

Министерство образования Республики  
Беларусь

Белорусский национальный технический университет

*Факультет информационных технологий и  
робототехники*



## **Материалы**

79-й студенческой научно – технической конференции  
БНТУ  
апрель – май 2023 года

Минск  
БНТУ  
2023

Редакционная коллегия:  
А.М. Авсиевич, Ю.В.Полозков, С.А.Павлюковец, А.Р.Околов,  
И.А.Хорунжий, М.В.Щукин, В.А.Мartiнович

Составитель: В.А.Мartiнович

Издание включает материалы 79-й студенческой научно-технической конференции, проведенной кафедрами факультета информационных технологий и робототехники: «Программное обеспечение информационных систем и технологий», «Робототехнические системы», «Электропривод и автоматизация промышленных установок и технологических комплексов», «Техническая физика» и «Высшая математика».

© Белорусский национальный  
технический университет, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОДЕРЖАНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ .....</b>	<b>14</b>
<b>КОНТРОЛЬ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ – Сорокин А.Д.,     Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель .....</b>	<b>14</b>
<b>BIG DATA. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ –     Сухобоков А.А., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший     преподаватель .....</b>	<b>16</b>
<b>FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT     SCARA ROBOT - Matskova K.Y, Romanov M.V., Zakudovskaya D.G.,     Blagodarov K.E, Supervisors – Marchenko I.S., assistant professor, Kholod     P.V., assistant professor .....</b>	<b>17</b>
<b>ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ - Г.А.     Герасимович, С.А. Буцанец, Научный руководитель – И.И. Гутич,     старший преподаватель .....</b>	<b>21</b>
<b>СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА -     Германович А.П., Гришков Т.А., Сухобоков А.А., Филипп Р.А.,     Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель.....</b>	<b>23</b>
<b>ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ     ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА     ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ - Леонов В.Д., Научный руководитель –     Холод П.В, ассистент.....</b>	<b>26</b>
<b>СОБСТВЕННОЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ, ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ,     КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ТЕХ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ ПО     СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИХ СОБСТВЕННОГО     РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ - Сорокин А.Д., Научный руководитель –     Тимошевич В.Б., ст. преподаватель .....</b>	<b>29</b>
<b>ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ - Праслов К.Д., Научный     руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....</b>	<b>32</b>
<b>DIODE BRIDGE RECTIFIER - Karastsialiou D.A., Supervisor – Hutsich     I.I. ....</b>	<b>35</b>
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМ-МОДЕЛИ ПРИ СОЗДАНИИ ЕДИНОГО     ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ -     Мисюкевич П.В., Научный руководитель – Гутич И.И., старший     преподаватель .....</b>	<b>37</b>
<b>ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ     СИМУЛЯЦИИ В ОБУЧЕНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ - Филипп Р. А.,</b>	

Гришков Т.А., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....	39
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РОБОТА «ЖЕЛЕЗНАЯ НЯНЯ» НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА - Виршич А. В., Семенчук Е. А., Веремей В. И., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....	41
АНАЛИЗ РОБОТОВ-СНЕГОУБОРЩИКОВ - Тарасюк А.В., Бахуревич А.М., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....	43
ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ТРАНСФОРМАТОРА»» - Синевич А.А., Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент .....	46
КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ - Савостинкевич А.В., Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель .....	47
ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НА БАЗЕ КОМПЛЕКТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА»» - Стецко Е.С., Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент ..	49
ВОСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПОХОДНЫХ УСЛОВИЯХ - Розов Д.В., Вороник Л.Ч., Слизавский М.О., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....	51
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ - Благодаров К.Е., Закудовская Д.Г., Романов М.В, Матькова К.Ю., Научный руководитель – Марченко И.С., ассистент .....	53
УСТРОЙСТВО ДВИЖЕНИЯ В ПОДВОДНОЙ БИОНИКЕ - Германович А.П., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....	55
ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА» - Латыш А.В., Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент .....	58

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ - Хаткевич М.О., Научный руководитель – И.И. Гутич, старший преподаватель .....	59
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ВАРИАНТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЬСИНОВ» - Михайлюк М.В., Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент .....	61
ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ» - Неборский К.А., Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент.....	63
VISUALIZATION IN AUTOMATED ENERGY CONTROL AND METERING SYSTEMS FOR COMMERCIAL ACCOUNTING - Shyshparonak I.V., Supervisor – Hutsich I.I., senior lecturer .....	65
ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТАХОГЕНЕРАТОРОВ» - Чепенец Н.С., Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент.....	66
МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЭРОПОРТОВ - Фонобрович М.В., Щеклеина В.П., Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель .....	68
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ - Дубатовка В.В., Научный руководитель – Лобатый А.А., д.т.н., профессор .....	70
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ - Марукевич И.А., Научный руководитель – Околов А.Р., к.т.н., доцент .....	74
СТЕНД ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НАСТРОЙКЕ КОМПЛЕКТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ - Гайшун А.С., Научный руководитель – Кулаков А.Т., к.т.н., доцент .....	76
<b>ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ .....</b>	<b>78</b>
СТАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРОБУСА ПРИ ДВУХЗОННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ - Радкевич А.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А. ....	78
ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГОРОДСКОГО	

ЭЛЕКТРОБУСА - Радкевич А.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А. ....	81
ПРОБЛЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ - Абрамовская Д.А., Савко Н.О., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А. ....	85
ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПЕЧАТНЫМ СТАТОРОМ, ИХ ПРИМЕНЯЕМОСТЬ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ - Бурба М.Д., Зарецкий В.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Опейко О.Ф. ....	87
ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МНОГОПОЛЮСНЫХ СДПМ - Мищенко Е.В., Абрамовская Д.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А. ....	89
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА - Зарецкий В.А., Паращенко К.М., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Гульков Г.И. ....	91
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БОРТОВАЯ РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОСТОЯННОГО КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО НИЗКОПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОБУСА - Радкевич А.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А. ....	92
КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ - Радкевич А.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А. ....	96
ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ МОБИЛЬНОГО РОБОТА - Бурба М.Д., Шилов Н.А., Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Опейко О.Ф. ....	100
<b>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ .....</b>	<b>103</b>
СИМУЛЯТОР УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ СНЕГОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ СМАРТФОНА - Иванченко Д.В., Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент .....	103
МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ - Ковзан Я.В., Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент.....	106

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРЬЕРА ГЛАВНОГО КОРПУСА БНТУ - Кургей В.Ю., Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент .	110
ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ - Лазько В. О., Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент.....	113
РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ПОДБОРУ IT-ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВАНИИ НЕЧЕТКИХ БИНАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ - Навоева А.С., Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент .....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕРЬЕРА УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ - Сударев Д.А., Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент .....	120
МОБИЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЁР ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ» - Шидловская О.Ю., Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент.....	123
ВЫБОР АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ - Маканов Д.В., Научные руководители – Полозков Ю.В., к.т.н., доцент, Ковалева И.Л., к.т.н., доцент.....	127
КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ КРОНШТЕЙНА ПРИЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА В ANSYS НА ОСНОВЕ СКРИПТА - Гойлик Д. В., Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент .....	130
ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ВАГОНА-ЦИСТЕРНЫ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА PYTHON В ANSYS - Казыро И.А., Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент .....	133
МОДИФИКАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ МЕТОДА РУНГЕ-КУТТА 4-ГО ПОРЯДКА ДЛЯ АДАПТАЦИИ ШАГА ИНТЕГРИРОВАНИЯ - Райкова Ю.Д., Научный руководитель –Напрасников В.В., к.т.н., доцент .....	137
МОДИФИКАЦИЯ ФУНКЦИЙ ПАКЕТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ГРАФОВ - Огородник И.В., Титов Д.Д., Научный руководитель –Напрасников В.В., к.т.н., доцент.....	140
ПОСТРОЕНИЕ КОРНЕВЫХ ТРАЕКТОРИЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА НЬЮТОНА - Мацак И.С., Научный руководитель –Несенчук А.А., к.т.н., доцент.....	143
ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА РЕЙТИНГ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ - Короткевич Х.А., Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор .....	149

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРОГРАММИСТОВ НА ГРУППЫ ИСХОДЯ ИЗ ТРЕБОВАНИЙ К НАВЫКАМ - Волоско А.Д., Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор .....	152
ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ РАССТОЯНИЯ, ПРОХОДИМОГО СТУДЕНТАМИ МЕЖДУ КОРПУСАМИ - Домась А.А., Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор .....	156
ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ «ДЕРЕВО ОТРЕЗКОВ» - Кихтенко О.Ю., Научный руководитель – Борисова И.М., ст. преподаватель .....	159
ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДАХ - Крупкин Т.С., Научный руководитель – Гурский Н.Н., к.т.н., доцент ..	163
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ И ИХ ХРАНЕНИЯ - Радюк Д.А., Нестереня В.А., Научный руководитель – Барышев А.А., старший преподаватель .....	167
КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ» - Ашейчик Д.С., Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент .....	169
КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «УЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ СТУДЕНТОВ» - Кихтенко О.Ю., Научный руководитель – Сидорик В.В., к. физ.-мат. н., доцент .....	173
КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ УЧРЕЖДЕНИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ: ПРИЛОЖЕНИЕ «АДРЕСНАЯ КНИГА» - Кусакова С.С., Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент .....	177
КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ "КНИГА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ" - Ничипорук В.А., Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент .....	180
КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «КНИГА ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ» - Рахман Д.К., Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент .....	183
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ - Маргун Д.К., Научный руководитель – Юденков В.С., к.т.н., доцент ..	187
СИМУЛЯТОР ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА - Вдовухин М.А. , Научный руководитель – Юденков В.С., к.т.н., доцент .....	190

КЛИЕНТСКАЯ ЧАСТЬ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ EDUCATS ДЛЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ - Молохвей С.М., Научный руководитель – Белова С.В., ст. преподаватель.....	194
МОДУЛИ И СЦЕНЫ С УЧЕБНЫМ КОНТЕНТОМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ» ДЛЯ ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ГИД КАФЕДРЫ» НА ПЛАТФОРМЕ UNITY - Александров Д.Д., Научный руководитель – Белова С.В., ст. преподаватель .....	196
WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «РУССКО-КИТАЙСКО-АНГЛИЙСКИЙ СЛОВАРЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ» - Трубиш Е.А., Научный руководитель – Белова С.В., ст. преподаватель.....	199
КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНКЕТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ - Нестерков Д.А. Кругликовский М.Аб Научный руководитель – Белова С.В ст.преподаватель.....	201
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАФЕДРА». МОДУЛЬ «КАДРЫ» - Быков А.С., Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент.....	202
2	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАФЕДРА». РАЗДЕЛ «УЧЕБНЫЕ ПЛАНЫ» - Ключник З.С., Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент .....	205
WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «ВНЕУЧЕБНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТА» - Ломейко Д.А., Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент .....	207
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕЕЙ - Сашкевич А.С., Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент.....	209
<b>ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА.....</b>	<b>215</b>
ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ - Балачук Д., Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор .....	215
ОПТИЧЕСКИЕ МИРАЖИ И ПРИЧИНЫ ГИБЕЛИ «Титаника» - Басюк П., Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор.....	218
THE BASICS OF QUANTUM COMPUTING - Bandara H.M.S.H., Academic Supervisor: V.A. Martinovich, PhD, Associate Professor.....	221

ПЕРВИЧНЫЕ ФОТОПРОЦЕССЫ ФОТОСИНТЕЗА - Домашевич Е., Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор .....	224
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ: СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА - Карпачев Т., Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор .....	227
ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ЛЭП ВСЛЕДСТВИЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА - Лугавцов Е.О., Бобко А.Д., Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент.....	230
ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОВОЛОКНА: ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ - Лагун А., Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор .....	232
ТЕРМООБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ - Грузд К.С., Тибеж Я.В., Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент.....	236
ПРАКТИЧЕСКИЙ ВКЛАД В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ - Литвиненко Е.А., Гунич А.С., Научный руководитель – Блинкова Н.Г. к. пед.н., доцент .....	238
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЫ В АКУСТИКЕ - Мордвинцев К.С., Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н. ....	241
ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЦВЕТОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ГЛАЗОМ И ПРОБЛЕМА ИХ ТОЧНОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ НА МОНИТОРЕ КОМПЬЮТЕРА - Сироткин А.И., Новикова В.А., Снапкова А.И., Научный руководитель – Жолудь А.М., к.ф.-м.н. ....	244
ПОЛЯРОИДНЫЕ ПЛЕНКИ И ИХ РОЛЬ В АВТОТРАНСПОРТЕ - Савченко Ю.А., Научный руководитель - Смурага Л.Н., к.т.н., доцент	247
ТЕЛЕФОН И ЧЕЛОВЕК В ЦЕЛОМ - Якименко Д.Д., Научный руководитель – Блинкова Н.Г. к. пед.н., доцент .....	250
СВОЙСТВА И ВОЗМОЖНЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ШАРОВОЙ МОЛНИИ - Ярмольчик У., Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор .....	256
<b>ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА.....</b>	<b>259</b>
ПОИСК КРАТЧАЙШЕГО МАРШРУТА ДЛЯ ГОРОДОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЦЫ EXCEL - Махнач М. В., Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент .....	259
НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ - Сташевский А.А., Научные	

руководители– канд. физ.-мат. н., доцент, Рудый А.Н., канд. физ.-мат. н., доцент Лебедева Г.И. ....	262
ИСТОРИЯ И ФИНАНСОВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ВКМ HOLDING (БЕЛКОММУНМАШ) - Лазарчик Е., Галенда С., научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Щукин М.В. ....	265
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОРШНЕВОМ ПНЕВМОПРИВОДЕ ОДНОСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ. - Валюшкин М., Зеленко М., Научный руководитель - Воронович Г.К., к.т.н, доцент .....	269
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ - Крыж М.Р., Малашенко Д.С., Научный руководитель - Воронович Г.К., к.т.н, доцент .....	270
ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. БАЗОВАЯ ВЕРСИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИКЕ И КАК ЕЙ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ - Бондарь Ю.В., Научный руководитель – Воронович Г.К., к.т.н., доцент .....	273
АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ РЭС - Халецкий Е.С., Бобко А.Д, Научный руководитель – А.Д.Корзников, к.ф.-м.н., доцент .....	275
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МЕНЕДЖМЕНТЕ - Исаенко М.А, Сподобаева Е.И., Научный руководитель – Бань Л.В., старший преподаватель .....	278
РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В МЕНЕДЖМЕНТЕ - Жолудь К. Ю, Устинова А.И., Научный руководитель старший преподаватель Бань Л.В.....	280
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ФИНАНСОВЫХ СОСТОЯНИЙ БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ - Перехрест Д.С., Научный руководитель -Бадак Б.А., ст. преподаватель.....	282
THE GRAPH THEORY AND ITS APPLICATIONS - Bandara N. M. S. N., Academic Supervisor - Maria Korolyova, Senior Lecturer .....	285
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНВАРИАНТНОГО ПОГРУЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ - Сироткин А. И., Научный руководитель – Роговцов Н. Н., д. ф.- м. наук, профессор ....	290
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ - Сорокин А.Д., Научный руководитель – Королёва М.Н., ст. преподаватель .....	293

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SNATGRT В СОЗДАНИИ МАТ МОДЕЛЕЙ - Тарасюк А.В., Бахуревич А.М., Научный руководитель – Королева М.Н., старший преподаватель .....	297
КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ - Исаченко Е.В., Научный руководитель – Лебедева Г.И., к.т.н., доцент.....	299
СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ - Блёскин А.Д., Научный руководитель – Чепелева Т.И., к.т.н., доцент.....	303
ФАКТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СРЕДНЕГОДОВУЮ ВЫРАБОТКУ ИЗДЕЛИЙ - Прыгун Д.С., Научный руководитель – Чепелева Т. И., к.т.н., доцент .....	305
МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЧИСЛА ПИ - Шунькевич А.В., Научный руководитель – Карпук В.В., к.т.н., доцент.....	307
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ - Дрень П. С. и Савин С. А., Научный руководитель – Кленовская И.С., ст. преп. ....	310
ПОСТРОЕНИЕ МАРШРУТОВ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ В ГРАФЕ ПО МАТРИЦЕ СМЕЖНОСТИ - Ханяк Е.Д., Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент .....	313
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD - Мордвинцев К.С., Научный руководитель – Рудый А.Н., канд. физ.-мат.н., доцент.....	316
ЭРГОДИЧЕСКИЕ МАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ - Латышенко К.Е., Научные руководители – Рудый А.Н., к.ф.-м.н., доцент, Бань Л.В., старший преподаватель .....	319
ЭКСТРЕМУМЫ ФУНКЦИИ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ - Щеклеина В.П., Научный руководитель – Бричикова А.П., ассистент.....	321
ПОСЛЕДНЯЯ ТЕОРЕМА ФЕРМА - Мисюля Д. Я., Научный руководитель – Марченко Н. И., ст. пр.....	324
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ЛИНЗ В СИСТЕМЕ MATLAB - Огородник И.В., Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент.....	328
ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА: ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ МЕЖДУ ВЕРШИНАМИ ГРАФА - Устинович А.А., Пригодич Р.В., Научный руководитель – Юринок В.И., канд. техн. наук, доцент. ....	331

НАХОЖДЕНИЕ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ АЛГОРИТОМ  
ДЕЙКСТРЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MATHCAD -  
Лемяшев В.А., Якименко Д.Д., Научный руководитель – Юринок  
В.И., к.т.н., доцент..... 333

ПРЕДСКАЗАНИЕ ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА В США НА ОСНОВЕ  
СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ - Киянко М.В., Толкач И.В., Научный  
руководитель – Щукин М.В., канд. физ.-мат. наук, доцент ..... 336

# РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

УДК 629.039.58

## КОНТРОЛЬ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ

Сорокин А.Д.

Научный руководитель – Воюш Н.В., ст. преподаватель

На многих производственных предприятиях существует проблема отсутствия контроля условий труда, особенно в ситуациях, когда на рабочих местах присутствует угроза жизни или здоровью сотрудников. Согласно статистическим данным полученным для реализации проекта в рамках инженерной зимней школы в Псковском государственном университете, проблема нарушения условий труда затрагивает абсолютно разные области, что может привести к серьезным последствиям для сотрудников предприятия и самому предприятию в целом. В связи с этим, представляется необходимым создать систему контроля параметров условий труда, которое было бы ориентировано на производства, где есть угроза жизни и здоровью сотрудников предприятия, так и на менее опасные производства, где условия труда влияют на продуктивность.

Для решения проблемы контроля параметров условий труда, предлагается использовать модульную, беспроводную конструкцию устройства контроля параметров условий труда для офисов, где условия труда влияют на продуктивность. Основное устройство представляет собой базу, которая использует технологию ZigBee, которое будет подключаться к системе датчиков, считывать и сохранять информацию с них и сигнализировать о нарушениях. Данные датчики могут быть различными, в зависимости от условий труда на конкретном предприятии. Например, для лакокрасочных цехов могут использоваться датчики для контроля уровня химических веществ в воздухе, а для офисов – датчики для контроля температуры и влажности воздуха.

Основным элементом системы является база, которая может использоваться для управления всеми датчиками, считывать и сохранять данные, а также отправлять оповещения о нарушениях на рабочем месте. База может быть легко расширена путем добавления новых датчиков, если это потребуется. Кроме того, база может быть подключена к компьютеру для более детального анализа нарушений и определения того, какие меры должны быть приняты.

Одним из основных преимуществ системы контроля параметров условий труда является его способность централизованно контролировать

условия труда, что скажется как на продуктивности, так как в долгосрочной перспективе система может получить возможность непосредственного взаимодействия с оборудованием, которое может привести к созданию опасных ситуаций. Кроме того, использование системы контроля параметров условий труда может помочь сократить расходы на медицинские услуги и компенсации за травмы, вызванные неблагоприятными условиями труда, а также изменить общественное мнение насчёт опасности ряда специальностей. Пример использования системы контроля параметров условий труда на предприятии представлен на рисунке 1.

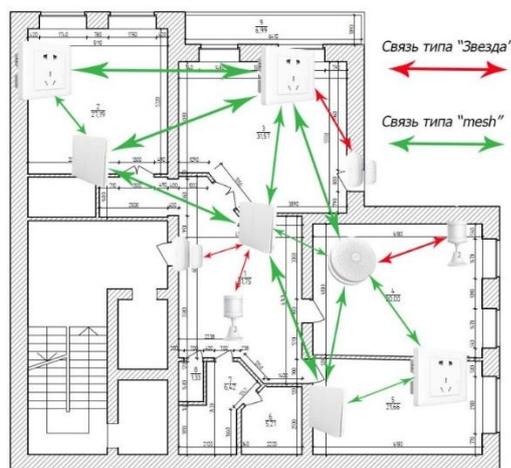


Рис.1. Пример использования устройства контроля параметров условий труда

В заключение следует отметить, что система контроля параметров условий труда является важной и нужной инновацией в области охраны труда и здоровья работников на производстве. Согласно статистике, нарушения условий труда ежегодно приводит к вреду здоровью и даже смертями на производствах, связанных с повышенной опасностью для здоровья людей, таких как лакокрасочных цехов или при производстве химических веществ.

### *Литература*

1. Филянович, Л. П. Учебно-практическое пособие для студентов энергетического факультета «Электрозашитные средства» [Электронный ресурс] / Л. П. Филянович, Е. В. Мордик, Ю. Н. Фасевич; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Охрана труда". – Минск: БНТУ, 2021.
2. Филянович, Л. П. Пособие по охране труда для студентов энергетического факультета [Электронный ресурс] / Л. П. Филянович, А.

А. Снарский; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Охрана труда". – Минск : БНТУ, 2020.

УДК 004.67

## **BIG DATA. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Сухобоков А.А.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

Анализ Big Data (от англ. больших данных) – это совокупность процессов, направленных на сбор, анализ и систематизацию данных. Главными характеристиками, по которым и происходит анализ больших данных являются объём, вариативность, скорость и ценность.

Объём данных от 100 Тбайт повышает эффективность поиска различных связей для дальнейшего представления аналитики в агрегированном, понятном для чтения виде. Согласно отчету, The Data Age 2025 [1], созданному аналитиками IDC, к 2025 году в мире будет накоплено около 173 зетабайт информации.

Вариативность данных позволяет выявить различные зависимости.

Скорость обработки информации достигла реального времени и появилась возможность работы не со статичными данными, а с постоянно прибывающим потоком, что позволяет использовать нейронные сети. Ведь по естественным причинам внимание человека может быть притуплено с течением времени. Не стоит забывать и просто об исключении массы человеческих ошибок при выполнении работы. Так нейронная сеть является отличным способом для анализа больших потоков данных. Нейросеть – совокупность связанных между собой математических моделей, называемых нейронами. Однако не смотря на эффективность искусственного интеллекта, просто создать программное воплощение нейронной сети будет мало, для полноценной эксплуатации её необходимо обучить.

Обучением нейронной сети занимается отдельная отрасль искусственного интеллекта, называемая машинным обучением. Основная идея заключается в том, что компьютер не просто использует заранее написанный алгоритм, но и учится решать возникающие трудности. Процесс обучения должен проходить на большом количестве данных. Тогда, для эффективной обработки потока данных в режиме реального времени, нейросети необходимо работать и обучаться. Для выполнения поставленной задачи может использоваться нейронные сети адаптивного резонанса. Конструкция таких сетей основана на модели конкуренции

поступающих векторов входных данных, их сравнении и классификации, что позволяет обучаться нейросети без учителя и во время ее эксплуатации. При этом стоит учесть, что на эффективность работы не будет влиять тип входных данных.

Многие люди привыкли работать со статическими объектами и мыслить категориями состояний. Суть больших данных другая, появляется необходимость работать с непрерывным потоком данных, введение нейронных сетей и обучение их во время эксплуатации ускорит процесс обучения и повысит эффективность обработки.

Взаимодействие больших данных и нейросетей становится всё актуальней с каждым днем. Уже сейчас большое количество подручных предметов генерирует потоки данных, с которыми нужно работать, поэтому необходимо стремиться к адаптироваться и в полной объеме использовать возможной взаимодействия с большими потоками данных.

#### *Литература*

1. [www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf](http://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf) \ \ Дата доступа: 15.04.2023
2. <https://neuronus.com/theory/nn/956-nejronnye-seti-adaptivnogo-rezonansa.html> \ \ Дата доступа: 18.04.2023
3. Протасов С. Большие данные в IT. 2015. № 3. URL: <https://postnauka.ru/specials/big-data> \ \ Дата доступа: 20.04.2023

УДК 681.1

### **FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT SCARA ROBOT**

Matskova K.Y, Romanov M.V., Zakudovskaya D.G., Blagodarov K.E  
Supervisors – Marchenko I.S., assistant professor, Kholod P.V., assistant professor

The high-energy efficiency class of industrial equipment is a crucial aspect of its application, both in terms of economic and environmental efficiency. This article aims to discuss various techniques for developing energy-efficient SCARA robots. Implementing energy-efficient robots can lead to a significant reduction in production costs, resulting in lower product prices and increased profits for companies.

One of the techniques for improving the energy efficiency of SCARA robots is by changing the layout of the engines. Specifically, the engine responsible for the rotational movement of the second link is installed in such a way that its

weight does not create an additional load on the engine of the first link at the base of the SCARA robot. The proposed arrangement of the drives is shown in Figure 1.

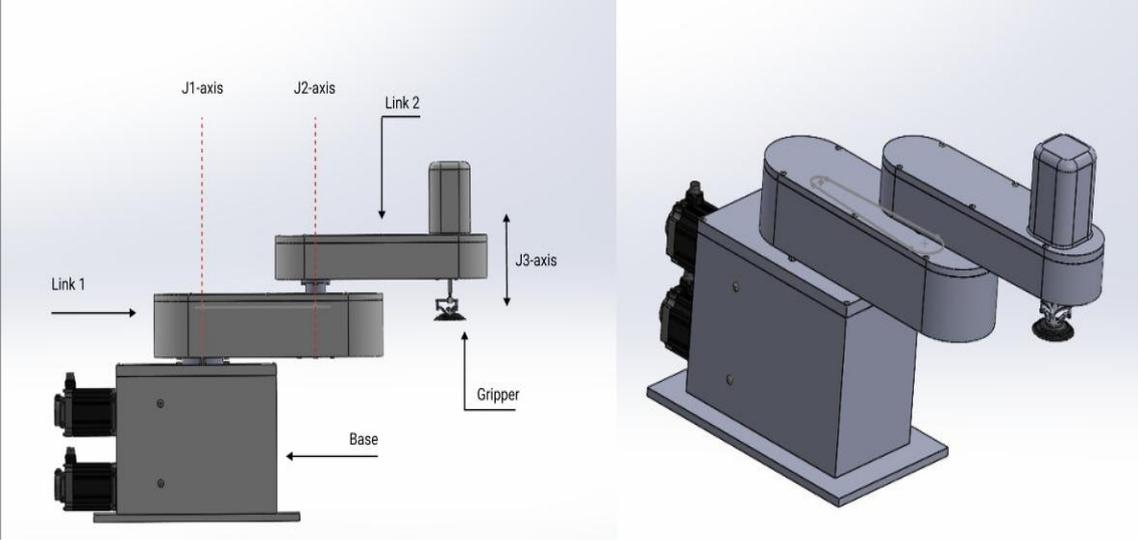


Fig.1. General view of the SCARA robot

The first link of the robot performs rotational movement in the horizontal plane. Meanwhile, the second link also rotates in the horizontal plane and regulates the distance between the axis of rotation of the first link and the axis of movement of the gripper by its angular displacement. Both links are driven by synchronous servomotors, with bevel gears used to transmit rotation from the servomotors. Notably, a hollow shaft is present in the proposed layout, which transmits rotation from the servomotor to the first link. The shaft of the second link passes inside the hollow shaft, and a belt drive pulley is fixed at the end of this shaft, enabling the rotation of the second link. A vacuum suction cup is used as the catch, which performs reciprocating motion with the aid of a pneumatic cylinder, expanding the possible application area of the robot.

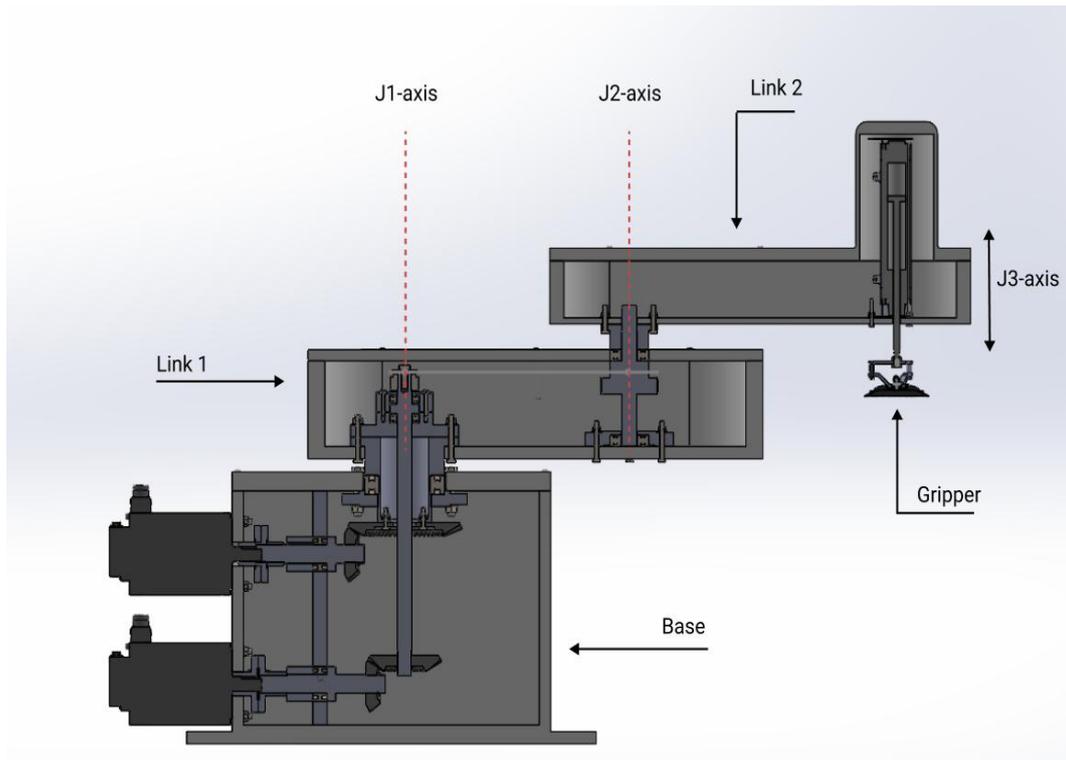


Fig.2. View of the SCARA robot in the section

As part of this development, the wiring diagram of the SCARA robot control system is shown in Figure 3. Festo CMMT-AS servodrives UZ1 and UZ2 were selected to control the Festo EMMT-AS servomotors M1 and M2. To improve operational efficiency, data exchange between the drives and the PLC will be performed using the EtherCAT protocol. To achieve this, a Beckhoff CX8090 PLC N1 was chosen, which is equipped with two expansion modules for digital inputs and outputs, namely KL1104 and KL2114. Additionally, reed position sensors B1 and B2, which track the position of the pneumatic cylinder, and pressure switch PM1, which receives a signal indicating that the catch has pulled the part, are connected to discrete inputs. The valve V1 for controlling the pneumatic cylinder and the ejector VG1 for creating a vacuum on the suction cup are connected to discrete outputs.

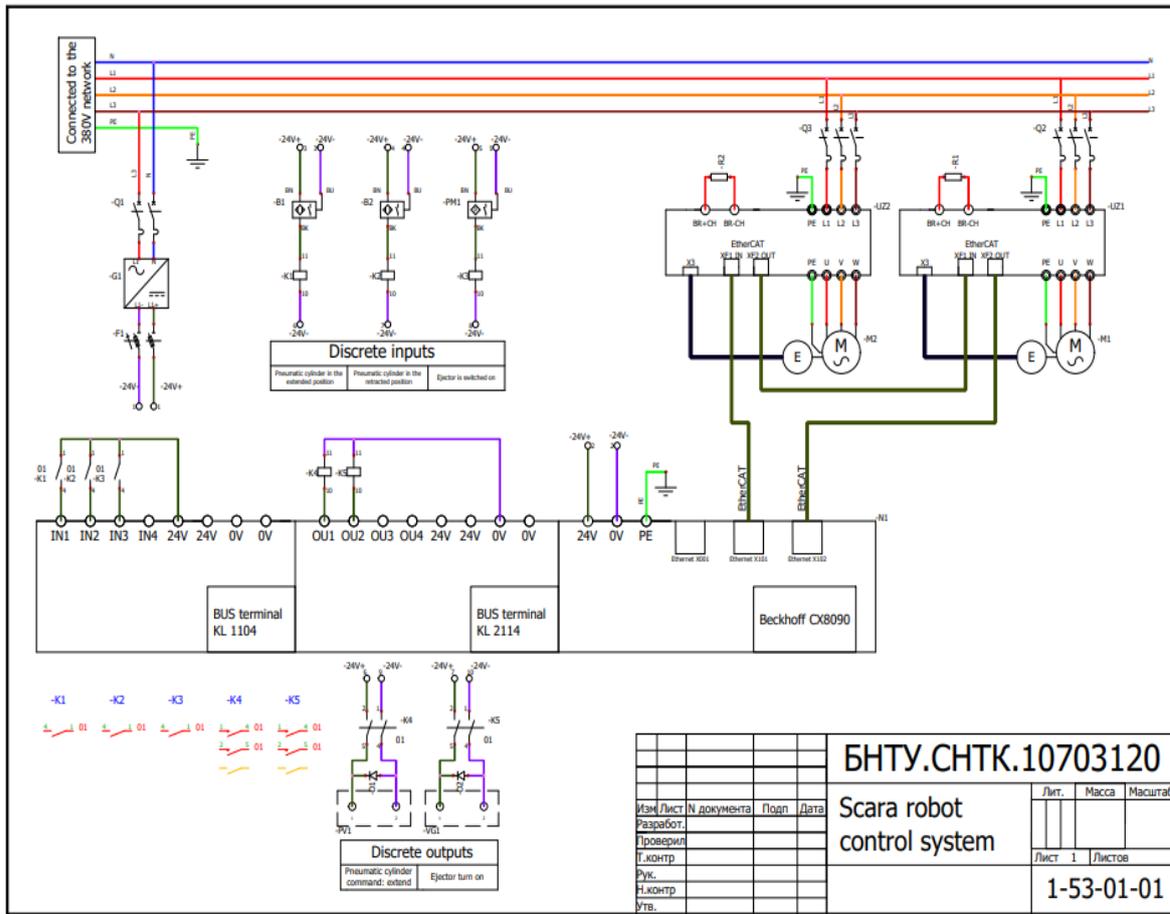


Fig.3. Electrical wiring diagram of the SCADA robot control system

### References

1. Kurt E. Clothier and Ying Shang, "A Geometric Approach for Robotic Arm Kinematics with Hardware Design, Electrical Design, and Implementation," Journal of Robotics- 18th August 2010.
2. R. Jagan , P.Rana Singh , CH .Ashirvadam , K .Navitha "Auto & Manual Control of Robotic Arm Using PLC", Vol. 6, Issue 8, August 2017.
3. Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics, and Control (second Edition) ed. 2010 Edition Reza N. Jazar.

## **ЦИФРОВАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Г.А. Герасимович, С.А. Буцанец

Научный руководитель – И.И. Гутич, старший преподаватель

### **Введение**

На сегодняшний день в энергетике происходит полномасштабный переход с аналогового режима на цифровой режим. Но нельзя так просто взять новую технологию и оставить старую архитектуру. В связи с этим активно решается вопрос, как сделать переход на новые технологии и решения.

### **Основная часть**

Цифровая трансформация, на данный момент, является главной задачей при модернизации энергетике. Цифровизация – это процесс максимально полного изменения и преобразования структуры отрасли. При проведении цифровой модернизации энергетике должны быть реконструированы и обновлены энергогенерирующие объекты, улучшены системы передачи и распределения электрической энергии.

На сегодняшний день электроэнергетика идёт по пути объединения информационной инфраструктуры с электросетевой. Результатом такого объединения являются цифровые подстанции. Цифровая подстанция – это элемент интеллектуальной электросети с системой управления, контроля и защиты, передающий информацию в цифровом формате. Строительство цифровой подстанции позволит свести к минимуму габариты подстанции, а также повысить надёжность и качество электроснабжения. На сегодняшний день цифровые подстанции особо распространены в США, Канаде, Китае и других странах.

Существует стандарт, определяющий строение цифровой системы. По этому стандарту предлагается разделять всё оборудование системы на три уровня: полевой уровень, уровень присоединения и уровень подстанции. Информация с полевого уровня передаётся на уровень присоединения через шину присоединения. Уровень подстанции, в свою очередь, связан с уровнем присоединения через шину подстанции.

В полевой уровень входит всё силовое техническое оборудование и его модули. Это, например, коммутационные устройства, измерительные трансформаторы тока и напряжения. На сегодняшний день активно развивается и используется при цифровизации технология оптических измерительных трансформаторов. Их принцип работы основан не на электромагнитных, а на оптических взаимодействиях.

Уровень присоединения состоит из систем управления, микропроцессорных терминалов, систем блокировки и т.д. Данные устройства принимают сигнал с полевого уровня и передают полученную информацию уровню подстанции.

Уровень подстанции состоит из щитов управления, рабочих мест управляющего персонала, систем диспетчеризации. Здесь полученная с уровня присоединения информация обрабатывается и, если нужно, передаётся куда требуется.

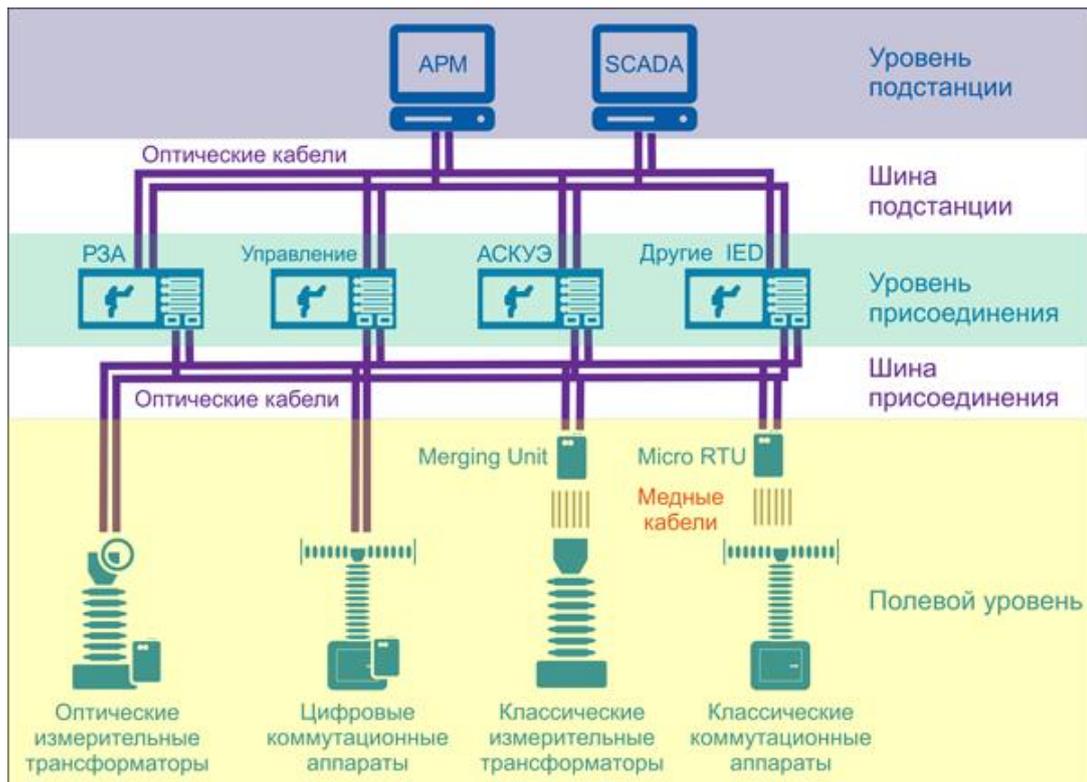


Рис.1.Строение цифровой системы

Постоянное отслеживание параметров электроэнергии позволяет выстраивать, а после анализировать потребление электрической энергии и определять факторы и причины изменения нагрузок сети. Всё это позволяет более качественно распределять нагрузку между потребителями, исключая перегрузки сети, что приводит к оптимизации потерь электроэнергии и снижению денежных затрат.

Задачи, поставленные перед цифровизацией энергосистемы:

- повышение эффективности;
- снижение себестоимости;
- повышение качества энергоснабжения.

**Заключение**

На данный момент цифровизация в энергетике идёт полным ходом. За информационными технологиями будущее. По мнению специалистов, дальнейшая цифровизация электроэнергетики поможет достигнуть повышения работы всей системы, снижения себестоимости электроэнергии, повышения качества электроснабжения потребителей и многого другого.

### *Литература*

1. Зачем проводить цифровизацию объектов электроэнергетики: от управление жизненным циклом оборудования, до мониторинг параметров систем [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://integral-russia.ru/2021/04/15/zachem-provodit-tsifrovizatsiyu-obektov-elektroenergetiki-ot-upravlenie-zhiznennym-tsiklom-oborudovaniya-do-monitoring-parametrov-sistem/>

2. Энергосберегающие технологии и цифровизация – основные тренды современной энергетики [Электронный ресурс] – Режим доступа:

<https://news.rambler.ru/weapon/46890599-energoberegayuschie-tehnologii-i-tsifrovizatsiya-osnovnye-trendy-sovremennoy-energetiki/>

3. Цифровизация в электроэнергетике: на пути к новой реальности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://marketelectro.ru/content/cifrovizaciya-v-elektroenergetike-na-puti-k-novoy-realnosti>

УДК 608.2

## **СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА**

Германович А.П., Гришков Т.А., Сухобоков А.А., Филипп Р.А.  
Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

В статье «Мягкотельные роботы – перспективы применения для анализа водной среды» [1] рассмотрен прототип мягкотелого робота, который является призером первой степени в рамках ПИШ 2023 (Передовые инженерные школы союзного государства). На базе этой совместной белорусско-российской образовательной платформы был создан проект, направленный на разработку автономного аппарата для изучения океанического дна для дальнейшего освоения. Он должен работать в условиях низких температур и повышенного давления. Такая агрессивная внешняя среда требует тщательного подхода к выбору систем энергообеспечения аппарата: типа аккумулятора, способа зарядки, алгоритма, анализирующего состояние батареи, и способа возвращения

работа на поверхность воды. Именно эти аспекты и будут рассмотрены в данной статье.

Эксплуатация подводного робота предполагает работу аппарата в различных температурных условиях. На глубинах более 3 км температура принимает значение от 0 до 2 градусов по шкале Цельсия [2]. Широко распространенные ныне литий-ионные аккумуляторы быстро теряют свою ёмкость при таких температурах, что создает большие трудности, так как в любой момент система может выйти из строя. График деградации литий-ионной батареи представлен на рисунке 1.[3]

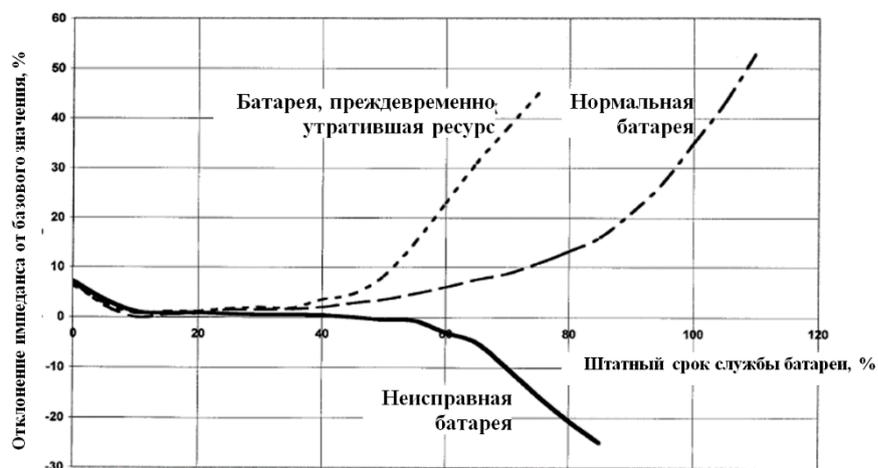


Рис.1.Деградация литий-ионного аккумулятора

Для решения проблемы функционирования электроприборов при условии низких температур были разработаны альтернативы традиционным батареям – литий-титановые АКБ. Это литий-ионные аккумуляторы, но в них используется пентатитанат лития в качестве анода, что увеличивает количество рабочих циклов батареи, позволяет быстро ее заряжать, а также решает проблему зависимости от температуры, так как литий-титановые аккумуляторы способны работать без существенных потерь в ёмкости даже при -40 градусах Цельсия. Благодаря надежному источнику питания робот сможет проводить под водой более нескольких суток без необходимости в подзарядке. Особенностью данных аккумуляторов относительно низкое рабочее напряжение, которое составляет 2,4В, в то время как у обычных литий-ионных аккумуляторов стандартное напряжение 3,7В. Этот показатель не способствует использованию их в малогабаритной технике, где важна минимизация объёма и веса аккумулятора, а при создании подводных аппаратов большее внимание следует уделить диапазону рабочих температур, поскольку это позволит не затрачивать энергию и полезную массу на обогрев и утепление аппарата.

Следующая проблема, которая возникнет при эксплуатации аппарата, это зарядка аккумулятора. Поскольку аппарат должен будет выдерживать большое давление, то просто разместить порт зарядки в корпусе без значительного усложнения конструкции не выйдет, поскольку это ослабит корпус. Мы можем учесть, что корпус будет изготовлен из металла (кованого алюминия) и в нём будет технический люк, через который будет помещаться электроника. В таком случае, электрически развязав их, мы получим два контакта, которые можно использовать для зарядки аккумулятора. При этом должно быть реализовано отключение питания от корпуса во избежание короткого замыкания. Подобное решение позволит сохранить прочность корпуса, а также упростить процесс зарядки и в дальнейшем автоматизировать его.

Помимо всех механических и электронных защит аккумулятора и энергосистемы в аппаратах подобного рода должен производиться программный анализ оставшегося заряда аккумулятора, пройденного пути и затраченной энергии на него. Подобный алгоритм должен обеспечить возвращение аппарата в точку подбора с минимальным остаточным зарядом в аккумуляторе.

Таким образом, энергообеспечение подводных аппаратов должно работать при низких температурах, оптимальным вариантом для работы в подобных условиях являются литий-титановые аккумуляторы. Также способ зарядки аккумулятора не должен нарушать герметичность и прочность корпуса, для этого можно использовать сам корпус в качестве контактов. Для обеспечения возврата автономного аппарата он должен находиться под контролем алгоритма, который анализирует вводные данные, особенно оставшийся заряд аккумулятора и затраченную энергию до точки, в которой он находится. Подобный алгоритм должен обеспечить максимально допустимый разряженный аккумулятор в точке подбора аппарата.

#### *Литература*

1. Германович А.П. Гришков Т.А. Сухобоков А.А. “Мягкотелые роботы – перспективы применения для анализа водной среды” \ \ Сборник статей IV Международного научно-исследовательского конкурса “Современные достижения современной науки” (13.04.2023 г.) – Петрозаводск: МЦНП “Новая наука”, 2023- С.78-87
2. <https://bb.edu.gov.kg/> «География: Гидросфера» \ \ Дата доступа 15.04.2023
3. <https://skomplekt.com/> «Как определить оставшийся срок службы аккумуляторной батареи (АКБ)?» \ \ Дата доступа 20.04.2023
4. [https://web.archive.org/web/20180626030702/https://www.eetimes.com/author.asp?section\\_id=36&doc\\_id=1325358](https://web.archive.org/web/20180626030702/https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1325358) \ \ Дата доступа 30.04.202

## **ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ**

Леонов В.Д.

Научный руководитель – Холод П.В, ассистент

### **Введение**

В стенах Белорусского национального технического университета получают образование тысячи студентов, в том числе и иностранных. Для которых, в свою очередь, опыт пребывания в Республики Беларусь является новым. Абсолютное большинство таких студентов не знают русского языка – языка, на котором представлено подавляющее большинство информации необходимой для решения организационных вопросов обучения студента. Образовательный процесс иностранного студента также осложняет разрозненность информации об организации обучения в БНТУ. В связи с этим возникла необходимость создания ресурса, который бы объединял всю необходимую для иностранного студента информацию о таких вопросах, как расписание (где найти, как пользоваться, понятия 1-й и 2-й недели), расположение корпусов и общежитий университета, оплата пересдач и т.д.

**Цель работы:** создание ресурса, объединяющего всю необходимую для иностранного студента информацию об организации учебного процесса в БНТУ.

### **Задачи:**

- создание пользовательского оформления страниц ресурса (разработка клиентской части сайта);
- разработка внутренней логики ресурса (написание серверной части сайта);
- наполнение ресурса контентом на языках, используемых иностранными студентами.

### **Основная часть**

Для создания пользовательского интерфейса сайта были использованы классические для таких задач инструменты, как HTML – стандартизированный язык гипертекстовой разметки документов для просмотра веб-страниц в браузере, а также CSS – формальный язык описания внешнего вида документа, написанного с использованием языка разметки (рис. 1). На данный момент сайт состоит из домашней страницы, из которой в свою очередь можно перейти на страницы с интересующей студента информацией (рис. 2).



Рис. 1. Пользовательский интерфейс сайта.



Рис. 2. Структура сайта.

Для реализации серверной стороны сайта, среди множества языков программирования, был выбран хорошо задокументированный и прежде всего заточенный под веб-разработку язык Go – компилируемый многопоточный язык программирования, разработанный внутри компании Google, представленный миру в 2012 году. Основными достоинствами языка являются: относительно простое масштабирование веб-приложений; эффективные инструменты для работы с многопоточностью, предусмотренные на уровне примитивов языка; многофункциональные встроенные библиотеки для работы с сетью. Все это делает язык Go одним из самых подходящих для написания веб-приложений даже без каких-либо сторонних фреймворков.

Сайт сделан по классической клиент-серверной архитектуре. Общение между клиентом и сервером происходит по протоколу http, в будущем планируется реализовать https (рис. 3). При написании внутренней логики веб-приложения необходимо решить вопрос с корректным рендерингом

страниц сайта. Для этого потребовалось импортировать пакет Go `html/template`, который предоставляет множество функций для безопасного чтения и рендеринга HTML шаблонов. Данная библиотека позволила избежать дублирования кода, посредством конвертирования повторяющегося html кода в шаблон `base.layout.tmpl`.

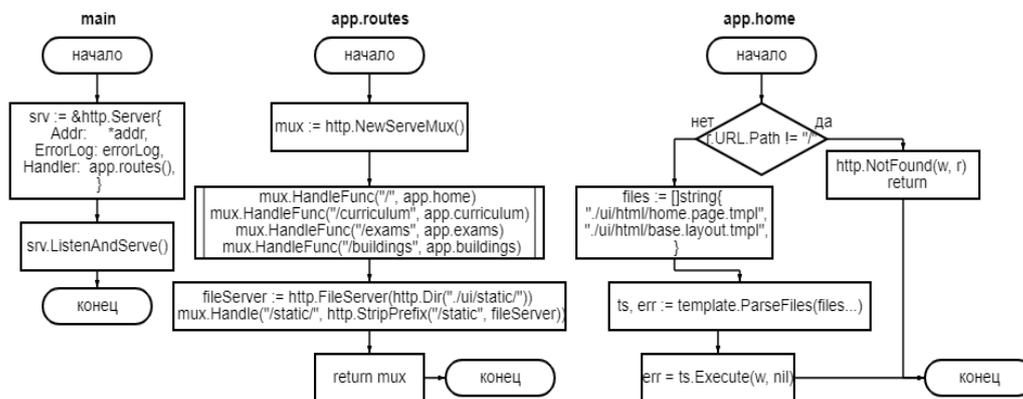


Рис. 3. Упрощенная блок-схема основных компонентов.

### Заключение

В ходе проделанной работы был разработан сайт, а именно его клиентская и серверная часть. В будущем планируется наполнить ресурс необходимым контентом, а также расширить список языков, на которых будет представлена информация на сайте.

### Литература

1. Донован Алан А. А., Керниган Б. У. Язык программирования Go / Алан А. А. Донован, Б. У. Керниган. – СПб.: Диалектика, 2019. – 432 с.
2. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 5-е издание / Э. Таненбаум – СПб.: Питер, 2019. – 960 с.
3. МакКоннелл С. Совершенный код. Мастер-класс / С. МакКоннелл. – М.: Русская редакция, 2019. – 896 с.

## **СОБСТВЕННОЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ, ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ТЕХ ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ИХ СОБСТВЕННОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ**

Сорокин А.Д.

Научный руководитель – Тимошевич В.Б., ст. преподаватель

Собственное радиоизлучение – это электромагнитное излучение, которое возникает в том числе в результате стекания заряженных частиц и разделения электрических зарядов. Это излучение может быть использован для контроля и диагностики технологических процессов и объектов по спектральным характеристикам его собственного радиоизлучения.

Характеристики собственного радиоизлучения включают в себя диапазон длин волн, мощность излучения и форму спектра. Диапазон частот может варьироваться от нескольких кГц до нескольких ГГц в зависимости от типа объекта и процесса. Мощность излучения также может сильно различаться в зависимости от типа объекта и процесса. Спектр собственного радиоизлучения может быть, как непрерывным, так и дискретным, что также зависит от типа объекта и процесса.

Характеристики собственного радиоизлучения могут быть получены при помощи спектрального анализа, который позволяет выделить частотные компоненты этих волн и изучить их свойства. В зависимости от материала, температуры и других факторов, Собственное радиоизлучение может иметь различные частоты и амплитуды. Например, при полировке железа и его сплавов собственное радиоизлучение имеет диапазон частот от 100 кГц до 10 МГц и амплитуду до 10 мВ.

Принцип возникновения собственного радиоизлучения связан с физическими процессами, происходящими при осуществлении технологических процессов, что может быть вызвано различными механизмами, включая ферромагнитные, электрические и диэлектрические процессы. В результате внутренняя энергия процесса преобразуется в электромагнитные волны, которые распространяются во вне.

Собственное радиоизлучение может быть использовано для диагностики состояния материалов и объектов в промышленности и энергетике. Например, оно может быть использовано для обнаружения дефектов в материалах, оценки их температуры и концентрации, определения состава сплавов и т.д. В энергетике собственное радиоизлучение может быть использовано для диагностики состояния устройств, таких как электродвигатели, трансформаторы и генераторы, а также для определения состояния структурных элементов реакторных установок.

Также одним из примеров использования собственного радиоизлучения является электроимпульсная полировка металла. Эта технология используется для создания полированных поверхностей металлических деталей. Она основана на том, что при определённых условиях собственное радиоизлучение может определять условия и процессы, приводящие к изменению структуры и свойств материала. В случае электроимпульсной полировки металлической поверхности подвергают воздействию короткие импульсы высоковольтного электрического тока. Это приводит к генерации собственного радиоизлучения, которые в свою очередь вызывают поверхностные процессы, такие как стравливание, испарение и перераспределение металла. В результате получается поверхность с более гладкой и однородной структурой, что улучшает ее механические свойства.

В будущем, новые методы анализа данных могут помочь выявлять дефекты и недостатки продукции с еще большей точностью, что позволит улучшить ее качество и снизить количество брака. Также радиоизлучение может быть использовано для контроля за процессами производства, что позволит оптимизировать производственные процессы и снизить затраты на производство.

Еще одной возможностью использования радиоизлучения в будущем является его применение в науке и технике. Новые методы анализа данных могут помочь улучшить точность и эффективность радиолокации и других систем наблюдения. Например, новые методы анализа спектральных характеристик радиоизлучения могут помочь улучшить точность радаров и других систем наблюдения, что позволит более эффективно контролировать и диагностировать объекты и процессы.

Кроме того, собственное радиоизлучение может быть использовано для контроля за состоянием окружающей среды и ее изменениями. Новые методы анализа данных могут помочь выявлять изменения в состоянии окружающей среды. Например, улавливать тектонические движения и подземные толчки для определения землетрясения на ранних стадиях.

Концепция установки на основе собственного радиоизлучения для контроля и диагностики объектов и процессов включает в себя использование спектральных характеристик радиоизлучения, чтобы выявлять изменения в состоянии объектов и процессов. Принцип работы установки заключается в том, что она принимает радиоволновые импульсы, которые исходят от объектов и процессов и улавливаются датчиками установки. Спектральные характеристики радиоизлучения анализируются, чтобы определить состояние объектов и процессов.

Установка состоит из нескольких компонентов, систему датчиков, которые являются частью приемника и компьютер для анализа данных.

Приемник используется для приема испускаемых радиоволновых импульсов и передачи их на компьютер для анализа данных. Компьютер используется для анализа спектральных характеристик радиоизлучения, чтобы определить состояние объектов и процессов. Новые методы анализа данных могут помочь улучшить точность и эффективность анализа спектральных характеристик радиоизлучения.

Принцип работы установки на основе радиоизлучения заключается в использовании спектральных характеристик собственного радиоизлучения для определения состояния объектов и процессов. Спектральные характеристики собственного радиоизлучения могут быть использованы для выявления изменений в состоянии объектов и процессов, таких как изменение температуры, давления, влажности и других параметров.

Преимуществом установки по анализу собственного радиоизлучения является ее способность работать в условиях, когда другие методы контроля и диагностики не могут быть использованы. Например, установка может быть использована для контроля за состоянием объектов и процессов в условиях высоких температур, высокого давления и других экстремальных условий.

Подавление шумов является важным аспектом в использовании собственного радиоизлучения для контроля технологических процессов и объектов. Шумы могут исказить спектр собственного радиоизлучения и приводить к неточным результатам измерений. Для подавления шумов используются различные методы, такие как аппаратные и программные фильтры, эквалайзеры и другие технологии. Некоторые методы могут использоваться в комбинации для достижения наилучшего результата.

В целом, собственное радиоизлучение является важным инструментом для контроля технологических процессов и объектов в различных областях промышленности. Он позволяет определять специальные характеристики объекта по спектральным характеристикам его собственного радиоизлучения. Применение собственного радиоизлучения может помочь улучшить качество производственных объектов и повысить эффективность промышленных процессов.

#### *Литература*

1. Здор, Г. Н. Использование эффекта радиоизлучения для мониторинга газотурбинных установок / Г. Н. Здор, В. Б. Тимошевич // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Десятой международной научно-технической конференции : в 4 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: Б. М. Хрусталева, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Минск : БНТУ, 2012. – Т. 1 – С. 188.

2. Тимошевич, В. Б. Эффект модуляции собственного радиоизлучения электрического разряда механическими колебаниями и внешним

электромагнитным полем / В. Б. Тимошевич // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Третьей международной научно-технической конференции : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: Б. М. Хрусталеv, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Минск : БНТУ, 2006. – Т. 1. – С. 249-251.

УДК 004

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Праслов К.Д.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

Имитационное моделирование – численный метод проведения на цифровых вычислительных машинах экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем в течении продолжительного времени. Другими словами, это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью, описывающей реальную систему (построенная модель описывает какие-либо процессы так, как они проходили бы в действительности), с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Такую модель можно «проиграть» во времени, как для одного испытания, так и заданного их множества. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов. Имитационные модели позволяют анализировать системы и находить решения в тех случаях, когда такие методы как аналитические вычисления и линейное программирование не справляются с задачей. Разрабатывать имитационную модель будет гораздо проще, чем аналитическую, поскольку процесс создания модели будет пошаговым и модульным. Так же структура имитационной модели естественным образом отображает структуру моделируемой системы, при этом имитационная модель позволяет отслеживать все объекты системы, учтенные в выбранном уровне абстракции, добавлять метрики и проводить статистический анализ. Оно позволяет проигрывать модель во времени и анимировать ее поведение. Анимация будет неоспоримым преимуществом при демонстрации модели и может оказаться полезной для верификации модели и нахождения ошибок, при этом эти модели намного убедительнее электронных таблиц. Если использовать имитационное моделирование, то при презентации проекта будет яркое преимущество перед теми, у кого на руках только цифры и решение. ИМ реализуется посредством набора математических инструментальных средств, специальных компьютерных

программ и приемов, позволяющих с помощью ПК провести целенаправленное моделирование в режиме «имитации» структуры и функций сложного процесса и оптимизацию некоторых его параметров. Набор программных средств и приемов моделирования определяет специфику системам моделирования – специального ПО.

В отличие от других видов и способов математического моделирования с применением ЭВМ ИМ имеет свою специфику: запуск в ПК взаимодействующих вычислительных процессов, которые являются по своим временным параметрам с точностью до масштаба времени и пространства – аналогами исследуемых технологических процессов. Имитационные модели позволяют достаточно просто учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов системы, многочисленные случайные воздействия и другие, которые часто создают трудности при аналитических исследованиях. В настоящее время имитационное моделирование – наиболее эффективный метод исследования больших систем, а часто и единственный практически доступный метод получения информации о поведении системы, особенно на этапе ее проектирования.



Рис.1. Пример модели технологического процесса производства сметаны

В настоящее время смоделировать можно все что угодно, в зависимости от той отрасли, в которой вы работаете. В частности, можно привести пример ИМ технологических процессов и производств. В данном случае можно строить модели, имитирующие процесс технологического производства, и так же можно строить схемы, результатом которых будут графики. Для создания 3д моделей существуют разные программы, но именно для моделирования технологических процессов очень удобно

использовать программу TRACE MODE – это специализированная программа, для автоматизированного проектирования прикладного программного обеспечения АСУ, необходимого для контроля параметров и управления технологическим оборудованием.

На сегодняшний день имитационное моделирование широко применяется в мире для исследования сложных систем. Этому способствуют преимущества, присущие этому методу, а именно:

1. Большинство сложных реальных систем с вероятностными параметрами нельзя точно описать с использованием математических моделей.

2. Путем моделирования можно разработать ряд альтернативных вариантов моделей системы и затем определить, какой из них наиболее соответствует исходным требованиям.

3. Имитационное моделирование в ряде случаев гораздо менее затратное, чем проведение экспериментов с реальными системами. Тем более, что иногда эксперименты на реальных системах в принципе невозможны.

4. Моделирование позволяет изучить длительный интервал функционирования системы в сжатые сроки или, наоборот, изучить более подробно работу системы в развернутый интервал времени.

5. При динамическом имитационном моделировании можно получать любое количество оценок вероятностной модели, проводя ее прогоны. Подробное изучение полученных оценок приемлемо использовать при оптимизации модели.

Таким образом ИМ удобно для исследования практических задач: определение показателей эффективности, сравнение вариантов построения и алгоритмов функционирования систем, проверки устойчивости режимов системы при малых отклонениях входных переменных от расчётных значений. Полнота имитации может быть проверена путём построения серии последовательно уточняемых моделей. Если дальнейшая детализация свойств модели не влияет на конечные показатели, то усложнение модели можно прекратить. Как правило, моделируются те свойства процесса, которые могут влиять на выбранный показатель эффективности или критичны к наложенным ограничениям. Промежуточные результаты имитационного моделирования имеют четкий физический смысл и позволяют обнаружить ошибки программы.

#### *Литература*

1. Акопов А. С. Имитационное моделирование: учебник и практикум/ М. :Издательство Юрайт, 2019, 389 с.

2. Строгалев В. П. Имитационное моделирование: учебное пособие / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. – 3-е изд. – М. : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 295 с.

3. Борисевич А. О. Имитационное моделирование / репозиторий БНТУ, 2018.

4. Конспект лекций по имитационному моделированию [Электронный ресурс].- Режим доступа :<https://studfile.net/preview/9217161/> (дата обращения 28.04. 2023)

УДК 621.3

## DIODE BRIDGE RECTIFIER

Karastsialiou D.A.  
Supervisor – Hutsich I.I.

All over the world, the electricity that reaches our homes (or any other consumers) via power lines is a high voltage alternating current (from 10 *kV* to 1000 *kV*), because of its efficiency in terms of power loss and the fact that it is easy to transform to the required voltage (industrial 380, domestic 230 etc.). AC current is well suited to power units, like drives, or some simple devices such as a light bulb or an electric heater. But what about more complicated things? AC won't fit the computer's motherboard or any other "complicated" circuit. Computers, chargers, phones – they all require direct current to work. And that's the job of a rectifier – to convert AC from power socket to DC.

Devices that are more complicated than a light bulb, have their own transforming and rectifying circuits. Transforming AC voltage to required one – a simple task for a transformer. But rectifying it to DC requires an additional circuitry. The most common way of rectifying – is usage of diode circuits. So, let's look through the most popular one – diode bridge rectifier.

Even single diode can be used as a rectifier (fig. 1) for some low-power circuits. It "cuts off" the negative half-periods of an AC current, by not letting current to flow backwards through the diodes p-n junction. But that leads to the strong output voltage pulsations and low circuit efficiency.

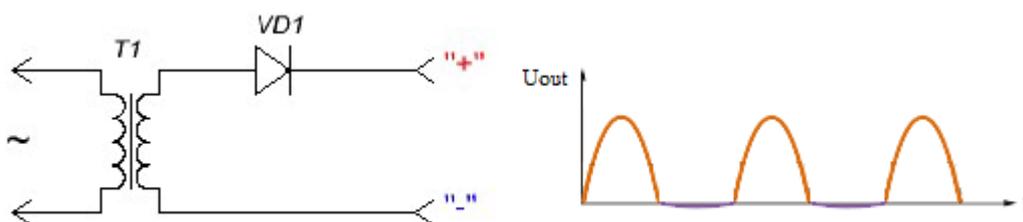


Figure 1. Single half period rectifier and it output characteristic

Pulsations can be reduced, by adding a capacitor(fig. 2), that will be smoothing the peaks, but the still will remain significant.

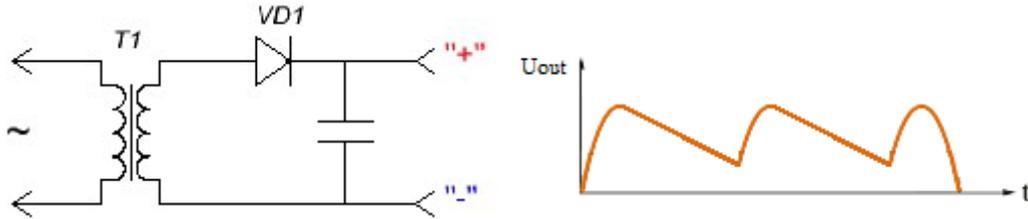


Figure 2. Single half period rectifier with capacitor and it output characteristic

To avoid such pulsations and raise effectiveness of circuits double half-period rectifiers are used. The most effective circuits consists of four diodes. these are called "Diode bridge rectifier", or a "Full Bridge rectifier" (fig. 3). While single diode dissipates negative half-period part of AC, bridge rectifier reverse it and apply to the output.

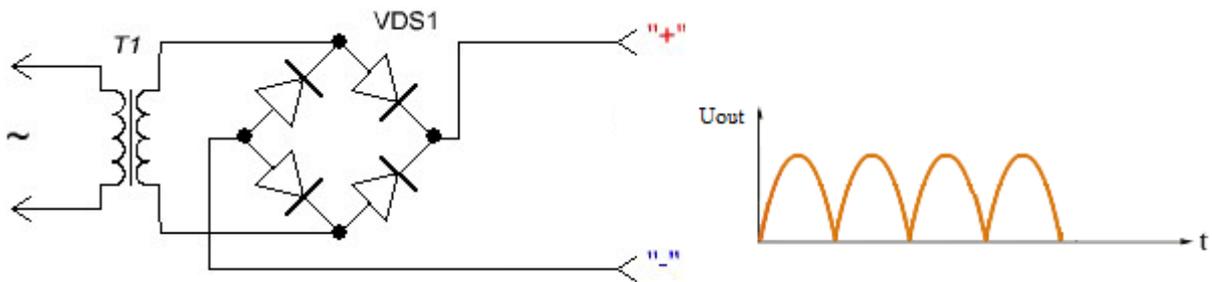


Figure 3. Full bridge rectifier and it output characteristic

Pulsations are twice lower now and by adding a capacitor they almost completely disappear (fig. 4).

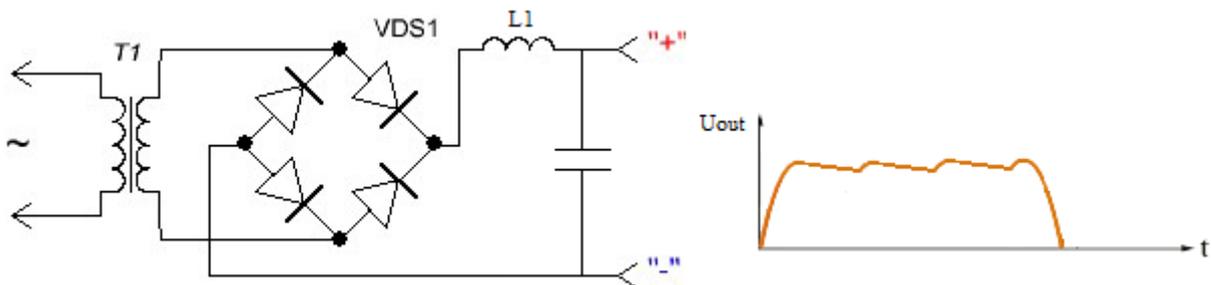


Figure 4. Full bridge rectifier with capacitor and it output characteristic

Also there is an inductor L1. With larger load on output, capacitor charges and discharges with large currents. This could hurt the capacitor in long run. Capacitor tries to keep voltage steady but can supply large currents, an inductor tries to keep the current, without affecting voltage. So it must be installed on high-power circuits.

УДК 004.418

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИМ-МОДЕЛИ ПРИ СОЗДАНИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

Мисюкевич П.В.

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

Энергетика Республики Беларусь является одной из ключевых отраслей экономики страны. Она обеспечивает потребности промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, а также населения в электрической энергии. Однако, с учетом быстрого технологического развития и изменения требований потребителей, энергосистема Республики Беларусь сталкивается с необходимостью модернизации и цифровой трансформации энергосистемы страны в целом.

Одним из таких проектов, реализуемых на базе ГПО «Белэнерго», является создание системы автоматического регулирования частоты и перетоков мощности (САРЧМ). Данная система должна обеспечить поддержание в заданных пределах значений перетоков активной мощности по межгосударственным линиям электропередачи, а также автоматическое регулирование частоты при работе энергосистемы в изолированном режиме. Система в режиме реального времени будет рассчитывать необходимую мощность генерирующего оборудования и выдавать на станции, подключенные к системе, требуемые задания по выдаче мощности. Так же важным проектом является создание цифровой платформы автоматизированной системы технологического управления объектами энергосистемы. Но, разработав данные проекты, важным является вопрос по совместной интеграции систем в общую информационную платформу.

Перед разработкой единой информационной системы, способной объединить различное программное обеспечение в масштабах страны, необходимо создать общую модель взаимодействия между цифровыми объектами энергосистемы.

Данной моделью взаимодействия является СИМ (Common Information Model) – стандартная модель данных, используемая для описания электроэнергетических систем. Эта модель является основой для

управления и контроля электроэнергетическими системами и обеспечивает единый язык для обмена данными между различными системами.

СІМ-модель основана на трех основных принципах:

1. Единый язык: СІМ-модель предоставляет единый язык для описания электроэнергетических систем. Это позволяет различным системам обмениваться данными и взаимодействовать друг с другом.

2. Иерархическая структура: СІМ-модель имеет иерархическую структуру, которая позволяет описывать систему на разных уровнях детализации. Это позволяет управлять системой на разных уровнях и упрощает ее моделирование.

3. Расширяемость: СІМ-модель является расширяемой и может быть адаптирована к различным потребностям и требованиям.

Использование СІМ-модели в энергетике предоставляет следующие преимущества:

1. Улучшение управления системой: СІМ-модель позволяет управлять электроэнергетической системой на разных уровнях детализации. Это позволяет улучшить управление системой и повысить ее эффективность.

2. Улучшение производительности: СІМ-модель позволяет улучшить производительность системы, так как она позволяет оптимизировать работу системы и уменьшить время на ее настройку и наладку.

3. Улучшение безопасности: СІМ-модель позволяет улучшить безопасность системы, так как она позволяет быстро выявлять и исправлять ошибки в работе системы.

4. Улучшение масштабируемости: СІМ-модель позволяет улучшить масштабируемость системы, так как она позволяет добавлять новые компоненты и изменять конфигурацию системы без необходимости переписывать всю систему.

5. Улучшение интеграции: СІМ-модель позволяет улучшить интеграцию различных систем, так как она предоставляет единый язык для обмена данными между различными системами.

Использование СІМ-модели в энергетике предоставляет множество преимуществ, которые помогают улучшить управление, производительность, безопасность, масштабируемость и интеграцию системы. СІМ-модель является стандартом в энергетической отрасли и является основой для различных систем управления и контроля в электроэнергетических системах.

## **ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СИМУЛЯЦИИ В ОБУЧЕНИИ И ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Филипп Р. А., Гришков Т.А.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

Использование технологий симуляции в обучении является одним из самых эффективных методов для улучшения качества образования. В последнее время этот подход стал особенно популярным в области работы с микроконтроллерами, проектирования прототипов и тестирования готовых продуктов. Это обусловлено тем, что технологии симуляции позволяют экономить время, сокращать затраты на обучение и максимально приближаться к настоящей практике.

Одним из главных преимуществ использования технологий симуляции является возможность экспериментировать и тестировать различные проекты без необходимости использования реальных компонентов и оборудования. Кроме того, такие технологии позволяют сократить время, необходимое на обучение, так как студентам не нужно ждать поставку компонентов и оборудования.

Одной из самых популярных платформ для симуляции работы с микроконтроллерами, проектирования прототипов является Proteus. Это программное обеспечение позволяет создавать виртуальные схемы, в которых можно экспериментировать с различными компонентами и конфигурациями. Также в Proteus есть возможность симулировать работу микроконтроллеров и проектов в целом.

Помимо Proteus, существуют и другие платформы для симуляции, такие как Virtual Breadboard, Circuitmaker. Однако, Proteus является наиболее распространенной платформой и наиболее популярной среди преподавателей и студентов.

Преимущества использования технологий симуляции в обучение очевидны. Однако, как любой другой метод, этот подход имеет свои недостатки и ограничения. Так, при работе с хардвером, студенты не получают реального опыта и не сталкиваются с возможными проблемами, которые могут возникнуть при работе с реальными устройствами. Кроме того, симулятор может не учитывать многие факторы, которые влияют на работу устройств, такие как шумы и помехи.

Кроме использования технологий симуляции в обучении, они также широко используются в процессе проектирования и тестирования прототипов, а также в производстве.

В процессе проектирования прототипов технологии симуляции позволяют разработчикам тестировать функционал и работу отдельных компонентов аппаратуры, не используя реальное оборудование. Это позволяет сократить затраты на разработку, в том числе на закупку компонентов, изготовление прототипов и их тестирование.

В производственных процессах технологии симуляции широко используются при разработке и настройке программного обеспечения для управления оборудованием и проведения тестов на его работоспособность. Использование технологий симуляции также позволяет сократить время на проведение тестового стенда, а также повышает точность и достоверность результатов тестирования.

Одним из примеров использования технологий симуляции для удешевления производства является так называемый «цифровой двойник» (digital twin) – виртуальная копия реального оборудования, которая позволяет проводить тестирование и эксперименты без необходимости использования реальных компонентов. В результате этого сокращаются затраты на производство, обслуживание и тестирование оборудования, а также повышается его надежность и эффективность.

Использование технологий симуляции в подобных случаях может быть полезным и выгодным, однако эти методы также имеют свои ограничения и недостатки. Текущие технологии симуляции не могут полностью воспроизвести реальные условия и явления, что может быть критичным при разработке и тестировании сложных систем или при работе с высокоточным оборудованием.

Таким образом, применение технологий симуляции может существенно удешевлять процесс производства и обучения, что позволяет снизить затраты на закупку оборудования и компонентов, а также сократить время на обучение и проведение экспериментов.

#### *Литература*

1. Proteus – официальный сайт. [www.labcenter.com/proteus/](http://www.labcenter.com/proteus/)
2. Virtual Breadboard – официальный сайт. [virtualbreadboard.com/](http://virtualbreadboard.com/)
3. Кузнецова Т.А. Виртуальные среды в образовании. Инновационные технологии в образовании и науке. – 2018. – Т. 4. – С. 75-78.
4. Grimes D.A. Virtual prototypes: Models for design and experimentation // IEEE Transactions on Education. – 2006. – Vol. 49. – No. 2. – P. 252-259.
5. Методы проектирования и тестирования электронного оборудования: Учебник / Под ред. М. П
6. Grieves M., Vickers J. Digital twin: Mitigating unpredictability and complexity in products and processes // CIRP Annals. – 2017. – Vol. 66. – No. 1. – P. 1-4.

7. Charnley F. Modelling and simulation for process development and optimisation. – Elsevier, 2017.

8. Мартынов А.Н. Использование моделирования при производственном управлении // Мировая наука и образование. – 2015. – No. 3.

УДК 621.328

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РОБОТА «ЖЕЛЕЗНАЯ НЯНЯ» НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Виршич А. В., Семенчук Е. А., Веремей В. И.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

Слабовидящие, люди с отсутствующими или слабо-работающими конечностями, люди с полной или частичной парализованностью частей тела, пожилые люди – все эти люди и есть целевая группа нашего проекта. Решаемая данным проектом проблема касается людей, которые не могут самостоятельно справляться со своими бытовыми делами. Проблема в том, что далеко не всегда у людей, попавших в подобную сложную жизненную ситуацию рядом есть родственники/близкие, которые смогут обеспечить должный уход и помощь больному. В связи с этим людям с ОВЗ приходится искать нянь/сиделок, которые будут помогать им в быту, либо отправляться в соответствующие пансионаты, где им будет оказан должный уход. Однако няня-человек – это далеко не всегда самое лучшее решение данной проблемы, потому как огромную роль играет человеческий фактор – неоднократно случаи издевательств над людьми с ОВЗ со стороны сиделок/нянь; человек может заболеть, по какой-либо иной причине не выйти «на работу».

Соответственно человеку с ОВЗ придётся в срочном порядке искать замену своей сиделке. Если речь будет идти о человеке-колясочнике, то тут и няня/сиделка далеко не каждая подойдёт, потому как важную роль в данном случае будет решать физическая форма няни/сиделки. Приведённые человеческие факторы полностью исключают «Железная няня». Также, робот более оперативен и более точно выполняет действия по уходу, нежели человек.

Несогласные с роботизацией ухода за инвалидами аргументируют свою точку зрения опасностью общения ослабленного человека и машины. Не меньшее возмущение вызывает возможная потеря рабочих мест. Однако в реальности, число людей, которые нуждаются в постоянной опеке, постоянно увеличивается, в то время как найти хорошую няню или

сиделку становится все труднее. Поступив в массовое производство, интеллектуальные системы разгрузят молодежь, окружат стариков заботой и составят им компанию, не уступающую человеческому обществу.

Ниже приведены уже осуществлённые проекты, связанные с роботизированной и механизированной помощью людям с ОВЗ и пожилым людям, чьё здоровье не позволяет им поддерживать комфортный уровень жизнедеятельности самостоятельно. Данные материалы подтверждают наличие и актуальность данной проблемы, а также востребованность новых решений и развития в данной сфере:

1) японская компания MurataManufacturing разработала устройство для помощи пожилым людям во время ходьбы, а также для перевозки различных грузов. Модель использует ту же технологию предотвращения падения, которая раньше была применена в роботах MurataSeisaku-kun и MurataSeiko-chan;

2) в тайваньском университете NCKU разработали устройство для помощи людям с ограниченными возможностями. Модель под названием i-Transport (транспорт будущего) может поднимать человека, перевозить его с места на место и поддерживать его в вертикальном положении;

3) Obi – это робот, разработанный для того, чтобы облегчить жизнь людям с ограниченными возможностями. Здоровому человеку сложно представить, каково это – жить, например, без пары рук. Каждый день для миллионов инвалидов по всему миру – настоящее испытание. Именно поэтому инженеры из компании Desin решили создать устройство, которое позволит принимать человеку пищу без использования рук;

4) OpenSesame – речь идёт о мобильном приложении, которое позволяет перейти на полное управление смартфоном голосом и жестами. Считывая минимальные движения конечностями или головой через фронтальную камеру, оно распознаёт лицо и слова своего хозяина, помогая перемещать курсор, открывать и использовать программы. Эта разработка из Израиля, придумана ещё шесть лет назад. Овед Бен Дов (разработчик игр) и Гиор Ливни (парализованный инженер-электротехник) – создатели этой технологии для инвалидов. Они работали над сложным программным обеспечением, используя в качестве аппаратной платформы Nexus 5 от Google;

5) Talkitt – инновационное мобильное приложение (известное ещё в 2016 году) разработано израильской компанией Voiceitt. Оно предназначено для людей с речевыми и языковыми расстройствами в целях коммуникации. Программа переводит непонятное произношение в разговорную правильную речь, чтобы можно было вникнуть в мысли и слова собеседника;

В проекте мы проанализировали нашу нишу (поиск аналогов проектной ПО, выявление ключевых закономерностей, принципов работы подобных

ПО), более углубленно изучили тему проекта (в сфере робототехники, программирования, искусственного интеллекта). Данное ПО будет протестировано для выявления и устранения недостатков. Так же планируется создать «упаковку» для готового ПО (создание сайта, социальных сетей).

УДК 004.94

## **АНАЛИЗ РОБОТОВ-СНЕГОУБОРЩИКОВ**

Тарасюк А.В., Бахуревич А.М.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

В наши дни существует проблема уборки территорий от снега, и цель нашей работы провести анализ требований к характеристикам роботов-снегоуборщиков и определиться с конструктивными особенностями собственного робота-снегоуборщика.

Робот-снегоуборщик представляет собой подвижную платформу с установленным на нём снегоуборочное оборудование. Также для ориентирования в пространстве роботу необходимо машинное зрение, которое представляет собой различные датчики и камеры.

Идеальный робот-снегоуборщик должен обладать следующими характеристиками: отсутствие зависимости от сетей, время автономной работы около суток; Достаточная мощность для удаления снегового покрова большой толщины, для борьбы с обледенением и т.д.; небольшие габариты и умеренная масса, сопоставимые с крупными газонокосилками; наличие элементов искусственного интеллекта для работы по заданной программе без участия человека; высокая маневренность с высокой точностью позиционирования оснастки – для уборки в труднодоступных местах; полная безопасность для людей, растений, предметов, покрытий; возможность контролируемого перемещения или утилизации снега; современный дизайн, не вызывающий опасений у человека.

Исходя из описанных выше требований, представляемых к роботам-снегоуборщикам, в программе КОМПАС-3D была сконструирована модель робота, приведенная на рисунке 1.

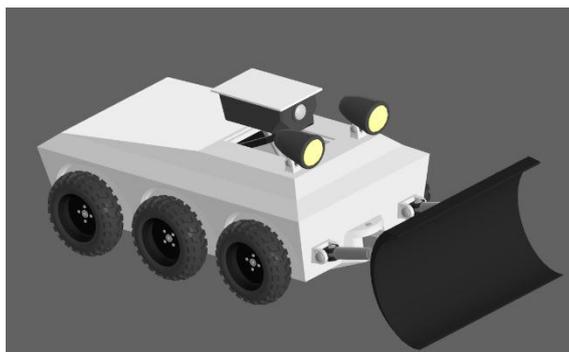


Рис.1. 3D модель робота-снегоуборщика

Основными элементами робота-снегоуборщика являются:

### **1. Шасси**

У роботов такого типа есть 2 вида шасси: колёсное и гусеничное. У гусеничного вида шасси есть свои преимущества, которые заключаются в высоких тягово-сцепных качествах, плавность хода по территориям с неровным рельефом и т.д. Но данный вид шасси подходит для территорий с неровной и нетвердой поверхностью, а сконструированный робот по задумке должен работать на ровной, твёрдой поверхности, поэтому на данной модели установлено шасси колёсного типа. Этот тип имеет следующие преимущества:

- универсальность применения;
- плавное движение по территориям с твердым покрытием;
- удобное рулевое управление;
- низкие затраты на приобретение, техническое обслуживание и ремонт;
- высокая транспортная скорость.

### **2. Корпус**

Корпус должен обладать следующим характеристиками: дешевизна, надежность конструкции, относительно небольшой вес, герметичность. Также конструкция корпуса должна обеспечивать удобный и быстрый доступ к аккумуляторам и микросхемам. Все эти критерии были учтены при конструировании модели корпуса робота.

### **3. Снегоуборочное оборудование**

Наиболее эффективное навесное оборудование для уборки снега зависит от конкретной задачи и условий работы. Для уборки снега на больших территориях, например, на парковках или дорогах, можно использовать снегоуборочные отвалы, которые устанавливаются на тракторы или другую спецтехнику. Так же для удобства уборки снега могут использоваться конвейерные ленты, с целью погрузки снежной масса на технику для вывоза снега на специальные снегоплавильные предприятия. Для уборки снега на более маленьких территориях, например, на тротуарах

или во дворах, можно использовать снегоуборочные щетки, которые можно установить на робота. Важно выбирать навесное оборудование, которое наиболее подходит для конкретной задачи и условий работы.

#### **4. Машинное зрение**

Машинное зрение используют для ориентации и управления роботом. Основной компонент систем машинного зрения – это цифровые датчики, установленные внутри промышленных камер со специальными оптическими системами для захвата изображений. На основе предоставляемых ими данных аппаратное и программное обеспечение компьютера выполняет обработку, анализ и измерение различных характеристик для принятия решений.

Машинное зрение состоит из следующих компонентов:

1. Одна или несколько цифровых, аналоговых камер (черно-белые или цветные) с подходящей оптикой для получения изображений.
2. Программное обеспечение для изготовления изображений для обработки. Для аналоговых камер это оцифровщик изображений.
3. Процессор.
4. Оборудование ввода-вывода или каналы связи для доклада о полученных результатах.
5. Умная камера: одно устройство, которое включает в себя все вышеперечисленные пункты.
6. Очень специализированные источники света (светодиоды, люминесцентные и галогенные лампы и т. д.).
7. Специфичные приложения программного обеспечения для обработки изображений и обнаружения соответствующих свойств.
8. Датчик для синхронизации частей обнаружения (часто оптический или магнитный датчик) для захвата и обработки изображений.

В заключение можно отметить, что роботы-снегоуборщики в ближайшие 5 – 10 лет получат более широкое распространение. Так как с их помощью можно решить ряд экономических и социальных проблем. Данные роботы могут быть полезны не только при уборке территорий от снега, но также при правильном переоборудовании их можно будет использовать в качестве уборщиков территорий.

#### *Литература*

1. ГлавПахарь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://glavpahar.ru/articles/gusenichnyy-i-kolesnyy-hod-cto-luchshe>.
2. RoboTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bafforti.github.io/glavnaya.html>.
3. DNSклуб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-250-snegouborschiki/22789-robot-snegouborschik-eto-vozmojno/>.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ  
«РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ ЛАБОРАТОРНОЙ  
РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ  
ТРАНСФОРМАТОРА»»**

Синевич А.А.

Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент

Информационные технологии и компьютеризация развиваются с огромной скоростью последние 30 лет. IT внедряется во все сферы нашей жизни (экономическая, политическая, социальная, духовная). Процесс развития IT достаточно сильно повлиял на образование, особенно сильно в период пандемии, что позволило провести ускоренную цифровизацию обучения. Для этого решено разработать программу, которая может быть использована студентами в случае дистанционного обучения или при проверке значений, полученных непосредственно на лабораторном стенде.

Для дальнейшего выполнения лабораторной работы “Изучение и исследование вращающегося трансформатора” была разработана программа. Главными критериями программы являются простой и понятный интерфейс, мультиплатформенность. Выполнена программа на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual Studio на базе библиотеки Windows forms.

Первый этап разработки электронной лабораторной работы изучение – математической модели вращающегося трансформатора. Математическая модель необходима для создания программы и точного расчета всех параметров измеряемой системы. Математическая модель стенда рассматривалась отдельно для двух режимов: симметрирования и линейного.

Второй этап разработки интеграция математической модели в среду разработки. Этот этап очень важен в разработке программы, так как правильно выбранный метод описания математической модели может существенно снизить погрешность переноса данных из физического в информационный формат.

Третьим этапом разработки стало написание кода программы. Так как в работе прибора есть некоторая погрешность, которая хоть и незначительно, но влияет на его показания. В данную программу также вложена некоторая погрешность показаний измерительных приборов, которая соответствует классу точности прибора. В результате обработки кода на выходе получается число  $\pm 0,02$ . Это число является

коэффициентом, который влияет на показания приборов в большую либо меньшую сторону, тем самым создавая погрешность в показаниях.

Четвертым этапом стала разработка интерфейса программы. Данный этап является одним из важнейших этапов разработки программного обеспечения, так как конечный продукт должен быть понятным и удобным в использовании пользователем.

В результате была разработана программа-симулятор лабораторной работы «Изучение и исследование вращающегося трансформатора». Для отладки использовались программа Microsoft Visual Studio фирмы Microsoft Inc. Microsoft Visual Studio, которая позволяет разрабатывать программное обеспечение широкого спектра и функционала. Разработанная программа может быть использована студентами дистанционного обучения и при проверке значений, полученных непосредственно на стенде.

#### *Литература*

1. Лившиц Ю.Е., Грибов Д.Л. Лабораторный практикум по курсу "Автоматизированный электропривод" для студентов специальностей 11.04.00 – "Робототехника" и Т 11.03.00 – "Автоматизация технологических процессов и производств". – Мн.: БГПА, 1998.

УДК 681.5

## **КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

Савостинкевич А.В.

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

Современные системы автоматизации могут быть весьма сложными. В состав систем автоматизации входят датчики (сенсоры), устройства ввода, управляющие устройства (контроллеры), исполнительные устройства, устройства вывода, компьютеры, серверы, рабочие станции.

Автоматизированная система управления (АСУ) – сочетание комплекса программно-аппаратных средств и персонала, которые предназначены для управления различными процессами в масштабе технологического процесса, производства, предприятия.

Функции АСУ устанавливаются в техническом задании создания определенной АСУ опираясь на анализ целей управления, конкретные ресурсы для их достижения, ожидаемый эффект от автоматизации и в соответствии со стандартами, которые распространяются на данный вид АСУ.

Объектом исследования является автоматизированная система контроля параметров аккумуляторных батарей электробуса.

Работа системы связана с контролем параметров аккумуляторных батарей при помощи датчиков и приборов.

Функции, которые поддерживает автоматизированная система контроля параметров аккумуляторных батарей:

- заряд аккумуляторных батарей типа 18650;
- контроль параметров аккумуляторных батарей, таких как выходное напряжение, сила тока и емкость;
- отображение параметров аккумуляторных батарей на дисплее;
- автоматическое отключение питания аккумуляторных батарей при перезаряде и переразряде.

Целями разработки автоматизированной системы контроля параметров аккумуляторных батарей является увеличение срока службы аккумуляторных батарей без потери в емкости, уменьшение опасности возгорания или же взрыва аккумуляторных батарей при их заряде.

Актуальность создания данной системы – в настоящее время использование электробусов в качестве общественного транспорта как на территории нашей страны, так и вне широко распространено. Это связано с рядом преимуществ, предоставляемых таким видом транспорта:

- мобильность. Благодаря отсутствию «рогов», электробус можно пустить по любому маршруту;
- экологичность. Электробус не имеет традиционного двигателя и выхлопной системы, благодаря чему уменьшается выброс токсичных веществ в атмосферу;
- комфорт. ДВС является источником вибраций и шумов, которые производит автобус во время поездки. Электродвигатель работает практически бесшумно;
- производительность. Если двигатель, работающий на бензине, газе или дизеле, имеет КПД в 22-42%, то КПД у электродвигателя – 90-95%.

Остаётся только вопрос, как питать электродвигатели? Электродвигатели в большинстве своем питаются от аккумуляторных батарей. Но аккумуляторные батареи имеют ограниченный ресурс, т.е. электротранспорт не может бесконечно ездить на одной аккумуляторной батарее не заряжая её, поэтому для заряда таких батарей обязательно использование специальных зарядных устройств.

Зарядное устройство – устройство для заряда электрических аккумуляторов энергией внешнего источника, как правило, от сети переменного тока напряжением 230/400 Вольт. Включает в себя преобразователь напряжения (трансформатор, импульсный блок питания), выпрямитель, стабилизатор напряжения, устройство контроля силы тока или процесса заряда, амперметр или светодиодные индикаторы.

Характеристики зарядных устройств зависят от типа аккумуляторов, рабочего напряжения, номинальной ёмкости. Зарядные устройства могут быть встроенными и внешними. Промышленные зарядные устройства представляют собой блоки с электронной аппаратурой, размещаемые в цехе зарядной станции (или специализированном помещении). Такая аппаратура предназначена для одновременного обслуживания нескольких аккумуляторных батарей и позволяет выполнять различные долговременные операции (заряд-разряд, заряд импульсными токами), в том числе и в автоматическом режиме.

Таким образом автоматизированная система контроля параметров аккумуляторных батарей электробуса позволит максимально увеличить срок службы собственно аккумуляторной батареи без потерь в емкости. А также значительно повысит безопасность их использования, что является одним из ключевых факторов при использовании в общественном транспорте.

#### *Литература*

1. Ближайшее будущее аккумуляторных батарей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/137276>
2. Кедринский И.А., Яковлев В.Г. Li-ионные аккумуляторы. – 2002. 268 с.

УДК 621.43

### **ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ ВЕРСИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НА БАЗЕ КОМПЛЕКТНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА»»**

Стецко Е.С.

Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент

Стремительное развитие информационных технологий проникает во все сферы жизни общества. Данное событие также затронуло сферу высшего образования. Цифровизация образования означает использование различных программ, приложений и других цифровых ресурсов для электронного обучения как удалённо, так и очно. Однако это довольно новый этап развития образования, который пока имеет ряд недостатков.

Решить большинство проблем дистанционного обучения можно разработкой программного обеспечения. Подходить к этой задаче нужно серьезно, поскольку важна точность и функциональность разрабатываемого программного обеспечения. Основными запросами для такой программы будут:

1. Простой и понятный интерфейс
2. Минимальная погрешность относительно реальных прототипов
3. Способность программного обеспечения работать с несколькими аппаратными платформами или операционными системами.

Программа является прототипом к лабораторной работе «Изучение и исследование замкнутых систем автоматического регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока независимого возбуждения на базе комплектного электропривода». Выполнена программа на языке Java в среде разработки Microsoft Visual Studio. Поддерживается любой версией Windows. В комплекте к программе идет методическое пособие, по которому выполняется соответствующая лабораторная работа.

Данная программа разработана для студентов технических вузов, изучающих учебные дисциплины, связанные с теорией электропривода. Учащиеся, не имеющие доступа к стенду, могут ознакомиться с принципами лабораторной работы, благодаря нашей программе. В процессе исполнения работы, студенты могут выполнить те задания, которые даны для выполнения работы на физическом стенде.

Основным преимуществом программы является стопроцентная безопасность. Студент, выполняющий задание лабораторной работы, не подвержен опасности, которой может подвергнуться студент, выполняющий работу на физическом стенде. Учащийся, выполняющий лабораторную работу в аудитории, может подвергать свою жизнь опасности из-за того, что стенд при работе находится под напряжением и при неполадке студента может ударить током. Поэтому студент, который собирается выполнять задание на физическом стенде обязан изучить принципы работы стенда, чтобы учебное оборудование работало исправно. Касаемо студента, исполняющего лабораторную работу в программе, он может ее выполнять в любых обстоятельствах. Для облегчения выполнения работы, студент может сделать задание в программе с помощью мобильного телефона. Интегрировав математическую модель работы стенда в среду разработки, мы добились точности получаемых значений, благодаря чему мы можем построить механические характеристики, не уступающих по точности тем, которые сняты во время работы физического стенда.

### *Литература*

1. Развитие информационных ресурсов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://elib.psu.by/bitstream/123456789/6299/1/Лекция%201.pdf>
2. Образование и COVID-19 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/russian\\_34\\_education\\_and\\_covid\\_19.pdf](http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/russian_34_education_and_covid_19.pdf)

УДК 621.311.2

## **ВОСПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ПОХОДНЫХ УСЛОВИЯХ**

Розов Д.В., Вороник Л.Ч., Слизавский М.О.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

В современном мире существует огромное множество способов преобразования энергии из одного состояния в другое. Однако человечество больше всего интересуется способами получения электрической энергии. На данный момент изучено множество видов её получения. Люди научились преобразовывать атомную, тепловую, солнечную, геотермальную энергии, а также энергию ветра и движения воды. С каждым днём потребление электроэнергии в мире возрастает, что заставляет придумывать всё новые и более эффективные методы её получения.

В современных реалиях электричество нужно людям везде: и на работе, и дома, и даже на отдыхе или в походе. На последнем и хотелось бы остановиться подробнее, так как эта тема изучена в меньшей степени, в сравнении с остальными. А ведь на этом базируются все научные экспедиции, поисково-спасательные и военные операции, а значит следует рассмотреть все виды получения электроэнергии вдали от цивилизации, сравнить их и выбрать наиболее эффективный и универсальный.

Основными способами получения электроэнергии в походе являются: бензиновый генератор, переносной малогабаритный ветряк, помпа, выступающая в роли турбины для мини гидроэлектростанции, солнечные панели, а также электростанции на элементах Пельтье, преобразующие тепловую энергию в электрическую.

На двух последних можно будет остановиться, так как, в отличие от всех остальных, они наиболее универсальны и эффективны. Такие

электростанции малогабаритны и просты в использовании. Ко всему прочему, можно создать гибридную, добавив к ним аккумулятор. Это позволит в течение дня получать электроэнергию от солнца, а ночью или в пасмурные дни преобразовывать тепловую энергию костра в электрическую и заряжать тем самым аккумулятор.

Данный гибрид может быть использован как в обычных походах простыми людьми, так и в качестве источника питания для самоходных роботизированных систем, беспилотных летательных аппаратов, роботов-разведчиков и прочего.

Как вариант, можно создать роботизированную систему, способную питать себя сама, используя внешние источники энергии, и передвигаться за человеком во время его похода, способствуя его комфорту. К этому можно добавить способность поднимать грузы и постоянный доступ к электроэнергии.

Таких роботов можно будет использовать в туризме, военной промышленности, научных экспедициях и исследовательской деятельности.

Основным недостатком ныне существующих роботов является тот факт, что постоянно работать они не могут, требуя подзарядки. А значит невозможно будет отправить его куда-то, оставив без контроля. В противном случае он просто выключится.

