераций больше на лесосеках летней заготовки (соответственно 4331 шт./га в ельнике черничном и 4165 шт./га в ельнике кисличном). На лесосеках зимней заготовки количество подроста значительно меньше (3165 шт./га в ельнике мшистом, 1915 шт./га в ельнике травяном и 3082 шт./га в ельнике осоково-сфагновом) и представлено в основном предварительной генерацией. Это объясняется тем, что в бесснежный период при рубках происходит уничтожение лесной подстилки и минерализация поверхности почвы, что способствует поселению на таких участках подроста последующей генерации. На лесосеках в зеленомошной и сфагновой группах типов леса как летней, так и зимней заготовки естественное лесовосстановление оценивается как успешное елью. На лесосеке травяной группы типов леса естественное лесовосстановление оценивается как неудовлетворительное.

Результаты оценки эффективности искусственного лесовосстановления показали, что полосный способ подготовки почвы отвалом бульдозера имеет ряд недостатков. На участках с подготовкой почвы таким способом в ельнике травяном наблюдается накопление жидких атмосферных осадков внутри полос по причине ограничения их стока за пределы полос обваловкой. Фильтрация воды в почву также происходит медленно, поскольку почвы в основном суглинистые и глинистые по механическому составу. В результате это привело к гибели 80% саженцев лесных культур, высаженных в дно полосы. Количество сохранившихся растений на момент учета — менее 900 шт./га.

На лесосеках с подготовкой почвы нарезкой борозд плугом ПКЛ-70 и посадкой в дно борозды в ельнике папоротниковом, также наблюдается накопление жидких атмосферных осадков и частичная гибель саженцев после посадки, из которых на момент учета сохранилось не более 1000 шт./га. Вместе с тем, следует отметить, что при таком способе подготовки почвы отмечается меньшая повреждаемость подроста предварительной генерации по сравнению с полосной расчисткой ввиду меньшей ширины борозд по сравнению с полосами и меньшей долей площади, занятой бороздами, от общей площади лесосеки.

На лесосеках с подготовкой почвы созданием микроповышений ковшом экскаватора в ельнике папоротниковом, наблюдается хорошая приживаемость саженцев и хорошая сохранность подроста после рубки. Общее количество саженцев и подроста в сумме на этих участках на момент учета составляет 3998 и 4050 шт./га соответственно.

Наибольшее количество подроста ели и пихты последующей генерации отмечается на лесосеках летней заготовки в зеленомошной группе типов лесов. На зимних лесосеках всех исследуемых групп типов леса количество подроста последующей генерации значительно меньше, чем на летних.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод, что содействие естественному лесовосстановлению путем сохранения подроста в процессе рубки является достаточно эффективным мероприятием в зеленомошной и сфагновой группах типах леса. В травяной группе типов леса сохранение подроста не эффективно в виду его последующего заглушения травяным покровом. В данной группе типов леса целесообразно ориентироваться на проведение искусственного лесовосстановления.

Наиболее эффективной является технология искусственного лесовосстановления с подготовкой почвы созданием ми-

кроповышений ковшем экскаватора и использованием посадочного материала с закрытой корневой системой и посадкой его по микроповышениям. При такой технологии наблюдается приживаемость саженцев до 95% и максимально сохраняется подрост предварительной генерации.

Наименее эффективной является технология создания лесных культур с подготовкой почвы отвалом бульдозера с посадкой саженцев в дно борозды. При такой технологии наблюдается застой вод атмосферных осадков на поверхности полосы, что вызывает вымокание саженцев и низкую приживаемость лесных культур, не превышающую 20%. Кроме того, полосная расчистка приводит к значительному уничтожению подроста предварительной генерации.

Существенного влияния ширины лесосеки и давности рубки на характеристики лесовосстановления не установлено.

#### Литература:

1. Приказ Минприроды России от 25.03.2019 г. № 188 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений». — М., 2019. — 156 с.
2. Приказ Минприроды России от 18.08.2014 г. № 367 «Об утверждении Перечня лесорастительных зон Российской Федерации и Перечня лесных районов Российской Федерации». — М., 2014. — 24 с.



# СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

## Влияние срока посева на рост и развитие чечевицы в зависимости от погодно-климатических условий года

Вернер Артур Валериевич, старший группы  
Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А. И. Бараева (г. Кокшетау, Казахстан)

В данной статье анализируются семь сроков посева, начиная с 5 мая, заканчивая 4 июня, через каждые 5 дней. Целью опыта не является усреднение годовых данных, поэтому эффективность каждого из вариантов оценивается в зависимости от климатических условий того или иного года.

