МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

АРЗАМАССКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ г. АРЗАМАС

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И НАУКА: СИНЕРГИЯ УСТОЙЧИВОГО РОСТА

Сборник статей по материалам
XI Всероссийской научно-практической конференции

© Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2025

Нижний Новгород 2025

УДК 338: 316: 34
ББК 65+60+67

Промышленность и наука: синергия устойчивого роста: сборник статей по материалам XI Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2025. – 1 электрон. диск (CD-ROM): зв., цв., 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486; ОЗУ 8 Мб.; операц/ система Windows 95; CD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана. – 200 экз.

Настоящий сборник включает в себя статьи студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей высших учебных заведений, руководителей и специалистов промышленных предприятий, основанные на докладах XI Всероссийской научно-практической конференции «Промышленность и наука: синергия устойчивого роста», прошедшей 15-16 апреля 2025 г. в г. Арзамасе. Среди авторов – ученые из городов Арзамас, Нижний Новгород, Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Саранск, Саров, Красный Сулин и др. Статьи отражают актуальные проблемы исторического, социально-экономического и технического развития промышленных предприятий Российской Федерации.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
канд. экон. наук, доц. Е.Г. Моисеева (отв. редактор),
канд. ист. наук, доц. И.В. Филипчук
канд. тех. наук, доцент М.В.Кангин

Редактор О.В. Пугина
Электронное издание подготовлено ЦДОТ НГТУ им. Р.Е. Алексеева, компьютерная верстка – С.А. Зубкова

ISBN 978-5-502-01920-0

Адрес издающей организации:
НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Филипчук И.В. Инженерное образование в годы Великой Отечественной войны 7
Байдаров Д.Ю. Развитие проектов технологического суверенитета в государственной корпорации «РОСАТОМ» 17
Глебова О.В., Обыденнов Р.С. Интеграция проектной и операционной деятельности научно-производственных предприятий при реализации стратегии инновационного развития 22
Файков Д.Ю., Байдаров Д.Ю. Новый подход к взаимодействию оборонного и гражданского секторов российской экономики 26

1 СЕКЦИЯ
ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Егошина М.В., Маслов П.С. НТР на предприятиях оборонно-промышленного комплекса Нижегородской (Горьковской) области в послевоенный период 30
Елдашов Р.Д. Эволюция отраслей российской промышленности в XIX – XX веках 34
Загнетин А.С. Вклад выдающихся деятелей в развитие промышленности страны во второй половине XIX – начале XX века 39
Ота Н.Т., Субботина И.А. К истории развития Сормовского завода: первые годы советского периода 45
Пакшина Н.А. Страницы истории Ташинского завода 49
Филипчук И.В. Движение рационализаторства и изобретательства в Горьковской области в первое послевоенное двадцатилетие 54
Харитонов А.К. И.В. Курчатов – отец мирного атома 63
Хорева Н.В. История создания Арзамасского опытно-конструкторского бюро «Импульс»: формирование структуры предприятия и выпуск первой продукции 67
Ганус Ю.А., Старожук Е.А. Упреждающее развитие ключевых компетенций по созданию и развитию высоко-технологичной продукции нового облика 73
Губернаторов А.М., Чирков М.А., Чистяков М.С. Территориально-производственные комплексы и кластеры в проявлении дуализма общественно-политических систем 82
Гусева И.Б. Интеграция процессов стратегического менеджмента и контроллинга при построении прогнозов промышленного предприятия 86
Курбаков А.В. Методологические подходы к разработке инструментов и моделей цифровой трансформации: критерии выбора 89
Моисеева Е.Г. Оценка уровня технологического развития промышленности России (макроэкономические индикаторы) 94