Также следует учесть факт того, что роботу придётся постоянно возвращаться ради этого обратно, а значит из времени его работы стоит вычитать время, затраченное на передвижение системы к цели, а затем обратно к человеку.

Если же добавить такому роботу систему внешнего управления или же искусственный интеллект, то, являясь при этом энергонезависимым, а значит функционирующим без вмешательства человека, он сможет выполнять многие функции, подзаряжая себя сам, что позволит ему работать самостоятельно, заряжая себя самому. Особенно важно это будет для труднодоступных или опасных мест, куда роботу будет предстоять опраться надолго, исключая при этом возможность зарядки от сети.

### *Литература*

1. Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.: ДМК Пресс, 2011 – 144 с.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Благодаров К.Е., Закудовская Д.Г., Романов М.В, Матькова К.Ю.  
Научный руководитель – Марченко И.С., ассистент

С развитием цифровых технологий учреждения высшего образования стали выпускать всё больше специалистов в этой сфере. В процессе подготовки таких кадров необходимо не только преподать теоретические основы, но и привить практические навыки работы с техникой. Вследствие быстрого развития области, оборудование для такого вида обучения имело высокую стоимость, узкую направленность и быстро устаревало. Решением этой проблемы стали такие проекты как Arduino, и микрокомпьютер Raspberry Pi, неоспоримым преимуществом которых стали универсальность и доступность.

Основой современной автоматизации являются программируемые логические контроллеры (ПЛК) и встраиваемые компьютеры (Embedded PC), которые представляют программно-аппаратный комплекс, разработанный для решения специальных задач на тех же принципах, которые изучаются на образовательных платформах. В последнее время встречаются все больше публикаций и практических применений систем на основе Arduino и Raspberry Pi. Такой подход применим для систем управления с низкой ответственностью, например, для устройств бытового назначения, но имеет недостатки, описанные ниже.

Если система требует обработки информации, поступающей из внешних источников, например, имеет в наличии некоторые датчики, то в отличие от ПЛК, для микроконтроллера и его системы необходимо разработать собственный преобразователь. Такое обстоятельство требует высокой квалификации сотрудников, а также время на разработку. Важно отметить, что при увеличении количества датчиков, временные затраты будут также возрастать, вместе с этим из-за отсутствия и недостаточности периферии ввода-вывода будут увеличиваться как финансовые, так и временные затраты. Это существенный недостаток также имеет негативное влияние на вывод сигналов на исполнительные механизмы оборудования, что также создаёт проблему масштабируемости.

Рассматривая систему управления на базе микроконтроллерной техники, особую роль имеет процесс разработки программного обеспечения. ПЛК чаще всего имеет проприетарную интегрированную систему разработки, при этом сама программа управления создается на одном из языков стандарта МЭК 61131-3, многие из которых являются графическими, что

снижает требования к квалификации специалиста. Это обеспечивает низкую стоимость программного кода, что вследствие повышает гибкость системы. Микроконтроллерные системы управления имеют возможность программирования на низком уровне, например, используется язык программирования С или язык ассемблера, что позволяет разрабатывать ПО с достаточным уровнем безопасности, при этом возникает существенный недостаток – отсутствие возможности дестабилизировать программный код и изменить его, что также приводит к потребности высококвалифицированных сотрудников.

С увеличением размера системы, будет увеличиваться количество модульных узлов. Возможность оперативно встраивать новые ПЛК и их модули расширения позволяет добиться гибкости. Чего нельзя сказать о системах на базе образовательных платформ, каждое новое подключение для которых должно сопровождаться очередной разработкой на уровне платы. Так же ПЛК проектируют таким образом, чтобы обеспечить бесперебойную работу в агрессивных средах для разных отраслей промышленности, для чего они выполняются в прочных корпусах с необходимой степенью изоляции, контроллеры приспособлены к электрическому шуму, коррозии, большому диапазону температур. Решающим фактором является то, что производители ПЛК гарантируют часы наработки, а при возникновении неисправности можно быстро произвести замену на запасной, что не обеспечивается образовательными комплексами, ради их удешевления.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что микроконтроллерные системы управления Arduino и Raspberry Pi для разработки высокого уровня и гибких систем значительно уступают по ключевым параметрам ПЛК и программируемым реле, но при этом их структурная организация, набор команд и аппаратно-программные средства ввода/вывода информации являются удобным вариантом для обучения сотрудников, разрабатывающих и развивающих такие системы.

#### *Литература*

1. Mitsubishi Electric P.P ПЛК CC-Link: учебно-методическое пособие / P.P Mitsubishi Electric. – хз : хз, 2014. – 120 с.
2. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного программирования / Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс, ил. (Серия «Библиотека инженера»), 2004. 256 с.

## УСТРОЙСТВО ДВИЖЕНИЯ В ПОДВОДНОЙ БИОНИКЕ

Германович А.П.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

На протяжении всей своей истории люди стараются изобретать различные устройства для облегчения своей жизни, удовлетворения любопытства, уменьшения затрат на различные процессы и многих других целей. Зачастую за вдохновением они обращаются к природным объектам, что не удивительно. Многие тысячелетия эволюции привели к тому, что при помощи естественного отбора лучшие инженерные решения были отсортированы сами собой. Остались наиболее приспособленные к своей среде виды, которые представляют большой интерес для ученых-биоников. Эта наука изучает как физиологические, так и морфологические особенности строения, биохимический состав тканей живых организмов, а также способы искусственного воссоздания подобных свойств.

Особой сферой для применения таких технологий является водная среда. Ее обитатели вынуждены были приспособиться к агрессивному воздействию непосредственно воды, солей, давления, к высокому сопротивлению водной толщ. Ввиду различий в условиях обитания, в природе существует обширная номенклатура очень отличающихся по своему устройству живых существ.

В наше время множество компаний и лабораторий занимаются разработкой плавающих роботов, копирующих живую природу в разной степени. Рассмотрим несколько примеров применения подобных технических решений.

В лаборатории корпорации “Festo” [1] в Германии в 2021 году разработали робота-морскую планарию. Подобно оригиналу, она движется за счет создания постоянных волн своими плавниками, что позволяет ей перемещаться в пространстве, маневрировать и не терять высоту произвольно. Электроника компактно упакована по всему корпусу робота, что позволяет не вносить изменения при расчете центра тяжести, а за счет легкости конструкции уменьшаются энергозатраты на передвижение в толще воды. Таким образом данный робот смог пройти узкую стеклянную полосу препятствий, что доказывает роботоспособность данного прибора,

Лаборатория этой же компании разработала робота-медузу. Передвижение данного робота осуществляется при помощи небольшого насоса, выступающего в роли реактивной тяги. Дополнительное подруливание осуществляется при помощи пластин-плавников,

приводимых в движение тем же насосом. Таким образом роботы-медузы могут парить в воде подобно живым прототипам. Также предусмотрено групповое взаимодействие данных медуз, таким способом исключается их столкновение с другими роботами, а также другими объектами.

Существенным минусом перечисленных конструкций является их уязвимость перед течениями. Движение роботов происходит без мощных двигателей, что позволяет аппарату быть энергоэффективным и тихим, но не дает ему возможности сопротивляться сносящим его потокам воды. Этот факт ограничивает применение данных технологий на открытых участках с умеренным или сильным течением. Также из-за того, что для данных технологий используются слабые моторы, данные роботы не могут развивать высокие скорости. Предпочтительной областью применения данных технологий может быть, например, исследование закрытых водоемов, наблюдение за состоянием океанариума и иные подобные задачи.

Одной из самых распространенных стратегий движения в подводной среде является использование плавников. В 2022 году победителем конкурса “The natural robotics contest” [2] стал робот-рыба из лаборатории университета Суррея в Великобритании. Проект состоит в том, что данный робот оснащен полостью и фильтрами внутри нее. При открытии “рта” рыба заглатывает мусор и загрязненную воду, затем вода пропускается через фильтрационную систему и выходит через “жабры”. Робот перемещается за счет движений хвоста и плавников, подобно рыбе. Изготовление этого робота отличается своей простотой, 3-д модель и файлы для печати этого изделия находятся в бесплатном открытом доступе, что способствует распространению данных роботов и ускорению выполнения цели проекта—очистки воды.

Относительно новым направлением в бионике является создание мягкотелых роботов. Их корпус выполняется из мягких материалов, например, силикона, а движение происходит за счет реактивной тяги, движения плавников или аналогов природных мышечных пластин. Исследования в данной области проводятся в Гарвардской школе прикладных наук, которая на сегодняшний день является лидером по разработке инноваций в данной сфере[3]. Среди преимуществ данного направления можно выделить дешевизну производства, так как отливка силиконовой основы намного дешевле в производстве, чем металлические элементы корпуса. Другим положительным качеством является меньшая подверженность повреждениям при эксплуатации, решаются проблемы коррозии, деформации и прочих физических повреждений. Пример системы, использующей аналог способности крови к свертыванию, описан в статье “Мягкотелые роботы – перспективы применения для анализа водной среды” [4], где используется самозатвердевающий при контакте с

водой вид силикона, который способствует «самозаживлению» повреждений оболочки робота. Благодаря мягкой оболочке робот безопасен для окружающих существ, что дает много перспектив во внедрении его в сферы, связанные с развлекательно-образовательной деятельностью роботов, а также выполнением нестандартных задач, где не хватает способностей твердотельных агрегатов. Однако для использования данных конструкций в агрессивных условиях, например, при высоком давлении и в условиях течений, необходимо всё же разрабатывать твердую основу, которая должна будет защищать важные элементы конструкции, а также разработать более мощную систему перемещения устройства.

Таким образом можно заметить, что в подводной бионике есть широкое разнообразие устройств движений роботов. В зависимости от задач и интенсивности нагрузок подбираются наиболее оптимальные реализации естественных механизмов. Выбор материала в основном выпадает на разные виды пластика и силиконов, которые отличаются легкостью, относительной дешевизной, простотой в изготовлении, а также показывают хорошие результаты при длительном пребывании в воде. Благодаря развитию бионики можно ожидать в ближайшем будущем нахождение массового применения подобных технологий в различных вариациях решения общих для всех подводных роботов вопросов: сохранения и математического расчета заряда аккумуляторов, точности в соблюдении координат на местности, сохранения связи с базой и другими роботами, эффективного быстрого перемещения. Всё это приведет к значительному прогрессу в области бионических роботов и их практического применения, например, для уменьшения себестоимости научных исследований.

### *Литература*

1. [www.festo.com](http://www.festo.com) \ \ Дата доступа 20.04.2023
2. [www.naturalroboticscontest.com](http://www.naturalroboticscontest.com) \ \ Дата доступа 15.04.2023
3. Рус Д. и Толли М. Т. Проектирование, изготовление и управление мягкими роботами. // Nature. – 2015. – №521, с.516–519.
4. Германович А.П. Гришков Т.А. Сухобоков А.А. “Мягкотелые роботы – перспективы применения для анализа водной среды” \ \ Сборник статей IV Международного научно-исследовательского конкурса “Современные достижения современной науки” (13.04.2023 г.) – Петрозаводск: МЦНП “Новая наука”, 2023- С.78-87

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА»**

Латыш А.В.

Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент

На фоне интенсивной компьютеризации во всех сферах жизни и деятельности общества вопросы компьютеризации образования приобретают особое значение. В ситуации ограничений при самоизоляции, связанной с пандемией короновиральной инфекции COVID – 19, киберсоциализация, которая длилась долгое время, достигла беспрецедентных темпов. При этом школьники и студенты при переходе на дистанционный формат обучения испытывали проблемы из-за недостатка общения с товарищами, отмечали проблемы с техникой, а так же сложность обучения в домашней обстановке [1].

По причине вышеперечисленного было принято решение о создании комплекса электронных версий лабораторных работ, одной из которых является «Изучение и исследование исполнительных двигателей постоянного тока». За счёт этого можно создать условия для выполнения студентами данной лабораторной работы без посещения аудитории, что положительно скажется на безопасности их здоровья в период карантинных мер.

При создании приложения, симулирующего работу лабораторной установки, расположенной в аудитории, был разработан следующий алгоритм:

- 1)выполнение лабораторной работы в аудитории и запись значений всех измерительных приборов при всех возможных вариантах проведения эксперимента;
- 2)выведение зависимостей показаний измерительных приборов от изменения входных значений;
- 3)разработка пользовательского интерфейса;
- 4)интеграция выведенных зависимостей в среду разработки программы;
- 5)адаптация методического пособия для работы с полученной программой.

За счёт данных мер можно исключить математическую модель устройства, которая имеет в себе ряд неизвестных переменных, таких как конструкционная постоянная, магнитный поток, потери момента на трение и т.д. Вычисление искомых значений должно проводиться на основе значений, полученных опытным путём, при помощи регрессионного

анализа [2]. Так же данное решение позволяет упростить процедуру снятия значений.

Одним из плюсов разработанного приложения является пользовательский интерфейс, который позволяет сконцентрировать все окна для вывода значений на одном компактном экране. Так же можно уменьшить количество операций и настроек приборов, которые необходимы при работе со стендом, путём удаления элементов управления, значения на которых выставляются перед началом эксперимента, и сложных элементов стенда, которые созданы для симуляции одного параметра.

В качестве языка разработки программы был выбран C++. Как наиболее простой, доступный и позволяющий быстро воссоздать необходимую структуру кода, без его излишнего усложнения, а так же позволяет достичь кроссплатформенности, между разными версиями операционной системы Windows. За счёт всего вышеперечисленного была разработана программа, обладающая следующими преимуществами:

- 1) кроссплатформенность;
- 2) простой интерфейс;
- 3) соответствие получаемых значений со значениями, полученными в результате проведения эксперимента на настоящей установке.

#### *Литература*

1. Развитие информационных ресурсов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.elibery.ru/item.asp?id=45786734>

2. Регрессионный анализ [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/regressanalis>

УДК 004.7

## **ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕТИ**

Хаткевич М.О.

Научный руководитель – И.И. Гутич, старший преподаватель

### **Введение**

Промышленные сети – это сети, использующиеся в промышленности для передачи информации и управления процессами производства. Они играют важную роль в автоматизации производственных процессов и повышении эффективности работы предприятий.

## **Основная часть**

Промышленные сети имеют ряд особенностей, которые отличают их от обычных сетей. Во-первых, они должны быть устойчивыми и надежно защищенными от различных внешних воздействий, например, пыль, влага, температурные перепады и т.д. Во-вторых, они должны обеспечить высокую скорость передачи данных и минимальный срок задержки для того, чтобы операторы быстро реагировали на изменения процессов производства.

Существует несколько типов промышленных сетей. Одним из самых распространенных является Ethernet. Он используется для передачи данных между устройствами на производстве. Ethernet обеспечивает высокую скорость передачи данных и широкое распространение по всему миру.

Еще один тип промышленной сети – Profibus. Используется для передачи данных между различными устройствами на производстве. Он обладает высокой скоростью передачи данных и имеет широкое распространение в Европе.

Другой тип промышленной сети – ControlNet. Используется для обмена данными между различными устройствами на производстве. Обладает высокой скоростью передачи данных и широко распространен в США.

Одним из наиболее популярных протоколов, используемых в промышленных сетях, является Modbus – это открытый протокол, используемый для передачи данных между устройствами в промышленной автоматизации. Он может работать по различным интерфейсам: Modbus ASCII, Modbus RTU и Modbus TCP.

Modbus ASCII – это протокол, использующий символьный формат передачи данных. Данные передаются в виде символов ASCII, что позволяет работать с устройствами, которые не поддерживают двоичный формат передачи данных.

Modbus RTU – это протокол, использующий двоичный формат обмена данными. Данные передаются в битовых последовательностях, которые делают его более эффективным по сравнению с Modbus ASCII. Он используется для передачи данных по последовательному интерфейсу.

Modbus TCP – это протокол, который используется для передачи данных по TCP/IP-сети. Он позволяет передавать данные на большие расстояния и работать с различными устройствами в промышленной автоматизации.

## **Заключение**

Промышленные сети играют важную роль в автоматизации производственных процессов и повышении эффективности работы предприятий. Они позволяют операторам быстро реагировать на изменения производственных процессов и управлять ими удаленно. Кроме того, они обеспечивают высокую надежность и устойчивость к внешним

воздействиям, что позволяет предотвратить простои и сбои в работе оборудования.

В заключение можно сказать, что современные промышленные сети – это неотъемлемая часть современной индустрии. Поэтому их использование должно быть обязательным для всех предприятий, которые стремятся к совершенствованию своих производственных процессов и повышению конкурентоспособности на рынке.

#### *Литература*

1. Как общаются машины: протокол Modbus [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/advantech/articles/450234/>
2. Modbus [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Modbus>
3. Что такое PROFIBUS [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://triz-cable.ru/stati/38-chto-takoe-profibus>

УДК 621.313.28

### **РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ВАРИАНТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЬСИНОВ»**

Михайлюк М.В.

Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент

Сельсинами (от слов *self synchronizing* – самосинхронизирующийся) называют индукционные машины, обеспечивающие синхронный и синфазный поворот или нескольких осей, механически не связанных между собой. Одна из таких машин механически соединена с ведущей осью и называется датчиком, а другая – с ведомой осью и называется приёмником [1].

Программа электронного варианта лабораторной работы разрабатывалась на языке программирования Python. Эталонной реализацией Python является интерпретатор CPython, который поддерживает большинство активно используемых платформ и являющийся стандартом де-факто языка. Он распространяется под свободной лицензией Python Software Foundation License. CPython компилирует исходные тексты в высокоуровневый байт-код, который выполняется в стековой виртуальной машине. К другим трём основным реализациям языка относятся Jython (для JVM), IronPython (для CLR/.NET) и PyPy. PyPy написан на подмножестве языка Python (RPython) и разрабатывался как альтернатива CPython с целью повышения скорости

исполнения программ, в том числе за счёт использования JIT-компиляции. Для написания электронного варианта лабораторной работы дополнительно были использованы сторонние библиотеки. Библиотека Tkinter представляет из себя расширение функционала и упрощение написания оконных программ.

Также для расчетов была использована библиотека NumPy. NumPy – один из самых фундаментальных пакетов в Python – универсальный пакет для обработки массивов. Он предоставляет высокопроизводительные объекты многомерных массивов и инструменты для работы с массивами. NumPy – это эффективный контейнер универсальных многомерных данных. Основной объект NumPy – это однородный многомерный массив. Это таблица элементов или чисел одного и того же типа данных, проиндексированная набором натуральных чисел [2]. Используя данную библиотеку, были выполнены основные операции с массивами: добавление, умножение, срез, выравнивание, изменение формы, индексирование массивов.

Кроме того, для поиска минимумов и максимумов функций и обработки процедуры численной оптимизации была использована библиотека SciPy. SciPy основывается на объекте массива NumPy и является частью стека, который включает в себя такие инструменты, как Matplotlib, Pandas и SymPy с дополнительными инструментами [2].

В ходе данного курсового проекта был создан электронный вариант лабораторной работы по изучению сельсинов. При помощи данного электронного варианта есть возможность изучить такие характеристики сельсинов как: характеристика точности сельсинов в индикаторном режиме, определение времени успокоения сельсина, определение ошибки асимметрии и зависимости величины выходного напряжения от угла рассогласования. Так же функционал программы позволяет снять значения величины синхронизирующего момента и построить график зависимости данной характеристики от угла рассогласования.

#### *Литература*

1. Армейский Е.В., Фалк Г.Б. Электрические микромашины. – М.: Высш. школа, 1975. Астахов Н.В. и др. Испытания электрических микромашин. – М.: Высш. школа, 1973. (дата посещения: 27.12.22)
2. Топ-10 библиотек Python для Data Science: интернет ресурс URL: <https://datastart.ru/blog/read/top-10-bibliotek-python-dlya-data-science> (дата посещения: 27.12.22)

## **ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ»**

Неборский К.А.

Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент

С развитием прогресса и информационных технологий появляются новые возможности в создании цифровых платформ и симуляторов каких-либо процессов или систем. Такие симуляторы становятся все более и более востребованными, поскольку позволяют получить практические и теоретические навыки в необходимой сфере имея при себе только компьютер и соответствующую программу. С пандемией COVID-19 этот тренд только усилился, так как огромное количество людей вынуждены переходить на дистанционное обучение или работу. Однако полноценно получать знания в сложившейся ситуации крайне проблематично, поскольку необходимо в кратчайшие сроки перестроить всю систему образования из очного в дистанционное. В такой ситуации информационные технологии стали единственным выходом из сложившейся ситуации.

Дистанционное обучение – это форма обучения, представляющая собой взаимодействие педагога и обучаемого на расстоянии, содержащая все компоненты учебного процесса и реализуемая с помощью интернет-технологий и других средств, предусматривающих интерактивность (электронная почта, телефонные переговоры, переговоры с использованием средств сети Интернет) [1].

Дистанционно обучение имеет ряд как положительных черт, так и отрицательных. Из положительных можно выделить [1]:

- экономия времени;
- снижение затрат на обучение;
- внедрение в образовательную сферу современных технологий;
- возможность работать в комфортной обстановке, что очень актуально для иногородних студентов.

Из отрицательных:

- сильная зависимость качества обучения от замотивированности студента;
- недостаток личного общения;
- невозможность практических знаний;
- зависимость от технического обеспечения студентов и преподавателей.

Рассмотрев плюсы и минусы сложно определить, выгодно ли дистанционное обучение, однако пандемия COVID-19 показала, что система образования должна быть готова к этому переходу.

Проблему отсутствия практических знаний можно решить разработав программное обеспечение, являющееся прототипом лабораторного стенда. Такая программа даст студенту возможность наглядно увидеть работу тех или иных элементов стенда и подтвердить свои теоретические знания практикой. Более того, такой симулятор будет актуален и при очном обучении в случаях, когда студенты недоделали лабораторную работу или сомневаются в полученных данных.

Обучающее программное обеспечение должно соблюдать ряд требований, благодаря которым оно может быть использовано в образовательных целях:

- интерфейс программы должен быть интуитивно понятен, чтобы рядовой пользователь не тратил время на его изучение и мог полностью сконцентрироваться на лабораторной работе;
- математическая обработка входных данных программы должна соответствовать математической модели работы стенда
- симулятор должен обладать высокой точностью, чтобы полученные показания были достоверными и актуальными;
- программа должна быть адаптирована к любой операционной системе путем внедрения необходимых библиотек;
- системные характеристики, требуемые ПО, должны быть минимальными, чтобы оно могло пойти на любом компьютере;
- к симулятору прилагается методическое пособие по которому выполняется соответствующая лабораторная работа.

Разработанное программное обеспечение является симулятором лабораторного стенда «Исследование однофазного трансформатора малой мощности» и поддерживается операционной системой Windows любой версии. В комплекте к программе идет методическое пособие в электронном виде.

#### *Литература*

1. <https://e-asveta.adu.by> [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://e-asveta.adu.by/index.php/distancionni-vseobuch/o-dist-obuchenii>

## VISUALIZATION IN AUTOMATED ENERGY CONTROL AND METERING SYSTEMS FOR COMMERCIAL ACCOUNTING

Shyshparonak I.V.  
Supervisor – Hutsich I.I., senior lecturer

Automated energy control and metering system for commercial accounting is an essential tool nowadays in various industry sectors starting with factories, energy facilities and up to household. Although system has a very well-designed structure containing three levels of hardware, each performing a concrete task and errand, there are some major additions that could be extremely useful, but which have not been universally put into service – means of visualization.

Visualization could give metering system operators a wide scope of what exactly is happening within the system being controlled. Mimic panels with display, current meter reading, errors and faults- these are the few instruments that could be used to understand inner processes that are happening. Moreover, PC software could be used to control parameters of first two levels of system. For example, if we are using system built-up from “Energomera” devices we could also use their exclusive software – “AdminTools”

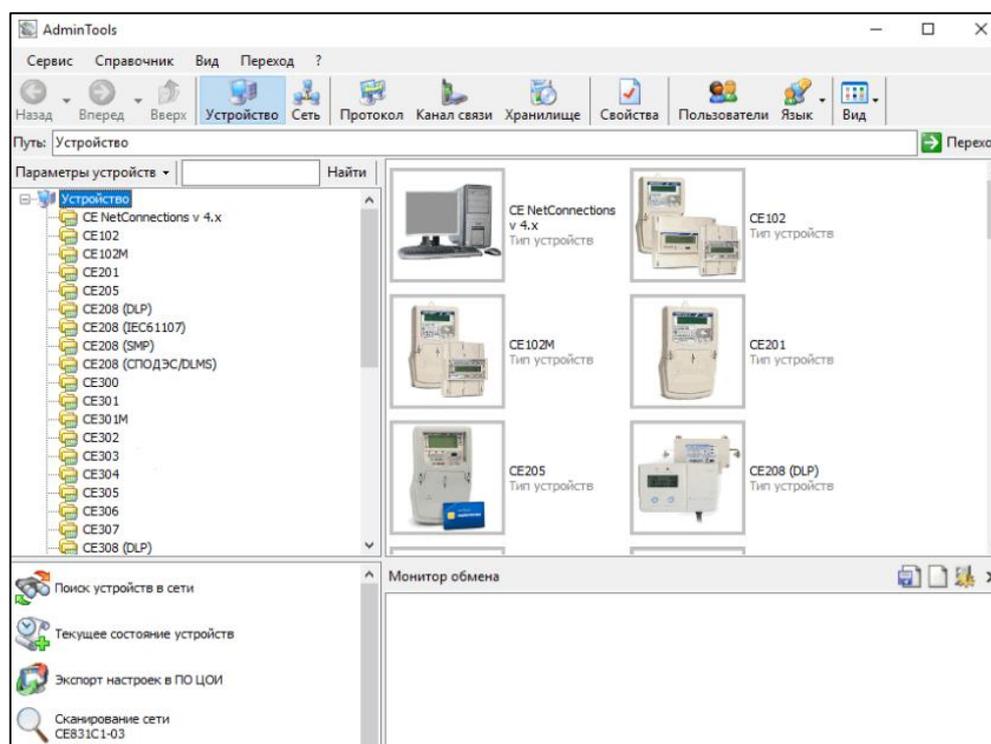


Fig.1.AdminTools Software

AdminTools technology software is designed for configuration, setup and monitoring of electricity meters and Data Acquisition and Transmission Devices (DATDs). It enables the configuration of the required parameters of the connected devices and the viewing of information from the measurement channels for different periods.

Software such as “AdminTools” allows connection via optical port or by using radio modem which may be more convenient in situations where it’s difficult to get close enough to metering devices. Visualization software may be installed on personal workstation of a head engineer or, in terms of household, even on personal devices to make system control and maintenance easier.

In terms of take-and-go solutions it is possible to take into consideration “Intellegent energy monitoring”. The “Intelligent Energy Monitoring” service is a system for wireless monitoring of equipment and controlling production discipline in an enterprise, which will reduce energy consumption costs. This service provides user with various information regarding energy consumption on their facility and, at the same time, allows him to view analytical charts to better understand the bigger picture.

“Intellegent energy monitoring” is completely web-based, which means that user is allowed to view all of system’s indicators wherever there is internet connection.

#### *Literature*

1. AdminTools Software – АО «Energomera». (n.d.).  
<https://shorturl.at/iqRSU>
2. Intellectual energy monitoring by A1. Buisness Solutions. (n.d.).  
<https://shorturl.at/kqsFZ>

УДК 37.018.43

### **ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТАХОГЕНЕРАТОРОВ»**

Чепенец Н.С.

Научный руководитель – Лившиц Ю.Е., к.т.н., доцент

Развитие информационных технологий и компьютеризации все больше и больше влияет на быт человека, проникает во все процессы (социальные, экономические, политические), подменяя их, помогая им развиваться, является сопутствующим и одновременно неотъемлемым средством предоставления и анализа информации. Быстрое изменение современной

общественной среды приводит к увеличению объемов и скорости распространения информации, введению новых автоматизированных технологий, появлению новых методов обучения и организации. Поэтому для успешного освоения современных технологий необходимо постепенно внедрять их в сферу образования, однако пандемия COVID-19 заставила провести ускоренную цифровизацию обучения [1].

Пандемия COVID-19 стала потрясением для школ и систем образования по всему миру, негативно сказавшись на образовательных возможностях. Из-за пандемии многие ученики и студенты утратили знания и навыки, а также забыли ранее освоенные учебные дисциплины. Кроме того, во многих случаях возник отрыв учеников от школ, а в некоторых странах вырос уровень отчислений [2].

Более того, экономические последствия пандемии перекинулись на сектор образования. Это негативно отразилось на возможности и желании учеников учиться и преподавателей преподавать, а также ограничило объём поддержки, получаемой как теми, так и другими. В рамках мер социального дистанцирования, принятых для сдерживания распространения вируса, учреждения образования перешли на дистанционное обучение. В большинстве стран мира школы и университеты закрывались одними из первых и открывались одними из последних, что серьёзно подрывало возможности получения образования.

Хотя воздействие пандемии на образование было отрицательным, возникли также и положительные эффекты. Важно отметить, что преподаватели разработали множество инновационных способов получения образования в период локдаунов. Новые исследования этих инноваций вносят ценный вклад в знания о перспективах и ограничениях стратегий цифрового образования, а также об условиях, поддерживающих такие инновации и эффективное использование цифровой педагогики. Однако следует признать, что созданные во время пандемии цифровые альтернативы в значительной степени представляли собой импровизации: они не были результатом тщательного планирования и проектирования, и на сегодняшний день исследователи описали или изучили лишь малое число из них.

Нивелировать проблемы дистанционного обучения можно разработкой программного обеспечения, которое поможет студентам справляться с трудностями обучения за компьютером. Подходить к этой задаче нужно серьезно, поскольку важна точность и функциональность разрабатываемого программного обеспечения. Основными запросами для такой программы будет:

1. Простой и понятный интерфейс
2. Минимальная погрешность относительно реальных прототипов

3. Кроссплатформенность, т.е. способность программного обеспечения работать с несколькими аппаратными платформами или операционными системами.

Программа является прототипом к лабораторному стенду «Изучение и исследование тахогенераторов». Выполнена программа на языке C++ в среде разработки Microsoft Visual Studio. Поддерживается любой версией Windows. В комплекте к программе идет методическое пособие, по которому выполняется соответствующая лабораторная работа.

#### *Литература*

1. Развитие информационных ресурсов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://elib.psu.by/bitstream/123456789/6299/1/Лекция%201.pdf>

2. Образование и COVID-19 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/russian\\_34\\_education\\_and\\_covid\\_19.pdf](http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/russian_34_education_and_covid_19.pdf)

УДК 004

## **МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЭРОПОРТОВ**

Фонобрович М.В., Щеклеина В.П.

Научный руководитель – Воюш Н.В., старший преподаватель

За последнее десятилетие беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали более доступными для обычных пользователей, что породило ряд проблем, связанных с неадекватным поведением некоторых владельцев таких устройств. Данные устройства представляют собой любые удаленно управляемые или самостоятельные (интеллектуальные) летающие средства, такие механизмы не обязаны быть как-либо сертифицированными и могут быть собраны даже самостоятельно. Ярко демонстрирует, к чему могут привести неразумные действия обладателей БПЛА, один недавний инцидент. Это случай отмены всех рейсов в течении целого дня в лондонском аэропорту Гатвик в связи с обнаружением двух беспилотных аппаратов возле взлетно-посадочной полосы. Именно поэтому обнаружение беспилотных летательных аппаратов – важная задача в современных реалиях.

На данный момент времени, существует целый ряд различных способов обнаружения БПЛА – акустический, оптический, тепловой,

радиолокационный и радиотехнический. Однако на территории аэропортов применяется не один метод, а комбинация нескольких способов обнаружения БПЛА. Внедрение комплексных мер обеспечения безопасности позволяет аэропортам эффективнее обнаруживать беспилотные летательные аппараты и реагировать в случае такой ситуации. Наименьшей популярностью пользуется акустический метод. Это происходит в первую очередь из-за ограниченного радиуса действия, всего около 300 метров, что по сравнению с территорией аэропорта, крайне мало. А во-вторых в связи с обилие звуковых помех, которые искажают результаты поисков и ухудшает производительность акустический датчиков. Далее по частоте использования идет оптический и инфракрасный метод обнаружения БПЛА. Эти два способа также не обладают универсальностью и хорошей результативностью в связи с ограниченность охватываемого расстояния и угла обзора. Для обнаружения беспилотников в аэропорту должны быть хорошие камеры, которые бы обладали возможностью сильного увеличения, для того чтобы с большого расстояния распознавать дроны, но такое приближение в свою очередь ведет к уменьшению поля зрения. Именно поэтому чаще всего оптический и инфракрасный способы обнаружения применяют как дополнительные, когда примерное расположение БПЛА уже известно. При зрительном осмотре работники аэропорта смогут оценить серьезность угрозы и определить, прикреплен ли к беспилотнику инородный предмет (например, камеры или взрывчатые вещества). А, следовательно, и выявить план действия. Одним из самых часто применяемых способов является радиолокационный. Он также вероятно самый очевидный, так как радиолокация применяется для отслеживания воздушных судов уже много лет. Но стоит заметить, что стандартные радары не способны обнаружить столь малые объекты, как дроны. Для их обнаружения используют более чувствительные радары, которые в силу этого качества распознают почти все объекты на территории аэропорта, что, следовательно, может привести к ложным тревогам. Но если радары правильно настроить и расположить, то радиолокационный метод принесет большие плоды в поисках БПЛА. Популярным вариантом обнаружения беспилотных летательных аппаратов оказывается радиотехнический поход, в основе которого лежат системы радиообнаружения. Они работают путем обнаружения радиосигналов, передаваемых дроном или их дистанционным управлением. Эти системы содержат библиотеку свойств сигналов, и они распознают, какие сигналы принадлежат беспилотникам. Однако также существует возможность упущения дрона, если его радиосигнал не входит в библиотеку системы. У каждого из описанных методов обнаружения беспилотных летательных аппаратов есть свои преимущества и недостатки. И только совместное использование этих способов поможет не допустить незаконное

нахождение беспилотников на территории аэропортов. Однако не стоит забывать и о совершенно другом подходе решения этой проблемы – законодательный. На сегодняшний день во всем мире вводятся законы по ограничению использования беспилотных летательных аппаратов, в том числе и на территории аэропортов. Это способно уменьшить количество происшествий, связанных с БПЛА, однако дополнения в законодательстве не могут дать стопроцентной гарантии отсутствия дронов в аэропортах. Поэтому перед современными инженерами стоит задача усовершенствования методов обнаружения БПЛА, а также создание абсолютно иных подходов к нахождению беспилотников. Таким образом, развитие технического оснащения аэропортов и законодательства в этой области должно привести к уничтожению угроз и помех в виде беспилотных летательных аппаратов.

#### *Литература*

1. Вытовтов А. В., Калач А. В., Разиньков С. Ю. Современные беспилотные летательные аппараты //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. ВГ Шухова. – 2015. – №. 4. – С. 70-74.
2. Карташов В. М. и др. Особенности обнаружения и распознавания малых беспилотных летательных аппаратов. – 2018.

УДК 004

### **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ**

Дубатовка В.В.

Научный руководитель – Лобатый А.А., д.т.н., профессор

#### **Введение**

Мобильная робототехника всё чаще используется в автоматизации процессов производства или бытового сектора.

В ноябре 2018 года Европейское патентное ведомство (European Patent Office, ЕПВ) опубликовало патентный обзор «Patents and self-driving vehicles» (Патенты и автономные транспортные средства), согласно которому за пару лет отмечен неуклонный рост патентных заявок в мире, относящихся к автономному транспорту. В отчёте Всемирной организации интеллектуальной собственности за 2019 год автономному транспорту посвящена отдельная глава, как к стремительно развивающейся по всему миру технологии.

В 2020 году университет Иннополис (Российская федерация) опубликовал материал о технологиях беспилотного транспорта и интеллектуальных транспортных системах. Авторы отмечали, что технологии, применяемые для создания автономного транспортного средства, направлены на решение трёх глобальных задач:

1. Построение локальной карты и определение объектов из внешней среды.
2. Глобальное позиционирование на мировой карте.
3. Обработка информации, на базе которой принимаются решения о действиях транспортного средства.

Область и условия, в которых транспортное средство может безопасно и исправно работать (Operational Design Domain, ODD) определяются его функциональными возможностями. ODD включает экологические и географические ограничения, ограничения по времени суток, характеристики дорожного движения и/или проезжей части и другие. Эти факторы являются значительным препятствием к достижению полной автономности, что вынуждает разработчиков совершенствовать технологии и подходы к созданию транспортных средств, не требующих участия человека.

В настоящее время разработкой автономных транспортных средств занимаются более 40 компаний по всему миру, включая Google (Waymo), Uber, Яндекс и другие. Несмотря на различные вариации конструктивных решений, во всех автономных транспортных средствах предполагается использование ряда датчиков для получения информации о внешних факторах, программное обеспечение для обработки информации и определения маршрута, а также ряд исполнительных устройств для реализации принятых решений.

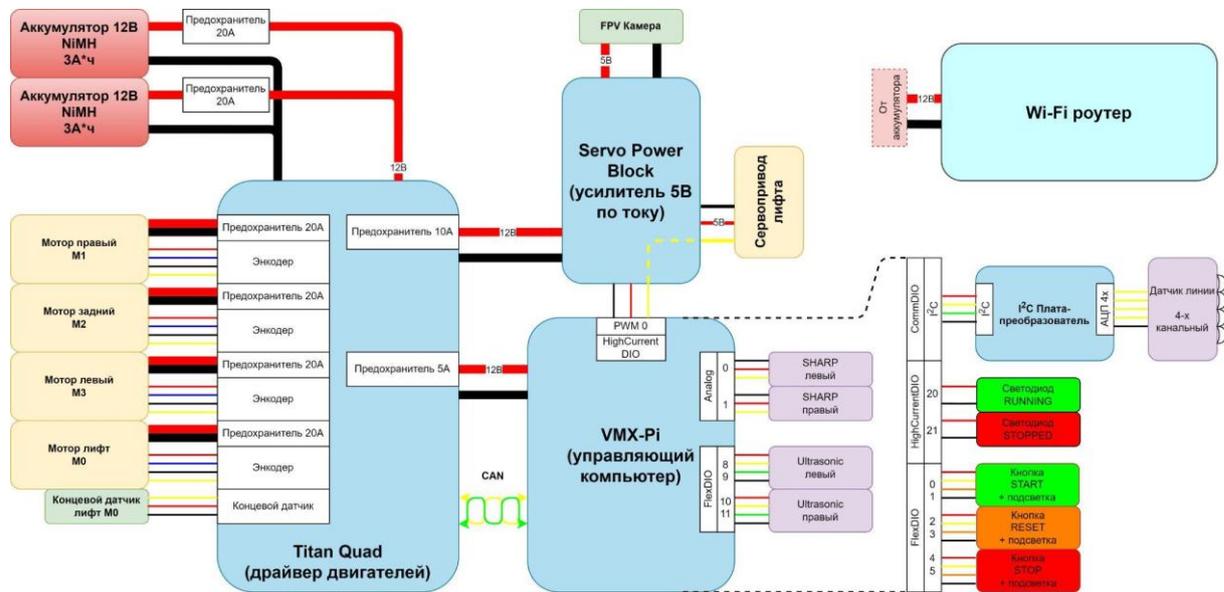
Робот предназначен для перемещения объектов в пределах закрытой площадки (полигона). Решёнными задачами на представленном роботе является: 1. автоматическое перемещение по «улице», сбору контейнеров с отсортированными бытовыми отходами, распределение по центрам переработки; 2. автоматическое распределение лекарств в «больничной среде» по комнатам согласно доске «заказов», считываемой камерой.

#### **Аппаратная часть**

В качестве аппаратной платформы использовался робототехнический набор для проектирования мобильных роботов от компании Studica Robotics (Канада).

Была спроектирована основа робота на трёхколёсной базе из всенаправленных колёс. Основным вычислителем высокого уровня является одноплатный компьютер *Raspberry Pi 4 Model B*. Используется плата расширения (средний уровень) *Studica VMX-Pi* для получения данных с 9-ти осевого датчика ориентации (IMU) и подключения внешней

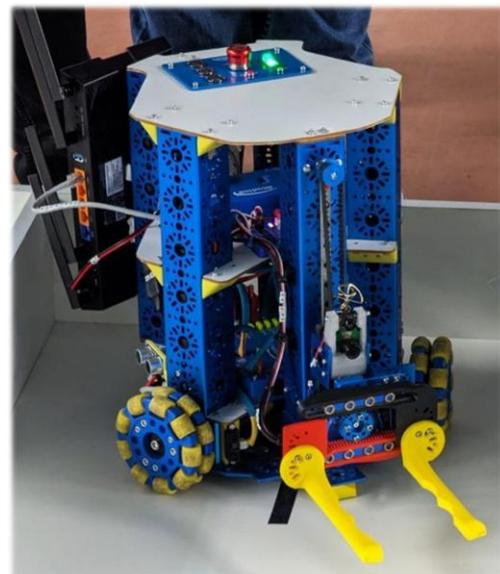
периферии. Для управления моторами используется *Studica Titan Quad* (нижний уровень) – мощный 4-х канальный драйвер двигателей постоянного тока с обратной связью по току, инкрементальным энкодерам и концевым выключателям. Общение устройств осуществляется по CAN-шине.



### Программная часть

В основе программного управления лежит мета-операционная система *Robot Operating System (OS)*. С её помощью происходит общение между всеми узлами робота, происходит обработка информации, управление приводами. Настроена связь с компьютером и используются принципы кроссплатформенной компиляции проекта. С компьютера можно запускать проект, получать телеметрию робота, а также всячески взаимодействовать с данными робота онлайн.

Программа робота написана на языке программирования Java. Реализованы классы и написаны функции для взаимодействия со всеми аппаратными средствами робота: моторы+энкодеры, сервопривод, концевые датчики лифта, IMU-сенсор, индикация и работа кнопок. Для движения используется подчинённый PID регулятор для объединения



нескольких источников обратной связи. Контроллер робота работает в супер-цикле 200 Гц. Каждую итерацию происходит перерасчёт всех подсистем, в том числе положения робота. После инициализации работает State-машина для перебора последовательности работы программы.

Написана программа для обработки изображения с камеры с помощью библиотеки OpenCV с открытым исходным кодом. *Техническое зрение* позволяет ориентироваться на полигоне, искать целевые объекты по цвету и характеристикам формы, считывать QR-коды, bar-коды и доску заказов для понимания внешней ситуации.

Используя алгоритм A\* и алгоритм Дейкстры настроен *планировщик маршрутов* для построения плана движения робота к цели. Благодаря использованным методам удалось достичь объективно хороших результатов сохраняя высокую производительность алгоритма.

Совмещая все методы в общую систему, удалось повысить точность перемещения до **ошибки в порядке единиц миллиметров и 0.1° на 1 метр**. Для минимизации ошибки на большие дистанции используется принудительная корректировка робота по внешним датчикам относительно бортов полигона.

### **Заключение**

Были изучены способы управления и настроена математическая модель движения трёхколёсного мобильного робота. Определены математические способы нахождения оптимального маршрута робота, а также настроено получение данных об окружающем мире по датчикам ориентации и камере.

Рассмотрены основные аппаратные узлы робота, такие как контроллер VMX-ri, датчики, камера.

Рассмотрены способы планирования маршрута в рамках испытательного полигона, алгоритмы поиска оптимального пути и обхода препятствий, технологии, применяемые для создания автономного транспортного средства.

### **Апробация результатов работы**

Достоверность и обоснованность научных результатов работы обусловлена применением известной и получившей широкое распространение методов разработки программного продукта. Также разработанная мобильная робототехническая платформа показала высокие результаты на международных соревнованиях в компетенции «Мобильная робототехника».

### *Литература*

1. Introduction to Autonomous Mobile Robots [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа:

[https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog\\_13268/objava\\_56689/fajlovi/Introduction%20to%20Autonomous%20Mobile%20Robots%20book.pdf](https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_13268/objava_56689/fajlovi/Introduction%20to%20Autonomous%20Mobile%20Robots%20book.pdf).

2. Аналитический обзор мирового рынка робототехники [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://spkurdyumov.ru/uploads/2018/05/Robo\\_2018.pdf](https://spkurdyumov.ru/uploads/2018/05/Robo_2018.pdf).

3. Дайджест по робототехнике 09/2020 «Кто Водит?» Автономный транспорт [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://robotics.innopolis.university/wp-content/uploads/2020/09/Dajdzhest.pdf>.

4. Алгоритмы построения пути для беспилотного автомобиля. Лекция Яндекса [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/yandex/articles/340674/>.

5. Кампион, Г., Бастен Ж., Д'Андреа-Новель Б. Структурные свойства и классификация кинематических и динамических моделей колёсных мобильных роботов // Нелинейная динамика. – 2011. – Т. 7, № 4. – С. 733-769.

6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техно-сфера, 2019. – 1104 с.

7. Форсайт Д., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.: Вильямс, 2021. – 928 с.

8. ROS framework utilization for autonomous mobile robot control system [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://www.vut.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=193943](https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=193943).

9. Amit's A\* Pages [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://theory.stanford.edu/~amitp/GameProgramming/>.

УДК 681.527.34

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШИВАНИЯ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Марукевич И.А.

Научный руководитель – Околов А.Р., к.т.н., доцент

Технологическое назначение перемешивания разнообразно. Процесс смешивания применяют, например, в пищевой промышленности для интенсификации химических, тепловых и массообменных процессов, а также для приготовления растворов, эмульсий и суспензий. Это лишь некоторые примеры продуктов, которые можно производить с помощью мешалок. Конкретный список продуктов будет зависеть от требований к производству

Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) затрагивает круг задач оператора, призванного обеспечить правильное функционирование технологического оборудования. Исключается необходимость в прямом управлении технологическим процессом. Оператор получает информацию с графической панели оператора и имеет возможность управлять объектами удалённо. Управление происходит по телекоммуникационным сетям, посредством коммуникационных процессоров контроллеров. Необходимым условием успешной автоматизации, является оперативность обработки информации. Обработка информации включает в себя процессы сбора, передачи, отображения, архивирования и представления информации.

Мешалки используются во многих отраслях промышленности для смешивания различных компонентов и производства разнообразных продуктов. Например, с помощью мешалок можно производить:

- пищевые продукты, такие как соусы, майонез, кетчуп и другие кондитерские изделия;
- косметические и бытовые химические продукты, такие как кремы, лосьоны, шампуни и моющие средства;
- фармацевтические продукты, такие как таблетки, капсулы и сиропы;
- строительные материалы, такие как краски, штукатурки и клеи.

Это лишь некоторые примеры продуктов, которые можно производить с помощью мешалок. Конкретный список продуктов будет зависеть от требований к производству

Исследуемая АСУ представляет собой комплекс технических средств автоматизации и программного обеспечения. АСУ будет иметь двухуровневую архитектуру.

Нижний уровень состоит из первичных преобразователей (датчиков уровня, открытия люка, температуры в рубашках и цистернах) и запорно-регулирующей арматуры (исполнительных механизмов). По сути, верхний уровень представлен специализированным программным обеспечением, которое обеспечивает обратную связь между диспетчером или оператором и элементами нижнего уровня. Так как объект автоматизации небольшой, нет необходимости в создании трехуровневой автоматизации исходя из экономических показателей. Таким образом местная панель управления является хорошей альтернативой полноценной SCADA-системе и промышленным панельным компьютерам. Это возможно благодаря тому, что современные панели человеко-машинного интерфейса обладают широким функционалом, который сопоставим с работой SCADA-системы.

Актуальность данного исследования связана с тем, что она позволяет обеспечить более точное поддержание температурного режима при смешивании, регулировку интенсивности смешивания, в зависимости от необходимых условий, а также позволяет управлять и регулировать

подачей примесей в конечный продукт в зависимости от нужд технологического процесса. Данный способ управления позволяет снизить уровень ручного труда, а также повысить уровень автоматизации производства в области смешивания разнородных смесей. Используемое оборудование и ПЛК по качественным показателям соответствуют современному мировому уровню и отвечает задачам энергосберегающей политики в Республике Беларусь.

УДК 62-501

## **СТЕНД ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НАСТРОЙКЕ КОМПЛЕКТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Гайшун А.С.

Научный руководитель – Кулаков А.Т., к.т.н., доцент

Стенд комплектных электроприводов предназначен для обучения студентов настройке электроприводов, используемых для автоматизации различных технологических процессов.

Использование разработанного стенда в учебном процессе позволяет обучаемому освоить принципы настройки регуляторов преобразователей, сигналов обратных связей, сигналов заданий и общие настройки преобразователя частоты (ПЧ), а также основные принципы управления, наладки и работы тех или иных механизмов.

Основу стенда составляют две электрических машины, валы которых соединены муфтой.

Одна из электрических машин стенда является приводом вентилятора, а другая имитирует нагрузку вентилятора. Имитатор нагрузки выполнен на базе без коллекторной машины постоянного тока (БМПТ).

Управляемой координатой имитатора нагрузки является задаваемый момент. Задаваемый момент рассчитывается контроллером исходя из скорости вращения вентилятора.

Роль привода вентилятора выполняет асинхронный двигатель, управляемый частотным преобразователем. Его регулируемой величиной является скорость вращения выходного вала двигателя, которую необходимо обеспечить, для поддержания заданного давления.

Так как стенд имитационный, то обратная связь по давлению рассчитывается контроллером в зависимости от скорости вращения

имитируемого вентилятора и поступает на вход частотного преобразователя в виде токового сигнала.

Функциональная схема стенда автоматизированного электропривода стенда приведена на рисунке 1.

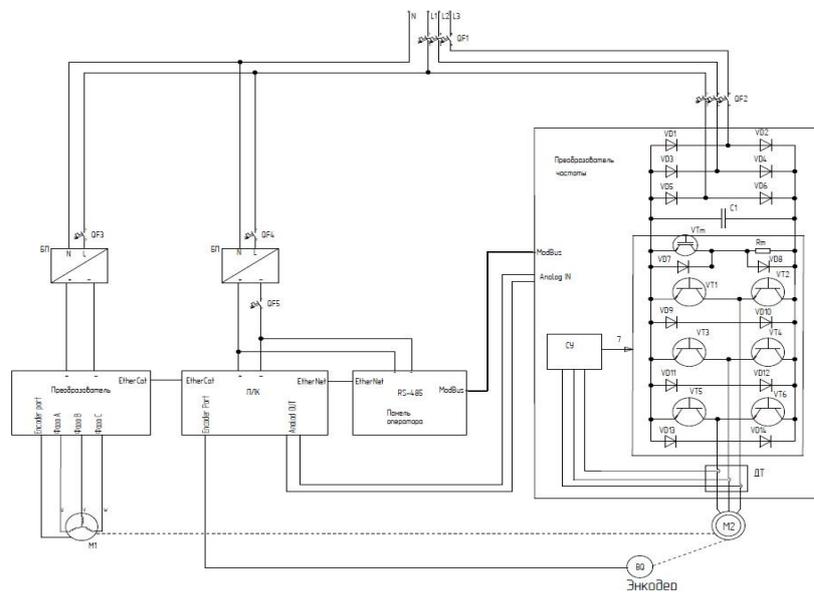


Рис. 1. Функциональная схема стенда автоматизированного электропривода стенда

Преобразователь, управляющий БМПП, связан с программируемым логическим контроллером (ПЛК) по каналу EtherCat, а ПЛК, в свою очередь, подключен к панели оператора по каналу EtherNet.

Сигнал обратной связи по давлению передается с выхода ПЛК в аналоговом виде на ПЧ. Валы электрических машин соединены между собой посредством муфты. К валу асинхронного двигателя М2 подключен энкодер ВQ.

Стенд имеет два блока питания (БП). К первому блоку питания подключен преобразователь БМПП (М1), а ко второму – ПЛК и панель оператора. ПЧ питается от 3-х фазного переменного тока.

# ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

УДК 621.3.077.2

## СТАТИЧЕСКИЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРОБУСА ПРИ ДВУХЗОННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ СКОРОСТИ

Радкевич А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

В системах тяговых электроприводов электрического транспорта широко применяются электродвигатели переменного тока – синхронные и асинхронные, управляемые по принципу частотно-векторного регулирования момента. Поскольку в тяговых электроприводах предъявляются высокие требования к жёсткости механических характеристик электродвигателя, а условия технологического процесса предполагают работу электробуса в широком диапазоне скоростей, для управления скоростью электроприводов применяется двухзонное регулирование частоты со следующими двумя зонами:

1) Вниз от номинальной частоты при выполнении принятого закона частотного управления в диапазоне постоянного момента  $0 \leq \omega \leq \omega_{\text{НОМ}}$ ;

2) Вверх от номинальной частоты при неизменной величине напряжения на статоре  $U_1 = U_{\text{НОМ}}$  и  $f_1 > f_{\text{НОМ}}$  в диапазоне постоянной мощности  $\omega_{\text{НОМ}} \leq \omega \leq \omega_{\text{МАХ}}$ .

Вопросу определения механических статических характеристик частотно-регулируемых электроприводов посвящены работы профессора Б.И. Фираго, доцента Ю.Е. Атаманова, который рассматривал методики для построения механических характеристик тяговых асинхронных электродвигателей применительно к транспортным средствам. Целью данной работы является построение статических механических характеристик асинхронного электропривода электробуса при двухзонном частотно-регулируемом управлении скоростью.

В качестве объекта исследования рассмотрим тяговый асинхронный электродвигатель марки ТАД 155-04-БУ1, производимый ОАО «Могилёвлифтмаш». Данный электродвигатель применяется в качестве тягового привода некоторых электробусов высокой грузоподъёмности и пассажировместимости, в частности, МАЗ 303Е10 (технически допустимая масса 18000 кг, пассажироместимость 72 человека). Трёхмерная

параметрическая модель данного электродвигателя, выполненная в программном пакете Solidworks показана на рис. 1.

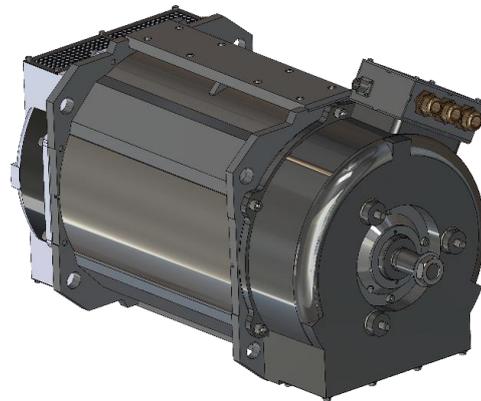


Рис.1 Твердотельная 3D-модель тягового электродвигателя  
ТАД 155-04-БУ1

Статическую механическую характеристику  $\omega = f(M)$  асинхронного электродвигателя (АД) можно построить, используя уравнение связи между угловой скоростью и вала двигателя и скольжением по формуле

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s), \quad (1)$$

где  $\omega_0$  – синхронная угловая скорость АД;  $s$  – скольжение АД.

Механические характеристики АД при регулировании вниз от номинальной скорости находятся в диапазоне регулирования частоты ( $f = 0,1 \dots 50$  Гц;  $\alpha = 0,1 \dots 1$ ). и выражаются формулой Клосса

$$M = \frac{2 \cdot M_{K,\alpha} \cdot (1 + a \cdot S_{A,K})}{\frac{S_A}{S_{A,K}} + \frac{S_{A,K}}{S_A} + 2 \cdot a \cdot S_{A,K}}, \quad (2)$$

где  $M_{K,\alpha}$  – критический электромагнитный момент электродвигателя;  $S_{A,K}$  – абсолютное критическое скольжение электродвигателя;  $\alpha$  – относительная частота питающей сети;  $S_A$  – абсолютное скольжение;  $a$  – отношение активных сопротивлений статора и ротора;  $M_0$  – момент холостого хода.

Тогда угловая скорость ротора  $\omega$  при переменной частоте равняется

$$\omega = \omega_{0,H} \cdot (\alpha - S_A), \quad (3)$$

где  $\omega_{0,н}$  – синхронная угловая скорость АД при номинальной частоте  $f_{1н}$ .

На основании данных уравнений построим статические механические характеристики двигателя ТАД 155-04-БУ1 при различных задающих напряжениях, показанные на рис.2 и рис. 3.

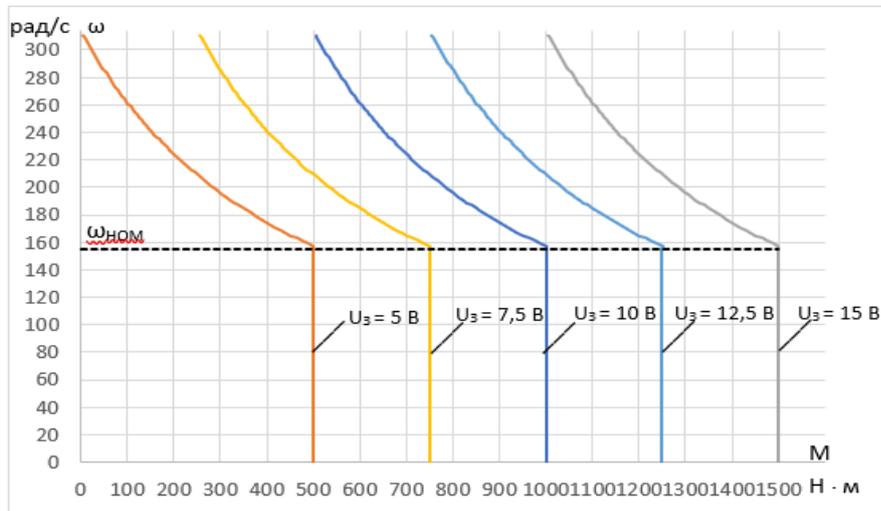


Рис.2 Механические характеристики АД ТАД 155-04-БУ1  $\omega = f(M)$  при  $U_3 = \text{var}$

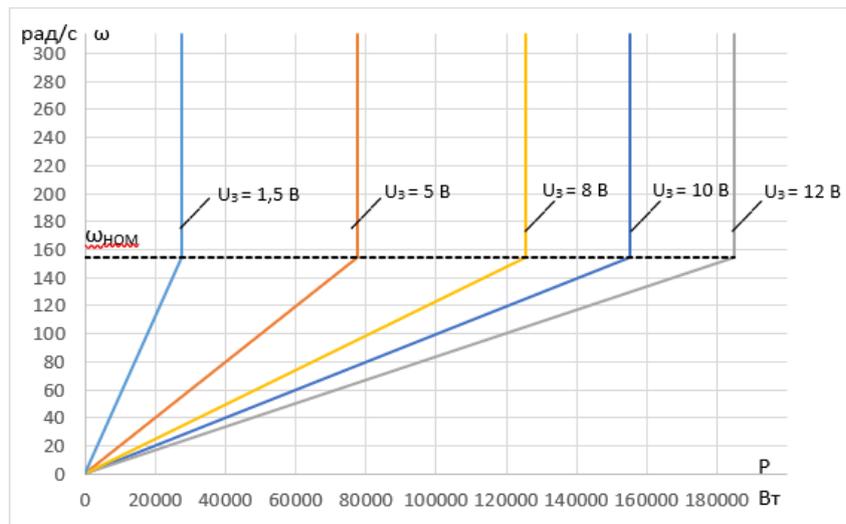


Рис.3 Механические характеристики АД ТАД 155-04-БУ1  $\omega = f(P)$  при  $U_3 = \text{var}$

Как видно из графиков выше, при регулировании вверх от номинальной скорости механические характеристики АД строятся при постоянной величине напряжения статора  $U_1 = U_{1ном}$  и переменной частоте  $f_1$  изменения этого напряжения в диапазоне частот  $f_{1ном} \leq f_1 \leq f_{1max}$ , где диапазон изменения частоты  $f = 50 \dots 120$  Гц,  $\alpha = 1 \dots 2,4$ . Механические

характеристики АД в этом частотном диапазоне определяются уравнениями (1)–(3).

В результате построения механических характеристик явно прослеживается изменение характера зависимостей при двухзонном регулировании скорости: в диапазоне  $\alpha = 0,1 \dots 1$  они имеют линейный характер, а при переходе во вторую зону регулирования при  $\alpha = 1 \dots 2,4$  графики имеют нелинейный характер в соответствии с формулами (1)–(3).

#### *Литература*

1. Атаманов, Ю. Е. Определение механических характеристик частотно-регулируемого асинхронного двигателя электробуса по пропорциональному закону = Determination of mechanical characteristics of a frequency-controlled asynchronous motor of an electric bus according to the proportional law / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ, А. Д. Хилько // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 томах / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 175-181.

УДК 621.3.077.2

### **ПОСТРОЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРОБУСА**

Радкевич А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Одним из важных этапов проектирования тягового электропривода является построение его механических и электромеханических характеристик, которые необходимы при исследовании динамических свойств системы и должны учитываться при разработке системы управления электроприводом. Несмотря на то, что методика построения искусственных и естественных характеристик различных электроприводов хорошо известна как при неизменном значении частоты, так и в динамических режимах работы, применительно к тяговым электродвигателям транспортных средств данная задача исследована мало. Наиболее полно методика расчёта и построения искусственных механических характеристик тягового асинхронного электропривода электробуса изложена в статье [1]. На основании данной методики проведём построение предельных механических тяговых характеристик

асинхронного электропривода городского электробуса грузоподъёмностью 18000 кг и пассажироместимостью 72 человека.

На основании ранее определённых нагрузочных диаграмм для разных режимов движения электробуса построим график предельной тяговой характеристики электробуса  $F = f(\vartheta)$ , показанный на рис. 1.

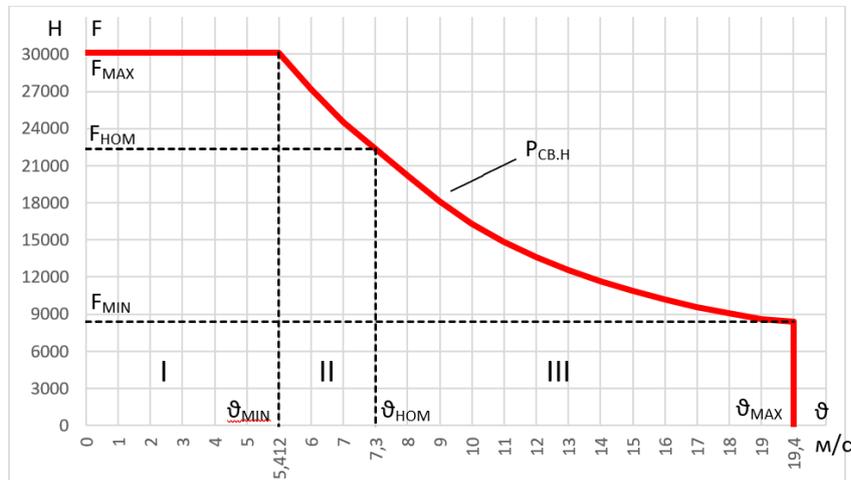


Рис.1 Предельная тяговая характеристика  $F = f(\vartheta)$  электробуса грузоподъёмностью 18 т

На данной характеристике выделяются 3 участка движения [2]:

— I участок графика соответствует постоянству тягового усилия  $F_{MAX}$ . Это соответствует разгону электробуса с постоянным ускорением и выражается уравнением

$$a = \frac{F_{MAX} - N_C}{m},$$

где  $F_{MAX}$  – максимальное тяговое усилие электробуса;  $N_C$  – сила сопротивления,  $m$  – масса электробуса.

— II участок графика соответствует разгону двигателя от  $\vartheta_{MIN}$  до  $\vartheta_{НОМ}$ . На данном участке свободная мощность РСВ поддерживается на номинальном уровне.

— III участок графика соответствует постоянству усилия  $F_{MIN}$ .

Тяговая характеристика электробуса описывается системой уравнений

$$\begin{cases} F = F_{MAX}, 0 \leq \vartheta \leq \vartheta_{MIN}; \\ F = \frac{P_{CB,H} \cdot \varepsilon_{\eta}}{\vartheta}, \vartheta_{MIN} \leq \vartheta \leq \vartheta_{MAX}; \\ \vartheta = \vartheta_{MAX}; F \leq F_{MIN}. \end{cases}$$

Для получения тяговой характеристики электродвигателя необходимо привести тяговое усилие к моменту.

Реализация тяговой характеристик обеспечивается соответствующим регулированием угловой скорости  $\omega_{ДОП}$  по выражению

$$\omega_{ДОП} = \frac{P_{СВ.Н} \cdot \eta_{ДВ}}{M_{ДОП}}.$$

На основании построенной предельной тяговой характеристики электробуса и нагрузочных диаграмм электробуса можно построить предельную механическую характеристику тягового электропривода. В качестве электродвигателя рассмотрим асинхронный тяговый электродвигатель ТАД 155-04-БУ1 производства ОАО «Могилёвлифтмаш». Поскольку в системе электропривода используется векторное частотное управление электродвигателем, возможна реализация двухзонного регулирования момента и скорости двигателя. Оно подразумевает две зоны изменения скорости [1]:

- I зона с постоянством динамического момента:  $0 \leq \omega \leq \omega_{НОМ}$ ;
- II зона с постоянством мощности:  $\omega_{НОМ} \leq \omega \leq \omega_{МАХ}$ .

При векторном управлении механические характеристики электродвигателя принимают вид, близкий к линейным зависимостям, а график предельной тяговой характеристики электродвигателя  $M_{ДОП} = f(\omega)$ , изображённый на рис. 2, повторяет форму графика предельной тяговой характеристики электробуса  $F = f(\vartheta)$ .

Учитывая, что двигатель ТАД 155-04-БУ1 имеет независимую вентиляцию, то его допустимый момент не зависит от угловой скорости при работе в I зоне регулирования. Во II зоне регулирования допустимый момент изменяется в соответствии с системой выражений

$$\begin{cases} M_{ДОП} = F_{МАХ}, 0 \leq \omega \leq \omega_{MIN}; \\ M_{ДОП} = \frac{P_{СВ.Н} \cdot \varepsilon \eta}{\vartheta}, \omega_{MIN} \leq \omega \leq \omega_{МАХ}; \\ \omega = \omega_{МАХ}; M_{ДОП} \leq M_{MIN}. \end{cases}$$

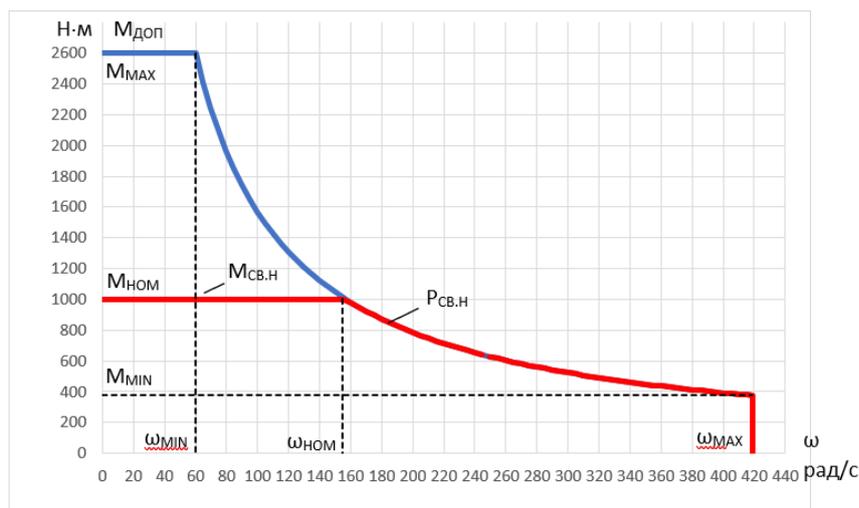


Рис.2 Предельная механическая тяговая характеристика тягового электродвигателя ТАД 155-04-БУ1 электробуса  $M_{доп} = f(\omega)$

На рис. 2 красным цветом показана предельная механическая тяговая характеристика электродвигателя при его работе в номинальном режиме, синим цветом изображена предельная характеристика двигателя при работе с максимальной скоростью и максимальным моментом. Однако, такой режим работы двигателя в электробусе не используется, а максимальный момент двигателя ограничивается на уровне  $1,5 \cdot M_{НОМ}$  по условиям нагрева ведущего моста.

Полученные предельные характеристики электропривода определяют пределы работы двигателя по скорости и моменту, и позволяют перейти к построению статических искусственных характеристик электродвигателя, что необходимо при дальнейшем проектировании системы управления.

### Литература

1. Атаманов, Ю. Е. Построение механической характеристики асинхронного двигателя электробуса = Construction of the mechanical characteristics of the electric bus asynchronous motor / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ, А. Д. Хилько // Автотракторостроение и автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 томах / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2021. – Т. 1. – С. 158 – 165.

2. Атаманов, Ю. Е. Определение механических характеристик частотно-регулируемого асинхронного двигателя электробуса по закону стабилизации потокосцепления ротора = Determination of mechanical characteristics of a frequency-controlled asynchronous motor of an electric bus according to the law of stabilization of the flow coupling of the rotor / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ, А. Д. Хилько // Автотракторостроение и

автомобильный транспорт : сборник научных трудов : в 2 томах / Белорусский национальный технический университет, Автотракторный факультет ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – Т. 1. – С. 155-163.

УДК 621.313.13

## **ПРОБЛЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ**

Абразовская Д.А., Савко Н.О.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Современные технологии в области электромеханических систем и автоматизации требуют точного и надежного позиционирования двигателей. Синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) представляют собой эффективные и компактные устройства, которые находят применение во многих отраслях промышленности. Однако, позиционирование таких двигателей может столкнуться с рядом сложных проблем.

### ***Рассмотрим основные проблемы позиционирования***

#### ***1. Начальный запуск и инициализация***

Для успешного позиционирования СДПМ необходимо провести точную инициализацию начальной позиции. Это может быть сложной задачей, особенно если двигатель используется в условиях переменных нагрузок или вибраций. Необходимы методы и алгоритмы, которые позволяют надежно определить начальное положение ротора.

#### ***2. Подавление вибраций***

СДПМ могут столкнуться с проблемой вибраций при позиционировании, особенно на низких скоростях. Эти вибрации могут оказать негативное воздействие на точность позиционирования и срок службы двигателя. Разработка алгоритмов подавления вибраций является важным аспектом решения этой проблемы.

#### ***3. Точность и устойчивость***

СДПМ могут иметь неточности, связанные с неоднородностью магнитных полей и другими факторами, что может повлиять на точность позиционирования. Устойчивость работы двигателя при изменяющихся условиях также может быть вызовом.

## *Решения и технологии*

Решение проблем позиционирования синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ) включает в себя использование различных технических и программных методов. Ниже представлены некоторые из основных решений:

### *1. Использование датчиков обратной связи*

Одним из основных способов улучшения позиционирования является использование датчиков обратной связи, таких как энкодеры или датчики Холла. Эти датчики могут точно измерять положение ротора и обеспечивать информацию для коррекции ошибок позиционирования.

### *2. ПИД-регулирование*

Применение ПИД-регуляторов (пропорциональный-интегрально-дифференциальный) позволяет улучшить точность и стабильность позиционирования. ПИД-регуляторы корректируют управляющий сигнал в реальном времени на основе ошибки между желаемой и текущей позицией, интегрируя и дифференцируя эту ошибку.

### *3. Сенсорлоус (sensorless) управление*

Этот метод позволяет позиционировать СДПМ без использования датчиков обратной связи. Он основан на анализе параметров двигателя и электромагнитных явлений, чтобы определить его положение. Сенсорлоус управление требует сложных алгоритмов и обработки данных.

### *4. Калибровка и инициализация*

При начальной настройке системы необходимо провести калибровку и инициализацию, чтобы определить начальное положение ротора. Это позволяет уменьшить ошибку позиционирования при запуске.

### *5. Фильтрация и сглаживание данных*

Применение фильтров и методов сглаживания данных из датчиков обратной связи помогает уменьшить воздействие шумов и вибраций на точность позиционирования.

### *6. Управление током и токовая обратная связь*

Управление током в обмотках СДПМ и его обратная связь также важны для обеспечения стабильной работы и точности позиционирования.

### *7. Продвинутое алгоритмы управления*

Применение современных алгоритмов управления, таких как векторное управление полярным ротором (Field-Oriented Control, FOC) и Direct Torque Control (DTC), может значительно улучшить позиционирование СДПМ.

### *8. Моделирование и симуляция*

Моделирование и симуляция работы СДПМ позволяют провести виртуальное тестирование и настройку управляющих алгоритмов до физической реализации системы.

### *9. Обучение машинного обучения*

Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа данных и управления двигателем может улучшить точность и адаптивность системы.

### *10. Мониторинг и обслуживание*

Регулярный мониторинг и обслуживание оборудования позволяют предотвращать отказы и сохранять высокую точность позиционирования в течение всего срока службы.

## ***Заключение***

Позиционирование синхронных двигателей с постоянными магнитами – важная задача в современной промышленности. Понимание проблем, связанных с этим процессом, и разработка соответствующих технических решений имеют решающее значение для обеспечения эффективной работы таких двигателей. С появлением новых технологий и методов управления можно решить многие из этих проблем и улучшить точность и надежность позиционирования синхронных двигателей с постоянными магнитами.

УДК 621.313.13

## **ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПЕЧАТНЫМ СТАТОРОМ, ИХ ПРИМЕНЯЕМОСТЬ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ**

Бурба М.Д., Зарецкий В.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Опейко О.Ф.

Синхронные двигатели с печатным статором (или печатные синхронные двигатели) представляют собой тип электрических машин, где статор выполнен по технологии, аналогичной печатному монтажу электронных плат. В таких двигателях катушки статора изготавливаются путём нанесения проводящего материала на подложку методами толсто- или тонкопленочной технологии, что позволяет достичь высокой точности и повторяемости параметров катушек, а также уменьшить их габариты (рис. 1).



Рис. 1 Конструкция промышленного двигателя с печатным статором

*Применение синхронных двигателей с печатным статором:*

1) Авиационная и космическая промышленность. Их использование в этих отраслях обусловлено небольшим весом, высокой надежностью и способностью работать в жестких условиях.

2) Робототехника и автоматизированные системы управления. Они идеально подходят для прецизионного позиционирования и управления движением благодаря высокой точности и небольшому размеру.

3) Медицинское оборудование. В таких приложениях, как МРТ, необходимы двигатели с высокой степенью надёжности и точности.

4) Потребительская электроника. Применяются в компактных устройствах, где требуется тихая и эффективная работа двигателя.

5) Автомобилестроение. В электромобилях и гибридных транспортных средствах для различных вспомогательных систем.

*Достоинства синхронных двигателей с печатным статором:*

1) Компактность и легкость. Меньший вес и габариты по сравнению с традиционными двигателями.

2) Высокая точность и повторяемость. Печатные катушки позволяют достигнуть высокой точности параметров.

3) Надёжность. Отсутствие механического контакта между вращающимися и неподвижными частями увеличивает срок службы.

4) Высокий КПД. Синхронные двигатели известны своим высоким коэффициентом полезного действия.

5) Тихая работа. Меньше шума из-за отсутствия щёток и коммутатора.

6) Низкий нагрев. Более эффективное охлаждение за счет меньшего объема материала.

*Недостатки синхронных двигателей с печатным статором:*

1) Сложность производства. Технология производства печатных статоров может быть сложнее и дороже по сравнению с традиционными методами.

2) Ограниченная мощность. Из-за компактных размеров такие двигатели не всегда подходят для применений, требующих большой мощности.

3) Высокая стоимость. Новизна технологии и сложность производства могут увеличивать стоимость.

4) Чувствительность к перегрузкам. Могут быть чувствительны к перегреву при перегрузках из-за меньшего объема отвода тепла.

5) Ограничения на ремонтпригодность. Ремонт или замена компонентов может быть более затруднительной.

В целом, синхронные двигатели с печатным статором являются передовым решением в областях, где необходимы миниатюризация, надежность и высокая точность. Однако их применение ограничено случаями, когда высокая стоимость и сложность производства оправданы конечными требованиями к системе.

### *Литература*

1. Ewoud Collijs, Ries Vereecken, В.Е. Design and prototyping of PCB stator electric motor with FDM 3D printed parts / Peter Sergeant. – М.: GHENT UNIVERSITY, 2021.

2. This axial-flux motor with a PCB stator is ripe for an electrified world [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spectrum.ieee.org/axial-flux>. – Дата доступа: 07.04.2023.

УДК 621.313.13

## **ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ МНОГОПОЛЮСНЫХ СДПМ**

Мищенко Е.В., Абрамовская Д.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Многополюсный СДПМ (сдвоенный помехоустойчивый модулятор) – это модуляционная схема, которая используется для передачи цифровых сигналов по каналам связи. Он основан на комбинации нескольких фильтров и модуляторов для достижения высокой помехоустойчивости и эффективности передачи.

Принцип работы многополюсного СДПМ заключается в разделении входного сигнала на несколько подканалов с различными полосами пропускания. Затем каждый подканал модулируется с использованием своего собственного модулятора. В итоге, сигналы из всех подканалов объединяются в один выходной сигнал, который передается по каналу связи.

Многополюсные синхронные двигатели (СДПМ) имеют ряд преимуществ, которые делают их привлекательными для различных

применений. Они обладают высоким коэффициентом полезного действия и позволяют достичь высоких значений мощности при относительно небольших размерах. Это делает их идеальными для применений, где требуется высокая производительность при ограниченном пространстве.

Многополюсные СДПМ также обладают высоким коэффициентом мощности и обеспечивают высокую энергоэффективность. Это означает, что они потребляют меньше энергии при одинаковой мощности по сравнению с другими типами двигателей, что может привести к снижению энергетических затрат и экономии денег.

Одним из главных плюсов многополюсных СДПМ – это то, что они могут работать на широком диапазоне скоростей без необходимости использования редукторов. Это позволяет им быть гибкими и эффективными в различных условиях работы.

Многополюсные СДПМ обладают высоким крутящим моментом на низких оборотах, что делает их подходящими для применений, где требуется высокий стартовый момент или работа при низких скоростях.

Обычно СДПМ имеют простую конструкцию и небольшое количество движущихся частей, что делает их более надежными и менее подверженными поломкам. Они также обладают долгим сроком службы и требуют минимального обслуживания. Так же они могут быть оснащены бесщеточной технологией, что устраняет необходимость в поддержке и замене щеток и делает их более надежными и долговечными.

Но, к сожалению, не может быть всё так идеально. Многополюсные СДПМ имеют свои недостатки, которые могут оттолкнуть при их выборе. Одним из главных минусов является стоимость. Использование нескольких компонентов и фильтров повышает стоимость многополюсного СДПМ, особенно при высоких частотах. Немаловажной проблемой является требование к точности. Для достижения высокой помехоустойчивости многополюсного СДПМ требуется высокая точность в настройке и согласовании фильтров и модуляторов.

Из высокого требования к точности выливается следующая проблема: сложность настройки. Настройка многополюсного СДПМ может быть сложной задачей, особенно для неопытного персонала. Это может потребовать дополнительных усилий и времени для обучения и настройки системы.

Многополюсный СДПМ может быть более чувствительным к помехам, таким как шум и искажения, из-за сложности его конструкции и настройки. Это может снизить качество передачи сигнала и требовать дополнительных усилий для борьбы с помехами.

В целом, многополюсные СДПМ предлагают ряд преимуществ, включая высокую мощность, энергоэффективность, надежность и долговечность.

Они идеально подходят для различных применений, включая промышленность, автомобильную и энергетическую отрасли.

### *Литература*

1. <https://leg.co.ru/info/elektricheskie-mashiny/sinhronnye-mashiny-s-postoyannymi-magnitami.html>
2. <https://ru.about-motors.com/motorcontrol/pmsm/>

УДК 621.313.8

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

Зарецкий В.А., Паращенко К.М.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Гульков Г.И.

Проектирование любых двигателей связано с подбором оптимальных геометрических и электрических параметров двигателя. Причем, большинство геометрических и электрических (электромагнитных) параметров двигателя зависят друг от друга. Выбор оптимальной конфигурации параметров производится методом последовательных итераций [1].

Для оценки правильности расчета двигателя применяются программные пакеты для моделирования электромагнитных цепей: ANSYS Electronics Desktop (Maxwell), FEMM и пр. Программный пакет ANSYS представляет возможности автоматического построения геометрии статора и ротора двигателя, однако результаты автоматического построения не всегда оптимальны, и, при оптимизации, каждый геометрический параметр двигателя необходимо изменять вручную [2].

Для упрощения и ускорения процесса проектирования бесколлекторных двигателей постоянного тока была разработана таблица Excel, в которой производится аналитический расчет геометрических параметров двигателя. Она позволяет производить оптимизацию параметров двигателя на основе результатов расчета. Так же была разработана и написана программа-макрос на языке Basic для Excel. Которая формирует файл с расширением «.aedt», в котором последовательно описано построение двумерной схемы проектируемого двигателя, назначены материалы и марки стали, проводов обмотки, постоянных магнитов. После записи файла автоматически запускается программный пакет ANSYS и ему передается сформированный файл. Таким образом происходит

автоматическое построение двумерной модели магнитной цепи двигателя, назначение геометрических параметров и свойств материала.

После проведения моделирования магнитной цепи и определения мест магнитной цепи, де необходима оптимизация можно внести изменения в Excel-таблицу и автоматически перестроить Ansys-модель.

Предложенный метод сокращает время оптимизации геометрических параметров проектируемого двигателя вдвое, а также минимизирует путаницу в настраиваемых параметрах и ошибки, вызванные изменением параметров магнитной цепи.

#### *Литература*

1. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под П79 ред. И. П. Копылова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 767 с.

2. Ansys electronic desktop – motor-CAD tutorial [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-motor-cad/>. – Дата доступа: 24.04.2023.

УДК 629.1.04

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ БОРТОВАЯ РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОСТОЯННОГО КОНТРОЛЯ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО НИЗКОПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОБУСА**

Радкевич А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

На современном этапе проектирования городского общественного электротранспорта остаётся актуальным вопрос разработки системы управления, которая способна выполнять все необходимые операции над бортовыми и периферийными устройствами на всём цикле работы транспортного средства. Для электробуса данная проблема особенно актуальна – в первую очередь ввиду инновационности и новизны концепции полностью автономного электрического пассажирского транспортного средства большой вместимости, во вторую очередь – по причине большого числа электронных приборов и аппаратов, подлежащих автоматизации. Вследствие этого крупнейшие производители электробусов, в числе которых Yutong, BYD, CAF, VDL, VOLVO, MAZ, ВКМ Holding и другие занимаются разработкой систем управления, находя баланс между массогабаритными показателями, функциональностью и стоимостью таких систем. В данной работе предлагается собственная

автоматизированная система управления бортовыми устройствами городского электробуса на основе применения сети распределённых транспортных контроллеров и управления ими от водительского терминала [1].

Целью разрабатываемой системы автоматизации является решение ряда задач по выполнению следующих технологических операций:

- обеспечение выполнения циклов движения электробуса, в частности, реализация пускового и тормозного режимов, а также реверсирования;
- получение информации о состоянии параметров узлов электробуса и отображение её на панели индикации водителя либо дисплее;
- обеспечение включения электрического отопителя в салоне;
- обеспечение открытия и закрытия дверей электробуса;
- обеспечение работы тормозной системы электробуса;
- обеспечение функционирования пневматической подвески;
- обеспечение защит и блокировок при аварийных режимах работы.

Основными системами электробуса, подлежащими автоматизации, являются: тяговый электропривод, система накопителей энергии, EBS – тормозная система, ECAS – пневматическая подвеска, система открывания и закрывания дверей, компрессор пневмосистемы, электроусилитель руля, климат-контроль, световые приборы, информационная система.

Автоматизацию всех периферийных систем электробуса произведём при помощи программируемого логического контроллера, за исключением реализации векторно-частотного управления асинхронным тяговым электродвигателем, которая осуществляется встроенным в преобразователь частоты микроконтроллером с взаимодействием с программируемыми контроллерами по интерфейсам с высоким быстродействием [2].

В качестве решения по автоматизации бортовых систем электробуса был выбран многофункциональный транспортный контроллер марки МТК, представляющий собой сеть пространственно разнесённых по периметру электробуса контроллеров МТК 11.1...11.9, каждый из которых представляет собой отдельную вычислительную систему, связанную с другими информационной сетью посредством интерфейса CAN с подключением к терминалу водителя через разъём Ethernet. Каждый контроллер выполняет определенные функции по контролю и диагностике тех агрегатов и узлов, в непосредственной близости от которых он расположен, постоянно анализирует их состояние и управляет работой согласно алгоритму функционирования.

Структурная схема бортовой распределённой системы управления (БРСУ) на основе контроллеров марки МТК показана на рис. 1.

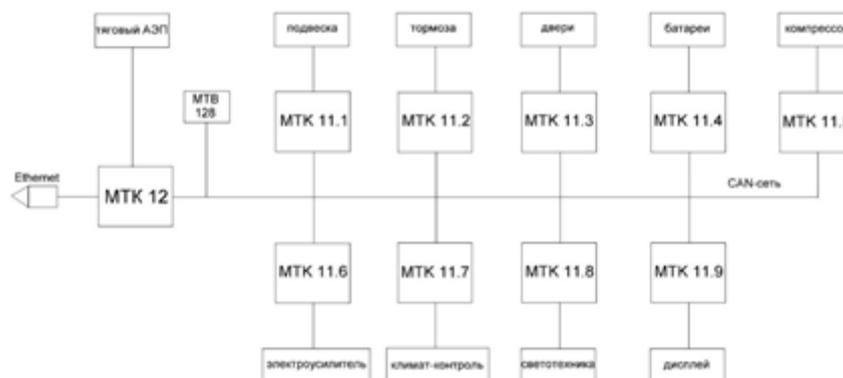


Рис.1 Структурная схема БPCУ электробусом на базе сети контроллеров МTK

Каждый из контроллеров МTK 11 обрабатывает конкретную задачу в соответствии с алгоритмом управления и компьютерной программой, выполняемой на встроенном микропроцессоре, а затем по выходному каналу через шину CAN передаёт информацию главному контроллеру приборной панели МTK 12, который имеет 8 входов от каждого контроллера МTK 11 и 3 выхода, по которым информация через разъёмы поступает на дисплей либо индикационные лампы приборной панели.

Программируемый контроллер МTK 12 с запоминающим устройством с номинальным напряжением до 1000 В предназначен для ввода сигналов от датчиков, узлов, модулей, панелей управления водителя, логическую обработку поступающих сигналов в соответствии с алгоритмом функционирования, обмен информацией по интерфейсам Ethernet, RS-485, CAN, RS-232, USB, 1-Wire, LIN, считывания и записи на micro-SD карту, а также выдачи сигналов управления на исполнительные устройства.

С учётом подключения силовой цепи тягового электропривода электробуса, вспомогательных систем и органов управления водителя, аппаратная реализация БPCУ изображена на рис. 2 в виде электрической схемы соединений системы автоматизации (АД – асинхронный электродвигатель; АИН – автономный инвертор напряжения; АКБ – аккумуляторные батареи; БЗ, БК, БС – блоки защиты, коммутации, сглаживания; ВМ – ведущий мост; ДИФ – дифференциал; ДН, ДС, ДТ – датчики напряжения, скорости, тока; ПД – плата драйверов; МСU – микроконтроллер).

Рис. 2 содержит силовую цепь электропривода и систему управления. В качестве контроллера тягового электропривода в данной системе автоматизации применён микроконтроллер STM32F103C8T6 производства STMicroelectronics со средним по мощности ядром Cortex-M3.

Протоколом передачи данных между вспомогательными системами и приборной панелью является шина М-CAN (Micro-CAN – CAN 1), протоколом передачи данных между силовыми устройствами и приборной

панелью является P-CAN (Power-CAN – CAN 2), протоколом передачи данных между информационными системами и приборной панелью является I-CAN (Information-CAN – CAN 3). Прием сигналов от датчиков бортовых устройств осуществляется по протоколу RS-485, для чего в МТК 11 предусмотрены соответствующие входные порты.

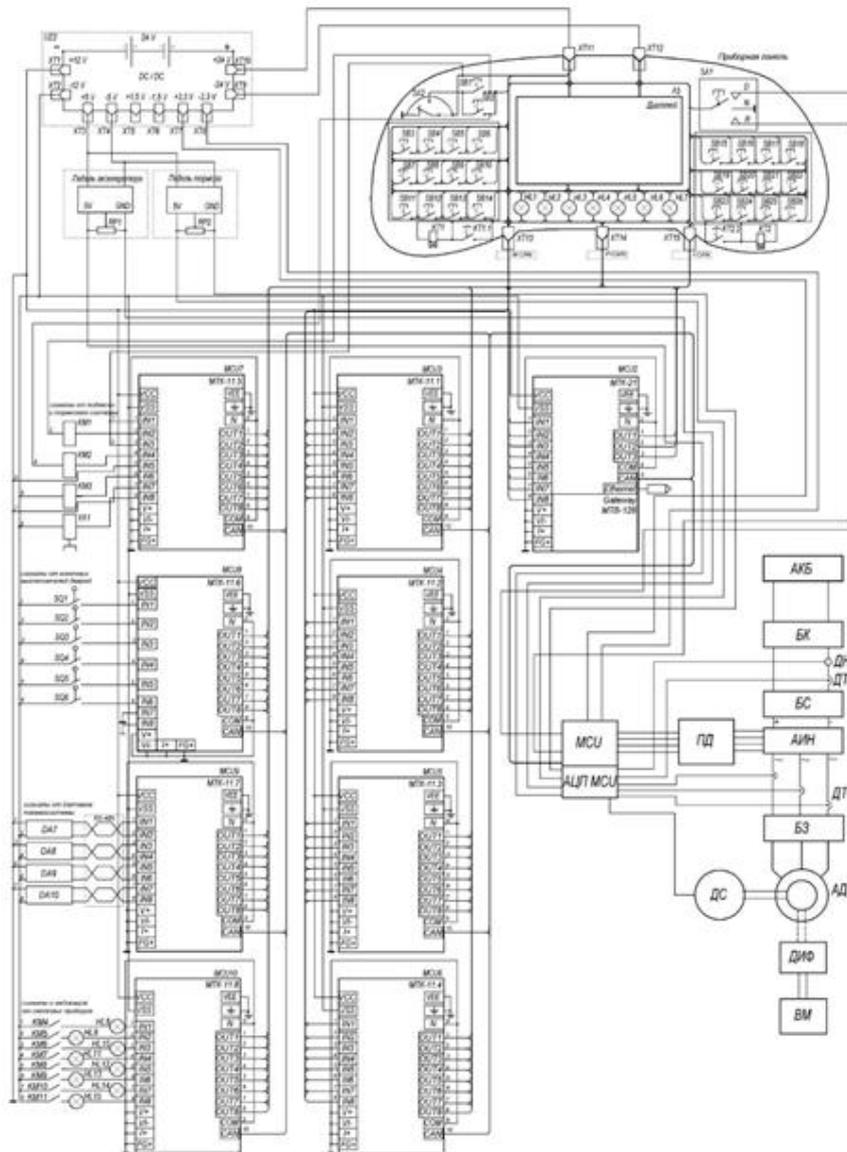


Рис. 2 Электрическая схема соединений системы автоматизации бортовых систем электробуса на основе БРСУ

Контроллер МТК 21 также содержит многофункциональный терминал водителя МТВ-128, непосредственно формирующий управляющие сигналы на дисплей приборной панели. Данный терминал имеет выходной интернет-шлюз Gateway и разъем по интерфейсу Ethernet, что позволяет его программировать через подключение компьютера.

Система автоматизации получает питание от преобразователя постоянного напряжения, имеющего соответствующие разъемы на различное напряжение для питания приборной панели, педалей, программируемого контроллера, микроконтроллера и платы драйверов.

Таким образом, разработанная система автоматизации бортовых устройств городского электробуса в виде распределённой сети транспортных контроллеров позволяет решать задачи управления, регулирования и диагностики периферийных систем через взаимодействие водителя и БРСУ посредством терминала и дисплея, а также осуществляет синхронизацию работы силовой цепи электропривода и цепи управления.

#### *Литература*

1. Корнилов, В. Ю. Разработка структурной схемы и алгоритма функционирования тягового электропривода для электробуса / В. Ю. Корнилов, М. Р. Джалимов. — // Молодой ученый. — 2020. — № 23 (313). — С. 114–116.

2. Атаманов, Ю. Е. Выбор системы регулирования тягового асинхронного электродвигателя электробуса / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ, А. Ф. Акулич // Научное обеспечение развития отечественной тракторной техники, многоцелевых колесных и гусеничных машин, городского электротранспорта // сост. Г. А. Таяновский ; под общ. ред. В. П. Бойкова. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 20–26.

УДК 621.3.077

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ**

Радкевич А.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлюковец С.А.

Классификация тяговых электроприводов обычно производится по таким признакам, как вид движения и управляемости, род механического и электрического передаточных устройств, тип преобразовательного устройства, способ передачи механической энергии исполнительным органам, принцип регулирования скорости и способ охлаждения.

Структурная схема классификации тяговых электроприводов электромобилей показана на рис. 1.

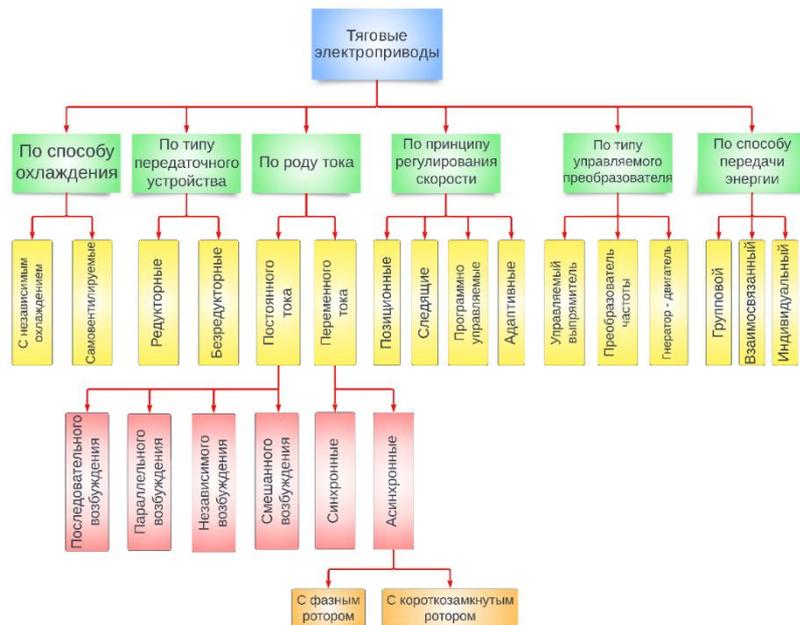


Рис.1 Структурная схема классификации тяговых электроприводов электромобилей

По виду движения тяговые электродвигатели относятся к электродвигателям вращательного и реверсивного движения, поскольку обеспечение всех режимов работы электромобиля требует изменение направления вращения ведущих колес [1]. По этой же причине тяговые электроприводы классифицируются как регулируемые, причем для регулирования скорости возможно использование нескольких систем:

- позиционная система, в которой электропривод обеспечивает регулирование положения исполнительного органа (колеса) электромобиля;

- следящая система, при помощи которой электропривод воспроизводит перемещение исполнительного органа в соответствии с произвольно изменяющимся задающим сигналом;

- адаптивная система, в которой электропривод автоматически обеспечивает оптимальный режим движения электромобиля при изменении условий его работы;

Исходя из типа используемого тягового электродвигателя возможны варианты применения электрического преобразовательного устройства следующих типов [1]:

- система управляемый выпрямитель – двигатель (УВ – Д), содержащая электродвигатель постоянного тока, в качестве преобразовательного устройства применяется регулируемый выпрямитель напряжения;

- система преобразователь частоты – двигатель (ПЧ – Д), содержащая электродвигатель переменного тока, в качестве преобразовательного устройства используется регулируемый преобразователь частоты;

- система генератор – двигатель (Г – Д), представляющая собой регулируемый электропривод, преобразовательным устройством которого является электромашинный преобразовательный агрегат.

В соответствии с типом механического передаточного устройства отмечают:

- редукторный электропривод, передающий вращательный момент на исполнительный орган посредством механического передаточного устройства;

- безредукторный электропривод, в котором тяговый электродвигатель соединен с исполнительным органом непосредственно.

По способу охлаждения тяговые электродвигатели распределяются на самовентилируемые, в которых вентиляция осуществляется за счет вращения ротора, вследствие чего при изменении скорости вращения изменяются условия теплоотвода, и двигатели с независимой вентиляцией, в которых охлаждение осуществляется за счет вынесенного за пределы электродвигателя вентилятора [2].

Исходя из способа передачи механической энергии исполнительному органу (колесу), количеству электрических машин и их взаимосвязям тяговые электроприводы подразделяются на групповые, индивидуальные и взаимосвязанные.

Типы тяговых электроприводов по способу передачи механической энергии показаны на рис. 2.

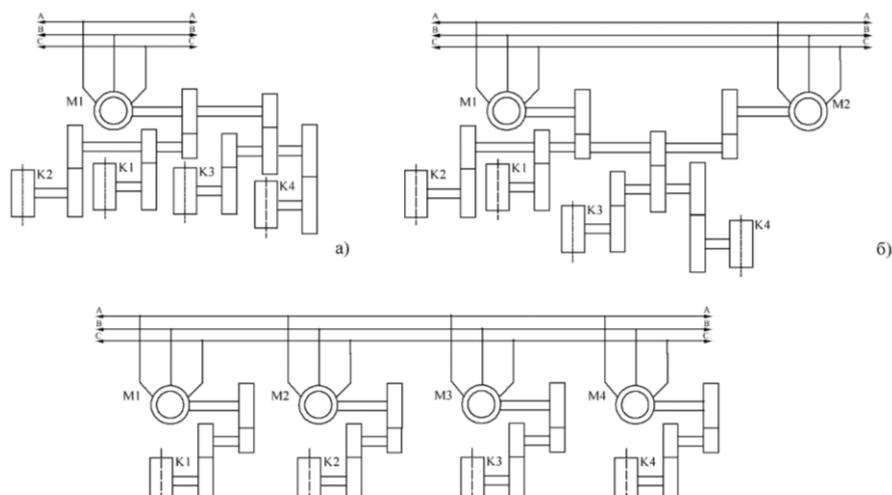


Рис.2 Типы тяговых электроприводов по способу передачи механической энергии: а) групповой электропривод, б) взаимосвязанный электропривод, в) индивидуальный электропривод

Групповой электропривод характеризуется тем, что от одного тягового электропривода приводятся в движение все исполнительные механизмы – колеса электромобиля через систему трансмиссий и механических передач.

Недостатком такого электропривода является наличие большого числа механических передач, реализующих передачу и распределение механической энергии, сложность и объемность кинематической цепи, снижающих к.п.д. и энергоэффективность электропривода, в связи с чем такая система в настоящее время применяется сравнительно редко.