**Ключевые слова:** чечевица, сроки посева, фазы развития, погодно-климатические условия

В земледелии северных областей Казахстана и степных районов Сибири очень важное значение имеет посев зерновых культур в наиболее оптимальные, агротехнически обоснованные сроки. Особенности климата всей этой большой сельскохозяйственной зоны таковы, что максимум летних осадков обычно приурочивается к июлю и первой половине августа. Для конца весны и особенно июня характерна засуха, нередко продолжительная [1, с. 213].

С целью проведения анализа данных, о сроках посева чечевицы в зависимости от погодно-климатических условий на базе ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», Акмолинская область, Республика Казахстан, в 2018 и 2019 году был заложен лабораторно-полевой опыт. В опыте изучалось семь вариантов сроков посева чечевицы крупносеменной: 5 мая, 10 мая, 15 мая, 20 мая, 25 мая, 30 мая и 4 июня. Почва опытного участка — чернозем южный карбонатный.

В условиях богарного земледелия основными источниками влаги являются атмосферные осадки. В условиях Акмолинской

области по многолетним данным выпадает не более 350 мм в год, что в свою очередь является очень низким показателем.

На рисунке 1 можно увидеть количество выпавших осадков за вегетационный период чечевицы как в достаточно увлажненный год (2018 год), так и в засушливый год (2019 год). Года по увлажненности и засушливости можно сравнить с многолетними данными, которые также приведены в рисунке 1.

Чечевица — засухоустойчивая культура [2, с. 143], она требовательна к влаге только в начале развития, при набухании и прорастании семян. Несмотря на это, она хорошо отзывается на выпадение осадков и орошение до фазы образования бобов.

В период налива и созревания излишнее увлажнение вредно для нее, так как растения дают большую зеленую массу в ущерб образованию бобов [3, с. 197].

Принимая во внимание все вышеперечисленные моменты, чечевицу рекомендуется высевать в ранние сроки — одновременно с ранними яровыми зерновыми культурами (15–25 мая).

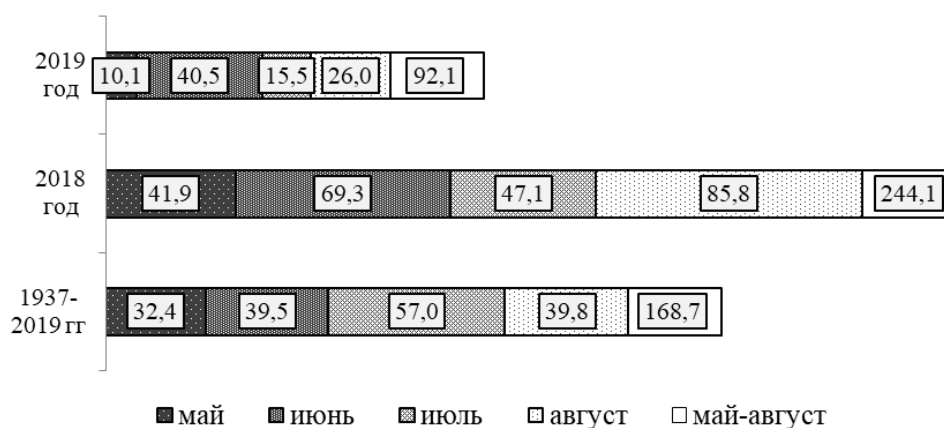


Рис. 1. Распределение атмосферных осадков по месяцам и в сумме за период май — август в зависимости от условий года, мм

Запоздание с посевом во всех зонах ее возделывания приводит к снижению урожая [4, с. 4].

Рекомендуемые сроки — это многолетние усредненные данные, из которых иногда приходится делать исключения. Подобные исключения мы можем наблюдать, глядя на рисунок 1, на котором представлены распределение атмосферных осадков в определенный период в зависимости от года и в среднем за много лет, и затем провести сравнительную характеристику между полученной урожайностью и выпавшими осадками в определенные периоды развития чечевицы в конкретный год.

Количество выпавших осадков за определенный период сильно разнится по годам. Так в 2018 году выпавших осадков было больше среднеемноголетних показателей, а в 2019 году — ниже. Полученная урожайность по годам показана в таблице 1. В 2018 году урожайность была выше почти в 2 раза, чем в 2019 году, но суть сравнения не заключается в том чтобы сопоставить два различных по характеристике погодно-климатических условий года, так как влага всегда играет решающую роль в полученном урожае, а проанализировать лучший срок посева в более увлажненный или более засушливый года.