2 СЕКЦИЯ
РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Волгина О.В., Баронова Е.В., Трутнева А.Н. Работа над профессиональной лексикой в системе MOODLE при обучении английскому языку студентов-бакалавров инженерно-технических профилей 104
Бочкарева М.Д., Пакшина Н.А. Новый способ проверки знаний студентов .. 108
Мякишева Е.Н., Хапова Н.В. Разработка и применение командных тестов для оценки навыков математического моделирования в среде MATLAB..... 112
Тютерева Л.Е., Харитонов Л.С., Пакшина Н.А. Электронное средство обучения «Ключевые фигуры сетевых технологий»..... 117
Сорокин Д.А., Столяров Н.А. Разработка тест-игры как средства проверки знаний 121
Маслова Д.А. Формирование технических навыков на занятиях по робототехнике..... 125
Тишкина Н.А. Повышение профессиональной мобильности у студентов инженерных специальностей средствами физического воспитания силовой направленности..... 129

3 СЕКЦИЯ
ИННОВАЦИИ И ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Бобченко М.А., Морозов Н.Д., Сычёв К.С. Сравнительный анализ модулей анимации CAD-систем..... 134
Быкова А.С. Пять лет с запуска первого отечественного рентгеновского телескопа ART-XC имени М.Н. Павлинского. Перспекстивы развития рентгеновской астрономии..... 139
Власов И.В. Проектирование малогабаритного гравировального лазерного станка с ЧПУ 145
Гришин С.Н. Разработка блока трехкомпонентного магнитного датчика..... 149
Грушин Е.А., Прис Н.М. Повышение эффективности токарной обработки деталей с высокой прочностью за счет применения режущего инструмента из сверхтвердых синтетических материалов..... 155
Зинина А.Д., Платонов А.В., Щеглетов К.А., Лашкин В.В. Исследования литниково-питательной системы заготовки «Основание» при помощи программного обеспечения *LVM Flow* с целью уменьшения дефектов литья . 164
Жданкин Н.С. Разработка прибора для измерения емкости, индуктивности, частоты 170
Клюев И.А. Проектирование портативного генератора сигналов специальной формы 176
Коннова М.А. Анализ качества зеркал для лазерных гироскопов..... 181
Крутцов М.О., Якшенев Я.В. Моделирование малогабаритного электромеханического привода 185

Кужель Е.М. Разработка аппаратного модуля доверенной загрузки данных.. 192
Лаптев А.Д. Анализ прочности полимерных зубчатых колес, напечатанных на 3D-принтере 195
Логинова Е.В. Разработка устройства управления доступом с датчиком давления..... 201
Мельникова Я.О. Разработка датчика деформации системы грузоподъемности транспортного средства 206
Морохотов А.В. Обзор модулей LoRa для сбора данных с бытовых счетчиков 211
Родин И.С. Способы построения 3D моделей в процессе обратного проектирования..... 217
Селезнев В.А. Разработка фазочувствительного выпрямителя преобразователя сигналов гироскопического датчика угла..... 221
Силаев Е.В., Ямпурин Н.П. Проектирование генератора управляющих импульсов..... 228
Тюльтин И.Е., Червяков Д.А., Тужилкин А.А., Сычёв К.С., Свердлов Р.В. Сравнительный анализ пассивных антенн для систем обнаружения..... 235
Федорино А.С., Никулина А.А. Исследование комбинированных конструкций сталей, полученных проволочно-дуговым аддитивным методом 242
Гайнов С.И., Шергин В.В., Сычёв К.С., Кожевяткина М.А. Опыт практического применения ABS-форм, созданных методом FDM-печати, для изготовления полиуретановых деталей 246
Рябикина Т.В., Подуздиков Р.И. Исследование влияния покрытия на основе композиции «Экомет» на коррозионную стойкость технологической оснастки 250
Телин Д.И. Проектирование дискретного весового дозатора..... 255
Уткин В.Е. Проектирование частотного преобразователя для асинхронного электродвигателя 259
Шабаров М.А. Рулевой привод на базе волновой передачи 264
Ялтаева С.О., Платонов А.В., Щеглетов К.А., Лашкин В.В. Оптимизация термической обработки подвесов гироскопов с использованием программы *Lab View* 270