В отличие от группового, взаимосвязанный электропривод включает два или более тяговых электродвигателя, соединенных между собой механическими или электрическими связями. Он обладает лучшими технико-экономическими показателями по сравнению с групповым и нашел широкое применение, в частности, в городском электрическом транспорте и легковом автомобилестроении.

Под индивидуальным электроприводом подразумевается тяговый электропривод, приводящий в движение каждый исполнительный орган (колесо) электромобиля. В таком электроприводе упрощается, а в ряде случаев – отсутствует кинематическая передача от двигателя к колесу, значительно упрощается автоматизация технологического процесса и улучшаются условия эксплуатации электромобиля [2]. Концепция индивидуального электропривода положена в основу работы мотор-колеса, являющимся перспективной технологией внедрения в электромобили.

Таким образом, на сегодняшний день при разработке электромобилей может применяться большое многообразие используемых электроприводов. Наибольшее распространение получили синхронные и асинхронные электродвигатели за счёт своих технико-экономических и массогабаритных показателей. При этом перспективной является концепция индивидуального тягового электропривода, реализованная в виде мотор-колёс, позволяющая осуществить дифференцированное независимое движение каждого колеса электромобиля, которая, однако, требует создания определённой системы управления и подвески.

#### *Литература*

1. Гурский, А. С. Анализ тяговых электродвигателей электромобилей = Analysis of traction electric motors of electric vehicles / А. С. Гурский, Е. Л. Савич // Изобретатель. – 2022. – № 1-2. – С. 4-14.

2. Хоу, Ябо. Перспективные тяговые электроприводы электромобилей / Ябо Хоу // Новые горизонты – 2017 : сборник материалов Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 2-3 ноября 2017 г. : в 2 т. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 40-42.

## **ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНЫЙ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОДЪЕМНОЙ ПЛАТФОРМЫ МОБИЛЬНОГО РОБОТА**

Бурба М.Д., Шилов Н.А.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Опейко О.Ф.

Мобильный робот представляет собой автономную машину или устройство, способное передвигаться по определённой территории без прямого управления человеком. Подъёмная платформа предназначена для перемещений груза с существенно меньшими затратами времени и ресурсов. Четырёх канальная платформа с использованием четырёх актуаторов позволяет осуществить равномерный подъём и уменьшить риск повреждения груза или обслуживающего персонала.

*Применение мобильного робота с подъёмной платформой:*

1) Логистика и складское хозяйство. Роботы, оснащённые подобной системой привода, могут использоваться для перемещения паллетов с товарами по складским помещениям. Это может улучшить эффективность складских операций, уменьшить нагрузку на рабочую силу и сократить время на обработку и перемещение товаров

2) Производственные линии. Мобильные роботы могут использоваться на производственных линиях для автоматизации транспортировки материалов или готовой продукции между рабочими станциями.

3) Медицинская отрасль. В больницах и лабораториях подобные роботы могут транспортировать медицинские припасы, оборудование или образцы для анализа, обеспечивая быструю и точную доставку.

4) Гостиничный сервис и обслуживание. В отельном бизнесе мобильные роботы с подъёмными платформами могут использоваться для доставки багажа гостям или для уборки и транспортировки постельного белья.

5) Торговые центры и розничная торговля. В магазинах и торговых центрах роботы с такой системой привода могут помогать переставлять товары на полках, а также выполнять задачи по пополнению товарного запаса.

*Достоинства подъёмной платформой с четырьмя актуаторами:*

1) Лучшая адаптация к различным типам грузов. Система может быть настроена для работы с разными видами и размерами грузов, что увеличивает ее универсальность.

2) Распределенная нагрузка. Нагрузка распределяется равномерно между четырьмя актуаторами, что увеличивает стабильность и снижает риск повреждения как самой платформы, так и груза.

3) Улучшенная надежность. В случае отказа одного из актуаторов, остальные могут компенсировать его функцию, что повышает общую надежность системы.

4) Улучшенный контроль над грузом. Точное управление каждым актуатором позволяет более эффективно управлять расположением платформы, а значит и груза, и адаптироваться к неровным поверхностям, уменьшая риск его падения или неправильной установки.

5) Точность позиционирования. Четыре актуатора позволяют точно управлять положением платформы, что важно при тщательной работе с грузами.

*Недостатки подъёмной платформой с четырьмя актуаторами:*

1) Сложность системы. Четыре актуатора усложняют конструкцию, что может увеличить вероятность отказа и затруднить обслуживание, а также увеличивает сложность технического обслуживания и требует высококвалифицированных специалистов.

2) Сложности в программировании и управлении. Необходимость синхронизации работы всех четырех актуаторов требует более сложной программной логики и может увеличить время на разработку и отладку системы и увеличить время настройки системы.

3) Повышенное энергопотребление. Большее количество актуаторов требует больше энергии для работы, что может уменьшить время автономной работы робота.

4) Риск перегрузки системы. При неправильной эксплуатации или настройке есть риск перегрузки отдельных актуаторов, что может привести к их быстрому износу или повреждению.

5) Высокая стоимость. Использование четырех актуаторов увеличивает стоимость системы как в плане первоначальной инвестиции, так и в плане обслуживания.

В целом, выбор системы электропривода с четырьмя актуаторами должен опираться на тщательный анализ требований к задаче и возможностей оборудования. Однако использование такой системы обеспечивает высокую точность, стабильность и гибкость в управлении, но сопровождается увеличением стоимости, сложности, энергопотребления и повышенными требованиями к системе и её техническому обслуживанию. Эффективность такой системы будет зависеть от конкретных требований и доступных ресурсов.

### *Литература*

1. Design of a novel AGV with automatic pick-and-place system based on scissor lifting platform / Ze Cui - Chinese Automation Congress, 2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.researchgate.net/publication/348897799> – Дата доступа: 14.04.2023.

2. Исследование особенностей применения мобильных роботов на промышленных предприятиях / Алёхин М. В. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29315195&pff=1>. – Дата доступа: 14.04.2023.

# **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**

УДК 004

## **СИМУЛЯТОР УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ МАЛОГАБАРИТНОЙ СНЕГОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ СМАРТФОНА**

Иванченко Д.В.

Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

В настоящее время мобильные устройства и умные технологии играют все более важную роль в промышленности и транспорте. Поэтому разработка мобильного приложения для симуляции управления движением малогабаритной снегоуборочной техникой (МГСУ-техникой) на территории БНТУ представляет собой перспективный проект, который будет способствовать обеспечению безопасности и комфорта для студентов и сотрудников университета в зимний период. Оно также будет способствовать повышению эффективности уборки снега на территории студгородка и улучшению качества жизни обучающихся и работающих в университете лиц.

Симулятор разработан на основе технологии Unity3D, которая позволяет создавать виртуальную среду и скрипты для моделирования движения техники. Интеграция мобильного устройства в качестве контроллера позволяет максимально приблизить процесс управления техникой к реальным условиям.

Разработка симулятора началась с реализации графической части, в результате чего были разработаны трехмерные модели некоторых корпусов БНТУ (рисунок 1), модели дополнительных элементов – ворот, мест отдыха, а также модель МГСУ-техники (рисунок 2). Создание графической части выполнено при помощи приложения Blender 3D.



Рис. 1. Смоделированная сцена 11а и 11б корпусов БНТУ

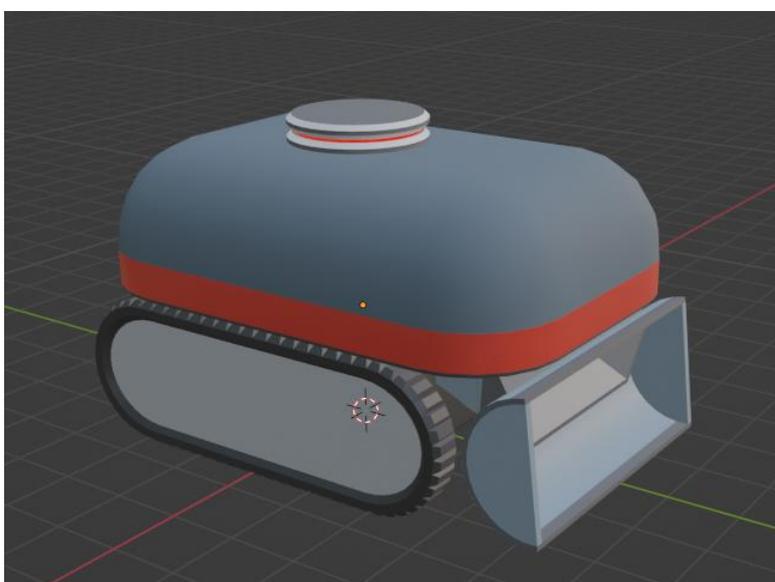


Рис. 2. Модель МГСУ-техники

Материал снега создан при помощи шейдера и добавлен в Unity. Сцена с готовым материалом снега показана на рисунке 3.

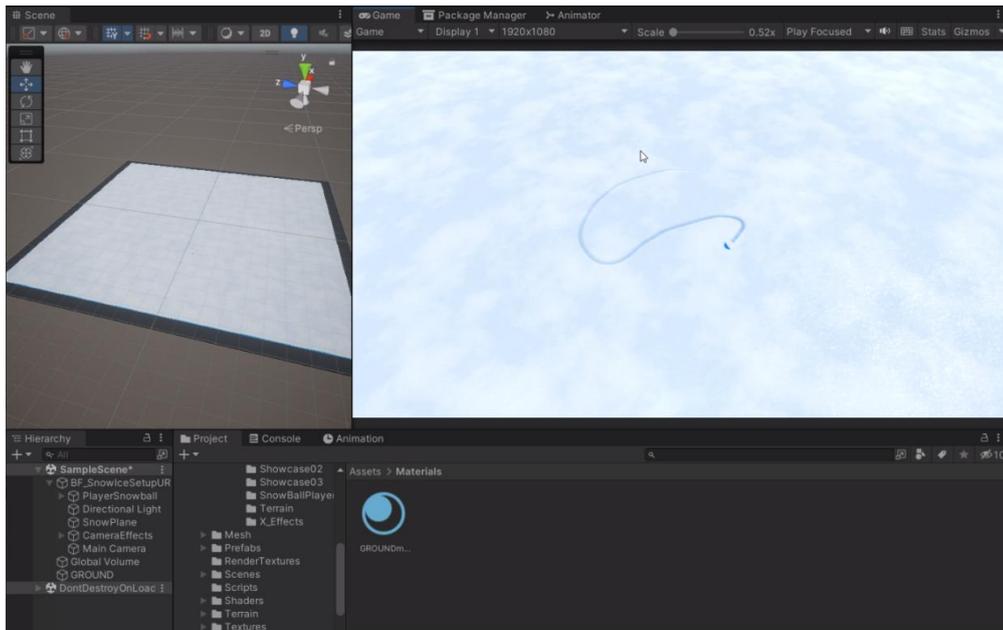


Рис. 3. Материал снега в Unity

Для моделирования движения техники использовались специальные скрипты, которые позволяют достичь максимальной реалистичности. При помощи датчика акселерометра осуществляется контроль наклонов мобильного устройства, что служит частью управления при симуляциях (рисунок 4).

```

141
142 RaycastHit mhit;
143 bool m_HitDetect = Physics.BoxCast(transform.position, new Vector3(0.7f, 1, 2.1f), direction, out mhit, transform.rotation, 0.25f, LayerMask.GetMask("Default"));
144 if (m_HitDetect)
145 {
146     Debug.Log("STOP!");
147     Debug.Log(mhit.collider.gameObject.name);
148 }
149 else
150 {
151     Vector3 dRotation = ((forward + right * direction.x));
152
153     if (direction.x != 0)
154     {
155         rigid.transform.rotation = Quaternion.Lerp(rigid.transform.rotation, Quaternion.LookRotation(dRotation.normalized, Vector3.up), Time.deltaTime * angleRotationSpeed);
156     }
157
158     if (isMovingForward)
159     {
160         DoSpeedLimit(forwardSpeedMaxLimit, forwardSpeedMinLimit, isForwardButtonPressed);
161         Vector3 dMoveForward = ((forward * moveSpeed + right * direction.x * moveSpeed));
162         rigid.MovePosition(rigid.position + (dMoveForward));
163     }
164
165     else if (isMovingBack)
166     {
167         DoSpeedLimit(backSpeedMaxLimit, backSpeedMinLimit, isBackButtonPressed);
168         Vector3 dMoveForward = ((forward * moveSpeed + right * direction.x * moveSpeed));
169         rigid.MovePosition(rigid.position + (-dMoveForward));
170     }
171 }
172
173

```

Рис. 4. Скрипт управления движением

Интерфейс симулятора представлен в виде приложения для мобильного устройства, который содержит все необходимые элементы управления и отображения информации. Пользователь может управлять техникой с помощью наклонов и кнопок на мобильном устройстве, а также получать информацию о состоянии техники и прогрессе выполнения задач.

Разработка симулятора управления МГСУ-техникой с помощью мобильного устройства является инновационным и перспективным подходом к обучению и повышению эффективности в промышленности и транспортировке. Благодаря использованию современных технологий, данный симулятор позволяет создать максимально реалистичную виртуальную среду для обучения персонала и улучшения процесса управления снегоуборочной техникой. Это открывает новые возможности для повышения производительности и безопасности работы в данной сфере применения.

#### *Литература*

1 А. А. Кулагин, О. А. Гулаков, "Разработка симулятора управления техникой с помощью мобильного устройства", «Наука и образование», № 6 (26), 2016 г.

2 А. А. Шамсутдинов, "Создание виртуального симулятора управления мобильной техникой на базе Unity3D", «Наука и молодежь», № 1 (7), 2019 г.

3 С. А. Кулагина, "Опыт создания симулятора управления специальной техникой на базе мобильного устройства", «Транспорт и автомобильное хозяйство», № 3 (15), 2020 г.

УДК 004

## **МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ**

Ковзан Я.В.

Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

Теория вероятностей — это раздел математики, который занимается анализом случайных событий. Сегодня она является базовым предметом при подготовке специалистов любого профиля. Освоение студентами курса теории вероятностей имеет ряд особенностей. Во-первых, объем знаний по вероятностным разделам, необходимый для изучения, достаточно велик, в то время как объем часов по этим разделам математики, предусмотренный учебным планом вуза, ограничен. Во-

вторых, существует ряд трудностей, с которыми сталкиваются студенты при изучении теории вероятностей. Теория вероятностей основана на сложных математических концепциях, которые могут быть трудными для понимания, её концепции могут быть абстрактными и не иметь простых интуитивных представлений. Для полного понимания теории вероятностей необходимо также понимать основы статистики. В связи с этим перед преподавателем возникает довольно сложная задача адаптации обучающихся к изучению своего предмета.

Наиболее распространенными методами обучения являются: лекции, практические занятия, домашние задания, проекты и интерактивные методы. Использование мобильного приложения в курсе теории вероятностей может быть полезным дополнением к основным методам обучения. Оно способно предоставить студентам дополнительные возможности для изучения теории вероятностей. Разница между обычным обучением и обучением с использованием мобильного приложения представлена на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, обучение с использованием мобильного приложения имеет множество преимуществ по сравнению с обычным обучением. Мобильное приложение обладает более высокой интерактивностью, доступностью, гибкостью и самостоятельностью, что позволяет студентам учиться в любое время и в любом месте, в соответствии с их индивидуальными потребностями и темпом обучения. Приложение также предоставляет больше практических заданий и тестов, может отслеживать прогресс студентов и мотивировать их, что поможет студентам лучше понимать тему и закреплять свои знания. Приложение также может демонстрировать практическое применение теории и имеет многопользовательскую функциональность. Однако обычное обучение имеет преимущество в социальной интеракции, которая может быть ограничена в обучении с использованием мобильного приложения.

Характеристики	Обычное обучение	Обучение с использованием мобильного приложения
Интерактивность	Ограничена	Высокая
Доступность	Ограничена	Высокая
Гибкость	Низкая	Высокая
Самостоятельность	Низкая	Высокая
Практические задания	Ограничены	Высокие
Отслеживание прогресса	Ограничено	Высокое
Мотивация	Низкая	Высокая

Практическое применение	Ограничено	Высокое
Социальность	Высокая	Ограничена

Рис. 1. Разница между обычным обучением и обучением с использованием мобильного приложения

Главная проблема изучения теории вероятностей в том, что события менее наглядны, чем фигуры, числа или выражения, а вероятность, шанс не так интуитивны, как длина, площадь или объем. Событие и его шансы – особые типы мыслительных объектов, формализация которых в математические происходит значительно сложнее, чем формализация рисунка (в геометрии) или количества (в арифметике или алгебре). Для отображения влияния вероятности на действительность в мобильном приложении лучше использовать интерактивные элементы и визуализацию, для реализации которых целесообразно использовать игровой движок.

Поэтому для разработки приложения выбрана среда Unity. В настоящее время это самый популярный игровой движок на платформе Android, который конечно не ограничивается только играми. Он во многих ситуациях ускоряет и упрощает разработку приложений для Android, использует особенно интуитивно понятный и быстрый пользовательский интерфейс. Unity - это кроссплатформенный инструмент, что означает, что на нем можно создавать приложения для Android, iOS и Windows с очень небольшим количеством необходимых изменений. Это является существенным преимуществом для охвата более широкой аудитории. Также в Unity есть ряд графических функций, которые особенно полезны для разработки неигровых приложений с использованием 3D-элементов.

Существует множество игровых элементов, которые могут быть использованы в приложении для изучения теории вероятности. Так, для демонстрации практического применения теории вероятности могут использоваться игры. Тесты могут содержать практические задания, которые помогут студентам закрепить свои знания о концепциях теории вероятности. Прогресс-бары могут быть использованы для отслеживания прогресса студентов и мотивации их достигать лучших результатов.

Пример использования 3D-элемента для демонстрации сходимости вероятностей к их теоретическим значениям при увеличении числа изображен на рисунке 2.

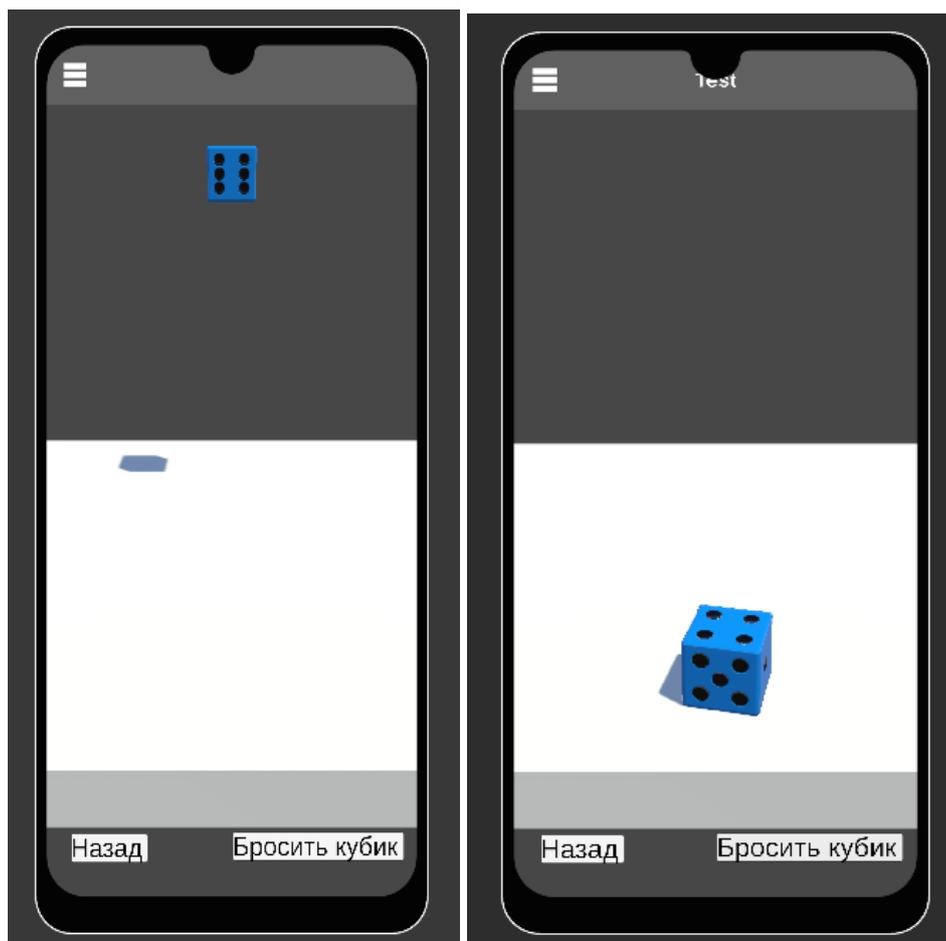


Рис. 2. Симуляция игры с костями

### *Литература*

1 Титова С. В. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Икар, 2014.

2 Федосеев А. А., Тимофеев А. В. Мобильные технологии в образовании // Материалы XII Всероссийской науч.-метод. конф. «Телематика 2005». СПб.

3 Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: электронный учебно-методический комплекс/Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Высшая математика N1". сост. О. Р. Габасова [и др.]. – Минск: БНТУ, 2013.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРЬЕРА ГЛАВНОГО КОРПУСА БНТУ

Кургей В.Ю.

Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

Для помощи абитуриентам, подающим документы в Белорусский национальный технический университет (БНТУ), разрабатывается мобильное приложение, в котором пользователь сможет виртуально посетить главный корпус БНТУ, в котором в период приемной комиссии осуществляется прием документов. Также с помощью данного приложения абитуриент сможет выполнить построение маршрута передвижения к нужному кабинету, находясь в корпусе.

Разработка приложения началась с построения модели главного корпуса БНТУ, так как непосредственно в нем абитуриент проводит большую часть времени до момента подачи документов в нужный факультет.

Перед началом построения трехмерной модели главного корпуса БНТУ был произведен поиск чертежей главного корпуса для более точного воспроизведения размеров, но, к сожалению, чертежи не были найдены в интернете. В качестве альтернативы были использованы фотографии интерьера главного корпуса каждого этажа, сделанные при помощи камеры мобильного телефона, в общем количестве более двухсот штук. Размеры внутренних помещений определялись на основании данных с планов эвакуаций каждого этажа (рисунок 1).

Для создания модели интерьера главного корпуса была использована программа Blender 3d. Blender 3d – это бесплатная программа трехмерного моделирования с открытым исходным кодом, имеет большое количество пользователей и обучающего материала в интернете.

Так как главный корпус достаточно большой, то при моделировании каждый его этаж был разделен на условные части: вестибюль, левое крыло, правое крыло, центральная лестница.

Моделирование было решено начинать с вестибюля, так как он является центральной частью главного корпуса. Выставив план эвакуации в рабочее пространство Blender 3d, был создан примитивный куб, после размещен в центре вестибюля и затем при помощи режима редактирования были изменены его размеры за счет выделения граней куба и перемещения вдоль оси при помощи инструмента «Move» (горячая клавиша G). В режиме редактирования объекта была удалена верхняя грань, которая закрывала внутреннюю часть объекта, а также сделан вырез для будущих дверей в вестибюль (рисунок 2).



Далее была выполнена трудоемкая работа по соотносению реальных размеров, полученных на основании фотографий. В качестве объекта, который представлял собой размеры человека, был выбран вертикальный цилиндр. После создания всех частей интерьера главного корпуса была получена модель (рисунок 3).



Рис. 3. Разработанная модель интерьера главного корпуса БНТУ

Проектирование выполнялось на языке C# с использованием Unity. Моделирование объектов интерьера БНТУ выполнялось в программе Blender 3d.

#### *Литература*

1 Blender | Свободное программное обеспечение для создания трехмерных моделей [Электронный ресурс]- Режим доступа: <https://www.blender.org/>, свободный. – Загл. с экрана. Дата доступа: 04.05.2023.

2 Unity | Игровой движок, платформа разработки в реальном времени [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://unity.com/ru>, свободный. – Загл. с экрана. Дата доступа: 04.05.2023.

## **ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ**

Лазько В. О.

Научный руководитель – Ковалева И. Л., к.т.н., доцент

Одним из способов повышения эффективности в сельском хозяйстве является использование беспилотной сельскохозяйственной техники. Такие машины способны обрабатывать поля с точностью до сантиметра и могут делать это многие часы без остановки. Однако использование беспилотных комбайнов затруднено из-за их значительной стоимости и наличия сложного рельефа сельхозугодий. Поэтому разработка системы обнаружения препятствий, используемой для детектирования объектов на пути движения комбайна и предупреждения о них комбайнера, является актуальной задачей [1].

Существует, как минимум, два класса алгоритмов для решения данной задачи: нейросетевые алгоритмы и алгоритмы на основе методов классического компьютерного зрения. В данной работе используется нейросетевой алгоритм обнаружения препятствий с изображения камеры. Для решения поставленной задачи была выбрана нейронная сеть FCOS (Fully Convolutional One-Stage Object Detection). Эта нейросеть предназначена для детектирования объектов, является одной из первых безъякорных, что обеспечивает ее большую точность в связи с меньшим количеством глобальных параметров модели, имеет высокую скорость обучения и выполнения и открытый исходный код.

Любые нейронные сети разрабатываются универсальными, предназначенными для решения различных задач и обработки разных изображений. Для адаптации нейросети под определенную задачу требуется обучить сеть для работы на определенных классах объектов.

Обучение — это процесс тренировки нейронной сети для выполнения определенной задачи. Нейронные сети обучаются путем первичной обработки нескольких больших наборов размеченных или неразмеченных данных. На основе этих примеров сети могут более точно обрабатывать неизвестные входные данные. Для обучения нейронной сети составляется обучающая выборка – набор пар входных и выходных данных, на которых сеть изучаются необходимые свойства данных.

Для адаптации нейронной сети FCOS под поставленную задачу требуется обучающая выборка из предварительно размеченных вручную изображений, содержащих объекты препятствий, встречающихся комбайну, таких как люди, птицы, сельхозтехника, столбы линий

электропередач. В процессе подготовки обучающей выборки было проанализировано 1500 видеорядов, из которых для разметки было отобрано 1750 изображений с различными объектами препятствий на них.

Отобранные изображения размечены с использованием онлайн-ресурса CVAT (Computer Vision Annotation Tool) в соответствии со следующими классами препятствий: люди, птицы, транспорт, вытянутые объекты (столбы линий электропередач, деревья), округлые небольшие объекты (снопы, камни и т.п.). Для выделения объект обводится в прямоугольник. На рисунке 1 показан пример размеченного изображения, содержащий три объекта препятствий: машину и двух людей.



Рис. 1. Пример размеченного изображения

В ходе данной работы вручную было размечено 1750 изображений с различными классами препятствий. По завершению разметки был сформирован итоговый .json-файл, который содержит информацию о классах объектов и координатах описывающих их прямоугольников. На рисунке 2 приведено изображение, соответствующее информации, записанной в итоговом файле. Из рисунка 2 видно, что к препятствию класса человек, размеченного на рисунке прямоугольником, относятся две структуры: первая - название класса и его порядковый номер, вторая – порядковый номер прямоугольника, номер картинки, номер класса, площадь прямоугольника, координаты левого верхнего угла прямоугольника, его длина, ширина и угол поворота. К картинке относится отдельная структура, содержащая порядковый номер картинки, ее название и размеры.

Для увеличения размера обучающей выборки была написана функция отражения всех размеченных изображений и координат описывающих их

прямоугольников по горизонтали. За счет этого размер обучающей выборки увеличился и составил 3500 изображений.

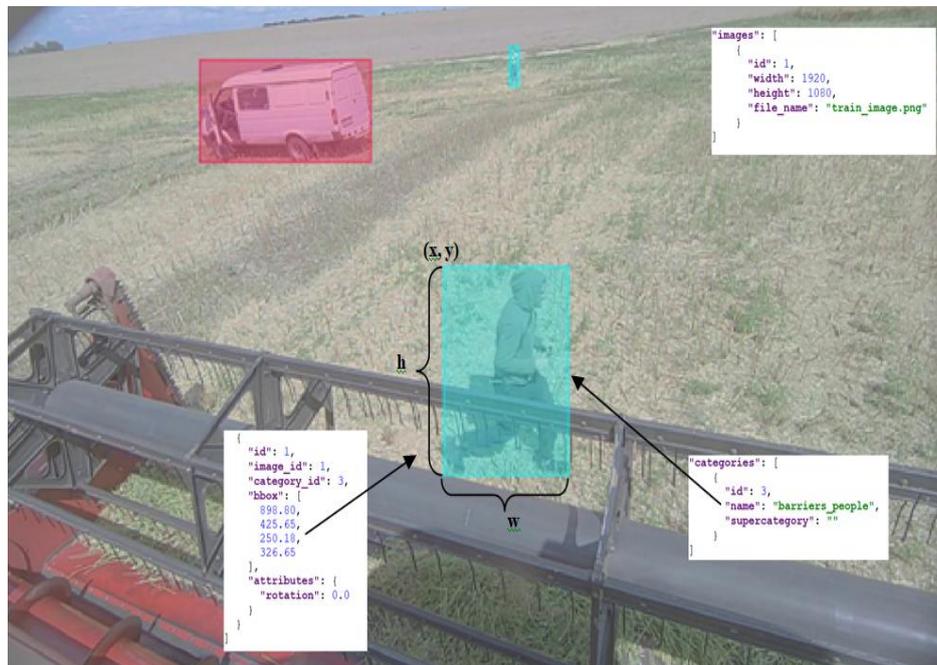


Рис. 2. Размеченное изображение

Для адаптации нейронной сети FCOS под задачу распознавания препятствий в конфигурационных файлах нейронной сети были настроены параметры, описанные ниже.

BASE\_LR: 0.0001 – скорость обучения, которая определяет, как быстро будут обновляться значения весов в процессе обучения.

IMS\_PER\_BATCH: 8 – так как весь тренировочный набор данных разделяется на партии, можно регулировать размер партии в зависимости от размеров данных и доступной памяти.

\_C.INPUT.TO\_BGR255 = True – параметр, означающий, что исходное изображение должно передаваться в формате BGR, со значениями цветности пикселей от 0 по 255.

\_C.MODEL.FCOS.NUM\_CLASSES = 6 – число классов, включающих фон.

\_C.MODEL.FCOS.FPN\_STRIDES = [16, 32, 64, 128] – коэффициенты масштабирования объектов на разных уровнях функциональной пирамидной сети.

При обучении нейронной сети было проведено 30100 итераций на 3500 картинках, обученная модель экспортирована в формат onnx.

### *Литература*

1. Беспилотные автомобили в 2022 году [Электронный ресурс]. URL:

<https://nangs.org/news/technologies/bespilotnye-avtomobili-v-2020-godu-kak-daleko-prodvinulisy-tehnologii> (Дата обращения: 22.04.2023).

УДК 004

## **РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ПОДБОРУ ИТ-ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВАНИИ НЕЧЕТКИХ БИНАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

Навоева А.С.

Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

В настоящее время на рынке ИТ-сферы есть много кандидатов, которые находятся в поиске профессиональных возможностей, и не всегда каждый специалист может пройти собеседование на интересующую его позицию, в связи с чем он готов попробовать свои силы в новом направлении.

Использование нечетких бинарных отношений позволило разработать подход, дающий возможность оценить перспективность каждого кандидата с точки зрения его соответствия различным позициям. Данный подход заключается в следующем: кандидату предлагается пройти тест, который позволяет тестировать кандидата по всем открытым позициям одновременно. Исходя из анализа результатов теста в автоматическом режиме с помощью нечетких бинарных отношений можно будет выявить наиболее подходящего кандидата на данную открытую позицию, а также сформировать базу кандидатов, которые могут подойти на другие открытые позиции по другим направлениям. Рассмотрим предлагаемый подход на примере. Для определения соответствия кандидатов вакансиям воспользуемся композицией исходных нечетких отношений (max-min), которая показывают в какой степени кандидат соответствует вакансии. Для этого построим нечеткую модель, основанную на двух бинарных нечетких отношениях  $\tilde{S}$  и  $\tilde{T}$ . Первое из данных нечетких отношений строится на двух базисных множествах  $X$  и  $Y$ , а второе на двух базисных множествах  $Y$  и  $Z$ , где  $X$  – описывает множество позиций в данной компании,  $Y$  – множество навыков, а  $Z$  – множество кандидатов на прием. В данном контексте нечеткое отношение  $\tilde{S}$  содержательно описывает профилирование специальностей, а  $\tilde{T}$  – профилирование кандидатов на вакансию.

Для конкретности пусть множества имеет следующий вид:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}, \quad (1.1)$$

где  $x_1$  – «Front-end разработчик»;  $x_2$  – «Back-end разработчик»;  $x_3$  – «Full-stack разработчик»;  $x_4$  – «QA»;  $x_5$  – «Delivery manager».

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}\}, \quad (1.2)$$

где  $y_1$  – уровень владения технологией «ReactJS»;  $y_2$  – уровень владения технологией «CoreJS»;  $y_3$  – уровень владения технологией «Redux»;  $y_4$  – уровень понимание принципов архитектуры – «Architecture»;  $y_5$  – уровень понимание принципов «REST»;  $y_6$  – уровень владения технологией «SQL»;  $y_7$  – уровень владение навыком «API»;  $y_8$  – уровень владения технологией «Dev tools»;  $y_9$  – уровень владение навыком управления – «Management»;  $y_{10}$  – уровень владения навыком решения проблем – «Real task solving».

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, z_4, z_5\}, \quad (1.3)$$

где  $z_i$  – фамилия кандидата. Например:  $z_1$  – «Петров»;  $z_2$  – «Якушкин»;  $z_3$  – «Иванова»;  $z_4$  – «Сидоров»;  $z_5$  – «Григорьева».

Конкретные значения функций принадлежности (1.4 и 1.5) рассматриваемых нечетких отношений представлены в таблицах 1.1 и 1.2.

$$\mu_S = (\langle x_i, y_j \rangle); \quad (1.4)$$

$$\mu_T = (\langle y_j, z_k \rangle). \quad (1.5)$$

Таблица 1.1 – Нечеткое отношение  $\tilde{S}$  профилирования вакансий

	ReactJs	CoreJs	Redux	Architecture	REST	SQL	API	Dev tools	Management	Real task solving
Front-end разработчик	0.8	1	0.7	0.7	0.5	0.2	0.5	0.8	0.3	0.4
Back-end разработчик	0.2	0.3	0.1	1	0.9	0.9	0.9	0.5	0.3	0.4
Full-stack разработ	0.7	0.8	0.5	1	0.9	0.8	0.9	0.8	0.3	0.4

чик										
QA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.7	0.9	0.9	0.2	0.4
Delivery manager	0.1	0.1	0.1	0.8	0.1	0.3	0.1	0.1	0.9	1

Таблица 1.2 – Нечеткое отношение  $\tilde{T}$  профилирования кандидатов

	Петров	Якушкин	Иванов	Сидоров	Григорьева
ReactJs	0,5	0,8	0,8	0,1	0,3
CoreJs	0,4	0,9	0,8	0,1	0,4
Redux	0,2	0,8	0,6	0,1	0,2
Architecture	0,8	0,5	1	0,7	0,3
REST	0,8	0,3	0,9	0,2	0,5
SQL	0,7	0,3	0,9	0,2	0,6
API	0,6	0,4	0,9	0,2	0,7
Dev tools	1	1	0,8	0,2	0,9
Management	0,4	0,2	0,5	0,8	0,5
Real task solving	0,4	0,2	0,4	0,9	0,6

Так как рассматриваемые нечеткие отношения удовлетворяют требованиям, необходимым для выполнения их нечеткой композиции, то результат операции нечеткой композиции (max-min) может быть представлен в виде матрицы:

$$M_{S \otimes T} = \begin{bmatrix} 0,8 & 0,9 & 0,8 & 0,7 & 0,8 \\ 0,8 & 0,5 & 1 & 0,7 & 0,7 \\ 0,8 & 0,8 & 1 & 0,7 & 0,8 \\ 0,9 & 0,9 & 0,9 & 0,4 & 0,9 \\ 0,8 & 0,5 & 0,8 & 0,9 & 0,6 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} (1. \\ 6) \end{matrix}$$

Для наглядности приведем данную матрицу к табличной форме, как показано в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Нечеткая композиция двух исходных отношений (max-min)

	Петров	Якушкин	Иванова	Сидоров	Григорьева
Front-end разработчик	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8

Back-end разработчик	0,8	0,5	1	0,7	0,7
Full-stack разработчик	0,8	0,8	1	0,7	0,8
QA	0,9	0,9	0,9	0,4	0,9
Delivery manager	0,8	0,5	0,8	0,9	0,6

Проанализировав таблицу 1.3, можно сделать вывод, что кандидаты могут быть рассмотрены на следующие позиции: Front-end разработчик – Якушкин; Back-end разработчик – Иванова; Full-stack разработчик – Иванова; QA – Петров, Иванова; Delivery manager - Сидоров.

#### *Литература*

1. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 736 с.
2. Гусева А.И., Тихомирова А.Н. Дискретная математика для информатиков и экономистов. – Москва, 2010. – 280 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНТЕРЬЕРА УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ

Сударев Д.А.

Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

Соответствие учебных помещений санитарным правилам и нормам оказывает большое влияние на эффективность академической деятельности. Так, например, недостаточное освещение может привести к ухудшению зрения, а также вызвать головные боли и усталость глаз. Недостаток света также может повлиять на работоспособность, снизить концентрацию внимания и вызвать раздражительность. С другой стороны, слишком яркое освещение также может оказать негативное воздействие на глаза и привести к различным заболеваниям. Слишком низкая температура приводит к снижению производительности и заболеваниям, слишком высокая - к пониженной концентрации и так далее.

Так как определение соответствия учебных помещений санитарным нормам начинается ещё на стадии планировки, было предложено создать инструмент, облегчающий и автоматизирующий этот процесс. Для этого была разработана компьютерная программа, которая позволила планировать интерьер учебных помещений, автоматически генерировать части плана помещения, руководствуясь санитарными нормами, и проверять конечный результат планирования на соответствие нормам.

Чтобы сделать процесс проектирования более удобным и интуитивно понятным приложение должно было иметь 3D графику. Для этих целей прекрасно подошел игровой движок Unity, преимуществами которого являются кроссплатформенность, высокая производительность, простота разработки и тестирования. Программная часть была разработана на языке C# в среде разработки Visual Studio.

Приложение позволяет выделять предметы интерьера нажатием клавиши мыши. После этого пользователю предлагается переместить или повернуть предмет перетаскиванием мыши. Затем пользователь может применить либо отменить изменения. Разработанный интерфейс для перемещения предметов интерьера приведен на рисунке 1.

В приложении реализована автоматическая расстановка естественных источников света. Алгоритмы расстановки разработаны с учетом соответствующих санитарных правил на основании длины, ширины и высоты помещения и необходимой освещённости, указанной в санитарных нормах.

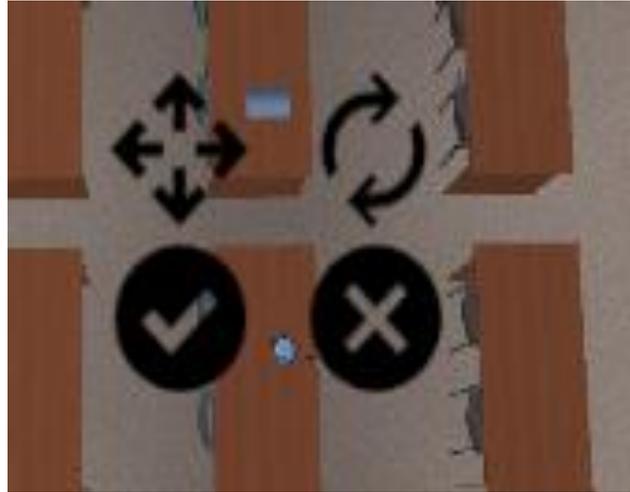


Рис. 1. Интерфейс для перемещения предметов

Результат расстановки источников света приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Результат расстановки источников света

При расстановке ученической мебели также необходимо учитывать санитарные требования, так как мебель должна быть размещена таким образом, чтобы пользователи могли безопасно перемещаться внутри помещения, не нарушая санитарных норм. Также необходимо учитывать возможность легкой уборки и дезинфекции помещения, что безусловно является важным аспектом для обеспечения здоровья и комфорта

пользователей помещения. Поэтому в приложение реализована возможность автоматической расстановки учебных мест. Данный алгоритм учитывает площадь аудитории и требования по соблюдению необходимых интервалов между посадочными местами. Также предусмотрена возможность проверки на соответствие санитарным требованиям варианта расстановки учебной мебели, сделанной пользователем вручную. Результат расстановки представлен на рисунке 3.

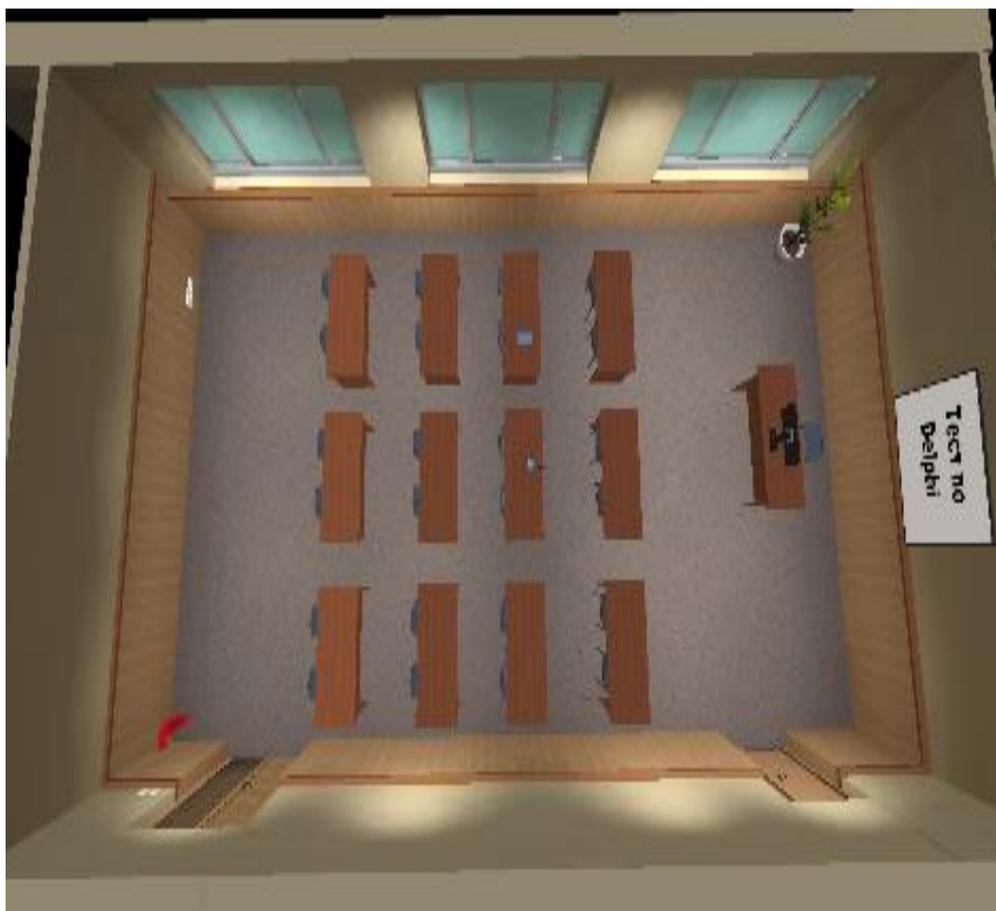


Рис. 3. Результат расстановки учебной мебели

Разработанное приложение облегчает планировку учебных помещений, позволяет быстро и легко вносить изменения в расположение мебели в аудитории и предотвращает основные нарушения санитарных норм, которые возникают ещё на стадии планировки помещения.

#### *Литература*

1 Unity | Игровой движок, платформа разработки в реальном времени [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://unity.com/ru>, свободный. – Загл. с экрана. Дата доступа: 04.05.2023.

2 База нормативно правовых актов министерства здравоохранения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://minzdrav.gov.by/ru/dlya-spetsialistov/normativno-pravovaya-baza/baza-npa.php>, свободный. – Загл. с экрана. Дата доступа: 04.05.2023.

УДК 004

## **МОБИЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЁР ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ»**

Шидловская О.Ю.

Научный руководитель – Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

Несмотря на широкое использование мобильных образовательных приложений, их все еще мало предлагается для изучения специальных дисциплин в вузах. Одной из причин этого является большое разнообразие таких дисциплин, отличающихся содержанием и методиками преподавания. Тем не менее, согласно требованиям Министерства образования РБ, в учебной программе любой дисциплины предусмотрены три основных раздела, на основании которых может быть разработана структура мобильного приложения для изучения любой дисциплины. Это теоретический раздел, практический раздел и раздел проверки знаний.

В соответствии с этими требованиями и особенностями дисциплины была спроектирована логическая модель мобильного тренажера по дисциплине “Методы и алгоритмы обработки изображений” (рисунок 1).

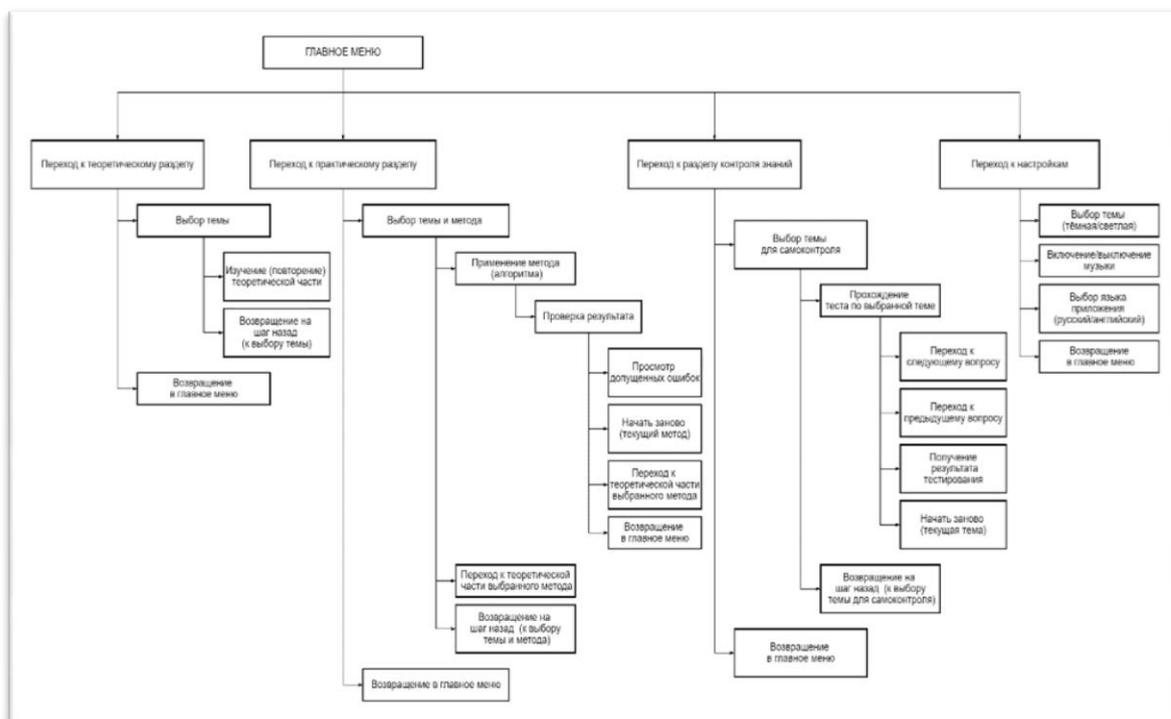


Рис. 1. Логическая модель мобильного тренажёра по дисциплине “Методы и алгоритмы обработки изображений”

На данной модели можно увидеть, что главное меню состоит из четырёх разделов. Три из них являются основными: теоретический раздел, практический раздел и раздел контроля знаний. Дополнительный раздел – настройки приложения.

В цифровой обработке изображений принято считать, что изображение представляется матрицей чисел, где значение каждого элемента отвечает определенному уровню квантования его энергетической характеристики или яркости. Это так называемая пиксельная система координат. Пиксель - наименьший логический элемент двумерного цифрового изображения.

В практической части мобильного тренажёра “Методы и алгоритмы обработки изображений” пользователю необходимо взаимодействовать с пиксельными матрицами, которые являются графическими элементами. Поэтому для разработки приложения была выбрана интегрированная среда разработки Unity, которая также является игровым движком и в которой используется язык программирования C#. Unity является кроссплатформенным инструментом и не ограничивается только играми. Он во многих ситуациях упрощает разработку, имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс. Unity отлично подходит для разработки мобильного приложения с графическими деталями.

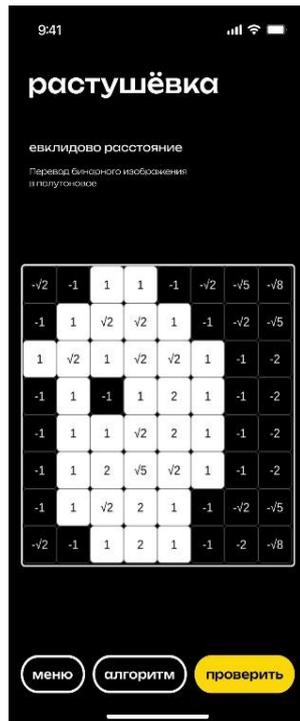
Содержание теоретического раздела тренажёра было разработано в соответствии с учебной программой дисциплины.

Практический раздел разделён на темы, в каждой из которых описаны несколько методов решения задачи. Применение метода подразумевает реализацию конкретного алгоритма, который описан и разобран в теоретической части тренажёра. Пользователю предлагается изучить работу алгоритма и проверить свои знания, выполнив практическое задание на конкретном изображении (пиксельной матрице) размером 8x8, которое генерируется случайным образом. Также из практического раздела у пользователя есть возможность обратиться к теоретической части текущего метода. Завершив работу с изображением, можно проверить правильность применения алгоритма, нажав на соответствующую кнопку. В результате нажатия, пользователь увидит результат и сообщение о допущенных ошибках (если такие имеются), а также пояснение к ним.

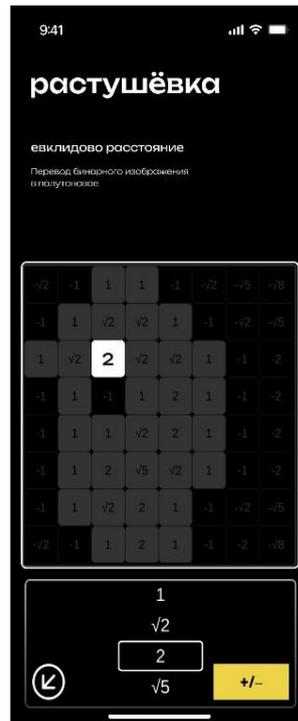
Раздел контроля знаний состоит из списка тем, по которым можно пройти тестирование и увидеть свой результат.

На рисунке 2 представлено задание из практического раздела: перевод бинарного изображения в полутоновое (растушевка изображения) методом расстояний на примере евклидова расстояния. Так же на рисунке 2 можно увидеть результаты проверки и комментарии к допущенным ошибкам.

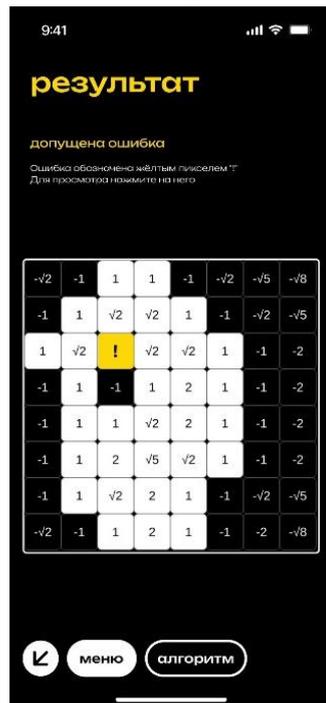
Разработанный тренажер позволяет повысить эффективность усвоения теоретического и практического материала по дисциплине “Методы и алгоритмы обработки изображений”.



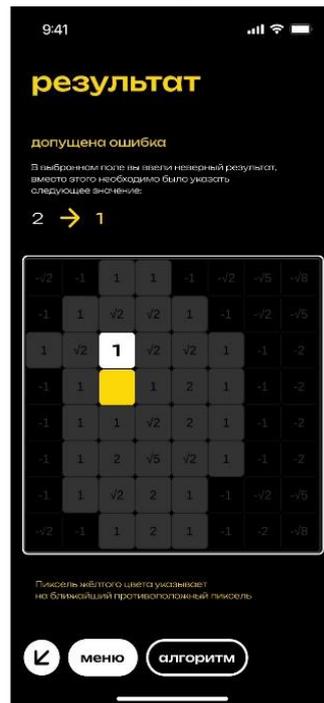
а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Задание из практического раздела: растушёвка методом расстояний на примере евклидова расстояния; а) – значения расстояний для исходного изображения, заполненные пользователем; б) – пример выбора значения для конкретного пикселя; в) – результат нажатия на кнопку «проверить» с указанием ошибок; г) – пояснение к допущенной ошибке.

## ВЫБОР АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЫХ ОБЛАСТЕЙ ВНУТРИ МОНОЛИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Маканов Д.В.

Научные руководители – Полозков Ю.В., к.т.н., доцент,  
Ковалева И.Л., к.т.н., доцент

Одним из путей решения задачи снижения материалоемкости монолитной детали может являться ее топологическая оптимизация, в ходе которой в детали формируются полые внутренние области. Эти области располагаются в наименее нагруженных местах в теле детали, выявленных в результате конечно-элементного анализа, например, с помощью *SolidWorks Simulation* [1]. Пример монолитной детали приведен на рисунке 1. На рисунке 2 показано множество точек, соответствующих наименее нагруженным узлам конечно-элементной сетки.

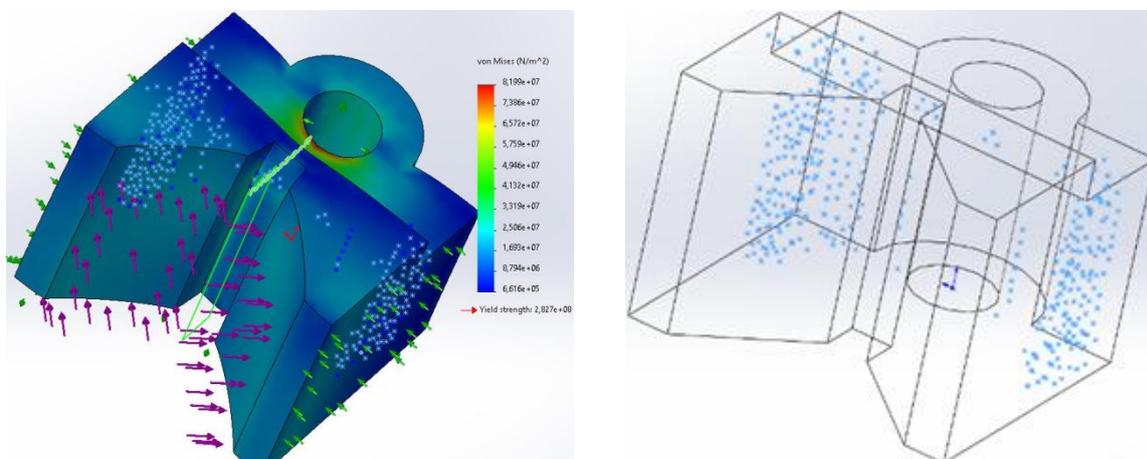


Рис. 1. Пример монолитной детали с облаком точек

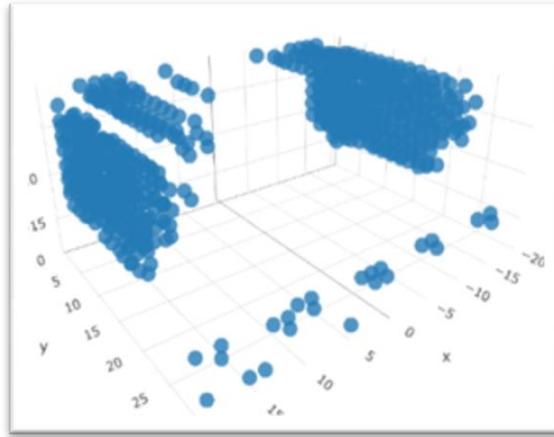


Рис. 2. Множество малонагруженных узлов

С технологической точки зрения найденное множество точек должно быть разделено на подмножества, которые послужат основой для дальнейшего формирования внутренних областей в монолитной детали. Этот процесс можно трактовать как задачу кластеризации [2].

Рассмотрим наиболее популярные алгоритмы кластеризации DBSCAN и Ланса-Уильямса.

Суть алгоритма Ланса-Уильямса состоит в следующем. Сначала задается число кластеров. Изначально количество кластеров равняется количеству объектов для кластеризации. Далее выполняется поиск расстояний между всеми парами объектов и выбирается пара объектов, у которой расстояние между объектами наименьшее среди всех возможных пар. Такая пара объединяется в кластер, находится центр кластера, причем центр этого кластера в дальнейшем рассматривается как равнозначный объект по отношению к остальным объектам выборки данных. Затем происходит дальнейший поиск расстояния между всеми парами объектов и объединение в кластеры по принципу, описанному выше. В конечном итоге останется объектов-кластеров ровно столько, сколько было задано изначально.

Алгоритм пространственной кластеризации на основе плотности для приложений с шумом (DBSCAN) предназначен для выявления кластеров в наборе данных путем выявления областей с высокой плотностью и их отделения от областей с низкой плотностью [4]. Такой подход позволяет DBSCAN находить кластеры любой формы. Центральным понятием в DBSCAN является идея «основного образца», который относится к образцу, расположенному в области с высокой плотностью. Затем кластер определяется как группа основных образцов, которые находятся близко друг к другу (измеряется некоторым показателем расстояния). Алгоритм имеет два основных параметра  $eps$  (максимальное расстояние между точками в кластере) и  $min\_samples$  (минимальное число точек в кластере).

Для тестирования алгоритмов было разработано приложение на языке программирования *Python* с использованием библиотеки визуализации данных *matplotlib* и библиотеки *sklearn* для применения алгоритма *DBSCAN*. В качестве тестовых данных для алгоритмов подавался *csv*-файл, содержащий координаты точек, изображенных синим цветом на тестируемой детали (рисунок 1).

Результаты работы алгоритма Ланса-Уильямса представлены на рисунке 3. Результаты работы алгоритма *DBSCAN* при параметрах  $eps = 2$  и  $min\_samples = 4$  показаны на рисунке 4.

Анализ результатов кластеризации с помощью данных алгоритмов показывает, что алгоритм *DBSCAN* с параметрами  $eps = 2$  и  $min\_samples = 4$  лучше справляется с задачей разбиения облака точек на более компактные и простые по форме области, чем алгоритм Ланса-Уильямса.

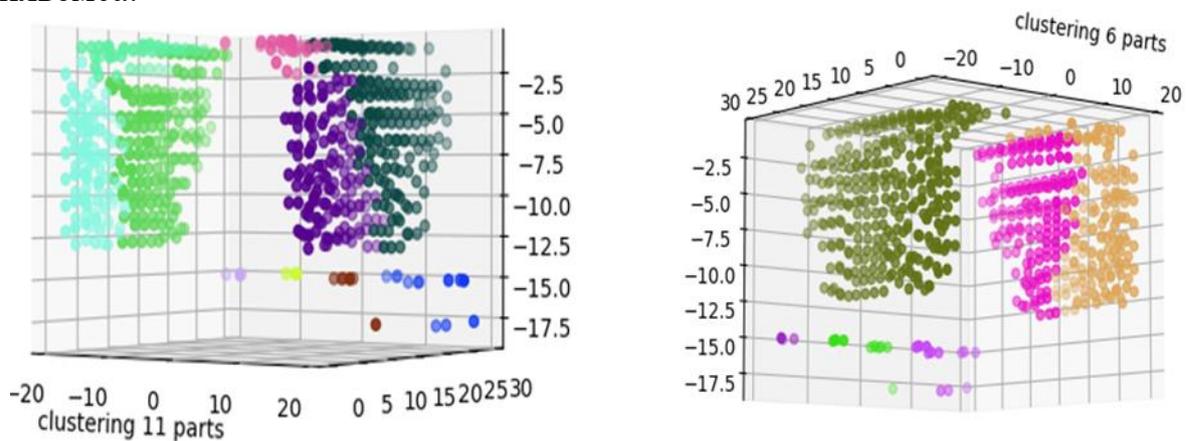


Рис. 3. Графики кластеризации точек методом Ланса-Уильямса

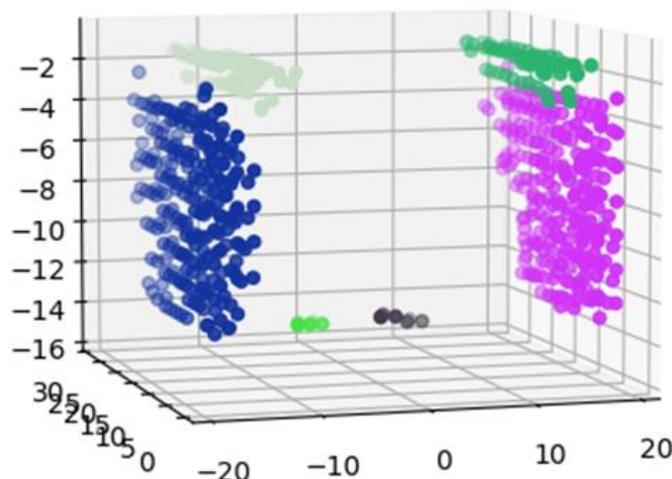


Рис. 4. График кластеризации точек алгоритмом *DBSCAN*

*Литература*

1. Напрасников, В.В. Особенности использования оптимизационных алгоритмов ANSYS WB при проектировании легковесных деталей / В.В. Напрасников, Полозков Ю.В., Д.П. Кункевич, А.Н. Соловьев. // Математические методы в технике и технологиях.– 2021.– № 12.– С. 57 – 61.

2. Ковалева И. Л. и др. Топологическая оптимизация конструктивной геометрии легковесных деталей // Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – №. 3. – С. 50 – 55.

3. SOLIDWORKS API [Электронный ресурс] / Справка – Режим доступа : <https://help.solidworks.com/2023/English/api/sldworksapiproguide/Welcome.htm/> – Дата обращения : 20.04.2023.

Описание алгоритма DBSCAN [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://medium.com/codex/understanding-dbscan-clustering-hands-on-with-scikit-learn-a95cb27f0408> – Дата обращения : 20.04.2023. УДК 621.391.25

УДК 621.391.25

## **КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ КРОНШТЕЙНА ПРИЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА В ANSYS НА ОСНОВЕ СКРИПТА**

Гойлик Д. В.

Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – рассчитать напряжённо-деформированное состояние кронштейна. Конструкция проектируется в соответствии с требованиями к кронштейну прицепного устройства.

Геометрическая модель, представленная на рисунке 1, создается в среде Space Claim и в дальнейшем передается в Ansys WB.

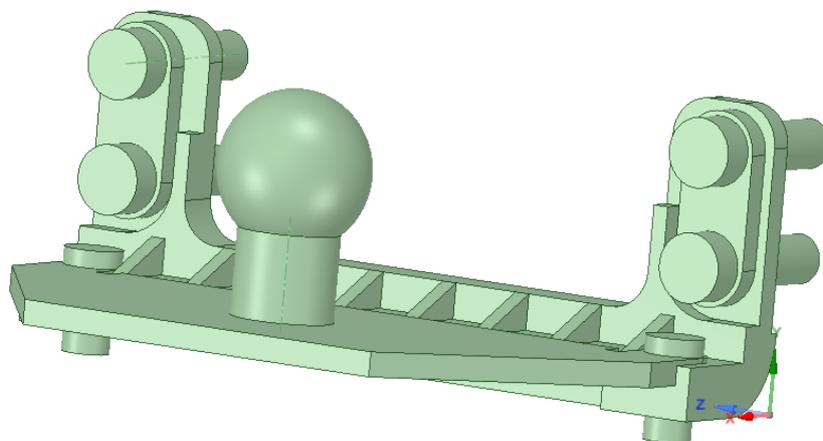


Рис. 1 – Геометрическая модель

Например, создание ребер жесткости может быть описано с помощью скрипта, представленного на рисунке 2.

```
# Set Sketch Plane
sectionPlane = Plane.Create(Frame.Create(Point.Create(MM(baseX-hrCut), MM(baseY+middleY), MM(2*offsXC-offsX)),
|   Direction.DirX,
|   Direction.DirY))
result = ViewHelper.SetSketchPlane(sectionPlane, None)
# EndBlock

# Sketch Line
start = Point2D.Create(MM(0), MM(0))
end = Point2D.Create(MM(-(baseX-ledgeX-middleX-topX-hrCut)), MM(0))
result = SketchLine.Create(start, end)
# EndBlock

# Sketch Line
start = Point2D.Create(MM(-(baseX-ledgeX-middleX-topX-hrCut)), MM(0))
end = Point2D.Create(MM(0), MM(-middleY))
result = SketchLine.Create(start, end)
# EndBlock

# Sketch Line
start = Point2D.Create(MM(0), MM(-middleY))
end = Point2D.Create(MM(0), MM(0))
result = SketchLine.Create(start, end)
# EndBlock

# Solidify Sketch
mode = InteractionMode.Solid
result = ViewHelper.SetViewMode(mode, None)
# EndBlock

# Extrude 1 Face
selection = Selection.Create(GetRootPart().Components[0].Content.Bodies[0].Faces[47])
options = ExtrudeFaceOptions()
options.ExtrudeType = ExtrudeType.Cut
result = ExtrudeFaces.Execute(selection, MM(-depth), options, None)
# EndBlock

# Create Pattern
selection = Selection.Create([GetRootPart().Components[0].Content.Bodies[0].Faces[45],
|   GetRootPart().Components[0].Content.Bodies[0].Faces[44],
|   GetRootPart().Components[0].Content.Bodies[0].Faces[43]])
data = LinearPatternData()
data.LinearDirection = Selection.Create(GetRootPart().Components[0].Content.Bodies[0].Edges[112])
data.CountX = count
data.PitchX = MM((width-4*offsXC+offsX)/(count-1))
result = Pattern.CreateLinear(selection, data, None)
# EndBlock
```

Рис. 2 – Фрагмент кода для построения ребер жесткости

Расчет выполнялся при условиях закрепления, которые показаны на рисунке 3 синим цветом (полностью закреплены).

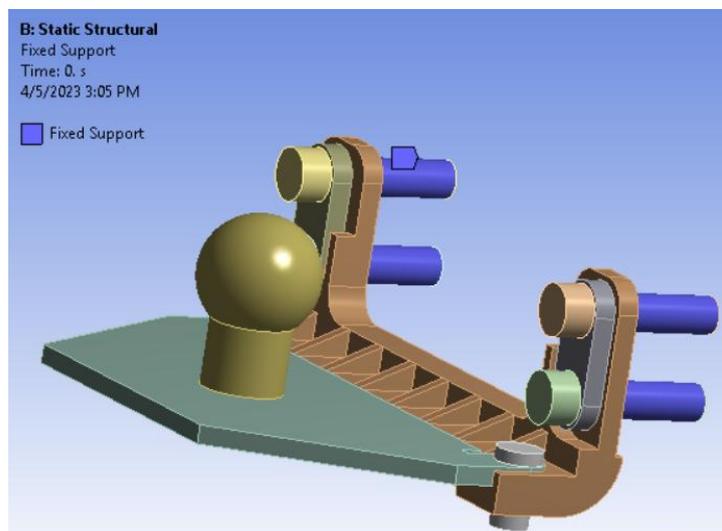


Рис. 3 – Поверхности закрепления

Место приложения нагрузки показано красным цветом на рисунке 4.

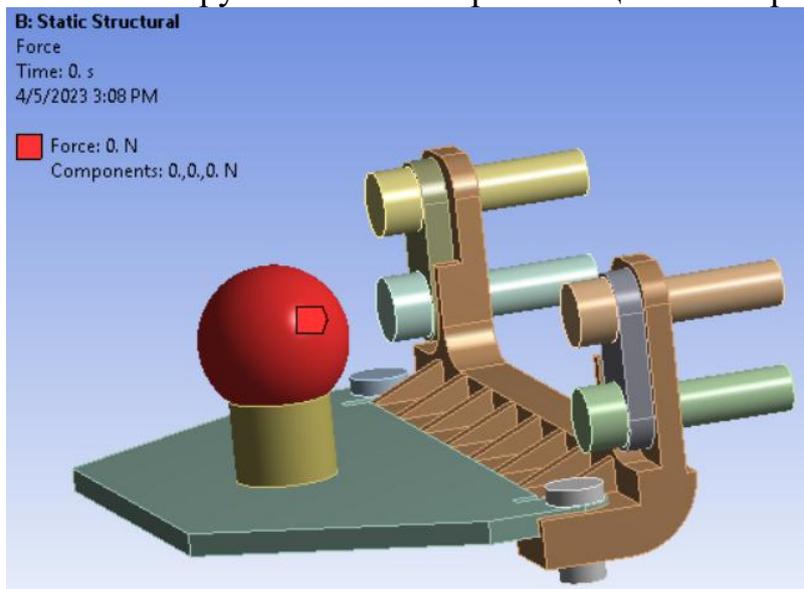


Рис. 4 – Место приложения нагрузки

Значение силы на следующем шаге задается равным 4000н.

Как видно на рисунке 5, максимальное напряжение возникает под нижними болтами и равняется  $2.181 * 10^8$  Па.

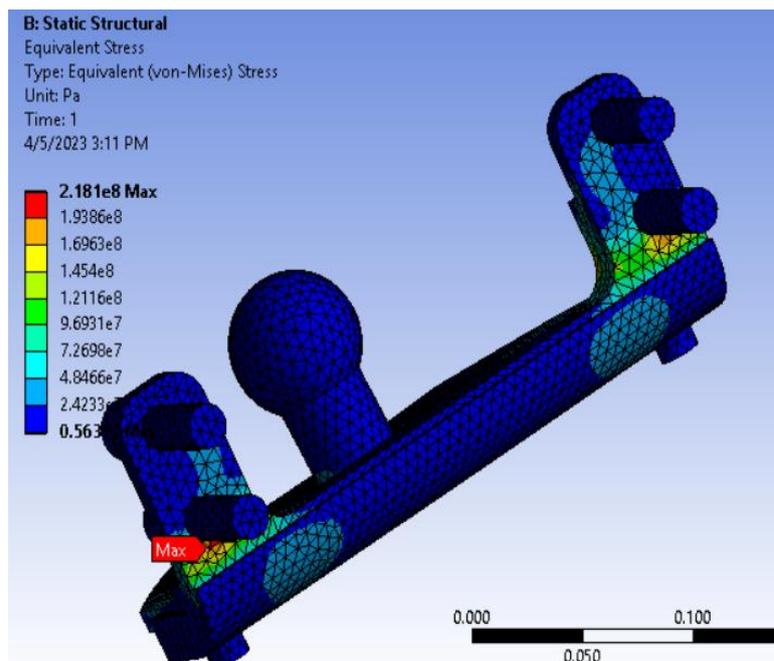


Рис. 5 – Напряжения по Мизесу

Данная параметрическая модель в дальнейшем может быть использована для оптимизации конструкции кронштейна прицепного устройства, например, по критерию материалоемкости.

УДК 621.391.25

## ПОСТРОЕНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ВАГОНА-ЦИСТЕРНЫ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА IRONPYTHON В ANSYS

Казыро И.А.

Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Цель работы – разработать сценарий построения параметрической модели вагона-цистерны для дальнейшего анализа и оптимизации. Конструкция проектируется в соответствии с требованиями к грузовым вагонам и состоит из цистерны, рамы, опор и натягивающих тросов.

Нагрузка на цистерну действует собственный вес и давление на стенки бака со стороны жидкости. Давление направлено перпендикулярно поверхности и зависит от уровня жидкости  $p = \rho gh$ . Будем считать, что плотность жидкости равна  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , уровень жидкости в цистерне максимальный. Материал изделия – сталь 45Л ГОСТ977-88.

Для создания геометрии с помощью языка IronPython, в среде SpaceClaim создаём сценарий (рисунок 1).

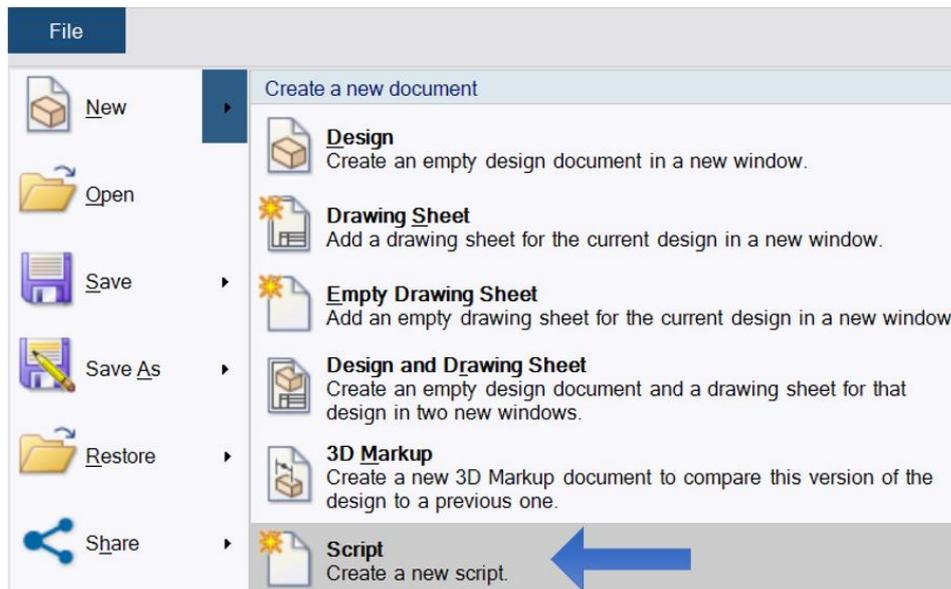


Рис. 1 – Создание сценария

Для параметризации модели, заранее надо определить переменные, определяющие размеры элементов. Добавление происходит во вкладке «Groups» (рисунок 2, слева). Затем эти параметры считываются в сценарии (рисунок 2, справа) и используются как обычные переменные в языке IronPython.

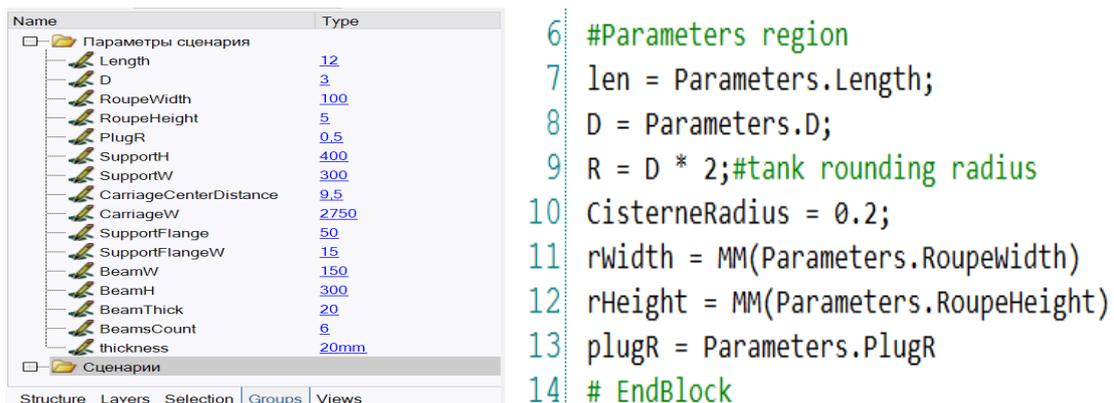


Рис 2 – Вкладка с параметрами модели(слева), переменные в сценарии (справа)

Создание любой модели начинается с эскиза, для этого в сценарии создаётся объект типа Plane — определение плоскости, на которой строится эскиз. Далее, с помощью метода SetSketchPlane класса ViewHelper создаётся эскиз на основе выбранной плоскости (рисунок 3). После создания необходимого эскиза из основных элементов, необходимо

с помощью метода SetViewMode класса ViewHelper преобразовать его в поверхность (рисунок 4), которая будет использоваться для дальнейших преобразований.

```

27| LUP = Point2D.Create(-len/2 + delta, D/2);
28| RUP = Point2D.Create(len/2 - delta, D/2);
29| L = Point2D.Create(-len/2, 0);
30| R = Point2D.Create(len/2, 0);
31| LMID = Point2D.Create(-len/2+delta/2, Hdelta);
32| RMID = Point2D.Create(len/2-delta/2, Hdelta);
33| # Set Sketch Plane
34| sectionPlane = Plane.PlaneXY
35| result = ViewHelper.SetSketchPlane(sectionPlane, None)
36| # EndBlock
37|
38| # Create Cisterne contour
39| up = SketchLine.Create(LUP, RUP).CreatedCurve[0];
40| LARC = SketchArc.Create3PointArc(LUP, L, LMID).CreatedCurve[0];
41| RARC = SketchArc.Create3PointArc(RUP, R, RMID).CreatedCurve[0];
42| down = SketchLine.Create(L,R).CreatedCurve[0];
43| # EndBlock

```

Рис. 3 – Сценарий с созданием сечения цистерны

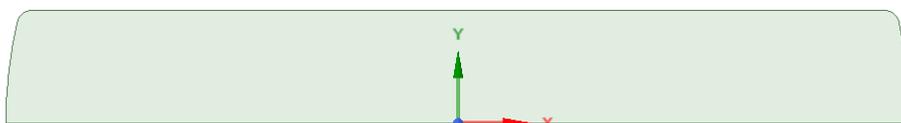
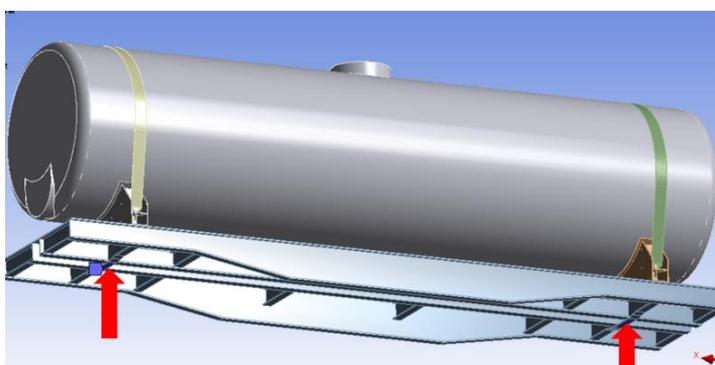


Рис. 4 – Результат создания поверхности с сечением цистерны

Для расчета прочности в блоке Static Structural закрепим раму за места крепления тележек (рисунок 5, слева). Нагрузка на цистерну действует со стороны жидкости на стенки бака. Давление направлено перпендикулярно поверхности и зависит от уровня жидкости  $p = \rho gh$ . Приняв плотность жидкости равную  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$  требуется записать уравнение для давления. Уровень жидкости будет выражаться из значения координаты  $Z$  в точке поверхности цистерны. Центр координат находится на оси симметрии цистерны, поэтому координата  $Z$  в нижней точке, из расчёта, что радиус  $R = 1.5$  м, будет равна  $-1.5$  м, в верхней точке  $1.5$  м. Для нахождения высоты уровня жидкости выражается уравнение:  $h = (1.5 - Z)$ ; тогда  $p = \rho g(1.5 - Z)$ . Данное уравнение записывается в поле “Magnitude” при определении давления (рисунок 5, справа).



Geometry	7 Faces
Definition	
Type	Pressure
Define By	Normal To
Applied By	Surface Effect
Magnitude	$= (1,5-z)*9,81*1000$
Suppressed	No

Рис. 5 – Место закрепления рамы (слева) и параметры нагрузки (справа)  
После выполнения расчёта получим следующие перемещения, показанные на рисунке 6, и напряжения по Мизесу на рисунке 7.

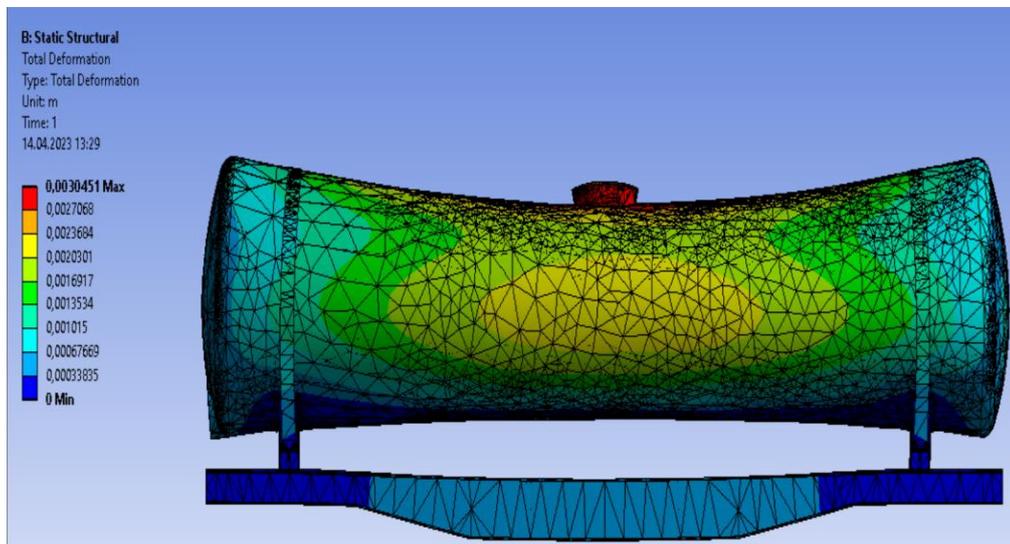


Рис. 6 – Перемещения

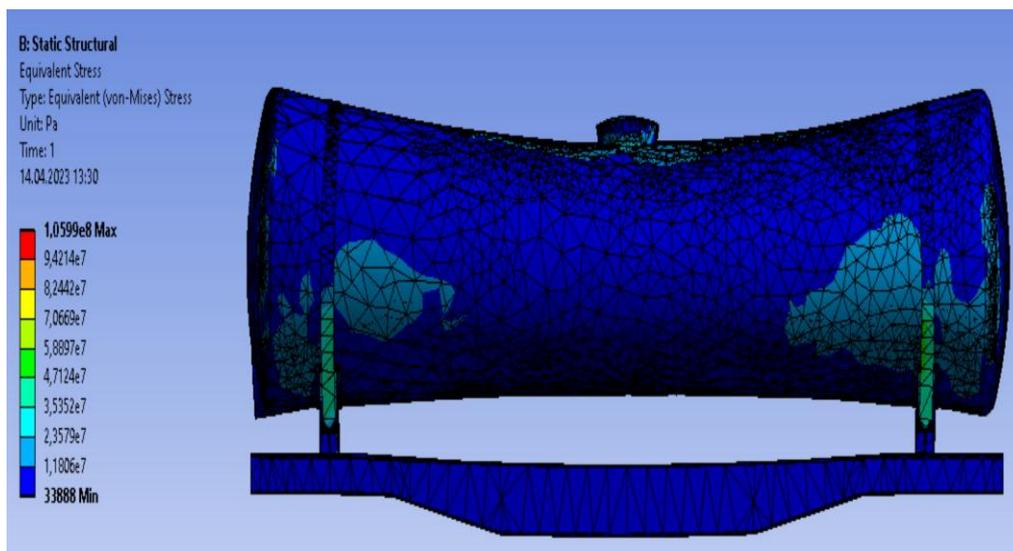


Рис. 7– Напряжения по Мизесу

Следующим шагом можно приступить к оптимизации модели, поскольку её первоначальная настройка завершена.

## МОДИФИКАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ МЕТОДА РУНГЕ-КУТТА 4-ГО ПОРЯДКА ДЛЯ АДАПТАЦИИ ШАГА ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Райкова Ю.Д.

Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

В ходе решения дифференциальных уравнений посредством ЭВМ возникает вопрос выбора метода решения. Для одного из типов задач о решении дифференциальных уравнений – задачи Коши – часто применяются пошаговые методы.

Пошаговые методы можно классифицировать по ряду признаков. Рассмотрим два из них: постоянность шага и порядок точности метода. В отношении последнего одним из лучших считается метод Рунге-Кутта 4-го порядка точности. Реализация его с постоянным шагом в среде Mathcad представлена на рис. 1, где  $y_0$  – вектор начальных условий,  $t_0$  и  $t_1$  –

```

Rgk(y0, t0, t1, N, f) :=
  z<sup>0</sup> ← y0
  h ← (t1 - t0) / N
  x ← t0
  h2 ← h / 2
  for i ∈ 0..(N - 1)
    rez<sub>0,i</sub> ← x
    s0 ← h · f(x, z<sup>i</sup>)
    s1 ← h · f(x + h2, z<sup>i</sup> + s0 / 2)
    s2 ← h · f(x + h2, z<sup>i</sup> + s1 / 2)
    s3 ← h · f(x + h, z<sup>i</sup> + s2)
    x ← x + h
    z<sup>i+1</sup> ← z<sup>i</sup> + 1/6 · (s0 + 2s1 + 2s2 + s3)
  for j ∈ 1..length(y0)
    for i ∈ 0..(N - 1)
      rez<sub>j,i</sub> ← z<sub>j-1,i</sub>
  rez<sup>T</sup>

```

границы временного отрезка,  $N$  – число шагов,  $f$  – вектор уравнений.

Рис. 1. Реализация метода Рунге-Кутта 4-го порядка с постоянным шагом в среде Mathcad

Однако постоянность шага этой реализации является её недостатком. При большем шаге теряется точность вычислений, при меньшем – быстродействие. Поэтому задачей данной работы была разработка реализации метода Рунге-Кутты 4-го порядка с переменным шагом в среде Mathcad.

Для этого использовался метод Рунге оценки погрешности пошагового метода решения дифференциального уравнения. Он основан на предположении, что погрешность на каждом шаге данного размера неизменна и пропорциональна некоторой константе. Рабочая формула вычисления погрешности при удвоении шага для метода 4-го порядка следующая:

$$E_{2n}^* = \frac{|y_n^* - y_{2n}^*|}{15}$$

Функция, полученная посредством адаптации шага на основе предложения Рунге для оценки погрешности, представлена на рис. 2.

```

Rgkadapt(y0,t0,t1,N,f) :=
z<sup>0</sup> ← y0
h ← (t1 - t0) / N
x ← t0
i ← 0
ee ← 0.01
H0 ← h
while i ≤ N - 1
  rez0,i ← x
  n1 ← i
  h2 ← h / 2
  s0 ← h·f(x,z<sup>0</sup>)
  s1 ← h·f(x+h2,z<sup>0</sup> + s0/2)
  s2 ← h·f(x+h2,z<sup>0</sup> + s1/2)
  s3 ← h·f(x+h,z<sup>0</sup> + s2)
  s01 ← h·2·f(x,z<sup>0</sup>)
  s11 ← h·2·f(x+h,z<sup>0</sup> + s01/2)
  s21 ← h·2·f(x+h,z<sup>0</sup> + s11/2)
  s31 ← h·2·f(x+h·2,z<sup>0</sup> + s21)
  z<sup>i+1</sup> ← z<sup>0</sup> + 1/6·(s0 + 2s1 + 2s2 + s3)
  zz ← z<sup>0</sup> + 1/6·(s01 + 2s11 + 2s21 + s31)
  E ← |z<sup>i+1</sup> - zz| / 15
  h1 ← h
  h ← h·2 if E < ee/2
  h ← h/2 if E > ee·2
  N ← i + (N - i)·h1/h
  x ← x + h
  i ← i + 1
  H1 ← h
for j ∈ 1..length(y0)
  for i ∈ 0..(N - 1)
    rezj,i ← zj-1,i
m ← length(y0) + 1
for i ∈ 0..(N - 1)
  rezm,i ← H1
  rezm+1,i ← n1
rezT

```

Рис. 2. Реализация метода Рунге-Кутты 4-го порядка с переменным шагом в среде Mathcad

Для тестирования в целях наибольшей наглядности была выбрана следующая задача: найти перемещение и скорость перемещения груза массы  $M$ , соединённого с вертикальной стенкой пружиной жёсткостью  $K$  и демпфером с характеристикой  $C$  при приложении с противоположной стороны горизонтальной силы, описываемой функцией на рис. 3. с матрицей  $R$  начальных условий рис. 4., что даёт решение, аналогичное функции перемещения

$$x(t) = 3(t - 37.7) \cos(t - 37.7)$$

$$p(t) := 3 \cdot M \cdot [2 \cdot \cos(t - 37.7) - \sin(t - 37.7) \cdot (t - 37.7)] + 3 \cdot K \cdot (t - 37.7) \cdot \sin(t - 37.7) + 3 \cdot C \cdot [\sin(t - 37.7) + (t - 37.7) \cdot \cos(t - 37.7)]$$

Рис. 3. Функция прикладываемой к грузу силы

$$R := \begin{bmatrix} -3 \cdot 37.7 \cdot \sin(-37.7) \\ 3 \cdot (\sin(-37.7) - 37.7 \cdot \cos(-37.7)) \end{bmatrix}$$

Рис. 4. Матрица начальных значений перемещения и скорости перемещения груза

Как видно на рис. 5, на определённых интервалах шаг стабилизируется, однако заметно общее соответствие необходимости изменения шага, как показано на графиках найденных функций.

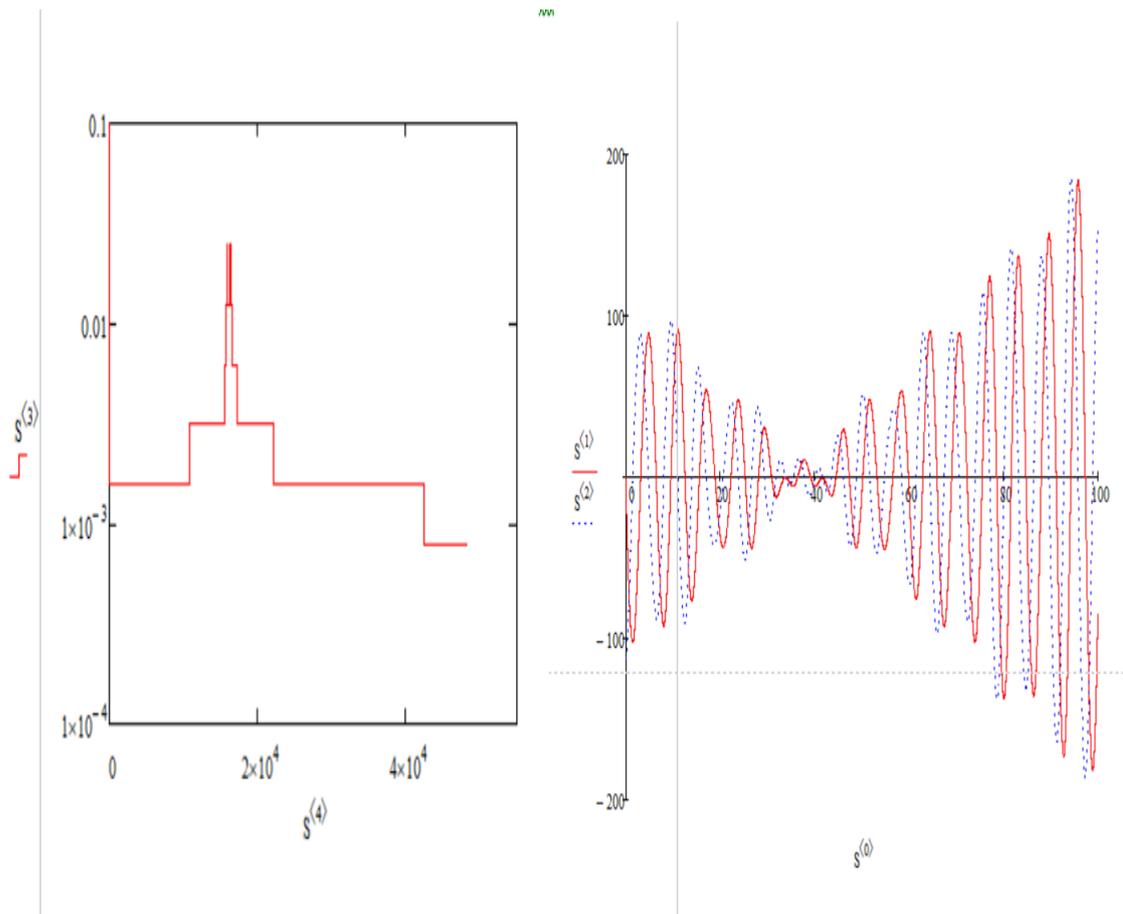


Рис. 5. График зависимости величины шага от его номера и графики пошагового решения модельной задачи

УДК 621.391.25

## МОДИФИКАЦИЯ ФУНКЦИЙ ПАКЕТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ГРАФОВ

Огородник И.В., Титов Д.Д.

Научный руководитель – Напрасников В.В., к.т.н., доцент

Ранние версии Matlab не имели встроенных методов для решения задач теории графов (в том числе, NP-полных задач). Однако в 2007 году Сергеем Иглином был разработан пакет, реализующий их. С течением времени выходили новые версии Matlab, в которых изменялись различные алгоритмы, в том числе алгоритм целочисленного интегрирования. Это привело к несовместимости ранее разработанных решений с современным ПО. В то же время Иглином было выпущено обновления пакета, но оно получилось менее наглядным. Например, в ранних версиях вершина

представляла собой кружок с номером или весом в нём, однако в новых изображении было изменено на точку с информацией неподалёку.

Список обновленных функций:

**grMinAbsVerSet2023** — процедура, решающая задачу нахождения минимального набора внешне устойчивых вершин графа.

В результате выполнения функции с входными параметрами, где  $V$  — набор вершин,  $E$  — набор рёбер:

$V=[0\ 0\ 2;1\ 1\ 3;1\ 0\ 3;1\ -1\ 4;2\ 1\ 1;2\ 0\ 2;2\ -1\ 3;3\ 1\ 4;3\ 0\ 5;3\ -1\ 1;4\ 0\ 5];$

$E=[1\ 2;1\ 3;1\ 4;2\ 3;3\ 4;2\ 5;2\ 6;3\ 6;3\ 7;4\ 7;5\ 6;6\ 7;5\ 8;6\ 8;6\ 9;7\ 9;7\ 10;8\ 9;9\ 10;8\ 11;9\ 11;10\ 11];$

Получен следующий результат:

Количество вершин в минимальном внешне устойчивом независимом множестве = 3;

В минимальное внешне устойчивое множество включены вершины с номерами:

1 8 10;

Общий вес = 7;

Количество вершин в минимальном взвешенном внешне устойчивом множестве = 3;

В минимальное взвешенное внешне устойчивое множество включены вершины с номерами:

1 5 10;

Общий вес = 4.

**grMinEdgeCover2023** — процедура, решающая задачу нахождения минимального рёберного покрытия.

В результате выполнения функции с входными параметрами, где  $V$  — набор вершин,  $E$  — набор рёбер:

$V=[0\ 0;1\ 1;1\ 0;1\ -1;2\ 1;2\ 0;2\ -1;3\ 1;3\ 0;3\ -1;4\ 0];$

$E=[1\ 2\ 5;1\ 3\ 5;1\ 4\ 5;2\ 3\ 2;3\ 4\ 2;2\ 5\ 3;2\ 6\ 2;3\ 6\ 5;3\ 7\ 2;4\ 7\ 3;5\ 6\ 1;6\ 7\ 1;5\ 8\ 5;6\ 8\ 2;6\ 9\ 3;7\ 9\ 2;7\ 10\ 3;8\ 9\ 2;9\ 10\ 2;8\ 11\ 5;9\ 11\ 4;10\ 11\ 4];$

Получен следующий результат:

Количество рёбер в минимальном рёберном покрытии = 6;

В минимальное рёберное покрытие включены рёбра с номерами:

3 6 8 17 18 22;

Общий вес = 22;

Количество рёбер в минимальном взвешенном рёберном покрытии = 6;

В минимальное взвешенное рёберное покрытие включены рёбра с номерами:

3 4 11 12 18 22;

Общий вес = 15;

grMaxStabSet2023 — процедура, решающая задачу нахождения максимального независимого множества вершин в графе.

В результате выполнения функции с входными параметрами, где  $V$  — набор вершин,  $E$  — набор рёбер:

$V=[0\ 0\ 2;1\ 1\ 3;1\ 0\ 3;1\ -1\ 4;2\ 1\ 1;2\ 0\ 2;2\ -1\ 3;3\ 1\ 4;3\ 0\ 5;3\ -1\ 1;4\ 0\ 5];$

$E=[1\ 2;1\ 3;1\ 4;2\ 3;3\ 4;2\ 5;2\ 6;3\ 6;3\ 7;4\ 7;5\ 6;6\ 7;5\ 8;6\ 8;6\ 9;7\ 9;7\ 10;8\ 9;9\ 10;8\ 11;9\ 11;10\ 11];$

Получен следующий результат:

Количество вершин в максимальном независимом множестве = 4;

В максимальное независимое множество входят вершины с номерами:

1 5 7 11;

Общий вес = 11;

Количество вершин в максимальном взвешенном независимом множестве = 4;

В максимальное взвешенное независимое множество входят вершины с номерами:

2 4 8 10;

Общий вес = 12.

PlotGraph2023 — процедура для создания графического представления графа. По просьбе научного руководителя была введена цветовая дифференциация для некоторых элементов графа: весов вершин, весов рёбер, цвета вершин. Этот функционал позволяет отличить данные элементы от номеров вершин и графов. Пример работы данной функции приведен далее, на рисунке 1.

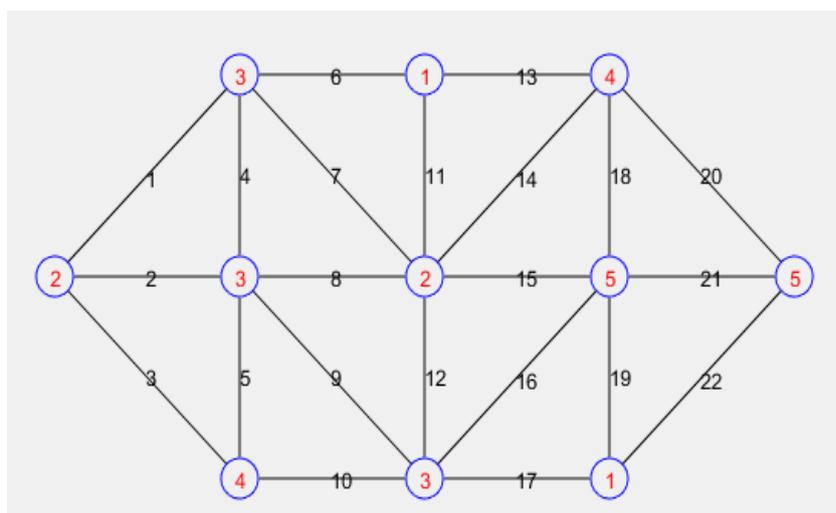


Рис. 1. Пример работы функции PlotGraph2023

**arrow2022** — процедура для рисования наконечников стрелок для ребер ориентированного графа. Данная функция была переписана с нуля, что позволило значительно упростить данную часть пакета функций.