Таблица 1. Урожайность чечевицы по срокам сева в зависимости от условий года, ц/га

| Срок посева | 2018 год | 2019 год |
|-------------|----------|----------|
| 5 мая       | 13,3     | 6,2      |
| 10 мая      | 15,4     | 6,4      |
| 15 мая      | 12,2     | 6,6      |
| 20 мая      | 11,1     | 6,8      |
| 25 мая      | 10,7     | 7,7      |
| 30 мая      | 9,6      | 6,2      |
| 4 июня      | 7,9      | 6,2      |
| НСР 0,95    | 3,9      | 0,4      |

На различных этапах развития чечевица потребляет различное количество влаги, поэтому погодно-климатические условия года по-разному влияют на сроки посева.

На примере 2018 года видно, как осадки, выпавшие в конце второй половины мая, оказали благоприятный эффект на рост и развитие чечевицы, посеянной в первой декаде мая. В последующие периоды количество осадков было меньше, что сказалось на понижении урожайности чечевицы, посеянной после 10 мая. Температура воздуха была относительно благоприятной для появления хороших всходов.

За периоды фаз ветвления и цветения чечевицы (июнь — июля) на всех сроках было отмечено выпадение осадков выше среднеемноголетних показателей, что также было благоприятным условием для получения достойного урожая. С наступлением фазы образования бобов (вторая декада июля) погодные условия стали более засушливыми, что тоже хорошо отразилось на урожайности. Но, несмотря на достаточно комфортные климатические условия, которые позволили в лучшей степени развиваться до фазы образования бобов на всех сроках посева, наибольшая урожайность была получена на ранних сроках посева. Полностью созревший урожай удалось успешно убрать до выпадения значительного количества осадков в конце августа и начале сентября. Этот факт плохо сказался на последующих сроках, которые не успели достичь фазы полного созревания, уборка еще затруднялась неравномерным созреванием.

В 2019 году больших различий между вариантами не наблюдается, а та разница, которая имеется, подтверждает факт правдивости рекомендуемых сроков посева чечевицы.

Низкое количество осадков (в 3 раза меньше среднеемноголетних показателей), выпавших в мае, негативно отрази-

лось на набухании и прорастании семян. Основная часть этих осадков пришлось на период посева в сроки с 15 по 25 мая. Это сделало данные варианты несколько доминирующими в течение всего процесса вегетации и выше по полученной урожайности в отношении остальных сроков посева (таблица 1). Фаза ветвления на всех вариантах сопровождалась выпадением осадков, но в совокупности с пониженными температурами в этот период, чечевица плохо развивалась. Резкое повышение температуры воздуха и отсутствие осадков только усугубили положение к фазе цветения. Фаза образования бобов и созревания, также проходили в относительно засушливых условиях. Уборка чечевицы длилась с середины августа по середину сентября, и ее срок зависел от варианта. Погодные условия в 2019 году не привели к затруднению процесса проведения уборки.

Анализируя данные, полученный из проведенных исследований, можно сделать вывод, что чечевицу необходимо высевать в срок с 15 по 25 мая. Именно для этого периода характерно выпадение основной части осадков в мае месяце по среднеемноголетним данным, которые играют важную роль в формировании и начальной стадии развития чечевицы, что в дальнейшем благоприятно скажется на урожайности. Похожую ситуацию мы можем наблюдать в 2019 году, где, несмотря на низкое количество осадков, должную роль сыграло их распределение в определенные периоды. Также возможны более ранние сроки посева, как в случае с 2018 годом, когда условия благоприятствовали проведению посевной, но ни в коей мере не рекомендуется затягивать посевную, так как будут велики шансы не дозревания, затруднения с уборкой, что в итоге скажется на больших потерях урожая.

## Литература:

1. Бараев А. И. Почвозащитное земледелие. — М.: Колос, 1975. — 304 с.
2. Долгачева В. С. Растениеводство. — М.: Академия, 1999. — 368 с.
3. Вавилов П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов, В. В. Гриценко. — М.: Колос, 1986. — 516 с.
4. Каскарбаев Ж. А., Похоруков Ю. А., Вернер А. В. и др. Сорта чечевицы. Технологии возделывания. — Шортланды, 2019. — 6 с.