4 СЕКЦИЯ
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Андриянов И.А., Емельянова Т.В. Разработка комплекса имитационного моделирования..... 276
Блинов А.А. Анализ современных подходов к оптимизации процесса импорта/экспорта 3D-моделей в PLM-системах..... 279
Бочкарева М.Д. Проблема согласования осей астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы 283
Головнова А.А. Автоматизация процесса формирования карт условий применения 287

Зайцев Н.А., Жидкова Н.В. Современные батареи: анализ технологий и перспектив 291
Клоков И.И., Тарасов Д.В. Моделирование работы ТВГ в составе бесплатформенного измерителя движения маневренного объекта 296
Пашанин Д.Е. Управление мультиагентной системой с переключающейся топологией 300
Писаревский Д.А. Проектирование переходных процессов управления электроприводами дистанционно управляемой платформы 305
Плотников А.А. Синтез контура стабилизации по перегрузке на основе теории скользящих режимов 310
Сагин А.А. Разработка приложения «Помогать легко» 315
Скрябин М.И. Разработка интернет-магазина ПК комплектующих 319
Столяров Н.А., Сорокин Д.А. Метод OGM в оптимизации: теория, алгоритм и применение 326
Сорокин Д.А., Столяров Н.А. Метод Чебышёва в оптимизации: теория, алгоритм и применение 329
Самарин Д.А. Реализация цифровой образовательной платформы для изучения Arduino 332
Хабузов Н.Е., Долгов А.Н. Разработка алгоритма преобразования данных со счетчика электроэнергии 338
Харитонов Л.С., Раскаткин Я.А., Глухова А.Ф. Разработка алгоритма режима обучения для виртуального тренажера-симулятора 344

КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

Кожевяткина М.А., Зотов С.М., Раскаткин Я.А., Шергин В.В. Разработка технокультурного VR-пространства «Истоки» 349
Куклин А.Н., Гуськова Ю.А. Разработка образовательного приложения для детей с умственной отсталостью 355
Гуськов Г.А. Разработка системы мониторинга климатических параметров на основе радиомодуля LoRa 360
Комаров А.О., Куравин Д.С., Емельянова Т.В. Методы детерминированной синхронизации и верификации данных в беспилотных системах реального времени 365

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

И.В. Филипчук
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматриваются основные моменты трансформации системы инженерного образования в годы Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: инженерное образование, подготовка иненерны кадров, высшие тенические учебные заведения, втузы, Великая Отечественная война

Еще в 1930-е годы инженерное образование получило мощный импульс в связи с масштабной программой индустриализации. Государству требовались сотни тысяч инженеров для строительства заводов, электростанций, железных дорог и других объектов инфраструктуры. Вузы стали выпускать специалистов по широкому спектру направлений: машиностроение, энергетика, металлургия, химическая технология и многие другие.

В годы войны наука и система высшего технического образования столкнулись с серьезными испытаниями. Рассмотрим, как была перестроена система подготовки инженерных кадров в годы Великой Отечественной войны (1941-1945 гг.) на примере некоторых высших технических учебных заведений из разных регионов нашей страны, с какими вызовами пришлось столкнуться преподавателям, сотрудникам, студентам и аспирантам в деле достижения Победы над фашизмом.

Большинство студентов и сотрудников инженерных институтов были мобилизованы на фронт. К примеру, из Ленинградского политехнического института в действующую армию, народное ополчение и в партизанские отряды ушли около 3,5 тыс. политехников. В годы Великой Отечественной войны на фронтах сражались около 4800 человек. Из студентов, преподавателей, рабочих и служащих института были созданы истребительный батальон и партизанский отряд. Группа альпинистов и лыжников вошла в состав 1-й отдельной горно-стрелковой бригады и в состав Северного флота. Многие добровольцы воевали в 3-й Фрунзенской и 5-й Выборгской дивизиях народного ополчения [7].