В модулях grMinAbsVerSet2023, grMinEdgeCover2023, grMaxMatch2023, grMinAbsEdgeSet2023, grMaxStabSet2023, grMinVerCover2023, grColVer2023 было оптимизировано получение промежуточных параметров, а также заменены и адаптированы вызовы устаревших функций.

В результате работы были исправлены ошибки несовместимости с современными версиями программного комплекса MatLab, что позволит и дальше использовать данный инструментарий для решения задач целочисленного программирования. Помимо прикладных задач, данный набор процедур может быть использован в учебной деятельности как студентами, так и преподавателями.

УДК 681.511

## ПОСТРОЕНИЕ КОРНЕВЫХ ТРАЕКТОРИЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА НЬЮТОНА

Мацак И.С.

Научный руководитель – Несенчук А.А., к.т.н., доцент

### 1. Корневые годографы систем

В теории автоматического управления существенное значение имеет анализ и синтез систем с неопределенными параметрами, т.к. в реальных системах в процессе работы параметры отклоняются от номинальных значений [1–3]. Для расчета подобных систем используются различные подходы и методы, в том числе корневые [2].

При проектировании систем важно знать, каким образом будут изменяться их динамические свойства при вариации параметров. Известно, что динамические свойства, устойчивость и качество, системы определяются корнями ее характеристического уравнения, которое в общем виде можно записать следующим образом:

$$p(s) = \sum_{j=0}^n a_j s^{n-j}, \quad (1)$$

где  $a_j$  – действительные коэффициенты;  $s$  – оператор Лапласа;  $s = \sigma + i\omega$ .

Поэтому, для установления динамических свойств системы, ее анализа и синтеза, эффективным является метод корневого годографа[1].

*Корневым годографом* называется совокупность траекторий перемещения всех корней характеристического уравнения замкнутой системы при изменении какого-либо параметра этой системы[2].

В качестве изменяющегося параметра может быть использован некоторый коэффициент (параметр)  $a_j=a_k$  уравнения (1),

$$-\infty < a_k < \infty. \quad (2)$$

Параметра  $a_j=a_k$ , который используется для построения корневого годографа, называется *параметром годографа* или *свободным параметром*.

Годограф определяется в аналитической и графической формах.

## **2. Алгоритм формирования аналитического корневого годографа**

Аналитический корневой годограф в общем виде определяется на основе комплексной функции отображения вида[3]:

$$a_k = -\frac{\phi(s)}{\psi(s)} = u(\sigma, \omega) + iv(\sigma, \omega), \quad (3)$$

где  $\phi(s)$ ,  $\psi(s)$  – некоторые полиномы от комплексного переменного  $s$ ;  $u(\sigma, \omega)$ ,  $v(\sigma, \omega)$  – гармонические функции от переменных  $\sigma$  и  $\omega$ .

Для получения конкретного аналитического уравнения корневого годографа необходимо определить динамическую характеристику системы[1–3], а также задать желаемый образ корневого годографа[3] в комплексной плоскости  $a_k$  свободного параметра  $a_k$  (3). В данном случае динамику системы опишем передаточной функцией разомкнутой системы[1–3]  $G(s)$  в форме[3]:

$$G(s) = \frac{\psi(s)}{\phi(s)}. \quad (4)$$

В качестве образа корневого годографа[3] определим действительную ось  $u$  комплексной плоскости  $a_k$ , т.е. параметр годографа (свободный параметр)  $a_k$  изменяется в пределах (2). Такой годограф называется *корневым годографом Теодорчика – Эванса* (КГТЭ)[3].

На этом основании приведем ниже алгоритм поэтапного вывода аналитического уравнения корневого годографа.

Этап 1. Определение передаточной функции  $G(s)$  (4) разомкнутой динамической системы.

Этап 2. Определение характеристического уравнения вида (1) замкнутой системы. Это уравнение полностью описывает систему со стороны её динамических свойств и характеристик.

Этап 3. Формирование функции отображения (3) для заданной системы. Для этого в сформированные на 1 этапе полиномы  $\psi(s)$  и  $\phi(s)$  (3) следует подставить выражение  $s = \sigma + i\omega$  и затем записать функцию отображения (3). Выражение разделится на две части: действительную –  $u(\sigma, \omega)$  и мнимую –  $v(\sigma, \omega)$ .

Этап 4. Задание образа корневого годографа. Как было отмечено выше, образом корневого годографа является действительная ось  $u$  комплексной плоскости  $a_k$  варьируемого параметра (3), что соответствует пределам (2) изменения  $a_k$ .

Этап 5. Определение уравнения корневого годографа (УКГ) Теодорчика-Эванса (УКГТЭ). На основании этапов 3 и 4 алгоритма определяется уравнение Бердникова-Теодорчика [3], которое разбивается на два уравнения:

$$\omega = 0$$

и уравнение корневого годографа Теодорчика – Эванса:

$$v(\sigma, \omega) = 0. \quad (5)$$

Уравнение (5) представляет собой уравнение КГТЭ в аналитической форме и используется для определения точек КГТЭ в комплексной плоскости  $s$  (исключая действительную ось  $\sigma$ ). На основе уравнения (5) выполняется графическое построение корневого годографа.

### 3. Алгоритм формирования графического КГТЭ

После формирования уравнения КГТЭ (5) в аналитической форме формируется графический корневой годограф.

В рамках научной работы разработаны алгоритм и программа для графического построения корневых траекторий систем управления на основе использования метода Ньютона [4].

#### 3.1. Метод Ньютона для решения нелинейных уравнений

Метод Ньютона предназначен для решения нелинейных уравнений от одной переменной и систем нелинейных уравнений и основан на идее линеаризации. Данный метод был предложен Ньютоном в 1669 году. Ученик Ньютона Рафсон в 1690 г. предложил общую форму метода. Поэтому, часто говорят о методе Ньютона – Рафсона. Дальнейшее развитие исследований связано с именами таких известных математиков,

как Фурье, Коши и другие. Например, Фурье доказал в 1818 г., что метод сходится квадратично в окрестности корня, а Коши (1829, 1847) предложил многомерное обобщение метода и использовал метод для доказательства существования решения уравнения.

Классический метод Ньютона или касательных заключается в том, что если  $x_n$  — некоторое приближение к корню  $x$  уравнения  $f(x) = 0, f \in C^1$ , то следующее приближение определяется как корень касательной к функции  $f^x$ , проведенной в точке  $x_n$ .

Уравнение касательной к функции  $f^x$  в точке  $x_n$  имеет вид:

$$f'(x_j) = \frac{y - f(x^n)}{x - x_n}.$$

В уравнении касательной примем  $y=0$  и  $x=x_{n+1}$ . Тогда алгоритм последовательных вычислений по методу Ньютона состоит в следующем:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}.$$

(6)

### 3.2. Алгоритм формирования КГТЭ с использованием метода Ньютона

В данной работе метод Ньютона используется для решения уравнения КГТЭ (5). Вначале задается интервал значений  $\sigma$ , в котором ожидается может находиться решение, и внутри этого интервала производится поиск решений (корней  $\omega_i$ ) с определенным шагом изменения  $\sigma$ .

Первое приближение корня согласно (6) определяется по формуле

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}.$$

Второе приближение корня определяется по формуле

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}.$$

Таким образом,  $i$ -ое приближение корня определяется по формуле

$$x_i = x_{i-1} - \frac{f(x_{i-1})}{f'(x_{i-1})}.$$

В нашем случае  $x_i = \omega_i$ .

Вычисления ведутся до тех пор, пока не будет достигнуто совпадение десятичных знаков, которые необходимы в ответе, или заданной точности  $\epsilon$ .

Входными данными алгоритма являются:

1). Нелинейная функция  $f(x) = v_1(\omega)$ ;  $v_1(\omega)$  – уравнение КГТЭ (5) после подстановки в него текущего значения  $\sigma$ .

2). Производная  $v_1'(\omega)$  функции  $v_1(\omega)$ , если её можно задать аналитически.

3). Точность  $\epsilon$ , с которой требуется найти решение.

4). Максимальное число итераций, которое может быть пройдено алгоритмом.

5). Начальное приближение  $x_0 = \omega_0$ .

Выходными данными алгоритма в случае успеха является число (корень  $\omega_i$  уравнения (5)), удовлетворяющее решению с заданной точностью. В случае выхода итерации за заданное ограничение, считается, что алгоритм не смог найти удовлетворяющее ограничениям решение, и выдается сообщение об ошибке.

#### 4. Программа формирования КГТЭ

Для формирования аналитического КГТЭ разработана программа, включающая следующие функции.

1. Функция *REIMK* для вычисления коэффициентов полиномов  $\phi(s)$  и  $\psi(s)$  (см. выражения (3) и (4).)

2. Функция *PROM* для определения базовых полиномов  $E(\sigma, \omega)$ ,  $F(\sigma, \omega)$ ,  $P(\sigma, \omega)$ ,  $R(\sigma, \omega)$  [3], на основе которых формируются функция (3) и уравнение КГТЭ (5).

3. Функция *BT* для непосредственного формирования уравнения КГТЭ.

Для формирования графического КГТЭ разработана программа, включающая следующие функции.

1. Функция *POLRT*, предназначенная для определения координат  $\sigma$  и  $\omega$  кривой КГТЭ на основании вычисленных по методу Ньютона корней  $\omega_i$ .

2. Функция *GRAPH* для построения графика корневого годографа.

Примеры построения корневых траекторий для передаточной функции разомкнутой системы  $\frac{(s+2)}{(s+3)(s+4)(s+5)} = G(s)$  приведены на рисунке 1. На рисунке 1, а корневым годограф построен с помощью программы, на рисунке 1, б – вручную.

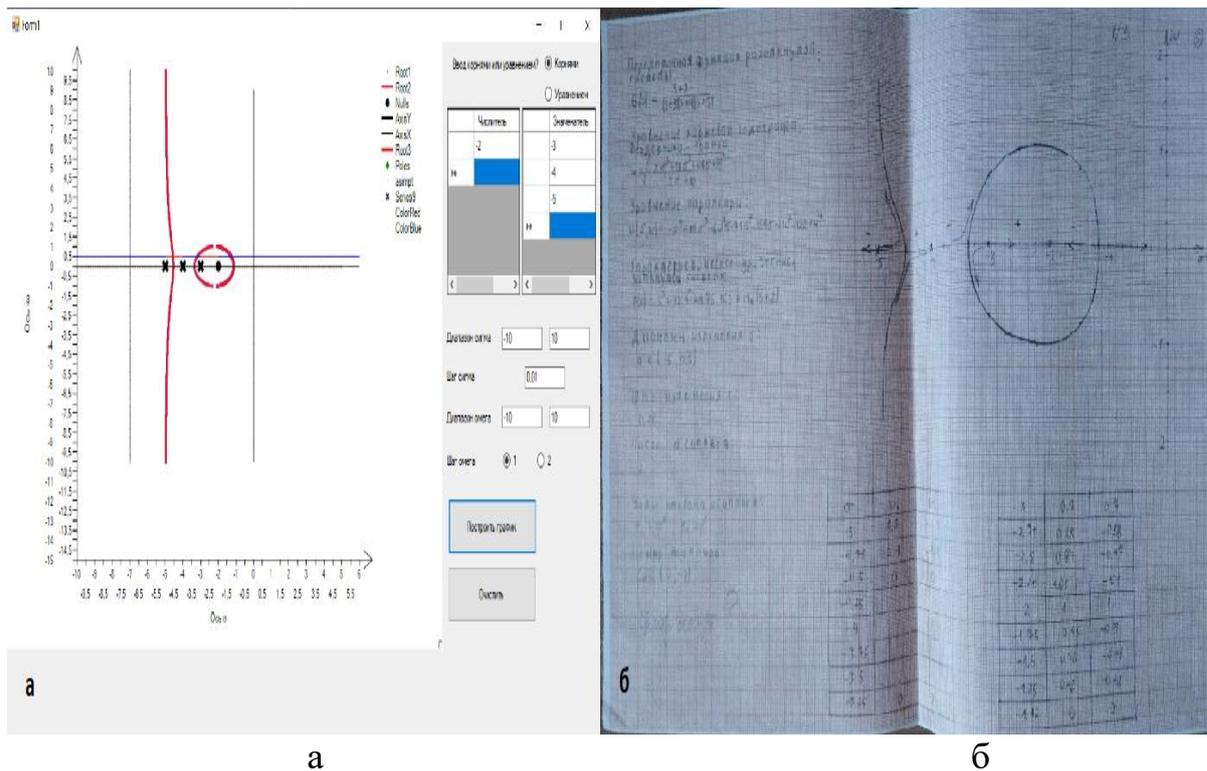


Рис. 1 – Пример построения корневых траекторий:  
а – программно, б – вручную.

В результате выполненной научной работы разработана программа на высокоуровневом языке *C#* в среде разработки *Visual Studio 2022*, включающая класс *KGUtils*, предоставляющий инструментарий для формирования базовых полиномов, составления уравнений КГТЭ и графического построения корневых траекторий.

### Литература

1. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.
2. Попов, Е.П. Теория линейных систем автоматического управления / Е.П. Попов. – М.: Наука, 1989. – 150 с.
3. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода / А.А. Несенчук. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2005. – 234 с.
4. Крылов, В.И. Начала теории вычислительных методов / В.И. Крылов. – Мн., 1984. – 263 с.

## **ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НА РЕЙТИНГ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ**

Короткевич Х.А.

Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор

Производительность web-приложений – это не только способность выполнять функции и обрабатывать задачи с оптимальной скоростью и эффективностью, но и важная составляющая пользовательского опыта. При разработке бизнес-плана необходимо учитывать множество факторов, начиная с выбора библиотеки для работы и заканчивая установкой взаимосвязей между компонентами приложения и его пользователем. Конечный пользователь стремится получить быстрое и отзывчивое веб-приложение, которое он будет использовать регулярно. Опыт, полученный им на сайте, влияет на его доверие к бренду или компании, а также на то, будет ли он возвращаться на сайт, станет ли он постоянным пользователем и будет ли он рекомендовать приложение другим. Время загрузки веб-приложения должно быть таким же важным, как и его дизайн [1].

Согласно исследованиям компании Google, если страница загружается более 3 секунд, вероятность того, что пользователь покинет страницу увеличивается на 32%. А исследование компании Akamai Technologies показало, что более 50% пользователей считают, что страница должна загружаться менее чем за 2 секунды, в случае если это не происходит, более 40% пользователей покидают страницу. Поведение пользователя зависит не только от скорости загрузки, но и от скорости обработки запросов. Согласно компании Akamai Technologies, 75% онлайн-покупателей не будут совершать покупки на сайте, если столкнутся с проблемами, такими как зависание сайта, сбой, слишком долгая загрузка или запутанный интерфейс. Кроме того, 88% пользователей с меньшей вероятностью вернутся на такой сайт.

Уровень конкуренции на рынке web-приложений постоянно возрастает. Исследование компании Walmart показало, что каждая секунда задержки при загрузке страницы приводит к снижению конверсии на 2%. Это в свою очередь означает потерю клиентов, снижение доходов, негативное восприятие компании и уменьшение уровня доверия со стороны пользователей. Важно отметить, что пользователь воспринимает ответ на свои действия с задержкой менее 100 миллисекунд как мгновенный, но задержка в диапазоне от 100 до 300 миллисекунд уже ощущается им. Если задержка составляет от 300 до 1000 миллисекунд, пользователь начинает чувствовать, что приложение работает слишком медленно, а если задержка

превышает 1000 миллисекунд, пользователь скорее всего будет искать альтернативный сайт [2].

Связь между загрузкой контента и пользовательским восприятием web-приложений наблюдается не только в коммерческих компаниях, но и в компаниях, таких как Google. Внутреннее исследование Google показало, что добавление задержки в 400 миллисекунд при использовании поисковика привело к снижению количества поисковых запросов пользователей на 0,44% в течение первых трех недель и на 0,76% в течение следующих трех недель эксперимента. Кроме того, после того, как задержка была убрана и пользователи снова увидели быструю загрузку, им потребовалось время, чтобы вернуться к прежним показателям. Таким образом, первоначальный негативный опыт сохраняется.

С появлением все большего числа пользователей мобильных устройств возникают высокие требования к сайтам, которые часто оказываются недостаточно оптимизированными для работы на мобильных устройствах, а иногда и не имеют специальной мобильной версии. Мобильная версия сайта обеспечивает не только удобство в использовании. Часто мобильные устройства загружают web-страницы через мобильную сеть. Прежде чем мобильное устройство сможет передать или получить данные, оно должно установить соединение с сетью. Подключение к сети 3G может занять несколько секунд. После подключения к базовой станции сетевой оператор должен передать данные из вышки во внутреннюю сеть, а затем в общедоступный Интернет. Эти шаги добавляют к обработке запроса от нескольких десятков до тысяч миллисекунд дополнительной задержки.

Хотя сети становятся быстрее, пользователи мобильных устройств все еще испытывают проблемы при использовании веб-приложений. В отличие от компьютеров, которые используют Wi-Fi и имеют временную задержку запроса-ответа около 50 миллисекунд, мобильные устройства работают в мобильных сетях, где время приема-передачи составляет более 300 миллисекунд [2]. Именно столько составляет задержка для опправки каждого запроса, а серверу – для отправки ответа по сети. Кроме того, для загрузки веб-приложений необходимо учитывать время на установление радиоканала с сетью (от 1000 до 2000 миллисекунд). Можно заметить, насколько велика разница. Кроме того, при использовании мобильного устройства часто возникают проблемы с покрытием, что может привести к потере сигнала и ухудшению качества связи. Все это может вызывать задержки и повышенную нагрузку на процессор устройства, что в свою очередь может привести к ухудшению производительности и негативному опыту пользователя. Если же предположить, что пользователь подключен к Wi-Fi и не испытывает задержек при передаче сигнала, стоит учесть, что мобильные устройства ограничивают выходную мощность для оптимизации заряда батареи. Ограниченная мощность передатчика

мобильного устройства может повлиять на качество соединения и скорость передачи данных.

Компания Etsy провела эксперимент, добавив 160 КБ скрытых изображений на мобильную версию своего веб-приложения, и заметила, что количество отказов увеличилось на 12% именно на мобильных устройствах. С другой стороны, рекламная компания DoubleClick убрала одно перенаправление и увеличила количество переходов до конечного рекламодателя на 15 %.

Microsoft провела исследование, чтобы выяснить, как пользователи запоминают названия сайтов, и выяснила, что одним из двух главных факторов является расположение сайта в списке результатов поискового запроса [3]. В рамках исследования участники самостоятельно генерировали поисковый запрос и наблюдали результаты поиска на протяжении отведенного времени, после чего проходили опрос, где их просили вспомнить список результатов. Улучшение производительности веб-приложения может привести к сокращению времени загрузки и повышению его рейтинга в поисковых результатах, даже небольшое улучшение может оказать положительный эффект.

Таким образом, производительность web-приложения имеет прямое влияние на удовлетворенность и поведение пользователей. Чем быстрее и эффективнее работает приложение, тем лучший пользовательский опыт они получают, что может привести к увеличению конверсии и лояльности клиентов. И наоборот, низкая производительность может приводить к разочарованию, неудовлетворенности и даже отказу от использования приложения, что в конечном итоге негативно сказывается на бизнесе. Следовательно, производительность должна быть одним из главных приоритетов при разработке web-приложений.

Повышение производительности web-приложений достигается следующими методами: оптимизацией размера web-страницы, сжатием данных с помощью Gzip или Brotli, использованием HTTP-кэширования, оптимизацией изображений и минимизацией размера файлов CSS и JavaScript. Мемоизация кода, асинхронные загрузки ресурсов и внимательное отношение к дизайну также способствуют улучшению производительности [1]. Необходимо использовать форматы изображений, которые повышают производительность, а также обеспечивают сжатие без потери качества. Необходимо по возможности меньше использовать эффекты и анимацию при проектировании интерфейса пользователя. Помимо этого, увеличения производительности web-приложений можно достичь применением высокопроизводительных параллельных вычислений [4], оптимизации размещения данных в распределенных вычислительных системах [5, 6] и других методов.

### *Литература*

1. Hogan, L.C. Designing for Performance: Weighing Aesthetics and Speed / L.C. Hogan. – O'REILLY, 2019. – 182 p.
2. Grigorik, I.K. High Performance Browser Networking: What Every Web Developer Should Know About Networking and Web Performance / I.K. Grigorik. – O'REILLY, 2018. – 398 p.
3. Microsoft Corporation. Performance Testing Guidance for Web Applications. – Microsoft Press, 2007. – 288 p.
4. Prihozhy, A.A. Analysis, transformation and optimization for high performance parallel computing / A.A. Prihozhy. – Minsk: BNTU, 2019. – 229 p.
5. Прихожий, А.А. Модель и алгоритм оптимизации назначения объектов на узлы распределенной информационно-вычислительной системы / А.А. Прихожий // Доклады БГУИР. – 2010. – № 4. – С. 69 – 76.
6. Прихожий, А.А. Оптимизация размещения объектов с учетом их репликаций на узлах распределенной информационно-вычислительной системы / А.А. Прихожий // Информатика. – 2010. – № 3. – С. 124 – 134.

УДК 004.4 - 004.9

## **ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ПРОГРАММИСТОВ НА ГРУППЫ ИСХОДЯ ИЗ ТРЕБОВАНИЙ К НАВЫКАМ**

Волоско А.Д.

Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор

Для грамотной разработки приложений существует необходимость в декомпозиции основной задачи на обособленные подзадачи. Для этого надо решить две проблемы: разделить проект на взаимодействующие между собой части и как можно лучше распределить программистов на группы, для разработки данных частей. Если для решения первой проблемы достаточно хорошему специалисту проанализировать требования к программному продукту, то для решения второй необходимо учесть множество различных требований и использовать специальные методы [1, 2]. Данная статья представляет описание распределения программистов по группам с использованием генетического алгоритма, являющегося дальнейшим развитием алгоритма [3, 4]. Исходные данные для генетического алгоритма включают: технологии и их рейтинги, программисты и их квалификация в выбранных технологиях, спецификации групп программистов и требования к ним.

Технологии были разделены по назначению на 5 категорий. Для подсчёта рейтинга языков программирования используются результаты исследования ассоциации IEEE Spectrum [1, 5]. Для систем контроля версий был выставлен рейтинг 0,3, для баз данных, сред разработки и операционных систем – 0.5. Выбранные технологии представлены ниже на рисунке 1.

№	Название	Код	Тип	Рейтинг	№	Название	Код	Тип	Рейтинг
1	JavaScript	JS	Язык программирования	0,82	12	Jira	JR	Контроль версий	0,3
2	Python	PY	Язык программирования	1	13	Microsoft SQL	MS	Базы данных	0,5
3	Java	J	Язык программирования	0,89	14	PostgreSQL	P	Базы данных	0,5
4	PHP	PH	Язык программирования	0,52	15	Oracle	O	Базы данных	0,5
5	C#	CS	Язык программирования	0,76	16	MySQL	MY	Базы данных	0,5
6	C++	CPP	Язык программирования	0,72	17	Visual Studio	VS	Среда разработки	0,5
7	Html/CSS	HC	Язык программирования	0,49	18	Intellij Idea	II	Среда разработки	0,5
8	C	C	Язык программирования	0,65	19	PyCharm	PC	Среда разработки	0,5
9	SQL	SQL	Язык программирования	0,72	20	Eclips	EC	Среда разработки	0,5
10	Git	GT	Контроль версий	0,3	21	Windows	W	Опереационная система	0,5
11	Azure DevOps	AD	Контроль версий	0,3	22	Linux	L	Опереационная система	0,5

Рис. 1 – Выбранные технологии

Для оценки навыков программистов используется пятиразрядная градация [1] от 0 до 1, с промежутком 0.25. Где 0 – отсутствие навыков, 0.25 – минимальные, 0.5 – промежуточные, 0.75 – высокие, 1 – профессиональные навыки и знания в выбранной технологии. Для проведения исследования были случайным образом сгенерированы навыки 24 программистов. Сведения о навыках программистах представлены ниже на рисунке 2, где технологии представлены столбцами, квалификация программистов – строками, цифровая градация уровня программистов представлена столбиками: отсутствие столбика соответствует нулю, минимальный столбик – 0.25, средний – 0.5, выше среднего – 0.75 и максимальный – 1.

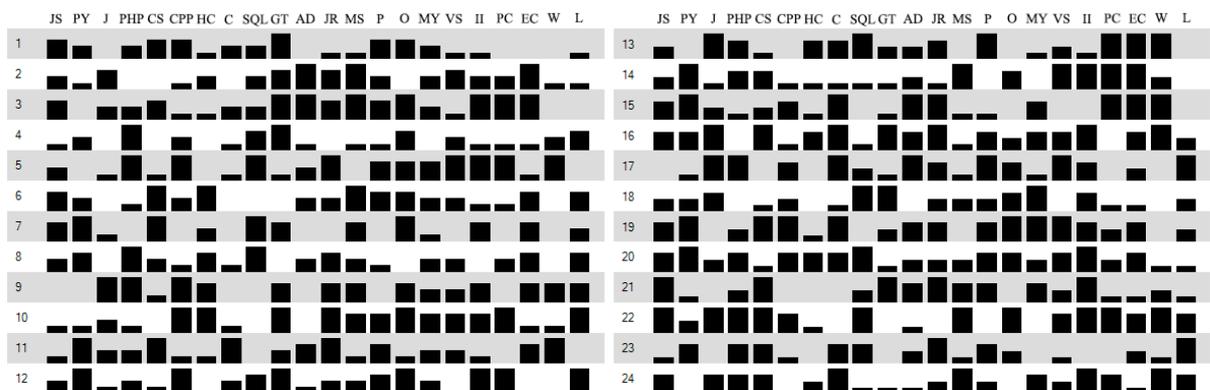


Рис. 2 – Навыки и знания программистов в выбранных технологиях

Целью явилось формирование 5 групп программистов названных «Site layout», «Frontend part», «Backend part», «Backend logic», «Database process». Помимо этих пяти групп программистов предусмотрена группа «Unemployment workers», которая включает неназначенных программистов в найденном оптимальном решении. Для каждой технологии, используемой каждой из групп, определены требования к уровню квалификации каждого и лучшего программиста. Требования к группам выглядят следующим образом: «Backend logic» {Java, 0.25, 0.75; Git, 0, 0.25; IntelliJ Idea 0.25, 0.5; Windows 0.25, 0.5}; «Site layout» {Html/CSS, 0.25, 0.75; Git, 0, 0.25; IntelliJ Idea, 0, 0.25}; «Frontend part» {JavaScript, 0.25, 0.5; Java, 0.25, 0.5; Html/CSS 0.25, 0.5; Git, 0, 0.25; IntelliJ Idea, 0, 0.25}; «Backend part» {Java, 0.25, 0.5; Git, 0, 0.25; IntelliJ Idea, 0.25, 0.5}; «Database process» {Java, 0.25, 0.5; SQL, 0.25, 0.5; Git, 0, 0.25; PostgreSQL, 0.25, 0.5; Visual Studio, 0, 0.25}.

В исследовании применен метод расчета функции эффективности назначения программистов на группы, предложенный в [1, 3, 4], но с учётом наличия разных требований для каждой из групп, а также наличия ограничения на минимальное и максимальное количество программистов в группе. Поэтому пороговая взвешенная квалификация группы  $Qualif(g)$  будет дополнительно принимать значение 0 тогда, когда количество программистов в группе не соответствует требуемому. При проведении экспериментов приняты следующие параметры в модели функции эффективности: пороговое значение общей квалификации равно 0.7, важность квалификации по лучшим программистам относительно средней квалификации – 0.5, минимальное число программистов в группе – 3 и максимальное – 5.

В основе поиска лучшего назначения программистов лежит генетический алгоритм, в котором хромосома представлена массивом, размерность которого равна числу программистов, а  $i$ -ое значение в массиве указывает группу, на которую назначен  $i$ -ый программист [1, 3, 4]. Параметры генетического алгоритма: количество хромосом в популяции равно 100, количество скрещиваемых хромосом равно 50, вероятность мутации хромосомы 0.05. Особенности работы алгоритма:

1. Для выбора хромосом, к которым применяется операция скрещивания, используется метод рулетки.
2. Не выбранные хромосомы переходят в следующее поколение.
3. На выходе каждой операции скрещивания получаем 4 хромосомы (2 родительских и 2 дочерних), из которых в следующее поколение переходят 2 лучших представителя (1 родительская и 1 дочерняя), а 2 другие переходят в список  $NSC$  не выбранных хромосом.
4. Если в новой популяции есть хромосомы со значением функции эффективности равным 0, а список  $NSC$  содержит хромосомы со значением

функции большим 0, тогда происходит замена хромосом равных нулю, на лучшие хромосомы из  $NSC$ .

Графики, показывающие промежуточные и конечные результаты работы генетического алгоритма, представлены на рисунке 3.

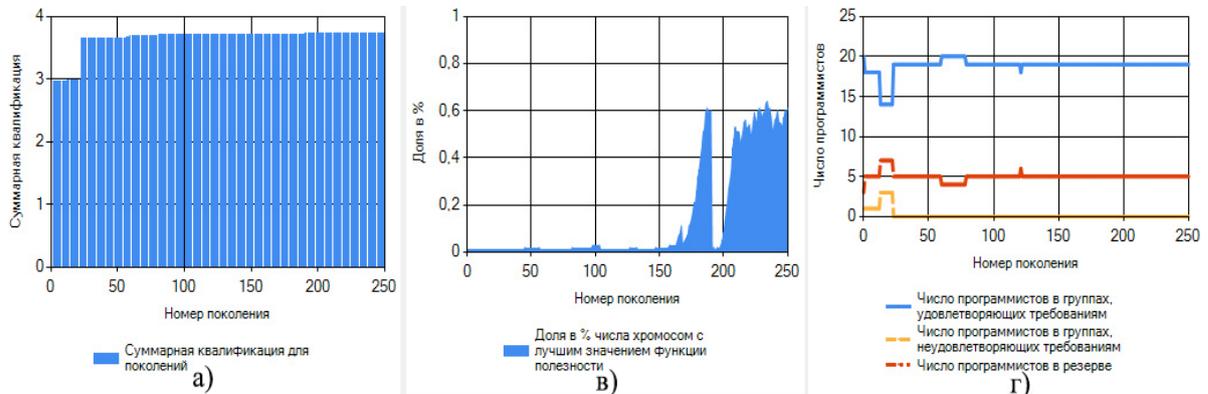


Рис.3 – Графики, показывающие процесс работы генетического алгоритма

В ходе исследования было найдено лучшее назначение программистов на группы, в котором значение функции эффективности равно 3.7557, а распределение программистов имеет вид: «Backend logic»: 13, 19, 24; «Backend part»: 3, 9, 11, 14, 18; «Database process»: 5, 6, 7, 17, 21; «Frontend part»: 10, 15, 22; «Site layout»: 12, 16, 20. Без назначения остались: 1, 2, 4, 8, 23.

Таким образом, в данной статье рассмотрен подход к распределению программистов по группам, имеющим разные требования. Подход может быть применен к решению проблемы распределения по группам не только программистов, но также и любых других работников, отвечающих за свою часть работы, в зависимости от навыков и специализации.

### Литература

1. Прихожий, А.А. Метод оценки квалификации и оптимизация состава профессиональных групп программистов / А.А. Прихожий, А.М. Ждановский // Системный анализ и прикладная информатика. – 2018, №2. – С. 4 – 11.
2. Prihozhy, A.A. Exact and greedy algorithms of allocating experts to maximum set of programmer teams / A.A. Prihozhy // System analysis and applied information science. – 2022, no. 1. – P. 40 – 46.
3. Prihozhy, A.A. Genetic algorithm of optimizing the qualification of programmer teams / A.A. Prihozhy, A.M. Zhdanouski // System analysis and applied information science. – 2020, no. 4, pp. 31 – 38.
4. Prihozhy, A.A., Zhdanouski, A.M. Genetic algorithm of optimizing the size, staff and number of professional teams of programmers / A.A. Prihozhy, A.M.

Zhdanouski // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems, Minsk, BSUIR. – 2019. – P. 305 – 310.

5. Cass, S. Top Programming Languages 2022 [Электронный ресурс] / IEEE Spectrum, 2022 – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages-2022>, свободный. – Дата доступа: 28.09.2022, – Загл. с экрана. – Яз. англ.

УДК 004.4

## **ОПТИМИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО РАСПИСАНИЯ С ЦЕЛЮ УМЕНЬШЕНИЯ РАССТОЯНИЯ, ПРОХОДИМОГО СТУДЕНТАМИ МЕЖДУ КОРПУСАМИ**

Домась А.А.

Научный руководитель – Прихожий А.А., д.т.н., профессор

Использование больших объемов информации, изменение условий образования, изменение средств и форм обучения, расширение спектра технических средств предполагают необходимость внедрения информационных технологий в образование [1 – 3].

Расписание учебных занятий является основой учебного процесса учебных заведений. То, насколько продуманно было составлено расписание, в конечном результате отражается на качестве управления учебным процессом. В процессе формирования расписания используется достаточно большой набор исходных данных, а также накладываются множества ограничивающих факторов, поэтому работа по составлению расписания требует значительных трудовых и временных затрат.

Задача составления расписания подразумевает распределение занятий таким образом, чтобы в одно и то же время не были назначены занятия у одной группы, одного преподавателя или в одной аудитории. Такая задача легко сводится к раскраске графа при условии, что известны все занятия для всех групп, которые надо провести, известны преподаватели, проводящие занятия, и известны аудитории, в которых занятия должны быть проведены. Одной из трудных проблем теории графов является проблема поиска хроматического числа, то есть поиска минимального числа цветов, необходимых для корректной раскраски вершин графа [4].

Для решения задачи составления учебного расписания, в данной работе использован алгоритм раскраски графа, построенный на жадной эвристике. В большинстве случаев жадные алгоритмы упорядочивают вершины по их степени (или относительной степени, то есть степени без учёта

окрашенных вершин). В этом есть смысл, потому что окрашивание таких вершин предоставляет наибольшее количество информации в систему.

Для разработанного алгоритма было решено использовать приоритет вершин только как второстепенный фактор. Первичным же фактором для сравнения было выбрано количество цветов, в которые вершину окрасить уже нельзя. Во многих случаях такой подход формирует полный набор цветов, поскольку рассматриваются, прежде всего, вершины, для которых приходится добавлять цвет. Кроме того, зная, что алгоритм предполагается использовать для решения задачи составления расписания, были упорядочены не только вершины, но и цвета, чтобы выполнить распределение вершин, а соответственно и нагрузки, более равномерным.

В качестве исходных данных для учебного расписания будет использоваться информация о преподавателях, группах, предметах, времени занятий, аудиториях, корпусах, днях недели и ассоциациях (связь между предметом, преподавателем и группой).

Составленное расписание представлено графом, в котором вершины соответствуют занятиям, а рёбрами соединены вершины, соответствующие занятиям у одной группы, в одной аудитории или с одним и тем же преподавателем. После раскраски такого графа расписание формируется по принципу «занятия, которые соответствуют вершинам одного цвета, могут быть проведены одновременно». На рисунке ниже представлены пример формирования графа и состояние графа после его раскраски (составления расписания).

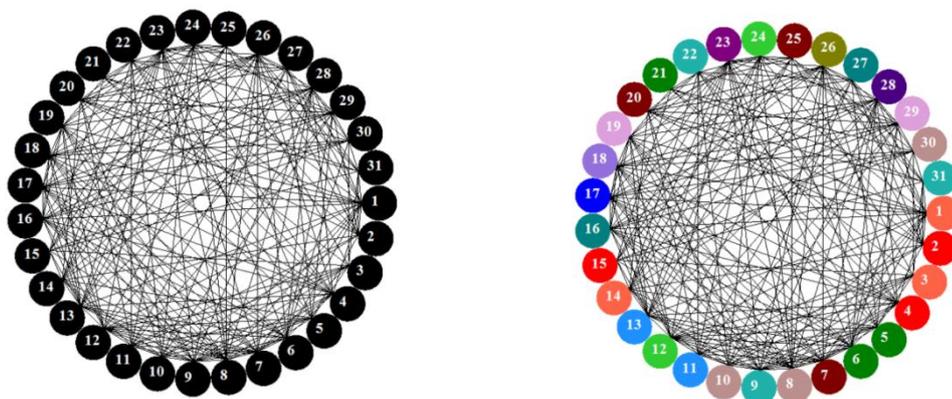


Рис. 1 – Сформированный граф и состояние графа после его раскраски (составления расписания)

Оптимизация расписания на основе алгоритма раскраски графа не гарантирует минимизацию расстояния, проходимого студентом между корпусами. Практически в каждом высшем учебном заведении осуществляется многократное перемещение студентов. В случае, когда студентам выделено во время перерыва мало времени для прохождения

большого расстояния до нужного корпуса, есть вероятность опоздания на учебное занятие. Расстояние, проходимое за день студентами, будет многократно увеличиваться, если расписание не оптимизировано в отношении перемещений. В связи с этим было принято решение о добавлении минимизации проходимого расписания посредством метода «Метод ветвей и границ». Метод ветвей и границ является базой для построения алгоритмов оптимального решения различных задач, особенно в дискретной и комбинаторной областях. Метод состоит в систематическом обходе дерева поиска таким образом, что большие подмножества неперспективных решений одновременно отсекаются и не рассматриваются в качестве кандидатов на оптимальное решение. Для этого используются оценки верхних и нижних границ оптимизируемой функции стоимости. В качестве множества решений будут выступать различные комбинации перестановок и переназначений аудиторий в учебном расписании. На рисунке 2 представлен демонстрационный пример перемещений учебных групп до и после оптимизации расписания.

Перемещения учебных групп до оптимизации расстояния					
Группа	День недели	Корпус 1 / Аудитория	Корпус 2 / Аудитория	Расстояние	Общее расстояние для группы
10701119	Вторник	к. 3, а. 115	к. 1, а. 112	23	46
	Среда	к. 3, а. 115	к. 1, а. 112	23	
10701219	Понедельник	к. 4, а. 102	к. 3, а. 115	200	246
	Вторник	к. 1, а. 112	к. 3, а. 115	23	
	Среда	к. 1, а. 112	к. 3, а. 115	23	
10701319	Понедельник	к. 3, а. 115	к. 4, а. 102	200	200
Перемещения учебных групп после оптимизации расстояния					
Группа	День недели	Корпус 1 / Аудитория	Корпус 2 / Аудитория	Расстояние	Общее расстояние для группы
10701119	Вторник	к. 3, а. 115	к. 1, а. 112	23	23
10701219	Вторник	к. 1, а. 112	к. 3, а. 115	23	23
10701319	Перемещения не обнаружены				

Рис. 2 – Перемещение учебных групп до и после оптимизации расписания

Как можно заметить на рисунке 2, после оптимизации расписания, расстояние, проходимое студентами между корпусами, уменьшилось, что является хорошим результатом работы алгоритма.

Таким образом, в данной статье рассмотрен подход составления расписания с последующей его оптимизацией с целью уменьшения расстояния, проходимого студентами между корпусами. Система предоставляет весьма гибкое решение, поскольку она учитывает

коэффициенты приоритетности при оптимизации. В данном демонстрационном примере больший приоритет оптимизации имеют учебные группы. При необходимости, больший приоритет могут иметь преподаватели, или приоритеты могут быть равны.

#### *Литература*

1. Прихожий, А.А. Распределенная и параллельная обработка данных / А.А. Прихожий. – Минск: БНТУ, 2016. – 90 с.
2. Prihozhy, A.A. Analysis, transformation and optimization for high performance parallel computing / A.A. Prihozhy. – Minsk: BNTU, 2019. – 229 p.
3. Prihozhy, A.A., Karasik O.N. Inference of shortest path algorithms with spatial and temporal locality for big data processing. Восьмая Межд. научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics», Минск, 11-12 мая 2022 года. – Минск: Бестпринт, 2022. – С. 56-66.
4. Prihozhy A. A. Optimization of data allocation in hierarchical memory for blocked shortest paths algorithms / A.A. Prihozhy // System analysis and applied information science. – 2021, no. 3. – P. 40 – 50.

УДК 519.172.1

### **ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ «ДЕРЕВО ОТРЕЗКОВ»**

Кихтенко О.Ю.

Научный руководитель – Борисова И.М., ст. преподаватель

Основная идея структуры данных «дерево отрезков» – алгоритм, который разбивает массив на отрезки, в которых уже что-то посчитано. Дерево отрезков позволяет эффективно (т.е. за асимптотику  $O(\log n)$ ) реализовать операции следующего вида: нахождение суммы/минимума элементов массива в заданном отрезке ( $a[l..r]$ , где  $l$  и  $r$  поступают на вход алгоритма), при этом дополнительно возможно изменение элементов массива: как изменение значения одного элемента, так и изменение элементов на целом подотрезке массива (т.е. разрешается присвоить всем элементам  $a[l..r]$  какое-либо значение, либо прибавить ко всем элементам массива какое-либо число).

Есть несколько способов реализации и хранения данной структуры данных, которые имеют свои преимущества и недостатки и в данной работе будут отражены самые основные из них.

Древовидная структура может быть реализована на указателях или на массивах с пред просчётом координат вершин. Ниже приведена универсальная математическая модель для построения дерева суммы. Модель имеет вид бинарного дерева (Рис. 1).

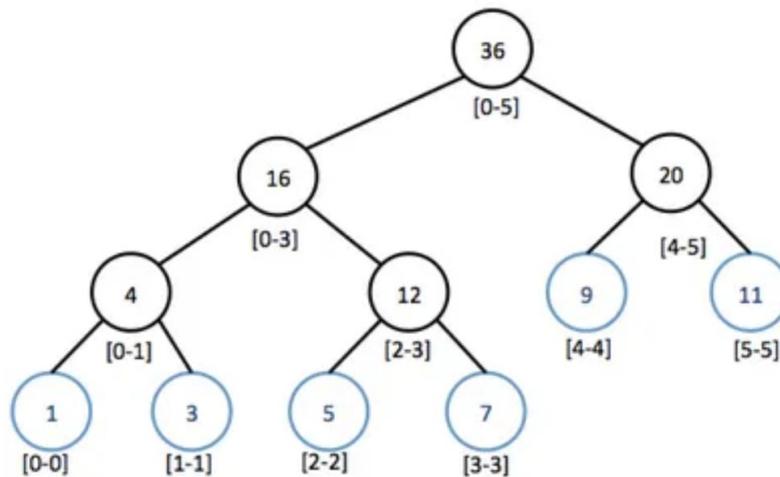


Рис.1. Математическая модель построения дерева суммы

Самый простой способ реализовать дерево отрезков – это явно сохранить все, что нам нужно, в узле: включая границы сегмента массива, сумму и указатели на его дочерние элементы. Преимуществом такого подхода является быстрота написания кода при хороших знаниях ООП и простая идея хранения и доступа к данным, однако минусами будут сложность поиска ошибок, скорость обработки и доступа к данным, так как используются ссылки.

С использованием ООП, можно рекурсивно реализовать дерево отрезков самым явным образом (Рис. 2):

```

struct segtree {
    int lb, rb;
    int s = 0;
    segtree *l = nullptr, *r = nullptr;

    segtree(int lb, int rb) : lb(lb), rb(rb) {
        if (lb + 1 < rb) {
            int m = (lb + rb) / 2;
            l = new segtree(lb, m);
            r = new segtree(m, rb);
        }
    }

    void add(int k, int x) { /* react to a[k] += x */ }
    int sum(int k) { /* compute the sum of the first k elements */ }
};
  
```

Рис.2. Фрагмент программного кода хранения структуры данных

Однако поскольку дерево отрезков является типом двоичного дерева, можно использовать макет для хранения его узлов в одном большом массиве и использовать индексную арифметику для навигации по нему.

Более формально определяется узел 1 как корень, содержащий сумму всего массива  $[0, n)$ . Затем для каждого узла  $v$ , соответствующего диапазону  $[l, r]$ , мы определяем:

– Узел  $2v$  должен быть его левым дочерним элементом, соответствующим диапазону:  $[l, \lfloor \frac{l+r}{2} \rfloor)$ ,

– узел  $(2v+1)$  должен быть его правым дочерним элементом, соответствующим диапазону:  $[\lfloor \frac{2l+r}{2} \rfloor, r)$ .

Когда  $n$  – совершенная степень двойки, этот макет очень хорошо упаковывает все дерево. Однако, когда  $n$  не является степенью двойки, макет перестает быть компактным: хотя все еще есть ровно  $(2n-1)$  узлов, независимо от того, как мы разделяем сегменты, они больше не отображаются идеально в диапазоне  $[1, 2n)$ .

Преимуществом этой реализации является простота и легкость написания кода, легкое чтение кода, а доступ к элементам требует меньше времени, однако к достаточно существенным минусам можно отнести количество памяти, которое необходимо для работы алгоритма и замедленная скорость написания.

Важной частью научной работы является визуализация графической составляющей алгоритма. Проект написан с использованием Microsoft Visual Studio 2019 и технологии пользовательского интерфейса .NET – Windows Forms.

Программа имеет два окна с пользовательским графическим интерфейсом. Первое окно для входных данных, а второе является основным и графически демонстрирует работу алгоритма с поэтапным обходом и установкой меток (Рис. 2).

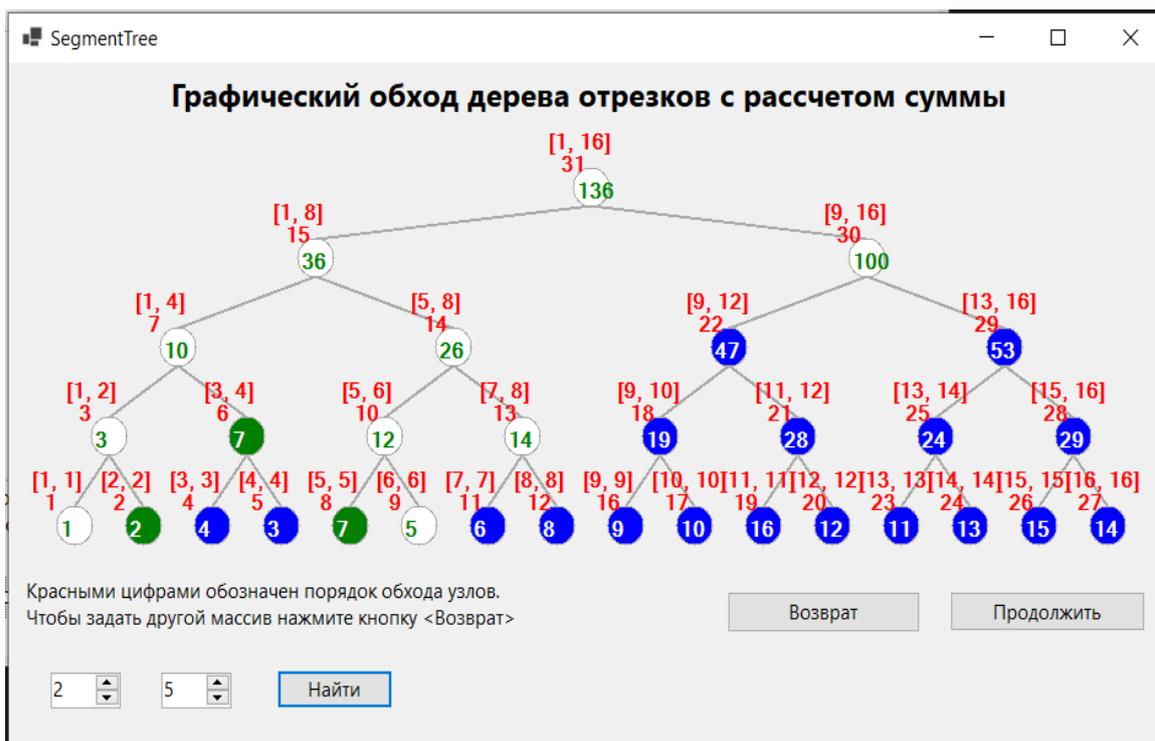


Рис 3. Скриншот выполнения программного кода

Данная работа имеет научный интерес, и основная суть исследования в оценке сложности и оптимальности различных способов хранения структуры данных, а также реализация визуального обхода дерева для лучшего понимания работы алгоритма.

### Литература

1. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2017. – 1280 с.
2. Сайт e-maxx.ru, – [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: [https://e-maxx.ru/alg/segment\\_tree](https://e-maxx.ru/alg/segment_tree) – Дата доступа: 21.04.2023
3. Сайт en.algorithmica.org. – [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://en.algorithmica.org/hpc/data-structures/segment-trees/> – Дата доступа: 21.11.2022

## **ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕДАХ**

Крупкин Т.С.

Научный руководитель – Гурский Н.Н., к.т.н., доцент

Программные технологии моделирования динамических процессов в виртуальных средах используются для создания компьютерных моделей, которые позволяют исследовать и анализировать различные физические, биологические и социально-экономические процессы.

Среди таких технологий можно выделить следующие:

1. Компьютерное моделирование – это процесс создания математических моделей, которые описывают физические или социально-экономические процессы. Эти модели затем используются для анализа и оптимизации этих процессов. Примеры ПО:

- MATLAB, Mathcad, Octave, Scilab - программы для создания математических моделей и анализа результатов моделирования;
- COMSOL Multiphysics, ANSYS Fluent, OpenFOAM - программы для моделирования физических процессов, таких как теплопередача, гидродинамика, механика твердых тел.

2. Графические средства моделирования – это программы, которые позволяют создавать трехмерные модели объектов и сцен. Они могут быть использованы для создания виртуальных сред, в которых можно проводить моделирование различных процессов. Примеры ПО:

- Blender, Maya, 3DS Max - программы для создания трехмерных моделей объектов и сцен;
- Unity, Unreal Engine, CryEngine - программы для создания виртуальных сред и моделирования в них различных процессов.

3. Системы визуализации – это программные средства, которые используются для визуализации данных, полученных в результате моделирования. Они позволяют представлять данные в виде графиков, диаграмм, таблиц и других форматов. Примерами являются Microsoft Excel, Tableau, ParaView и другие программы.

4. Средства симуляции – это программы, которые позволяют моделировать динамические процессы в реальном времени. Они могут

быть использованы для анализа и оптимизации работы различных систем, например, автомобилей, летательных аппаратов и т.д. Примеры ПО:

- Simulink, LabVIEW, Dymola - программы для моделирования и симуляции систем управления, автоматического управления, робототехники и других областей.

5. Средства виртуальной реальности – это технологии, которые позволяют создавать виртуальные среды, в которых пользователь может взаимодействовать с объектами и проводить моделирование различных процессов. Примеры технологий:

- Oculus VR, HTC Vive, PlayStation VR - гарнитуры виртуальной реальности, позволяющие взаимодействовать с виртуальными объектами;
- Unity, Unreal Engine, CryEngine - программы для создания виртуальных сред и взаимодействия с ними.

Все эти технологии позволяют создавать виртуальные модели, которые могут быть использованы для исследования и оптимизации различных динамических процессов в различных областях, в том и числе и для моделирования системы биологических популяций.

Системы биологических популяций – это одно из важнейших направлений экологических исследований, направленных на понимание динамики различных видов живых организмов и их взаимодействия в естественных экосистемах. Создание компьютерных моделей популяционной динамики помогает более глубоко изучить их поведение и прогнозировать возможные изменения в экосистемах.

В настоящей работе рассматривается программная модель такой экосистемы для моделирования системы биологических популяций средствами Unity. Разработаны трехмерные модели объектов (см. рис.1) и приложение (рис. 2), предоставляющее пользователю возможность настраивать и управлять свойствами этих объектов, устанавливать скорость их передвижения и поведение в различных условиях.

Также реализована визуализация различных сценариев, например, изменение условий среды, воздействие на популяцию других видов организмов и т.д. Пользователь может изменять параметры популяции и экосистемы, например, количество растений, зайцев, волков и кабанов, скорость их размножения, скорость движения и поведение в различных условиях, а также режим взаимодействия между разными видами.

Для моделирования взаимодействия между различными видами живых организмов используются скрипты и компоненты Unity, например, скрипты, управляющие движением зайцев и их взаимодействием с

растениями, а также их поведением в случае нападения волков и правилами их роста и размножения.



Рис. 1. Популяции, представленные в программе



Рис.2. Графическое представление программы

В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І
Количество особей							
Год	0	1	2	3	4	5	6
Растения	45	24	43	25	30	25	32
Зайцы	35	35	67	84	87	69	82
Кабаны	20	20	17	18	27	36	43
Волки	9	9	10	10	11	19	24
Всего	64	64	94	112	125	124	149
Смерти растений							
Год	0	1	2	3	4	5	6
Были съедены	0	26	30	72	70	122	114
От старости	0	31	4	37	11	40	14
От голода	0	0	0	0	0	0	0
Смерти зайцев							
Год	0	1	2	3	4	5	6
Были съедены	0	0	4	1	8	2	10
От старости	0	0	0	0	2	2	2
От голода	0	0	10	24	57	73	88
Смерти кабанов							
Год	0	1	2	3	4	5	6
Были съедены	0	0	3	1	3	3	5
От старости	0	0	0	0	0	0	0
От голода	0	0	3	2	4	8	11
Смерти волков							
Год	0	1	2	3	4	5	6
Были съедены	0	0	0	0	0	0	0
От старости	0	0	0	0	0	0	0
От голода	0	0	1	0	2	1	3

Рис. 3. Статистические данные в Excel

Приложение имеет интерактивный интерфейс для управления и наблюдения за динамикой, происходящих изменений в системе, а также средства анализа статистических данных и передачи их в другие приложения для последующего сохранения и протоколирования (см. рис. 3).

Заключение.

Использованные современные программные технологии, и, разработанное на платформе Unity приложение, позволяют провести моделирование рассмотренной экосистемы биологических популяций.

Приложением может быть масштабировано для создания компьютерных моделей другой физической направленности, в том числе, технической для проведения исследований и оптимизации различных динамических процессов.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДАННЫХ И ИХ ХРАНЕНИЯ**

Радюк Д.А., Нестереня В.А.

Научный руководитель – Барышев А.А., старший преподаватель

В настоящее время сохранение и передача конфиденциальных данных является одной из наиболее актуальных проблем современной информационной технологии. Частые случаи утечек данных и взломов информационных систем подчеркивают важность обеспечения безопасности хранения и передачи данных. В этой связи, технология блокчейн может быть решением данной проблемы. В данном докладе будет рассмотрено применение технологии блокчейн для обеспечения безопасности данных и их хранения. В докладе будет описана суть технологии блокчейн, а также ее преимущества и недостатки в сравнении с традиционными системами хранения и передачи данных. Будут рассмотрены примеры использования технологии блокчейн в различных сферах и областях, а также ее потенциал для дальнейшего развития и улучшения безопасности данных.

Технология блокчейн представляет собой децентрализованную базу данных, в которой каждый участник сети имеет копию всех записей. Вместо централизованного сервера, который хранит все данные, участники сети создают блоки информации, которые связаны друг с другом цепочкой. Каждый блок содержит информацию о предыдущем блоке, что обеспечивает целостность данных и невозможность их изменения.

Преимуществами технологии блокчейн являются децентрализация, надежность, прозрачность и невозможность внесения изменений в записи блокчейна без согласия всех участников сети. Однако, у данной технологии также есть недостатки, такие как высокая сложность реализации, большие затраты на энергию и масштабирование сети.

*Применение технологии блокчейн для обеспечения безопасности данных и их хранения*

Например, в финансовой сфере технология блокчейн может быть использована для создания безопасных и прозрачных систем расчетов, которые исключают возможность мошенничества. В здравоохранении технология блокчейн может помочь обеспечить безопасное хранение медицинских данных пациентов и установить контроль над доступом к ним. В государственном управлении технология блокчейн может быть использована для создания безопасной системы выборов, которая исключает возможность подделки результатов голосования. В области

хранения данных в облаке технология блокчейн может обеспечить защиту от несанкционированного доступа к данным и предотвратить утечки информации.

Применение технологии блокчейн для обеспечения безопасности данных и их хранения имеет несколько преимуществ. Во-первых, блокчейн обеспечивает защиту данных от несанкционированного доступа и вмешательства третьих лиц. Во-вторых, блокчейн может помочь создать прозрачную и надежную систему хранения данных. В-третьих, благодаря технологии блокчейн можно обеспечить достоверность и неподдельность данных.

#### *Реализация технологии блокчейн*

Реализация технологии блокчейн зависит от выбранного типа блокчейна и цели его применения. Для создания публичного блокчейна необходимо использовать открытые алгоритмы шифрования и механизмы консенсуса. Приватный блокчейн может быть реализован с использованием закрытых ключей и ограниченного числа участников. Гибридный блокчейн сочетает в себе преимущества обоих типов.

Смарт-контракты являются одним из основных инструментов реализации технологии блокчейн. Они представляют собой автоматически исполняемые контракты, которые работают на основе блокчейна и позволяют выполнять программные операции в автоматическом режиме. Технология блокчейн предоставляет новые возможности для обеспечения безопасности данных и их хранения. Она позволяет улучшить надежность и целостность данных, а также предотвращает возможность их подмены или изменения. Благодаря принципу консенсуса, технология блокчейн создает надежную и безопасную среду для хранения и передачи данных.

Однако, необходимо учитывать некоторые ограничения и недостатки технологии блокчейн. В частности, она может быть менее эффективной в обработке большого объема данных, а также требует больших вычислительных ресурсов. Кроме того, вопросы правового регулирования использования блокчейн-технологий до сих пор остаются открытыми.

Тем не менее, технология блокчейн имеет большой потенциал для применения в различных сферах, включая финансовый сектор, здравоохранение, государственное управление и многие другие. Она может стать важным инструментом для обеспечения безопасности и надежности хранения и передачи данных.

Таким образом, применение технологии блокчейн для обеспечения безопасности данных и их хранения может стать одним из важных решений современных проблем современной информационной технологии. Информационная система "Кафедра" с модулем "Кадры" предоставляет функции добавления, редактирования и удаления сотрудников, а также формирование отчетности.

Система обеспечивает надежное хранение информации и быстрый доступ к ней. Модуль "Кадры" интегрирован с другими модулями системы "Кафедра", обеспечивая полный контроль над кафедрой в целом.

### *Литература*

1. Накамото, С. Биткоин: Система электронных денег на основе равенства, 2008.
2. Суон, М. Блокчейн: чертеж новой экономики. O'Reilly Media, Inc, 2017.
3. Тапскотт, Д., & Тапскотт, А. Блокчейн революция: как технология за биткоином меняет деньги, бизнес и мир. Пер. с англ. С. Гусевой. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2017.
4. Кросби, М., Паттанаяк, П., Верма, С., & Калянараман, В. Технология блокчейн: за рамками биткоина. Applied Innovation, 2016. 2(6-10), 71-81.
5. Чжэн, Ч., Си, С., Дай, Х. Н., Чен, У., & Ван, Х. Обзор технологии блокчейн: архитектура, консенсус и будущие тенденции. В сб. материалов IEEE International Congress on Big Data, 2017. (с. 557-564).

УДК 004.421.4

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ»**

Ашейчик Д.С.

Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент

Формирование списка преподавателей является одной из обязательных задач образовательных учреждений, которая напрямую влияет на качество образовательного процесса [1]. Составление списка преподавателей требует комплексного подхода, учета потребностей образовательного учреждения и квалификационных требований к преподавателям. В связи с большим количеством преподавателей весьма затруднительно вручную и не системным образом обрабатывать при необходимости весь объем персонифицированной информации, выполнять вручную множество операций, таких как изменение, быстрый поиск и удаление записей.

С целью предотвращения потери информации о преподавателях и автоматизации процесса заполнения данных было разработано приложение "Формирование списка преподавателей".

Данное приложение было реализовано с использованием среды разработки IntelliJ IDEA на языке программирования Java. Для создания

графического интерфейса были выбраны библиотеки Swing и AWT. Для хранения данных используется база данных MySQL WorkBench.

Главное окно приложения представлено на рисунке 1.

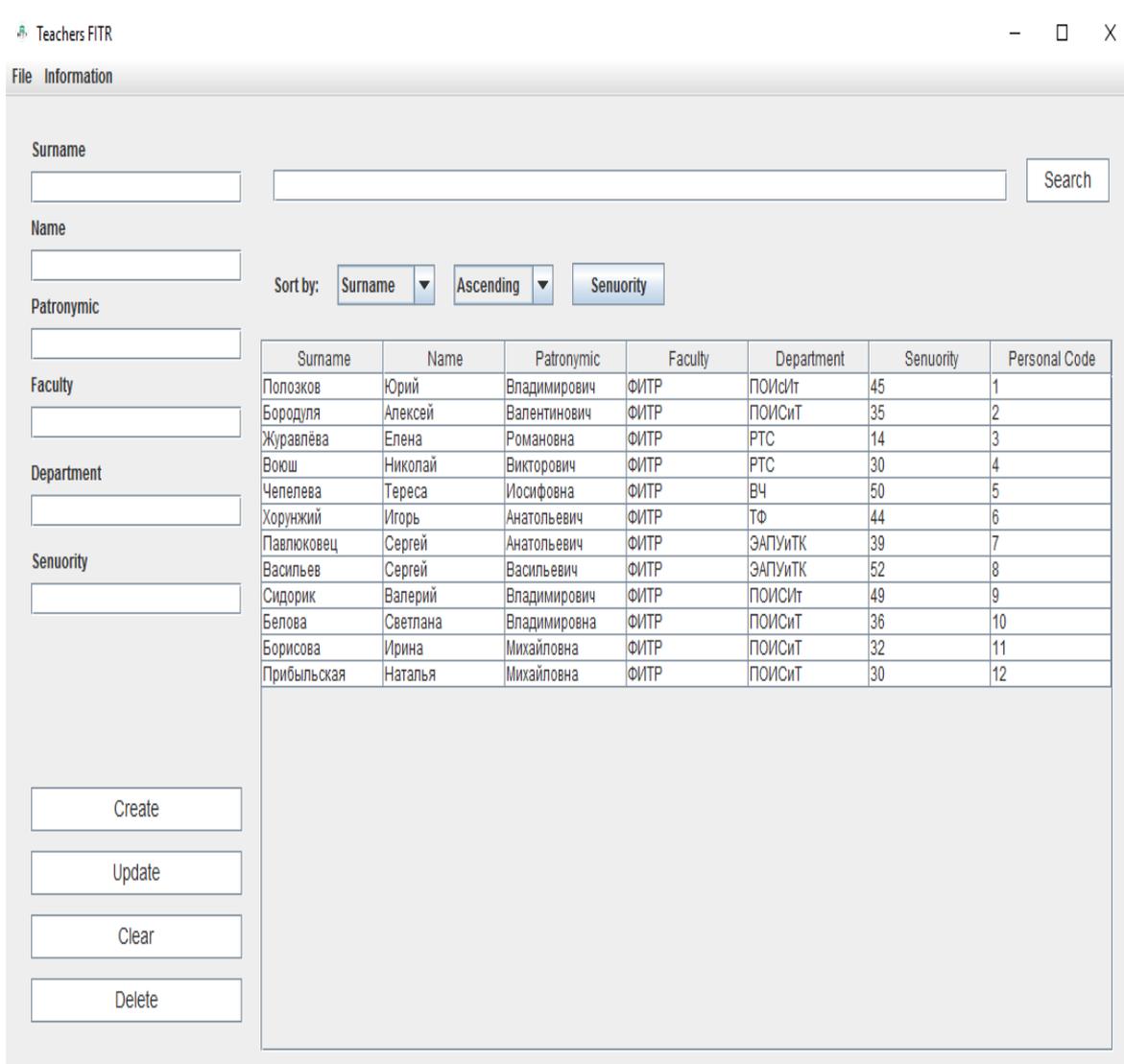


Рис. 4 – Главное окно приложения

Функциональные возможности программы позволяют решать следующие задачи: добавление и удаление преподавателей, редактирование данных, поиск преподавателей по их уникальному номеру, просмотр данных с сортировкой по стажу работы; фамилии, имени, отчеству в порядке возрастания и убывания.

На рисунке 2 представлено окно для добавления преподавателя в список программы.

Surname

Name

Patronymic

Faculty

Department

Senuority

Рис. 2 – Окно добавления преподавателя в список

На следующих рисунках показаны функциональные возможности данного приложения:

Surname

Name

Patronymic

Faculty

Department

Senuority

Рис. 3, 4 – Поиск преподавателя по ID

Для удобства работы с данными пользователь может использовать возможности сортировки и выбора из предложенных вариантов.

Sort by: Surname Ascending Senuority

Surname	Name	Patronymic	Faculty	Department	Senuority	Personal Code
Белова	Светлана	Владимировна	ФИТР	ПОИСиТ	36	10
Борисова	Ирина	Михайловна	ФИТР	ПОИСиТ	32	11
Бородуля	Алексей	Валентинович	ФИТР	ПОИСиТ	35	2
Васильев	Сергей	Васильевич	ФИТР	ЭАПУиТК	52	8
Воюш	Николай	Викторович	ФИТР	РТС	30	4
Журавлёва	Елена	Романовна	ФИТР	РТС	14	3
Павлюковец	Сергей	Анатольевич	ФИТР	ЭАПУиТК	39	7
Полозков	Юрий	Владимирович	ФИТР	ПОИСиТ	45	1
Прибыльская	Наталья	Михайловна	ФИТР	ПОИСиТ	30	12
Сидорик	Валерий	Владимирович	ФИТР	ПОИСиТ	49	9
Хорунжий	Игорь	Анатольевич	ФИТР	ТФ	44	6
Чепелева	Тереса	Иосифовна	ФИТР	ВЧ	50	5

Рис. 5 – Сортировка записей по фамилии в порядке возрастания

Sort by: Surname Descending Senuority

Surname	Name	Patronymic	Faculty	Department	Senuority	Personal Code
Васильев	Сергей	Васильевич	ФИТР	ЭАПУиТК	52	8
Чепелева	Тереса	Иосифовна	ФИТР	ВЧ	50	5
Сидорик	Валерий	Владимирович	ФИТР	ПОИСиТ	49	9
Полозков	Юрий	Владимирович	ФИТР	ПОИСиТ	45	1
Хорунжий	Игорь	Анатольевич	ФИТР	ТФ	44	6
Павлюковец	Сергей	Анатольевич	ФИТР	ЭАПУиТК	39	7
Белова	Светлана	Владимировна	ФИТР	ПОИСиТ	36	10
Бородуля	Алексей	Валентинович	ФИТР	ПОИСиТ	35	2
Борисова	Ирина	Михайловна	ФИТР	ПОИСиТ	32	11
Воюш	Николай	Викторович	ФИТР	РТС	30	4
Прибыльская	Наталья	Михайловна	ФИТР	ПОИСиТ	30	12
Журавлёва	Елена	Романовна	ФИТР	РТС	14	3

Рис. 6 – Сортировка записей по стажу работы в порядке убывания

Для более наглядного отображения возможностей пользователя используется Use-case диаграмма:

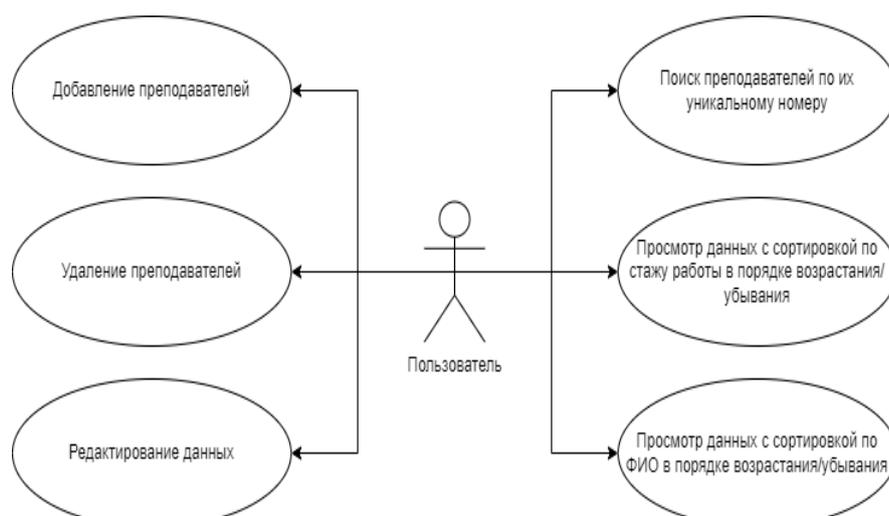


Рисунок 7 – Use-case диаграмма

Приложение обладает понятным и комфортным интерфейсом, что облегчит пользователю работу с данными.

### *Литература*

1. Рудковский, Д.В. Функциональный модуль web-приложения для планирования и учета нагрузки преподавателя [Текст] / Д. В. Рудковский, В. В. Сидорик // Информационные технологии и системы: проблемы, методы, решения : материалы Республиканской научно-технической конференции, секция «Автоматизация процессов и производств», Минск, БНТУ, 22-23 ноября 2018 г. : Минск : БНТУ, 2018. – С.54-55.

УДК 004.421.4

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «УЧЕТНЫЕ ДАННЫЕ СТУДЕНТОВ»**

Кихтенко О.Ю.

Научный руководитель – Сидорик В.В., к. физ.-мат. н., доцент

Актуальность разработки компьютерного приложения «Учётные данные студентов» обуславливается тем, что всегда был важен вопрос хранения данных об обучающихся в учебных заведениях. Интерфейс и функционал приложения проектировался таким образом, чтобы он был понятен новому пользователю. Так же в приложении реализован вход по логину и паролю для дополнительной защиты данных.

Средой разработки данного приложения была выбрана IntelliJ IDEA 2022. Язык программирования Java. Архитектура приложения строилась на основе Model-View-Controller, а интерфейс был разработан с помощью технологии Java Swing [1]. Все создаваемые и читаемые программой, хранятся с использованием СУБД MySQL.

Основной функционал приложения: создание, редактирование, сохранение и удаление студентов и групп студентов, проверка на правильность введённых пользователем данных, предупреждающие окна о неверных действиях пользователя.

Окно входа в систему (рис. 1).

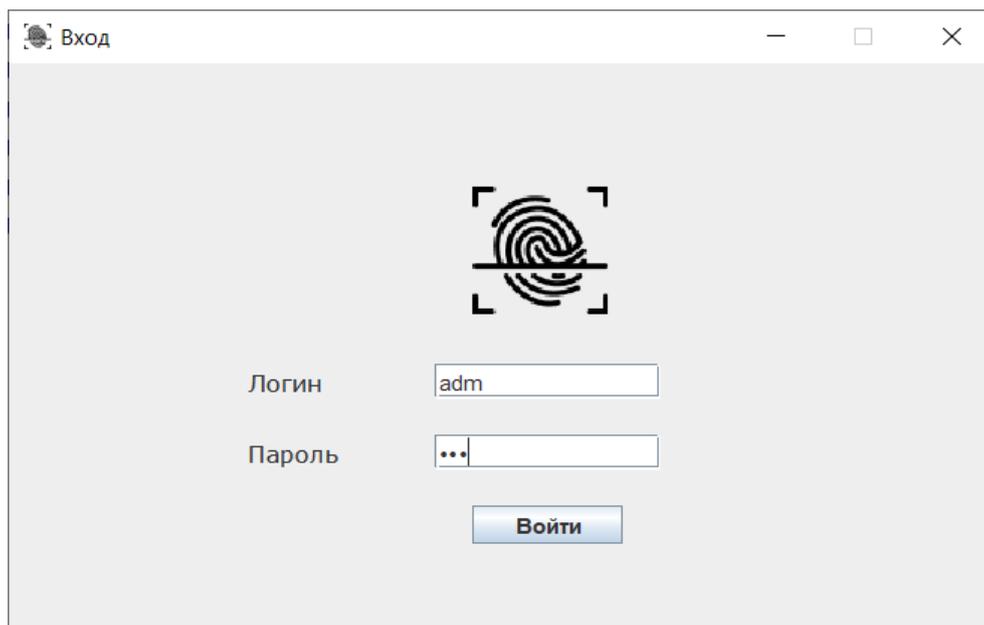


Рис.1. Окно входа в систему

Далее приведено окно создания группы с возможностью перепроверки введенных данных (рис 2.).

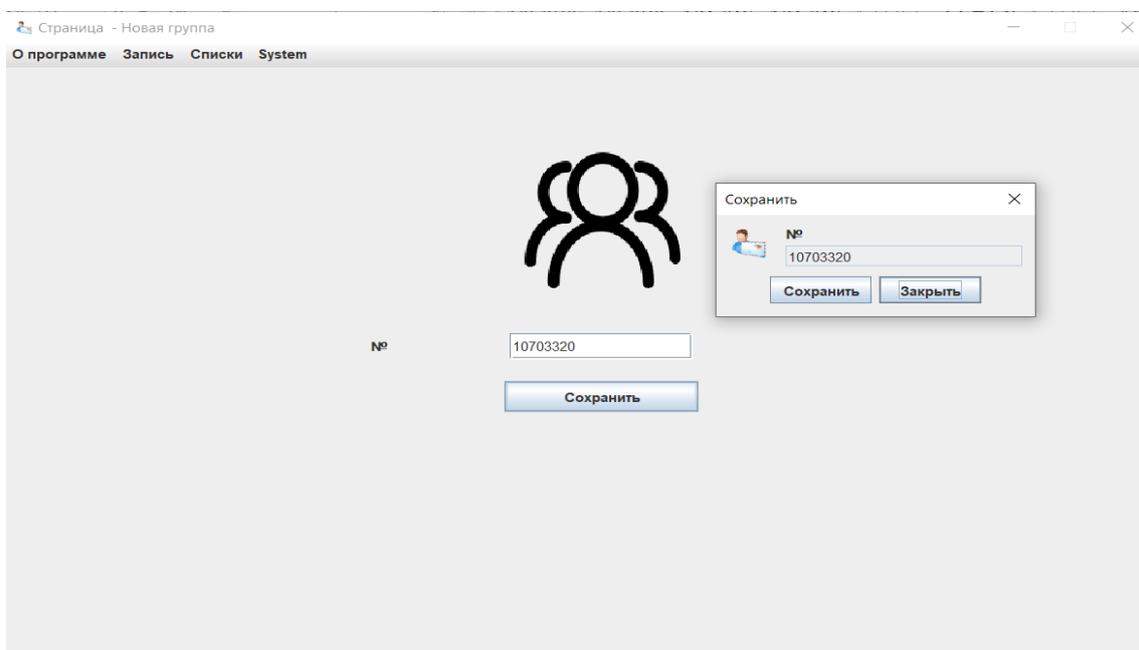


Рис.2. Окно создания списка группы

На рис. 3. представлено окно для добавления студента в список программы. Пользователь имеет возможность внесения данных.

Страница - Новый студент

О программе Запись Списки System

Новый студент

Имя

Фамилия

Группа

Дата рождения

Номер зачетн...

Адрес

Номер тел.

Сохранить

Рис. 3. Окно создания и добавления студента.

Окно вывода списка студентов с выбором соответствующей группы представлено на рис. 4. На этом окне так же имеется возможность редактирования данных конкретного студента.

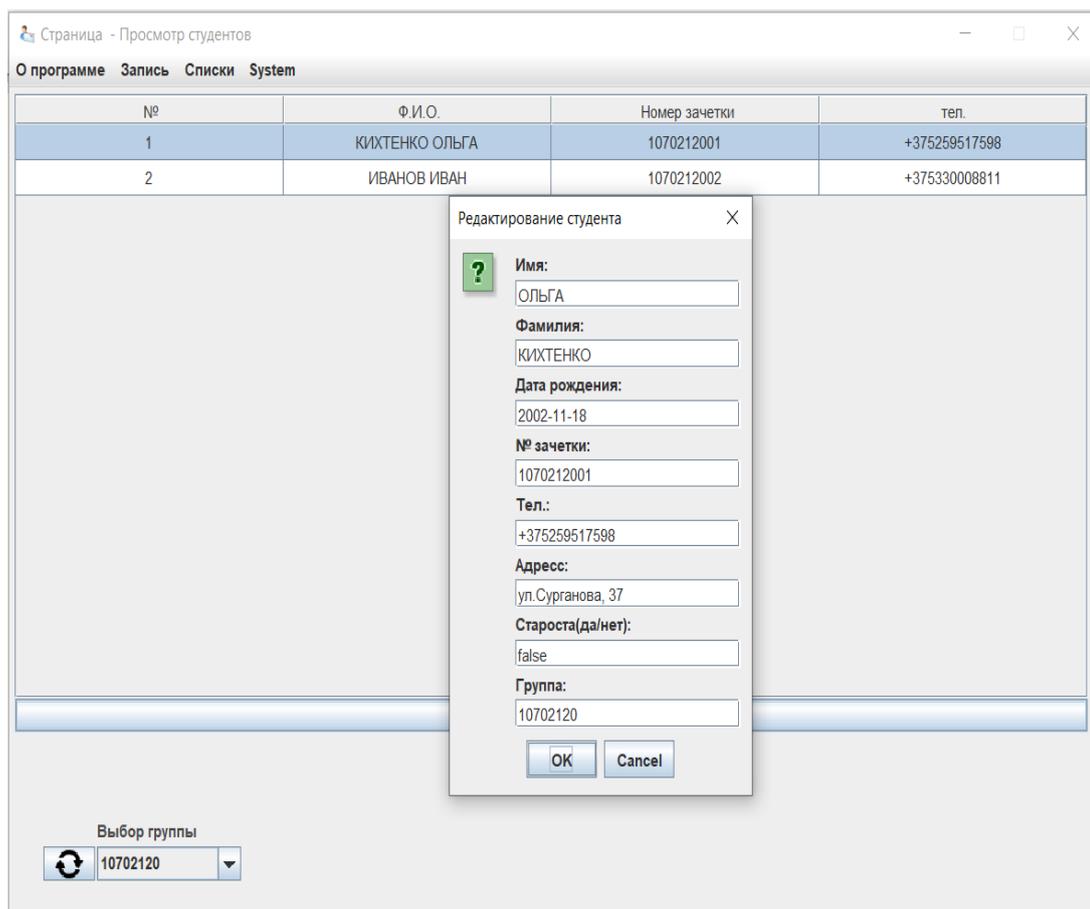


Рис. 4. Окно программы в заполненном виде с выбранным для просмотра студентом.

Интерфейс приложения позволяет обеспечить лёгкую работу пользователя при работе с Windows-приложениями. Данная работа продолжает и развивает цикл работ [2], направленных на информатизацию учебного процесса.

### *Литература*

1.Шилдт, Герберт. Ш57. Java: руководство для начинающих, 7-е изд. Пер. с англ. - СПб. : ООО "Диалектика", 2019 - 816 с. : ил. – Парал. тит. англ. // ООО "Диалектика"; 195027, Санкт-Петербург, Магнитогорская ул., д. 30, лит. А, пом. 848. – С. 615-657.

2.Рудковский, Д.В. Функциональный модуль web-приложения для планирования и учета нагрузки преподавателя [Текст] / Д. В. Рудковский, В. В. Сидорик // Информационные технологии и системы: проблемы, методы, решения : материалы Республиканской научно-технической конференции, секция «Автоматизация процессов и производств», Минск, БНТУ, 22-23 ноября 2018 г. : Минск : БНТУ, 2018. – С.54-55.

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОРГАНИЗАЦИИ И  
УПРАВЛЕНИИ УЧРЕЖДЕНИЕМ ОБРАЗОВАНИЯ: ПРИЛОЖЕНИЕ  
«АДРЕСНАЯ КНИГА»**

Кусакова С.С.

Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент

Современное общество невозможно представить без информационных технологий. Информационные технологии (ИТ) прочно вошли во все сферы нашей жизни, включая повседневную и профессиональную. Одним из перспективных и важным направлением использования ИТ является образовательный процесс. ИТ внедряются во все аспекты деятельности учреждений образования. ИТ напрямую влияют на темпы и скорость учебного процесса, благодаря широкому и открытому доступу к различным информационным ресурсам и языковой барьер здесь не является препятствием. Важным аспектом ИТ является чрезвычайно эффективная работа с большим количеством информации, включая ее накопление, хранение, обработку и изменение. В идеале необходимо обеспечить учреждения образования корпоративными системами, позволяющими совместить фонд учебных ресурсов, лекционный процесс, практикумы, самостоятельную работу, организационные вопросы, делопроизводство и на этой основе решать все задачи управления учреждением и собственно обучения. Проблема является комплексной и очень сложной. Решить ее сразу и в полном объеме не представляется возможным. Необходимо провести декомпозицию на меньшие и менее сложные системы и затем переходить к их интеграции.

В этой связи было разработано и реализовано приложение «Адресная книга». Данное приложение было спроектировано с использованием среды разработки IntelliJ IDEA на языке программирования Java. Для полноценного функционирования приложения было необходима реализация хранения данных с использованием БД. В данном приложении используется реляционная база данных MySQL. Для создания графического интерфейса для взаимодействия пользователя с функционалом приложения используется библиотека Swing.

Функциональные возможности программы позволяют решать комплекс организационных и управленческих задач: учет данных об адресе проживания, их хранение в базе данных, добавление и удаление информации о пользователе и об адресе проживания, возможность редактирования информации об жильце, функция с возможностью выселить и поселить жильца по выбранному адресу.

Use-case диаграмма представлена на рис. 1.



Рис. 1 – Use-case диаграмма

Для работы с БД были созданы соответствующие классы в директориях `service` и `dao`. Классы директории `dao` имеют прямое взаимодействие с БД, а классы директории `service` настраивают это взаимодействие с дополнительными ограничениями. На рис. 2 приведена UML диаграмма взаимодействия классов `service` с соответствующими классами `dao`. Так же на диаграмме отображены методы взаимодействия с БД.

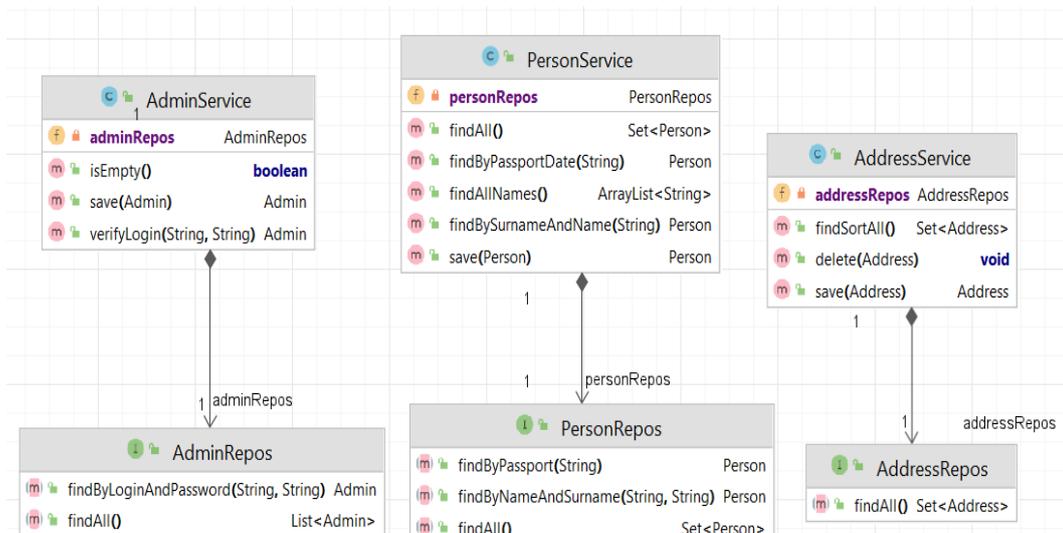


Рис. 2 – Диаграмма описания взаимодействия классов при работе с БД

На рис. 3-6 показаны примеры графических окон, иллюстрирующих функциональные возможности данного приложения.

Рис. 3 – Добавление информации об пользователе

Рис. 4 – Возможность добавить, просмотреть информацию и удалить адрес проживания

№	Город, улица	Дом	Квартира
1	Витебск, Красная	10	22
2	Минск, Восточная	38	11
3	Жлобин, Ленина	7	49
4	Могилев, Солнечная	7	4
5	Минск, Уборевича	16	22
6	Великий Новгород, Устинова	6	210

Рис. 5 – Просмотр списков адресов проживания, возможность редактировать данные о жильце

Рис. 6 – Функция с возможностью выселить и поселить жильца

Программа имеет удобный и понятный пользовательский интерфейс, выводит все необходимые пояснения и подсказки.

### *Литература*

1. Рудковский, Д.В. Функциональный модуль web-приложения для планирования и учета нагрузки преподавателя [Текст] / Д. В. Рудковский, В. В. Сидорик // Информационные технологии и системы: проблемы, методы, решения : материалы Республиканской научно-технической конференции, секция «Автоматизация процессов и производств», Минск, БНТУ, 22-23 ноября 2018 г. : Минск : БНТУ, 2018. – С.54-55.

УДК 004.421.4

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ "КНИГА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ"**

Ничипорук В.А.

Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент

В современном мире постоянно увеличивается диапазон задач, решаемых с использованием компьютерной техники. Организация учебного процесса также невозможна без использования современных информационных технологий. Это требует наличия и работоспособности целого парка различных устройств.

Конечно, учет компьютерной техники, наряду с прочими материальными активами, ведется в рамках бухгалтерского учета, но есть некоторые важные аспекты, которые в нем не отражаются. Например, из данных бухгалтерского учета не ясно, исправно устройство или требует ремонта; сложно оценить укомплектованность компьютерной техникой учебных классов, поскольку нельзя сформировать выборку по местонахождению. В бухгалтерском учете чаще всего не отражены подробные характеристики устройства, что не позволяет сделать вывод о его совместимости с современным программным обеспечением и оценить необходимость модернизации либо замены.

В связи с вышеперечисленным имеется потребность разработать приложение с расширенным функционалом учета компьютерной техники. В первую очередь поставлена задача реализовать возможности анализа укомплектованности учебных классов компьютерной техникой и оценки ее работоспособности. Использование выборки из книги устройств по типам с фильтром по году выпуска позволит ориентировочно оценить

потребность обновления компьютерной техники в перспективе, что будет полезно при формировании годового плана закупок.

Для реализации приложения выбран язык программирования Java, преимуществами которого являются кроссплатформенность, надежность, высокая производительность, взаимодействие с базами данных, поддержка ООП [1]. Графический интерфейс разработан с использованием библиотеки Swing.

На рис. 1 представлено главное окно приложения, содержащее список устройств.

Инв №	Тип	Год выпуска	Состояние	Описание	Местонахождение
1	настольный	2018	исправен	G4600 4Gb 500Gb	корп. 1 комн. 314
2	МФУ	2020	исправен	Canon 237	корп. 8 комн. 214
3	ноутбук	2008	списан	Aser Athlon 4Gb 500Gb	.. корп. 11 комн. 225
4	сервер	2017	исправен	Dell R314 x5665 24Gb 2Tb	... корп. 11 комн. 225
5	сервер	2017	исправен	HP DL360p E5-2680 128Gb 6Tb	... корп. 11 комн. 220
6	принтер	2020	исправен	Triumph 4532p	корп. 11 комн. 220
7	принтер	2020	исправен	Triumph 4532p	корп. 11 комн. 225
8	МФУ	2021	исправен	Kyocera 2135	корп. 11 комн. 225
9	МФУ	2021	исправен	Canon 3010	корп. 11 комн. 220
10	МФУ	2017	исправен	Canon 3010	корп. 11 комн. 212
11	настольный	2020	исправен	i3-9100F 8Gb 480Gb	.. корп. 11 комн. 225
12	настольный	2020	исправен	i3-9100F 8Gb 480Gb	.. корп. 11 комн. 225
13	настольный	2020	исправен	i3-9100F 8Gb 480Gb	.. корп. 11 комн. 225
14	настольный	2019	исправен	Ryzen-3 8Gb 256Gb	.. корп. 11 комн. 220
15	настольный	2019	исправен	Ryzen-3 8Gb 256Gb	.. корп. 11 комн. 220
16	настольный	2019	исправен	Ryzen-3 8Gb 256Gb	.. корп. 11 комн. 220
17	настольный	2018	исправен	Ryzen-3 8Gb 256Gb	.. корп. 11 комн. 220
19	принтер	2005	списан	HP LJ 1005	корп. 11 комн. 212
20	планшет	2011	списан	Samsung Galaxy	.. корп. 11 комн. 212
21	ноутбук	2022	на складе	Acer i3-1125 8Gb 480Gb	... склад
23	настольный	2019	исправен	i3-9100F 8Gb 480Gb	.. корп. 11 комн. 209
24	моноблок	2020	исправен	DELL OptiPlex 7780	.. корп. 11 комн. 225
28	МФУ	2020	исправен	Canon 237	корп. 116 комн. 15
29	ноутбук	2021	исправен	HP	корп. 11 комн. 216

Рис. 1. Главное окно приложения

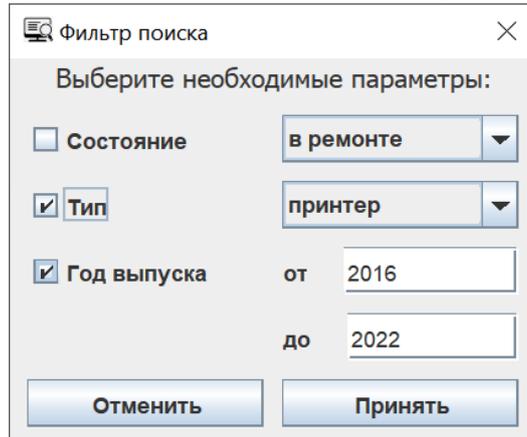


Рис. 2. Окно установки фильтра поиска устройств

В приложении реализованы следующие возможности:

- хранение информации об устройствах в базе данных;
- выборка устройств из книги по заданным параметрам (рис. 2);
- добавление, удаление и редактирование информации об устройстве;
- просмотр книги компьютерной техники (списка всех устройств);
- управление типами устройств.

UML-диаграмма классов [2] приведена на рис. 3.

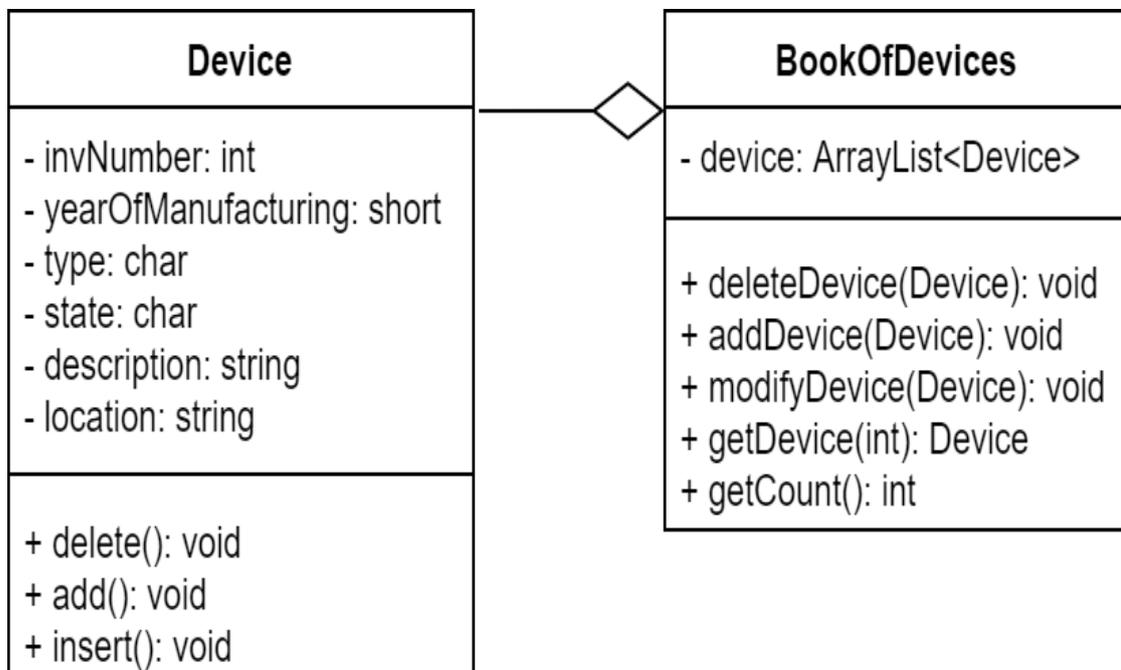


Рис. 3. UML-диаграмма классов

В результате, программа облегчает работу с большими объемами информации, обеспечивает сохранность данных и автоматизирует процесс анализа укомплектованности учебных классов компьютерной техникой, оценки ее работоспособности и ориентировочной потребности в обновлении парка устройств.

Расширение программы предполагает включение дополнительного функционала, в частности, сокращение объема информации, вводимой оператором вручную, например, за счет возможности импорта данных бухгалтерского учета.

### *Литература*

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++ = Object-Oriented Analysis and Design with Applications / Пер. И.Романовский, Ф.Андреев. – 2-е изд. – М., СПб.: «Бином», «Невский диалект», 1998. – 560 с.

2. Болбот О.М. Классы в языке программирования Java: учебно-методическое пособие для студентов и слушателей системы повышения квалификации и переподготовки / О.М.Болбот, В.В.Сидорик; под общ. ред. В.В.Сидорика; Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2020. – 76 с.

УДК 004.421.4

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «КНИГА ПЕРИФЕРИЙНЫХ УСТРОЙСТВ»**

Рахман Д.К.

Научный руководитель – Сидорик В.В., к.ф.-м.н., доцент

Периферийные устройства на университетских кафедрах играют важную роль в эффективном проведении учебного процесса и научных исследований. Они помогают студентам и преподавателям собирать, хранить, обрабатывать и передавать информацию, а также повышают производительность и качество работы. Быстрый прогресс в информационных технологиях ведет к непрерывному пополнению списка периферийных устройств на кафедрах. В связи с этим возникает необходимость в учете их количества, исправности, контроле использования и эффективном расходовании бюджета. Чтобы упростить и оптимизировать работу управляющего персонала БНТУ, была осуществлена разработка приложения для ведения и обработки данных о

периферийных устройствах на кафедрах с возможностью хранения в базе данных для дальнейшего использования.

Проектирование приложения осуществлялось в среде Rational Rose. На начальных этапах проекта были разработаны диаграмма вариантов использования и диаграмма классов. Для реализации приложения выбрана среда разработки NetBeans, а язык программирования Java был использован в качестве основного инструмента. Для создания комфортного графического интерфейса выбрана библиотека Swing, обеспечивающая возможность быстрой и эффективной разработки интерфейса пользователя. Для хранения данных была выбрана реляционная база данных Apache Derby, которая позволяет сохранять информацию в структурированном и легко доступном виде.

Функциональные возможности программы позволяют решать следующие задачи: добавление периферийных устройств (название, кафедра, аудиторию хранения, категорию периферийного устройства, состояние устройства, цену и количество), сортировать устройства по кафедре, категории устройства, состоянию, выводить на печать список устройств. Также в программе предусмотрена аутентификация пользователей. Администратор может добавлять, удалять, редактировать пользователей. Список пользователей хранится в базе данных.

Главное окно приложения представлено на рисунке 1.

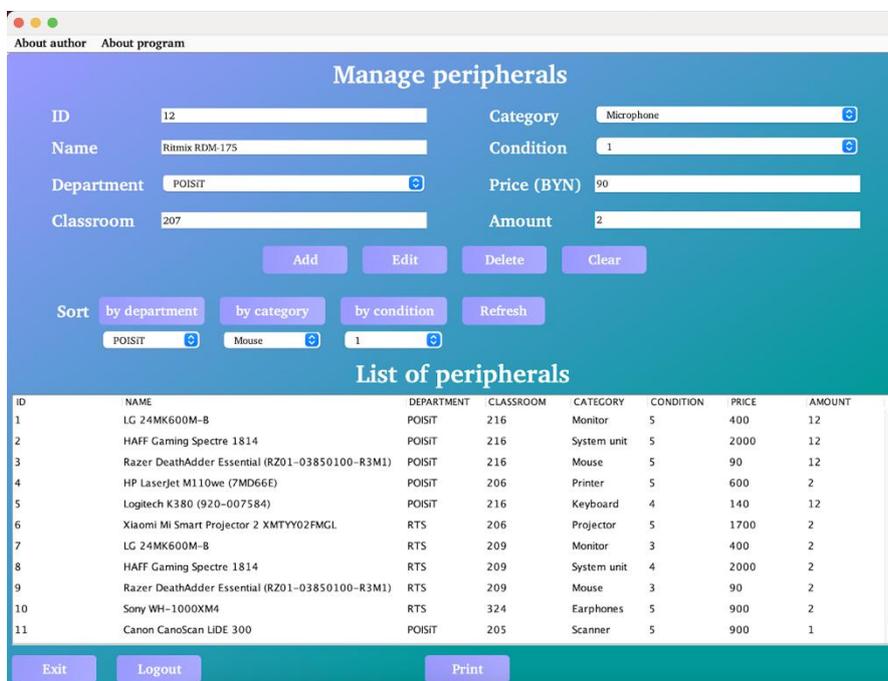


Рис. 5 – Главное окно приложения

Для обеспечения конфиденциальности и целостности данных в приложении предусмотрена аутентификация пользователей. Роль администратора заключается в управлении пользователями, включая их добавление и удаление, а роль пользователя – в работе со списком периферийных устройств. Полный список пользователей доступен администратору, что позволяет лучше контролировать процесс и организовать работу приложения. Окно аутентификации представлено на рисунке 2.

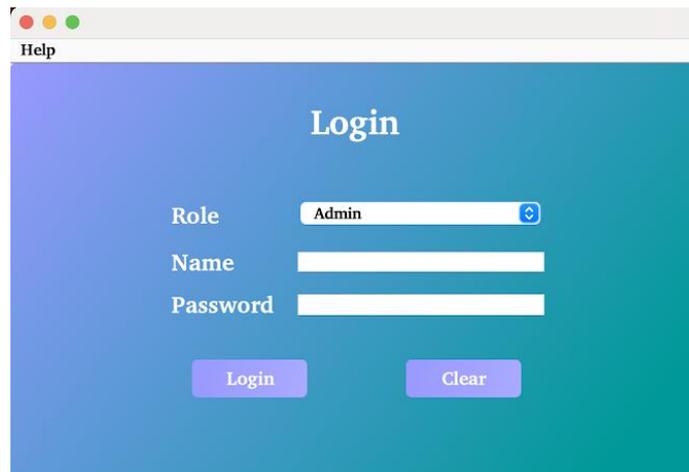


Рисунок 6 – Окно аутентификации

Диаграмма вариантов использования представлена на рисунке 3.