## Факторы повышения эффективности производства зерновых культур в Российской Федерации

Гайнутдинов Ильгизар Гильмутдинович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
Зарипова Талия Тальгатовна, студент  
Казанский государственный аграрный университет

*В данной статье описываются факторы повышения эффективности производства зерна, а также рассмотрены основные направления повышения экономической эффективности производства зерновых культур.*

**Ключевые слова:** зерно, экономическая эффективность; зерновое производство; направления повышения эффективности.

Зерновая отрасль является одной из основных отраслей сельского хозяйства, от уровня и степени развития, которой зависит состояние других сегментов агропромышленного комплекса. Значимость зерна заключается в том, что оно является основным сырьем для производства наиболее необходимых продуктов, которые составляют основу рациона любого человека и содержат питательные вещества, в том числе и витамины. Также, фуражное зерно выступает основой кормовой базы животноводства.

Необходимо отметить, что во многих странах уже давно ведутся исследования и разработки по производству биотоплива на основе различных растений, в том числе и зерновых культур. В последние годы зерновые культуры широко используются для производства биоэтанола, которое применяют в качестве биотоплива [1]. Таким образом, зерновая отрасль является перспективной не только с точки зрения продовольствия и обеспечения населения продуктами питания, но и с энергетической точки зрения, поэтому выявление направлений повышения эффективности производства зерна является актуальной на сегодняшний день и в перспективе.

На данный момент в аграрном секторе Российской Федерации наблюдается тенденция роста валового сбора зерновых культур. Так, например, по статистическим данным урожай

зерна за последние 5 лет увеличился на 4,1% и в 2019 году составил почти 120,7 млн тонн (табл. 1) [2].

Рассмотрев динамику данных показателей, можно отметить следующее: валовой сбор сильно колеблется в зависимости от изменения урожайности. Это связано не только с неблагоприятными климатическими условиями, но также с недостаточным внесением удобрений, использованием устаревшей техники и рядом других факторов [3]. В 2019 году под зерновые культуры было внесено в среднем около 60 кг/га минеральных удобрений, однако данный объем вносимых удобрений недостаточен.

Главной задачей, которая стоит перед производителями зерна — это повышение и стабилизация урожайности зерновых культур, а также увеличение объемов урожая, как основного экспортного потенциала, улучшение качества зерна при одновременном повышении экономической эффективности производства.

К показателям экономической эффективности производства зерна относят: урожайность, себестоимость 1 ц зерна, затраты труда на 1 ц, прибыль в расчете на 1 га посевов, уровень рентабельности.

Эффективность зернового производства в сложившихся экономических условиях определяется воздействием комплекса агротехнических, биологических, научно-технических, организационно-экономических факторов.

Таблица 1. Динамика валового сбора, урожайности и посевных площадей зерновых культур в Российской Федерации

| Годы | Валовой сбор, млн т | Урожайность, ц/га | Посевные площади, млн га |
|------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| 2015 | 104729              | 23,7              | 46,6                     |
| 2016 | 120677              | 26,2              | 47,1                     |
| 2017 | 135539              | 29,2              | 47,7                     |
| 2018 | 113255              | 25,4              | 46,3                     |
| 2019 | 120668              | 26,6              | 46,8                     |



К агротехническим условиям, прежде всего, относят использование высокоурожайных сортов, применение высокоэффективных удобрений, новые технологии обработки почвы и т.д. К техническим факторам относят совокупность машин, применяемые в производственном процессе оборудование для сушки и хранилища зерна. И наконец, под организационно-экономическими факторами понимается организация трудовых процессов, система мотивации и стимулирования труда и т.д.

Выявление всех перечисленных факторов, правильный их анализ и использование в производстве позволяют выявить направления, которые обеспечивают эффективность производства зерновых культур.

Исходя из этого, можно выделить основные направления повышения эффективности производства зерновых культур:

- внедрение технологий точного земледелия, под которыми понимаются технологии глобального позиционирования (GPS), оценки урожайности (Yield Monitor Technologies) и других элементов цифровых технологий;
- улучшение системы семеноводства, внедрение новых сортов, к которым, в частности, можно отнести наиболее уро-

жайные сорта яровой пшеницы «Курская 2038», гречихи «Дикуль» и другие;

- соблюдение технологии и сроков выполнения работ при производстве зерна;
- применение современного парка сельскохозяйственной техники;
- оптимизация размещения и модернизация системы хранения и переработки зерна;
- развитие облачных технологий и других инноваций в области информатизации.