Все время, пока длилась война, в технических вузах продолжалась подготовка специалистов, поскольку страна нуждалась в инженерах для создания военной техники, боеприпасов и обеспечения фронта необходимыми ресурсами. По всей стране оставались группы работников, отдельные лаборатории, продолжавшие вести научную работу по специальным оборонным заданиям. Например, в столице решением СНК СССР в 1942 г. возобновили занятия 22 высших учебных заведения, а затем еще девять вузов. В Московском меха-

нико-машиностроительном институте им. Н.Э. Баумана (с 1943 г. переименован в Московское высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана) предпринимались все меры для бесперебойного продолжения подготовки инженерных кадров и одновременного оказания помощи фронту. Деятельность вуза была подчинена требованию: «Все силы народа – на разгром врага!» План подготовки инженеров был составлен исходя из срока обучения 4 года 10 месяцев вместо 5 лет 6 месяцев [6].

Помимо учебы студенты и преподаватели активно участвовали в оборонных работах. Студенты и сотрудники Бауманки строили в городе бомбо- и газоубежища, рыли щели, сооружали противотанковые надолбы, устанавливали заграждения, а на крышах домов, улицах и площадях оборудовали огневые точки, создавали команды ПВО, медико-санитарные группы. Всего в разное время в строительстве оборонительных рубежей принимало участие около 3 тысяч человек [4, с. 36]. Студенты старших курсов, согласно специальному постановлению Государственного Комитета Обороны, направлялись на оборонные заводы.

Значительным этапом в процессе формирования военных резервов стало введение всеобщего обучения, которое приобрело более целенаправленный характер после утверждения Постановления СНК СССР от 8 октября 1941 г. «*Об организации военной подготовки студентов высших учебных заведений на 1941/42 учебный год*». Согласно данному постановлению, в учебный процесс был включен обязательный курс военной подготовки для студентов, включая девушек, продолжительностью 60 часов. Советское Правительство поставило перед вузами задачу «*воспитания волевых, беззаветно преданных Родине, готовых к самопожертвованию патриотов, будущих бойцов Красной Армии, проникнутых решимостью выполнить любую поставленную задачу, невзирая ни на какие трудности; воспитание высокой революционной бдительности, строжайшего соблюдения военной тайны, зоркость в борьбе со шпионажем, вредителями, диверсантами*».

Выполняя это Постановление, преподаватель ММИ им. Н.Э. Баумана А. Г. Чернышев обучил штыковому бою и ходьбе на лыжах 1597 человек. Коллектив кафедры физкультуры и сотрудники училища в самое короткое время подготовили несколько сот стрелков, снайперов, пулеметчиков, автоматчиков и минометчиков. Условия подготовки были приближены к фронтовым. В Новочеркасском индустриальном институте им. С. Орджоникидзе (ныне Южно-российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова) в студенческих группах всеобуча особое внимание обращалось на овладение винтовкой, пулеметом, минометом и ручной гранатой, противохимической защитой, на рытье окопов и маскировку, а также на тактическую подготовку. Обучение проводилось по пяти основным специальностям: пулеметчика, стрелка, минометчика, снайпера, истребителя танков. Отдельно был создан батальон лыжников. Программой обучения предусматривалась и физическая подготовка бойцов.

Ленинградский политехнический институт в годы войны был окружен колючей проволокой и огневыми точками. В гидрокорпусе разместилась школа для будущих стрелков-радистов тяжелых танков. Главное здание института было переоборудовано под госпиталь, а 2-й учебный корпус – под жилье для медперсонала. В двух корпусах студгородка расположился эвакогоспиталь. Институтские мастерские перестроились на выполнение военных заказов, а десятки ученых перешли на оборонные предприятия города.