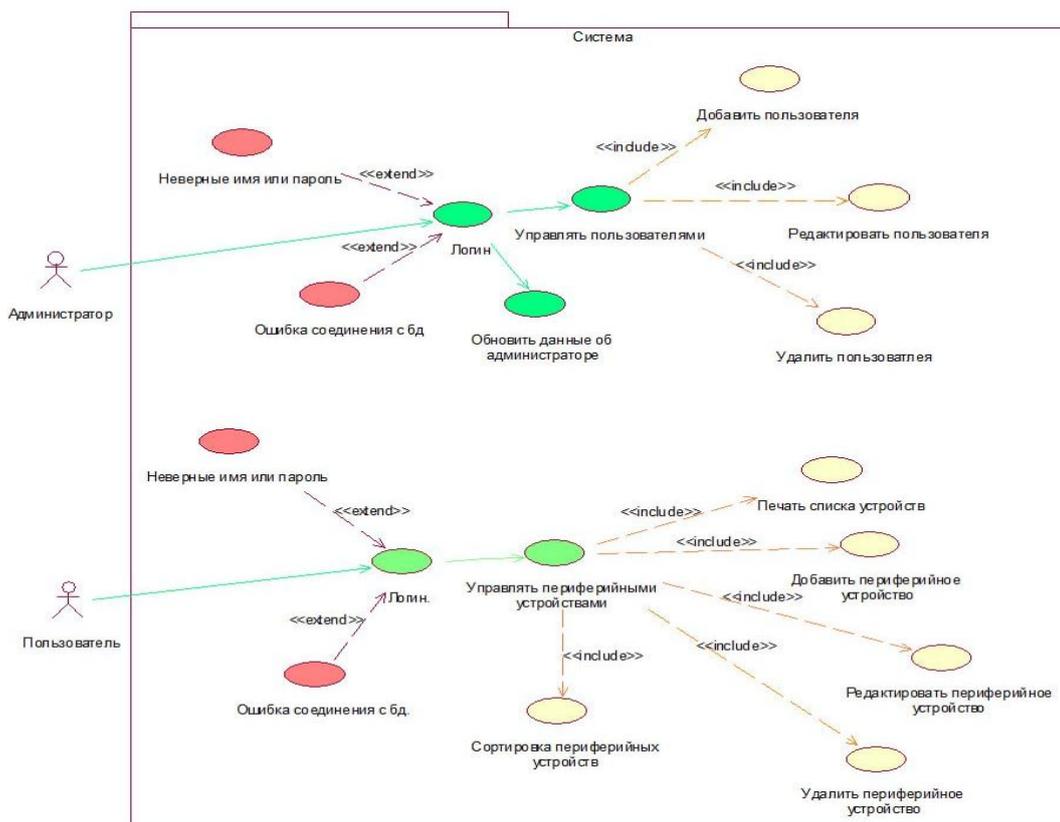


Рис. 3 – Диаграмма вариантов использования

Интерфейс приложения содержит все необходимые элементы управления, которые позволяют быстро находить определенную функцию и выполнять нужные действия. Кроме того, использование простых и понятных иконок и значков упрощает взаимодействие с приложением и ускоряет выполнение задач. Также было создано краткое руководство, которое поможет решить возникающие вопросы в процессе использования приложения.

### Литература

1. Рудковский, Д.В. Функциональный модуль web-приложения для планирования и учета нагрузки преподавателя [Текст] / Д. В. Рудковский, В. В. Сидорик // Информационные технологии и системы: проблемы, методы, решения: материалы Республиканской научно-технической конференции, секция «Автоматизация процессов и производств», Минск, БНТУ, 22-23 ноября 2018 г. : Минск : БНТУ, 2018. – С.54-55.

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Маргун Д.К.

Научный руководитель – Юденков В.С., к.т.н., доцент

Цель работы состоит в разработке программного обеспечения системы «умный дом» [1]. Основными задачами являются: 1) анализ существующих систем; 2) разработка протоколов коммуникации устройств внутри системы; 3) разработка средств визуализации информации, полученной с датчиков.

В качестве канала связи между сервером и датчиками используется протокол ТСР/ІР [2]. Данные системы передаются на сервер в формате бинарного потока на самом низком уровне для обеспечения максимальной производительности. Структура циркуляции информации внутри системы может быть описана следующим образом: Датчик(и) → Сервер → Браузер. Полученные данные от датчиков кэшируются на сервере. Обновление данных происходит при изменении показаний датчика. Такая модель обмена данными позволяет значительно снизить трафик внутри сети. Логика сервера, обрабатывающего поступающую информацию, создана в виде аддона для асинхронной платформы Node.js. В качестве базы данных была выбрана нереляционная технология MongoDB. Визуализация данных выполняется с помощью новейших Web-технологий: React, Spring, React-admin. Вид главной страницы представлен на рисунке 1.

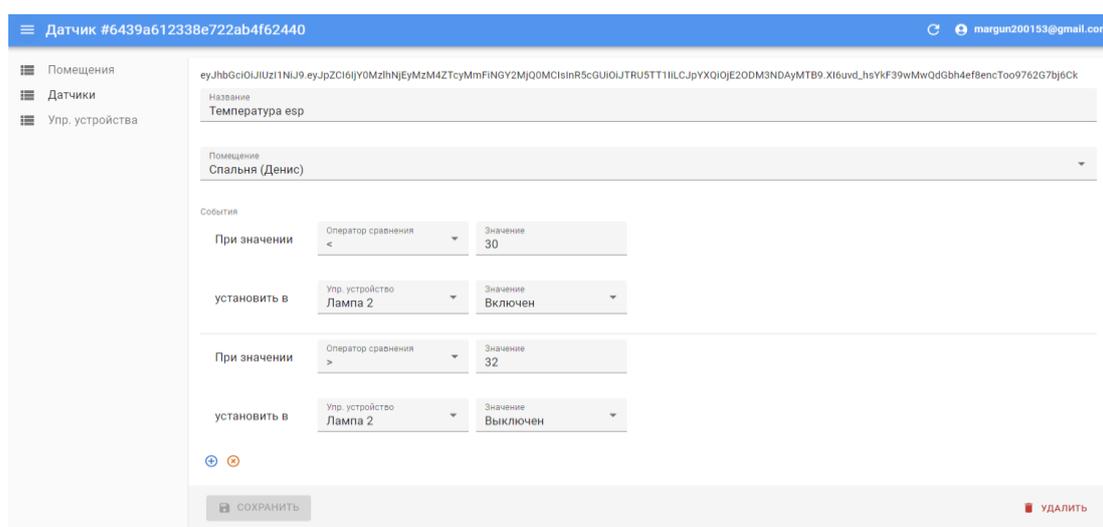


Рис. 1. Вид главной страницы.

Для быстрой загрузки сайта все страницы системы состоят из базовых компонентов. Построение окончательного вида страницы осуществляется на стороне клиента. Такой подход позволяет значительно уменьшить размер веб-сайта, как итог: моментальная загрузка сайта.

Реализованная система состоит из клиентской части, сервера и провайдеров информации (датчиков): датчик температуры, датчик давления, датчик закрытия-открытия, и т.д. Система получает информацию с датчиков в реальном времени (Рис.2).

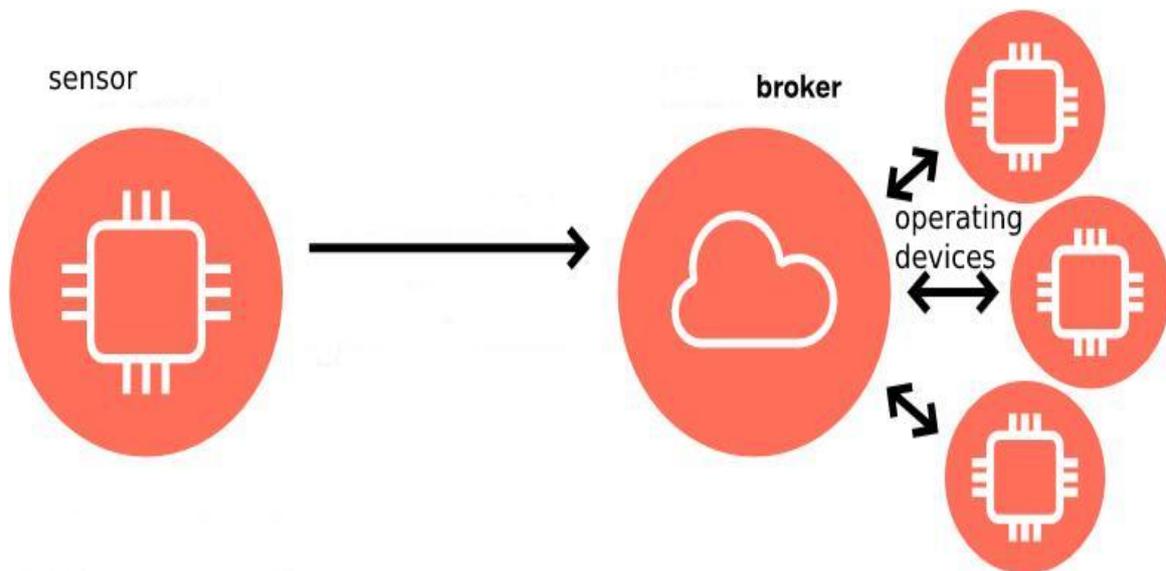


Рис.2. Информационные потоки

В качестве языка программирования для сервера используется Java и фреймворк Spring. В качестве системы сборки выбран maven. Maven использует файл pom.xml в котором указаны зависимости и процесс сборки программы. Maven использует эту информацию для автоматического загрузки и подключения нужных зависимостей из центрального репозитория или других источников. Таким образом, вам не нужно вручную скачивать и подключать каждую зависимость — Maven автоматически управляет этим процессом.

На сервере используются следующие библиотечки:

- spring-boot-starter-data-mongodb - предоставляет зависимости для подключения и использования MongoDB в проекте на Spring Boot.
- spring-boot-starter-actuator - предоставляет зависимости для мониторинга и управления приложением, включая информацию о состоянии, метрики и т.д.
- spring-boot-starter-web - предоставляет зависимости для разработки веб-приложения с использованием Spring MVC, включая поддержку HTTP-запросов, контроллеры и т.д.

- spring-boot-devtools - предоставляет инструменты разработчика для автоматической перезагрузки при изменениях кода в процессе разработки. Зависимость имеет область runtime, что означает, что она используется только при запуске приложения в режиме разработки.
- lombok - предоставляет аннотации и инструменты для упрощения разработки Java-кода, такие как автоматическая генерация геттеров, сеттеров, конструкторов и т.д.
- spring-boot-starter-data-jpa - предоставляет зависимости для работы с JPA (Java Persistence API) и базами данных через ORM (Object-Relational Mapping).
- spring-data-commons - предоставляет общие зависимости для проектов, использующих Spring Data, такие как поддержка репозитория и механизмы работы с данными.
- querydsl-core, querydsl-apt, querydsl-jpa - предоставляют зависимости для работы с Querydsl, который предоставляет возможности типобезопасного запроса и манипулирования данными через JPA.
- spring-boot-starter-security - предоставляет зависимости для реализации безопасности в приложении с использованием Spring Security.
- spring-boot-starter-validation - предоставляет зависимости для валидации данных и проверки их соответствия определенным правилам.
- Jjwt - предоставляет зависимость для работы с JSON Web Tokens (JWT), используемыми для аутентификации и авторизации в веб-приложениях.
- mapstruct: Предоставляет зависимость для генерации автоматического маппинга объектов между различными слоями приложения.
- spring-websocket: Предоставляет зависимость для поддержки веб-сокетов в приложении на базе Spring. Веб-сокеты позволяют установить постоянное двустороннее соединение между клиентом и сервером, что позволяет обмениваться данными в режиме реального времени.
- spring-messaging: Предоставляет зависимость для поддержки механизмов обмена сообщениями в приложении на базе Spring. Эта зависимость включает в себя функциональность для отправки, получения и обработки сообщений между различными компонентами приложения, в том числе через веб-сокеты.

Были выделены следующие POJO модели:

1. FlatEntity – класс являющийся отображением помещений;
2. OperatingDeviceEntity - класс являющийся отображением действующих устройств;
3. SensorEntity - класс являющийся отображением сенсоров;
4. UserEntity – класс являющийся отображением пользователей.

Для них были созданы репозитории:

1. FlatRepository;
2. OperatingDeviceRepository;

3. SensorRepository;

4. UserRepository.

А также классы сервисы:

1. FlatService;

2. OperatingDeviceService;

3. SensorService;

4. UserService;

5. AuthService – сервис необходимый для авторизации.

Для доступа из сети были разработаны контроллеры:

1. FlatController;

2. OperatingDeviceController;

3. SensorController;

4. AuthController.

### *Литература*

1. Умный дом. Википедия. [В Интернете] [Цитировано: 10 4 2017 г.]  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Умный\\_дом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Умный_дом).

2. Тим Паркер, Каранжит Сиян. 2004. TCP/IP. Для профессионалов. 3-е. Минск: Питер, 2004. 5-8046-0041-9.

УДК 621.350.11

## **СИМУЛЯТОР ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА**

Вдовухин М.А.

Научный руководитель – Юденков В.С., к.т.н., доцент

Гибридными электрическими транспортными средствами принято считать механизмы, приводимые в движение с использованием механической энергии различных источников, как правило это электродвигатель и двигатель внутреннего сгорания.

Рассмотрим гибридные транспортные средства на примере автомобилей. В начале зарождения автомобильной индустрии автомобили строились с электроприводом. Это объяснялось лучшими эксплуатационными характеристиками по сравнению с паровыми машинами, а также двигателями внутреннего сгорания (ДВС). А именно необходимость присутствия трансмиссии приводила к значительному увеличению физических размеров и массы конструкций. Электродвигатели же были значительно меньше по габаритам и весу. Различались и источники питания. В начале 20-го века технологии накапливания электрической

энергии были не так совершенны, как в настоящее время. Поэтому конструкторы искали решение проблемы путем разработки автомобилей как с электроприводом, так и с ДВС. Промежуточной фазой в этих опытных решениях были гибридные автомобили. Привод машин в движение осуществлялся с использованием электродвигателя, а энергия вырабатывалась посредством преобразования механической энергии ДВС в электрическую. В настоящее время общество обращается к электромобилям ввиду нескольких факторов: удорожание нефтепродуктов, экологические проблемы использования автомобилей с приводом от ДВС, развитие технологий электрических машин и источников электроэнергии. Однако технологии электробатарей недостаточно эффективны в плане энергоёмкости и цены

Гибридные автомобили позволяют использовать преимущество высокой энергоёмкости топлива и вместе с тем использовать преимущества электродвигателя в неоптимальных режимах движения: большим количеством остановок и стартов, резких ускорений. Электродвигатели позволяют использовать высокие моменты начиная с нуля оборотов вращения вала, что означает отсутствие необходимости в использовании трансмиссии. Важной особенностью использования электродвигателей является возможность обратного преобразования кинетической энергии авто в электрическую для последующего использования. Компоновка электродвигателя и ДВС влияет на алгоритмы управления гибридным авто, а также на эффективность использования системы в различных режимах работы.

*При последовательной компоновке ДВС не имеет механической связи с трансмиссией. Автомобиль приводится в движение полностью на электрической тяге, ДВС используется как источник механической энергии, которая преобразуется в электрическую посредством генератора. При такой компоновке автомобиль может некоторое время двигаться с заглушенным ДВС, однако максимальная тяга ограничена параметрами электродвигателя (Рис. 1).*

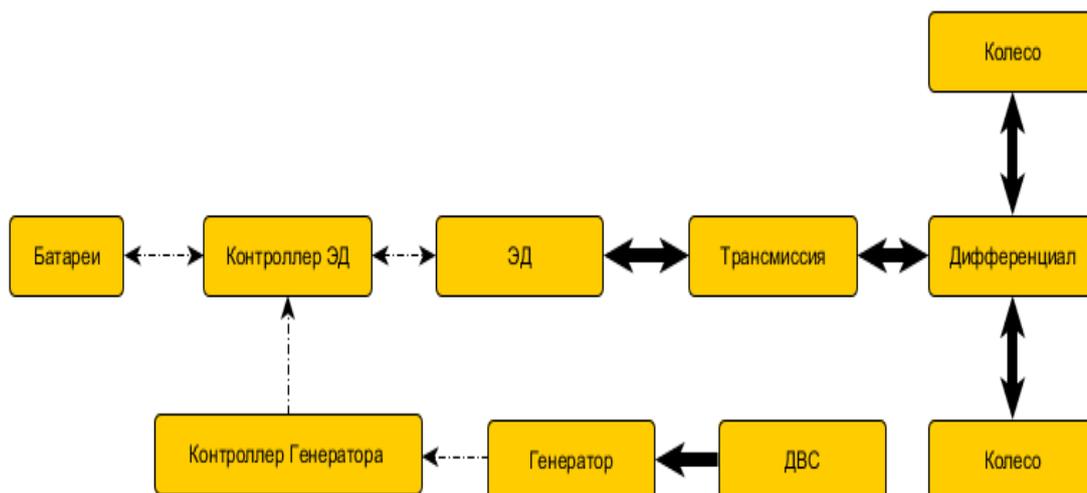


Рис. 1. Последовательная схема компоновки ГТС

При параллельной компоновке ДВС имеет механическую связь с трансмиссией автомобиля. Электродвигатель используется как вспомогательный источник тяги, а также как генерирующее устройство (Рис. 2).

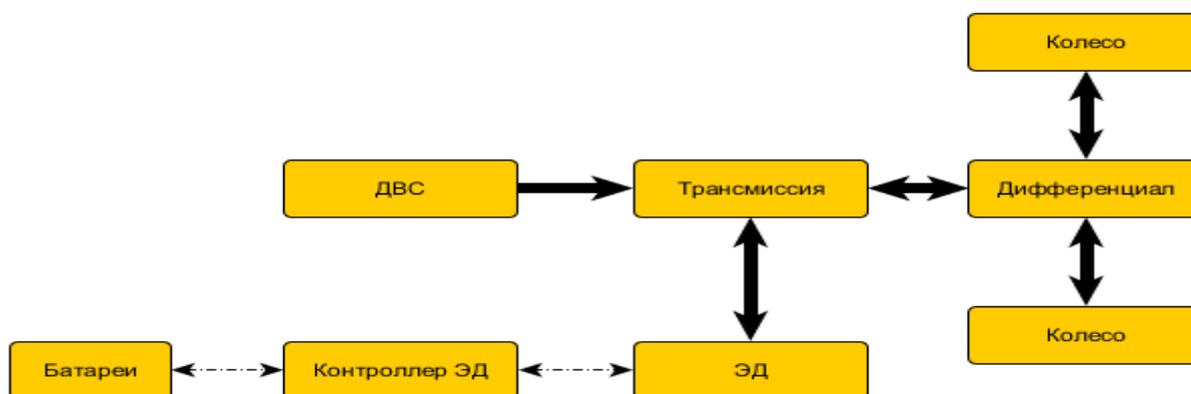


Рис.2. Параллельная схема компоновки ГТС

В комбинированной схеме достигаются преимущества обеих компоновочных схем описанных ранее. Однако она является самой сложной как в технической реализации, так и в реализации управления (Рис. 3). При такой компоновке автомобиль может работать как полностью электрический, так и полностью без использования электродвигателя. Показатели эффективности зависят в при такой компоновке от режима работы агрегатов.

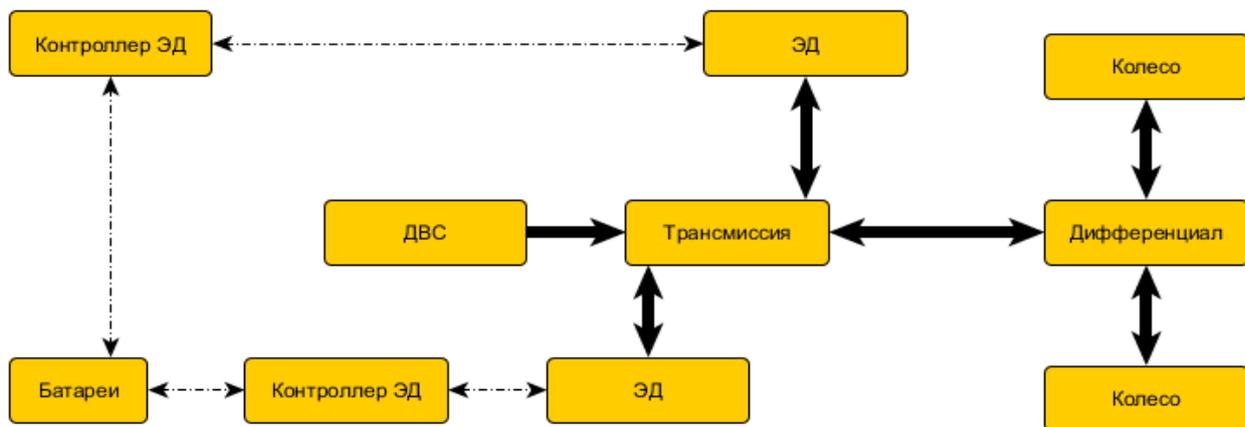


Рис.3. Комбинированная схема компоновки ГТС

На начальном этапе исследование проводилось в синтезе закона управления асинхронным тяговым электродвигателем [1]. При этом было проведено моделирование регулятора с переключаемой структурой с использованием магистрального метода оптимизации. Первые результаты моделирования показали выгоду по затратам по сравнению с ПИД-регулятором в 17-30 %. В настоящее время ведутся исследования системы дизель-генератор для моделирования системы ДВС-генератор-ЭД [1]. Структурная схема модели электромеханической трансмиссии с асинхронным двигателем представлена на рис. 4.

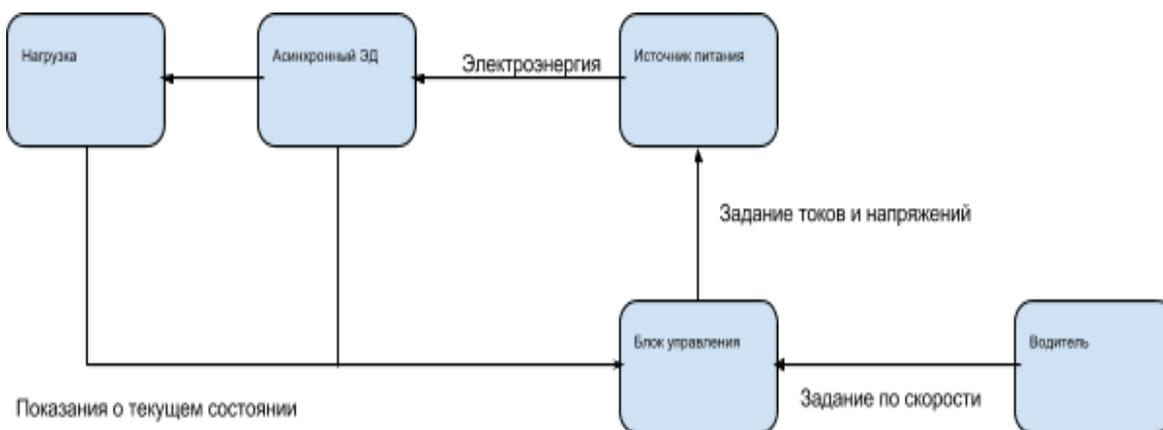


Рис.4. Схема модели автомобиля с электромеханической трансмиссией

Задача управления ДВС- Генератор- Батарея – состоит в обеспечении постоянства мощности системы во всех режимах электродвижения автомобиля. Использование батареи в данном случае призвано сгладить зависимость мощности системы от режима движения [1].

#### *Литература*

1. Гук М.Э, В.С. Юденков " Синтез регулятора с переключаемой структурой управления асинхронным электродвигателем".Тезисы доклада международной научно-технической конференции, приуроченной к 50-летию БГУИР. Минск, БГУИР, 2014

УДК 004.942

### **КЛИЕНТСКАЯ ЧАСТЬ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ EDUCATS ДЛЯ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Молохвей С.М.

Научный руководитель – Белова С.В., ст. преподаватель

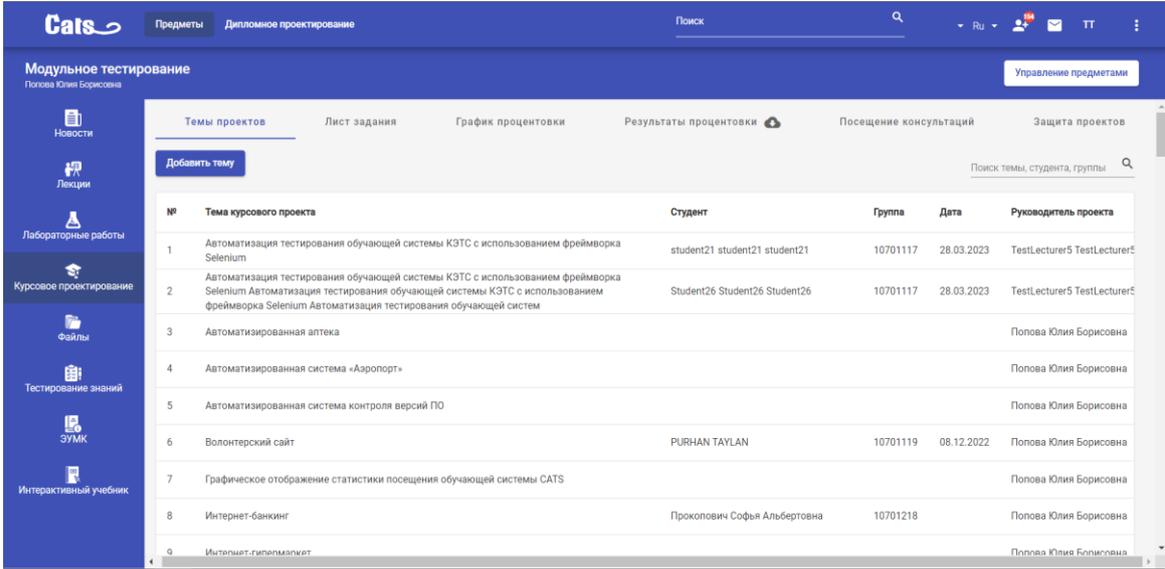
Мир не стоит на месте и все время развивается. Вместе с ним развивается и система образования. Во время дистанционного обучения стало понятно, что применение комплексной интерактивной системы обучения значительно упрощает и упорядочивает процесс получения знаний.

Система обучения Educats широко применяется на кафедре «Программное обеспечение информационных систем и технологий» БНТУ и способствует получению качественного образования. В данной системе имеется возможность выполнения курсовых и дипломных проектов.

Какими не были бы сложными курсовые работы и дипломные проекты, но они являются неотъемлемой частью образовательного процесса. С помощью данных работ студент может практически применить свои знания и навыки, изучить упущенные по каким-либо причинам темы. Также курсовое и дипломное проектирование несет в себе еще одну не менее важную задачу – оценку знаний. Они позволяют преподавателям оценить знания, умения и практические навыки каждого студента.

В рамках курсового проектирования система Educats предоставляет преподавателям и студентам возможность создания тем проектов по различным дисциплинам; назначения тем преподавателем и выбора темы студентом, отмены назначения темы; генерации листов заданий; загрузки

документов в систему; проверку их на плагиат. Страница со списком тем курсовых работ приведена на рисунке 1.

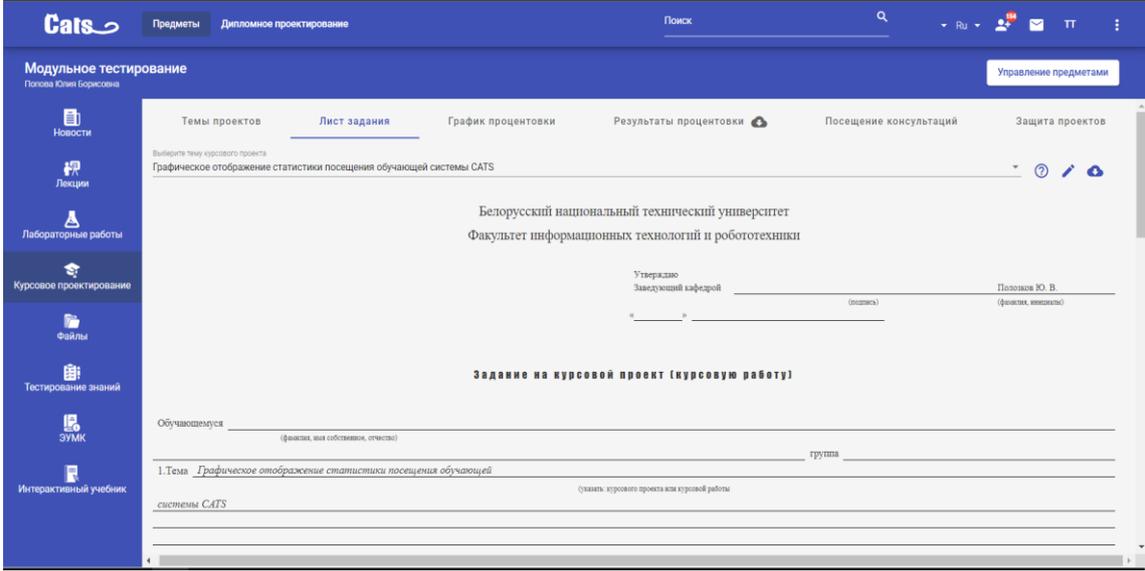


The screenshot shows the 'Cats' system interface. The main content area displays a table of course projects. The table has columns for '№', 'Тема курсового проекта', 'Студент', 'Группа', 'Дата', and 'Руководитель проекта'. There are 9 rows of data.

№	Тема курсового проекта	Студент	Группа	Дата	Руководитель проекта
1	Автоматизация тестирования обучающей системы КЭТС с использованием фреймворка Selenium	student21 student21 student21	10701117	28.03.2023	TestLecturer5 TestLecturer5
2	Автоматизация тестирования обучающей системы КЭТС с использованием фреймворка Selenium Автоматизация тестирования обучающей системы фреймворка Selenium Автоматизация тестирования обучающей системы	Student26 Student26 Student26	10701117	28.03.2023	TestLecturer5 TestLecturer5
3	Автоматизированная аптека				Полова Юлия Борисовна
4	Автоматизированная система «Аэропорт»				Полова Юлия Борисовна
5	Автоматизированная система контроля версий ПО				Полова Юлия Борисовна
6	Волонтерский сайт	PURHAN TAYLAN	10701119	08.12.2022	Полова Юлия Борисовна
7	Графическое отображение статистики посещения обучающей системы CATS				Полова Юлия Борисовна
8	Интернет-банкинг	Прокопович Софья Альбертовна	10701218		Полова Юлия Борисовна
9	Интернет-гипермаркет				Полова Юлия Борисовна

Рис. 1. Список курсовых работ.

На рисунке 2 приводится сгенерированный системой лист задания на курсовой проект. Лист задания можно редактировать, а также скачать для последующей печати.



The screenshot shows the 'Cats' system interface with the 'Лист задания' (Assignment Sheet) selected. The page displays the following text:

Выберите тему курсового проекта  
Графическое отображение статистики посещения обучающей системы CATS

Белорусский национальный технический университет  
Факультет информационных технологий и робототехники

Утверждено  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись)  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_  
Полозов Ю. В.  
(фамилия, инициалы)

**Задание на курсовой проект (курсовую работу)**

Обучающемуся \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, собственное, отчество)

1. Тема Графическое отображение статистики посещения обучающей системы CATS \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_  
(указать курсового проекта или курсовой работы)

Рис. 2. Сгенерированный системой лист задания, доступный для редактирования и скачивания.

В процессе дипломного проектирования также может применяться обучающая система Educats. Для начала работы над дипломным проектом

студенту необходимо выбрать тему из уже созданных или тема может быть назначена преподавателем.

Таким образом, Educats предоставляет студентам необходимый функционал для выполнения курсового и дипломного проектирования. С помощью данной системы студенты могут развивать свои знания, умения, навыки, что способствует их профессиональному развитию.

В заключение, Educats может стать неотъемлемой частью университетского образовательного процесса. Данная система позволяет получать знания и навыки в удобном формате. Однако, важно помнить, что обучение должно быть комплексным и глубоким, а обучающие системы могут быть использованы только в качестве дополнения к традиционному университетскому образованию.

УДК 004.942

**МОДУЛИ И СЦЕНЫ С УЧЕБНЫМ КОНТЕНТОМ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ «КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ» ДЛЯ  
ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНЫЙ ГИД КАФЕДРЫ»  
НА ПЛАТФОРМЕ UNITY**

Александров Д.Д.

Научный руководитель – Белова С.В., ст. преподаватель

Основной причиной для создания игровой учебной платформы является высокое развитие информационных технологий, которое коснулось так же и образовательной сферы. Уже было создано множество платформ по изучению: языков, игры на различных музыкальных платформах, программированию и т.д.

На сегодняшний день таких платформ на рынке все больше и больше: Duolingo, GitarLearn, Easyprogramming и т.д. Однако всё это не игровые приложения, поэтому порог входа в них значительно выше, чем мог бы быть.

Благодаря игровому приложению в образовательной сфере, можно изучать предметы дистанционно, что значительно увеличивает порог вхождения в них и не предоставляет никаких неудобств пользователю.

В данном проекте описан программный продукт, который позволяет студентам просмотреть лекционные, методические материалы, решить контрольные тесты на самопроверку, просмотреть видео по решению тех, или иных задач по дисциплине “Компьютерные системы и сети”

Целью проекта является создание игрового обучающего проекта, благодаря которому студент сможет закрепить знания в определённой

дисциплине. Для достижения этого используется приложение для создания 3D моделей Blender и игровой движок Unity. На Unity создаются большинство моделей, которые используются в проекте: интерактивные доски, ПК, помещение, интерьер. На Unity пишется сама логика работы приложения: перемещение персонажа от 1-го лица, просмотр видео выполнения некоторых лабораторных работ, решение тестов, просмотр и выбор актуальной темы.

Игровое приложение “Виртуальный гид кафедры” обладает следующими функциями.

1. Просмотр методического материала: пользователь может, подойдя к интерактивной доске, взаимодействовать с ней путём нажатия клавишу F (соответствующее сообщение появится сразу на подходе к доске). После нажатия клавиши он перейдёт в меню, в котором он сможет выбрать тему, которую ему будет интересно повторить. Для просмотра всей темы ему нужно будет нажать на соответствующие кнопки, которые соответствуют своему направлению. На рисунке 1 показано меню интерактивной доски.

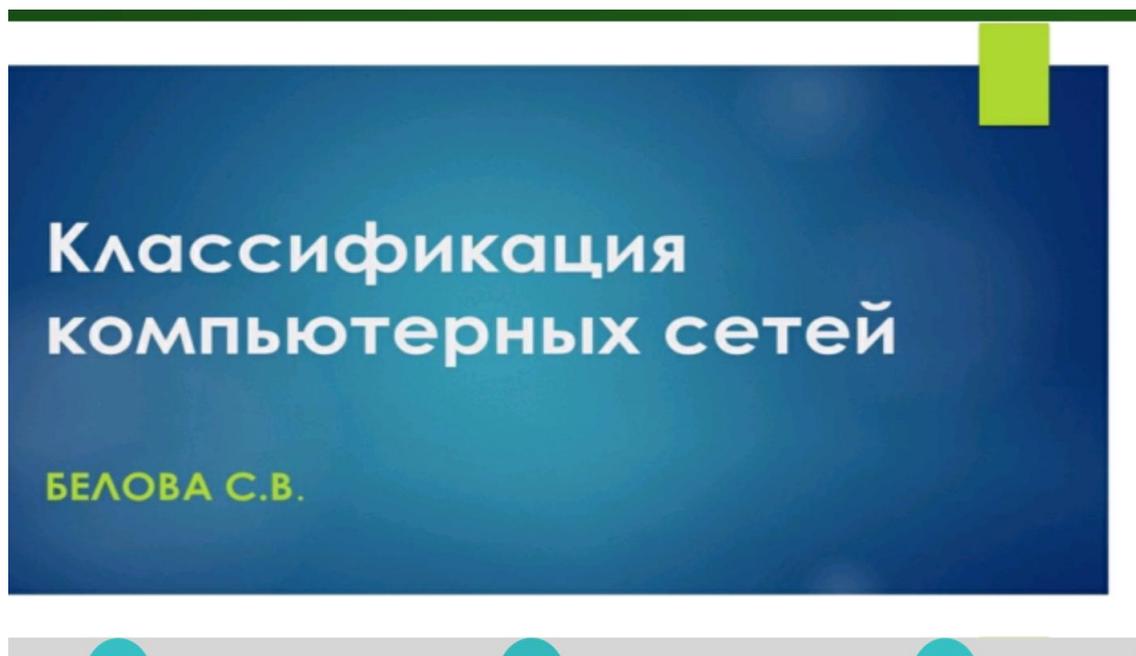


Рис.1. Меню интерактивной доски.

2. Прохождение тестов: пользователь может, подойдя к табличкам рядом с доской, пройти контрольный тест по темам, каждая табличка названа в соответствии с определённой темой. Вопросов в каждом тесте по 10, каждый вопрос имеет определённое количество баллов, которые прибавятся, или отнимутся исходя от правильности ответа, данным пользователем. В конце даётся итоговый счёт, который будет

соответствовать количеству и сложности правильно данных ответов. Интерфейс, на котором проходит тест представлен на рисунке 2.

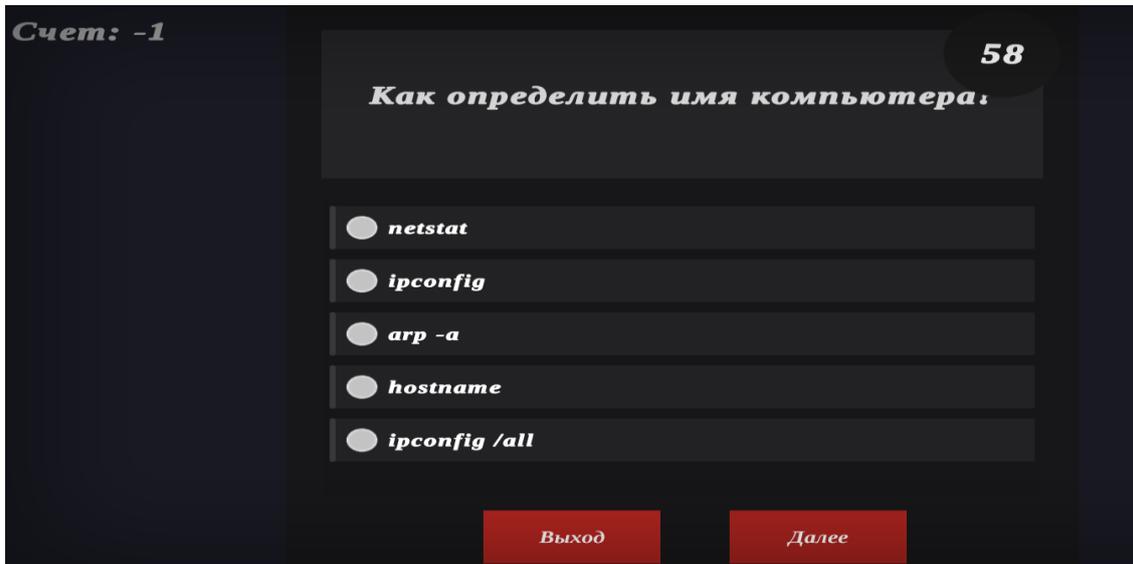


Рис. 2. Интерфейс теста.

3. Просмотр видео: Благодаря созданной в Blender 3D модели ПК и монитора при нажатии на клавишу F можно просмотреть видеоматериал по решению определённого задания по теме. Темы видеоматериал совпадают так же с темами тестов и методических материалов. На рисунке 3 можно увидеть работу интерактивной модели ПК.

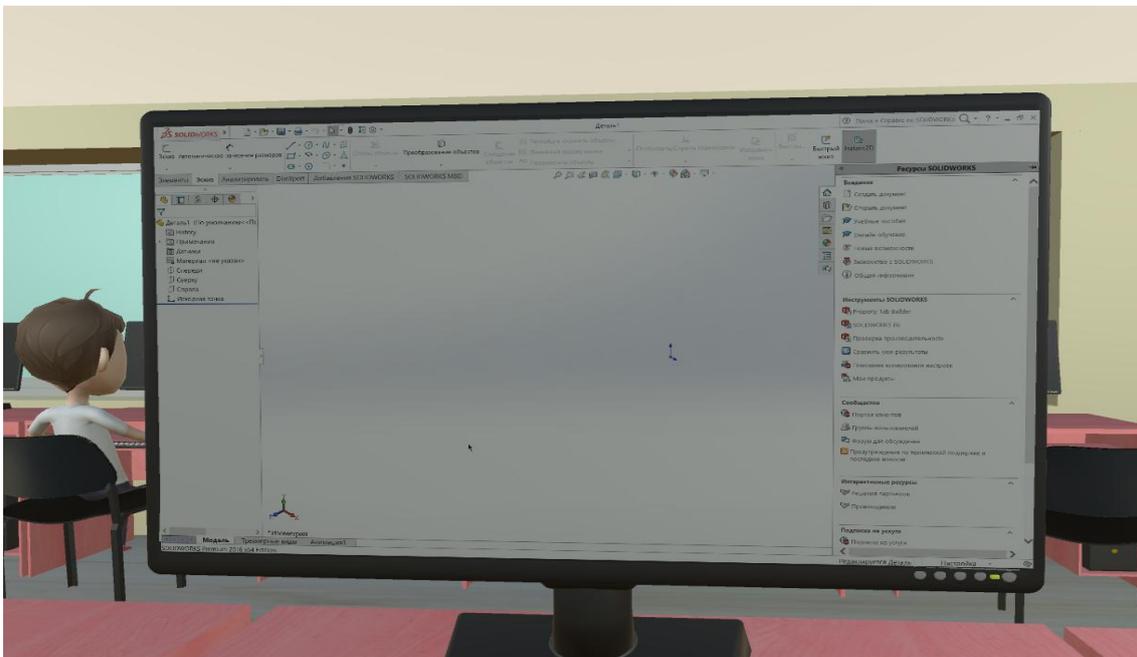


Рис. 3. Интерактивная модель ПК.

Кроме того, что система может обеспечить студента дополнительным учебным материалом, так же она может сделать это дистанционно, так как приложение можно будет скачать с локального сервера БНТУ ФИТР. Каждый студент сможет воспользоваться им для укрепления знаний, полученных на учебных занятиях.

УДК 004.942

## **WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «РУССКО-КИТАЙСКО-АНГЛИЙСКИЙ СЛОВАРЬ ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ»**

Трубиш Е.А.

Научный руководитель – Белова С.В., ст. пр.

В сегодняшнюю стремительную цифровую эпоху технологии постоянно развиваются, и для студентов и специалистов может стать сложной задачей следить за постоянно меняющейся терминологией в различных технических областях. Технический жаргон может быть сложным и трудным для понимания, что затрудняет усвоение студентами новых понятий и углубление их знаний.

Поэтому веб-словарь технических терминов может стать незаменимым инструментом для студентов, желающих расширить свои знания и понимание технической терминологии. Предоставляя четкие и краткие определения и объяснения технических терминов в различных областях, таких как информатика, инженерия и математика, веб-словарь может помочь студентам преодолеть разрыв между теорией и практикой и лучше понять технические концепции. С помощью веб-словаря студенты могут улучшить свой опыт обучения, повысить успеваемость и получить конкурентное преимущество в своих областях.

В настоящий момент разработано мобильное приложение «Русско-китайско-английский словарь технических терминов» для Института Конфуция по науке и технике БНТУ под операционную систему iOS и Android [1]. Целью данной работы является создание аналогичного словаря в качестве web-приложения.

В качестве технологий при разработке приложения применялись Node.js и React.js.

Node.js является одной из наиболее популярных технологий для разработки веб-приложений. Он основан на движке V8 от Google, который обеспечивает быстрое выполнение JavaScript, что делает Node.js идеальным инструментом для написания высокопроизводительных веб-

приложений. Если дело касается data intensive приложений, то Node JS является хорошим выбором.

React.js это библиотека JavaScript, которая используется для создания пользовательских интерфейсов (UI). Она была создана компанией Facebook и в настоящее время является одной из самых популярных библиотек для разработки веб-приложений.

React также имеет большое сообщество разработчиков, которые создают и поддерживают множество сторонних библиотек и плагинов для более эффективной разработки веб-приложений.

В настоящее время реализованы основной функционал приложения. Создана страница входа в систему, где пользователь может так же и зарегистрироваться. Главная страница, где пользователь может либо воспользоваться строкой поиска и найти подходящий термин на русском, китайском или английском языке, либо просмотреть все слова по определенному разделу.

Также реализована страница администратора и редактора, где возможно создавать слова и разделы, и в случае администратора он может добавлять или удалять редакторов словаря.

В приложении реализованы минимальные требования к безопасности данных и к отказоустойчивости.

Web-приложение словаря-переводчика технических терминов - инструмент, который поможет пользователям разобраться в сложной технической терминологии. Это приложение обеспечивает точные и доступные переводы технических терминов, а также предоставляет дополнительную информацию и контекст для лучшего понимания.

«Русско-китайско-английский словарь технических терминов» разрабатывался для Института Конфуция по науке и технике БНТУ. Его использование позволит улучшить процесс обучения и научной деятельности, посредством предоставления перевода узкоспециализированных технических терминов.

### *Литература*

1. Терещенко М.А., Белова С.В. Мобильное приложение «Русско-китайско-английский словарь технических терминов» Сборник материалов 78-й студенческой научно-технической конференции [Электронный ресурс]: апрель - май 2022 г. / Белорусский национальный технический университет, Факультет информационных технологий и робототехники ; сост.: А. М. Авсиевич, В. А. Мартинович, С. А. Павлюковец. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 174-175.

## **КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АНКЕТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ**

Нестерков Д.А Кругликовский М.А  
Научный руководитель – Белова С.В ст.пр.

Система менеджмента качества (СМК) - это комплекс мер, направленных на повышение качества продукции, услуг и процессов в организации. Реализация СМК в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) направлена на обеспечение высокого уровня образовательных услуг и научно-исследовательской работы. Целью БНТУ в области СМК является удовлетворение потребностей и ожиданий студентов и научного сообщества в качественных услугах.

Для достижения целей в области качества используются различные методики, средства сбора и анализа данных, экономические расчеты и планирование. Каждый год проводится анкетирование студентов, выпускников, магистрантов, чтобы получить обратную связь о качестве образовательных услуг и выявить слабые места в СМК.

Для автоматизации процесса анкетирования и сбора обратной связи была разработана программа " Анкетирования студентов ". Программа представляет собой веб-приложение, которое содержит следующий функционал: создание анкеты, формирование списка респондентов, проведение анкетирования, сбор и анализ результатов.

Для хранения данных в приложении была использована база данных MySQL и административный интерфейс phpMyAdmin для управления базой данных. В приложении реализована серверная логика, которая взаимодействует с базой данных, используя язык программирования JavaScript и фреймворк Node.js. Клиентская часть приложения была реализована с использованием HTML, CSS и JavaScript, что позволило создать удобный и простой веб-интерфейс для пользователей. В целом, приложение построено на базе клиент-серверной архитектуры, где клиентская часть общается с сервером через запросы и получает от сервера необходимые данные.

Выводы: программа "Анкетирования студентов" позволяет БНТУ получить важную обратную связь от студентов, выпускников и магистрантов. Автоматизация процесса анкетирования и сбора результатов позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на обработку данных. Разработка этой программы является важным шагом на пути повышения качества образовательных услуг в БНТУ.

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАФЕДРА». МОДУЛЬ «КАДРЫ»

Быков А.С.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

Информационная система «Кафедра» предназначена для хранения кафедральной информации и формирования необходимых документов.

Модуль «Кадры» приложения «Кафедра» предназначен для хранения информации о кадровом составе кафедры и формирования необходимых документов для годового плана работы кафедры и годового отчета о работе кафедры.

В модуле реализованы следующие функции:

1. Добавление сотрудников: модуль позволяет добавлять сотрудников кафедры с учетом их статуса - штатные сотрудники кафедры, совместители, сотрудники с почасовой нагрузкой, учебно-вспомогательный состав. В базе данных сохраняется персональная информация о каждом сотруднике: дата рождения, образование, стаж работы, ученое звание, ученая степень, контактная информация. Форма добавления сотрудник штатного состава приведена на рисунке 1.

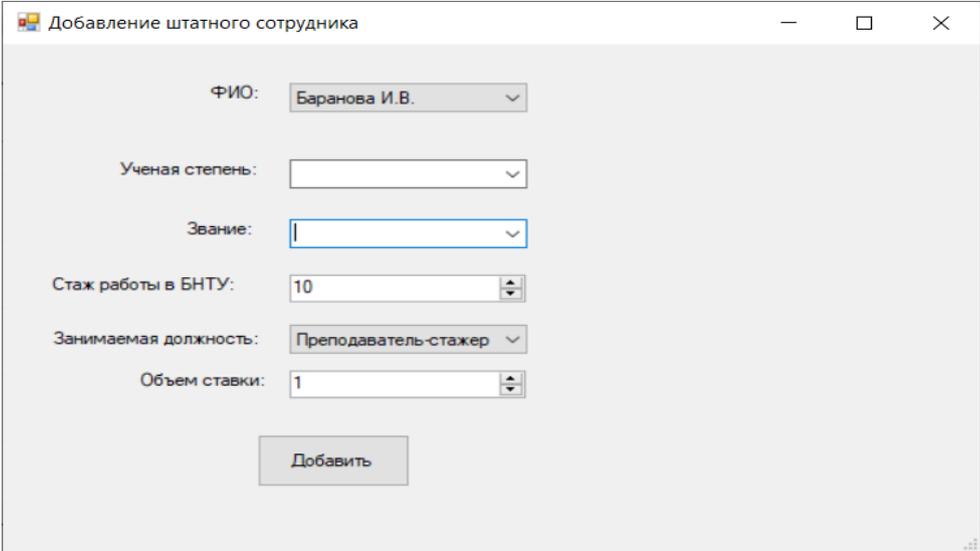


Рис. 1 Форма «Добавление штатного сотрудника»

2. Редактирование информации о сотрудниках: модуль позволяет изменять данные о сотрудниках каждого состава, например, изменять

контактные данные. Форма изменения данных о штатном сотруднике кафедры приведена на рисунке 2.

Рис. 2 – Форма «Изменение данных штатного сотрудника»

3. Удаление сотрудников: модуль обеспечивает процедуру удаления всей информации о сотруднике.

4. Формирование отчетных документов: модуль позволяет создавать различные отчеты о кадровом составе кафедры, которые можно импортировать в Word, Excel, PDF или выводить на печать. Форма с отчетом по сотрудникам с почасовой оплатой приведена на рисунке 3.

Отчет с сотрудниками с почасовой оплатой труда

Работники с почасовой оплатой

Ф.И.О.	Дата рождения	Ученая степень	Звание	Место основной работы	Читаемые дисциплины	Объем выполняемой нагрузки
Белова С.В.	23.11.1966			БНТУ, кафедра ПОИСИТ	Защита информационных ресурсов компьютерной системы и сетей, Компьютерные сети, Компьютерные системы и сети, Основы защиты информации (С модулем Основы управления интеллектуальной собственностью).	184
Борисова И.М.	07.05.1968			БНТУ, кафедра ПОИСИТ	Информационные системы и технологии электронных изданий, Основы алгоритмики и программирования, Прикладные системы обработки данных.	204
Бородюля А.В.	05.07.1973	к.т.н.	Доцент	БНТУ, кафедра САПР	Операционные системы и системное программирование.	64
Воронин Л.В.	13.03.1990			БНТУ, ФИТР	Структуры и алгоритмы обработки данных.	240
Полозов Ю.В.	05.05.1973	к.т.н.	Доцент	БНТУ, кафедра ПОИСИТ	Методы и алгоритмы компьютерной графики, 3-D моделирование инженерных конструкций.	128
Прибыльская Н.М.	17.06.1973			БНТУ, кафедра ПОИСИТ	Разработка WEB-приложений.	164
Сидорик В.В.	18.03.1962	к.фил.н.	Доцент	БНТУ, кафедра ПОИСИТ	Современные информационные технологии.	153

Рис. 3 Форма «Отчет о сотрудниках с почасовой оплатой труда»

Для хранения информации использована СУБД Microsoft SQL Server [1]. Приложение написано в программной среде Visual Studio на языке C# на платформе Windows Forms [2].

Модуль «Кадры» интегрирован с другими модулями системы «Кафедра», такими как «Учебная работа», «Методическая работа» и «Научная работа», чтобы обеспечить полный контроль над кафедрой в целом.

Информационная система «Кафедра» с модулем «Кадры» представляет собой мощный инструмент, который повысит эффективность управления персоналом кафедры и существенно сократит время на формирование различных документов.

### Литература

1. Бондарь, А.Г., Microsoft SQL Server 2014. /А.Г.Бондарь. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015 – 592 с.
2. Троелсен, Э., Джепикс, Ф., Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET CORE. /Эндрю Троелсен, Филипп Джепикс 8-е изд.; пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2018 – 1328 с.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КАФЕДРА». РАЗДЕЛ «УЧЕБНЫЕ ПЛАНЫ»**

Ключник З.С.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

Раздел «Учебные планы» приложения «Кафедра» предназначен для ускорения работы преподавателей с учебными планами как на этапе создания планов, так и в ходе учебного процесса.

В приложении реализована возможность добавления, изменения и удаления учебного плана, а также создания и редактирования его содержания. Поскольку некоторые учебные планы частично совпадают, то предусмотрена возможность создания учебного плана путем копирования содержимого другого плана с последующим редактированием.

Также реализованы возможности работать с информацией о специальностях и дисциплинах. В приложении используется общая для всех модулей база данных «Кафедра», созданная в СУБД Microsoft SQL Server [1].

В процессе разработки приложения был реализован следующий функционал:

1. Добавление, просмотр, изменение и удаление учебных планов;
2. Создание и редактирование содержимого учебных планов;
3. Копирование содержимого любого учебного плана;
4. Добавление, просмотр, изменение и удаление специальностей;
5. Добавление, просмотр, изменение и удаление дисциплин;

Приложение написано в среде Visual Studio на языке C# на платформе Windows Forms [2].

Форма для просмотра списка всех учебных планов приведена на рисунке 1.

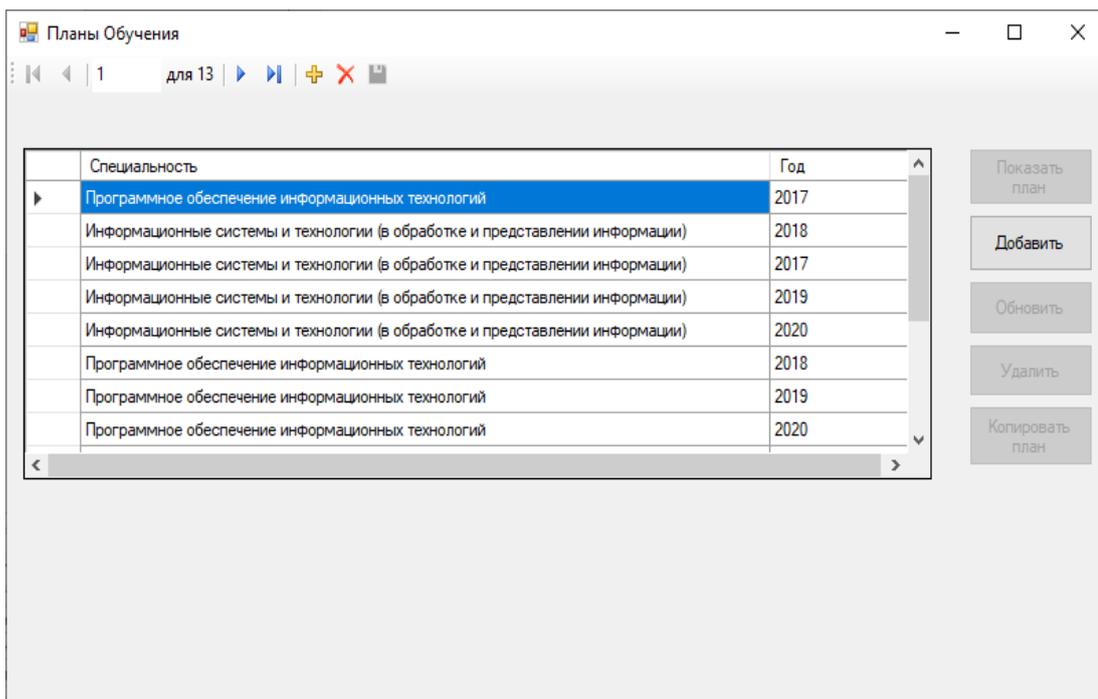


Рис. 1. Форма «Учебные планы»

Формирование содержимого учебного плана производится с помощью формы, приведенной на рисунке 2.

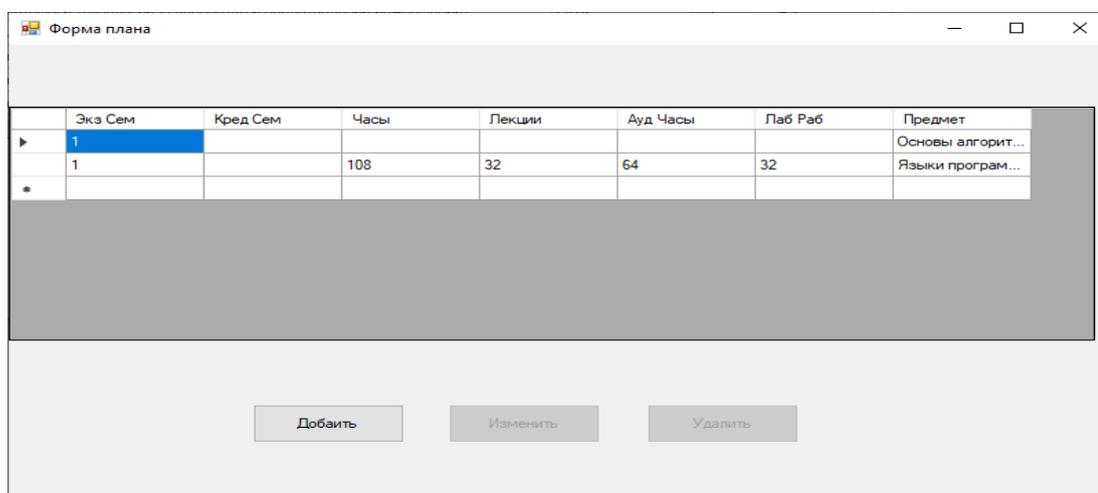


Рис.2. Форма для заполнения содержимого учебного плана

Разработанный раздел информационной системы существенно упрощает и ускоряет работу по формированию и редактированию учебных планов.

### *Литература*

1. Бондарь, А.Г., Microsoft SQL Server 2014. /А.Г.Бондарь. – Спб.: БХВ-Петербург, 2015 – 592 с.

2. Троелсен, Э., Джепикс, Ф., Язык программирования С# 7 и платформы .NET и .NET CORE. /Эндрю Троелсен, Филипп Джепикс 8-е изд.; пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2018 – 1328 с.

УДК 004.42

## **WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ «ВНЕУЧЕБНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СТУДЕНТА»**

Ломейко Д.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

Внеучебная деятельность играет важную роль в жизни студентов, помогая им развиваться, расширять свой кругозор и улучшать свои профессиональные навыки. В этой связи, создание удобного и эффективного Web-приложения для записи в различные кружки и секции, может помочь студентам с легкостью выбирать и регистрироваться на интересующие их мероприятия, не тратя много времени и усилий.

Web-приложение "Внеучебная деятельность студента" предназначено для упрощения процесса записи в различные кружки и спортивные секции. Оно обеспечивает простой и удобный интерфейс для студентов, а также позволяет администраторам легко управлять мероприятиями и участниками.

В ходе создания приложения были выполнены следующие исследования:

- Исследование рынка существующих Web-приложений, предназначенных для организации внеучебной деятельности студентов. Были проанализированы основные функции и возможности конкурирующих приложений, а также выявлены их преимущества и недостатки.

- Исследование потребностей студентов и администраторов в системе организации внеучебной деятельности. Были проведены опросы и интервью, чтобы понять, какие функции и возможности должно предоставлять приложение, чтобы удовлетворить потребности и ожидания пользователей.

- Исследование эффективности и удобства использования созданного Web-приложения. Были проведены тесты и опросы, чтобы оценить удобство использования приложения студентами и администраторами, а также определить проблемы и улучшения, которые необходимо внести в приложение.

Web-приложение "Внеучебная деятельность студента" обладает следующими функциями:

1. Регистрация и авторизация пользователей - студентов и администраторов, которые могут добавлять новые кружки и секции, редактировать существующие и просматривать информацию о записанных студентах.

2. Просмотр и поиск доступных кружков и секций - студенты могут просмотреть список доступных кружков и секций, выбрать подходящие и зарегистрироваться в них.

3. Управление кружками и секциями - администраторы могут добавлять новые кружки и секции, удалять и редактировать существующие, а также просматривать информацию о записанных студентах. Внешний вид страницы с отображением списка кружков показан на рисунке 1.

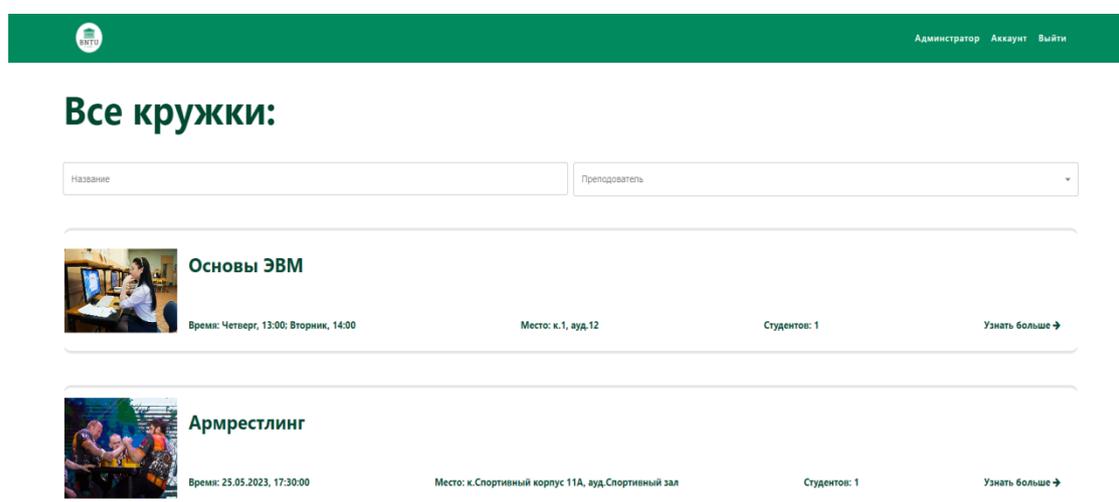


Рис. 1. Внешний вид страницы кружков

Внешний вид страницы с подробной информацией об одном из кружков показан на рисунке 2.

## Армрестлинг

**Описание:**

Армрестлинг — вид борьбы на руках между двумя участниками. Во время матча одноименные руки соревнующихся ставятся на твердую, ровную поверхность, и ладони сцепляются в замок. Задачей соревнующегося рукоборца является прижать руки противника к поверхности.

**Организатор:**

 Даниил Ломейко

+375298298712

**Время:**

25.05.2023, 17:30:00

**Место:**

к.Спортивный корпус 11А, ауд.Спортивный зал

**Количество учащихся:**

1

[ЗАПИСАТЬСЯ](#)

Рис. 2. Страница кружка

В целом, Web-приложение "Внеучебная деятельность студента" предоставляет удобный и простой способ для студентов записаться в кружки и секции, а также для администраторов управлять этим процессом, также оно обеспечивает надежную и безопасную передачу информации между пользователями.

В процессе разработки Web-приложения "Внеучебная деятельность студента" были использованы современные технологиями, такие как язык программирования JavaScript, база данных Firebase и библиотека React для создания веб-приложений [1, 2].

### *Литература*

1. Дакетт, Д. - "HTML и CSS. Дизайн и создание веб-сайтов". /Джон Дакетт. – М.: издательство "Вильямс", 2019 г.;
2. Сэйерс, Д. - "Проектирование Web-приложений"/Девид Сэйерс.- издательство "Москва: ДМК Пресс", 2017 г.

УДК 004.42

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕЕЙ

Сташкевич А.С.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

Практическое использование солнечной энергии получило широкое распространение благодаря таким качествам, как экологичность, возобновляемость и простота эксплуатации. При работе с системами, работающими с солнцем, возникает необходимость знать расположение

солнца относительно земли. В сферической системе координат положение Солнца относительно земли определяется высотой и азимутом.

Для дистанционного управления солнечной панелью было разработано приложение “Remote Control SP” – клиент-серверное приложение, в котором сервером является WinForms-приложение, а клиентом, непосредственно связанным с солнечной панелью является микроконтроллер Arduino Uno.

Возможности приложения: ручная настройка положения солнечной панели по азимуту и высоте, автоматическое обновление положения солнечной панели в заданном промежутке времени, выбор страны расположения солнечной панели, автоматическое определение азимута и высоты солнца, получение текущего положения солнечной панели по азимуту и высоте.

В течении суток и года высота и азимут солнца постоянно меняются. Для вычисления этих параметров в определенный момент требуется дата и время. Формула определения времени представлена ниже [1]:

$$d = 367 \cdot y - 7 \cdot \frac{y + \frac{m + 9}{12}}{4} - 3 \cdot \frac{y + \frac{m - 9}{7}}{100} + 1 + 275 \cdot \frac{m}{9} + D + t - 730515, \quad (1)$$

где  $y$  – номер года;  $m$  – номер месяца;  $D$  – номер дня в месяце;  $t$  – время, выраженное в долях суток.

Воспользуемся расчетами, предложенными Жаном Миусом в книге «Астрономические алгоритмы» [1], и вычислим долготу перигелия( $w$ ), эксцентриситет( $e$ ), среднюю аномалию( $M$ ):

$$w = 282.9404 + 4.70935 \cdot 10^{-5} \cdot d; \quad (2)$$

$$e = 0.016709 - 1.151 \cdot 10^{-9} \cdot d; \quad (3)$$

$$M = 356.047 + 0.9856002585 \cdot d; \quad (4)$$

Наклон эклиптики ( $obl$ ) и средняя долгота Солнца,  $L$ :

$$obl = 23.4393 - 3.563 \cdot 10^{-7} \cdot d; \quad (5)$$

$$L = w + M; \quad (6)$$

Далее вычисляем вспомогательный угол эксцентрической аномалии. Поскольку эксцентриситет орбиты Солнца очень мал (0,017), то первое приближение  $E$  будет достаточно точным. И тогда:

$$E = M + e \cdot \sin M \cdot (1 + e \cdot \cos M) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (7)$$

Вычислим прямоугольные координаты Солнца, где ось X направлена в сторону перигелия:

$$x = \cos E - e; \quad (8)$$

$$y = \sin E \cdot \sqrt{1 - e^2}. \quad (9)$$

Расстояние и истинная аномалия:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}; \quad (10)$$

$$v = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (11)$$

Долгота Солнца:

$$lon_c = v + w. \quad (12)$$

Эклиптические прямоугольные координаты Солнца [1]:

$$x_{eclip} = r \cdot \cos(lon_c); \quad (13)$$

$$y_{eclip} = r \cdot \sin(lon_c); \quad (14)$$

$$z_{eclip} = 0; \quad (15)$$

Поворачиваем эклиптические координаты в экваториальные:

$$x_{equat} = x_{eclip}; \quad (16)$$

$$y_{equat} = y_{eclip} \cdot \cos(obl) - z_{eclip} \cdot \sin(obl); \quad (17)$$

$$z_{equat} = y_{eclip} \cdot \sin(obl) + z_{eclip} \cdot \cos(obl); \quad (18)$$

Отсюда получим прямое восхождение(RA) и склонение(Decl):

$$RA = \tan^{-1} \frac{y_{equat}}{x_{equat}} \quad (19)$$

$$Decl = \tan^{-1} \frac{z_{equat}}{\sqrt{x_{equat}^2 + y_{equat}^2}} \quad (20)$$

Для вычисления высоты и азимута, также необходимо знать часовой угол НА:

$$HA = GMST0 + UT + lon_h - RA, \quad (21)$$

где GMST0 – звездное время на гринвичском меридиане в 00:00; UT – всемирное время, равно времени по Гринвичу; lonh – земная долгота, выраженная в часовой форме.

Преобразуем часовой угол HA и склонение Decl Солнца в прямоугольную (x, y, z) систему координат:

$$x = \cos(HA) \cdot \cos(Decl); \quad (22)$$

$$y = \sin(HA) \cdot \cos(Decl); \quad (23)$$

$$z = \sin(Decl); \quad (24)$$

Далее нужно повернуть эту систему x, y, z вдоль оси, идущей с востока на запад, то есть ось Y повернуть таким образом, чтобы ось Z указывала на зенит по следующим формулам:

$$x_{hor} = x \cdot \cos(90 - lat) - z \cdot \sin(90 - lat); \quad (25)$$

$$y_{hor} = y; \quad (26)$$

$$z_{hor} = x \cdot \sin(90 - lat) + z \cdot \cos(90 - lat), \quad (27)$$

Для того, чтобы вычислить азимут и высоту, необходимо преобразовать горизонтальные прямоугольные координаты в сферические координаты ( $r = 1$ ) [2]:

$$azimuth = \tan^{-1} \frac{y_{hor}}{x_{hor}}; \quad (28)$$

$$altitude = \sin^{-1}(z_{hor}). \quad (29)$$

На основе данного алгоритма была разработана компьютерная программа, вычисляющая координаты солнца и передающая их на микроконтроллер, связанный с исполнительными устройствами. Микроконтроллер управляет сервоприводами и передает информацию об их угловом положении на сервер. Такое взаимодействие основного компьютера и микроконтроллера позволяет создать замкнутую распределенную систему управления солнечной панелью. Программа вычисляет высоту и азимут солнца в текущий момент времени, а также позволяет выбрать город, для которого определяется текущее положение солнца. Интерфейс программы и результат работы программы представлены ниже на рисунке 1.

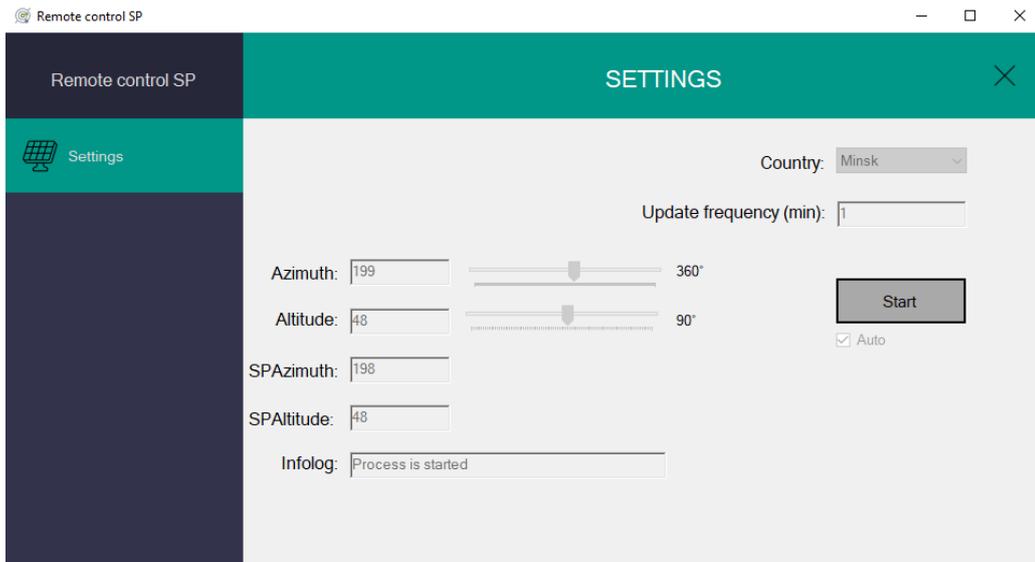


Рис.1. Интерфейс программы с выводом результата работы в автоматическом режиме

Работа микроконтроллера и исполнительных устройств моделировалась с помощью программы PROTEUS. Внешний вид модели микроконтроллера и исполнительных устройств показан на рисунке 2.

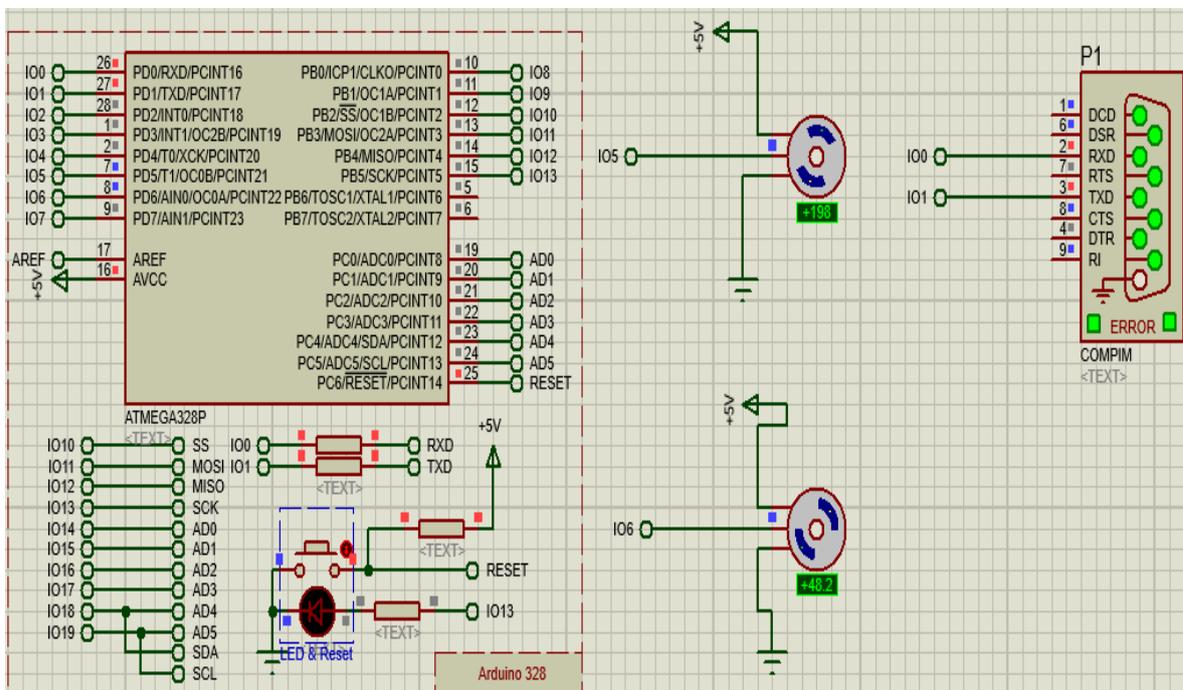


Рис. 2. Модель микроконтроллера и исполнительных устройств в среде Proteus

### Литература

1. Heafner, J. *Fundamentals Ephemeris Computations* / Paul J. Heafner. – Richmond: Willmann-Bell, 1998. – 332 p. – ISBN 978-0943396637.

2. Duffett-Smith, P. *Practical Astronomy with Your Calculator* / Peter Duffett-Smith. – Cambridge: Cambridge University Press, 1988. – 200 p. – ISBN 978-0521356992

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК: 535.373 + 539.2 + 541.14

### ФОТОДИНАМИЧЕСКАЯ ТЕРАПИЯ: ПРИНЦИПЫ РЕАЛИЗАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ

Балачук Д.

Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор

Под фотодинамической терапией (ФДТ) понимают совокупность фотосенсибилизированных реакций окисления органических соединений (называемых фотосенсибилизаторами, ФС) кислородом в биологических системах и в растворах при облучении светом. В основе ФДТ лежат два эффекта – фотодинамическое действие ФС и способность ФС избирательно накапливаться в опухолевых клетках. Фотодинамическое действие ФС включает в себя фотофизические и фотохимические процессы, которые в конечном итоге приводят к деструкции опухолевых тканей (рис. 1).

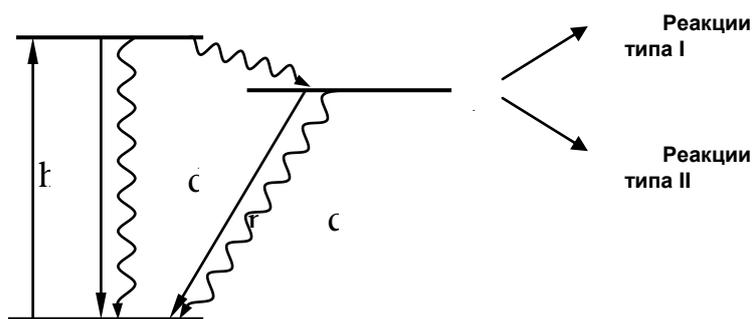


Рис.1. Схема размена энергии электронного возбуждения молекулы фотосенсибилизатора.

После поглощения кванта света молекула ФС переходит в возбужденное синглетное  $S_1$ -состояние. Из  $S_1$ -состояния ФС либо путем внутренней конверсии, либо с излучением кванта света может перейти назад в основное  $S_0$ -состояние. Свойство ФС флуоресцировать используется для диагностических целей ФДТ, а также для определения уровня накопления ФС в различных тканях. ФС из  $S_1$ -состояния может также переходить в возбужденное триплетное  $T_1$ -состояние вследствие интеркомбинационной конверсии. Долгоживущим состоянием является триплетное, и, соответственно, молекула ФС, находясь именно в этом состоянии, инициирует дальнейшие реакции. Основным первичным фотохимическим процессом, приводящие к фотоокислению биоструктур при ФДТ, является реакция образования синглетного кислорода:  ${}^*P + O_2 \rightarrow P + {}^1O_2 ({}^1\Delta_g)$ , где

$^1\text{O}_2(^1\Delta_g)$  - молекула кислорода в возбужденном синглетном состоянии. В этом случае происходит перенос энергии с возбужденной молекулы ФС на кислород с образованием синглетного кислорода. Известно, что молекула кислорода  $\text{O}_2$  в основном состоянии, как правило, химически инертна и обладает невысокой реакционной способностью. Для того чтобы она стала эффективным окислителем, ее необходимо активировать, т.е. перевести в возбужденное синглетное состояние (рис.2).

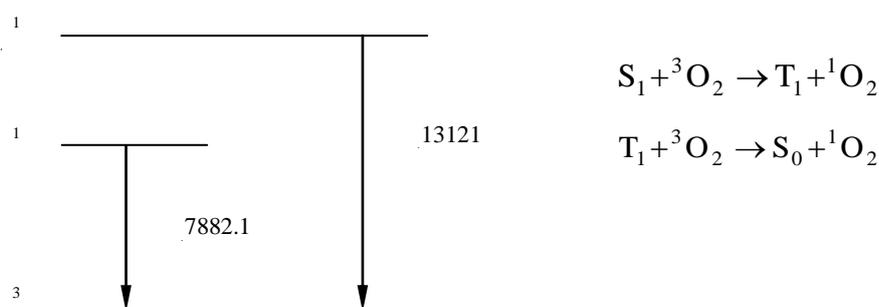


Рис.2. Схема электронных уровней молекулярного кислорода и возможные механизмы генерации синглетного кислорода при возбуждении ФС.

На основании исследований большой группы тетрапиррольных соединений показано, что квантовый выход фотосенсибилизированного хлорофиллами, феофитинами, хлоринами, порфиринами и металлопорфиринами (см. рис. 3) образования синглетного кислорода в полярных и неполярных средах совпадает, как правило, с квантовым выходом интеркомбинационной конверсии молекулы сенсibilизатора.

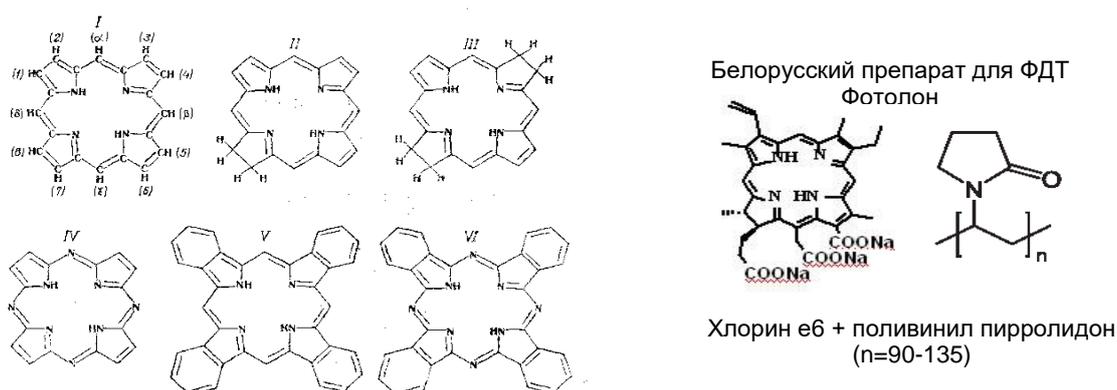


Рис.3. Структуры тетрапиррольных соединений, используемых как ФС в ФДТ.

Практически каждый акт тушения триплетного состояния тетрапиррольного соединения кислородом приводит к переводу молекулы последнего в низшее синглетное  $^1\Delta_g$ -состояние. Таким образом, ФС, на основе тетрапиррольных соединений, инициируют реакции типа II, происходящие исключительно за счет тушения триплетного состояния

молекулярным кислородом. Причем эти соединения генерируют синглетный кислород с предельной высокой эффективностью ( $S_{\Delta} \approx 1$ ).

Лечебный сеанс ФДТ опухолей состоит из нескольких этапов (рис. 4).

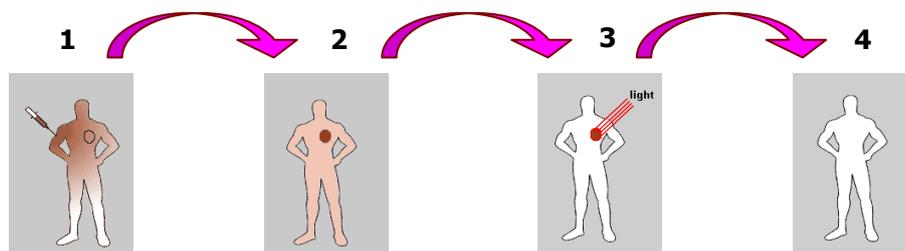


Рис.4. Этапы ФДТ онкологических опухолей.

1. В клинике пациенту ФС вводится инъекцией либо в виде гель-аппликации в места локализации опухоли (продолжительность 1-3 час.).
2. В течение нескольких часов происходит накопление ФС в опухоли.
3. Фотовозбуждение ФС в опухолевых клетках светом (30-40 мин., мощность ~ неск. Ватт, световая доза -  $50 \div 400 \text{ Дж/см}^2$ ).
4. Опухоль селективно разрушается при взаимодействии с синглетным кислородом (1-3 час.)

На основании большого числа исследований, а также опыта использования различных соединений в клинической практике были сформулированы основные требования, предъявляемые к ФС [1]:

1. ФС должен накапливаться в опухолях в большей степени, чем в здоровых, слабо накапливаться в коже, быстро выводиться из организма.
2. Иметь интенсивное поглощение в области прозрачности биоткани.
3. Обладать оптимальными значениями квантового выхода флуоресценции и интеркомбинационной конверсии, причем для эффективного образования синглетного кислорода энергия трилетного состояния  $E_T \geq 94 \text{ кДж/моль}$ .
4. Обладать низкой темновой токсичностью и устойчивостью при хранении и введении в организм.
5. Иметь определенный химический состав.
6. Иметь доступный и относительно дешевый способ получения.

#### *Литература*

1. Миронов А.Ф. Современное состояние химии фотосенсибилизаторов на основе порфиринов и родственных соединений // Успехи химии порфиринов. / Под ред. О. А. Голубчикова - СПб. ВВМ – 2004. -Т. 4, Глава 13, С. 271-291.

## ОПТИЧЕСКИЕ МИРАЖИ И ПРИЧИНЫ ГИБЕЛИ «ТИТАНИКА»

Басюк П.

Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор

Из геометрической оптики известно, что при переходе света из оптически более плотной среды в оптически менее плотную под углом полного внутреннего отражения  $\alpha_{\text{пред}}$  свет во вторую среду не проникает. Это явление называется *полным внутренним отражением* (рис. 1).

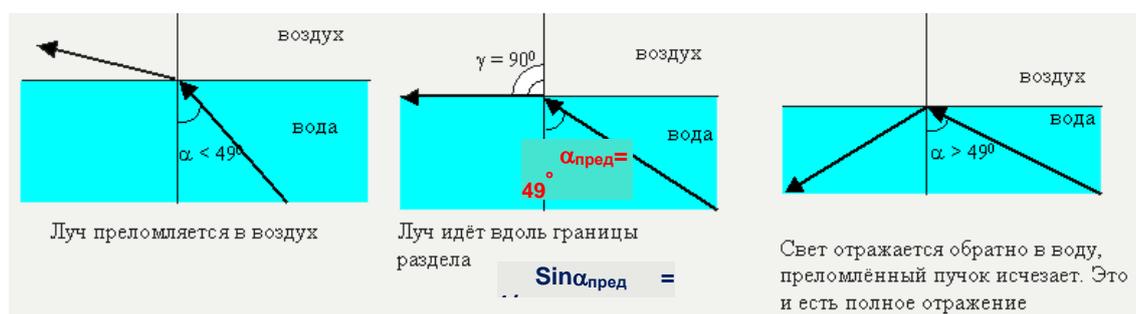


Рис.1. Явление полного внутреннего отражения на границе вода-воздух.

Именно этот оптический процесс составляет физическую природу *миражей* - оптических явлений в атмосфере: преломление потоков света на границе между резко различными по плотности и температуре (и, соответственно, по показателю преломления) слоями воздуха. Для наблюдателя такое явление заключается в том, что вместе с реально видимым отдалённым объектом (или участком неба) также видно и его отражение в атмосфере. Миражи наблюдаются при большом вертикальном градиенте температуры, который определяет изменение показателя преломления атмосферного воздуха: чем выше температура слоя воздуха, тем меньше его показатель преломления. В зависимости от направления градиента температуры наблюдаются нижний или верхний миражи.

*Нижние миражи* возникают преимущественно в тех случаях, когда слои воздуха у поверхности Земли (например, в пустыне) разогреты настолько, что лучи света, исходящие от предметов, сильно искривляются. Световые лучи всегда искривляются от теплых слоев в сторону более холодных. Описав дугу у поверхности, они идут снизу вверх. Тогда можно вдруг увидеть деревья и дома, как будто отражённые в воде. На самом деле это перевёрнутые изображения далёких ландшафтов. Видим мы, конечно, не воду, а кусочек голубого неба, только ниже того места, где оно есть на самом деле. А эффект блеска и переливов вызван неоднородностью потоков теплого воздуха, поднимающегося от горячей поверхности.



Рис.2. Формирование нижнего миража в пустыне (показатели преломления  $n_1 < n_2 < n_3$ ) и озерный мираж в пустыне.

Если в жаркий летний день смотреть на шоссе, когда солнце находится немного сбоку или чуть впереди, то можно разглядеть, как шоссе впереди от нас как будто погружается в искрящееся озеро. При движении автомобиля это «озеро» отодвигается с такой же скоростью.

*Верхний мираж* наблюдается над холодной земной поверхностью при инверсном распределении температуры (температура воздуха повышается с увеличением высоты, а показатель преломления падает). Верхние миражи являются наиболее распространенными в полярных регионах, особенно на больших ровных льдинах со стабильной низкой температурой. Такие условия могут возникать над Гренландией и в районе Исландии. Верхний мираж может быть прямым или перевернутым, в зависимости от расстояния до истинного объекта и градиента температуры.

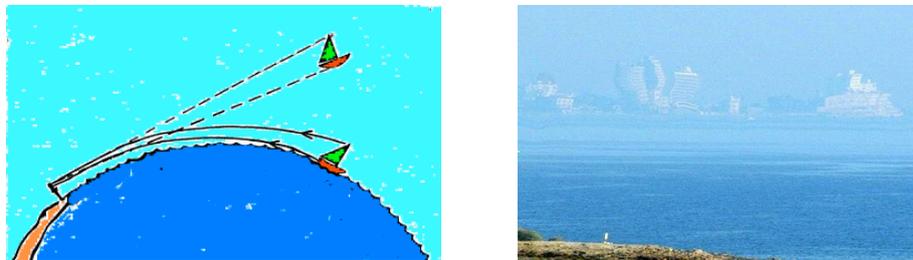
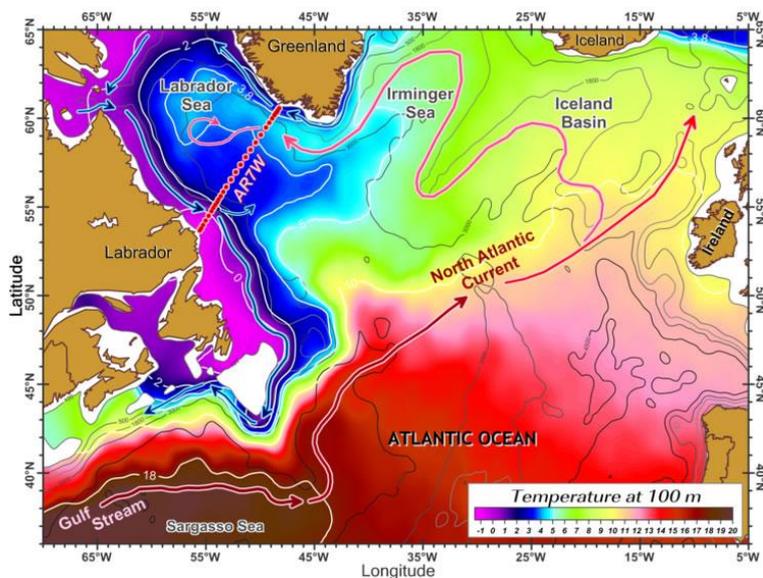


Рис.3. Формирование верхнего миража на море.

Одна из версий гибели парохода «Титаник» связывается с миражами. Лайнер «Титаник» с 1316 пассажирами и 908 членами экипажа, ведомый капитаном Эдвардом Смитом и следовавший в своем первом путешествии по маршруту Саутгемптон – Шербур – Квинстаун – Нью-Йорк, встретил свой злополучный айсберг 14 апреля 1912 г. в 23 час. 40 мин. В результате столкновения с айсбергом обшивка правого борта гигантского судна на протяжении 90 м была повреждена и в 5 водонепроницаемых отсеков «Титаника» начала поступать вода. Корабль затонул через 2 часа. Спасательных плавсредств на всех пассажиров не хватало. 712 пассажиров и членов экипажа прибыло в Нью-Йорк: 189 членов экипажа, 129 пассажиров мужчин и 394 человек - женщины и дети. Причин, почему считавшееся непотопляемым судно не добралось до пункта назначения, специалисты выделяют несколько.

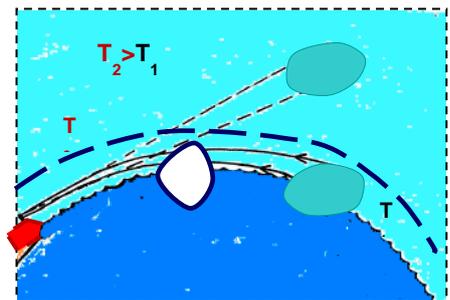


1) Весной 2012 г. сильный прилив (за счет нахождения Солнца, Земли и Луны на одной линии) способствовал большому передвижению айсбергов Исландии в южные широты.

2) Лабрадорское течение принесло массы холодной воды в зону морского пути Европа-Америка.

3) В результате, произошло инверсное распределение температуры: над поверхностью океана температура воздуха  $T_1$  оказалась низкой и повышалась с увеличением высоты. В соответствии с законами геометрической оптики в этих условиях ( $T_2 > T_1$  и  $n_1 < n_2$ ) реализовались условия верхнего миража, который исказил картину горизонта.

В ту ночь на небе не было Луны, море было спокойным, а сам айсберг, возможно, мог перевернуться, из-за чего ее надводная часть стала темной. Как следствие, смотрящие вовремя не заметили, а когда увидели – было уже слишком поздно, чтобы что-то изменить. Айсберг был замечен на расстоянии примерно 400-500 м, и команда по изменению курса последовала незамедлительно после трех ударов в колокол впередсмотрящего



(тормозной путь корабля ~1000 м). На скорости в результате столкновения с льдиной корабль получил шесть узких пробоин, протяженность которых составила 90 метров. Торможение снизило эффективность руля, из-за чего судно не смогло в полной мере увернуться от льдины, лишь подставив ей свой бок.



на плаву.

В течение 75 лет крушение «Титаника» считалось крупнейшим в истории.

# THE BASICS OF QUANTUM COMPUTING

Bandara H.M.S.H.

Academic Supervisor: V.A. Martinovich, PhD, Associate Professor

Quantum computing is an emerging field in physics that has the potential to revolutionize classical computing [1]. In contrast to conventional computing systems, which operate with binary digits known as bits to store and manipulate information, quantum computers rely upon quantum bits, often referred to as qubits [2]. Qubits can exist in multiple states simultaneously, which allows quantum computers to perform certain calculations much faster than classical computers.

The theoretical foundations of quantum computing are based on the principles of quantum mechanics. In classical mechanics, objects are described by their position and velocity, but in quantum mechanics, objects are described by their wave function, which represents the probability of finding the object in a particular state [2]. The wave function exhibits the property of superposition, whereby the object it describes is capable of existing in several distinct states simultaneously.

The science of quantum computing employs qubits as a means of information representation [2]. A qubit can exist in two states, which are usually denoted as 0 and 1, but it can also exist in a superposition of these states. This means that a qubit can represent both 0 and 1 at the same time, which allows quantum computers to perform certain calculations much faster than classical computers.

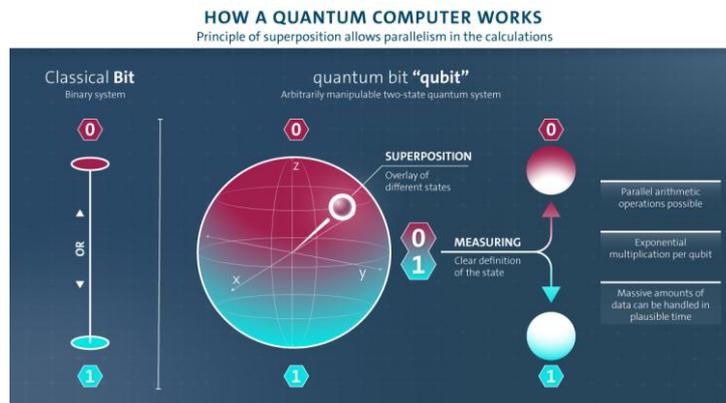


Fig. 1. How a Quantum Computer Works.  
Source: Adapted from [9]

Quantum computing employs various types of qubits, such as superconducting qubits, trapped ion qubits, and topological qubits. Superconducting qubits constitute the most commonly employed species of qubits, comprising of superconducting substances that facilitate electrical conduction in the absence of resistance. The utilization of trapped ion qubits is based on the confinement of ions within an electric field and their subsequent manipulation through laser mechanisms. The notion of topological qubits denotes a recently developed qubit

type that exhibits greater resilience to errors in comparison to other conventional qubits.

The quantum gate is widely recognized as a vital operation within the field of quantum computing. In the domain of quantum computing, a quantum gate denotes a unitary operator that operates on a single or multiple qubits, thereby achieving a distinct computational task [3]. There exist numerous variations of quantum gates, however, several types carry significant importance, namely the Hadamard gate, the CNOT gate, and the phase gate.

The employment of the Hadamard gate facilitates the creation of a superposition of states in a given qubit. It takes a qubit that is in the state 0 and puts it into a superposition of the states 0 and 1. Similarly, it takes a qubit that is in the state 1 and puts it into a superposition of the states 0 and 1. The CNOT gate has been employed for the purpose of entangling a pair of qubits. Entanglement is a phenomenon in which two qubits become correlated in such a way that the state of one qubit depends on the state of the other qubit [4]. The phase gate is used to change the phase of a qubit. This operation is important for quantum algorithms such as the quantum Fourier transform.

Shor's algorithm is widely recognized as one of the most eminent quantum algorithms employed for the purpose of factoring large numbers [2]. Factoring large numbers is a difficult problem for classical computers, but it is easy for quantum computers [5]. Shor's algorithm uses the quantum Fourier transform to find the period of a function, which can be used to factor a large number into its prime factors.

Quantum cryptography represents a pivotal application of quantum computing [6]. Quantum cryptography deploys the fundamental principles of quantum mechanics to guarantee secure communication channels between a pair of entities. The most famous quantum cryptography protocol is the BB84 protocol, which uses the properties of entangled qubits to ensure that the communication is secure.

Quantum computing has the potential to solve complex problems that are beyond the capabilities of classical computers [7]. One such problem is simulating quantum systems. Simulating quantum systems is important in many areas of physics, such as condensed matter physics and quantum chemistry [4]. However, simulating quantum systems is a difficult problem for classical computers, as the number of variables that need to be considered increases exponentially with the size of the system. Quantum computing, in contrast, possesses the ability to execute simulations of quantum systems in a significantly more efficient manner. This capability stands to offer noteworthy advances in these respective disciplines.



Fig. 2. An IBM quantum computer that uses superconducting qubits.  
Source: Adapted from [10]

Another significant application of quantum computing is the field of machine learning [7]. Machine Learning is an interdisciplinary field of study, primarily centered around Computer Science, that aims to develop algorithms and statistical models capable of training computers to detect and analyze patterns in complex datasets. Quantum machine learning is an emerging field that combines quantum computing with machine learning. The utilization of quantum machine learning algorithms has the ability to address challenges that surpass the capacity of conventional machine learning algorithms, specifically in areas such as image recognition and natural language processing.

Despite the potential of quantum computing, there are still many challenges that need to be overcome [1]. Decoherence presents a formidable challenge of significant magnitude [5]. The phenomenon of decoherence is characterized by the entanglement of a qubit's quantum state with its surrounding environment, precipitating the collapse of said state. The phenomenon of decoherence represents a formidable impediment to the development of quantum computers of significant scale, as it imposes restrictions on the feasible usage of qubits in such computing systems [5].

Another challenge is the problem of error correction [1]. Quantum computing systems are vulnerable to errors as a result of the adverse effects of decoherence and other pertinent factors. The process of error correction in quantum computation involves identifying and rectifying errors [5]. However, error correction is a difficult problem, as it requires additional qubits and operations to be performed, which increases the complexity of the quantum computation [1].