В ближайшем будущем, также одним из новых направлений в отраслях растениеводства, имеющим перспективу развития, является применение беспилотных летательных аппаратов [4, С. 118.]. Представляющим определенный интерес, можно назвать проект использования дронов по мониторингу и обследованию полей «АгроБот», а также использование средств малой авиации для целей управления осадками. Все это в совокупности будут представлять те инновационные направления, реализация которых поднимет существующие технологии возделывания зерновых культур еще более новый уровень.

#### Литература:

1. Жичкина, Л. Н. Экономика отраслей растениеводства: учебное пособие / Л. Н. Жичкина, К. А. Жичкин. — Самара: СамГАУ, 2018. — 149 с.
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 05.06.2020).
3. Кучеренко О.И. Актуальные проблемы и перспективы развития зернового подкомплекса/О. И. Кучеренко, Е.В. Попкова//Современное состояние и организационно-экономические проблемы развития АПК: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 56-летию кафедры экономики АПК экономического факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I.—Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ,2018.—с.226–230.
4. Гайнутдинов И. Г. Применение беспилотного летательного аппарата при десикации масличных культур/ Р. В. Захарова, И. Г. Гайнутдинов //Вектор экономики. 2018. № 11 (29). С. 118.

## Инновационные технологии в кормопроизводстве для молочного животноводства

Черемухина Надежда Викторовна, студент

Научный руководитель: Светлая Елена Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент  
Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова

*В статье рассмотрены возможности применения инновационных технологий в кормопроизводстве для молочного животноводства: использование биодобавок, оптимизация работы с посевами.*

**Ключевые слова:** кормопроизводство, инновационные технологии, биодобавки, промежуточные и подсевные культуры.

Для устойчивого обеспечения продовольственной безопасности страны в животноводческой продукции (в том числе — продукции молочного животноводства) должна быть сформирована эффективная и стабильная кормовая база. Основным критерием оценки уровня развития кормопроизводства является степень удовлетворения животноводства в полноценных кормах. От обеспеченности животных кормами зависит количество поголовья и уровень продуктивности животных [2, с. 23].

Необходимо отметить, что в настоящее время в Российской Федерации ситуация в области кормопроизводства для животноводства (в том числе — молочного) не может быть охарактеризована как благоприятная, поскольку сложилась диспропорция между региональной структурой животноводства и кормовой базой, свидетельствующая об игнорировании принципов агроэкологического районирования территории и адаптивного формирования региональной структуры АПК. Между тем, будущее

сельскохозяйственного производства и обеспечение продовольственной безопасности страны в огромной степени зависит от правильной организации кормопроизводства.

Отсутствие должного внимания кормопроизводству в экономике сельского хозяйства отрицательно сказывается на развитии всего АПК и способствует разрушению основы его производственного базиса — сельскохозяйственных земель. Конечно же, такая ситуация негативно сказывается и результативности деятельности в области животноводства.

В настоящее время для производства кормов в разных природно-климатических зонах России используется более 50% пашни (122, 4 млн га), а также 92,1 млн га природных кормовых угодий и 325 млн га оленьих пастбищ, что в совокупности составляет более 3/4 сельскохозяйственных угодий и более четверти территории нашей страны [1].

Очевидно, что необходимо переходить от экстенсивного пути (увеличение объема территорий) к интенсивному (более эффективное их использование, в том числе — и на основе инновационных технологий). Однако оптимизация кормопроизводства связана не только с природными угодьями, пастбищами, но и с использованием биодобавок, которые позволяют сделать корма более качественными.

Сегодня в кормопроизводстве большинства регионов остро ощущается дефицит белка. Предприятия страны ежегодно для нужд кормопроизводства закупают протеин в виде рыбной муки по всему миру: в Аргентине, Перу, Чили, Китае и во многих других странах на миллионы долларов. В РФ катастрофически не хватает животного белка в кормах, а без него невозможно получить качественную продукцию животноводства [1].

Для решения данной проблемы и оптимизации кормовой базы необходимо налаживание собственного производства кормовых добавок. В настоящее время некоторая деятельность в данном направлении осуществляется, но она ведется недостаточно эффективно.

В качестве предприятий, которые производят и реализуют биодобавки для кормопроизводства для молочного животноводства, можно выделить, например, «Биоэнергия и К» (Челябинская область, г. Коркино), агрохолдинг «Сибирский премьер» (г. Томск) и другие.

Так, в ООО «Биоэнергия и К» организовано производство сухого моно корма, добавок из сапропеля и высокопротеиновой кормовой добавки «Мука из саранчи». По кормовой питательности мука из саранчи не имеет себе равных: она превосходит все существующие животные белки, применяемые в кормах (в свинине и баранине содержание протеина 17%, в рыбе 21%, а в саранче 75%) [1].