In conclusion, quantum computing is an exciting field in physics that has the potential to revolutionize conventional computing. The utilization of qubits, capable of existing in a superposition of states, renders quantum computers highly efficient at performing specific computations in comparison to classical computers. Quantum gates are used to perform specific operations on qubits, and there are many different types of quantum gates [3]. Quantum algorithms such as Shor's algorithm and quantum cryptography protocols such as the BB84 protocol are important applications of quantum computing [6]. Despite significant advances in the field, there remain numerous formidable challenges to be addressed, including

decoherence and error correction. As scholarly investigations into the realm of quantum computing persist, a surge of groundbreaking advances in this domain is anticipated [8].

### *References*

1. J. Preskill, "Quantum computing in the NISQ era and beyond," *Quantum*, vol. 2, p. 79, 2018.
2. M. A. Nielsen and I. L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, 2010.
3. S. Lloyd, "Universal quantum simulators," *Science*, vol. 273, no. 5278, pp. 1073-1078, 1996.
4. M. H. Devoret and R. J. Schoelkopf, "Superconducting circuits for quantum information: an outlook," *Science*, vol. 339, no. 6124, pp. 1169-1174, 2013.
5. T. D. Ladd et al., "Quantum computers," *Nature*, vol. 464, no. 7285, pp. 45-53, 2010.
- A. K. Ekert, "Quantum cryptography based on Bell's theorem," *Physical Review Letters*, vol. 67, no. 6, pp. 661-663, 1991.
6. J. Biamonte and P. J. Love, "Quantum machine learning," *Nature*, vol. 549, no. 7671, pp. 195-202, 2017.
7. J. Preskill, "Quantum computing in the NISQ era and beyond," *Quantum*, vol. 2, p. 79, 2018.
8. Volkswagen AG, "Where is the electron and how many of them?," Volkswagen Newsroom, Nov. 2019. [Online]. Available: <https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2019/11/where-is-the-electron-and-how-many-of-them.html>. [Accessed: Jun. 15, 2021].
9. G. Lawton, "Superconducting qubits have passed a key quantum test," *New Scientist*, May 2021. [Online]. Available: <https://www.newscientist.com/article/2372828-superconducting-qubits-have-passed-a-key-quantum-test/>. [Accessed: Jun. 15, 2021].

УДК: 535.373 + 539.2 + 541.14

## **ПЕРВИЧНЫЕ ФОТОПРОЦЕССЫ ФОТОСИНТЕЗА**

Домашевич Е.

Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор

Фотосинтез является единственным процессом на Земле, который идет с накоплением свободной энергии и протекает вопреки закону возрастания энтропии. Природа в ходе эволюции задолго до ученых разработала основные пути формирования структур и механизмы их взаимодействия, которые активно используются в современных нанотехнологиях. В 2017 году исполнилось 200 лет со дня открытия хлорофилла Жозефом Кавенту и

Пьером Пеллетье, 50 лет со дня установления стереохимии хлорофилла Яном Флемингом и 100 лет со дня рождения лауреата Нобелевской премии, получившего награду, в том числе, и за разработку синтеза хлорофилла – Роберта Вудворда.

Основная реакция фотосинтеза представляет собой процесс, в ходе которого под действием света в растениях и бактериях происходит восстановление углекислого газа и окисление воды, сопровождающиеся образованием молекулярного кислорода и богатых химической энергией органических соединений



Фотосинтез – единственный процесс на Земле, идущий с возрастанием свободной энергии системы  $\Delta E = 120 \text{ Ккал/М} = 42000 \text{ см}^{-1} = 5.2 \text{ эВ}$ . При этом происходит усвоение  $\text{CO}_2$  за счет фотосинтеза. Таким образом, Возникновение на Земле более 3 млрд лет назад механизма расщепления молекулы воды квантами солнечного света с образованием  $\text{O}_2$  представляет собой важнейшее событие в биологической эволюции, сделавшее свет Солнца главным источником энергии биосферы.

Основным действующим звеном в сложной последовательности протекающих под действием света реакций в фотосинтетическом аппарате зеленого листа растений является хлорофилл.



Лист

Хлоропла

Тилакоид

Хлорофилл

Рис.1. Структурные элементы зеленого листа и структура молекулы хлорофилла.

Преобразование солнечной энергии в процессе фотосинтеза осуществляется в ходе целой последовательности световых и темновых реакций (Рис. 2):



Рис.2. Последовательность световых и темновых процессов фотосинтеза.

Первичными фотопроцессами являются поглощение света молекулами хлорофилла, входящими в состав светособирающих антенных комплексов, а также безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения по синглетным возбужденным уровням молекул хлорофилла в антенне (по механизму индуктивного резонанса за времена  $\sim 10^{-10}$  с) с последующей доставкой этой энергии в реакционные центры.

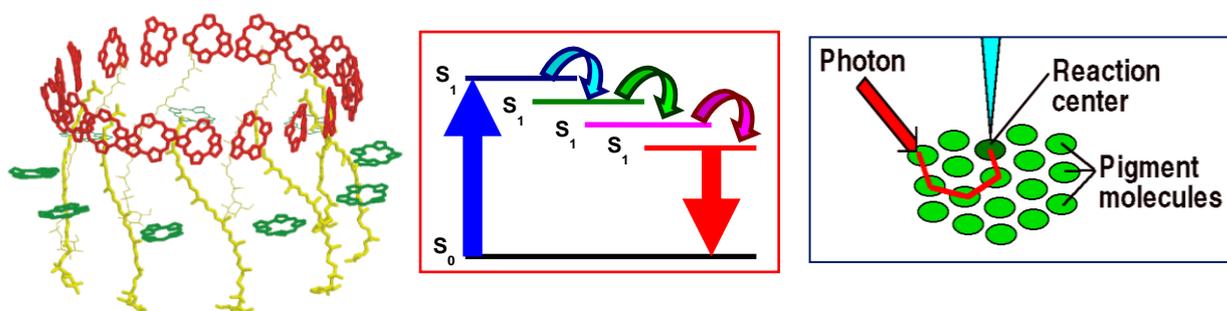


Рис.3. Структура кольцевых антенных комплексов фотосинтезирующих бактерий, энергетическая схема переноса энергии и доставки ее в реакционный центр.

Далее в реакционном центре осуществляется процесс преобразования энергии электронного возбуждения в химическую энергию разделенных зарядов (рис. 4). Этот процесс представляет собой фотоиндуцированный перенос электрона (за времена  $\sim 10^{-12}$  с) от донора – специальной пары реакционного центра (являющейся химическим димером хлорофилла или бактериохлорофилла) на акцептор – хинон. На этом этапе фотофизические процессы запускают целую последовательность темновых химических окислительно-восстановительных реакций, ведущих к образованию молекулярного кислорода и богатых химической энергией органических соединений.

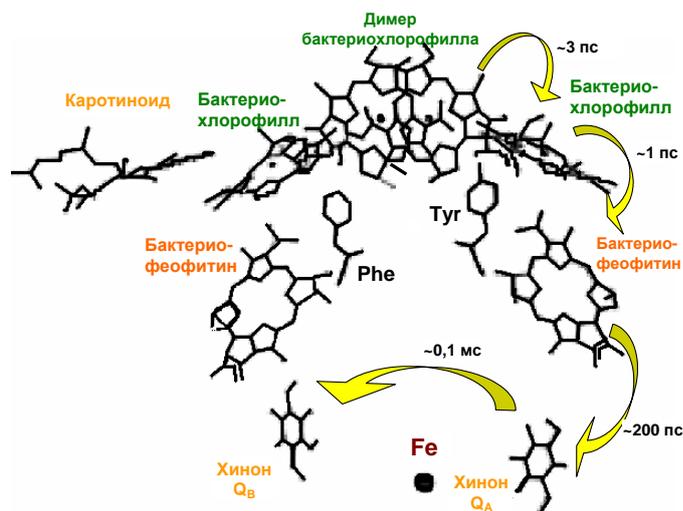


Рис.4. Структура реакционного центра фотосинтезирующих бактерий и энергетическая схема фотоиндуцированного переноса электрона.

Основополагающая роль хлорофиллов как главных участников поглощения и преобразования солнечной энергии вызвала громадный интерес к исследованию этих объектов, охватывающий биологию, химию, физику и современную нанобиомедицину. За два столетия, прошедших после открытия хлорофилла, в мировой науке исследователями из разных стран получен ряд принципиальных результатов (отмеченных десятью Нобелевскими премиями), охватывающих широкую область структурно-морфологических, оптических и энергетических свойств основных фотосинтетических пигментов, а также детально исследованы окислительно-восстановительные реакции и процессы трансформации солнечной энергии, реализуемые в структурах с различным уровнем организации как *in vivo*, так и *in vitro*.

#### Литература

1. Гуринович Г.П., Севченко А.Н., Соловьев К.Н. // Спектроскопия хлорофилла и родственных соединений. – 1968. - Минск: Наука и техника, 517 с.

УДК: 535.373 + 539.2 + 541.14

## ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ: СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Карпачев Т.

Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор

Нанотехнологии – это совокупность методов и средств, обеспечивающих создание структур с типичными размерами от единиц до сотен нанометров

(1-100 нм), а также материалов и функциональных систем на их основе [1, 2]. Одним из направлений в этой области является создание и исследование полупроводниковых нанокристаллов (так называемых квантовых точек, КТ), а также их наноансамблей с органическими функциональными молекулами [3]. КТ – это частица полупроводникового материала с нанометровыми размерами (обычно от 1 до 100 нм), которая может содержать от десятка до  $10^6$  атомов, связанных вместе. Полупроводниковые КТ (например, CdSe, PbS, AgInS) получают методами коллоидной химии. Для обеспечения фотоустойчивости КТ их поверхность покрывается несколькими монослоями стабильных полупроводников (например, ZnS). Растворимость КТ в растворителях обеспечивается стабилизирующими органическими молекулами-лигандами (аминами, глутатионом, триоктил-фосфин-оксидами и др.), которые присоединяются к поверхности КТ химическими связями.

Принципиальными свойствами КТ, которые существенно отличаются от таковых для полупроводниковых макроструктур, являются самоорганизация и специфическая зависимость физико-химических характеристик КТ от размеров (так называемые квантово-размерные эффекты). Из квантовой физики полупроводниковых материалов следует, что когда диаметр КТ ( $d$ ) становится сравнимым или меньше боровского радиуса экситона ( $a_B$ ), в таких материалах реализуется так называемый принцип квантового ограничения.

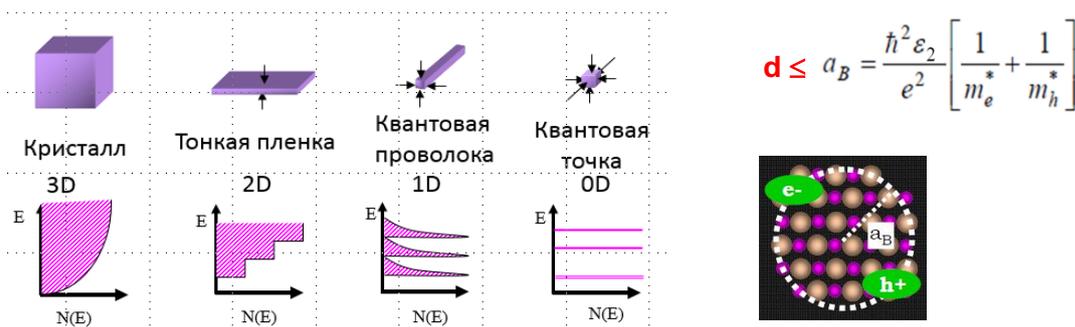


Рис.1. Изменение структуры энергетических уровней при переходе от кристалла к КТ.

Он проявляется в двух эффектах: 1) энергетические уровни в валентной зоне и в зоне проводимости становятся дискретными (рис. 1), 2) энергетическая ширина запрещенной увеличивается при уменьшении диаметра КТ (рис. 2).

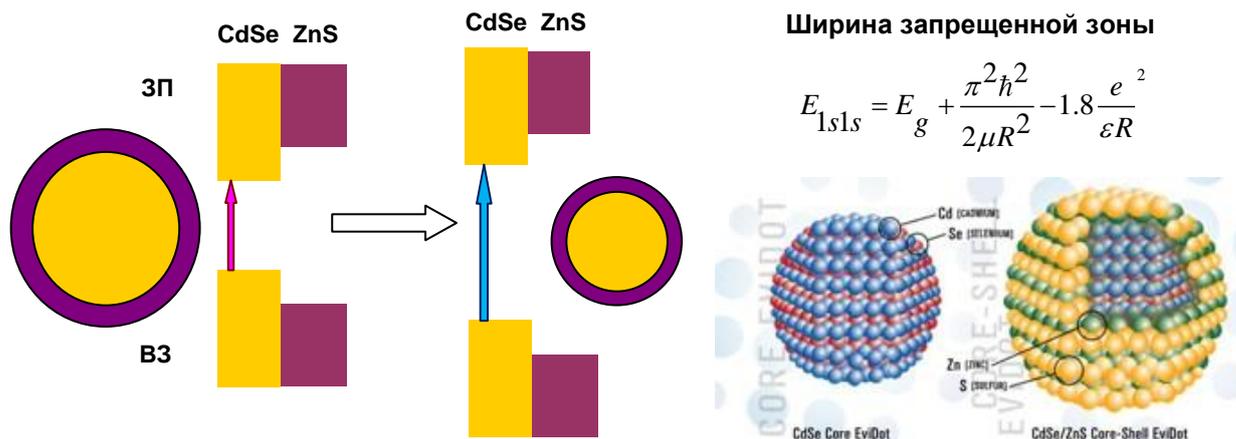


Рис.2. Структура КТ CdSe/ZnS и изменение ширины запрещенной зоны при уменьшении диаметра КТ.

Причиной этих эффектов являются квантово-механические эффекты, возникающие при пространственном ограничении движения носителей заряда: энергия носителей в этом случае становится дискретной. А число уровней энергии, в соответствии с квантово-механическими расчетами, зависит от размера «потенциальной ямы», высоты потенциального барьера и массы носителей заряда. Естественный масштаб длины для электронных возбужденных областей в «непрерывных» полупроводниках определяется радиусом экситона Бора  $a$ , который зависит от силы кулоновского взаимодействия между электроном ( $e$ ) и дыркой ( $h$ ). В результате, квантово-размерные эффекты проявляются в том, что при уменьшении размеров КТ их спектры поглощения и фотолюминесценции смещаются в синюю область (т.е. энергия запрещенной зоны возрастает, см. рис. 3).

Кроме того, для КТ характерно резкое возрастание отношения поверхность-объем и проявление интерфейсных эффектов, что обеспечивает формирование уникальных электрических, магнитных, оптических, физико-химических и механических свойств этих объектов. Вместе с тем, на данный момент ни один из экспериментальных методов не дает достаточно разрешенную пространственную визуализацию как морфологии поверхности КТ, так и особенностей формирования наноансамблей «КТ-органический хромофор».

Причиной стремительного проникновения полупроводниковых КТ в разнообразные области науки и технологии являются их уникальные оптические характеристики:

1. Узкий симметричный пик флуоресценции (в отличие от органических красителей), положение которого регулируется выбором размера нанокристалла и его составом.
2. Широкая полоса возбуждения, что позволяет возбуждать нанокристаллы разных цветов одним источником излучения. Это достоинство принципиально при создании систем многоцветного кодирования.

3. Высокая яркость флуоресценции, определяемая высоким значением экстинкции и высоким квантовым выходом (для КТ CdSe/ZnS - до 70%);
4. Уникально высокая фотостабильность, что позволяет использовать источники возбуждения высокой мощности.

5.

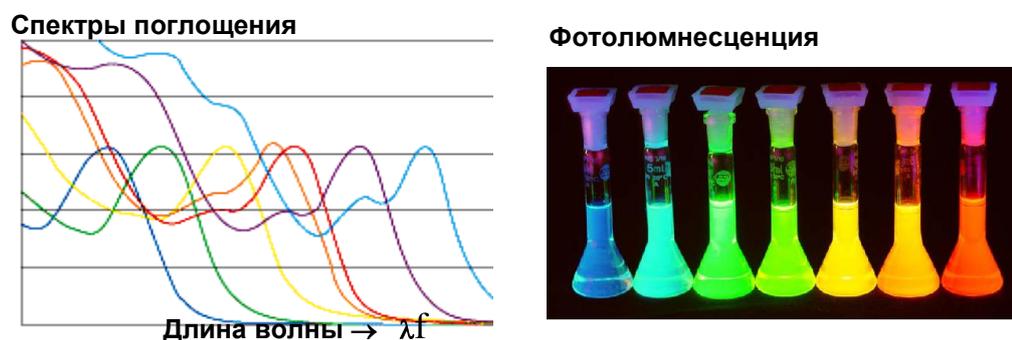


Рис.3. Спектральные свойства КТ CdSe/ZnS при вариации их диаметра.

Такие КТ можно использовать для построения различных ассоциатов, гибридов, упорядоченных слоев и т.п., на основе которых конструируют элементы электронных и оптоэлектронных устройств, пробники и сенсоры для анализов в микрообъемах вещества, различные флуоресцентные, хемилюминесцентные и фотоэлектрохимические наноразмерные датчики.

С 2012 г. в Республике Беларусь реализуется программа развития nanoиндустрии. Перед учеными и практиками Беларуси стоит серьезная инновационная задача – создать новую наукоемкую отрасль (включающую наноматериалы, нанoeлектронику, нанобиологию, наномедицину), открывающую множество перспективных приложений.

#### *Литература*

1. Гапоненко С.В. Нанофотоника: состояние и перспективы // Наука и инновации – 2009. – Т. 71. - №1. – С. 14-16.
2. Von Borczyskowski K., Zenkevich E. // "Tuning Semiconducting and Metallic Quantum Dots: Spectroscopy and Dynamics" – 2017. - Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., 398 p.

УДК 621.785

## **ПОТЕРИ ЭНЕРГИИ В ЛЭП ВСЛЕДСТВИЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА**

Лугавцов Е.О., Бобко А.Д.

Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

Передача электрической энергии по линиям электропередач – неотъемлемая черта современной инфраструктуры. Известно, что для борьбы с потерями энергии вследствие теплового действия, нужно уменьшать силу электрического тока. Чтобы снижение силы тока не сопровождалось уменьшением передаваемой мощности повышается напряжение. Однако высокое напряжение

приводит к появлению других причин, приводящих к потерям энергии, одной из основных причин является коронный разряд [1].

Таблица 1. Удельные потери мощности на корону, усредненные по конструкции фазы [1].

Номинальное напряжение, кВ	Удельные потери мощности на корону, кВт/км, при погоде:			
	хорошей	сухом снеге	дожде	изморози
1150	11,2	34,3	108,3	278,0
750	4,2	16,55	60,0	122,5
500	2,3	8,8	29,0	76,0
400	1,3	5,0	18,1	54,4
330	0,9	3,9	13,0	28,8
220	0,3	1,1	3,0	12,0
154	0,12	0,35	1,2	4,2
110	0,03	0,12	0,35	1,2

Из приведенной таблицы видно, что потери энергии в линиях электропередач зависят от номинального напряжения, погодных условий и в некоторых случаях могут достигать значительной величины.

Коронный разряд возникает при очень высокой напряженности электрического поля и обусловлен ионизацией газа. Заряженные частицы, возникающие вследствие ионизации, начинают дрейфовать под действием электрического поля, это приводит к возникновению тока в окружающей среде, нагреву и потерям энергии. Т.к. определяющей причиной возникновения коронного разряда является напряженность электрического поля вокруг провода, то основным методом борьбы с коронным разрядом является снижение напряженности электрического поля у поверхности провода. Добиться снижения напряженности электрического поля можно несколькими способами: 1) увеличением диаметра проводов; 2) Применением полых проводов; 3) применением расщепленных проводов; 4) использование экранов. Кратко рассмотрим особенности применения каждого из указанных методов.

Увеличение диаметра проводов снижает напряженность электрического поля у поверхности проводника, т.к. напряженность электрического поля обратно пропорциональна радиусу кривизны поверхности проводника. Однако, увеличение диаметра проводов неизбежно повышает расход металла на изготовление проводов, требует более прочных опор ЛЭП и таким образом имеет существенные недостатки. Кроме того, при передаче переменного тока в

проводах возникает скин-эффект, который заключается в том, что вследствие возникновения в проводе вихревых токов основной ток идет в тонком поверхностном слое провода, а внутренняя часть провода практически не используется. Такая особенность протекания переменного тока привела к идее использования полых проводов. Полый провод представляет собой полую трубку, ток протекает по стенкам этой трубки, а внутренняя часть провода, которая не участвует в переносе тока – отсутствует. Полые провода решают проблему с повышенным расходом металла, но являются более сложными и дорогими в производстве, относительно легко переламываются. Прочность и долговечность полых проводов можно повысить, если внутреннюю область провода заполнить недорогим прочным пластиком.

Еще одним решением, снижающим потери электроэнергии в ЛЭП, является использование проводящих экранов. Основная идея применения проводящего экрана, соединенного с проводом, заключается в том, что внутри проводящего экрана электрическое поле отсутствует, оно появляется только снаружи экрана, а так как радиус экрана во много раз больше радиуса провода, то напряженность электрического поля снижается многократно. Вследствие громоздкости экранов их устанавливают, как правило, только в наиболее критичных местах, например в местах крепления проводов к опорам, т.е. там, где вероятность пробоя и возникновения коронного разряда особенно высока.

Таким образом, при конструировании, изготовлении и эксплуатации ЛЭП следует обращать внимание не только на потери энергии вследствие теплового действия тока, текущего в проводах, но и на другие физические процессы, которые могут иметь место, особенно при высоких напряжениях и приводить к дополнительным потерям энергии.

#### *Литература*

1. Потери на корону: усредненные, удельные, расчет, табличные значения [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://pue8.ru/uchet-elektroenergii/2-3-2-poteri-na-koronu.html>.

2. Потери на корону [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/091/990.htm>.

УДК: 535.373 + 539.2 + 541.14

### **ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОВОЛОКНА: ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ**

Лагун А.

Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор

Нановолокна и нанотекстиль (ткань, трикотаж, нетканка) не являются готовыми продуктами. Первые – нановолокна широко используются в

технике (наполнители композитных пластиков), в производстве собственно текстиля. Вторые – нанотекстиль используются в производстве одежды, головных уборов, обуви, предметов домашнего пользования и т.д.).

Химические нановолокна (искусственные и синтетические) производятся методом электроформования (ЭФВ) или электроспиннинга растворов или расплавов волокнообразующих полимеров, когда при выходе из фильеры раствор или расплав полимера попадает в электрическое поле с определенными параметрами и волокно вытягивается до диаметра наноразмеров 10-100 нм. По этой технологии принципиально можно производить нановолокна из любых волокнообразующих полимеров. Процесс ЭФВ протекает по схеме, изображенной на Рис. 1, и включает три основные стадии.

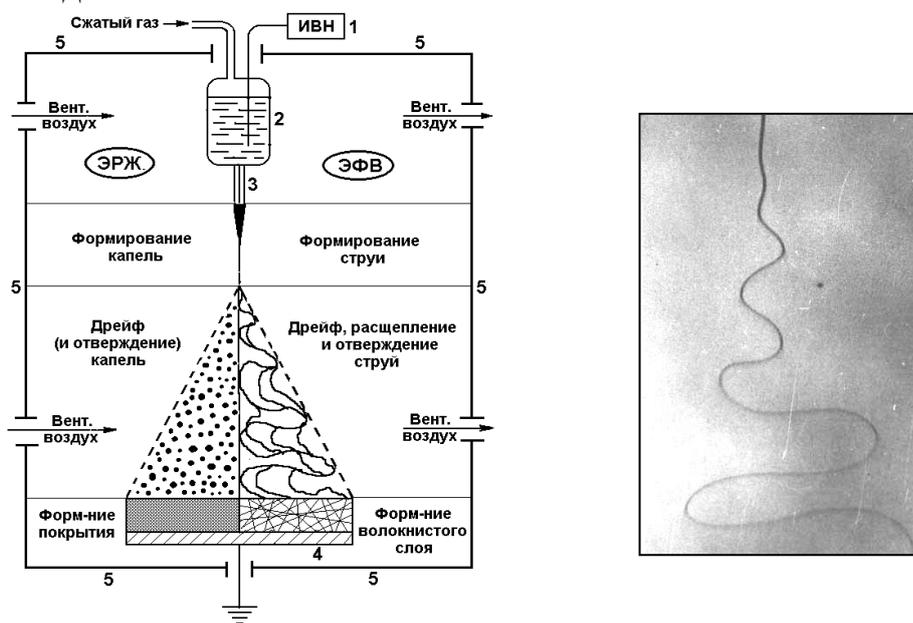


Рис. 1. Схема установки для осуществления процесса ЭФВ: 1 – источник высокого напряжения, 2 – емкость с рабочей жидкостью, 3 – капиллярное сопло, 4 – осадительный электрод, 5 – защитная камера.

Прядильный полимерный раствор, к которому через помещенный в него металлический электрод от источника 1 подведено регулируемое высокое отрицательное постоянное электрическое напряжение, из емкости 2 под собственным весом или избыточным давлением газа вытекает с заданным объемным расходом через инжектирующее капиллярное сопло 3 и под действием электрических сил образует исходную непрерывную и стационарную ускоряющуюся и утончающуюся свободную струю, ось которой совпадает с генеральным направлением электрического поля. Вторая стадия состоит из нескольких процессов, протекающих одновременно. В ней вызванные флуктуациями по времени и пространству объемной плотности электрических зарядов колебания силовых линий электрического поля и

неизбежного при этом отклонения их от оси, обладающей значительной инерцией ускоренной струи, приводят к появлению действующего на последнюю гидродинамического момента сил со стороны вязкой газовой среды, увеличивая это отклонение. В результате струя разворачивается в виде расширяющегося книзу конуса Тэйлора. Одновременно резко интенсифицируется начавшееся еще на первой стадии процесса испарение растворителя, струя отверждается, и образовавшееся волокнистое облако дрейфует во внешнем электрическом поле на осадительный электрод 4. Третья стадия также состоит из двух, одновременно протекающих процессов: первого – случайной укладки волокон в слой осями параллельно плоскости осадительного электрода и второго – замыкающего электрическую цепь искрового газового разряда между осадительным электродом и образующимся на нем волокнистым слоем.

Для более глубокого анализа существа, технологических и производственных возможностей процесса ЭФВ и для его практической реализации и эффективного им управления требуются знания механизмов составляющих его физических процессов и их адекватное теоретическое описание. Основными компонентами сырья для электроформования нановолокнистых материалов являются волокнообразующие полимеры, растворители и различные технологические и функциональные низкомолекулярные добавки.

Чешской фирмой ELMARCO разработана оригинальная технология Nanospider™, обеспечивающая электростатический процесс формирования волокон без использования жиклеров (рис. 2). Основные преимущества этой технологии определяются следующими факторами. Механическая простота. Оборудование для производства нановолокон, в котором не используются форсунки, гораздо проще и легче в эксплуатации. Отсутствие засорения и загрязнения форсунок обеспечивает снижение эксплуатационных расходов и существенно повышает качество нановолокон. Значительное повышение объема производства: 1) большая рабочая ширина, до 1,6 метра; 2) промышленные линейные скорости; 3) эффективное время работы 89%. Благодаря технологии Nanospider™, обеспечиваются: 1) более высокая равномерность толщины волокон, 2) более высокая равномерность нанесения нановолоконного слоя, 3) прекрасная однородность нановолоконного слоя, 4) контролируемый диаметр нановолокон, 5) узкое распределение волокон по диаметру, 6) возможность применения широкого спектра полимеров, 7) использование различных материалов основы (подложек), которые ранее считались непригодными для процесса электроспиннинга, 8) нановолоконный слой может иметь любую желаемую поверхностную и объемную плотность, 9) простота в обслуживании и энергоэффективное производство и, как результат, 10) более низкие закупочные и эксплуатационные расходы. Технология Nanospider™ компании ELMARCO может быть настроена на работу со многими типами полимеров и на производство широкого ассортимента органических, неорганических и биологически разлагаемых

нановолокон. Эта технология позволяет достичь диаметра волокна всего 80 нм +/- 30%.



Рис.2. Технология Nanospider™ и структура нановолокон, получаемых из органических полимеров (полиуретан, поливиниловый спирт, полиарамид) биополимеров (хитозан, желатин, целлюлоза).

Методом электроспиннинга можно получать волокна диаметром до нескольких десятков нанометров. Масса такой нанонити чрезвычайно мала. Например, если учесть, что расстояние между Землей и Луной составляет 380 тыс. км, то понадобится всего лишь около 3 г нановолокна диаметром 100 нм и плотностью 1 г/см<sup>3</sup> для того, чтобы соединить нашу планету с ее единственным спутником. За счет малого диаметра нановолокна обладают большой удельной площадью поверхности, что чрезвычайно важно для биомедицины и современных нанотехнологий.

#### *Литература*

1. Филатов Ю.Н. // Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) – 1997. – Москва: Изд. Нефть и Газ.

УДК 621.785

## ТЕРМООБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Грузд К.С., Тибеж Я.В.

Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

В настоящее время лазеры находят широкое применение в технике и технологиях. Одним из важных направлений использования лазеров является лазерная модификация поверхности металла, называемая также лазерной закалкой [1]. Металлы характеризуются очень высоким коэффициентом поглощения света, вследствие чего глубина проникновения света в металлы обычно не превышает 0,1 мкм и оказывается тем меньше, чем больше длина световой волны [2]. Значительная часть энергии лазерного пучка может отражаться от поверхности металла, причем эта доля тем больше, чем выше электропроводность металла. В металлах с очень высокой проводимостью, таких как натрий, доля отраженного света может достигать 99,8%, однако в металлах с худшей проводимостью, например, в железе и его сплавах доля отраженного света составляет лишь 30-40% [2], остальное излучение поглощается в очень тонком поверхностном слое металла. Указанные особенности взаимодействия лазерного излучения с поверхностью стали можно использовать для модификации свойств поверхностного слоя стальной детали, т.е. для лазерной закалки. Лазерная закалка позволяет модифицировать свойства металла в тонком поверхностном слое и существенно отличается от других методов обработки. Важным преимуществом лазерной закалки является отсутствие деформации и коробления детали вследствие малой толщины модифицированного слоя и малого времени воздействия. В зависимости от параметров пучка лазерного излучения и режимов обработки тепловое воздействие можно изменять в широких пределах. Это позволяет подбирать режимы обработки, которые позволяют придать материалу правильную структуру и наделить его требуемыми свойствами.

Смысл процесса термообработки лазерным излучением состоит в высокоскоростном нагреве наружного слоя материала световым лучом большой интенсивности до температуры фазового перехода или более высоких температур с дальнейшим самостоятельным охлаждением этого слоя за счёт теплоотвода в глубь материала. Резкое повышение температуры в зоне воздействия и быстрое охлаждение возможны благодаря высокой интенсивности лазерного пучка и малой длительности лазерного импульса. После достижения температуры фазового перехода в металле происходят изменения, вследствие которых аустенитная фаза превращается в твердую, износостойкую мартенситную фазу [1]. В случае же расплавления поверхностного слоя его быстрое охлаждение может приводить к аморфизации,

которая сопровождается существенным повышением твердости, износостойкости и долговечности обработанной детали [3]. Из результатов, полученных работе [4] методом молекулярно-динамического моделирования следует, что при скорости охлаждения металла  $10^{12}$  К/с формируется поликристаллическая структура металла, а при дальнейшем увеличении скорости охлаждения до  $10^{13}$  К/с формируется практически аморфная матрица. Таким образом, для аморфизации поверхностного слоя металла критически важным является скорость охлаждения полученного расплава.

В данной работе методом компьютерного моделирования исследовался процесс лазерной термообработки поверхности стальной детали, и оценивалась скорость охлаждения расплавленного слоя в зависимости от длительности лазерного импульса. Было рассмотрено несколько случаев нагрева поверхности стальной пластины лазером при разной интенсивности и длительности импульсов. Интенсивность излучения подбиралась таким образом, чтобы происходило расплавление тонкого поверхностного слоя. После чего оценивалась скорость остывания при температурах близких к температуре плавления. При использовании лазерного импульса длительностью  $t_u \sim 10^{-9}$  с скорость остывания при температурах в области 1780 К составила  $\sim 7,5 \cdot 10^{11}$  К/с, что недостаточно для получения аморфного слоя [4]. При длительности лазерного импульса  $t_u \sim 10^{-12}$  с скорость остывания металла на поверхности детали составляет уже  $\sim 7,5 \cdot 10^{12}$  К/с, что вплотную приближается к значению  $10^{13}$  К/с и означает, что в этом случае на поверхности детали возможно формирование аморфного слоя металла.

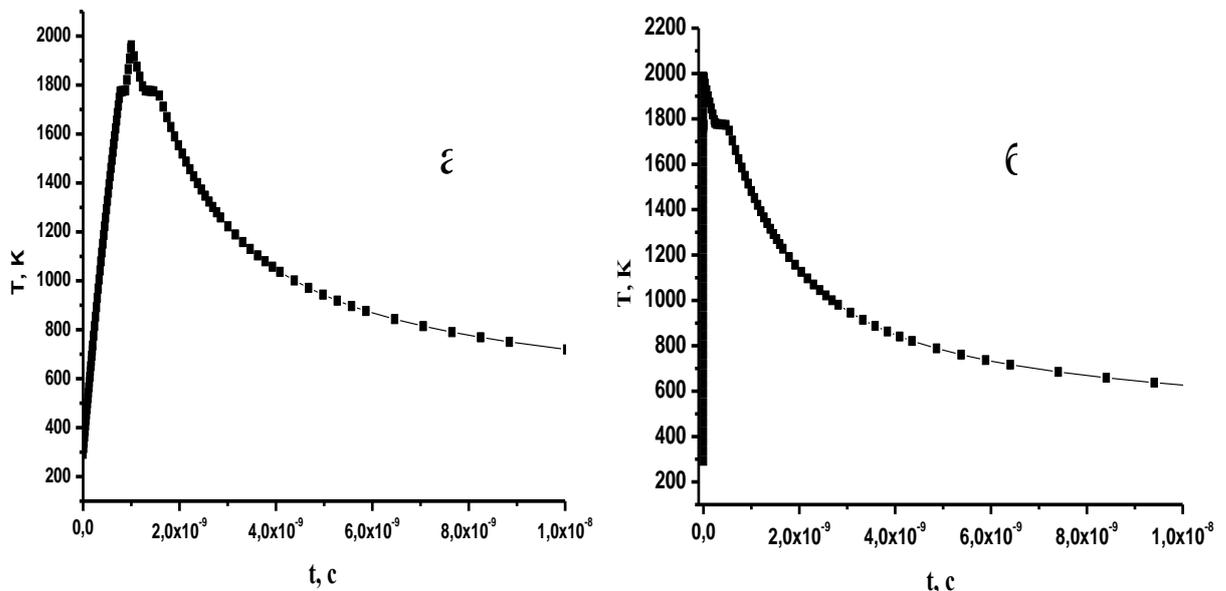


Рис.1 Динамика изменения температуры на поверхности стальной детали при её обработке лазерными импульсами разной длительности:  $t_u \sim 10^{-9}$  с (а) и  $t_u \sim 10^{-12}$  с (б).

### *Литература*

1. Лазерная закалка металла: Современная технология обработки поверхности для улучшения характеристик деталей [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://laserstore.ru/blog/lazernaya-zakalka-metalla/>.
2. Энциклопедия по машиностроению. Поглощение света в металлах [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/639945/>.
3. Энциклопедия по машиностроению. Аморфизация лазерная [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/185769/>.
4. Рогачев С.А., Рогачев А.С., Алымов М.И. Оценка скорости стеклования чистых металлов с помощью молекулярно-динамического моделирования//Доклады Академии наук, т. 486, №2, с.168-172,2019.

УДК: 53.06 + 53.7 +53.08

### **ПРАКТИЧЕСКИЙ ВКЛАД В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Литвиненко Е.А., Гунич А.С.

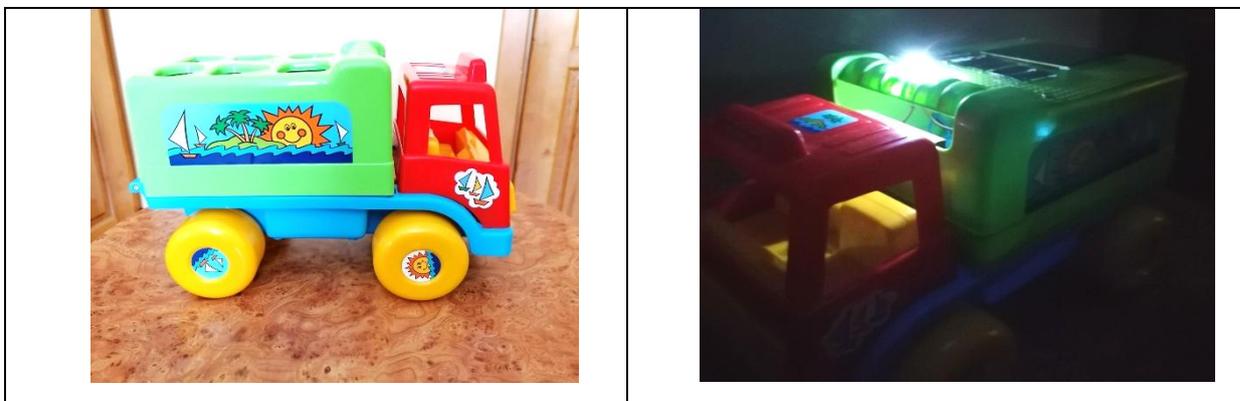
Научный руководитель – Блинкова Н.Г. к. пед.н., доцент

Данная работа продиктована стремлением людей найти методы и технологии, которые позволят экономно использовать энергию, вырабатываемую на электростанциях. В связи с постоянным ростом тарифов на электроэнергию все более актуальной становится возможность ограничить затраты на ее оплату. Используя устройство преобразования солнечной энергии в электрическую, можно сэкономить потребление электроэнергии в быту. Для этого можно использовать солнечные батареи, снятые с отработавших свой срок калькуляторов.

Солнечные панели состоят из фотоэлектрических ячеек, запечатанных в общую рамку. Каждая из них сделана из полупроводникового материала, например, кремния, который чаще всего используется в солнечных батареях. Когда лучи падают на полупроводник, тот нагревается, частично поглощая их энергию. Приток энергии высвобождает электроны внутри полупроводника. К фотоэлементу прилагается электрическое поле, которое направляет свободные электроны, заставляя их двигаться в определенном направлении. Этот поток электронов и образует электрический ток. Если приложить металлические контакты к верху и к низу фотоэлемента, можно направить полученный ток по проводам и использовать его для работы

различных устройств. Сила тока вместе с напряжением ячейки определяют мощность электроэнергии, производимой фотоэлементом.

На примере сконструированного устройства можно получить электроэнергию экологически чистым способом, а также использовать его как игрушку и светильник.



На грузовике размещаются солнечные батареи из отработавших свой срок калькуляторов, соединяются с диодной лампочкой, выключателем и аккумулятором от старого мобильного телефона. Аккумулятор накапливает энергию, которую преобразуют из солнечной энергии. Для увеличения времени горения лампочки размещается еще одну солнечную батарею.



Упрощенная схема работы игрушки-машинки представлена на рис. 1.

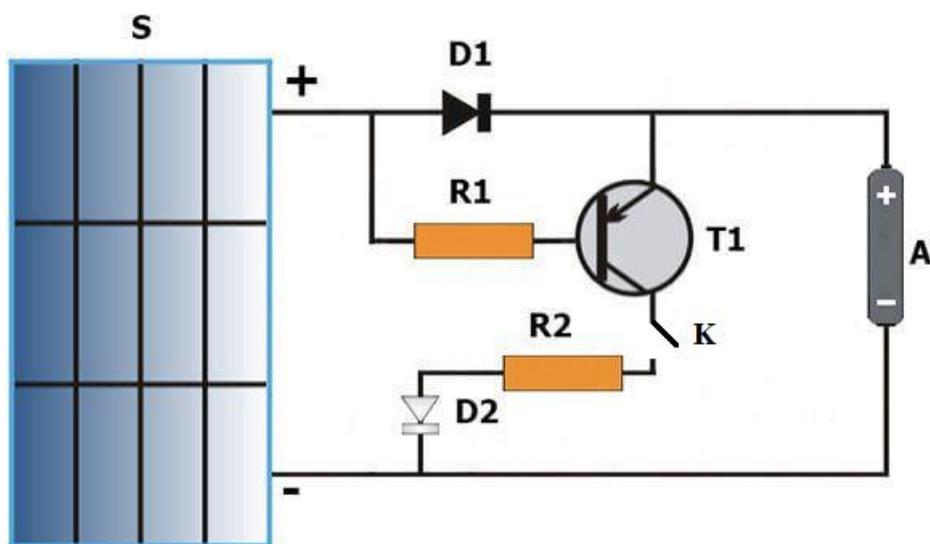


Рис. 1. Схема работы машинки

Расчет эффективности проекта.

Для освещения комнаты использовалась лампочка мощностью 25 Вт. В среднем она горела 10 часов в сут. (в течение года). Рассчитаем работу тока за это время по формуле  $A = P \cdot t = 25 \text{ Вт} \cdot 10 \text{ ч} = 0,025 \text{ кВт} \cdot 10 \text{ ч} = 0,25 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ . Стоимость электроэнергии – это тариф умноженный на работу тока. На сегодняшний день тариф 0,1901 руб. Стоимость электроэнергии, за время горения лампочки в сутки:  $0,1901 \text{ руб.} \cdot 0,25 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0,0475 \text{ руб.}$ , за месяц:  $0,0475 \cdot 30 \text{ дней} = 1 \text{ руб.} 43 \text{ коп.}$ , за год:  $1 \text{ руб.} 43 \text{ коп.} \cdot 12 \text{ мес.} = 17 \text{ руб.} 16 \text{ коп.}$  Эту сумму данная установка поможет сэкономить для бюджета одной семьи.

- В дневное время солнечная панель (S) преобразует энергию световых лучей в электрическую.
- Вырабатываемый ею ток через диод D1 заряжает аккумуляторную батарею (A).
- Положительный потенциал, приложенный к базе через резистор R1, «удерживает» транзистор T1 в закрытом состоянии и светодиод D2 не горит.
- При значительном снижении освещенности солнечной панели транзистор открывается (из-за уменьшения положительного потенциала, приложенного к базе) и подключает светодиод D2 к аккумуляторной батарее. Светодиод начинает гореть.
- Диод D1 препятствует разряду аккумулятора через солнечную панель.
- С наступлением рассвета положительное напряжение, поступающее с «+» вывода солнечной панели на базу «закрывает» транзистор T1 и светодиод D2 перестает гореть, а аккумуляторная батарея снова начинает заряжаться.
- Ключ K – это наша кнопка, которая определяет, в активном или пассивном режиме будет работать машинка.

### ***Основные преимущества системы:***

- получение бесплатной энергии;
- используется неиссякаемый источник энергии – Солнце;
- не наносит вреда окружающей среде;
- требует только минимального обслуживания;
- энергия производится там же, где и потребляется.

### ***Недостатки системы:***

- зависимость от погоды и времени суток;
- необходимость периодической очистки отражающей/поглощающей поверхности от загрязнения;
- в условиях полного отсутствия поступления солнечного света заряда аккумуляторной батареи хватает пока только на одну ночь(летнюю), значит мне есть над чем поработать, чтобы усовершенствовать мою установку.

Данная установка вырабатывает электрическую энергию, не производя вредные выбросы в атмосферу, тем самым сохраняет климат. Она показывает, как использовать энергию, находящуюся в нашем распоряжении, т.е. энергию Солнца, настолько эффективно и безопасно по отношению к окружающей среде, насколько это возможно. Энергосбережение – не только сэкономленные деньги из бюджета, но и забота о тех, кому предстоит жить на Земле после нас.

УДК 534.4:533.9

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАЗМЫ В АКУСТИКЕ**

Мордвинцев К.С.

Научный руководитель – Маркова Л.В., д.т.н.

В настоящее время для воспроизведения звука используются преимущественно электромеханические динамики, преобразующие электрический сигнал в механические колебания окружающей среды. Но данный принцип воспроизведения звука обладает рядом недостатков: появлением паразитных призвуков, резонансов, искажений, которые обусловлены, в частности, наличием подвижных элементов.

Повышение качества воспроизведения звука является актуальной задачей создания и совершенствования акустических систем. Одним из направлений решения этой задачи является разработка систем на основе применения и управления плазмой.

Плазма – сильно ионизованный газ, в котором концентрации положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы. Различают высокотемпературную плазму, возникающую при сверхвысоких температурах ( $\approx 10^8$  К), и газоразрядную плазму, которая является низкотемпературной плазмой ( $< 10^5$  К). Низкотемпературную плазму можно наблюдать как светящийся столб тлеющего разряда, канал искрового и

дугового разрядов, коронного разряда. Искровой разряд возникает при больших напряженностях электрического поля ( $\approx 3 \cdot 10^6$  В/м) в газе, находящемся под давлением порядка атмосферного  $10^5$  Па. После пробоя разрядного промежутка его сопротивление уменьшается и через искровой канал проходит кратковременный импульс тока большой силы. При этом в канале выделяется большое количество энергии, что вызывает скачкообразное увеличение давления, образования ударной волны. При увеличении напряженности между электродами искровой разряд переходит в дуговой, наблюдаемый в виде дуги между электродами. Коронный разряд – высоковольтный электрический разряд при высоком давлении в резко неоднородном поле вблизи электродов с большой кривизной поверхности (например, острия) [1].

Впервые контролируемое извлечение звуков из плазмы продемонстрировал в 1900 году британский физик и изобретатель Вильям Даддел, используя фортепианную клавиатуру для управления питающим током. Изобретение получило название «поющая дуга» или ионофон.

Первый звуковоспроизводящий агрегат с ионофоном на основе управления коронным разрядом был разработан и продемонстрирован в 50-ые годы российскими инженерами [2].

В последнее время разрабатываются и совершенствуются два основных типа ионофонов – на основе коронного разряда (разряд возникает около одного электрода) и электродуговые (разряд возникает между двумя электродами). Принцип работы обоих типов ионофонов основан на модуляции высокочастотного напряжения (10 кВ – 15 кВ, с частотой 20 – 30 МГц), подаваемого на электроды и формирующего плазму, напряжением звуковой частоты. При этом объем, занимаемый плазмой, меняется с частотой модулирующего напряжения. Изменение объема плазмы приводит к изменению давления и возникновению упругих (звуковых) волн в окружающей среде с частотой модуляции.

В представленной работе создан ионофон на основе электродугового разряда, блок-схема которого представлена на рис. 1. На вход ионофона подается сигнал  $U_{вх}(t)$  звуковой частоты, представляющий собой музыкальное сообщение, подлежащее дальнейшему акустическому воспроизведению. После предварительной фильтрации и усиления в блоке

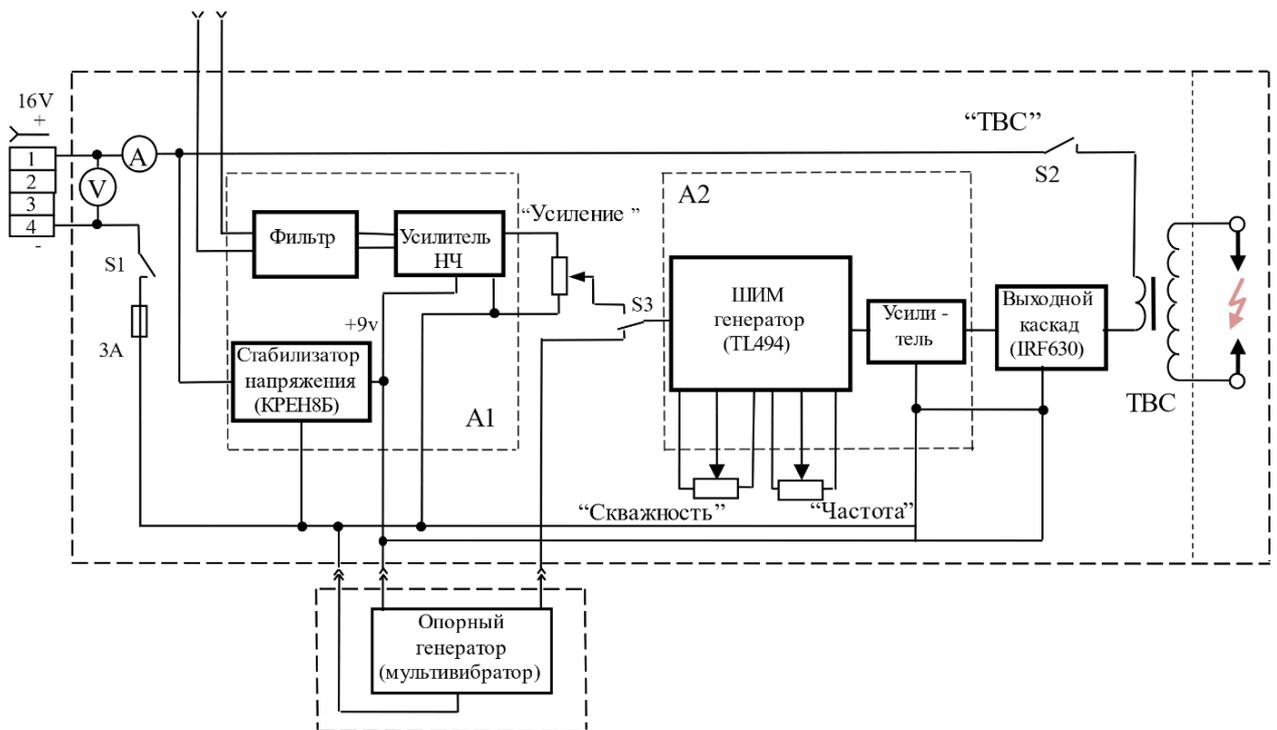


Рис 7. Блок-схема ионофона на основе электродугового разряда

A1 сигнал поступает в блок A2 широтно-импульсной модуляции (ШИМ), которая реализована на микросхеме ШИМ контроллера TL494. Затем модулированное напряжение через транзистор IRF630, работающий в режиме ключа, подается на первичную катушку повышающего строчного трансформатора. Напряжение с выхода трансформатора, повышенное до 10 – 15 кВ, поступает на электроды, между которыми формируется дуговой разряд, имеющий акустическое сопровождение. В качестве электродов используются тонкие стержни вольфрамовой стали, заостренные на концах.

Так как у ионофонов отсутствует подвижная система, то они не вносят в звук механических искажений, не подвержены различным акустическим резонансам и, поэтому, обладают высоким качеством воспроизведения среднечастотного и высокочастотного диапазонов в отличие от других типов громкоговорителей. Это обусловлено тем, что у ионофонов масса подвижной системы определяется массой воздуха, занимаемого разрядом (плазмой).

Основными недостатками ионофонов являются: высокая потребляемая мощность, высокий уровень излучаемой мощности радиочастотных помех на частотах в десятки мегагерц, ионизация окружающего воздуха с образованием вредных веществ, небольшой срок службы электрода (редко превышает несколько тысяч часов).

В настоящее время ионофоны, в которых частично преодолены основные недостатки, выпускаются промышленно несколькими компаниями. Так, немецкая компания Lansche Audio представила акустическую систему, основанную на применении фирменных плазменных излучателей Corona [3]. Компания Asarella разработала ионофон меньшего размера, что позволило

создать малогабаритную акустическую систему [4]. В 2009 году начата разработка российского ионофона Electric-Arc Loudspeaker [5].

Очевидно, что применение плазмы в акустике является перспективным направлением повышения качества воспроизведения звука. Широкое использование ионофонов пока сдерживается их высокой стоимостью, обусловленной использованием дорогих платиновых электродов.

#### *Литература*

1. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Учеб. пособие в 5 т. Т. III. Электричество / Д.В. Сивухин – М.: ФИЗМАТЛИТ; Изд-во МФТИ, 2004.
2. Плоткин, Е. Звуковоспроизводящий агрегат с ионофоном / Е. Плоткин, Б. Каратаев, В. Прютц // Радио. – 1959. – №12. – С.18-22.
3. Corona Plasma tweeter // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lansche-audio.com/> – Дата доступа: 04.05.2023.
4. Asapella ion plasma tweeter // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://audiofederation.com> – Дата доступа: 04.05.2023.
5. Вигерь Б. Ионофоны сегодня/ Вигерь Б.//Радио. – 2016. – №5. – С. 13-16.

УДК 535.6

### **ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЦВЕТОВ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ ГЛАЗОМ И ПРОБЛЕМА ИХ ТОЧНОГО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ НА МОНИТОРЕ КОМПЬЮТЕРА**

Сироткин А.И., Новикова В.А., Снапкова А.И.  
Научный руководитель – Жолудь А.М., к.ф.-м.н.,

**Введение.** Для передачи изображения в высоком разрешении с практически идеальной передачей цвета потребовалось бы передавать информацию о спектре света, идущего от каждой точки изображения. Это означало, что информация о цвете точки передавалась бы в виде набора интенсивностей света, излучаемого на большом числе длин волн. Таким образом, размер информации об изображении оказался бы неоправданно большим.

Экономичный способ передачи информации о цвете связан с физиологическими особенностями человеческого зрения. Дело в том, что в сетчатке человеческого глаза содержится три типа зрительных клеток, называемых колбочками [1]. Одни из них чувствительны к красно-желтому цвету с максимумом чувствительности в районе 570 нм, другие – к желто-зеленому, максимум чувствительности 544 нм, третьи – к фиолетово-синему с максимумом чувствительности 443 нм. Таким образом, для создания зрительного ощущения соответствующего цвету определенной длины

достаточно правильно простимулировать зрительные клетки с помощью трех основных цветов.

Для проверки этой возможности в 1931 Международная комиссия по освещению (CIE) провела масштабное исследование [2]. Суть исследования заключалась в том, что большому количеству людей на одном поле зрения предъявлялся свет определенной длины волны, полученный с помощью монохроматора, и свет, полученный в результате смешения основных цветов: красного 700 нм, зеленого 546 нм, синего 435 нм. Задача испытуемого была с помощью переменных резисторов подобрать яркость основных цветов так, чтобы цвет, полученный в результате их смешения, совпадал с цветом заданной длины волны. Как оказалось, не все реально существующие цвета можно получить путем смешения основных.

Результаты этих исследований легли в цветовую модель RGB (красный, зеленый, синий), на основе которой работают все современные мониторы. Однако мониторы разных производителей отличаются по спектральным характеристикам трех основных цветов: красного, зеленого, синего. В большинстве случаев это не важно, но в тех случаях, когда важна исключительно точная цветопередача: разработка печатной продукции, компьютерный подбор красок – необходима максимально точная настройка монитора. Данная работа посвящена решению этой проблемы.

**Результаты и методы.** Для проведения измерений использовался монохроматор УМ-2, ртутная лампа ДРШ-250 с блоком питания, лампа накаливания 60 Вт, ноутбук Lenovo b590, программа Mathcad 15 и приложение, написанное в Delphi 7, предназначенное для подбора цветов.

Прежде всего была произведена градуировка монохроматора с использованием ртутной лампы, для которой известны длины волн спектральных линий. В результате чего получена функция зависимости угла поворота барабана отсчетного устройства от длины волны:

$$\varphi(\lambda) = 80(\lambda - 400)^{0.59} + 950 \quad (1)$$

Затем наблюдателю в окуляр монохроматора предъявлялся последовательно свет с длинами волн от 400 до 700 нм с шагом 25 нм, для чего на барабане отсчетного устройства монохроматора устанавливались значения угла, рассчитанного по формуле (1), в качестве источника света использовалась лампа накаливания, поскольку ее спектр излучения непрерывен. Задача наблюдателя состояла в том, чтобы с помощью приложения, написанного в Delphi 7, путем перемещения бегунков в окне программы добиться совпадения цвета квадрата на экране компьютера и света, наблюдаемого в окуляр монохроматора (см. рис. 1).

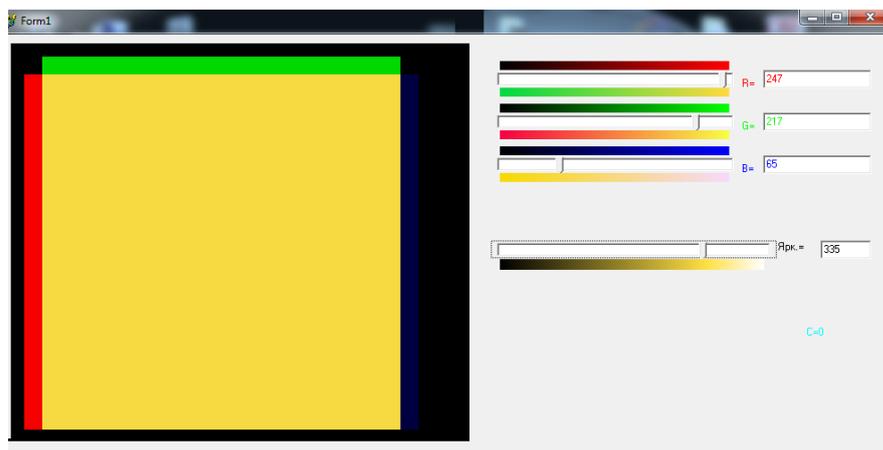


Рис. 1. Окно программы, предназначенной для подбора цвета

В результате таких измерений была получена информация о интенсивности света в каналах R, G, B, дающих цветовое ощущение на мониторе компьютера наиболее близкое к свету определенной длины волны. На рисунке 2а показан результат измерений для канала синего. Каждая точка – результат усреднения измерений от четырех наблюдателей. Сплошной линией показана функция  $B(\lambda)$ , которая представляет кубический сплайн, проходящий через экспериментальные точки. Однако экспериментальные точки с большим значением погрешности заменялись точками из доверительного интервала 95%, которые подбирали так, чтобы функция  $B(\lambda)$  обращалась в ноль на границе видимого диапазона и не имела точек перегиба, потребовалось 3 такие замены. Подобным способом были получены функции  $R(\lambda)$  для красного и  $G(\lambda)$  для зеленого (см. рис. 2б). На рисунке 2б, чтобы его не загромождать, не показаны погрешности.

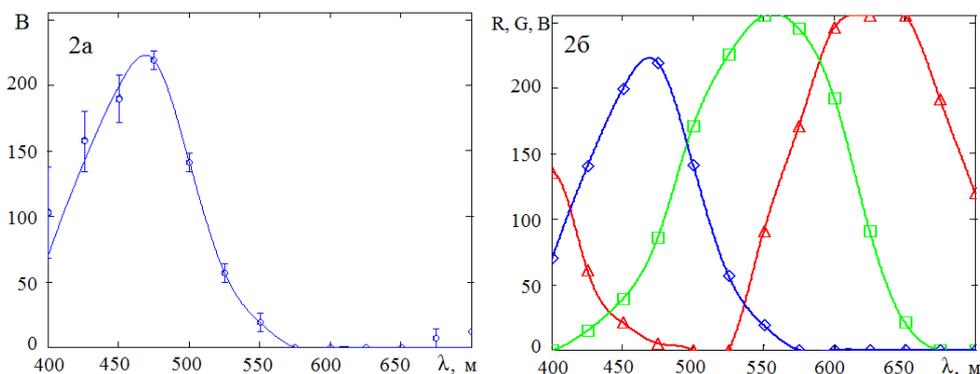


Рис. 2. Результаты измерения интенсивности в каналах R, G и B

—△—  $R(\lambda)$ , —□—  $G(\lambda)$ , —◇—  $B(\lambda)$

Как оказалось, полученные результаты отличаются от исследования 1931 года, что связано с тем, что там для получения основных цветов применялись узкополосные светофильтры, в то время как в данном исследовании люминофоры, применяемые на мониторе ноутбука, имеют довольно широкие полосы излучения. Это говорит о важности учета особенностей монитора для максимально точного воспроизведения цветов.

**Выводы.** Предложенная методика может применяться для улучшения передачи цветов с помощью мониторов. Также она будет полезна при производстве печатной продукции и для компьютерного подбора красок. Кроме того, все, что было рассмотрено, может быть использовано в качестве лабораторной работы, выполняемой студентами.

### Литература

1. Катунин, Г. П. Основы мультимедийных технологий : учебное пособие / Г. П. Катунин – Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики., 2017. – 794 с.

2. Smith, T. The C.I.E. colorimetric standards and their use / T. Smith, J. Guild // Transactions of the Optical Society.– 1931–32–Vol. 33, No 3 –P. 73-134.

УДК 535.5

## ПОЛЯРОИДНЫЕ ПЛЕНКИ И ИХ РОЛЬ В АВТОТРАНСПОРТЕ

Савченко Ю.А.

Научный руководитель – Смурага Л.Н., к.т.н., доцент

Свет обладает дуализмом вещества, обладает корпускулярными и волновыми свойствами. Свет с одной стороны это поток фотонов, с другой, это электромагнитная волна. Схема электромагнитной волны изображена на рис.1. Световая волна - это электромагнитная волна в видимом диапазоне длин волн. По Максвеллу электромагнитная волна есть совокупность электрического и магнитного полей, которые распространяются в пространстве и во времени. Мгновенный снимок ее показан на рис. 1. Где  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  соответственно напряженность и магнитная индукция электрического и магнитного полей,  $\vec{V}$  – фазовая скорость.

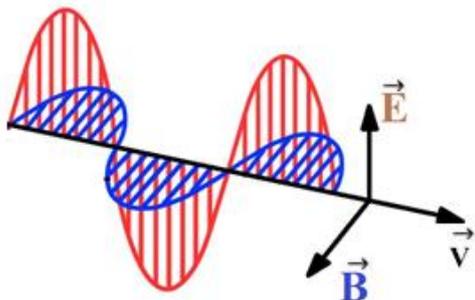


Рис.1. Графическое изображение электромагнитной волны

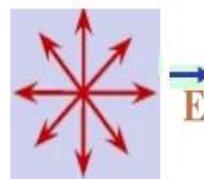


Рис.2. Изображение естественного света

Наблюдения показывают, что физиологические, фотохимические, фотоэлектрические и другие свойства света обусловлены колебаниями преимущественно электрического вектора  $\vec{E}$  в световой волне, а магнитная составляющая электромагнитной волны в оптическом диапазоне волн играет несущественную роль. Поэтому используют электрическое поле. В оптике

напряженность электрического поля  $\vec{E}$  называют световым вектором. Это видно из рисунка 2, на котором изображен свет со всевозможными равновероятными ориентациями векторов напряженности электрического поля  $\vec{E}$ . Такой свет называется *естественным* и амплитуда вектора  $\vec{E} = const$ . Часто в практической жизни требуется частичное гашение света. Для этих целей применяется поляризация света—это явление выделения из пучка естественного света лучей с определенной ориентацией светового вектора. Существует несколько известных способов поляризации: использование пластинки турмалина; поляризация на границе раздела двух диэлектриков; использование кристалла исландского шпата; использование поляризационных призм; использование поляризационных пленок (поляроидов).

Поляроид— это вещество вызывающее поляризацию света. Примером поляроида может служить тонкая пленка из целлулоида толщиной порядка 0.1 мм, в которую вкраплены кристаллики герпатита (сернокислого йод-хирина), которая заклеена между двумя прозрачными пленками для защиты от влаги и механических повреждений. Герпатит— двоякопреломляющее вещество с очень сильно выраженным дихроизмом в области видимого света. Целлулоид это пластмасса на основе нитрата целлюлозы.

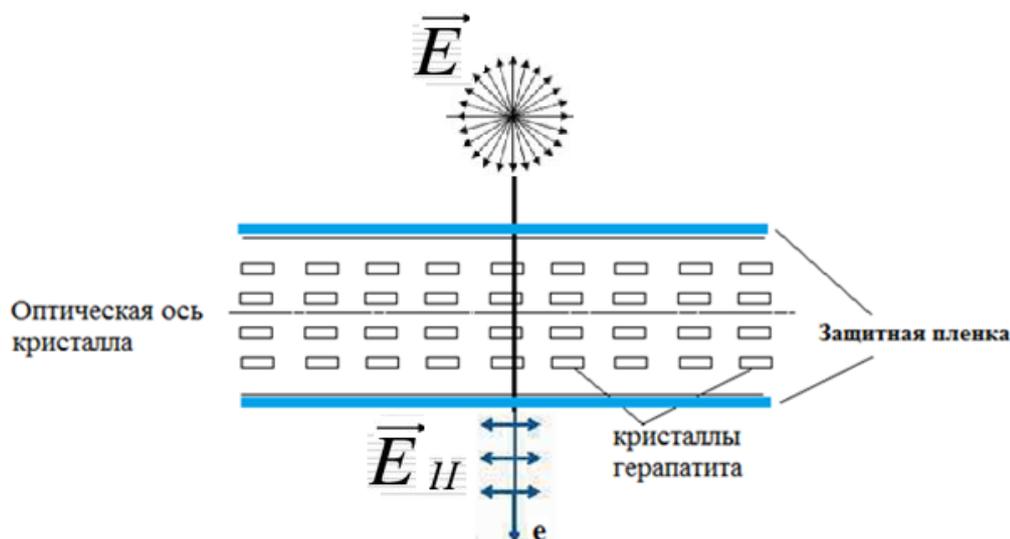


Рис.3. Схема поляроидной пленки

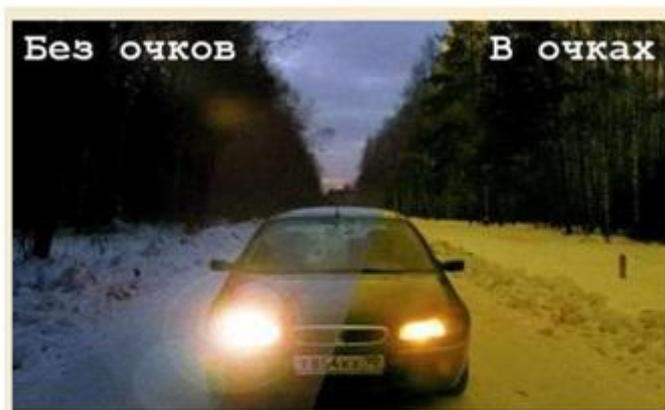
Причем кристаллы герпатита упакованы в определенном порядке так что поляроидная пленка представляет собой как единый кристалл (рис.3). Установлено, что такая пленка уже при толщине  $<0,1$  мм полностью поглощает обыкновенные лучи видимой области спектра, являясь в таком тонком слое совершенным поляризатором.

Преимущество пленок—создание больших поверхностей, поляризующих свет до нескольких квадратных метров, недостаток — поляроиды придают фиолетовый оттенок белому свету. У них меньшая по сравнению с призмами прозрачность (приблизительно 30 %) в сочетании с небольшой

термостойкостью не позволяет использовать поляроиды в мощных световых потоках.

Применяя поляризационную пленку для авто, следует ответственно подойти к этому вопросу. Неправильная поляризация может стать причиной ДТП из-за недостаточно хорошей видимости для водителя. Поляризационная пленка на лобовое стекло наносится для устранения попадания бликов от встречного транспорта в глаза водителю. Если на ветровое стекло и фары автомобиля нанести пленочные поляроиды с углом пропускания  $45^{\circ}$ , водитель будет хорошо видеть дорогу и встречные машины, освещенными собственными фарами. Согласно закону Малюса, при такой ориентации оптических осей поляроидов поляризованный свет фар не пройдет через ветровое стекло встречной машины; следовательно, водитель практически не видит света фар встречных машин (свет фар встречных машин погаснет), но увидит, конечно эти машины в свете фар своего автомобиля.

Очень полезна представленная технология для поляризации салонных зеркал заднего вида. Случается, что фары едущего сзади автомобиля яркой



вспышкой освещают их. Если водитель в этот момент посмотрит в зеркало, его может ослепить. Понадобится время, пока владелец авто сможет снова видеть идеально. А эти несколько секунд ему придется ехать почти вслепую.

Поляризационная пленка для авто применяется также для

**Рис.4. Использование поляризационных очков**

тонировки стекол на дверях и стекла заднего вида.

Пленка поможет ограничить поток слепящих лучей от фар и сохранить способность водителя видеть дорогу четко. Пленка поляризационная для очков помогает защитить глаза от ослепляющего света, который излучают машины, оборудование. Блики, исходящие от различных поверхностей, способны не только ухудшить видимость деталей, но и ослепить, нарушить здоровье глаз. Поэтому в самых различных сферах деятельности зрение защищают очки с поляризационной пленкой. Она находится внутри линзы. Контрастность и четкость изображения увеличиваются. А также такое изделие повышает безопасность труда работников определенных профессий. Особенно пришлись по душе поляризационные очки водителям. На рис.4 изображена ситуация, когда водитель наблюдает встречный транспорт через поляризационные очки.

Таким образом, использование поляроидных пленок и как следствие поляризованного света на автотранспорте существенно устраняет попадания

бликов от встречного транспорта в глаза водителю, что улучшает ситуацию на дорогах.

УДК: 53.043

## **ТЕЛЕФОН И ЧЕЛОВЕК В ЦЕЛОМ**

Якименко Д.Д.

Научный руководитель – Блинкова Н.Г. к. пед.н., доцент

Человечество переходит к новой технологической революции (сверхиндустриальной). На смену первой волне (аграрное общество) и второй (индустриальной общество) приходит новая, ведущая к созданию информационного, или постиндустриального общества.

Элвин Тоффлер предупреждал о новых сложностях, социальных конфликтах и глобальных проблемах, с которыми столкнется человечество на стыке 20 и 21 веков, а также об ответной реакции общества на этот феномен и происходящие изменения. Содержание технологий, оружия, тактико-стратегического планирования и капитализма.

Важность телефона в нашей жизни неоспорима. У всех сейчас имеется телефон, даже у детей, которые только недавно начали говорить. Используется данное устройство каждый день, и люди редко отводят глаза от дисплея. Телефон удобен, т.к. он прекрасно заменил нам будильник, часы, стационарный телефон, камеру и многое другое. Его использование начинается с раннего возраста, когда родителям легче дать телефон ребенку в руки, чем его развлекать и воспитывать. Всё это сказывается на креативности и развитии ребенка. Кто-то говорит, что это новая генерация людей, они будут более креативными. Однако, существует тест на креативность для детей, который помогает это понять. Тест был создан 60 лет назад исследовательницей Кюнг Хи Ким. и за это время было собрано 300000 анкет, которые при их анализе показали динамику креативности детей в разные периоды формирования информационного общества. Выяснилось, что до середины 80-ых гг., когда происходил постепенный рост информации и ее доступности, креативность детей возрастала. В середине 80-ых гг. в американском обществе стало доступно кабельное телевидение и дети сели за телевизоры, в результате произошла стабилизация креативности и уже с начала 90-ых гг. идет постепенное, но неуклонное снижение креативности детей. 85% детей в 2008 г. получили более низкие оценки креативности, чем в 1984 г.

Данные из лаборатории Касперского, показывают, что практически 40% детей до 10 лет постоянно находятся онлайн. Это значит, что родители стали использовать гаджеты в качестве baby-ситоров, Этот гаджет приковывает внимание и больше ребенок не функционирует во внешней среде и не создает социальных контактов, которые принципиально важны для него. К 14-18 годам 60-70% молодых людей практически постоянно находятся

онлайн. 85% детей уже не могут обойтись без гаджетов, он им жизненно необходим, и, если его забрать, то будет паническая атака. При этом 92% взрослых родителей приучают своих детей к смартфонам и гаджетам с 4 - 5 лет.

Рассмотрим как же влияет телефон на физическое состояние человека. Многие люди предпочитают телефоны, у которых очень красивый и плавный экран. У многих они оснащены экраном OLED или AMOLED, которые в свою очередь в хорошем качестве передают насыщенные и яркие цвета, но такие экраны имеют свои недостатки, главной из них является ШИМ.

Широтно-импульсная модуляция (ШИМ) - это метод модуляции, при котором ширина импульсов в сигнале изменяется в зависимости от амплитуды модулирующего сигнала. Этот метод используется, например, для управления мощностью электрических устройств, таких как электродвигатели, светодиоды и т.д. ШИМ может быть реализован как аналоговым, так и цифровым способом.

Простыми словами, яркость в таких матрицах регулируется за счет изменения не яркости, а времени работы светодиода, по-другому говоря происходит мигание. Подобная технология, использующая высокочастотное мерцание светодиодов, негативно влияет на зрение, поскольку создает дополнительную нагрузку на глаза. Такое мерцание люди не замечают, но глаза тем не менее улавливают. У некоторых из-за такой нагрузки может быть индивидуальная реакция, такая как головокружение, резь в глазах, тошнота и т.д. Производители борются с ШИМом, используя различные технологии и методы.

Телефон опасен из-за излучения и ШИМа. Излучение бывает 2 видов: ионизирующее и неионизирующее. Первая категория связана с действительно опасными явлениями, вроде радиации или рентгеновских лучей. Мобильная связь работает с помощью электромагнитных волн, которые относятся к неионизирующему излучению. Эти волны гораздо слабее ионизирующего и не оказывают такого заметного влияния на пользователей. Такое излучение до сих пор не изучено полностью. Неионизирующее излучение не является опасным для здоровья в нормальных условиях экспозиции, однако при длительной и интенсивной экспозиции может привести к различным заболеваниям.

Смартфоны соединяются с базовыми станциями сотовой связи с помощью электромагнитных волн, которые создают все необходимо для коммуникации. Они передают голос, пакеты передачи данных, сообщения. Волны распространяются во всех направлениях, а также поглощаются телом человека.

При высокой интенсивности радиосигналы способны нагревать ткани тела почти как микроволновка, только энергия гаджетов несоизмеримо ниже. Для определения уровня воздействия на людей придумали показатель SAR (Specific Absorption Rate) - это мера поглощения энергии неионизирующего излучения телом человека. SAR измеряется в ваттах на килограмм (Вт/кг) и

используется для оценки потенциального воздействия мобильных телефонов и других устройств на здоровье. Международные организации по стандартизации устанавливают предельные значения SAR для различных типов устройств, чтобы защитить общественное здоровье.

Уровень SAR указывается в инструкции к телефону или на сайте производителя. Как правило, этот показатель определяется при функционировании аппарата на максимальной мощности – когда сигнал сотовой связи практически отсутствует. В обычных условиях SAR в несколько раз меньше, чем указано вендором. Само по себе электромагнитное излучение вредно.

Согласно информации, размещенной на сайте Американского онкологического общества (ACS), существуют вполне реалистичные опасения относительно того, что сотовые телефоны могут увеличивать риск возникновения опухолей мозга и других видов опухолей в области головы и шеи.

При чрезвычайно высокой интенсивности радиоволны могут нагревать ткани тела. Именно на этом принципе основана работа микроволновых печей.

Несмотря на то, что энергия, излучаемая мобильными телефонами, неизмеримо ниже, и ее недостаточно для того, чтобы повысить температуру в человеческом организме.

К сожалению, не существует каких-либо универсальных рекомендаций на предмет "безопасного" уровня мобильного излучения, однако в Германии, например, действует правительственный орган Der Blaue Engel ("Голубой ангел"), который устанавливает экологические стандарты и уже зарекомендовал себя как надежное руководство для потребителя.

Этот орган считает безопасными только те мобильные телефоны, у которых показатель SAR не превышает 0,60 ватт на кг.

Чтобы проверить уровень излучения вашего телефона, загляните в инструкцию или зайдите на вебсайт производителя, или же вы можете посетить сайт Федерального агентства связи США.

Самый мощный радиосигнал - у передающей антенны, которая у современных смартфонов скрыта внутри корпуса. Волны теряют энергию и слабеют по мере удаления от телефона. Большинство пользователей во время разговора держат мобильный у уха, однако чем ближе антенна к голове, тем выше ожидаемое воздействие излучаемой энергии, согласно ACS.

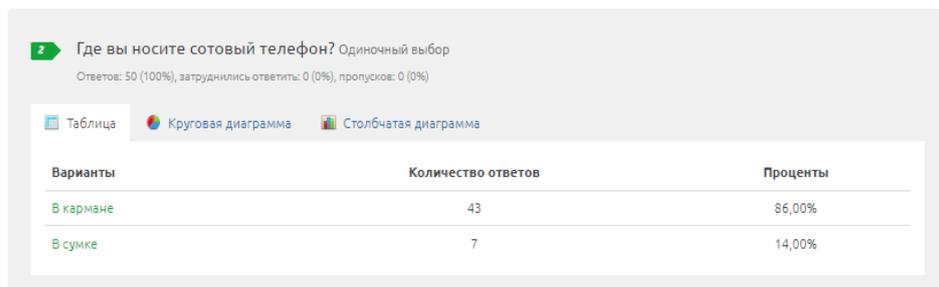
Проведя анализ анкет, в которых приняли участие 150 человек, были сделаны выводы и результаты, в которых подтверждается незнание человека в достаточно простых темах, которые окружают его повсеместно. Анкеты были представлены для двух возрастов:

- 1) Учащиеся с 9 -11 класс и студенты 1-ого курса.
- 2) Взрослые люди в возрасте от 35 и старше(учителя), которые имеют своих детей.

Результаты первого анкетирования с его вопросами(рис 1а и рис 1б):



Рис. 1а. Скриншот результатов с сайта anketolog.ru.



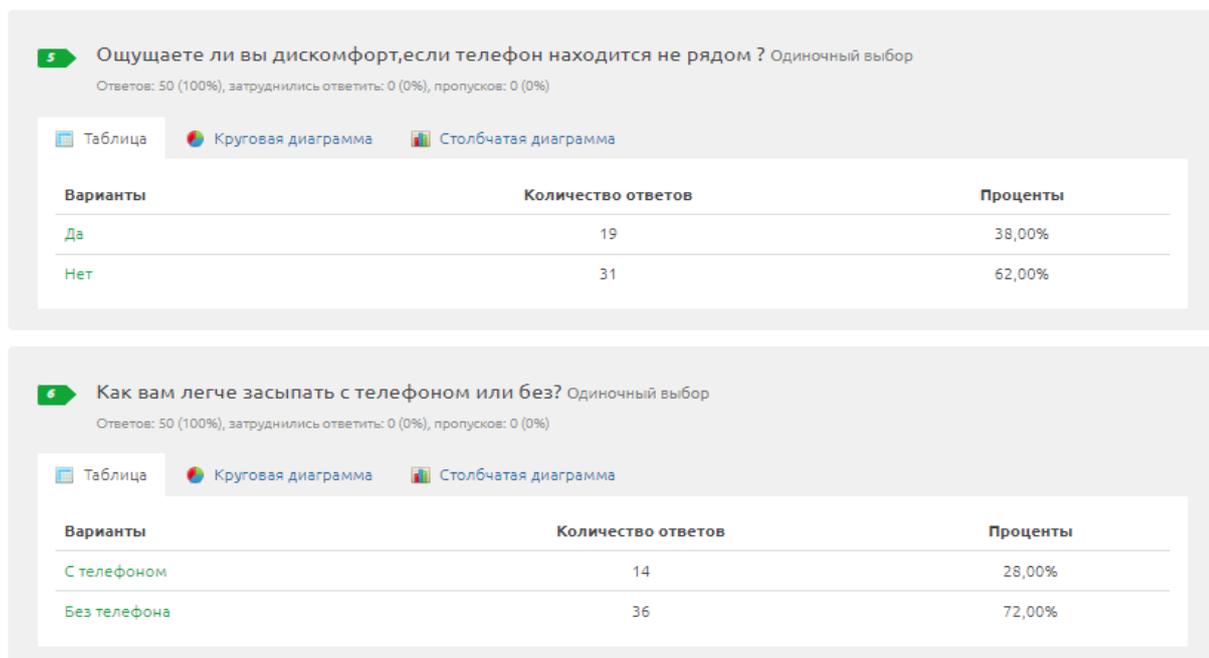


Рис. 16. Скриншот результатов с сайта anketolog.ru.

Результаты второго анкетирования с его вопросами (рис 2а и рис 2б):

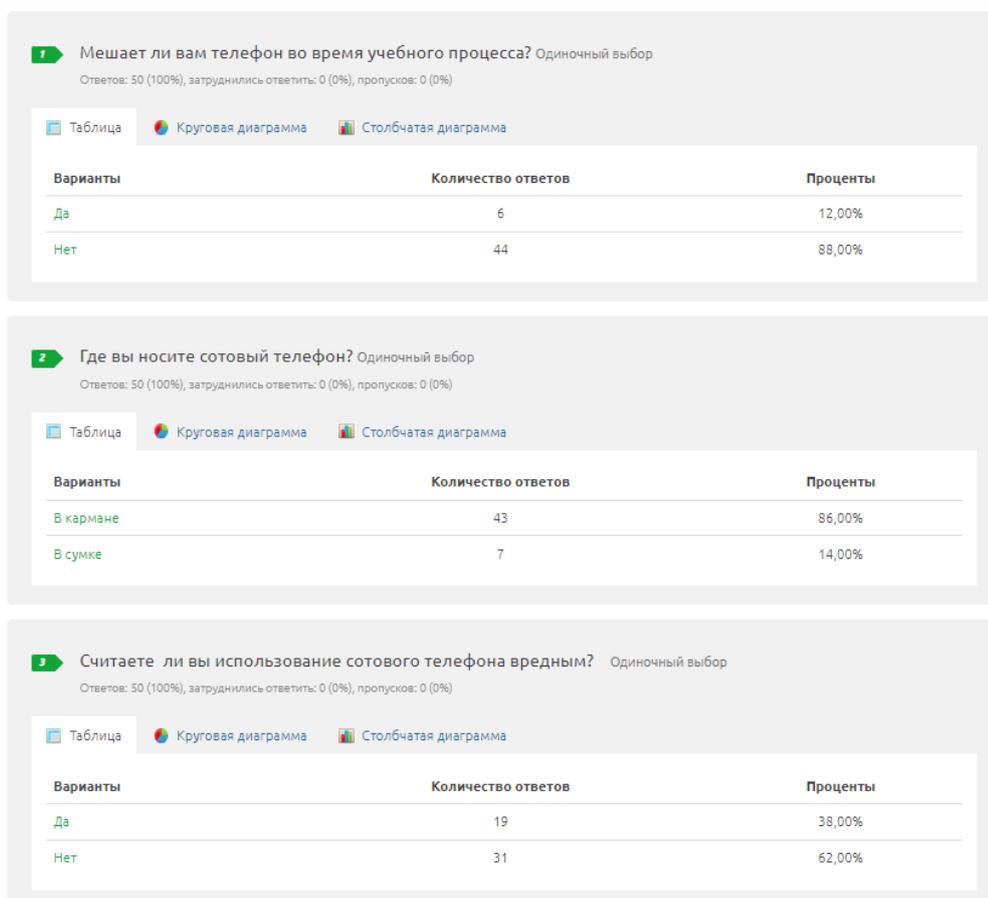




Рис. 2а Скриншот результатов с сайта anketolog.ru.



Рис. 2б. Скриншот результатов с сайта anketolog.ru.

## СВОЙСТВА И ВОЗМОЖНЫЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

Ярмольчик У.

Научный руководитель – Зенькевич Э.И., докт. физ.-мат.н., профессор  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Обычная молния – это электрический искровой разряд в атмосфере при напряженности электрического поля между тучей и землей/водой  $E=3 \cdot 10^4$  В/см. Средние параметры обычной молнии: 1) длина 2,5 км; 2) диаметр канала до 40 см; 3) продолжительность импульса  $10^{-5} \div 10^{-4}$  с; 4) разогрев канала молнии до  $T=30\,000-33\,000^\circ\text{C}$  (иногда до  $200\,000^\circ\text{C}$ ). Ежесекундно на всей Земле происходит около  $50 \div 500$  вспышек молнии.



*Шаровая молния* — редкое природное явление, выглядит как светящееся и плавающее в воздухе образование. Появление шаровой молнии происходит редко, а попытки искусственно воспроизвести его в масштабах природного явления не удаются. Основным материалом для изучения шаровых молний являются свидетельства неподготовленных к проведению наблюдений случайных очевидцев. Никола Тесла в начале XX в. воспроизводил и публично демонстрировал шаровые молнии, но секрет и не раскрыл. Единой физической теории возникновения и протекания этого явления к настоящему времени не представлено.



Георг Рихман в 1753 г. действительный член Санкт-Петербургской Академии наук Георг Рихман (работал с М.В. Ломоносовым) погиб от удара шаровой молнией при работе с прибором для изучения атмосферного электричества во время грозы. Из прибора вылетел синевато-оранжевый шар

и с грохотом ударил учёного прямо в лоб. Рихман упал замертво, на лбу учёного осталось маленькое темно-малиновое пятнышко, его одежда была опалена, башмаки разорваны. Дверные косяки разлетелись в щепки, а саму дверь снесло с петель.

Встреча с шаровой молнией может приводить к разным последствиям:



*Свойства шаровой молнии:* 1) форма - шар, эллипсоид, груша, тороид, цилиндр; 2) размер - от нескольких сантиметров до нескольких метров; 3) цвет – белый, красный, желтый или оранжевый, реже зеленый, синий и фиолетовый; совсем редко наблюдались шаровые молнии серого или черного цвета; 4) иногда шаровая молния может быть невидимой или прозрачной; 5) время жизни - от десяти секунд до нескольких минут, в конце жизни взрыв или исчезновение без взрыва; 6) температура – до сих пор не определена, по подсчетам, может составлять от  $100^0$  С до  $1000^0$  С; 7) Оценить энергию ШМ\_ позволяет происшествие около г. Перечина в Закарпатье (1962 г.): в течение десятка секунд вода из корыта (110 л) полностью выкипела, на что требуется около 80 кВтчас энергии; при этом мощность составила около 27 млн Ватт (т.е. в десятки тысяч раз превышает мощность бытовой микроволновки); 8) траектория движения непредсказуема, может двигаться против ветра, около 20 % наблюдений шаровой молнии происходят в ясную погоду; 9) известна её способность ШМ проходить через стекло, одежду и вообще через любые диэлектрики; 10) известны случаи появления ШМ в салоне летящего самолета и в надежно закрытых помещениях без нарушения конструкции. У шаровой молнии может быть достаточно мощное внешнее поле, способное нагревать удаленные окружающие предметы – металлические предметы, объекты, содержащие воду, в том числе тело человека. В частности, именно по этой причине нередко происходит незаметное испарение колец и цепочек у людей при пролете шаровой молнии, сбой и повреждения компьютеров и других электронных приборов.

1) *Что делать при встрече с шаровой молнией:* 1) Не поворачиваться к ней спиной. Не надо пугаться и кидать в нее какие-то предметы. Если ситуация позволяет, полезно выложить подальше от себя металлические предметы и электронные устройства. Не надо звонить по телефону и трогать одежду и одеяла из синтетических материалов, способных электризоваться. Хорошо бы открыть форточку, давая возможность шаровой молнии вылететь на улицу. 2) Не делать резких движений и не приближаться к шаровой молнии. Если пораженный молнией человек потерял сознание, ему нужно оказать первую помощь и сразу после ухода молнии перенести в проветриваемую комнату, тепло закутать, сделать искусственное дыхание и незамедлительно вызвать скорую медицинскую помощь. 3) Категорически

нельзя ничего кидать в плазменный шар: это вполне может привести ко взрыву, и тогда травмы, ожоги, а в некоторых случаях даже остановка сердца неотвратимы.

Большинство теорий сходится на том, что причина образования любой шаровой молнии связана с прохождением газов через область с большой разностью электрических потенциалов, что вызывает ионизацию этих газов и их сжатие в виде шара. Приведем несколько научных гипотез.

Гипотеза академика Капицы П.Л. о резонансной природе шаровой молнии во внешнем поле: Между облаками и землёй возникает стоячая электромагнитная волна, и когда она достигает критической амплитуды, в каком-либо месте (чаще всего, ближе к земле) возникает пробой воздуха, образуется газовый разряд. Стоячая волна тогда отвечает за энергетическую подпитку шаровой молнии. При достаточном напряжении электрического поля должны возникнуть условия для безэлектродного пробоя, который путём ионизационного резонансного поглощения плазмой должен развиваться в светящийся шар с диаметром, равным примерно четверти длины волны.

Гипотеза Смирнова Б.М.: Ядро шаровой молнии — это переплетённая ячеистая структура (типа аэрогеля), которая обеспечивает прочный каркас при малом весе. Нити каркаса — это нити плазмы, а не твёрдого тела. Энергия шаровой молнии определяется огромной поверхностной энергией такой микропористой структуры.

Гипотеза Торчигина В.П. (конец XX века): Шаровая молния возникает из обычной линейной молнии и является некогерентным оптическим пространственным солитоном, кривизна которого отлична от нуля, т.е. представляет собой тонкий слой сильно сжатого воздуха, в котором по всевозможным направлениям циркулирует обычный интенсивный белый свет. Этот свет за счёт создаваемого им электрострикционного давления обеспечивает сжатие воздуха. В свою очередь, сжатый воздух выступает в качестве световода, который препятствует излучению света в свободное пространство (т.е. возникает световой пузырь). Как и обычный световой луч, световой пузырь в земной атмосфере смещается в направлении показателя преломления воздуха, в котором он находится.

Экспериментальная проверка существующих теорий затруднена. В лабораторных условиях по моделированию шаровой молнии у исследователей возникают только кратковременные газовые разряды сферической формы, живущие максимум несколько секунд, что не соответствует свидетельствам очевидцев природной шаровой молнии.

#### *Литература*

1. Торчигин В.П., Торчигин А.В. Шаровая молния как концентрат света. // «Химия и жизнь». – 2003. - № 1, С. 47-49.

## ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

УДК 519.172.3

### ПОИСК КРАТЧАЙШЕГО МАРШРУТА ДЛЯ ГОРОДОВ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАБЛИЦЫ EXCEL

Махнач М. В.

Научный руководитель – Юринок В. И., к.т.н., доцент

В докладе описан алгоритм нахождения кратчайшего маршрута из одного города Минской области в другой. Алгоритм позволяет находить кратчайший маршрут при заданных существующих дорогах и расстояниях, а также вычисляет расстояние между начальным и конечным пунктами маршрута. В качестве основного инструмента в работе использовалось приложение Microsoft Excel.

Неполный взвешенный ориентированный граф, в котором вершины сопоставляются городам, а рёбра – дорогам между ними, является математической моделью данной задачи. Для её решения необходимо составить матрицу смежности, отображающую направление и длину дорог, и матрицу-решение, которая будет показывать найденный маршрут. Для удобства обе матрицы представлены в таблицах Excel.

Для примера рассмотрим матрицу смежности между четырьмя городами, предполагая, что других дорог между ними нет.

	Борисов	Жодино	Слуцк	Молодечно
Борисов	0	20	0	0
Жодино	0	0	0	117
Слуцк	181	0	0	0
Молодечно	0	0	188	0

По строкам расположены пункты отправления, а по столбцам – пункты прибытия. Число 20 в строке «Борисов» и столбце «Жодино» означает, что из Борисова в Жодино есть дорога длиной в 20 км. Но число 0 в строке «Жодино» и в столбце «Борисов» говорит о том, что дороги из Жодино в Борисов нет, то есть все дороги являются односторонними.

Предположим, из пункта «Борисов» необходимо добраться до пункта «Молодечно». Рассмотрим матрицу-решение для данного случая.

	Борисов	Жодино	Слуцк	Молодечно
Борисов	0	1	0	0
Жодино	0	0	0	1
Слуцк	0	0	0	0
Молодечно	0	0	0	0

Значение 1 в ячейке с координатами (Борисов; Жодино) указывает на то, что дорога из Борисова в Жодино является частью искомого минимального

маршрута, а значение 0 говорит, что дорога осталась в стороне от найденного маршрута. То есть, к общему расстоянию надо прибавить значение, находящееся в соответствующей ячейке в матрице смежности, если в ячейке матрицы-решения стоит 1. В итоге минимальный маршрут для данного случая будет следующим: Борисов – Жодино – Молодечно, а расстояние равно 137 км. В приложении Excel есть функция «поиск решения». Воспользовавшись ею, можно получить решение поставленной задачи. Чтобы компьютер понял и решил задачу правильно, поиску решения необходимо задать следующие ограничения:

1) Ячейки матрицы-решения – бинарные. Они будут принимать лишь два значения: 0 и 1.

2) Значения в ячейках матрицы-решения меньше либо равны соответствующим значениям в матрице смежности. Это значит, что если в матрице смежности стоит 0 в какой-либо ячейке, то нельзя будет поставить 1 в матрицу-решение и воспользоваться несуществующей дорогой.

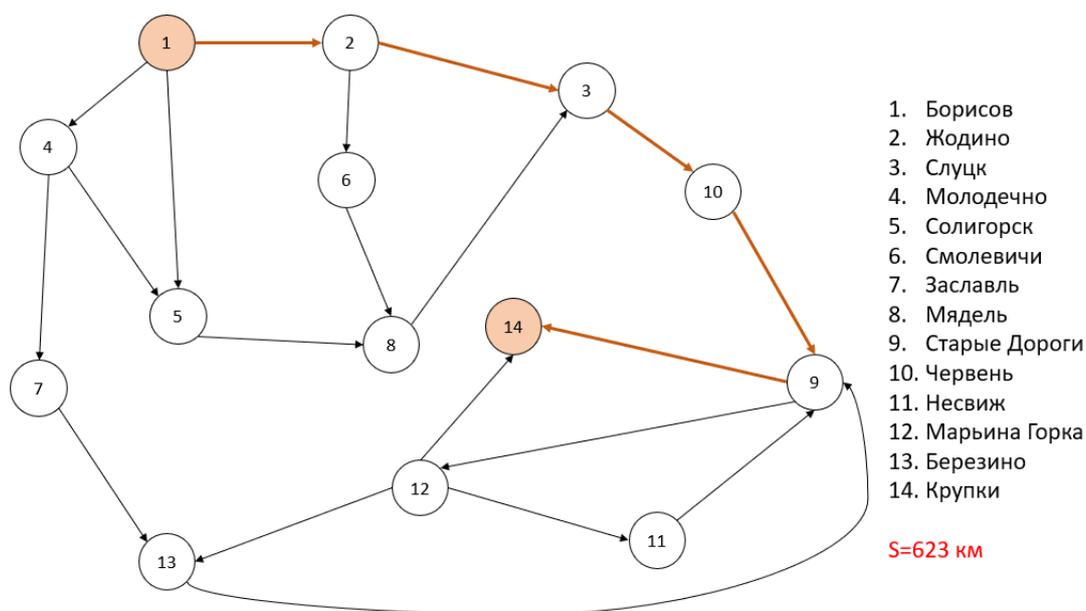
3) Очевидно, что въезжать в один и тот же город или выезжать из него несколько раз нерационально при поиске кратчайшего пути, поэтому устанавливается такое ограничение: сумма элементов по столбам или по строкам в матрице-решении не должна превышать 1.

4) Если на  $n$ -ном шаге компьютер предлагает въехать в город  $N$ , то на  $(n+1)$ -ом шаге надо из него выехать. Иными словами, сколько раз въехали, столько и выехали. Ограничение: суммы элементов по строкам равны суммам элементов по соответствующим столбцам, кроме конечного и начального пункта.

5) Начальный пункт – это тот, из которого обязательно надо выехать, но не надо въезжать, а конечный – это тот, в который надо въехать, но из которого не надо выезжать. То есть, сумма элементов по первой строке и по последнему столбцу равна 1.

Финальная функция равна сумме произведений соответствующих ячеек матрицы смежности и матрицы-решения. В Excel это записывается с помощью следующей формулы: =СУММПРОИЗВ(С20:Р33;С3:Р16), где ячейки С3:Р16 – матрица смежности, а С20:Р33 – матрица-решение. Целевая функция оптимизируется до минимума, метод решения выбирается симплекс-методом.

Данный метод проверился для графов, приведённых на рис. 1.



1. Борисов
2. Жодино
3. Слуцк
4. Молодечно
5. Солигорск
6. Смолевичи
7. Заславль
8. Мядель
9. Старые Дороги
10. Червень
11. Несвиж
12. Марына Горка
13. Березино
14. Крупки

S=623 км

Рис.1 – Математическая модель решения задачи

На рис.1 в виде графа представлена математическая модель задачи.

Номер n/n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	Борисов	Жодино	Слуцк	Молодечно	Солигорск	Смолевичи	Заславль	Мядель	Старые Дороги	Червень	Несвиж	Марына Горка	Березино	Крупки	
1	Борисов	0	20	0	152	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Жодино	0	0	154	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	
3	Слуцк	0	0	0	0	0	0	0	0	123	0	0	0	0	
4	Молодечно	0	0	0	0	219	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	Солигорск	0	0	0	0	0	0	246	0	0	0	0	0	0	
6	Смолевичи	0	0	0	0	0	0	136	0	0	0	0	0	0	
7	Заславль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137	0	
8	Мядель	0	0	232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	Старые Дороги	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	227	
10	Червень	0	0	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	
11	Несвиж	0	0	0	0	0	0	0	123	0	0	0	0	0	
12	Марына Горка	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	0	0	159	
13	Березино	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	Крупки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Номер n/n															Минимальное расстояние
															623
1	Борисов	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	Жодино	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	Слуцк	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4	Молодечно	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Солигорск	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	Смолевичи	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	Заславль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Мядель	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Старые Дороги	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10	Червень	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
11	Несвиж	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Марына Горка	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Березино	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Крупки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
		1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

Рис. 2 – Матрица смежности и матрица-решение поставленной задачи

На рис. 2 представлены матрицы смежности и матрицы-решения. На матрицах смежности указаны длины существующих дорог (если дороги не существует, указан 0), а на матрицах-решениях – предлагаемый программой маршрут, являющийся кратчайшим.

Таким образом, рассмотренный подход к построению кратчайшего маршрута между городами может быть полезен при методических исследованиях, предполагая, что какие-то дороги (маршруты) будут закрыты через определённый промежуток времени. Отметим, что предложенный

алгоритм позволяет решить данную задачу, шире использовать возможности приложения Excel.

УДК 62-91

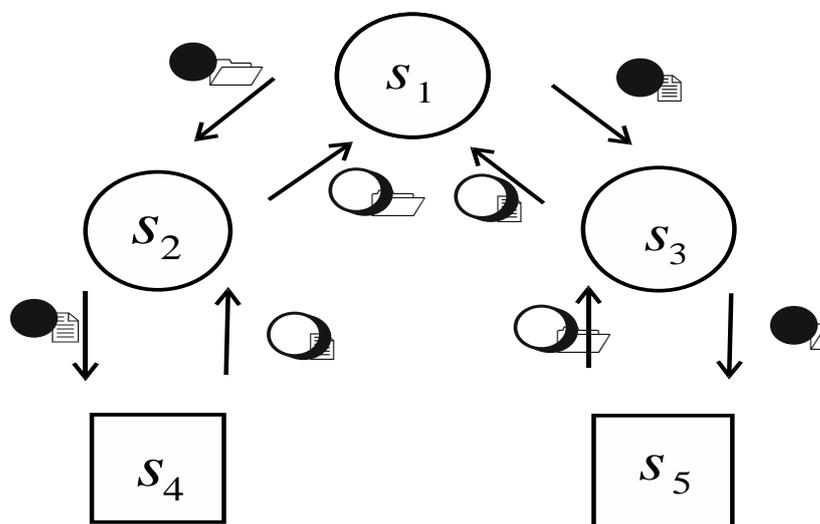
## НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

Сташевский А.А.