Применение данных биодобавок повышает эффективность кормовой базы и является конкурентоспособным аналогом зарубежной продукции. Но в нашей стране, как уже было отмечено, производство данных биодобавок недостаточно развито и совершенно не удовлетворяет актуальные потребности в данной продукции. Поэтому необходимо более активное развитие деятельности в данном направлении.

Другим направлением повышения инновационности кормопроизводства для молочного животноводства является работа с посевами кормовых культур (как совершенствование

структуры посевов кормовых культур, так и совершенствование технологии выращивания кормовых культур, их обработки, формирования из них кормовой базы).

В настоящее время расширяются посевы таких важнейших кормовых культур, как кукуруза, соя, люпин и рапс. Важным источником сокращения дефицита сырого протеина в концентрированных кормах являются жмыхи и шроты масличных культур, в том числе рапса — наиболее перспективной культуры, пока еще недостаточно широко внедренной в производство. Создаются сорта рапса, отвечающие международным стандартам, с устойчивой продуктивностью семян (3,5–4,0 т/га) [1].

Ещё одной инновационной технологией в кормопроизводстве для молочного животноводства является использование промежуточных и подсеваемых культур.

На современном этапе основным источником для производства кормов являются полевые земли, с которых заготавливают около 80% всех кормов.

Промежуточные культуры являются важным звеном зеленого конвейера, т.к. дают корма в те периоды, когда основные кормовые культуры еще не достигли кормовой спелости (весной) или уже убраны с полей (осенью), позволяют собрать с одной площади два урожая зеленой массы и получить 8–9 тыс. кормовых единиц с 1 га. Проведенные исследования подтверждают, что подсеваемые культуры обеспечили существенный рост всех показателей продуктивности кормового гектара в сравнении с контрольным вариантом [2, с. 28].

Так же вариантом оптимизации кормопроизводства для молочного животноводства является использование подсеваемых культур. Подсев семенами этих культур проводят весной или в начале лета под озимые или яровые зерновые культуры, а также под однолетние травы. Подсеваемые культуры формируют урожай после уборки основной культуры. Они не требуют дополнительной обработки почвы, и это позволяет получать из них более дешевые корма. Основные требования к подсеваемым культурам следующие: они не должны оказывать отрицательного влияния на урожайность основной культуры, должны иметь медленный темп роста в начальный период и интенсивно расти после уборки покровной культуры, хорошо выдерживать затенение, слабо повреждаться при уборке покровной культуры, давать высокопитательные корма при низкой их себестоимости [2, с. 29].

В качестве подсеваемых и промежуточных культур можно использовать яровой рапс или райграс. В настоящее время проводится опытная работа в данном направлении, чтобы выявить — какие соотношения основных кормовых культур, и подсеваемых, и промежуточных, дают наиболее высокий результат, какая подготовка почвы под посев подсеваемых и промежуточных культур необходима и т.д.

В заключение следует отметить, что для повышения эффективности отрасли молочного скотоводства, удовлетворения потребности населения в качественных продуктах питания, создания продовольственной безопасности и независимости нашей страны, необходимо эффективно разрабатывать и внедрять инновационные технологии в кормопроизводство для молочного животноводства. Это станет возможным при взаимодействии предприятий АПК с инновационными исследовательскими центрами, учебными заведениями и НИИ.

Литература:

1. Зальцман, В.А., Красильников О. Ю. Инновационное кормопроизводство как основа успешного развития АПК / В. А. Зальцман, О. Ю. Красильников / АгроПост: сайт. — URL: <http://agropost.ru/zivotnovodstvo/korma/innovacionnoe-kormoproizvodstvo-kak-osnova-ark.html> (дата обращения: 01.06.2020).
2. Капустин, Н. И. Инновационные технологии в кормопроизводстве как фактор повышения эффективности молочного животноводства / Н. И. Капустин, Н. А. Медведева, М. Л. Прозорова // Молочнохозяйственный вестник. — 2017. — № 1(17). — С. 23–32.
3. Останется ли животноводство в ближайшем будущем? / via Future: сайт. — URL: <https://viafuture.ru/katalog-idej/innovatsionnye-tehnologii-v-zivotnovodstve> (дата обращения: 02.06.2020).

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
№ 24 (314) / 2020

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

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

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

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

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Номер подписан в печать 24.06.2020. Дата выхода в свет: 01.07.2020.

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

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

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

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

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