Научные руководители – канд. физ.-мат. н., доцент  
Рудый А.Н., канд. физ.-мат. н., доцент Лебедева Г.И.

Рассмотрена последовательно-параллельная логическая модель надежности восстанавливаемых систем. Предположим, что потоки отказов и восстановлений системы – простейшие. Такие системы удобно описывать с помощью метода Колмогорова, составляя и решая системы дифференциальных уравнений.

Будем предполагать, что система обслуживается одной бригадой с обратным приоритетом обслуживания, и что система продублирована резервным элементом. Пусть  $\lambda_1, \lambda_2$  – интенсивности потока отказов элементов,  $\mu_1, \mu_2$  – интенсивности потока восстановлений. В начальный момент оба элемента (основной и дублирующий) в рабочем состоянии. Тогда граф состояний системы:



$S_1$  – оба элемента работают, система работает;

$S_2$  – первый элемент отказал и ремонтируется, второй элемент

работает, система работает;

$S_3$  – первый элемент работает, второй отказал и ремонтируется,

система работает;

$S_4$  – первый элемент отказал и ожидает ремонта, второй отказал и ремонтируется, система отказала;

$S_5$  – второй элемент отказал и ожидает ремонта, первый элемент отказал и ремонтируется, система отказала.

Рассмотренная система представляет собой Марковский случайный процесс с пятью дискретными состояниями и описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} p_1(t) = -(\lambda_1 + \lambda_2) * p_1(t) + \mu_1 * p_2(t) + \mu_2 * p_3(t) \\ \frac{d}{dt} p_2(t) = \lambda_1 * p_1(t) - (\mu_1 + \lambda_2) * p_2(t) + \mu_2 * p_5(t) \\ \frac{d}{dt} p_3(t) = \lambda_2 * p_1(t) - (\mu_2 + \lambda_1) * p_3(t) + \mu_1 * p_4(t) \\ \frac{d}{dt} p_4(t) = \lambda_2 * p_2(t) - \mu_1 * p_4(t) \\ \frac{d}{dt} p_5(t) = \lambda_1 * p_3(t) - \mu_2 * p_4(t) \\ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 = 1 \end{array} \right.$$

Где  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$  вероятности того, что в момент времени  $t$  система находится в состоянии  $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5$  соответственно.

Решим систему для случая  $\lambda_1=1, \lambda_2= 2, \mu_1=5, \mu_2=7$ .

Решая систему, получим :

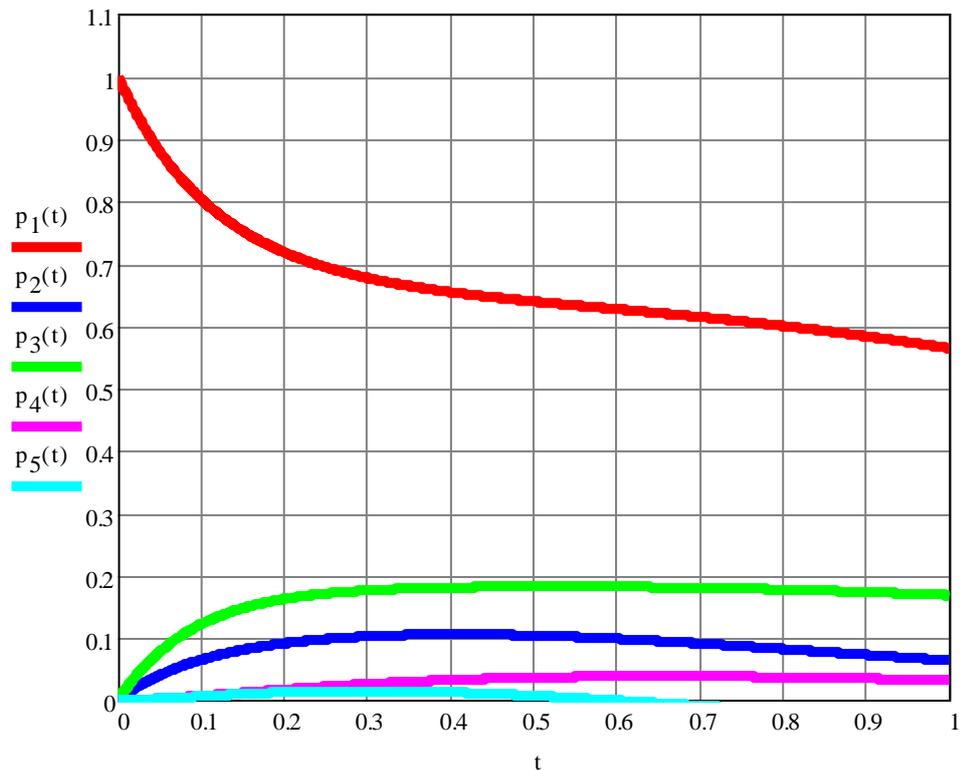


Рис.1. Графики  $p_1(t), p_2(t), p_3(t), p_4(t), p_5(t)$  решений системы

Система уравнений для финальных вероятностей:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_1 * q_1 - (\lambda_2 + \mu_1) * q_2 + \mu_2 * q_5 = 0 \\ \lambda_2 * q_1 - (\lambda_1 + \mu_2) * q_3 + \mu_1 * q_4 = 0 \\ -(\lambda_1 + \lambda_2) * q_1 + \mu_1 * q_2 + \mu_2 * q_3 = 0 \\ \lambda_1 * q_3 - \mu_2 * q_4 = 0 \\ q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 1 \\ \lambda_1 * q_3 - \mu_2 * q_4 = 0 \end{array} \right.$$

Решая систему получим:  $q_1=0,72$ ;  $q_2=0,12$ ;  $q_3=0,12$ ;  $q_4=0,02$ ;  $q_5=0,02$ .

#### Литература

1. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров. – СПб.: БХВ–Петербург, 2008.
2. Черкасов, Г. Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: учебное пособие / Г. Н. Черкасов. – СПб.: Питер, 2005.
3. Рудый, А.Н. Элементы математической теории надежности: конспект лекций. – Минск: БНТУ, 2014. – 131 с.

## ИСТОРИЯ И ФИНАНСОВОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ВКМ HOLDING (БЕЛКОММУНМАШ)

Лазарчик Е., Галенда С.  
научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Щукин М.В.

Открытое акционерное общество «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» (ОАО «УКХ «БКМ») — белорусский производитель общественного электротранспорта. Коммерческое название — ВКМ Holding. Предприятие образовано 1 июня 1973 года в Минске как Минский ремонтный трамвайно-троллейбусный завод.

### История

Предприятие организовано на базе ремонтного трамвайно-троллейбусного завода ПО «Белкоммунмаш» Министерства коммунального хозяйства БССР, основанного в 1973 году.

Началась модернизация троллейбусов ЗиУ (модели 100, 101, 101ПС, 101М), а также работа над собственной моделью троллейбуса. Первым таким троллейбусом в 1996 году стала модель 201. Постепенно появлялись и другие модели 213, 221, 321 и 333. С 2000 года началось производство трамвайных вагонов: АКСМ-1М, АКСМ-60102. С 2016 года началось производство электробусов. Сегодня предприятие является ведущим промышленным предприятием Беларуси в области производства и капитального ремонта подвижного состава городского электрического транспорта. Техника производства ВКМ Holding отлично зарекомендовала себя в Республике Беларусь и более чем в сорока городах России, Украины, Казахстана, Киргизии, Молдавии, Латвии, Сербии, Монголии, Колумбии, Аргентины, Грузии, Швейцарии, Англии, Испании. С 2022 года предприятие находится в санкционных списках ЕС.

### Продукция

#### Трамваи

- АКСМ-845 — трёхсекционные низкопольные. Являются продолжением модели 843.
- 62103 — низкопольный.
- 802 — низкопольный.

В июле 2008 года был выпущен первый экземпляр бесшумного и скоростного трамвая, соответствующего современным европейским аналогам, разработанный по техническому заданию Москвы.

Всего на конец 2012 года предприятием было произведено 225 трамваев.

В декабре 2014 года был выпущен первый трамвай модели 802..

#### Электробусы

- Электробус модели E321
- Электробус модели E433 «Vitovt Max Electro»

- Электробус модели E420 «Vitovt Electro»<sup>[6]</sup>
- Электробус модели E490

В 2016 году на заводе ОАО «УКХ «БКМ» был произведён первый действующий образец электробуса модели E433 «Vitovt Max Electro» с экспресс-зарядкой на конечных остановочных пунктах маршрута. ВКМ Holding стал первым производителем электротранспорта в странах СНГ, запустившим электробусы с суперконденсаторами в серийное производство. Осенью 2019 года в рамках выставки на Форуме регионов Беларуси и Украины был представлен электробус модели E321 «European edition» в обновлённом дизайне и в новом светло-зелёном цвете для стран Европы. В 2019 году ОАО «УКХ «БКМ» выиграл тендер на поставку в 2020 году в город Батуми электробусов модели E490 на базе суперконденсаторов. Данный проект финансируется за счёт средств Европейского банка реконструкции и развития.

#### Троллейбусы

- Модель 321 — низкопольный троллейбус третьего поколения
- Модель 331 — низкопольный трёхосный троллейбус особо большой вместимости третьего поколения (проект)
- Модель 333 — сочленённый трёхосный низкопольный троллейбус третьего поколения
- Модель 42003 — низкопольный троллейбус четвёртого поколения
- Модель 43303 — сочленённый трёхосный низкопольный троллейбус четвёртого поколения

В 2002 году в Москву был поставлен первый троллейбус БКМ 20101 (КР МТрЗ) завод.ном. 58 (7845), эксплуатировавшийся в 7-й ТП. В декабре 2007 на предприятии был выпущен 1500-й троллейбус. Им оказался троллейбус модели 321, отличающийся новой светотехникой, который поступил в 5-й троллейбусный парк города Минска под номером 5401.

В феврале 2012 на предприятии был выпущен 3000-й троллейбус — АКСМ-321, который отправился в Москву. К февралю 2012 на экспорт поставлено до 1000 троллейбусов.

#### Отчетность

Мы провели исследование финансовых показателей данной компании основываясь на принципах стоимостного инвестирования известного экономиста Бенджамина Грэхэма [1]

##### 1.Рентабельность

Если судить по коэффициенту “Чистая прибыль/бухгалтерская стоимость акции” компания является не рентабельной, так как хоть средний коэффициент за последние 5 лет и является положительным, однако не наблюдается роста этого значения.

Мы можем увидеть прибыль в 2017,2019,2020 годах, а убытки наблюдаются в 2015,2016,2018,2021 годах. Это говорит о скачущей чистой прибыли, что не есть хорошо.

Для анализа относительной силы или слабости производственных компаний обычно используется показатель рентабельности продаж — "чистая прибыль / объем продаж". В данном случае результаты снова неудовлетворительные для компании.

## **2.Стабильность**

Этот показатель измеряется на основании максимального отклонения значения EPS в течение любого года из последних 10 от его среднего значения за три предыдущих года. Отсутствие отклонение свидетельствует о 100%-ной стабильности. В рассматриваемой компании изучив эти значения мы можем сделать вывод что она является нестабильной.

## **3.Рост прибыли**

Финансовое состояние компании является нестабильным и так же не демонстрирует положительных значений роста прибыли. С 2016 на 2017, с 2018 на 2019 года мы можем увидеть рост прибыли, в некоторых годах мы можем увидеть положительную прибыль, но если сравнить с предыдущим годом там может быть прибыль больше, это нам говорит что рост отрицательный, хоть и прибыль положительная.

## **4.Финансовое состояние**

Компания находится в плохом финансовом состоянии, о чем свидетельствует низкое значение коэффициента "текущие активы/текущие обязательства", которое при нормальном уровне должно быть равно минимум 2.

## **5.Дивиденды**

Большое значение для вынесения результата имеют дивиденды. «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш» имеет плохую историю непрерывной выплаты дивидендов.

Мы можем заметить что в года когда была отрицательная прибыль (убытки) выплачивались дивиденды. Значит, дивиденды выплачивались за счёт обязательств, что не есть хорошо.

## **Вывод:**

В данном отчёте мы использовали книгу Бенджамина Грэхэма "Разумный инвестор", в данной книге в 13 главе рассматриваются несколько компаний и сравниваются по разным показателям. В нашем отчёте мы используя отчеты, размещённые на сайте ВКМ Holding [2] по тем же показателям рассматривали компанию. Можно сделать вывод что компанию не стоит рассматривать как компанию для вложения своего капитала.

Бенджамин Грэм (Грэхем); 8 мая 1894, Лондон — 21 сентября 1976, Экс-ан-Прованс Франция) — американский экономист и профессиональный инвестор. Его часто называют отцом стоимостного инвестирования (англ. value investing).

Он рекомендовал инвесторам концентрировать свои усилия на анализе финансового состояния компаний. Когда акции компании продаются на

рынке по ценам ниже их внутренней стоимости, существует, так называемая, маржа безопасности (англ. margin of safety), что делает их привлекательными для инвестиции.

	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015
количество акций	11943807	11943807	11943807	11943807	11943807	11943807	11943807
объем продаж	122097	114983	102327	57969	52458	20946	30795
чистая прибыль(тыс. руб.)	-8455	655	5537	-5193	440	-6647	-3111
прибыль на акцию(руб.)	-0,707898244	0,054840136	0,463587531	-0,434785994	0,036839175	-0,556522723	-0,260469715
средняя прибыль на акцию(руб.)	-0,707898244	0,518427667		-0,397946819		-0,816992438	
текущие дивиденды на акцию(руб.)	0,047	0,08738	0	0,012	0	0	0
чистая прибыль/объем продаж	-0,069248221	0,005696494	0,054110841	-0,089582363	0,008387663	-0,317339826	-0,101022893
темп роста прибыли на акцию за предыдущий год	Уменьшился с положительного значения до убытка	Уменьшился с положительного значения до убытка	Увеличился с убытка до прибыли	Уменьшился с положительного значения до убытка	Увеличился с убытка до прибыли	Увеличился убыток	
Обеспеченность акции имуществом общества	0,16	0,28	0,05	-0,28	0,26	0,13	0
Краткосрочные обязательства (тыс. руб.)	122 256	142 604	75 872	95 884	32 140	46 202	24 804
Долгосрочные обязательства(тыс. руб.)	15 930	20 013	17 850	7 779	26 708	10 445	8 396
<b>Итого по обязательствам</b>	<b>138 186</b>	<b>162 617</b>	<b>93 722</b>	<b>103 663</b>	<b>58 848</b>	<b>56 647</b>	<b>33 200</b>
Краткосрочные активы(тыс. руб.)	84 676	103 677	60 345	71 399	35 175	36 984	19 082
Долгосрочные активы(тыс. руб.)	51 639	62 282	34 021	28 867	25 966	21 252	20 824
<b>Итого по активам(тыс. руб.)</b>	<b>136 315</b>	<b>165 959</b>	<b>94 366</b>	<b>100 266</b>	<b>61 141</b>	<b>58 236</b>	<b>39 906</b>
Текущие активы/ обязательства	0,986460278	1,020551357	1,006871386	0,967230352	1,038964791	1,028050912	1,201987952

Грэм писал, что инвестиция наиболее разумна, когда она наиболее похожа на деловое предприятие. Об этих словах Уоррен Баффет говорит как о наиболее важных, когда-либо написанных об инвестировании. Грэм говорит, что значение имеет лишь корректно проведенный анализ, основанный на достоверных фактах, а согласие или несогласие других инвесторов вторично.

#### Литература:

1. “Разумный инвестор”, автор - Бенджамин Грэхэм, год издания – 1949, 820 стр.
2. АКЦИОНЕРАМ ВКМ HOLDING (Режим доступа от 15 апреля 2022г)  
 Акционерам (holdingbkm.com)  
 - SBKMPrn04922041313390 (holdingbkm.com)  
 - Raskrytie-informatsii-krupnaya-sdelka-10.02.2021.pdf (holdingbkm.com)  
 -ПУБЛИКАЦИЯ ГОДОВОЙ БУХГАЛТЕРСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ (holdingbkm.com)  
 -Godovoj-otchet-Upravlyayushhaya-kompaniya-holdinga-Belkommunmash-2016g.pdf

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОРШНЕВОМ ПНЕВМОПРИВОДЕ ОДНОСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ.

Валюшкин М.

Зеленко М.

Научный руководитель - Воронович Г.К., к.т.н, доцент

Динамические характеристики поршневого привода одностороннего действия (рис. 1) могут быть определены путем решения системы ОДУ, описывающей основные процессы в пневмоприводе. Масса воздуха в рабочей полости в произвольный момент времени равна

$$M = \rho(V_0 + V) = [P/(RT)](V_0 + S_{\text{п}}y), \quad (1.1)$$

где  $\rho$  — плотность воздуха;  $V_0$  — начальный объем полости;  $V$  — переменная часть объема полости;  $S_{\text{п}}$  — площадь поршня;  $P$  — давление в рабочей полости;  $R$  — газовая постоянная воздуха;  $T$  — абсолютная температура воздуха;  $y$  — перемещение поршня.

Дифференцируя (1.1) по времени, получим

$$\frac{dM}{dt} = g = \frac{1}{RT} \frac{dP}{dt} (S_{\text{п}}y_0 + S_{\text{п}}y) + \frac{P}{RT} S_{\text{п}} \frac{dy}{dt},$$

т. е.

$$\frac{dP}{dt} = - \frac{P dy/dt}{y_0 + y} + \frac{RT}{S_{\text{п}}} \frac{g}{y_0 + y},$$

где  $y_0$  — начальное положение поршня.

Массовый расход воздуха  $g$  является функцией от  $P$  и равен

$$g = \begin{cases} \mu S_{\text{вх}} P' \sqrt{1/(RT)} \text{ для докритического истечения} \\ \quad (P/P' < 0,5), \\ \mu S_{\text{вх}} \sqrt{2/(RT)} \cdot \sqrt{P(P' - P)} \text{ для надкритического истечения} \\ \quad (P/P' > 0,5), \end{cases}$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода;  $S_{\text{вх}}$  — площадь входного отверстия;  $P'$  — давление питания. Уравнения движения при перемещении поршня в прямом направлении имеют такой вид:

$$S_{\text{п}}(P - P_A) = m(d^2y/dt^2) + N, \quad (1.2)$$

где  $P_A$  — давление окружающей среды;  $m$  — масса поршня и его деталей, приведенная к оси поршня;

$N = c(y_0 + y) + N_{тр} + N_{п} + N_{в}$  — внешние силы, действующие на поршень, где  $c$  — жесткость возвратной пружины;  $N_{тр}$  — сила трения;  $N_{п}$  — сила, действующая на поршень;  $N_{в}$  — вес поршня.

Преобразуя (1.2), получим

$$\begin{aligned} dy/dt &= v; \\ dv/dt &= (1/m)(S_{п}P - cy - S_{п}P_A - N_{тр} - N_{п} + N_{в} - cy_0). \end{aligned}$$

Таким образом, динамика поршневого пневмопривода описывается следующей системой ОДУ:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= v; \\ \dot{v} &= a_1P - a_2y + a_3; \\ \dot{p} &= a_4Pv/(a_5 + y) + a_6g(P)/(a_5 + y), \quad (1.3) \end{aligned}$$

где  $a_1 = S_{п}/m$ ;  $a_2 = c/m$ ;  $a_3 = (-S_{п}P_A - N_{тр} - N_{п} + N_{в} - cy_0)/m$ ;

$$a_4 = -1; a_5 = y_0; a_6 = RT/S_{п}; g(P) = \begin{cases} a_7, & \text{если } P/a_9 < 0,5; \\ a_8\sqrt{P(a_9 - P)}, & \\ & \text{если } P/a_9 > 0,5; \end{cases}$$

$$a_7 = \mu S_{вх}P'\sqrt{1/(2RT)}; a_8 = \mu S_{вх}\sqrt{2/(RT)}; a_9 = P'$$

УДК 568.512

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЦЕЛЯХ

Крыж М.Р.

Малашенко Д.С.

Научный руководитель - Воронович Г.К., к.т.н, доцент

### Введение

В современном развивающемся мире растёт популярность такого явления, как заработок на акциях компаний. Суть заключается в том, что человек покупает акции компании за минимальную стоимость, и продаёт за максимальную. Разницу между суммой покупки и суммой продажи акций называют прибылью. Соответственно, чем больше прибыль, тем лучше. Но просто так акции покупать бессмысленно, поэтому следует проанализировать

финансовое состояние компании и спрогнозировать будущее состояние цен акций на рынке. Чем мы и займёмся!

Произведём поверхностный разбор двух компаний: Apple Inc (USA) и Samsung C&T Corp (Korean).

### ***Рыночная капитализация***

**Market cap** капитализация компании. Это стоимость одной акции, умноженная на их количество на бирже. Apple Inc — \$ 2.62Т, Samsung C&T Corp — \$ 6.33Т.

### ***Оцененность компании***

**P / E** - это отношение стоимости акции к чистой прибыли компании на одну акцию. Еще его можно интерпретировать так: сколько годовых прибылей стоит компания. Apple Inc — 28.09, Samsung C&T Corp — 8.68.

Так как параметр больше нуля, то инвестировать можно.

### ***Финансовое здоровье***

**Debt / Eq** — соотношение заемных средств к собственному капиталу. Этот коэффициент используют, чтобы оценить финансовую устойчивость организации. Оптимальное значение Debt / Eq — в диапазоне от 0,3 до 1. Apple Inc — 1.96, Samsung C&T Corp — 0.24.

**Quick Ratio** — коэффициент срочной ликвидности. Это отношение высоколиквидных активов за вычетом складских запасов к краткосрочным обязательствам. Этот параметр показывает способность компании погасить краткосрочные обязательства за счет быстрореализуемых активов. В норме Quick Ratio не ниже единицы. При меньшем значении у компании может возникнуть дефицит средств. Apple Inc — 0.51, Samsung C&T Corp — 4.16.

### ***Эффективность компании***

**Net Profit Margin**, или просто **Net Margin**, — чистая рентабельность, отношение чистой прибыли к выручке. Если у бизнеса высокая маржинальность, то он более устойчив к падению цен на его продукт или к росту цен на сырье, задействованное в производстве. Apple Inc — 24.56, Samsung C&T Corp — 4.74. По сравнению с прошлыми годами показатели рентабельности повышаются в обоих случаях, можно говорить об эффективном менеджменте компаний и положительном векторе развития бизнеса.

**ROE** — показатель характеризует эффективность использования средств акционеров в годовом исчислении. Иными словами, сколько прибыли принес один вложенный акционерами доллар в процентном соотношении. ROE меньше 20% считается низким. Apple Inc — 156.1%, Samsung C&T Corp — 7.49%.

### ***Прогнозы***

**PEG** — отношение P / E к прогнозируемому росту прибыли. У компании с растущими показателями должно быть меньше единицы. Apple Inc — 1.61, Samsung C&T Corp — 0.56.

**Forward P / E** — отражает ожидание роста прибыли компании. Если аналитики прогнозируют увеличение прибыли, то Forward P / E компании будет ниже текущего P / E. Apple Inc — 27.98, Samsung C&T Corp — 20.34.

Исходя из данных значений коэффициентов выгоднее приобретать акции компании Samsung C&T Corp. Плюсы её в том, что по сравнению с Apple Inc уровень долговых обязательств в несколько раз меньше и коэффициент срочной ликвидности больше. Не смотря на то, что прибыль с акции у Apple Inc выше, рыночная капитализация больше, как и ожидающийся рост прибыли, мы должны учитывать, что компании с низкой маржинальностью и высоким уровнем долга, плохо покрытым краткосрочными активами, имеют риск банкротства в период турбулентности.

Итоги:

1. Перед покупкой акции важно оценить ее перспективность, справедливость цены и фундаментальное состояние компании.

2. Сразу стоит определить принадлежность к сектору, технологичность и характер бизнеса: циклический или нет. Циклические хорошо растут, когда экономика процветает. Нециклические — защитные и обычно не обладают потенциалом взрывного роста.

3. Нужно определить, дивидендная перед нами акция или растущая. Если размер дивидендов устраивает, необходимо проверить стабильность выплат и способность компании продолжать эти выплаты.

4. Макроанализ позволяет увидеть глобальные тенденции в экономике. Значит, основываясь на отрасли и цикличности бизнеса, мы можем предвидеть динамику его операционных показателей в последующих фазах бизнес-цикла.

5. Помните, что вы приобретаете не просто ценную бумагу, а бизнес — с его спецификой, репутацией, эффективностью менеджмента, активами и обязательствами.

#### *Литература*

1. Интернет-ресурсы [simplywall.st](https://clck.ru/gvuhd) и [finviz.com](https://clck.ru/gvuhd) (Сокращённые ссылки: <https://clck.ru/gvuhd>, <https://clck.ru/gvuhd>, <https://clck.ru/gvuhd>, <https://clck.ru/gvuhd>)

2. Джин Виктор. Как я анализирую акции перед покупкой. Интернет-ресурс [journal.tinkoff.ru](https://clck.ru/gvuhd), 2020

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. БАЗОВАЯ ВЕРСИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ МАТЕМАТИКЕ И КАК ЕЙ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ**

Бондарь Ю.В.

Научный руководитель – Воронович Г.К., к.т.н., доцент

С помощью компьютерных технологий и программных кодов человечеству удалось достичь невозможного - создать подобие человеческого интеллекта. Теперь искусственный разум все глубже проникает в нашу повседневную жизнь.

Искусственный интеллект - технология, позволяющая системе, машине или компьютеру выполнять задачи, требующие разумного мышления, то есть имитировать поведение человека для обучения с использованием полученной информации и решения конкретных вопросов.

Искусственный интеллект дает возможность воспроизводить и улучшать то, как мы воспринимаем мир и реагируем на него, поэтому сферы применения данной науки очень обширны, на данный момент это: здравоохранение, финансы, образование, промышленное производство, электронная коммерция, маркетинг и реклама.

На данный момент в области ИИ выделяют три вида:

1. Ограниченный или слабый (Narrow artificial intelligence).

Слабый искусственный интеллект запрограммирован на выполнение одной задачи. Такой ИИ может работать в режиме реального времени, но он извлекает информацию лишь из ограниченного набора данных.

2. Сильный (Artificial general intelligence).

Сильный искусственный интеллект - способность искусственного интеллекта поддержать человеческому интеллекту или поведению.

3. Супер - искусственный интеллект (Super artificial intelligence).

Супер-ИИ мог бы не просто стать подобным людям, но и превзойти лучшие умы человечества во всех областях, при этом перепрограммируя самого себя, продолжая совершенствоваться, разрабатывая новые системы и алгоритмы самостоятельно.

Существуют некоторые принципы ИИ, их выделяют 4:

1. Обоснование любых результатов посредством предоставления доказательств.

2. Предоставление объяснений, который можно классифицировать как значимые и понятные каждому отдельному пользователю.

3. Логичная взаимосвязь предоставленного объяснения с полученными результатами.

4. Функционирование и практическое использование только в тех условиях, для которых ИИ предназначен в процессе разработки.

Математика - большой раздел науки, часто работа ведется с многомерными объектами, которые могут быть представлены в разных интерпретациях. Не всегда человеческий мозг способен решить сложную задачу, поэтому приходит на помощь искусственный интеллект.

DeepMind совместно с ведущими математиками мира применили искусственный интеллект к двум областям математики: теории представлений и топологии. В области теории представлений искусственного интеллекта позволил сильно приблизиться к доказательству гипотезы, касающейся полиномов Каждана-Люстига.

Математический узел - замкнутая гладкая кривая, которая находится в трехмерном пространстве. До сих пор не удалось понять, когда два, совершенно разных узла представляют собой одно и то же.

Самая простая идея, которая лежит в основе всей теории узлов - это то, что узел можно представить диаграммой, проекцией на какую-нибудь плоскость. Компьютерное моделирование и визуализация узлов и других объектов уже давно помогают математикам, а подход, описанный в Nature, может принести пользу другим областям математики, которые связаны с Big Data.

Big Data и карты значимости DeepMind, дочерняя компания Google. Первоначально работа была сосредоточена на выявлении математических задач, которые можно было бы решить с помощью технологии DeepMind.

Поскольку машинное обучение требует большого количества данных, одним из требований была возможность вычислять свойства огромного числа объектов: в случае узлов рассчитывали несколько свойств, называемых инвариантами. Затем исследователи перешли к выяснению того, какой метод ИИ будет наиболее полезен для поиска паттерна, связывающего два свойства. В частности, один метод, называемый картами значимости, оказался особенно полезным. Он часто используется в компьютерном зрении, чтобы определить, какие части изображения несут наиболее важную информацию.

Решение симметрии. В широком смысле понятие симметрии - неизменность при преобразованиях. Математика описывает свойства симметрии с помощью теории групп. Для изучения симметрии используют различные инструменты, включая графы, соединяющие тысячи узлов в алгебраические выражения, называемые полиномами. ИИ смог разбить граф на мелкие, более управляемые части. Как только алгоритм сконцентрировался на шаблоне, он смог очень точно угадать, какие графы и многочлены произошли от одних и тех же симметрий.

В настоящее время существует множество источников для обучения и самообразования и искусственный интеллект так же помогает студентам в этом.

Приложение Wolfram|Alpha «решает» математические задачи, когда наводят на формулы камеру смартфона. При этом не только выдает готовый ответ, но еще и объясняет, как был получен. В каждом примере прописывается ход решения задачи. Хотя Wolfram|Alpha была разработана

как образовательный ресурс - способ исследовать уравнения изнутри - академические круги не поняли, как реагировать на него. То, что некоторые называют списыванием, другие провозгласили гигантским шагом вперед в вопросах, как мы учимся, чему учим и какое образование вообще полезно. Говорят, что за Wolfram|Alpha будущее.

Помимо данного приложения (разработка искусственного интеллекта) существует множество аналогов подобному. Большинству студентов они помогают разобраться со сложными темами и применять данные знания в решении других примеров. Подобных приложений существует множество. Например, самые популярные из них в настоящее время это:

Photomath, MalMath: Step by step solver, Mathway, MyScript Calculator и др.

Вывод: Искусственный интеллект — это смарт-технология, которую можно применять практически во всех областях нашей жизни. Железная логика мыслящих машин значительно улучшает процессы принятия решений почти во всех сферах. В дальнейшем станет хорошим помощником в обучении студентов и не только.

#### *Литература*

1. <https://naukatehnika.com/iskusstvennyj-intellekt-i-matematicheskie-uzly.html>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный\\_интеллект](https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_интеллект)
3. <https://sila.media/wolfram/>

УДК 621.32

### **АЛГОРИТМ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ РЭС**

Халецкий Е.С., Бобко А.Д

Научный руководитель – А.Д.Корзников, к.ф.-м.н., доцент

Модель задачи о назначениях применяется в области энергетики во многих направлениях, том числе и для планирования распределения работ, таких как: плановые осмотры, капитальные, предупредительные и другие ремонтные работы, обслуживание электрооборудования, взаимодействие с потребителями, выполнение переключений в электрической сети и т.п.

Кратко ее естественное обобщение (несбалансированную задачу о назначениях) можно сформулировать следующим образом. Имеется  $n$  работ, каждую из которых может выполнить любой из  $m$  бригад. Время выполнения работы  $j$  исполнителем  $i$  равна  $t_{ij}$ . Нужно распределить исполнителей бригады по работам так, чтобы минимизировать время, затраченное на выполнение работ.

Отметим, что данная задача может быть сформулирована в терминах теории графов как задача о минимальном паросочетании в двухдольном графе, или как задача булева программирования.

Переменные  $\|x_{ij}\|_{m \times n}$  описывающие задачу определим следующим образом:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если работа } j \text{ выполняется исполнителем } i, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Тогда модель записывается следующим образом:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \begin{cases} = 1, & \text{если } m \leq n, \\ \leq 1, & \text{если } m > n. \end{cases} \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \begin{cases} = 1, & \text{если } n \leq m, \\ \leq 1, & \text{если } n > m. \end{cases} \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ или } 1, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (4)$$

В данной работе приведен простой алгоритм решения задачи (1) – (4), основанный на дальнейшем развитии идеи осуществления тернарных операций на графе (сети) [1] и не требующий никакого его графического представления. В связи с этим его программная реализация значительно проще известных алгоритмов: сетевых, венгерского метода.

Поскольку на каждой итерации приведенного ниже алгоритма полученный план остается оптимальным (значение целевой функции минимально при заданном объеме  $V = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}$ ), а алгоритм продолжает работу до тех пор, пока план не станет допустимым, то его естественно классифицировать как двойственный.

Рассмотрим двухдольный граф, каждая вершина  $i$  ( $i = \overline{1, m}$ ) которого соединена ориентированной дугой с каждой вершиной  $j$  ( $j = \overline{1, n}$ ). Пропускная способность всех дуг равна единице, а стоимость переноса единицы потока  $(i, j)$  равна  $t_{ij}$ ,  $T = \|t_{ij}\|_{m \times n}$ . Вершина  $m+n+1$  соединена ориентированными дугами с вершинами  $i$  ( $i = \overline{1, m}$ ), а вершины  $j$  ( $j = \overline{1, n}$ ) соединены с вершинами  $m+n+2$ . Пропускные способности этих дуг также равны единице, а стоимость переноса потока равна 0. Введем в рассмотрение матрицы модифицированных стоимостей  $C^* = \|c_{ij}^*\|$  и пропускных способностей  $D^* = \|d_{ij}^*\|$  порядка  $(m+n+2) \times (m+n+2)$ , определенных следующим образом:

$$c_{ij}^* = \begin{cases} t_{ij}, & i = \overline{1, m}, \quad j = m+k, \quad k = \overline{1, n}, \\ 0, & i = m+n+1, \quad j = \overline{1, m}, \quad i = \overline{m+1, m+n}, \quad j = m+n+2, \\ \infty, & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

$$d_{ij}^* = \begin{cases} 1, & i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{m+1, m+n}, \\ 1, & i = m+n+1, \quad j = \overline{1, m}, \\ 1, & i = \overline{m+1, m+n}, \quad j = m+n+2, \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Опишем алгоритм решения задачи (1) – (4), а затем приведем его обоснование.

Пусть  $X = \|x_{ij}\|$  – нулевая матрица порядка  $(m+n+2) \times (m+n+2)$ .

Общая итерация. Осуществляем тернарные операции над элементами матрицы модифицированных стоимостей  $\overline{C}^* = C^* = \|c_{ij}^*\|$ , последовательно по всем  $k = 1, 2, \dots, n+m+2$ ; полагая

$$c_{ij}^{-*} := \begin{cases} c_{ij}^{-*}, & \text{если } c_{ij}^{-*} \leq c_{ik}^{-*} + c_{kj}^{-*}, \\ c_{ik}^{-*} + c_{kj}^{-*}, & \text{если } c_{ij}^{-*} > c_{ik}^{-*} + c_{kj}^{-*}, \end{cases} \quad (5)$$

для всех  $i \neq j \neq k$ ,  $i = \overline{1, n+m+2}$ ,  $j = \overline{1, n+m+2}$ .

Одновременно с выполнением операций (5) изменяем элементы вспомогательной матрицы  $R^* = \|r_{ij}^*\|$  порядка  $(m+n+2) \times (m+n+2)$  (первоначально полагаем  $r_{ij}^* = j$  для всех  $i, j = \overline{1, n+m+2}$ ):

$$r_{ij}^* := \begin{cases} r_{ij}^*, & \text{если } c_{ij}^{-*} \leq c_{ik}^{-*} + c_{kj}^{-*}, \\ r_{ik}^*, & \text{если } c_{ij}^{-*} > c_{ik}^{-*} + c_{kj}^{-*}, \end{cases} \quad (6)$$

Если  $c_{m+n+1, m+n+2}^{-*} = \infty$  – задача решена. В противном случае, с помощью вспомогательной матрицы  $R^*$  определяем множество индексов  $m+n+1, i_1, i_2, \dots, i_k, m+n+2$ , где  $i_1 = r_{m+n+1, m+n+2}^*$ ,  $i_2 = r_{i_1, m+n+1, m+n+2}^*$ ,  $\dots$ ,  $r_{i_k, m+n+2}^* = m+n+2$  и множество  $L = \{(m+n+1, i_1), (i_1, i_2), \dots, (i_k, m+n+2)\}$ .

Для всех  $(i, j) \in L$  полагает:

$$x_{ij}^* := x_{ij}^* + 1, \quad x_{ji}^* = x_{ji}^* - 1, \quad d_{ij}^* := d_{ij}^* - 1, \quad d_{ji}^* = d_{ji}^* + 1,$$

$$c_{ij}^* = \begin{cases} \infty, & \text{если } d_{ij}^* = 0, \\ c_{ij}^*, & \text{если } d_{ij}^* > 0. \end{cases} \quad c_{ji}^* = -c_{ij}^*, \quad \text{если } x_{ij}^* > 0.$$

Переходим к общей итерации.

После окончания работы алгоритма находим матрицу  $X = \|x_{ij}\|_{m \times n}$ , где  $x_{ij} = x_{i,m+j}^*$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ , которая является решением задачи (1) – (4).

Как известно, каждый раз после осуществления общей итерации получается поток минимальной стоимости из вершины  $m+n+1$  в вершину  $m+n+2$ . Таким образом, последовательно получают потоки минимальной стоимости величины  $1, 2, \dots, \min(m, n)$ , а стоимость потока равна минимальному значению целевой функции рассматриваемой задачи. В нашем случае, минимальная стоимость потока – минимальное суммарное время, затраченное на выполнение всех работ.

#### *Литература*

1. Корзников А.Д. Новый алгоритм решения обобщённой задачи о назначении/ А.Д. Корзников//СБ. проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития- 2009 Т.4-С. 237-240

УДК 005:330.4+519.87

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В МЕНЕДЖМЕНТЕ**

Исаенко М.А, Сподобаева Е.И.

Научный руководитель – Бань Л.В., старший преподаватель

Математика всегда присутствовала в жизни и профессиональной деятельности человека. Одними из первых к этой величайшей науке обратились мыслители Древней Греции, Древнего Египта, Древней Индии и Китая. Среди известных имен находятся Пифагор, Фалес Милетский, Аристотель, Чжан Хэн, Ариабхата, Брахмагупта и иные.

Математическая модель — концепция представления реальности математическим способом, вариант схемы как комплекса, изучение которого позволяет человеку обрести знания о некоей другой системе.

Математическая модель создается, чтобы анализировать и предугадывать поведение материального объекта или группы объектов. Однако у математической модели есть один существенный недостаток, от которого невозможно избавиться — это идеализация. Процессом создания, а также приемами построения и исследования математических моделей является

математическое моделирование. Через эмпирические законы, гипотезы, идеализацию и упрощения реальных обстоятельств менеджер становится способен просчитать дальнейшие действия предприятия. Тем самым он способен прогнозировать и планировать свою деятельность и деятельность предприятия.

Преимущества использования математических моделей следующие: определяются существенные и несущественные связи и параметры;

выявляются взаимосвязь между различными составляющими системы, а также описывается влияние различных параметров друг на друга; выделяются альтернативные сценарии развития системы. Математическая модель способна кратко описать исследуемый процесс, используя набор математических соотношений. С помощью математического аппарата, исследователь может получить новые знания об исследуемой системе.

Теперь дадим определение понятию менеджмент. Менеджмент — это управление социально-экономическими и производственными процессами.

На примерах теорий Фрэнка Джилбрета можно изучить использование математики и сравнительного анализа в менеджменте. В теориях «Микродвижений» и «Бригад разной квалификации» с помощью математических расчетов и операций над данными выводится эффективный способ организации труда и пространства рабочего места персонала.

Далее обратимся к работам выдающегося американского предпринимателя Генри Форда, который в теории «Социального регулирования» математически просчитал и оправдал следующие действия: сокращение рабочего дня, увеличение зарплаты сотрудников, контроль расходования заработной платы и повышение общей культуры работников.

Следует указать, что математика тесным образом связана с экономикой и экономическими процессами. Довольно часто в экономических расчетах используются математические законы и формулы. А, соответственно, менеджеру стратегически важно изучать основы математики и математического анализа.

Подытожив перечисленное, можно сделать вывод, что математические методы, мы рассматриваем с точки зрения эффективности средств структурированного, более емкого и предсказуемого представления информации. Если информация указана в виде числовых массивов, графических форм и других элементов, то результативность применения математических моделей в современном менеджменте значительно увеличивается. Следовательно, математика в менеджменте и экономике может стать базисом в принятии деловых решений, так как в любой коммерческой организации идет речь о продаже продукта или услуги, для получения прибыли.

#### *Литература*

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В МЕНЕДЖМЕНТЕ / [Электронный ресурс] // элалесная.рф : [сайт]. — URL:

<https://эллалесная.рф/besplatnye-gotovye-studencheskie-raboty/2019-10-05/ispolzovanie-matematicheskikh-metodov-v-menedzhmente> (дата обращения: 18.04.2023).

2. Математическая модель / [Электронный ресурс] // [wika.tutoronline.ru](https://wika.tutoronline.ru) : [сайт]. — URL: <https://wika.tutoronline.ru/algebra/class/7/matematicheskaya-model> (дата обращения: 18.04.2023).

3. Юлия Лайши Экономико-математические методы в управлении / Юлия Лайши [Электронный ресурс] // [spravochnick.ru](https://spravochnick.ru) : [сайт]. — URL: [https://spravochnick.ru/ekonomika/ekonomiko-matematicheskije\\_metody\\_v\\_upravlenii/](https://spravochnick.ru/ekonomika/ekonomiko-matematicheskije_metody_v_upravlenii/) (дата обращения: 18.04.2023).

4. Зубко Н.С., Таран А.Н., Прозоров А.М. Роль математики в менеджменте / Зубко Н.С., Таран А.Н., Прозоров А.М. [Электронный ресурс] // [cyberleninka.ru](https://cyberleninka.ru) : [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-matematiki-v-menedzhmente#:~:text=Математика%20в%20менеджменте%20может%20оказывать,ожидаемую%20производительность%20на%20следующий%20год> (дата обращения: 18.04.2023).

УДК 005.5:51

## РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В МЕНЕДЖМЕНТЕ

Жолудь К. Ю, Устинова А.И.

Научный руководитель - старший преподаватель Бань Л.В.

Математика—отрасль науки, занимающаяся вычислениями, расчетами, решением задач; точная, четкая, закономерная и постоянная дисциплина. Эта дисциплина делает человека расчетливым, умным, рассудительным, вследствие этому он имеет возможность экономить время, мысль, деньги. Занимаясь математикой, мы тренируем память, учимся логически мыслить, формируем креативные способности. Данные навыки необходимы всем людям, так как математика повышает качество жизни, помогает делать правильные выводы, тренирует память и развивает такие качества, как логика, точность, четкость, сосредоточенность, ответственность и внимательность.

Почти всегда профессии требуют познания математики, временами доскональных познаний. Именно хорошие знания в математике позволяют преуспеть в любой профессии. Уже к началу XX века экономико-математическое направление в науке окончательно сформировалось. Экономисты первой половины XX века Л.Вальрас, В.Парето, А.Маршалл и другие ученые занимались разработкой управленческих вопросов, решением хозяйственных задач, активно применяя матричную алгебру, векторную алгебру, дифференциальное исчисление и другие сегменты математики.

Менеджмент — совокупность конкретных приемов и методов управления. Математика в менеджменте может выразить мощную поддержку в принятии деловых решений, так как в каждой коммерческой организации идет речь о продаже продукта или услуги, для выручки средств. Зачастую в компаниях проходят крупные транзакции или есть несколько счетов, следовательно руководитель должен уметь оценить производительность фирмы, прибыль, издержки, а также ожидаемую производительность на последующий год. Можно заявить, что прибыль считается функцией от затрат или что цена товара есть функция от спроса на него.

Применение методов исследования операций в менеджменте — это использование количественных методов к операционным проблемам, созданию организационных структур компаний и обеспечению их эффективного функционирования. Определив проблему, разрабатывают модель ситуации, включающую цель, ограничения и метод решения задачи. Развитие предпринимательства сопровождается возникновением и стремительным совершенствованием науки о рыночном управлении предприятиями и производством — становлением научного менеджмента.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что математика в менеджменте — это инструмент, который используется для повышения эффективности результата в работе, а также для принятия управленческих решений. Подтверждением данного считается то, что большая часть задач, связанных с экономикой и управлением, находит решение при помощи изучения зависимостей величин от различных факторов. На курсе Менеджмента математика присутствует в таких дисциплинах, как микроэкономика, высшая математика, экономико-математические методы и модели, бухгалтерский учет, поэтому знание и понимание математики поможет лучше и легче разобраться в данных дисциплинах.

Благодаря математике мы можем умело и корректно формулировать свои мысли, что помогает менеджеру при коммуникации с людьми, мы мыслим логически, отчего принимаем наиболее верные и точные решения, мы видим закономерности, а значит, можем ранжировать свои действия, мы способны быстро принимать решения, что помогает нам в экстренных ситуациях, мы развиваем интеллект, что делает нас более смысленными. И все это благодаря математике. Она помогает менеджеру обладать его лучшими и достойными качествами и быть одним из самых востребованных специалистов на рынке труда.

### *Литература*

1. Зачем нужна математика? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://logiclike.com>. -Дата доступа: 22.04.2023.
2. Математика в менеджменте [Электронный ресурс]. -Режим доступа: [www.cfin.ru](http://www.cfin.ru). -Дата доступа: 23.04.23.
3. Роль математики в менеджменте [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://uchimsya.com> .-Дата доступа: 21.04.23.

4. Математические модели в менеджменте [Электронный ресурс]. -Режим доступа: <http://spravochnik.ru>. -Дата доступа: 21.04.23.

5. Зачем менеджеру высшая математика? [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://spbu.ru> .-Дата доступа: 21.04.23.

УДК 51-77

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА ФИНАНСОВЫХ СОСТОЯНИЙ БЕЛОРУССКО- РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Перехрест Д.С.

Научный руководитель - Бадак Б.А., ст. преподаватель

Проблема финансовой устойчивости хозяйствующих субъектов в сегодняшних экономических условиях ставится на первый план. Большинство проблем финансового характера, с которыми сталкиваются отечественные предприятия, в большинстве случаев по существу схожи друг с другом, поэтому решение кроется в универсальных инструментах, образующих механизм управления финансовой устойчивостью субъекта.

Целью нашего исследования является развитие теоретических и практических навыков по систематизации сильных и слабых сторон финансовой устойчивости предприятия.

Сравним и рассчитаем конкурентоспособность предприятия «Спартак» с его основными оппонентами. Все показанные анализы и рассуждения были опробованы в условиях конкретной практики – СП ОАО «Спартак». Расчет коэффициента конкурентоспособности производится с помощью формулы средней взвешенной арифметической:  $KП = 0,21ЭП + 0,19ФП + 0,27ЭМ + 0,32КТ$ , где  $ЭП$  – критерий эффективности производственной деятельности предприятия;  $ФП$  – критерий финансового положения предприятия;  $ЭМ$  – критерий эффективности деятельности маркетинга и организаций сбыта;  $КТ$  – критерий конкурентоспособности самого товара; 0,21; 0,19; 0,27; 0,32 – весовые коэффициенты критериев.

Для расчета второго критерия – финансового положения – используем формулу:  $ФП = 0,35КА + 0,25КП + 0,34КЛ + 0,27КО$ , где  $КА$  – коэффициент автономии предприятия;  $КП$  – коэффициент платежеспособности предприятия;  $КЛ$  – коэффициент ликвидности предприятия;  $КО$  – коэффициент оборачиваемости оборотных средств; 0,35; 0,25; 0,34; 0,27 – весовые коэффициенты показателей.

Расчет третьего критерия – эффективности деятельности маркетинга – осуществляется по формуле:  $ЭМ = 0,42РП + 0,31КЗ + 0,19КМ + 0,21КР$ , где  $РП$  – рентабельность продаж;  $КЗ$  – коэффициент затоваренности готовой

продукцией;  $K_M$  – коэффициент нагрузки производственных мощностей;  $K_P$  – коэффициент эффективности рекламы; 0,42; 0,31; 0,19; 0,21 – весовые коэффициенты показателей.

Расчет последнего критерия – конкурентоспособности товара – производится по формуле:  $K_T = K \div C$ , где  $K$  – коэффициент качества товара;  $C$  – цена товара.

Для расчета критерия конкурентоспособности возьмем данные маркетингового отдела в сфере качества и цены товара и сравним с другими кондитерскими предприятиями-конкурентами за аналогичные года:

Таблица 1 – Маркетинговые данные предприятий

Фактор	Предприятие	2019	2020
Качество товара	Спартак	7	7
	Коммунарка	7	8
	Слодыч	5	5
	Красный пищевик	6	7
	Красный октябрь	8	9
Цена товара	Спартак	5,1	5,6
	Коммунарка	5,1	5,6
	Слодыч	5,1	5,6
	Красный пищевик	5,1	5,6
	Красный октябрь	5,1	5,6

Как видно из таблицы, изменение качества товара у производителей отличается, но при этом цена за наблюдаемый период у всех предприятия увеличивалась одинаково. Конкретно на предприятии «Спартак» показатель качества товара осталась на том же уровне. Это говорит о том, что производственная деятельность развивалось недостаточно эффективно, соответствующие технологии не финансировались по сравнению с предприятиями-конкурентами. Сохранение этой тенденции может отрицательно отразиться на эффективности предприятия, так как это ведёт к уменьшению конкурентоспособности товара.

Сравнительный анализ конкурентоспособности предприятий-конкурентов представлен в таблице:

Таблица 2 – Конкурентоспособность предприятий

Название показателя	Значение				
	Спартак	Коммунарка	Слодыч	Красный пищевик	Красный октябрь
Коэффициент конкурентоспособности	2,9	3	2,9	2,7	3,8
Критерий эффективности производства	5,6	5,9	5,4	5,3	6,4
Критерий финансового состояния	1	1	0,9	0,8	1,4
Критерий эффективности реализации сбыта	4,3	4,4	4,3	4	5,9
Критерий конкурентоспособности товара	1,25	1,1	1	1,1	1,5

Наибольшее различие отмечается по критерию эффективности производства, что говорит о необходимости модернизации производственного оборудования. Это причина снижения критериев по всем другим показателям. В качестве решения проблемы мы предлагаем реализовать инвестиционное проектирование для увеличения дохода капитала и дальнейшего увеличения конкурентоспособности предприятия. Увеличение капитала позволит расширить изучение технологий и обнаружить пути усовершенствования производимой продукции и модернизации технологии изготовления и сбыта продукции. В частности, в кондитерской отрасли создание новых технологий кондитерских изделий основывается на оригинальных технологических решениях и применении нетрадиционных сырьевых ингредиентов, которые позволят изменить структуру конечной продукции.

#### *Литература*

1. Мазилкина, Е.И. Основы управления конкурентоспособностью/ Е.И. Мазилкина, Г.Г. Паничкина. М.: Прогресс, 2012. - 187 с.
2. Завьялова, Е.М. Конкурентоспособное управление промышленным предприятием: автореф. дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Завьялова Екатерина Михайловна – Москва, 2012. – 47с.

# THE GRAPH THEORY AND ITS APPLICATIONS

Bandara H. M. S. H.

Academic Supervisor - Maria Korolyova, Senior Lecturer

## Introduction:

Graph theory pertains to a mathematical discipline that is concerned with the examination of graphs, or mathematical structures that comprise vertices and edges [1]. Graphs are commonly employed as a means to model or simulate the associations or correlations that exist amongst objects or data points. Graph theory is a highly versatile field of study that has been utilised in a multitude of disciplines, including computer science, engineering, physics, social sciences, and biology [2]. The purpose of this scholarly article is to investigate the fundamentals of graph theory and its usage in diverse fields.

## Basics of Graph Theory:

A graph denotes a mathematical construct comprising a collection of vertices, also referred to as nodes, and a collection of edges [3]. An edge refers to a structural link that connects two vertices in a graph or network. It should be noted that graphs can be classified into two major categories: directed, whereby edges have a predetermined direction, or undirected, whereby edges possess no innate directionality. Weighting of a graph is characterized by assigning a value or weight to the edges, whereas an unweighted graph is one in which no such value is assigned to the edges.

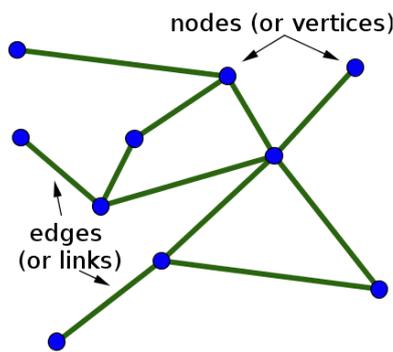
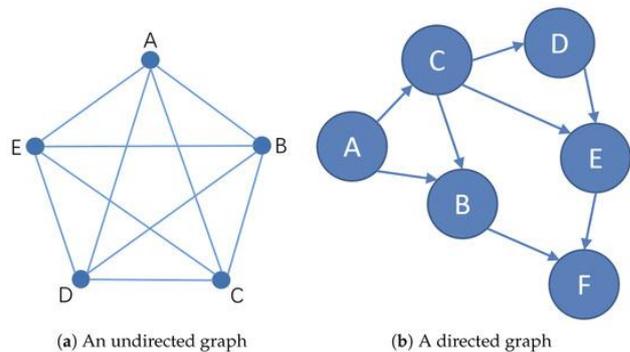


Figure 1: Node and Edge  
Source: Adapted from [4]



(a) An undirected graph  
(b) A directed graph  
Figure 2: An undirected graph and a directed graph.  
Source: Adapted from [5]

Graph theory has various terminologies such as paths, cycles, degrees, connectivity, and planarity [6]. A path is a configuration of edges that link together two vertices in a graph. A cycle is a closed path that traverse through a series of vertices, ultimately returning to the original starting vertex. The quantification of the incidence of edges connected to a vertex is referred to as its

degree of a vertex. Connectivity can be defined as the degree of ease with which one can navigate from a particular vertex to another within a given graph or network. Planarity pertains to the capability of a graph to be depicted on a two-dimensional surface such that none of its edges intersect with one another.

### **Applications of Graph Theory in Computer Science:**

#### **1. Communication Network Modeling:**

Graph theory serves as a viable mathematical tool that enables the modeling of various forms of communication networks, including the Internet, local area networks, and telephone networks. In the context of networking, the representation of network topology and the enhancement of network performance can be effectively achieved through the utilization of graphical tools. For example, the shortest path algorithm is to determine the optimal path connecting two nodes within a network [1].

#### **2. Social Network Analysis:**

The field of graph theory is frequently employed in the examination of social networks, examples of which include popular platforms such as Facebook, Twitter, and LinkedIn. The utilization of graphs as analytical tools may be employed to assess the configuration, discern influential nodes, and explore communities within a network. For instance, the PageRank algorithm can be employed to identify influential nodes within a social network [7].

#### **3. Database Modeling:**

The utilization of graph theory in the modeling of databases and the optimization of associated queries is a common practice in computer science. A graphical representation can be employed to describe the configuration of a database and to enhance the efficiency of search queries.

As an illustrative instance, it is feasible to depict the database join operation as a graph [8].

#### **4. Analysis of Algorithms:**

Graph theory plays a significant role in the analysis of algorithms by aiding in the determination of their intricacy. A graphical representation can serve as a means to depict the various stages or states of an algorithm, and enable an examination of its operational efficiency. For example, the time complexity of an algorithm can be graphically depicted [8].

#### **5. Process Modeling:**

Graph theory has been extensively utilized in generating models for various processes, including manufacturing processes and interaction processes between programs. One feasible approach to illustrate a succession of measures and enhance effectiveness is to employ a graphical representation. One illustrative instance is the employment of the Petri net model for the purpose of modeling concurrent processes [9].

## 6. Data Analysis:

The discipline of graph theory is commonly employed for the study of data analysis and identification of interrelationships among various datasets. A graph can serve as a tool for examining associations among different variables and enhancing the efficiency of machine learning algorithms. For example, the k-means clustering algorithm is capable of effectively clustering data points according to their similarity [10].

## **Applications of Graph Theory in Engineering:**

### 1. Network Analysis:

Graph theory is an exceptionally effective tool for conducting network analysis, a domain of study concerned with interconnected systems. Graph theory is a tool employed by engineers to undertake a thorough analysis of complex networks such as those pertaining to electrical power grids, transportation networks, and communication networks. By representing these networks as graphs, engineers are able to conduct a comprehensive analysis of their properties and detect potential issues [11].

### 2. Control Systems:

The discipline of control systems engineering has made use of graph theory in its analysis and design methodologies. Control systems serve as a means for regulating the behavior of complex systems, including but not limited to robotics, aviation, and industrial processes. The utilization of graph theory is employed to model the behaviour of aforementioned systems and formulate control algorithms that regulate their behavior [12].

### 3. Circuit Design:

Graph theory has been utilized in the field of circuit design to conduct an analysis and enhance the efficiency of electronic circuits. Graph theory is utilized by engineers to represent circuits as graphs, and to conduct analysis on specific aspects such as voltage, current, and power. The utilization of this technique facilitates engineers in formulating circuits that conform to distinct criteria, such as power consumption, speed, and reliability [3].

### 4. Optimization:

The utilization of graph theory extends to the field of optimization problems in engineering. Optimization is a systematic approach aimed at identifying the optimal solution to a given problem by evaluating a range of potential solutions. Graph theory serves as a valuable tool for representing optimization problems in the form of graphs and subsequently facilitating the identification of ideal solutions through the use of graph algorithms [12].

### 5. Structural Analysis:

The use of graph theory in structural analysis entails the examination of the performance of various constructed forms, including but not limited to bridges, buildings, and dams. Graph theory is utilized by engineers to create a graphic representation of the structure, which facilitates an in-depth analysis of its inherent properties including strength, stability, and deformation. The utilization of this methodology facilitates the engineers in accomplishing the design of structures that exhibit optimal levels of safety and reliability [1].

Applications of Graph Theory in other areas:

The utilization of graph theory extends beyond the domains of computer science, engineering, transportation systems, and social networks. The application of this technology has been observed in a diverse range of fields including biology, chemistry, physics, and economics.

The discipline of biology employs graph theory as a modeling tool for the representation of protein-protein interaction networks, gene regulatory networks, and metabolic networks. The utilization of this approach facilitates the pinpointing of critical nodes and pathways that play a fundamental role in various biological processes [13].

The employment of graph theory in chemistry finds its application in the representation of molecular structures and chemical reactions. This process facilitates the anticipation of chemical characteristics and the creation of novel molecules possessing desired properties [14].

The application of graph theory in physics entails the construction of models intended to capture the complexity of elaborate systems such as the structure of the universe, the behaviour exhibited by particles within a quantum system, and the transmission of information across a network [15].

The utilization of graph theory is prevalent in the field of economics for the purpose of constructing models of diverse economic systems, namely, financial networks, supply chains, and social networks. The utilization of this approach contributes to the discernment of key nodes and pathways that exert fundamental influence over the system's equilibrium [16].

Graph theory has been extensively applied in diverse domains, including but not limited to linguistics, geography, and psychology. Linguistics employs graph theory as a means of representing the structure of languages and the interconnections that exist among diverse languages. In the field of geography, the utilization of graph theory is employed to develop models for transportation networks and the propagation of diseases. Graph theory is a valuable tool employed in psychology to represent social networks as well as to investigate the patterns of information spreading [17].

## **Conclusion:**

In conclusion, graph theory is a highly effective instrument for the representation and evaluation of complex systems and phenomena. The diverse range of applications that it offers renders it a versatile tool for application across many fields. This scholarly article evaluates the employments of graph theory in domains such as computer science, engineering, and other related disciplines. The potential scope and diversity of graph theory's practical uses is significant, as it remains a pivotal tool for examining a diverse array of systems and processes.

## *References*

1. R. Diestel, "Graph Theory," Springer-Verlag, New York, NY, 2010.
2. B. Bollobás, "Modern Graph Theory," New York: Springer-Verlag, 1998, p. 2.
3. C. Godsil and G. Royle, "Algebraic Graph Theory," Springer-Verlag, New York, NY, 2001.
4. "Small Undirected Network (labeled)," Math Insight. [Online]. Available: [https://mathinsight.org/image/small\\_undirected\\_network\\_labeled](https://mathinsight.org/image/small_undirected_network_labeled). [Accessed: 10-Jun-2021].
5. A. Alqahtani, A. Alshamrani, and M. Alghamdi, "Common Fixed Point Theorems for Six Self-Mappings in Cone Metric Spaces," Mathematics, vol. 8, no. 9, p. 1625, 2020. [Online image]. Available: [https://www.mdpi.com/mathematics/mathematics-08-01625/article\\_deploy/html/images/mathematics-08-01625-g001-550.jpg](https://www.mdpi.com/mathematics/mathematics-08-01625/article_deploy/html/images/mathematics-08-01625-g001-550.jpg). [Accessed: 10-Jun-2021].
6. S. Dasgupta, C. H. Papadimitriou, and U. V. Vazirani, "Algorithms," New York: McGraw-Hill Education, 2008, p. 85.
7. D. Easley and J. Kleinberg, "Networks, Crowds, and Markets: Reasoning About a Highly Connected World," Cambridge University Press, 2010.
8. A. Aho, J. Hopcroft, and J. Ullman, "Data Structures and Algorithms," Addison-Wesley, 1983.
9. J. Peterson, "Petri Net Theory and the Modeling of Systems," Prentice Hall, 1981.
10. I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville, "Deep Learning," MIT Press, 2016.
11. A. Chakrabarti, D. Agrawal, and R. R. S. Chakraborty, "Network Analysis: Methodological Foundations," Springer, New York, NY, 2013.
12. S. Boyd and L. Vandenberghe, "Convex Optimization," Cambridge University Press, New York, NY, 2004.
13. A. Barabasi and Z. Oltvai, "Network biology: understanding the cell's functional organization," Nature Reviews Genetics, vol. 5, pp. 101-113, 2004.

14. D. Bonchev and D. Rouvray, "Graph Theory and the Topology of Chemical Compounds," Elsevier, 1983.

15. M. Newman, "Networks: An Introduction," Oxford University Press, 2010.

16. M. Jackson, "Social and Economic Networks," Princeton University Press, 2008.

17. V. Batagelj and A. Mrvar, "Pajek - Analysis and Visualization of Large Networks," Wiley, 2014.

УДК 519.62

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНВАРИАНТНОГО ПОГРУЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ШТУРМА-ЛИУВИЛЛЯ**

Сироткин А. И.

Научный руководитель – Роговцов Н. Н., д. ф.- м. наук, профессор

Значительную часть теоретических и прикладных проблем естествознания можно свести к решению краевых задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Одним из классических методов решения таких задач является метод разделения переменных (метод Фурье). Однако сложность эффективного использования этого метода резко возрастает для ситуаций, когда необходимо решать краевые задачи для дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. При этом сильно сужаются возможности для отыскания аналитических и даже полуаналитических решений краевых задач для указанных выше уравнений. Известно [1-3], что эффективное использование метода Фурье тесно связано с решением классической задачи Штурма-Лиувилля. Качественная математическая теория этой задачи изложена, в частности, в монографиях [1-3]. Однако, для получения решений многих фундаментальных и прикладных проблем зачастую требуется не только производить качественное исследование свойств решений задачи Штурма-Лиувилля, но и находить их решения в явной (конкретной) форме (в частности, в полуаналитическом, численном, графическом и иных видах).

Одним из подходов, который позволяет находить решение задачи Штурма-Лиувилля, является метод инвариантного погружения [4, 5]. Суть этого метода заключается в том, что частные краевые задачи (в частности, задача Штурма-Лиувилля) погружаются инвариантным образом в семейство задач того же типа. Далее находятся уравнения, связывающие между собой решения этих задач, соответствующих различным значениям параметров (в качестве такого параметра можно, например, взять длину отрезка, на границах которого ставятся краевые условия какого-то типа). Фактически

метод инвариантного погружения сводит решение краевых задач к решению задач Коши.

Рассмотрим следующую классическую задачу Штурма-Лиувилля [1-3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dx} \left[ p(x) \cdot \frac{dy(x)}{dx} \right] + [\lambda \cdot \rho(x) - q(x)] \cdot y(x) = 0, \quad x \in [0; l], \quad l \in [0; L]; \\ y(0) = 0; \\ y'(l) = 0; \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y(0) = 0; \\ y'(l) = 0; \end{array} \right. \quad (2)$$

где  $p(x), \rho(x), q(x)$  – непрерывные на отрезке  $[0; L]$  функции. Искомые нетривиальные решения  $y(x)$  называются собственными функциями этой задачи, а значения  $\lambda$ , при которых такое решение существует — её собственными значениями. Вид функций  $p(x), \rho(x), q(x)$  определяется конкретным типом области применения метода Фурье. Суть метода инвариантного погружения состоит в переходе от задачи с граничными условиями к задачам с начальными условиями, т. е. к задачам Коши, которые решаются с использованием классических численных методов.

Кратко проиллюстрируем возможности метода инвариантного погружения для решения задачи Штурма-Лиувилля. Положим  $p(x) \equiv 1$  на отрезке  $[0; L]$  и рассмотрим такую неоднородную краевую задачу:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2 y(x)}{dx^2} = (q(x) - \lambda \cdot \rho(x)) \cdot y(x) + g(x); \\ y(0) = 0; \\ y'(l) = 0. \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y(0) = 0; \\ y'(l) = 0. \end{array} \right. \quad (4)$$

Отметим, что, если однородная задача, соответствующая (3), (4), имеет нетривиальное решение, то сама задача (3), (4), вообще говоря, решения иметь не будет.

Для иллюстрации процедуры метода инвариантного погружения возьмём функции  $\rho(x), q(x), g(x)$  в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho(x) = 1, \\ q(x) = \cos(2x), \\ g(x) = 2 \cdot e^{-100x} \sin(2x). \end{array} \right. \quad (5)$$

Будем изменять параметр  $\lambda$  на полуинтервале, т. е.  $\lambda \in [\varepsilon; +\infty), \varepsilon > 0$ . Для отыскания первого собственного значения  $\lambda = \lambda^*$ , как показано в работах [4,5], следует найти такое значение  $l^*$ , для которого решение задачи Коши

$$\left\{ \begin{array}{l} Q'(l) = 1 - (q(l) - \lambda \cdot \rho(l)) \cdot Q^2(l), \\ Q(0) = 0, \end{array} \right. \quad (6)$$

стремилось бы по модулю к  $+\infty$ . Уравнение (6) является уравнением Риккати. В общем случае оно не имеет решения в аналитическом виде. Поэтому фактически функция  $Q(l)$  должна находиться численными методами. Если для выбранного  $\lambda^*$  решение для некоторого, очень близкого  $x = l^* \in [0; L]$  стремится по модулю к  $+\infty$ , то  $\lambda = \lambda^*$  есть собственное значение задачи Штурма-Лиувилля, когда берётся отрезок  $[0; l^*]$ . Таким образом можно получить зависимость  $\lambda(l)$ , используя которую можно по заданной длине отрезка  $l \in [0; L]$  находить первое собственное значение задачи Штурма-Лиувилля. График зависимости  $\lambda(l)$  для конкретно заданных функций (5) для задачи (3), (4) представлен на рисунке 1.

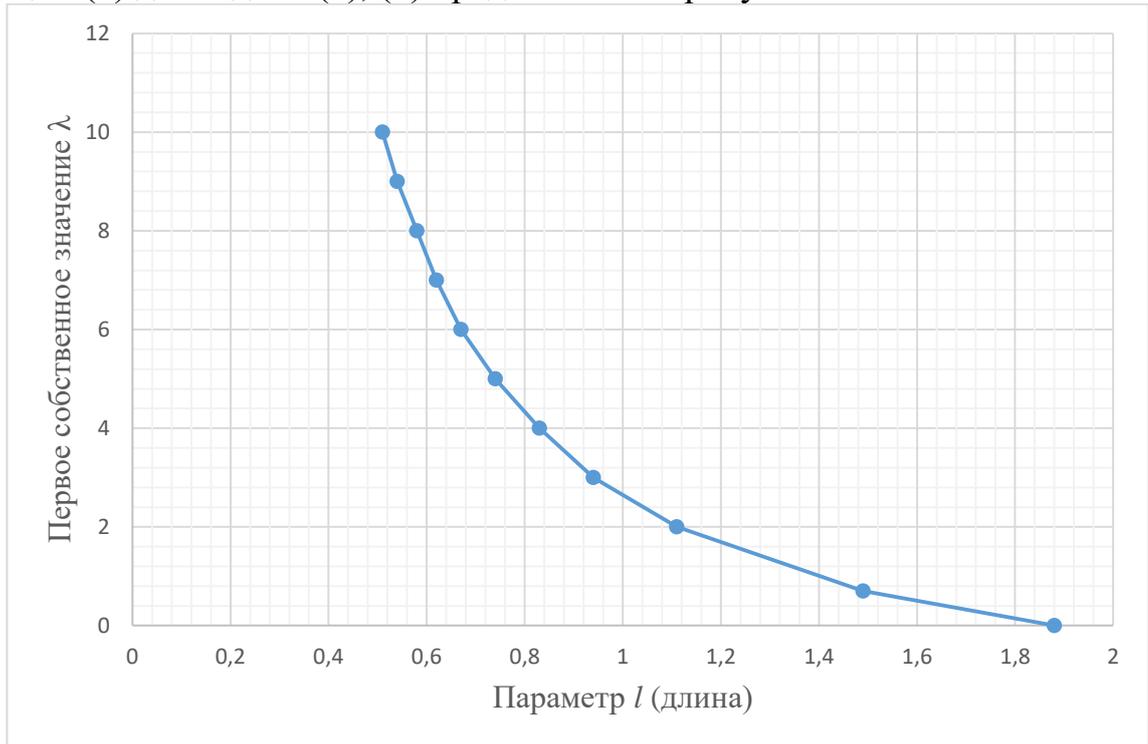


Рис. 1. Зависимость  $\lambda(l)$  для конкретной задачи Штурма-Лиувилля

Заметим, что как показано в работе [5], неоднородную задачу (3), (4) можно полностью решить с помощью сведения её к решению ещё двух дополнительных задач Коши.

#### Литература

1. Тихонов, А. М. Уравнения математической физики: Учеб. пособие/А. М. Тихонов, А. А. Самарский. – М.: Изд-во МГУ, 1999.
2. Левитан, Б. М. Введение в спектральную теорию/ Б. М. Левитан, И. С. Саргсян. – М.: Наука, 1970
3. Арсенин В. Я. Математическая физика. Основные уравнения и специальные функции. -М.: Наука, 1966
4. Касти, Дж. Методы погружения в прикладной математике/ Дж. Касти, Р. Калаба: пер. с англ. С. П. Чеботарева М.: Мир, 1976 223 с.

5. Роговцов, Н. Н. Связь между решениями семейств двухточечных краевых задач и задач Коши // Дифференциальные уравнения: - 2008. - №9. - С. 1205-1221.

УДК 519.62

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Сорокин А.Д.

Научный руководитель – Королёва М.Н., ст. преподаватель

В данной статье исследуется применение метода разделения переменных для решения уравнения теплопроводности в цилиндрических координатах. Рассмотрены основные этапы решения задачи, включая нахождение коэффициентов ряда Фурье и определение начальных условий. Приведены численные примеры решения задачи в различных условиях, что позволяет оценить эффективность метода и его применимость в различных практических задачах.

Рассмотрим задачу о распределении тепла в цилиндрическом баке, заполненном разнородной средой с заданной начальной температурой. Пусть  $r$  - радиальное расстояние от оси цилиндра,  $\theta$  - угловая координата,  $z$  - координата вдоль оси цилиндра, а  $T(r, \theta, z, t)$  - температура в среде в момент времени  $t$ .

Тогда с учетом закона Фурье для теплопроводности и теплового баланса участка среды, задачу можно представить в виде следующей системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rk \frac{\partial T}{\partial r}) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + Q(r, \theta, z, t)$$

где  $\kappa$  - коэффициент теплопроводности, а  $Q(r, \theta, z, t)$  - источник тепла, например тепловое излучение.

Для решения этой системы уравнений может использоваться техника ряда Фурье. Предположим, что температура распределена по цилиндрическому баку в виде ряда Фурье:

$$T(r, \theta, z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{p=-\infty}^{\infty} \phi_{nmp}(r) e^{in\theta} e^{imp} e^{-an^2 t}$$

где  $\alpha = \frac{\kappa}{\rho c}$  - коэффициент диффузии тепла, а  $\rho$  и  $c$  - плотность и удельная теплоемкость среды.

Подставляя это выражение в систему дифференциальных уравнений и приводя подобные слагаемые, можно получить систему уравнений для функций  $\phi_{nmp}(r)$ :

$$-\frac{d}{dr}\left(r\frac{d\phi_{nmp}}{dr}\right) + \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{p^2}{r^2} + \alpha n^2\right)\phi_{nmp} = \frac{1}{r} \int_0^{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} Q(r, \theta, z, t) e^{-in\theta} e^{-imp} e^{\alpha n^2 t} dz d\theta dp$$

Это уравнение можно решить методом разделения переменных, при этом граничные условия задаются для решения на радиусе цилиндра. Общее решение задачи будет представлять собой суперпозицию всех компонент ряда Фурье.

Анализ температурного поля, которое будет получено в результате решения такой задачи, может быть использован для управления процессами теплообмена и оптимизации конструкции энергетических установок, например, при проектировании цилиндрических реакторов для ядерного синтеза.

Рассмотрим задачу о распределении тепла в цилиндрическом баке. Предположим, что у нас есть цилиндрический бак диаметром 2 метра и высотой 3 метра, заполненный водой. Начальная температура воды в баке равна 20 градусам Цельсия. В центре бака находится источник тепла, который генерирует тепло с постоянной мощностью в 100 Вт.

Чтобы решить эту задачу, нам нужно задать начальные условия для функций. Пусть начальное распределение температуры задано как:

$$T_0(r, \theta, z) = 20^\circ C$$

Это означает, что в начальный момент времени температура воды в баке везде одинакова и равна 20 градусам Цельсия.

Для решения этой задачи мы будем использовать технику ряда Фурье. Пусть мы рассмотрим только первые три слагаемых в ряду Фурье. Тогда мы можем записать:

$$Q_{nm}(z, t) = T(t)Z(z)$$

где  $R_{00}(r)$ ,  $R_{10}(r)$ ,  $R_{01}(r)$  - радиальные функции, зависящие только от  $r$ , а  $Q_{00}(z, t)$ ,  $Q_{10}(z, t)$ , и  $Q_{01}(z, t)$  - функции, зависящие только от  $z$  и  $t$ .

Теперь мы можем подставить это выражение в систему дифференциальных уравнений, чтобы получить систему уравнений для функций  $Q_{nm}$ :

$$\frac{\partial Q_{00}}{\partial t} + \beta_0 Q_{00} = -S_{00} \quad \frac{\partial Q_{10}}{\partial t} + \beta_1 Q_{10} = -S_{10} \quad \frac{\partial Q_{01}}{\partial t} + \beta_1 Q_{01} = -S_{01}$$

где  $\beta_0, \beta_1$  - коэффициенты, связанные с радиальными функциями  $R_{00}(r)$  и  $R_{10}(r)$ , а  $S_{nm}$  - источники тепла, связанные с мощностью теплового излучения источника в центре бака.

Теперь мы можем решить эти уравнения методом разделения переменных. Предположим, что  $Q_{nm}(z, t) = T(t)Z(z)$ . Тогда мы можем записать:

$$\frac{dT'}{dT} = -\beta_n - \frac{S_{nm}}{Z(z)} \frac{Z'(z)}{Z(z)} = -\lambda_{nm}^2$$

где  $\lambda_{nm}^2$  - собственные значения, связанные с угловой координатой.

Из предыдущей части мы получили уравнения:

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{r_0^2} \int_0^{r_0} r R_{00}^2(r) dr, \quad \beta_1 = \frac{\alpha_1}{r_1^2} \int_0^{r_1} r R_{10}^2(r) dr, \quad S_{00} = \frac{1}{\rho c} \frac{\partial}{\partial t} (r_0 \Delta T_0), \quad S_{10} = \frac{1}{\rho c} \frac{\partial}{\partial t} (r_1 \Delta T_1), \quad S_{01} = 0$$

где  $\beta_0, \beta_1$  - коэффициенты, связанные с радиальными функциями  $R_{00}(r)$  и  $R_{10}(r)$ , а  $S_{nm}$  - источники тепла, связанные с мощностью теплового излучения источника в центре бака.

Теперь мы можем решить эти уравнения методом разделения переменных. Предположим, что  $Q_{nm}(z, t) = T(t)Z(z)$ . Тогда мы можем записать:

$$\frac{dT'}{dT} = -\beta_n - \frac{S_{nm}}{Z(z)} \frac{Z'(z)}{Z(z)} = -\lambda_{nm}^2$$

Где  $\lambda_{nm}^2$  - собственные значения, связанные с угловой координатой.

Решая второе уравнение, получаем:

$$Z(z) = A \cos(\sqrt{\lambda_{nm}^2} z) + B \sin(\sqrt{\lambda_{nm}^2} z)$$

где  $A$  и  $B$  - постоянные, определяемые начальными условиями.

Подставляя это выражение в первое уравнение и решая его, получаем:

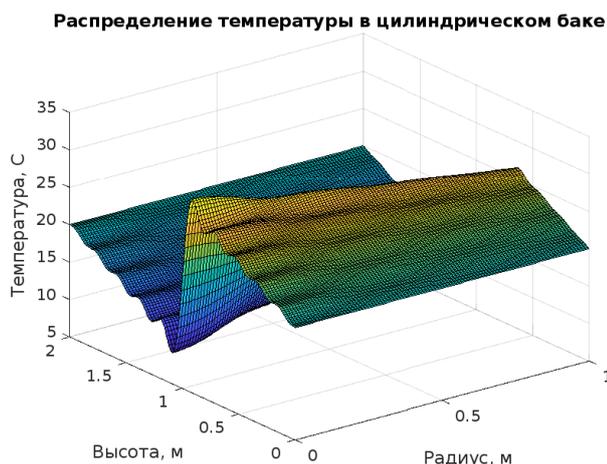
$$T(t) = Ce^{-\beta_n t} - \frac{1}{\beta_n} \int_0^t S_{nm}(t') Z(z) e^{-\beta_n(t-t')} dt'$$

где  $C$  - постоянная, определяемая начальными условиями, а интеграл вычисляется по времени от 0 до  $t$ .

Теперь мы можем записать окончательное выражение для температуры в баке:

$$T(r, \theta, z, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} [R_{nm}(r) \cos(n\theta) + S_{nm} \sin(n\theta)] e^{-\beta_n t} \left[ A \cos(\sqrt{\lambda_{nm}^2} z) + B \sin(\sqrt{\lambda_{nm}^2} z) \right] - \frac{1}{\beta_n} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} [R_{nm}(r) \cos(n\theta) + S_{nm} \sin(n\theta)] \int e^{-\beta_n t'} \frac{S_{nm}}{Z(z)} dt'$$

где  $R_{nm}(r)$  - радиальные функции, зависящие только от  $r$ , а  $S_{nm}$  - источники тепла, связанные с мощностью теплового излучения источника в центре бака. Используя ПО Matlab была разработана графическая модель решения поставленной задачи.



Итоги данной работы показывают, что метод разделения переменных является эффективным инструментом для решения уравнения теплопроводности в цилиндрических координатах. Решение задачи с использованием данного метода позволяет получать точные результаты и оценивать распределение тепла в различных условиях. Таким образом, метод разделения переменных может быть успешно применен в различных областях науки и техники, где требуется решение задачи о распределении тепла в цилиндрических системах.

### *Литература*

1. Свиридов, А.П. Математическое моделирование процессов тепло- и массопереноса в технологических установках / А.П. Свиридов, Ю.Н. Шубин. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
2. Гадецкий, В.Л. Математические методы оптимизации в теплотехнике / В.Л. Гадецкий, А.В. Зуев. – М.: Издательский центр "Академия", 2012.

3. Мельников, О.Г. Математическое моделирование и оптимизация процессов тепломассообмена / О.Г. Мельников, С.В. Королёв. – М.: Издательство "Лань", 2014.

4. Жуков, А.Н. Математическое моделирование и оптимизация технологических процессов / А.Н. Жуков, Ю.В. Шавриков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016.

5. Карпов, В.М. Математическое моделирование процессов теплообмена в технике / В.М. Карпов, А.С. Васильев. – М.: Издательство "Энергоатомиздат", 2011.

УДК 004.8-004.9

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CHATGPT В СОЗДАНИИ МАТ МОДЕЛЕЙ**

Тарасюк А.В., Бахуревич А.М.

Научный руководитель – Королева М.Н., старший преподаватель

**Аннотация:** в данной работе рассматривается возможность применения ChatGPT в создании различных мат моделей, оценка полученных мат моделей.

**Ключевые слова:** ChatGPT.

### **Введение**

В наши дни широкое распространение получили различные нейросети. Одной из самых популярных и функциональных является ChatGPT. И цель работы - рассказать про доступные возможности, функционал данной нейросети и дать оценку целесообразности использования нейросетей при создании мат моделей.

### **Получение доступа к ChatGPT**

ChatGPT в данный момент времени заблокирован на территории Беларуси, поэтому для использования его функционала необходимо:

- 1) Воспользоваться vpn, можно воспользоваться встроенным vpn в windows. В свободном доступе имеются различные серверы, помогающие изменить IP.
- 2) Пройти регистрацию на официальном сайте openai.com.
- 3) Подтвердить электронную почту, указанную при регистрации.
- 4) Далее необходимо привязать номер мобильного телефона, той страны, чей сервер был использован при подключении vpn. Для этого можно воспользоваться услугами сайтов, которые предоставляют номера телефонов для привязки их к сервисам.

### **Анализ функционала ChatGPT**

После завершения полной регистрации предоставляется доступ к нейросети, но в бесплатной версии доступно только 10 запросов. Далее в примечании будут приведены примеры запросов от пользователей, целью которых является получение расчета оптимального пути или мат модели, с помощью которой пользователь мог бы самостоятельно произвести расчет, для робота-снегоуборщика и ответы нейросети. И на основе полученных ответов, сделаны выводы:

На сегодняшний день нейросети развиваются очень быстро и в ближайшее время они могут получить более широкое распространение, хотя и сейчас их функционал может быть очень полезен для людей, занимающихся разработкой различного ПО, дизайнов, при создании сайтов, для обучения и т.д. Но на данный момент у ChatGPT есть недостатки, не позволяющие использовать его полный функционал. Для пользователей из стран СНГ его использование невозможно без использования VPN, с которым скорость интернета очень низкая. А полученная информация не всегда полезна и корректна.

**Вывод:**

ChatGPT не предназначен для создания мат моделей, возможно такая возможность есть на более современных его версиях, но доступ к ним платный.

**Примечание:**

Запрос: как проложить путь для робота.

Ответ: Чтобы проложить путь для робота, существует несколько доступных методов.

1. Согласно theteche.com, расположение точек вдоль траектории определяет последовательность положений, через которые робот будет перемещать свое запястье.

2. Инструменты программирования роботов, такие как AUTO, могут использоваться для создания и изменения траекторий инструмента и шаблонов траекторий.

3. Динамическое программирование - это еще один метод, который может быть использован для планирования траектории движения робота, поскольку он может направить робота по оптимальному пути сразу после возникновения блокировки.

4. Datarixel предлагает систему для улучшения перемещения и планирования роботов для сканирования и/или инструментов.

5. Планирование траектории движения робота отличается от планирования траектории движения инструмента, поскольку оно фокусируется на удалении или добавлении материала к обрабатываемой детали, в то время как первое связано с поиском траектории движения робота.

Запрос: Какие алгоритмы используются для определения универсального пути.

Ответ: Чтобы использовать алгоритм Дейкстры для создания маршрута для снегоуборочного робота, нам нужно представить очищаемую область в виде графа, где каждая точка является узлом, а ребра представляют собой пути, по которым может пройти робот. Нам также необходимо присвоить ребрам веса, которые представляют собой время или усилия, необходимые для расчистки этого пути.

Получив график, мы можем применить алгоритм Дейкстры, чтобы найти кратчайший путь от начальной точки (текущего местоположения робота) до конечной точки (края очищаемой области). Алгоритм работает, поддерживая набор посещенных узлов и набор непосещенных узлов и итеративно выбирая непосещенный узел с наименьшим расстоянием от начальной точки. Расстояния обновляются по мере выполнения алгоритма, и кратчайший путь находится при посещении конечного узла.

Чтобы использовать алгоритм Дейкстры со снегоуборочным роботом, нам нужно изменить веса ребер, чтобы учесть глубину снега и другие препятствия, с которыми может столкнуться робот. Например, для расчистки пути с глубоким снегом может потребоваться больше времени и усилий, чем пути с мелким снегом, поэтому вес края, представляющего путь по глубокому снегу, должен быть выше.

В дополнение к алгоритму Дейкстры мы также можем использовать систему технического зрения (СТЗ) на основе метода триангуляции для обнаружения препятствий на пути робота.<sup>1</sup> Это может помочь роботу избежать препятствий и выбрать наиболее эффективный путь.

В целом, использование алгоритма Дейкстры и STZ может помочь оптимизировать маршрут снегоуборочного робота и повысить его эффективность при уборке снега.

УДК 656.01

## **КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ**

Исаченко Е.В.

Научный руководитель – Лебедева Г.И., к.т.н., доцент

Кулачковый механизм – механизм, образующий высшую кинематическую пару, имеющий подвижное звено, совершающее вращательное движение, — кулак (кулачок), с поверхностью переменной кривизны или имеющей форму эксцентрика,

взаимодействующей с другим подвижным звеном — толкателем, если подвижное звено совершает прямолинейное движение, или коромыслом, если подвижное звено совершает качание. Кулак, совершающий прямолинейное движение, называется копиром. Толкатель — элемент газораспределительного механизма, совершающий прямолинейное движение. В двигателях внутреннего сгорания передаёт движение от кулачков распределительного вала к клапанам. Установлено, что толкатель кулачкового механизма совершает криволинейные перемещения. Расчёт с помощью методов планов является довольно точным, но весьма громоздким и трудоёмким. Поэтому автором предпринята попытка упростить расчеты путем построения математических моделей. В качестве инструмента исследования выбран корреляционно-регрессионный анализ.

Корреляционно-регрессионный анализ широко используется при исследовании различных зависимостей между статистическими рядами. В отличие от функциональной, корреляционная зависимость не является строго определенной, так как кроме исследуемого параметра, на функцию влияют и другие факторы. Тем не менее, общая закономерность изменения функции прослеживается четко, хотя и не строго.

Парные зависимости подразделяются на линейные и нелинейные. Нелинейные зависимости лучше описывать параболой различного порядка  $y = b_0 + b_1x_i - b_2x_i^2 - \dots - b_px_i^p$ , где  $P$ – порядок параболы.

Неизвестные параметры рассчитываются по методу наименьших квадратов, сущность которого состоит в том, что сумма квадратов отклонений расчетных значений от фактических есть величина минимальная.

$$S = \sum_{i=1}^n l_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1x_i - b_2x_i^2 - \dots - b_px_i^p)^2 \rightarrow \min$$

Имеем функцию нескольких переменных.

Порядок параболы  $p$  устанавливается путем последовательного рассмотрения парабол, начиная со второго порядка. Процесс увеличения порядка параболы идет до тех пор, пока остаточная сумма квадратов не станет меньше 1 или среднеквадратическое отклонение  $S_{y.x}$  не станет наименьшим:

$$S_{y.x} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - b_0x_i - b_1x_i^2 - \dots - b_px_i^p)}{\sqrt{n-p-1}}$$

После определения коэффициентов  $b_i$  проверяется теснота криволинейной связи между  $y$  и  $x$ . Теснота криволинейной связи определяется по корреляционному отношению

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{S_{y.x}^2}{S_x^2}},$$

где

$$S_y^2 = \frac{1}{n-p-1} \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_i - \dots - b_p x_i^p)^2.$$

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2.$$

Чем ближе  $\eta$  к единице, тем теснее криволинейная связь между исследуемыми случайными величинами. Если  $\eta = 0$ , то между  $y$  и  $x$  корреляционная связь отсутствует.

Для проверки согласованности полученных зависимостей с данными эксперимента используется *статистика Стьюдента  $t$* . Для этого вычисляем значение  $t$ :

$$t = \frac{\eta \sqrt{n-2}}{1 - \eta^2}$$

и сравниваем его с табличным значением  $t_{a,n-p-1}$ .

Если вычисленное значение:

$$t < t_{a,n-p-1},$$

Где  $t_{a,n-p-1}$  – табличное значение статистики Стьюдента, то корреляционная связь между рассматриваемыми  $y$  и  $x$  отсутствует. В противном случае полученная модель является согласованной с данными эксперимента и может быть рекомендована для практического применения.

Если построенное уравнение хорошо согласуется с данными эксперимента, переходим к следующему этапу - проверке значимости коэффициентов  $b_i$ . Значимость коэффициентов  $b_i$  проверяется с помощью статистики  $t'$ :

$$t' = \frac{|b_i|}{S_{b_i}},$$

где  $S_{b_i}$  – среднеквадратическое отклонение для коэффициента  $b_i$ ;

$$S_{b_i} = S_{y.x} \sqrt{c_{ii}^{-1}},$$

где  $S_{b_i}$  - элементы матрицы  $c^{-1}$ , стоящие на пересечении  $i$ -й строки и  $i$ -го столбца (диагональные элементы матрицы  $C^{-1}$ ). Если вычисленное значение  $t \geq t_{\alpha, n-p-1}$ , взятого по таблице, то коэффициент  $b_i$  – значимый.

Как отмечалось ранее, модели, полученные с помощью корреляционно-регрессионного анализа, имеют наглядное представление, легки в использовании и дают достаточно близкие к фактическим результаты.

В качестве исходных данных были взяты значения, полученные автором при использовании метода планов. В рассмотрение были включены параболы различного порядка.

$$\begin{aligned}
 S_B &= 0.001\varphi^3 - 0,439\varphi^2 + 47,54\varphi, \eta = 0,975; \\
 i_{31} &= -3E - 06\varphi^3 - 0.009\varphi^2 + 3\varphi + 74,1, \eta = 0,9; \\
 i'_{31} &= 0.001\varphi^3 - 0.460\varphi^2 + 7.996, \eta = 0,985; \\
 \Delta\omega_1 &= 0.004\varphi^3 + 0.762\varphi^2 - 19.16, \eta = 0,96; \\
 \varepsilon_1 &= 2E - 05\varphi^3 + 0,006\varphi^2 - 0,175\varphi - 46.97, \eta = 0,953; \\
 \Delta t &= -0.004\varphi^2 - 0,750\varphi + 97,92, \eta = 0,93.
 \end{aligned}$$

Все модели имеют высокое корреляционное отношение, что свидетельствует о тесной криволинейной связи.

Согласованность моделей с данными эксперимента (расчётными) проверялась с помощью  $t$ -критерия. Для всех моделей  $t_{расч.} > t_{табл.}$ , взятого при уровне значимости  $\alpha=0,05$ . Следовательно, модели хорошо согласовываются с экспериментальными данными.

Коэффициенты полученных моделей, в основном, являются значимыми. Установлено, что в модели для скорости  $S'_B = i_{31}$  коэффициент  $b_4$  является не существенным ( $t_{расч.} < t_{табл.}$ ). Следовательно, этот коэффициент можно опустить и модель станет параболой третьего порядка:

$$S'_B = i_{31} = -3E - 0,5x^3 - 0,0091x^2 + 0,2657x + 72,781.$$

Расчётные доверительные интервалы для коэффициентов полученных моделей приведены в таблице.

Таблица – Доверительные интервалы для коэффициентов уравнения регрессии

Показатель	Коэффициенты уравнений				
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$
$S_B$	41,44-42,44	(-0,76)-(-0,50)	(-0,0018)-(-0,0004)	0,000028-0,000032	0,00000006-0,00000005
$S'_B$	72,0-73,48	0,2627-0,2687	(-0,0099)-(-0,0083)	(-0,000035)-(-0,000025)	–
$S''_B$	5,0-5,22	(-0,7)-(-0,42)	(-0,0021)-(-0,0016)	(-0,000015)-(-0,000095)	0,000000035-0,000000045
$\Delta w$	(-18,09)-	1,13-1,17	0,0036-0,0040	(-0,00005)-	(-0,000000014)-

	(-16,53)			(-0,00003)	(-0,000000006)
$\varepsilon$	(-57)-(-54,96)	(-0,53)-(-0,49)	0,006-0,009	0,000005-0,000007	0,000000004-0,00000016
$\Delta t$	100,1-105,8	(-0,9)-(-0,8)	(-0,006)-(-0,004)	0,000006-0,000008	0,000000023-0,000000037

Предлагаемые модели применимы только к кулачковым механизмам. Для других механизмов нужны самостоятельные разработки. Применение указанных моделей упростит ряд сложных инженерных расчётов. Кроме того, задавая числовое значение функции, можно рассчитать значение аргумента. Полученные модели можно применять и для прогнозирования соответствующих показателей.

### *Литература*

1. Герасимович, А.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Часть 1 / А.И. Герасимович, Я.И. Матвеева. - Мн.: БПИ, 1975. - 194с.
2. Девойно, Г.Н. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / Г.Н. Девойно. - М.: Высшая школа, 1986. - 200с.
3. Лебедева, Г.И. Прикладная математика. Математическое моделирование в транспортных системах / Г.И. Лебедева, Н.А. Микулик. - Мн.: Асар, 2009. - 512с.

УДК 336.66

## **СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Блёскин А.Д.

Научный руководитель – Чепелева Т.И., к.т.н., доцент

К основным средствам или фондам относятся средства труда, многократно принимающие участие в производственном процессе. Это разнообразные средства труда, имеющие отличие друг от друга по комплексу различных признаков, подвергающиеся группировке и классификации.

В работе рассмотрены следующие вопросы: понятие и классификация основных фондов, задачи статистики, виды оценки основных фондов, определение динамики и состояния основных фондов, показатели использования основных фондов, индексный метод изучения влияния повышения фондоотдачи на рост объема продукции и услуг, проведены соответствующие исследования.

Основные фонды классифицируются:

- по назначению или характеру участия в процессе производства;
- по отраслевому признаку;
- по принадлежности;

- по степени использования;
- по видам;
- по характеру участия.

Учет основных фондов представлен бухгалтерией предприятия, а статистика, основываясь на данных бухгалтерского учета, решает задачи:

- определяет состав и объем основных фондов, и их динамику;
- определяет степень использования;
- исчисляет вооруженность труда основными средствами;
- строит баланс основных фондов и т.д.

Виды оценки основных фондов бывают:

- первоначальная;
- восстановительная;
- остаточная.

Показатели использования основных фондов базируются на исчислении среднегодовой стоимости основных фондов на определенный момент времени. Показатели, характеризующие эффективность использования основных фондов – это фондоотдача, фондоемкость, фондорентабельность, фондовооруженность.

В работе получено:

1) Объём основных производственных фондов на полной балансовой стоимости и по остаточной стоимости на конец года;

2) Показатели движения основных производственных фондов (коэффициент обновления и коэффициент выбытия);

3) Коэффициент износа и годности на конец года. А также проведены расчеты и исследования при изменении исходных данных и других параметров.

Так при увеличении полной балансовой стоимости основных производственных фондов на начало года от 2252 до 3000 (тыс. руб.), при увеличении основных производственных фондов от 204 до 250 (тыс. руб.), при увеличении стоимости основных фондов, поступивших от других предприятий от 40 до 50 (тыс. руб.), при увеличении остаточной стоимости основных фондов от 36 до 40 (тыс. руб.), получено увеличение объёма основных производственных фондов на полной балансовой стоимости от 2462,667 тыс. руб. до 3245,83 тыс. руб., по остаточной стоимости от 1486,32 тыс. руб. до 1950 тыс. руб., коэффициент обновления 8,28% и коэффициент выбытия 1,48% изменились на – 7,7% и 1,8% соответственно, а коэффициент износа 33,01% и коэффициент годности на конец года 62,99% изменились на – 40,05% и 59,95% соответственно.

Для статистического исследования использовались следующие определения:

Коэффициент обновления равен частному от деления стоимости поступивших за год новых средств на полную стоимость средств на конец периода.

Коэффициент выбытия равен частному от деления стоимости всех выбывших за период на полную стоимость средств на начало периода.

Коэффициент годности на начало (конец) периода равен частному от деления остаточной стоимости средств на начало (конец) периода на полную стоимость средств на начало периода.

Коэффициент износа на начало (конец) периода равен частному от деления суммы износа основных средств на начало (конец) периода, т.е. накопленной амортизации основных средств на полную стоимость средств на начало (конец) периода.

Проведены исследования изменения фондоотдачи как частного от деления объема произведенной продукции на среднюю стоимость основных фондов. Так при изменении средней стоимости основных фондов от 2357,33 тыс. руб. до 3123 тыс. руб. с учетом выше сказанных изменений фондоотдача увеличилась на 0.5%.

УДК 311.42

## **ФАКТОРНОЕ ВЛИЯНИЕ НА СРЕДНЕГОДОВУЮ ВЫРАБОТКУ ИЗДЕЛИЙ**

Прыгун Д.С.

Научный руководитель – Чепелева Т. И., к.т.н., доцент

Постоянно на предприятиях планируется рост производительности труда. Для этого важно начинать с анализа ее реального уровня, учитывая изменения фактического показателя производительности труда по сравнению с запланированным, изменения основных факторов, которые могут оказывать влияние на рост или снижение производительности труда. Статистический анализ производительности труда помогает выявить внутренние резервы для разработки нужных действий.

Для исследования и анализа уровня производительности труда разрабатывают систему частных, обобщающих и вспомогательных показателей и индексов. Обобщающие показатели – это среднедневная и среднечасовая выработка продукции одним рабочим, а также среднегодовая выработка продукции на одного работника в стоимостном выражении. Частные показатели – это трудоемкость производства единицы продукции определенного вида или всего объема выпуска продукции определенного вида в натуральном выражении за один человеко-день или человеко-час. Вспомогательные показатели отражают затраты времени на выполнение единицы определенного вида работ или объем выполненных работ за единицу времени.

Рассмотрим факторы, оказывающие особое влияние на годовую выработку продукции. К факторам на снижение трудоемкости продукции относятся:

- повышение технического уровня производства;
- внедрение новых технологий;
- внедрение новых материалов;
- информатизация;
- совмещение профессий и должностей;
- новая организация производства;
- новая организация управления;
- более толковое использование рабочего времени.

Факторы, влияющие на стоимостную оценку продукции:

- уменьшение потерь от брака;
- изменение уровня специализации;
- изменение структуры производства;
- введение кооперации.

Трудоемкость – это количество времени, затраченное на производство единицы продукции (показатель обратный среднечасовой выработке продукции). Общая удельная трудоемкость продукции находится в зависимости от тех же факторов, что и среднечасовая выработка работников. Трудоемкость может расти при значительном удельном весе новой для предприятия продукции либо при улучшении ее качества. Для того, чтобы добиться повышения качества, конкурентоспособности продукции, необходимы дополнительные затраты средств и труда.

Проведено исследование факторного влияния на среднемесячную и среднегодовую выработку изделий на предприятии при заданных и измененных показателях в базисном и отчетном периодах. Рассмотрены следующие показатели:  $a$  – среднечасовая выработка одного рабочего,  $b$  – средняя фактическая продолжительность рабочего дня,  $c$  – средняя фактическая продолжительность рабочего месяца,  $d$  – средняя месячная выработка одного рабочего. Рассчитаны индексы результативного фактора и абсолютные приросты показателей по выработке изделий.

При изменении фактора  $a$  в базисном периоде от 124 до 130, а в отчетном от 133 до 150 и фактора  $d$  – от 2200 до 25000 в базисном периоде и от 23998 до 27000 в отчетном периоде, получены изменения индексов результативных факторов соответственно на 0.5; 0,1; 0.2; 0.6 процентов. Для расчетов использовались следующие определения.

Пусть  $a, b, c, d$  – показатели базисного периода и  $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$  – показатели отчетного периода. Тогда влияние факторов на среднемесячную выработку можно вычислить по формулам.

Индекс результативного фактора  $a$  – по формуле:  $\frac{\bar{a}\bar{b}\bar{c}}{abc}$ .

Индекс результативного фактора  $b$  – по формуле:  $\frac{\bar{a}\bar{b}\bar{c}}{abc}$ .

Индекс результативного фактора  $c$  – по формуле:  $\frac{\bar{a}\bar{b}\bar{c}}{abc}$ .

Рассчитаны абсолютные приросты факторов и рассмотрены их изменения. Получено, что среднемесячная выработка одного рабочего в отчётном периоде по сравнению с базисным увеличилась на 2000 изделий или на 7,4%.

Расчеты показали, что за счет снижения средней фактической продолжительности рабочего дня на 2,5% средняя месячная выработка одного рабочего снизилась на 1070 изделий.

На производительность труда существенно влияют не только внедрение новой техники, информатизация, но и средняя часовая выработка изделий каждого рабочего, а также средняя продолжительность рабочего периода.

УДК 511.46

## МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЧИСЛА ПИ

Шунькевич А.В.

Научный руководитель – Карпук В.В., к.т.н., доцент

Число пи – математическая константа, представляющая собой отношение длины окружности к её диаметру. В настоящее время так и не известно кто открыл число пи, но известно, что строители Древнего Вавилона уже всю пользовались им при проектировании, на клинописных табличках, которым тысячи лет, сохранились задачи, которые предлагали решить с помощью пи, правда тогда считали, что пи равно 3, об этом свидетельствует табличка найденная в городе Сузы, который находился в 200-та километрах от Вавилона, где число пи указывалось как 3 целых  $\frac{1}{8}$ .

Длина окружности примерно в 3 раза больше длины диаметра, число пи соотносится и с площадью круга, её вычисляют как произведение числа пи на квадрат радиуса окружности. Чтобы получить такое соотношение разрежем круг вдоль диаметра на мелкие кусочки, а потом сложим из них прямоугольник, его площадь – длина помноженная на высоту, длина прямоугольника будет половина длины бывшей окружности, выходит длина это произведение числа пи на радиус окружности, высота прямоугольника – радиус, получается, что площадь прямоугольника равна произведение числа пи на квадрат радиуса окружности. Площадь единичной окружности равно просто числу пи, воспользуемся этим чуть позже.

Несложно доказать, что значение числа пи будет больше 3-х, но меньше 4-х, если начертить круг, а внутри него шестиугольник с длиной стороны 1, правильный шестиугольник можно разделить на 6 равносторонних треугольников, диаметр круга составит 2, периметр шестиугольника равен 6, а длина окружности очевидно больше, а значит число пи больше чем 6 делёное на 2, то есть больше 3-х. Опишем возле круга квадрат, периметр квадрата равен 8, а это больше длины нашей окружности, а значит число пи должно быть меньше чем 8 делёное на 2, в итоге число пи больше 3, но

меньше 4 – это выяснили тысячи лет назад, а в 250-ом году до н.э. Архимед смог продвинуться дальше, а начал он с 6-ти угольника и продолжил уже додекагоном, 12-ти угольную, равностороннюю фигуру (диаметр окружности остаётся равным 2), затем вычислил его периметр, равный 6.212, а после нашёл число пи как 6.212 делёное на 2, потом описал додекагон вокруг окружности и аналогичны методом нашёл для числа пи верхнюю границу, равной 6.431 делёное на 2. С каждым разом Архимед чертит всё большие правильные многоугольники, на 96-ти угольнике решает остановиться, теперь значения пи находятся в промежутке от 3.1408 до 3.1429, учитывая, что это было 2000 лет назад. Для практических цели даже такие значения перебор, всё, что дальше уже желание похвастаться математическим талантом. Ещё 2000 лет все учёные того времени повторяли за Архимедом, многоугольникам всё добавляли и добавляли углов, в конце 16 века учёный FrancoisViète для расчётов взял многоугольник, у которого 393216 сторон, но к концу 16 века его обошёл ирландский математик LudolphVanCeule, 20 лет он высчитывал число пи используя многоугольник с количеством сторон 2 в 62 степени и с помощью этого, он высчитал 35 знаков после запятой 3.14159265358979323846264348327950288, эти цифры увековечили на его могиле, а через 20 лет ещё один математик того времени высчитал 38 цифр после запятой, это был последний человек, который шёл таким методом вычисления.

Исаак Ньютон является прародителем ряда Тейлора, с помощью которого можно вычислить число пи. Для примера возьмём квадратный корень из 3:

$$\sqrt{3} = \sqrt{4-1} = 2\left(1 - \frac{1}{4}\right)^{\frac{1}{2}} = 2\left[1 + \frac{1}{2}\left(-\frac{1}{4}\right) + \frac{\frac{1}{2}\left(-\frac{1}{2}\right)\left(-\frac{1}{4}\right)}{2!} + \dots\right]$$

В этот период Ньютон издаёт свой трактат о методе флюксий – с помощью интеграла можно вычислить площадь фигуры, при значении X от 0 до 1.

Уравнение единичной окружности равно сумме квадратов X и Y равных 1, если выразить Y, то получим подкоренное выражение 1 минус X в квадрате – это выражение верхней полуокружности, чья площадь равна число пи делёное на 2, а половинка полуокружности равна число пи делёное на 4. Используя аналогичный ряд, что для вычисления числа корень из 3 можем разложить выражение верхней полуокружности в ряд, используя метод флюксий получаем:

$$\frac{\pi}{4} = \int_0^1 \left[1 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{1}{8}x^4 - \frac{1}{16}x^6 - \frac{5}{128}x^8 - \dots\right] dx$$

Отсюда число пи равно:

$$\pi = 4 \left[ x - \frac{1}{2} \frac{x^3}{3} - \frac{1}{8} \frac{x^4}{4} - \frac{1}{16} \frac{x^7}{7} - \frac{5}{128} \frac{x^9}{8} - \dots \right]_0^1$$

Получаем бесконечный ряд множителей и простые операции с дробями, ставим X равной 1 и высчитываем с любой нужной нам точностью. Взяв первые 4 множителя, то получим число пи равным 3.153, если брать всё больше и больше множителей, то сможем получить привычное нам число пи.

Существуют и другие формулы для вычисления числа пи, к ним относят формула Валлиса, Бэйли — Боруэйна — Плаффа, Быстросходящаяся формула ФабрисаБеллара. В начале 20 века индийский математик СринивасаРамануджан обнаружил множество новых формул для  $\pi$ , некоторые из которых стали знаменитыми из-за своей элегантности и математической глубины. Одна из этих формул — это ряд:

$$\frac{1}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{9801} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(4k)!(1103+26390k)}{(k!)^4 396^{4k}}$$

Братьями Чудновскими в 1987 году найдена похожая на неё:

$$\frac{1}{\pi} = \frac{1}{426880\sqrt{10005}} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(6k)!(13591409+545140134k)}{(3k)!(k!)^3(-640320)^{3k}}$$

Благодаря ей в 1989 году было получено 1 011 196 691 цифр десятичного разложения. Эта формула используется в программах, вычисляющих число пи на персональных компьютерах, в отличие от суперкомпьютеров, которые устанавливают современные рекорды.

И модифицированный вариант:

$$\frac{1}{\pi} = 12 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(1)^n (6n)!(13591409+545140134n)}{(n!)^3 (3n)! 640320^{\frac{3n+3}{2}}}$$

С недавних пор существует формула, которую в 1995 году впервые опубликовали Дэвид Бэйли, Питер Бэйли, СаймонПлафф, для вычисления N-го знака Пи без вычисления предыдущих:

$$\sum_0^{\infty} 16^{-k} \left( \frac{4}{8k+1} - \frac{2}{8k+4} - \frac{1}{8k+5} - \frac{1}{8k+6} \right)$$

С древнейших времён уже люди знали о числе пи, многие пытались его вычислить и разгадать его загадку, но благодаря методу Ньютона, который с вой период был как революционер, можно делать расчёты, на которые уходят считанные дни, а не занимающие десятилетия

### *Литература*

1. Число пи ( $\pi$ ) – определение и его история – Узнай что такое [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://www.uznaychtotakoe.ru/chislo-pi/> – Дата доступа: 27.04.2023.
2. Анализ сходимости рядов для вычисления числа  $\pi$  с помощью СКММАТНСАД [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://s.econf.rae.ru/pdf/2018/06/7041.pdf> – Дата доступа: 28.04.2023.

УДК 519.254

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ**

Дрень П. С. и Савин С. А.

Научный руководитель – Кленовская И .С., ст. преп.

Теория вероятностей – это одна из математических наук, изучающая закономерности случайных событий, случайных величин и случайных функций. Рассмотрим значение термина «случайный» применительно к событиям, величинам и функциям.

В энергетике, как и в других сферах жизни и деятельности человека, имеют место быть случайные события. Энергосистема объединяет огромное число устройств: генерирующих, передающих или преобразующих энергию. Работа нескольких устройств сильно отличаются от работы одного устройства и носит случайный характер. Например, устройство в случайном порядке может быть включенным так и не включенным, могут иметь разный режим работы и т. д. Все эти случайные события по генерации, передаче и потреблению энергии дают энергосистеме в общем и целом случайный характер. Случайными событиями также считаются любые повреждения или аварии отдельных элементов. Суммируя все выше сказанное, основные условия работы систем, такие как величины, отвечающие за спрос мощности в энергосистеме и мощности для компенсации спроса, определяются случайными событиями. Исходя из этого, зная вероятностные характеристики этих событий, можно определить значения спроса и генерации электроэнергии.

Существует два способа определения случайных событий: классический и статистический.

Классический – подсчет вероятности, применяется только в том, случае если событие образует пары так называемых несовместимых и равновероятных событий. В том случае если события образуют такую группу пар, то их называют случаями. Это означает, что минимум одно событие из этих пар произойдет обязательно. Также, из-за того, что все

события из этой группы пар имеют равную вероятность, одновременно два события возникнут не могут, но это допущение не всегда выходит доказать. Из-за этого в энергетике, приходится применять только статическое определение вероятности.

Статический метод основывается на статических материалах. Что такое статические материалы? Во время исследования того или иного явления мы прибегаем к наблюдениям или проводим опыты. Через определенное время мы можем наблюдать, что результаты колеблются вокруг одной величины, вот она и называется статической вероятностью данного случайного события. Опять же, чтобы получить достаточную точность исследования необходимо произвести как можно больше опытов и наблюдать достаточно большой промежуток времени. В противном случае, при отсутствии статических материалов или недостаточной продолжительности опыта, статическую вероятность выявить невозможно. Отсюда следуют неоднократно упомянутое утверждение: не имея достаточного количества данных применение на практике полученных выводов невозможно.

Виды случайных событий обозначаются заглавными буквами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ; достоверное событие –  $U$ , а невозможные –  $V$ .

Рассмотрим символические связи случайных событий.

1)  $A \cap B$ . Событие  $B$  содержит  $A$  это означает если событие  $A$  происходит, то происходит и событие  $B$ ;

2)  $A = B$  событие  $A$  происходит, если происходит  $B$ , и наоборот. Эта связь объединяет в себе две связи  $A \cap B$  и  $B \cap A$ ;

3)  $AB$  события происходят одновременно;

4)  $A - B$  событие  $A$  происходит,  $B$  – нет;

5)  $A - X$ .  $X$  – событие противоположное  $A$ ;

6)  $A + B$ . происходит хотя бы одно событие или два одновременно.

Зачастую нам приходится изучать вероятности на основе сложных случайных событий, которые в свою очередь состоят из более простых. Определение сложной вероятности из более простых помогают произвести законы вероятности сложных событий. Их можно сформулировать так:

1) Возникновение хотя бы одного из двух случайных независимых, несовместимых событий  $A$  и  $B$  является суммой вероятностей данных событий.

$$P(A+B) = P(A) + P(B)$$

2) Для одного из двух независимых и совместимых случайных событий.

$$P(A+B) = P(A) + P(B);$$

3) Одновременное возникновение двух несовместимых событий.

$$P(AB) = 0;$$

4) Вероятность возникновения совместимых и независимых событий.

$$P(AB) = P(A)P(B);$$

5) Сумма вероятностей противоположных событий:

$$P(A) + P(\bar{A}) = 1.$$

Рассмотрим применение данных законов в энергетике.

Аварийные повреждения оборудования – это случайные события. При большом числе устройств в электростанции неисправность одного элемента может привести к выходу из строя всей системы. Появляется задача по определению вероятности выхода из строя двух или более элементов системы. В некоторых случаях стоит определить вероятность отсутствия повреждений в энергосистеме. Эти задачи возникают при выборе наилучшего способа обеспечения надежности энергосистемы.

Во всех случаях неисправности оборудования воспринимаются как независимые, совместимые случайные события. Вероятность появления каждого из них можно определить на основе статической вероятности в результате продолжительных наблюдений. Рассмотрим пример.

Определить вероятность аварийного повреждения энергетического блока, представляющего собой последовательное соединение парового котла с турбиной и электрогенератором. Турбина получает пар от парового котла. Генератор расположен на одном валу с турбиной, т. е. использует всю ее мощность. Вероятности повреждения отдельных элементов блока известны: для котла  $q_k = 0,02$ ; турбины  $q_t = 0,01$ ;  $q_g$  для котла, турбины и генератора соответственно.

Очевидно, что аварийный выход из работы всего блока может иметь место при повреждении хотя бы одного из трех указанных элементов блока. Так как неповреждение является случайным событием, противоположным повреждению, то вероятности неповреждения элементов блока.

$$p_k = 1 - 0,02 = 0,98; p_t = 1 - 0,01 = 0,99; p_g = 1 - 0,001 = 0,999.$$

Найдем вероятность того, что все элементы блока не повреждены. Так как аварийность элементов можно считать независимыми друг от друга, то вероятность того, что все три элемента не повреждены, т. е. вероятность работы блока.

$$p_{бл} = p_k \cdot p_t \cdot p_g = 0,98 \cdot 0,99 \cdot 0,999 = 0,9692298.$$

Повреждение блока по любой причине является событием, противоположным по отношению к неповреждению блока, поэтому вероятность повреждения блока

$$q_{\text{бл}} = 1 - 0,9692298 = 0,0307702$$

Таким образом вероятность поломки блока составляет 0,0307702.

Из всего выше перечисленного можно сделать вывод, что элементы теории вероятности применяются во всех сферах жизни человека, а в частности в энергетике. Она помогает при проектировке и эксплуатации различных объектов системы. Теория вероятности является основой для дисциплины «теория надежности» которую изучают на энергетических кафедрах.

#### *Литература*

1. Студенческий портал Studfiles: [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/7798227/#2>. (Дата обращения: 14.04.2023).

УДК 519.177

### ПОСТРОЕНИЕ МАРШРУТОВ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНЫ В ГРАФЕ ПО МАТРИЦЕ СМЕЖНОСТИ

Ханяк Е.Д.

Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент

Целью научной работы является анализ инфраструктуры городского транспорта и определение всех возможных путей выбранной длины, количество которых будет определяться при помощи возведения в степень матрицы смежности.

Пусть дан ориентированный невзвешенный граф  $G$  с  $n$  вершинами, и число ребер  $l$ . Требуется для каждой пары вершин  $i$  и  $j$  найти количество путей, состоящих ровно из  $l$  ребер и представить в виде маршрутов. При этом в пути могут повторяться вершины сколько угодно раз. Граф задан матрицей смежности  $M(G)$  и изображен на рис. 1.

$$M(G) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

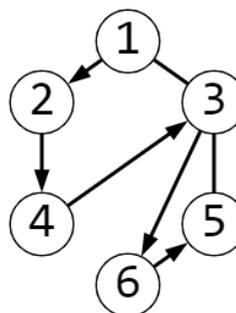


Рис. 1. Визуальное представление рассматриваемого графа

Очевидно, что данная матрица показывает количество путей для длины  $l = 1$ . Представим, что требуется определить маршруты, где число ребер  $l=2$ . В таком случае, для определения количества путей из  $i$  в  $j$  необходима такая вершина, которая будет смежной для  $i$  и при этом  $j$  будет смежной вершиной для данной. Обозначим через  $A_l$  найденную матрицу ответов,  $A_{l+1}$  — матрица ответов, которую надо найти. Тогда будет верна формула:

$$(a_{l+1})_{ij} = \sum_{k=1}^n (a_l)_{ik} \cdot m_{kj}$$

Из данной формулы можно увидеть, что это произведение матриц, т.е.:

$$A_{l+1} = A_l \cdot M ; A_l = \underbrace{M \cdot M \cdot \dots \cdot M}_{l \text{ раз}} = M^l$$

Для более эффективного нахождения количества путей длины 2 в программе реализован алгоритм бинарного возведения в степень (рис. 2), реализованный при помощи языка программирования C++.

```
vector <vector <int>> multiplication(vector <vector <int>> a, vector <vector <int>> b) {
    vector <vector <int>> c(n, value: vector <int>(n));
    for (int i = 0; i < n; i++)
        for (int j = 0; j < n; j++) {
            c[i][j] = 0;
            for (int k = 0; k < n; k++)
                c[i][j] += a[i][k] * b[k][j];
        }
    return c;
}

vector <vector <int>> bin_power(vector <vector <int>> a, int x) {
    if (x == 1) {
        return a;
    } else if (x % 2 == 0) {
        vector <vector <int>> b = bin_power(a, x / 2);
        return multiplication(a, b);
    } else {
        vector <vector <int>> b = bin_power(a, x - 1);
        return multiplication(a, b);
    }
}
```

Рис. 2. Фрагмент программы (бинарное возведение в степень)

Для вывода всех путей с количеством ребер  $l$  в программе реализован алгоритм поиска в глубину с настраиваемой глубиной и «массивом предков».

Поиск в глубину — один из способов обхода графа. Его суть заключается в том, чтобы идти «вглубь» графа пока это возможно. Как только идти становится невозможно, алгоритм возвращается к ближайшей вершине с инцидентным неиспользованным ребром, и продолжает путь уже через это ребро.

Пусть входными данными для программы будет граф  $G$  (рис. 1) и количество ребер  $l=2$ . Тогда выходными данными будут матрица  $A$  и список всех путей, подходящих под условие входных данных.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Общее количество путей  $1+1+1+1+1+1+2+1+1+1+1+1+1+1=16$ . Каждый из них изображен на рис. 3.

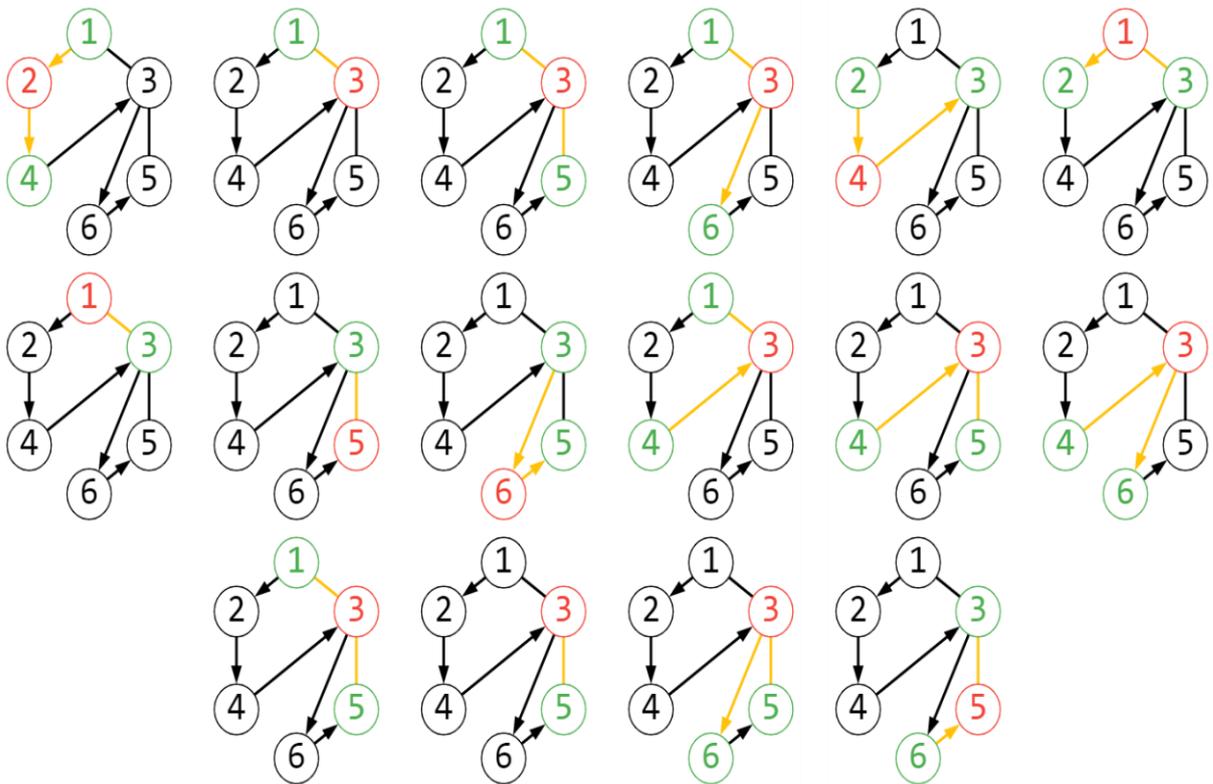


Рис. 3. Все возможные маршруты с количеством ребер  $l = 2$

Так, например, на первом графе на Рис. 3 изображена схема с маршрутом  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4$ , на втором  $1 \rightarrow 3 \rightarrow 1$  и т.д.

Программа также способна работать с более длинными маршрутами (3, 4 и т.д.).

Таким образом, удалось реализовать построение маршрутов различной длины в графе по матрице смежности, при помощи программы, написанной

на языке программирования C++, в которой реализованы поиск в глубину и бинарное возведение матрицы в степень.

Практическая ценность исследований заключается в возможности применения математической модели в реальных задачах, где требуется многократное движение по выбранным точкам.

УДК 12.345.67

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМЕ MATHCAD

Мордвинцев К.С.

Научный руководитель – Рудый А.Н., канд.физ.-мат.н., доцент

В работе проводится анализ различных алгоритмов аппроксимации данных на примере конечного потребления природного газа как топливно-энергетического ресурса.

При измерении каких-либо величин иногда возникает проблема в определении функции, по которой они распределены, а также их коэффициенты. Так же с помощью аппроксимации данных появляется возможность спрогнозировать дальнейшее поведение измеряемой величины. В качестве исходных данных рассмотрим конечное потребление природного газа (включая попутный). Данные приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Конечное потребление природного газа.

Год	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Объём, м <sup>3</sup>	4257	3845	3992	4033	4060	3914	3738

Для аппроксимации воспользуемся несколькими методами в среде Mathcad. Изначально предположим, что данная зависимость является квадратной.

### Метод обратной матрицы.

При вычислении производных от суммы квадратов отклонений искомой функции относительно начальных данных получается система уравнений. Для решения данной системы используется метод обратной матрицы:

$n := 6$  - количество обрабатываемых данных     $k := 0..n$   
 $m := 3$  - высшая степень полинома     $i := 0..m$  - номер столбца в системе уравнений  
 $j := 0..m$  - номер строки в системе уравнений

$$A_{k,j} := \sum_k (x_k)^{i+j} \quad B_j := \sum_k [(x_k)^j f_k] \quad C := A^{-1}B$$

$$Poly(x) := \sum_i (C_i x^i) \quad \text{- искомая функция}$$

$$C = \begin{pmatrix} 9504.405 \\ -2547.194 \\ 378.94 \\ -18.222 \end{pmatrix} \quad Q := \sqrt{\frac{\sum_k (f_k - Poly(x_k))^2}{\sqrt{n+1}}} = 64.464 \quad \text{- среднее квадратичное отклонение}$$

$$R := \text{corr}(f, Poly(x))^2 = 0.826 \quad \text{- коэффициент детерминации}$$

### Функция Minimize.

Данная функция меняет значения аргументов, начиная от заданных значений, так, чтобы значение функции, а в данном случае это сумма квадратов отклонений, была минимальная при заданной функции. Данная функция производит расчеты по алгоритму решения KNITRO.

Так же используется градиентный метод поиска, который заключается в том, что для начальных данных находятся все локальные значения, а после выбирается наименьший из них и считается все в данной точке.

$$\text{fun}(x, a, b, c, d) := a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3 \quad \Sigma(a, b, c, d) := \sum_{i=\text{ORIGIN}}^{\text{last}(x)} (f_i - \text{fun}(x_i, a, b, c, d))^2$$

$a := 0$     $b := 0$     $c := 0$     $d := 0$  - начальные приближения

$$(a, b, c, d) := \text{Minimize}(\Sigma, a, b, c, d) \quad a = 8813.479 \quad b = -2225.148 \quad c = 331.583 \quad d = -16.006$$

$$Q := \sqrt{\frac{\sum_k (f_k - \text{fun}(x_k, a, b, c, d))^2}{\sqrt{n+1}}} = 65.694 \quad R := \text{corr}(f, \text{fun}(x, a, b, c, d))^2 = 0.822$$

### Функция linfit.

С помощью данной функции реализуется линейная регрессия общего вида.

$$F(x) := \text{stack}(1, x, x^2, x^3) \quad S := \text{linfit}(x, f, F) = \begin{pmatrix} 9504.405 \\ -2547.194 \\ 378.94 \\ -18.222 \end{pmatrix}$$

$$LF(x) := S \cdot F(x)$$

$$Q := \sqrt{\frac{\sum_k (f_k - LF(x_k))^2}{\sqrt{n+1}}} = 64.464 \quad R := \text{corr}(f, LF(x))^2 = 0.826$$

Графики полученных аппроксимаций с начальными точками представлен на рисунке 1.

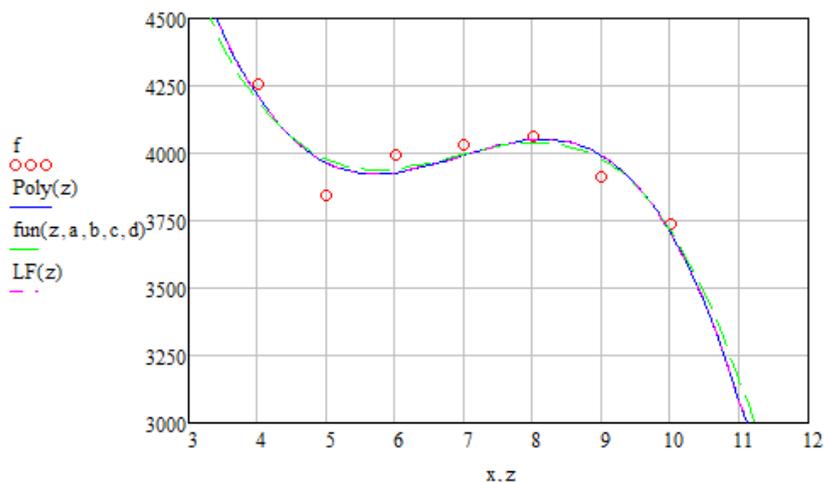


Рис. 1. Начальные данные и функции, полученные после аппроксимации

Из рисунка 1 видно, что в методе обратной матрицы и функции `linfit` значения коэффициентов совпадают, а у функции `minimize` отличны, но очень близки к ним.

### Прогнозирование.

Исходя из полученных аппроксимаций можно спрогнозировать дальнейшее потребление природного газа. Видно, что в данный момент идет снижение потребления. Это связано с тем, что в некоторых местах можно сократить потребление газа за счет местных видов топлива. Так же была запущена БелАЭС.

### Удобность в применении.

При использовании метода **обратной матрицы** можно получить только полиномиальную функцию. Так же запись данного метода слегка громоздка.

При применении функции **Minimize** уже можно задавать различные функции, например добавить логарифм или экспоненту. Но в случае увеличения количества коэффициентов требуется их добавить во все формулы в расчете.

В функции **linfit** так же присутствует возможность задания любой функции. И в отличие от **Minimize** не требует лишних затрат на изменение алгоритма решения.

Таким образом, для аппроксимации данных и дальнейшего прогнозирования удобнее всего использовать функцию **linfit**.

При прогнозировании дальнейшего использования природного газа было получено, что его объемы будут уменьшаться.

### Литература

1. Макаров Е.Г. Mathcad: Учебный курс (+CD). – СПб.: Питер, 2009. – 384 с.: ил.
2. Энергетический баланс Республики Беларусь: статистический сборник [Электронный ресурс] / Под ред. И.В. Медведевой – 2019. – Режим доступа: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_39984/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_39984/) (20.04.2023).
3. Энергетический баланс Республики Беларусь: статистический сборник [Электронный ресурс] / Под ред. И.В. Медведевой – 2019. – Режим доступа: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_7863/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_7863/) (20.04.2023).

УДК 12.345.67

## ЭРГОДИЧЕСКИЕ МАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Латышенко К.Е.

Научные руководители – Рудый А.Н., к.ф.-м.н., доцент,  
Бань Л.В., старший преподаватель

Рассмотрим случайный процесс с дискретными состояниями. И пусть переход из состояния в состояние происходит под воздействием простейшего потока событий- Марковский случайный процесс. Подобные процессы возникают при решении многих технических и экономических задач.

Нами исследовалась работа заправочной станции с двумя каналами обслуживания, при этом число машин в очереди, если каналы заняты- не больше трех. Пусть  $\lambda$  – интенсивность приезда машин на станцию и  $\mu$  – интенсивность заправки машины. Данная система имеет 6 состояний:

$S_1$  – 2 канала обслуживания свободно.

$S_2$  – 1 канал обслуживания занят.

$S_3$  – 2 канала обслуживания занято, очередь не образовалась.

$S_4$  – 2 канала обслуживания занято, 1 машина в очереди.

$S_5$  – 2 канала обслуживания занято, 2 машины в очереди.

$S_6$  – 2 канала обслуживания занято, 3 машины в очереди.

Построим граф рассматриваемой системы:

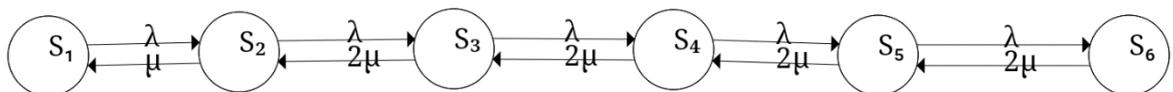


Рис.1. Граф системы

Пусть  $p_i(t)$  - вероятность того, что в момент времени  $t$  система находится в  $i$ -ом состоянии,  $i=1, \dots, 6$ . Так как из любого состояния можно перейти в любое другое за конечное число шагов, то процесс-эргодический. Составим систему балансовых уравнений согласно приведённому графу:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_1(t)}{dt} = -(\lambda)p_1(t) + \mu p_2(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda p_1(t) - (\mu + \lambda)p_2(t) + 2\mu p_3(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda p_2(t) - (2\mu + \lambda)p_3(t) + 2\mu p_4(t) \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda p_3(t) - (2\mu + \lambda)p_4(t) + 2\mu p_5(t) \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = \lambda p_4(t) - (2\mu + \lambda)p_5(t) + 2\mu p_6(t) \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = \lambda p_5(t) - 2\mu p_6(t) \end{array} \right.$$

Будем считать, что в начальный момент система находилась в состоянии  $s_1$ , пусть  $\lambda=1$  маш/мин и  $\mu=1/3$  маш/мин. Тогда решая систему в пакете MathCAD и получаем графики вероятностей:

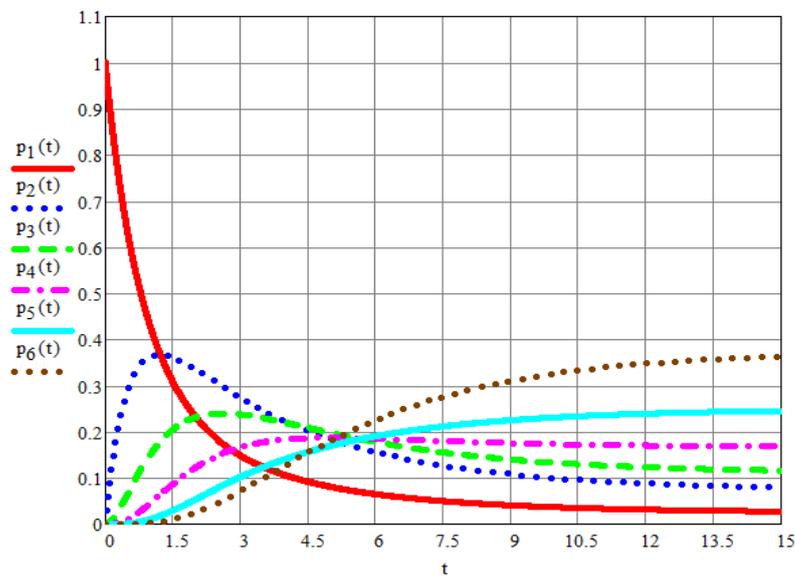


Рис.2. Графики вероятностей

Составим систему уравнений для финальных вероятностей:

$$\begin{cases} 0 = -(\lambda)q_1 + \mu q_2 \\ 0 = \lambda q_1 - (\mu + \lambda)q_2 + 2\mu q_3 \\ 0 = \lambda q_2 - (2\mu + \lambda)q_3 + 2\mu q_4 \\ 0 = \lambda q_3 - (2\mu + \lambda)q_4 + 2\mu q_5 \\ 0 = \lambda q_4 - (2\mu + \lambda)q_5 + 2\mu q_6 \\ 0 = \lambda q_5 - 2\mu q_6 \\ q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 = 1 \end{cases}$$

Решим данную систему в пакете MathCADи получаем такой вектор финальных вероятностей:

$$\vec{q} = (0.025, 0.074, 0.111, 0.166, 0.25, 0.374)$$

Как видно, довольно большая вероятность, что машине будет отказано в заправке. Поэтому можно порекомендовать владельцу либо увеличить длину очереди, либо увеличить число каналов обслуживания.

#### *Литература*

1. Рудый, А.Н. Элементы математической теории надежности : конспект лекций / А. Н. Рудый. – Минск : БНТУ, 2014. – 130 с.
2. Половко, А. М. Основы теории надёжности / А. М. Половко, С. В. Гуров – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
2. Половко, А. М. Основы теории надёжности / А. М. Половко, С. В. Гуров – СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
3. Плескунов, М.А. Теория массового обслуживания / М.А.Плескунов-Екатеринбург:Изд.Уральского Университета, 2022.

УДК 005.5:51

## **ЭКСТРЕМУМЫ ФУНКЦИИ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ**

Щеклеина В.П.

Научный руководитель – Бричикова А.П., ассистент

Получение наибольшей выгоды – это основная задача любого предприятия вне зависимости от периода времени или рода деятельности предприятия. Для этого необходимо произвести расчеты, которые покажут при каких условиях можно получить максимальный доход и минимизировать расходы. Для таких расчетов используется теория экстремумов нескольких переменных.

Задача настоящей работы состоит в том, чтобы показать, как теория экстремумов двух переменных применяется в экономических приложениях. План работы: в задаче 1 рассматривается нахождение локального экстремума, в задачах 2 и 3 используется теория условных экстремумов (задача максимизации и минимизации соответственно).

Дополнительно, будем работать в предположениях, что значения количества товаров и ресурсов являются положительными, т. е.  $x, y > 0$ .

**Задача1.** Найти значения величин используемых ресурсов  $(x, y)$ , при которых фирма-производитель получит максимальную прибыль, если заданы производственная функция  $K(x, y) = 30\sqrt{x}\sqrt[3]{y}$  и цены  $p_1=4$ ,  $p_2=1/48$  на единицу первого и второго ресурсов.

Решение.

1. Составим функцию прибыли, которая зависит от количества произведенных товаров и затрат на их производство:

$$F(x, y) = K(x, y) - (p_1x + p_2y) = 30\sqrt{x}\sqrt[3]{y} - (4x + \frac{y}{48}).$$

2. Найдем частные производные функции прибыли:

$$F'_x = \frac{30\sqrt[3]{y}}{2\sqrt{x}} - 4; \quad F'_y = \frac{30\sqrt{x}}{3\sqrt[3]{y^2}} - \frac{1}{48}.$$

3. Найдем критические точки функции из системы:  $F'_x = 0$ ,  $F'_y = 0$ , откуда  $x=6750^2$  и  $y=1800^3$ , т. е. имеется одна критическая точка  $(6750^2; 1800^3)$ .

4. Находим значения частных производных второго порядка в критической точке:  $F''_{xx} = -\frac{15 \cdot 900}{6750^3} = A$ ;  $F''_{xy} = F''_{yx} = \frac{1}{1350 \cdot 1800^2} = B$ ;  $F''_{yy} = \frac{45000}{1800^5} = C$ .

5. Проверяем выполнение достаточного условия экстремума:

$A < 0, \Delta = \begin{vmatrix} A & B \\ B & C \end{vmatrix} = AC - B^2 > 0$ , следовательно, точка  $(6750^2; 1800^3)$  есть точка максимума.

Ответ. Необходимо произвести 45562500 товаров первого вида и 5832000000 товаров второго вида для получения максимальной прибыли.

**Задача2.** Фабрика выпускает два вида товара в объеме  $x$  и  $y$  соответственно. От реализации единицы товара  $x$  фабрика получает 128 у.е., а от единицы товара  $y$  – 120 у.е. Функция издержек имеет вид  $TC(x, y) = 4x^2 + y^2$ . Сколько единиц товара каждого вида нужно производить, чтобы доход был максимальным, если на все издержки выделено 1156 у.е.? Найдите максимальное значение дохода.

Решение.

1. Составим функцию дохода и уравнение связи:

$$F(x, y) = 128x + 120y; \quad 4x^2 + y^2 = 1156.$$

2. Составим функцию Лагранжа:

$$L(x, y, \lambda) = 128x + 120y + \lambda(4x^2 + y^2 - 1156).$$

3. Найдем частные производные:

$$L'_x = 128 + 8\lambda x; L'_y = 120 + 2\lambda y; L'_\lambda = 4x^2 + y^2 - 1156.$$

4. Приравнявая частные производные первого порядка к нулю, находим критическую точку:

$$\begin{cases} x = 8 \\ y = 30. \\ \lambda = -2 \end{cases}$$

5. Проверяем достаточное условие, и для этого находим производные второго порядка, составляем второй дифференциал.

$$L''_{xx} = 8\lambda; L''_{xy} = L''_{yx} = 0; L''_{yy} = 2\lambda$$
$$d^2L = L''_{xx}dx^2 + 2L''_{xy}dxdy + L''_{yy}dy^2$$

$$d^2L = -16dx^2 - 4dy^2$$

Так как  $d^2L < 0$ , то точка (8, 30) – точка условного максимума.

Ответ. Для получения максимального дохода, равного 4624 у.е., необходимо производить 8 единиц первого товара и 30 единиц второго товара.

**Задача 3.** Фирма реализует автомобили двумя способами: через оптовую и розничную торговлю. При реализации  $x$  автомобилей в розницу расходы на реализацию составляют  $150x + 2x^2 + x^3$  у.е., а при продаже  $y$  автомобилей оптом –  $y^3 - 94y$  у.е. Найти оптимальный способ реализации автомобилей, минимизирующий суммарные расходы, если общее число предназначенных для продажи автомобилей составляет 60 шт.

Решение.

1. Составим функцию суммарных расходов и уравнение связи:

$$F(x, y) = 150x + 2x^2 + x^3 + y^3 - 94y; \quad x + y = 60.$$

2. Составим функцию Лагранжа:  $L(x, y, \lambda) = 150x + 2x^2 + x^3 + y^3 - 94y + \lambda(x + y - 60)$ .

3. Приравнявая к нулю частные производные функции Лагранжа, получим следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} 150 + 4x + 3x^2 + \lambda = 0 \\ 3y^2 - 94 + \lambda = 0 \\ x + y - 60 = 0 \end{cases} .$$

Решением этой системы будет  $x=29$ ,  $y=31$ ,  $\lambda=-2789$ .

4. Далее найдем частные производные второго порядка:

$$L''_{xx} = 4 + 6x; \quad L''_{xy} = L''_{yx} = 0; \quad L''_{yy} = 6y.$$

5. Получим значения частных производных второго порядка в критической точке и проверим достаточное условие существования экстремума:

$$L''_{xx} = 178; \quad L''_{xy} = L''_{yx} = 0; \quad L''_{yy} = 186$$

$$d^2L = L''_{xx} dx^2 + 2L''_{xy} dx dy + L''_{yy} dy^2 = 178dx^2 + 186dy^2 > 0,$$

Следовательно,  $(29; 31)$  является точкой условного минимума.

Ответ. Для минимизации расходов необходимо реализовать 29 автомобилей в розницу и 31 автомобиль – оптом.

### *Литература*

1. Кремер Н. Ш. Высшая математика для экономистов: Практикум для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям / Н. Ш. Кремер и др. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007.

УДК 621.311

## ПОСЛЕДНЯЯ ТЕОРЕМА ФЕРМА

Мисюля Д. Я.

Научный руководитель – Марченко Н. И., ст. пр.

Самая известная заметка, когда-либо оставленная в книге, вполне может звучать так: «У меня есть поистине чудесная демонстрация этого утверждения, которое слишком узко для того, чтобы вместить его на этих полях».

В 1630-х годах французский математик Пьер де Ферма сделал набросок этого непритязательного утверждения, на основании которого формируется теорема. Условие данной теоремы формулируется просто, однако доказательство теоремы искали многие математики более трёхсот лет.

Теорема утверждает, что выражение:

$$a^n + b^n = c^n$$

не имеет положительных целых решений для  $a, b, c$  и для любого целого числа  $n \geq 3$ .

Встречается и другой вариант формулировки, утверждающий, что это уравнение не имеет натуральных решений. Тем не менее очевидно, что если существует решение для целых чисел, то существует и решение в натуральных числах. Пусть  $a, b, c$  – целые числа, дающие решение уравнения Ферма. Если  $n$  чётно, то  $|a|, |b|, |c|$  тоже будут решением, а если нечётно, то перенесём все степени отрицательных значений в другую часть уравнения, изменив знак. Например, если бы существовало решение уравнения  $a^3 + b^3 = c^3$  и при этом  $a$  отрицательно, а прочие положительны, то  $b^3 = c^3 + (-a)^3$  и получаем натуральные решения  $c, |a|, b$ . Поэтому обе формулировки эквивалентны. Обобщениями утверждения теоремы Ферма являются опровергнутая гипотеза Эйлера и открытая гипотеза Ландера – Паркина – Селфриджа.

В общем виде теорема была сформулирована Пьером Ферма в 1637 году на полях «Арифметики» Диофанта. Дело в том, что Ферма делал свои пометки на полях читаемых математических трактатов и там же формулировал пришедшие на ум задачи и теоремы.

Эйлер в 1770 году доказал теорему для  $n = 3$ , Дирихле и Лежандр в 1825 для  $n = 5$ , Ламе – для  $n = 7$ . Куммер показал, что теорема верна для всех простых  $n$ , Меньших 100, за возможным исключением т. н. иррегулярных простых 37, 59, 67.

Над полным доказательством теоремы работало немало выдающихся математиков. Тем не менее, эти усилия привели к получению многих важных результатов современной теории чисел. Давид Гильберт в своём докладе «Математические проблемы» так отозвался об этой проблеме: «Проблема доказательства этой неразрешимости являет разительный пример того, какое побуждающее влияние на науку может оказать специальная и на первый взгляд малозначительная проблема. Ибо, побуждённый задачей Ферма, Куммер пришёл к введению идеальных чисел и к открытию теоремы об однозначном разложении чисел в круговых полях на идеальные простые множители – теоремы, которая теперь является центральной в современной теории чисел и значение которой выходит далеко за пределы теории чисел в область алгебры и теории функций».

В 1980-х годах появился новый подход к решению проблемы. Из гипотезы Морделла, доказанной Фальтингсом в 1983 году, следует, что уравнение  $a^n + b^n = c^n$  при  $n > 2$  может иметь лишь конечное число взаимно простых решений.

Последний, но самый важный, шаг в доказательстве теоремы был сделан Эндрю Уайлсом из Принстонского университета в сентябре 1994 года. Его доказательство было опубликовано в журнале «Annals of Mathematics».

В своём доказательстве Уайлс использовал метод противоречия который предполагает, что теорема Ферма ложна. Это означает что существуют

ненулевые решения для  $a, b, c$  и для  $n > 2$ , что дает нам эллиптическую кривую:

$$y^2 = x(x - a^n)(x + b^n)$$

Учитывая два вышеуказанных условия, теперь данная эллиптическая кривая не имеет связанной модулярной формы, однако Уайлс доказал, что все эллиптические кривые имеют некоторые связанные модулярные формы, что приводит к противоречию.

Эллиптические кривые, могут быть представлены в виде:

$$y^2 = g(x) \rightarrow \text{cubic polynomial}$$

Теперь, если построить график этого уравнения, мы получим 4 различных типа узлов, но учитывая текущую ситуацию нам нужно избегать тех узлов, которые имеют острые точки, а это третий и четвертый узел. Оставшиеся узлы – это особый тип кривых, называемых модулярными.

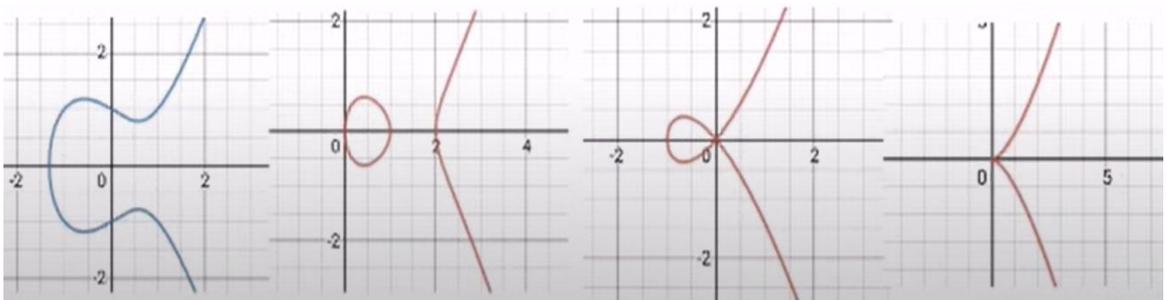


Рис. 8. Графики эллиптических кривых.

Функция называется модулярной, если она определяется следующим выражением:

$$f(x) \rightarrow \text{modular}$$

$$f\left(\frac{az + b}{cz + d}\right) = (cz + d)^k f(z)$$

Здесь  $f(x)$  является голоморфной функцией. Таким образом каждая точка в окрестности точки поля является аналитической и здесь матрица принадлежит множеству матриц два на два с целыми числами с конечными элементами и определителем 1:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \in SL_2(\mathbb{Z})$$

Так же  $z$  лежит в верхней половине аргонвой плоскости которая означает, что:

$$\text{Im}(z) > 0 \quad K \rightarrow \text{positive integer}$$

Далее рассматривается поле алгебраических чисел  $\bar{Q}$  – это представления Галуа, под которыми понимают автоморфизмы в  $\bar{Q}$ , которые с этого мента будут использовать это конкретное обозначение:

$$G_Q = \text{Gal}(\bar{Q}/Q)$$

На самом деле это означает что представление Галуа работает с точками кручения  $P$  кривой, которая является эллиптической:

$$\rho(E, p) \rightarrow p \text{ torsion points on } E$$

Таким образом Уайлс, основываясь на приведенных выше условиях, приводит большой контуру доказательств и находит, что каждая эллиптическая кривая модулярна, что дает нам требуемое противоречие и доказывает, что теорема верна.

Первый вариант своего доказательства Уайлс опубликовал в 1993 году (после 7 лет напряжённой работы), но в нём вскоре был обнаружен серьёзный пробел, который с помощью Ричарда Лоуренса Тейлора удалось достаточно быстро устранить. В 1995 году был опубликован завершающий вариант.

#### *Литература*

1. Постников, М. М. Введение в теорию алгебраических чисел / М. М. Постников. – М.: Наука, 1982. – 240 с.
2. Рибенбойм, П. Последняя теорема Ферма для любителей / П. Рибенбойм. – М.: Мир, 2003. – 429 с.
3. Эдвардс, Г. Последняя теорема Ферма / Г. Эдвардс. – М.: Мир, 1980. – 477 с.
4. Donald C. Benson. The Moment of Proof: Mathematical Epiphanies / Benson C. Donald. – Oxford University Press, 1999. – 352 p.
5. Faltings, Gerd (1995). The Proof of Fermat's last theorem by R. Taylor and A. Wiles, Notices of the AMS (42) (7), 743 – 746.
6. Fermat's last theorem. The history of the problem [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Fermat%27s\\_last\\_theorem.html](http://www-gap.dcs.st-and.ac.uk/~history/HistTopics/Fermat%27s_last_theorem.html) – Дата доступа: 30.04.2023

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПЛОСКИХ ЛИНЗ В СИСТЕМЕ MATLAB

Огородник И.В.

Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент

В данной работе рассматривается модель обработки плоских линз, основанная на некоторых допущениях. Модель состоит из двух основных компонентов: обрабатываемой детали и инструмента. Рассматриваемая модель предусматривает одновременную обработку только одной детали, однако данный подход можно обобщить на процесс обработки блочных линз.

Геометрическая модель процесса, представленная на Рис. 1, создана в среде Matlab путем решения разработанных уравнений зависимости параметров системы от времени и последующей визуализацией полученных данных.

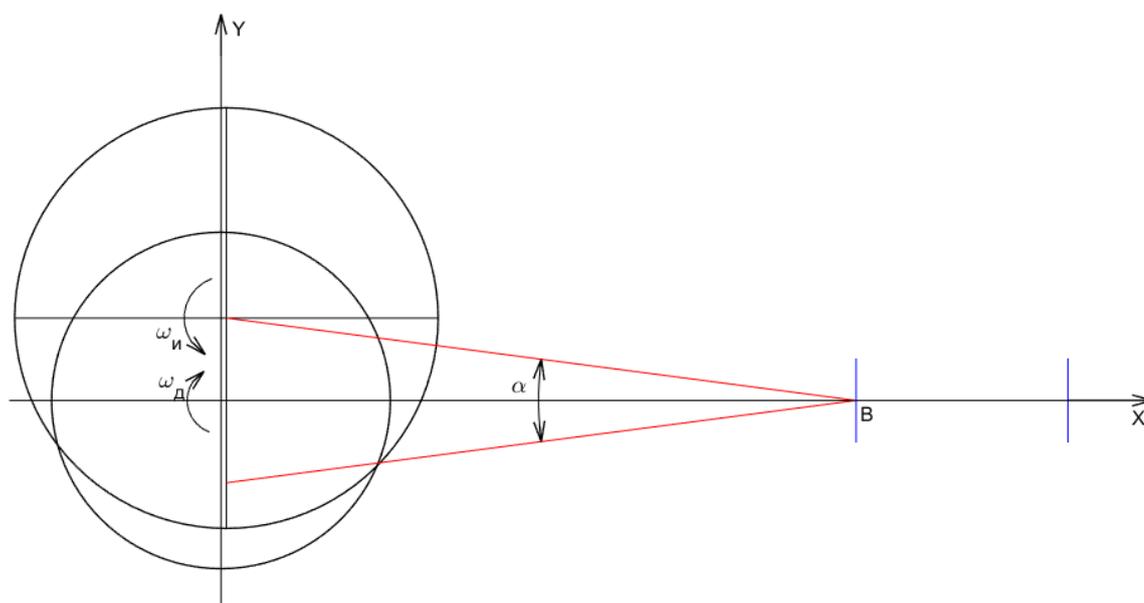


Рис. 1. Вид сверху на обрабатываемую деталь и инструмент

Обрабатываемая деталь и инструмент вращаются с произвольными, независимыми угловыми скоростями относительно фиксированных осей, проходящих через их центры. При этом допускается, что центр обрабатываемой детали расположен в начале координат и не перемещается. Положение инструмента зависит от высоты детали, высоты инструмента, общего смещения инструмента и фазы следующих движений:

- возвратно-поступательного движения, направленного вдоль оси абсцисс;

- вращательного движения, относительно точки В, расположенной на данной оси и удаленной на произвольное расстояние. Ограничения данного движения на Рис. 1 показаны углом  $\alpha$ .

Таким образом, для данной модели угол поворота детали и инструмента определяется по следующим формулам:  $A_d(t) = (t * \omega_d) \bmod 2\pi$ ,  $A_{и}(t) = (t * \omega_{и}) \bmod 2\pi$ , где  $\omega_d$  – угловая скорость вращения детали,  $t$  – время от начала симуляции,  $\omega_{и}$  – угловая скорость вращения инструмента,  $\bmod 2\pi$  – операция взятия остатка от деления на  $2\pi$  радиан.

В соответствии с описанными допущениями были выведены следующие формулы определения положения инструмента в произвольный момент времени:

$$X_{и}(t) = S + X_{cm} * 2 * \left| \frac{t}{p_c} - \left\lfloor \frac{t}{p_c} + \frac{1}{2} \right\rfloor \right| + R_{в} + R_{в} * \\ * \cos \left( \pi + \alpha_m * \left( 2 \left| 2 * \left( \frac{t}{p} - \left\lfloor \frac{t}{p} + \frac{1}{2} \right\rfloor \right) \right| - 1 \right) \right),$$

$$Y_{и}(t) = R_{в} * \sin \left( \pi + \alpha_m * \left( 2 \left| 2 * \left( \frac{t}{p} - \left\lfloor \frac{t}{p} + \frac{1}{2} \right\rfloor \right) \right| - 1 \right) \right),$$

$$Z_{и} = - \left( \frac{1}{2} h_d + \frac{1}{2} h_{и} \right),$$

где  $S$  – общее смещение инструмента,  $X_{cm}$  – максимальное смещение инструмента при возвратно-поступательном движении,  $p_c$  – период данного движения,  $R_{в}$  – радиус внешней оси вращения инструмента,  $\alpha_m$  – максимальный угол поворота относительно внешней оси,  $p$  – период данного поворота,  $h_{и}$  – высота инструмента,  $h_d$  – высота детали.

Период вращения относительно внешней оси  $p$  и период сдвига  $p_c$  вычисляются по следующим формулам:  $p = \frac{\alpha_m}{\omega_{в}}$ ,  $p_c = \frac{X_{cm}}{V_c}$ , где  $\omega_{в}$  – угловая скорость вращения инструмента относительно внешней оси вращения,  $V_c$  – скорость смещения инструмента.

Для рассматриваемого процесса существует ограничение расстояния между центрами детали и инструмента, обусловленное возможностью выхода последнего за края обрабатываемой детали. Это условие представлено следующей формулой:

$$R_d \leq \sqrt{X_{и}(t)^2 + Y_{и}(t)^2}$$

На Рис. 2 представлен вид спереди на моделируемые объекты.

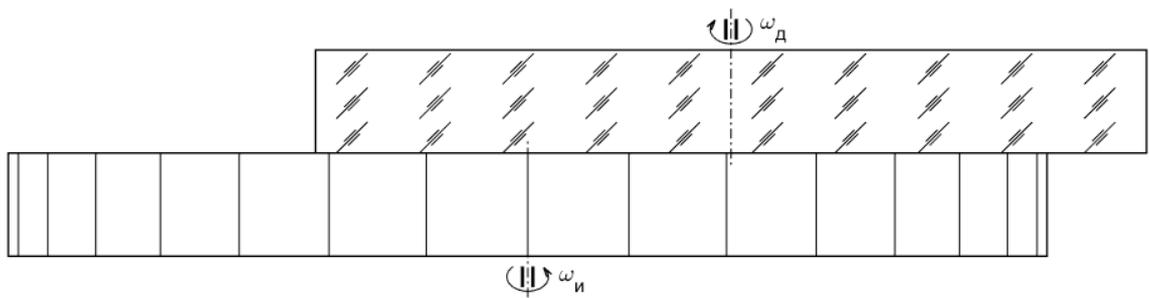


Рис. 2. Вид спереди на обрабатываемую деталь и инструмент

Программная реализация задачи представляет собой набор функций в среде Matlab, позволяющие получить вид системы в любой момент времени  $t$ , и программную анимацию, демонстрирующую изменение состояния системы с течением времени. Код, реализующий вычисления параметров системы представлен на Рис. 3.

```
function [DetailAngle, ToolAngle, ToolX, ToolY, ExtAngle, Shift] = simulation(t)
run("simulationConfigs.m")
DetailAngle = mod(t * DetailAngular, 360);
ToolAngle = mod(t * ToolAngular, 360);
ShiftPeriod = ShiftMax / ShiftSpeed;
ShiftCompleteness = 2 * abs(t/ShiftPeriod - floor(t/ShiftPeriod + 0.5));
Shift = ShiftMax * ShiftCompleteness;
ExtPeriod = ExtMaxAngle / ExtVelocity;
ExtCompleteness = 2 * abs(2 * (t/ExtPeriod - floor(t/ExtPeriod+0.5))) - 1;
ExtAngle = 0.5 * ExtMaxAngle * ExtCompleteness;
ToolX = ShiftGlobal + Shift + ExtRadius + ExtRadius * cosd(180 + ExtAngle);
ToolY = ExtRadius * sind(180 + ExtAngle);
return
```

Рис. 3. Реализация вычисления параметров системы в среде Matlab

Для получения вида системы необходимо воспользоваться функциями `topView(t)` и `frontView(t)`, аргументом которых является время от начала симуляции. Функция `simulation(t)` вызывается при необходимости получения состояния системы в виде переменных. Значение выходных параметров приведено в файле функции. Изменение параметров симуляции происходит путем изменения значений переменных в файле «simulationConfigs.m».

Таким образом, при визуальном моделировании удалось выделить ключевые элементы рассматриваемого процесса. Благодаря этому графическая часть компьютерной модели дает наглядное представление о технологии процесса обработки плоских линз. Одним из основных результатов выполнения данной работы является получение некоторых базовых компетенций в сфере математического моделирования. Практическую ценность работа имеет как основа для более сложных моделей, имеющих меньшее количество допущений, и как демонстрация возможностей определения геометрических параметров еще до стадии экспериментальных исследований.

## ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА: ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ МЕЖДУ ВЕРШИНАМИ ГРАФА

Устинович А.А., Пригодич Р.В.

Научный руководитель – Юринок В.И., канд. техн. наук, доцент.

В докладе представлена интерактивная карта, полученная в результате нахождения кратчайшего пути с помощью алгоритма Дейкстры. Основная идея заключается в том, чтобы создать массив  $d$ , в котором для каждой вершины  $v$  будем хранить текущую длину кратчайшего пути из  $s$  в  $v$ . Изначально  $d = 0$ , а для всех остальных вершин расстояние равно бесконечности (или любому числу, которое заведомо больше максимально возможного расстояния).

Во время работы алгоритма будет постепенно обновляться этот массив, находя более эффективные пути к вершинам и уменьшая расстояние до них. Когда узнаем, что найденный путь до какой-то вершины  $v$  оптимальный, пометим эту вершину, поставив ( $a_v = 1$ ) в специальном массиве  $a$ , изначально заполненном нулями.

Сам алгоритм состоит из  $n$  итераций, на каждой из которых выбирается вершина  $v$  с наименьшей величиной  $d$  среди еще не помеченных  $v = \arg \min d_u$ .

Выбранная вершина отмечается в массиве  $a$ , после чего из вершины  $v$  производятся *релаксации*: просматриваем все исходящие ребра  $(v, u)$  и для каждой такой вершины  $u$  пытаемся улучшить значение  $d_u$ , выполнив присвоение  $d_u = \min(d_u, d_v + w)$ , где  $w$  – длина ребра  $(v, u)$ .

На этом текущая итерация заканчивается, и алгоритм переходит к следующей: выбирается вершина с наименьшей величиной  $d$ , из нее производятся релаксации, и так далее. После  $n$  итераций, все вершины графа станут помеченными, и алгоритм завершает свою работу.

Рассмотрим на примере ориентированный граф, представленный на рис. 1. Требуется найти путь из вершины  $s$  в вершину  $t$ .

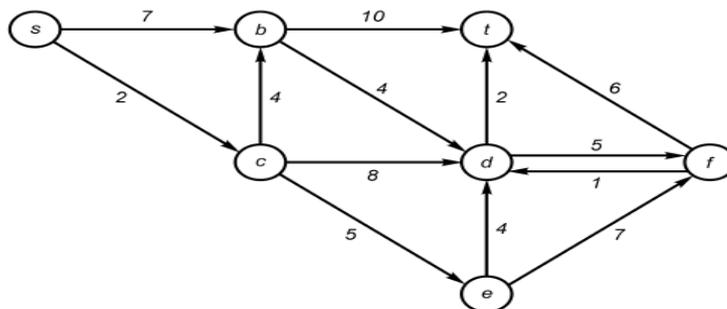


Рис. 1. Ориентированный граф с начальной вершиной  $s$  и конечной  $t$ .

Результат работы алгоритма показана в таблице 1. Первая строка соответствует шагу 1 алгоритма. Каждая из последующих строк соответствует одному основному циклу, состоящему из шагов 2 и 3. Значения  $d(x)$  помеченных вершин (их окончательные значения) выделены полужирным шрифтом.

Номер цикла	s	y	b	c	d	e	f	t
	<b>0</b>	s	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
1	<b>0</b>	<i>c</i>	7	<b>2</b>	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
2	<b>0</b>	<i>b</i>	<b>6</b>	2	$\infty$	7	$\infty$	$\infty$
3	<b>0</b>	<i>e</i>	6	2	10	7	$\infty$	16
4	<b>0</b>	<i>d</i>	6	2	10	7	14	16
5	<b>0</b>	<i>t</i>	6	2	10	7	14	<b>12</b>

Табл. 1. Результат работы алгоритма Дейкстры.

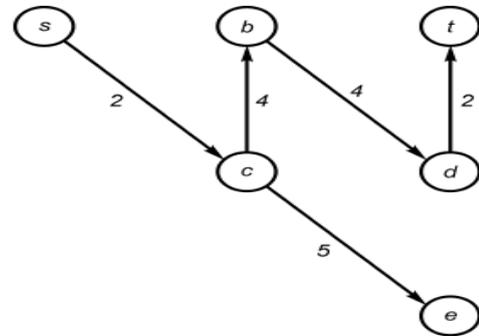


Рис. 2. Минимальный остов исходного графа для пути из вершины  $s$  в вершину  $t$ .

На рис. 2 представлено дерево  $T_5$  для примера, минимальный путь которого из вершины  $s$  в вершину  $t$  равен 12. К этому алгоритму была разработана интерактивная карта (приложение) на языке программирования C#, скриншот которой представлен на рис. 3, где изображен ориентированный граф и кратчайший путь из вершины  $s$  в вершину  $t$ . Кратчайший путь представляет собой выделенные ребра и вершины.

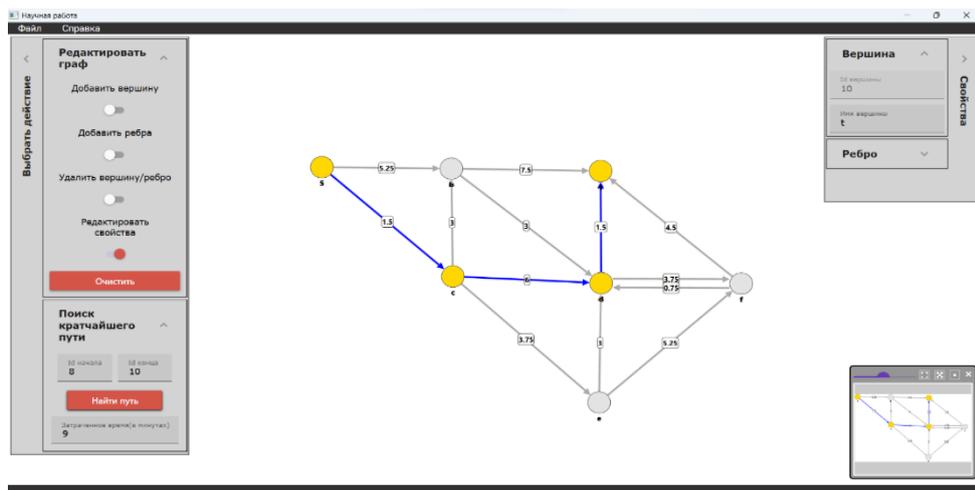


Рис. 3. Результат нахождения кратчайшего пути в программе.

В программе можно указать помимо расстояния дополнительные свойства, которые влияют на вычисления кратчайшего пути. Дополнительными

условиями являются: тип дороги, погодные условия, видимость и тип передвижения. Основным же свойством является расстояние (км). Вычисление кратчайшего пути в приложении происходит по времени, которое вычисляется на основе свойств каждого ребра.

Данную научную работу можно использовать для нахождения оптимального пути при проведении экскурсии по городам(местам) стран, наилучшего расположения для пунктов экстремальной помощи (МЧС или скорая помощь), оптимального расположения телевышек, электростанций и т.д.

УДК 681.3.06

## **НАХОЖДЕНИЕ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ АЛГОРТИМОМ ДЕЙКСТРЫ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ПАКЕТЕ MATHCAD**

Лемяшевич В.А., Якименко Д.Д.

Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент

Mathcad – широко используемый математический программный пакет с обширным набором функций. Однако ему не хватает возможностей работы с графами, которые имеют множество других приложений.

В рамках данной научной работы был реализован алгоритм для решения одной из самых популярных задач в теории графов — нахождение кратчайшего пути между вершинами во взвешенном графе. Значимость данной задачи определяется её различными практическими применениями.

Для реализации нахождения кратчайшего пути можно перебрать все возможные пути в графе, или использовать какой-либо алгоритм. Есть большое количество алгоритмов и преимущество многих из них в том, что они работают гораздо быстрее полного перебора всех возможных путей графа, благодаря чему расчет кратчайшего пути происходит быстрее (особенно актуально для больших графов).

Предположим, что у нас есть улицы, перекрёстки и мы знаем время пути между ними. Нарисуем это в виде взвешенного графа (рис. 1). Чтобы найти самый быстрый путь из А в Н, мы смотрим, какие ребра инцидентны вершине А. Видно, что ребро (А, Е) имеет меньший вес, чем все остальные, поэтому выберем путь через это ребро.

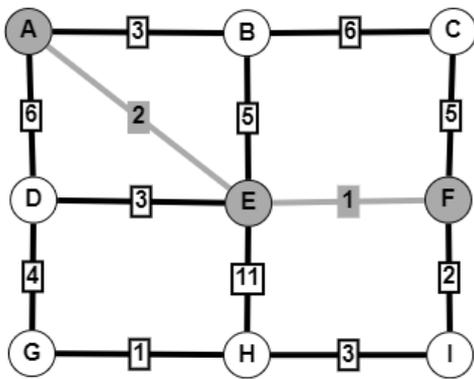


Рис. 1. Граф с начальной и конечной точкой пути.

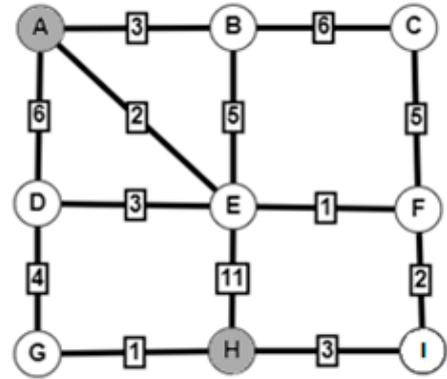


Рис. 2. Построение пути.

Теперь делаем то же самое для точки E: смотрим, где вес меньше. Ребро (E, F) имеет наименьший вес, поэтому выберем его (рис 2). При этом мы также запоминаем минимальный путь до вершин, которые мы не выбрали, возможно минимальный путь будет проходить через них. По такому методу осуществляем поиск и с оставшимся графом, пока не достигнем вершины H.

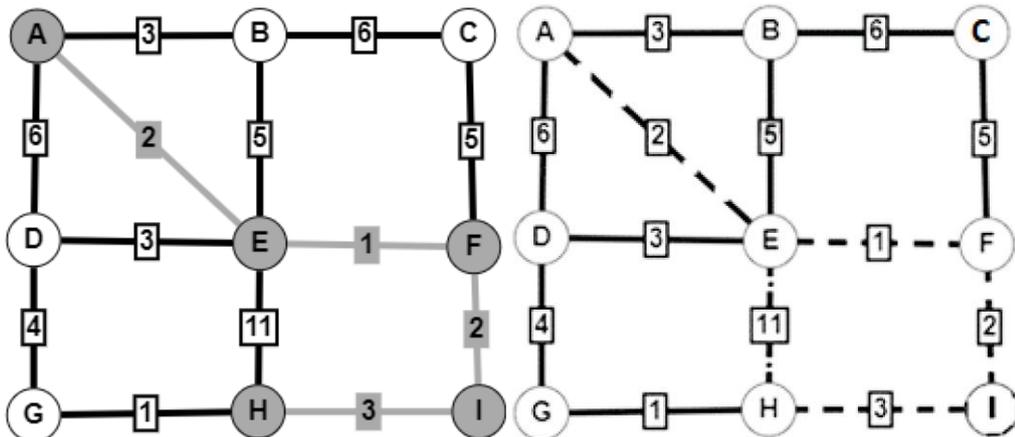


Рис. 3. Граф с путем А-Е-Н и А-Е-Ф-И-Н.

Рис. 4. Минимальный путь, выбранный алгоритмом.

Од  
нако

в вершину H можно было попасть сразу из точки E (рис. 3). Посчитаем оба варианта — вдруг вес нового пути будет меньше и нам нужно будет перестроить маршрут полностью. В итоге вес пути через ребро (E, H), оказывается больше рассчитанного ранее, поэтому итоговый путь — А-Е-Ф-И-Н (рис. 4).

Заметим, что нам не пришлось считать все возможные пути до точки. Это сильно сэкономило время и потребовало меньше ресурсов для вычисления.

Значимость данной задачи определяется её различными практическими применениями. Например, в GPS-навигаторах осуществляется поиск кратчайшего пути между точкой отправления и точкой назначения. В качестве вершин выступают перекрёстки, а дороги являются рёбрами, которые лежат между ними. Если сумма длин дорог между перекрёстками минимальна, тогда найденный путь самый короткий. И для реализации

данной задачи можно перебрать все возможные пути в графе, или использовать какой-либо алгоритм.

На рисунках ниже представлены фрагменты разработанного документа Mathcad, в котором вычисляется наименьший путь по ранее описанному алгоритму. В начале документа (рис. 5) происходит ввод необходимых данных для работы алгоритма, а в конце документа (рис. 6) отображаются результаты вычисления минимального пути.

На рисунке 5 продемонстрировано заполнение матрицы смежности и ввод количества вершин, и заполнение двух переменных start и end.

```
В переменную G нужно ввести матрицу смежности для взвешенного графа

G := 
$$\begin{bmatrix} 0 & 3 & 0 & 6 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 6 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 4 & 0 & 0 \\ 2 & 5 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 & 11 & 0 \\ 0 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 11 & 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$


В переменную N нужно ввести количество вершин

N := 9

В переменную start нужно ввести исходную вершину, в переменную end -
конечную

start := 1
end := 8
```

Рис. 5. Ввод данных.

На рисунке 6 продемонстрирован вывод величины минимального пути между указанными вершинами и минимальный путь.

```
Здесь отображается величина минимального пути между указанными вершинами

 $DST_{0, end} = 8$ 

В вектор-строке P указан сам минимальный путь

P = [1 5 6 9 8]
```

Рис. 6. Результаты вычислений.

Таким образом, в среде математического пакета Mathcad был реализован алгоритм, который может помочь в решении большего количества задач, а именно, задач о кратчайшем пути.

УДК 336.76

## **ПРЕДСКАЗАНИЕ ФИНАНСОВОГО КРИЗИСА В США НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Киянко М.В., Толкач И.В.

Научный руководитель – Щукин М.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

### **Введение**

Финансовые кризисы являются одним из наиболее серьезных вызовов, с которыми сталкиваются экономические системы во всем мире. Они могут приводить к значительным потерям для инвесторов и общества в целом, а также иметь негативный эффект на весь мировой рынок. В данной работе мы исследуем возможность использования статистических данных для предсказания финансовых кризисов в США. Особое внимание уделяется анализу кризисов разных годов и использованию индекса Баффета в качестве одного из инструментов для оценки состояния финансового рынка. Наша работа направлена на разработку предиктивной модели, которая поможет инвесторам и экономическим аналитикам прогнозировать возможные финансовые кризисы в США и принимать эффективные меры для минимизации рисков.

Для анализа состояния экономики, мы рассмотрим два показателя: валовой внутренний продукт и общую рыночную капитализацию 500 крупнейших компаний США с 1970 года. Используя отношение ОРК к ВВП, мы можем получить Индекс Баффета. На рисунке 3, проанализировав поведение индекса мы можем отследить кризисы прошлых лет, среди которых: американский кризис 70-х годов, кризис доткомов (2000-2002 гг.), кризис 2007-2008 годов и кризис 2020 года.

### **1) Американский кризис 70-х годов**

В 1973 году произошел первый топливный кризис в мировой истории, который был вызван четвертой арабо-израильской войной. Страны-члены ОПЕК прекратили поставки нефти в США и Европу в ответ на их поставки оружия Израилю. Это привело к сокращению производства и повышению цен на нефть в развитых странах. Некоторые страны столкнулись с экономическими трудностями из-за резкого увеличения затрат на энергию, в то время как другие страны использовали кризис в качестве возможности для перестройки своей экономики и развития новых технологий. В целом, этот

кризис стал важным событием в истории мировой экономики, который повлиял на стратегии развития и энергетическую политику многих стран.

Нефтяной кризис в 1970-х годах привел к ряду экономических изменений в США. Чтобы уменьшить зависимость от импорта нефти, США начали добывать нефть на континентальном шельфе и создавать нефтяной резерв. Кроме того, были введены новые налоги на нефтепродукты, сняты ограничения на использование угля, сокращено промышленное производство и увеличены цены на бензин и природный газ. Для экономии энергии была введена норма энергопотребления для гражданского населения, а автопроизводство переориентировано на экономичные модели, количество авиаперелетов было сокращено. Курс акций ведущих компаний снизился на 30%, что привело к росту инфляции (с 3,1% до 11,3%) и безработицы (с 5% до 8-9%). Однако, падение рынка акций в 1980 году создало уникальную ситуацию для последующего бурного мирового роста, который продолжался до 2000 года, несмотря на кратковременные коррекции рынка в 1987 и 1990 годах.

## **2) Кризис доткомов(2000–2002 гг.)**

Кризис доткомов, произошедший в период с 2000 по 2002 годы, был вызван надуванием пузыря на рынке интернет-компаний, называемых "доткомами". За пять лет до кризиса вышло на рынок множество таких компаний, которые получали многомиллионные инвестиции, но не имели четкой бизнес-модели. Многие из них были убыточными, а их активы были нематериальными. Компании проводили IPO, их акции росли, но в конечном итоге пузырь лопнул, что привело к банкротству многих интернет-компаний.

Кризис доткомов сильно повлиял на финансовые рынки. В марте 2000 года индекс Nasdaq Composite достиг исторического максимума, но 10 марта 2000 года произошел сокрушительный обвал, и капитализация Nasdaq упала на 50%. К 2003 году индекс упал на 75%, и к достигнутому в 2000 году максимуму Nasdaq вернулся только в 2015 году. Кризис также затронул реальный сектор экономики. Некоторые крупные компании, такие как WorldCom, Nortel, Cisco и Corning, также столкнулись с финансовыми проблемами.

В результате кризиса доткомов снизился ВВП США на 1,1% в первом квартале 2001 года, а теракт 11 сентября 2001 года привел к дополнительному падению ВВП в третьем квартале на 1,7%. Хотя формально рецессии удалось избежать, по данным Национального бюро экономических исследований (NBER), рецессия продолжалась девять месяцев - с марта по ноябрь 2001 года. Кризис доткомов стал первой волной структурного сдвига в экономике.

## **3) Американский кризис 2007-2008-х годов**

Рынок недвижимости в США был рассмотрен как «тихая гавань», где можно было безопасно инвестировать, но в результате различных причин и

факторов, он превратился в источник мошеннических спекуляций. Разные авторы предлагают разные теории и объяснения этому явлению. Например, банкиры видят в этом просчеты регуляторной политики, в то время как государственные чиновники обвиняют частный сектор в раздувании «пузыря» прибыли. Также этот кризис называют “великая рецессия”.

Однако, существует несколько причин, которые упоминаются в практически всех исследованиях, связанных с ипотечным кризисом в США. В первую очередь, это рост внешних инвестиций в экономику США, что привело к увеличению спроса на жилье и поднятию цен на недвижимость. Также произошли изменения в законодательном регулировании банковской системы, которые позволили банкам выдавать кредиты субстандартного качества, а также проводить рискованную секьюритизацию и манипулирование рейтингами. Все это привело к спекулятивным частным, страховым и биржевым инвестициям, что в итоге привело к краху рынка недвижимости в США.

В результате кризиса произошли масштабные изменения в финансовой системе США. Несмотря на принятые меры по реструктуризации ипотечных кредитов, многие заемщики оказались неспособными выплачивать кредиты, что привело к полному отчуждению более миллиона объектов недвижимости. Хотя к 2014 году доля невыплачиваемых кредитов снизилась до 8%, негативные последствия продолжали ощущаться в экономике. Крупные банки, такие как Lehman Brothers и Bear Stearns, обанкротились, а другие прекратили инвестиционную деятельность. Стоимость производственных активов снизилась более чем на 20%, а индекс S&P500 упал на 45%. Кризис недвижимости также повлиял на автомобильную промышленность и сферу услуг. В целом, кризис привел к значительным потерям в экономике, включая сокращение личных сбережений и пенсионных накоплений на миллиарды долларов, увеличение инфляции и безработицы. Инфляция выросла приблизительно на 2-3%, а безработица – с 5% почти до 10%.

#### **4) Кризис 2020-2021 годов**

Кризис 2020-2021 годов — это экономический кризис, который начался в конце 2019 года и усугубился в начале 2020 года из-за пандемии COVID-19.

В декабре 2019, из-за возникновения в Китае нового неизвестного вируса и его дальнейшего распространения по всему миру, Всемирная организация здравоохранения объявила пандемию в марте 2020 года.

Многие страны были вынуждены ввести строгие карантинные меры, что привело к упадку в экономике стран всего мира. Пандемия неслабо ударила по малому и среднему бизнесу. Многие компании были вынуждены закрывать или приостанавливать работу своих предприятий, уменьшать объёмы производств и сокращать штат сотрудников. Особенно в этом плане пострадали сферы общественного питания, гражданских перевозок, туризма и отельный бизнес.

### Последствия кризиса

- Падение ВВП под воздействием коронавирусных ограничений коснулось таких как США (-3,5%), Германия (-4,9%), Франция (-8,1%), Италия (-8,9%), Индия (-5%), за исключением Китая (+2,3%).

- Производственный индекс в США Institute for Supply Management (ISM) снизился с 50,9 в феврале 2020 года до 41,5 в апреле 2020 года, затем постепенно возобновил рост и достиг 60,7 в декабре 2020 года. В Европейском союзе индекс производства снизился на 10,3% в апреле 2020 года по сравнению с предыдущим месяцем, а затем постепенно возобновил рост, но не достиг уровня прошлого года.

Также стоит отметить, что объемы производства могут отличаться в зависимости от отрасли. Например, в некоторых отраслях, таких как производство медицинского оборудования, объемы производства выросли в 2020 году из-за увеличения спроса на такие товары в связи с пандемией.

- Кризис привел к сокращению рабочих мест. Например, в США уровень безработицы вырос с 3,5% в феврале 2020 года до 14,8% в апреле 2020 года, затем немного снизился до 6,7% в декабре 2020 года. В Европейском союзе уровень безработицы вырос с 6,5% в феврале 2020 года до 7,3% в сентябре 2020 года.

- В условиях “локдауна” во многих странах мира проходили забастовки. Чаще всего они были вызваны недовольством введения ограничительных мер. Также забастовки были направлены на то, чтобы привлечь внимание к условиям работы в условиях пандемии и принять меры для защиты работников от COVID-19.

- Туризм в условиях самоизоляции и фактического закрытия границ по итогам 2020 г. показал наиболее глубокое из всех отраслей экономики падение ВДС (-54,6% г/г). Однако, из-за изоляции, в пределах многих отраслей начал стремительно развиваться переход на онлайн-режим.

Можно отметить, что с 1972 по 1974 год индекс Баффета пережил падение с 85% до 38%, что свидетельствовало о кризисе в эти годы. Также можно заметить заметные падения с 1999 по 2002 год (на 46.9%), с 2007 по 2008 год (на 39.8%) и падение с 2021 по 2022 год (на 30.8%). Следовательно, можно сделать промежуточный вывод, что большинство крупных падений можно предсказать по индексу Баффета. Они приводили к макроэкономическим кризисам. Характеристикой всех рецессий является то, что индекс достигает пика в год кризиса, затем происходит резкое падение и восстановление. В 2021 году индекс Баффета находился на уровне 210%, что свидетельствовало о сильной перегретости рынка. Однако в 2022 году индекс Баффета составил 145,7%, что может свидетельствовать о резком охлаждении рынка из-за уменьшения капитализации компаний на 21% и ростом ВВП, связанным с ростом номинального ВВП, однако, из-за высокого уровня инфляции, реальный ВВП с учётом инфляции практически не изменил своё значение.

Графики ВВП, ОРК и индекса Баффета представлены ниже:

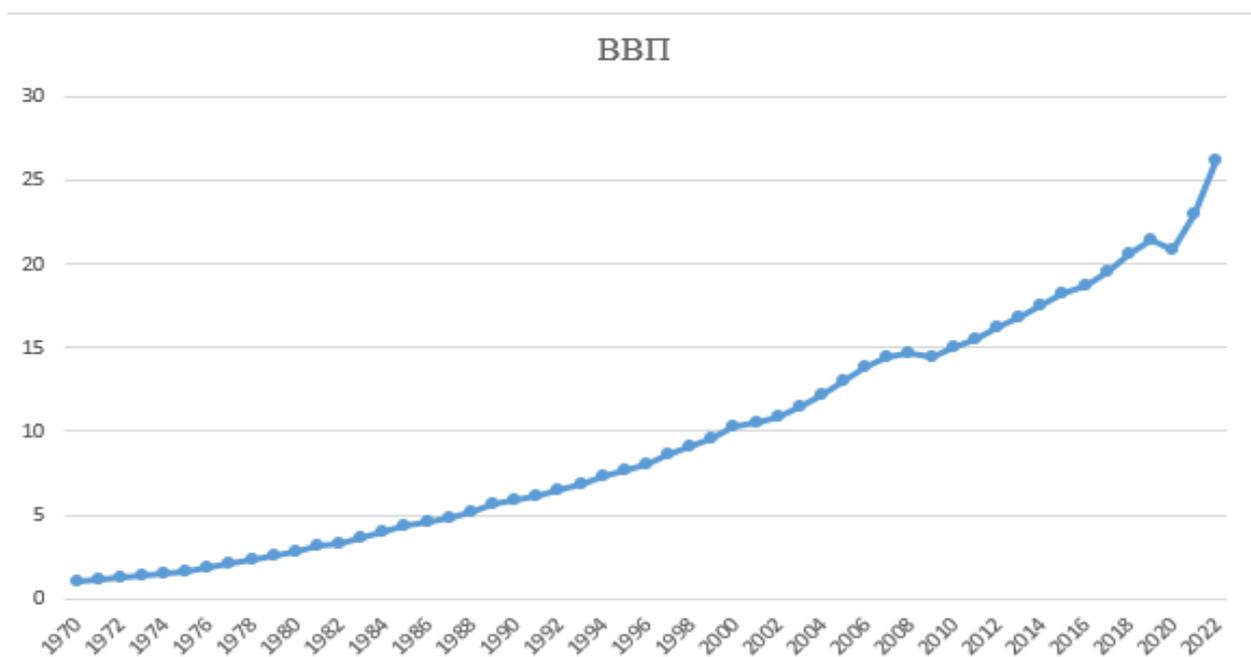


Рис.1. - график изменения ВВП США, в трлн. \$.

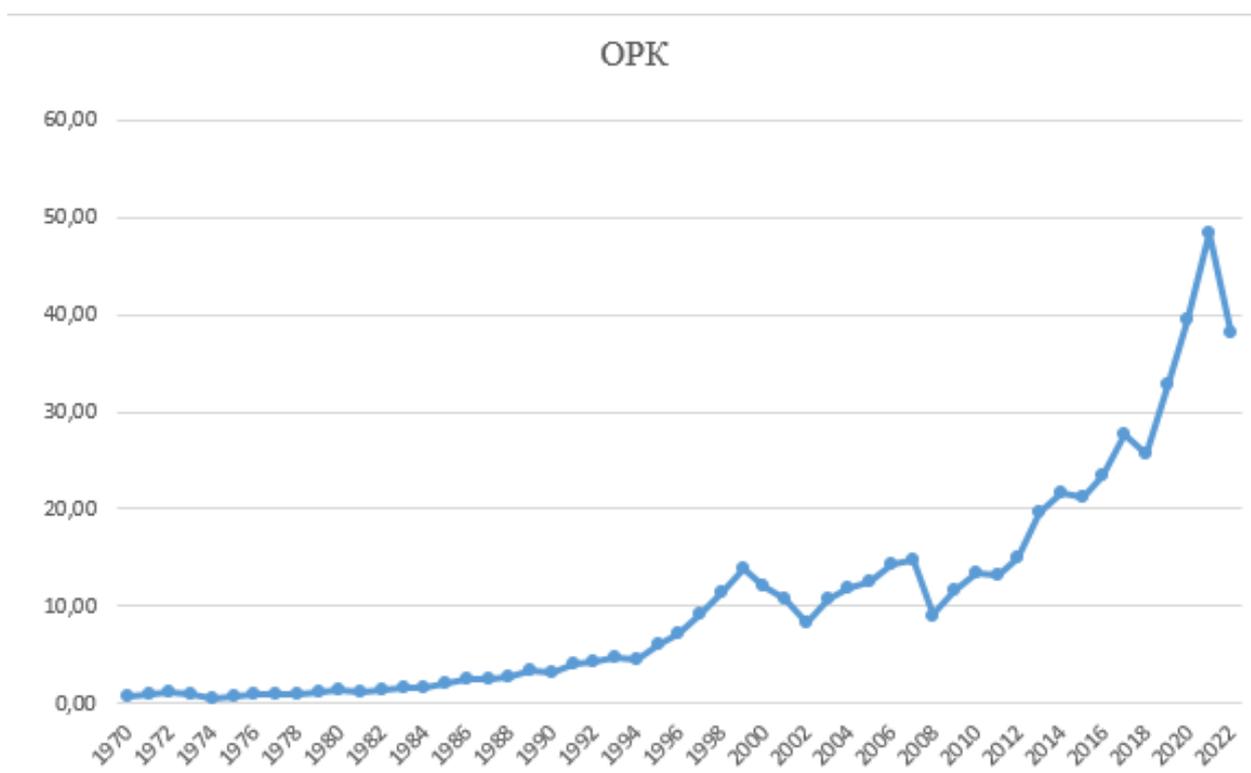


Рисунок 2 - график изменения уровня капитализации 500 крупнейших компаний США, в трлн. \$

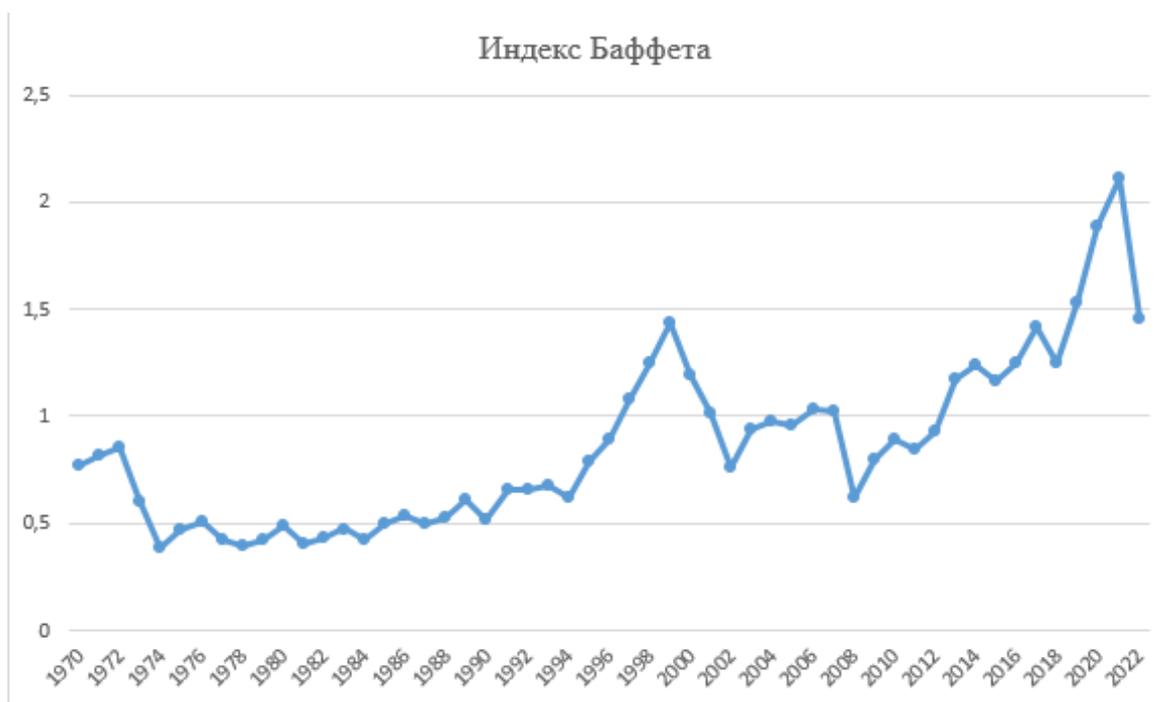


Рис.3. - график изменения индекса Баффета.

Для более точного анализа поведения экономики относительно индекса Баффета используют линии тренда. Построим линейную регрессию.

Уравнение линейной регрессии имеет вид:

$$y_i = b_0 + b_1x$$

Где коэффициенты  $b_0$  и  $b_1$  рассчитываются по формулам:

$$b_0 = \frac{n\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b_1 = \frac{\sum y_i - a\sum x_i}{n}$$

Для расчетов вместо годов по оси абсцисс будем использовать их порядковые номера от 1 до 53:

$$\begin{aligned} x_{1970} &= 1 \\ &\vdots \\ x_{2022} &= 53 \end{aligned}$$

Подставив значения индекса Баффета получим следующее уравнение:

$$y = 0,02x + 0.3177$$

Однако в случае использования линейной регрессии для анализа изменений в динамике цен на акции может быть не учтено влияние изменяющихся условий на рынке и нелинейных факторов, которые могут влиять на цену акций. Для более точного анализа будем использовать экспоненциальную регрессию, которая учитывает эти факторы и позволяет более точно оценить изменения в динамике цен на акции и сделать более точные прогнозы на будущее

Производим преобразования для построения экспоненциальной линии тренда:

$$y = ae^{bx}$$

$$\ln y = \ln a + bx$$

$$\ln y = y_1 ; \ln a = a_1$$

$$y_1 = a_1 + bx$$

Подставив все необходимые значения получим:

$$y_1 = -0,8756 + 0,0232x$$

$$y = e^{-0,8756} * e^{0,0232x}$$

Построив линейную (на графике представлена красным цветом) и экспоненциальную (на графике представлена зелёным цветом) линии тренда будем иметь следующий график:

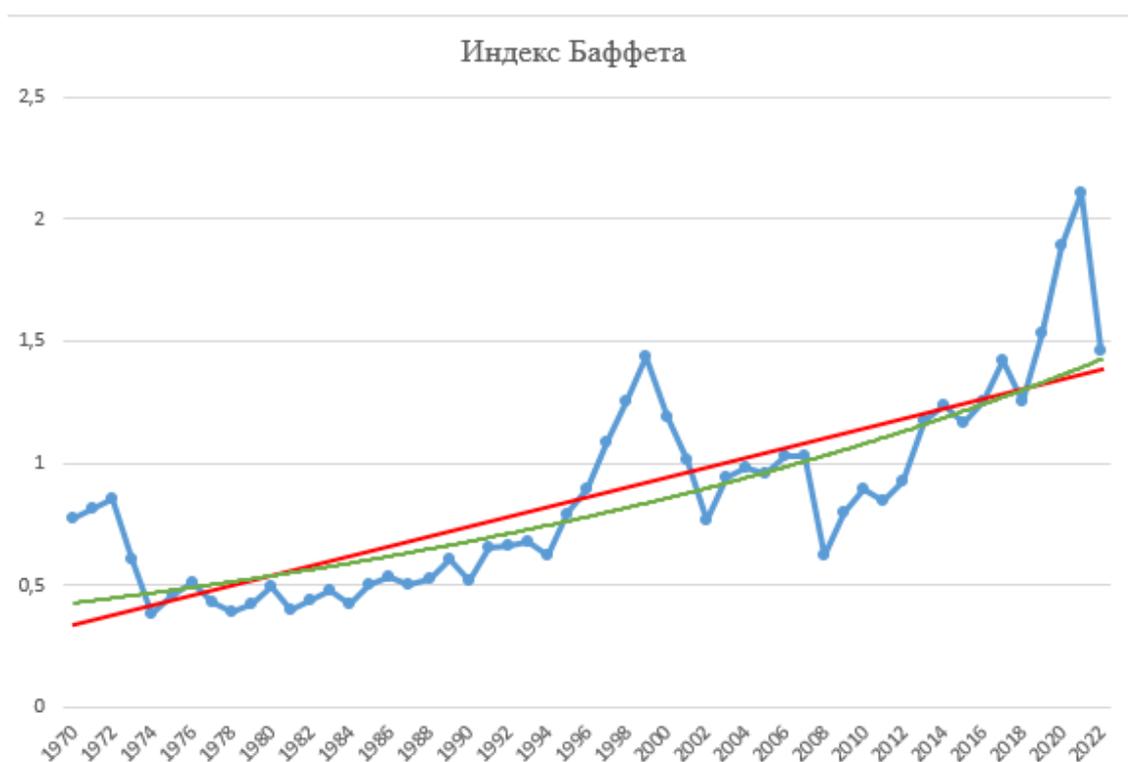


Рис.4. - график изменения коэффициента индекса Баффета с линиями тренда.

## **Заключение**

Проанализировав график индекса Баффета можно сделать вывод, что этот индекс помогает отследить уровень переоцененности или недооцененности акций на рынке в целом. Высокий уровень указывает на переоценённость рынка и риск его обвала в будущем. Низкий же указывает на недооценённость и даёт сигнал на возможность выгодного вложения в акции различных компаний.

Построив экспоненциальную линию тренда, можно подчеркнуть, что на данный момент рынок акций США находится в идеальном положении, то есть он не перегрет и не недооценён.

## *Литература*

1. Federal Reserve Economic Data [Electronic resource] : Wilshire 500 Full Cap Price Index. – Mode of access: <https://fred.stlouisfed.org/series/SP500>. – Дата доступа: 21.03.2023.

2. The Balance [Electronic resource] : US GDP by Year. – Mode of access: <https://www.thebalance.com/us-gdp-by-year-3305543>. – Дата доступа: 21.03.2023.

3. Bureau of Economic Analysis [Electronic resource] : Gross Domestic Product, Fourth Quarter and Year 2022. – Mode of access: <https://www.bea.gov/news/2023/gross-domestic-product-fourth-quarter-and-year-2022-advance-estimate>. – Дата доступа: 21.03.2023.

4. IMF blog [Electronic resource] : The Great Lockdown: Worst Economic Downturn Since the Great Depression. – Mode of access: <https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2020/04/14/blog-weo-the-great-lockdown-worst-economic-downturn-since-the-great-depression>. – Дата доступа: 28.03.2023.

5. Симачев Ю.В. Оценка влияния кризиса, связанного с пандемией COVID-19, на отрасли российской экономики и их посткризисное развитие: М., 2021.

6. Investing [Electronic resource] : Уровень безработицы в США. Mode of access: <https://ru.investing.com/economic-calendar/unemployment-rate-300?ysclid=lfqe1ev13p647192116>. Дата доступа: 30.03.2023.

7. Investing [Electronic resource] : Индекс потребительских цен (ИПЦ) в США (г/г). Mode of access: <https://ru.investing.com/economic-calendar/cpi-733?ysclid=lfqe1txkk188026782>. Дата доступа: 30.03.2023.

8. Russia Today [Electronic resource] : «Самый настоящий пузырь»: как в США начался мировой финансовый кризис 2008 года. Mode of access: <https://russian.rt.com/business/article/554572-10-let-recessiya-lehman-brothers?ysclid=lfqfjkdyx9703616191>. Дата доступа: 30.03.2023.

9. Moneymakerfactory [Electronic resource] : Ипотечный кризис в США 2007–2008 гг. Причины, последствия, методы преодоления. Mode of access:

<https://moneymakerfactory.ru/spravochnik/krizis-ssha-2008/?ysclid=lfqfplh7gd878041822>. Дата доступа: 30.03.2023.

10. InvestProfit [Electronic resource] : Нефтяной кризис 1973: как это было. Mode of access: <https://investprofit.info/oil-crise-1973/?ysclid=lfqdwgt3in81126117>. Дата доступа: 30.03.2023.