8 сентября 1941 г., когда Ленинград был полностью блокирован и начался голод, от полного вымирания политехников, как и большинство жителей блокадного Ленинграда, спасла ледовая дорога через Ладогу. Неоценимый вклад в создание Дороги жизни внесли политехники С.С. Голушкевич, П.П. Кобеко, Н.М. Рейман, А. Р. Шульман, теоретически обосновавшие наиболее безопасные режимы эксплуатации ледяного покрова. В Ленинграде оставались почти полтысячи политехников, большая часть которых работала в мастерских и госпиталях. С апреля 1942 г. у политехников в Ленинграде появились подсобное хозяйство и индивидуальные огороды, а в июле первый урожай поступил в детсад и столовую.

Во время Великой Отечественной войны не многим ленинградцам удалось продолжить учебу. Когда в ноябре 1943 г. возобновились занятия и в Ленинграде, в ЛПИ было 250 студентов и 90 преподавателей.

Ученый совет института был единственным в Ленинграде, которому в июне 1943 года было предоставлено право принимать к защите диссертации, выполненные сотрудниками различных организаций. До полного снятия блокады он рассмотрел 19 докторских и кандидатских диссертаций [7].

В Горьковском политехническом институте им. А.А. Жданова осенью 1941 г. из числа оставшихся сотрудников и студентов для охраны и обороны зданий, обслуживания бомбоубежищ был сформирован отряд Народного ополчения, впоследствии преобразованный в Унитарный отряд противовоздушной и противохимической обороны. Общая численность Отряда превысила 300 человек, его руководителями стали преподаватели Военной кафедры ГИИ. Во время налетов фашистской авиации на г. Горький Отряд занимал огневые точки на Волжском Откосе, обеспечивая наземную защиту батарей зенитной артиллерии, размещенных на фронте набережной от Казанского съезда до пересечения с улицей Нестерова [1].

С начала войны крайне уплотнилась учебно-материальная база института. Здание 3-го учебного корпуса было отдано под военно-медицинский госпиталь, а в 1-ом и 2-ом корпусах, кроме студентов ГИИ, еще стали заниматься студенты Горьковского инженерно-строительного института и эвакуированного в г. Горький Ленинградского кораблестроительного института, а также учащиеся Электротехнического техникума и средней школы [2].

Не прекращалась учебная деятельность в самом институте. Вуз продолжал выполнять свою главную задачу – готовить специалистов для народного хозяйства страны с учетом потребностей страны и одновременно выполнять

ряд правительственных заданий для нужд обороны страны. Занятия в зданиях института велись в три смены.

За период с 1942 по 1944 гг. в ГИИ обучалось до 1350 студентов. За годы войны, считая и выпуск 1945 года, институт подготовил на дневном отделении 673 инженера и 73 специалиста в Автозаводском филиале. Срок обучения был сокращен с пяти до трех с половиной лет; в учебные планы были введены практические занятия по сельскохозяйственным дисциплинам на подсобном хозяйстве и военная подготовка. Учебная нагрузка возросла с 36 часов до 48 часов в неделю.

Несмотря на тяжелые военные условия, ученые укрепили свой научный потенциал. Сохранилась аспирантура, несколько аспирантов защитили кандидатские диссертации, 20 соискателей из конструкторских бюро получили ученые степени кандидата технических наук; три специалиста защитили докторские диссертации. За существенный вклад в разработку технологий оборонной промышленности директор института сотрудники и преподаватели института были награждены орденами [2].

Совсем в других условиях осуществляли свою работу вузы, находившиеся в непосредственной близости к фронту. С самого начала войны учебный процесс и научно-исследовательская работа в Новочеркасском индустриальном институте были коренным образом перестроены. Сюда прямо с фронта доставлялись на ремонт неисправные военные автомашины и танки. В лабораториях, механических мастерских срочно выполнялись заказы военных организаций и промышленных предприятий.

В годы суровых испытаний многие учебные заведения были эвакуированы вглубь страны. В связи с приближением фронта к Москве осенью 1941 г. правительство приняло решение о вывозе из города оставшихся там сотрудников научно-исследовательских и высших учебных заведений. Во время второго этапа эвакуации, который длился с октября по ноябрь 1941 г., были эвакуированы Московский механико-машиностроительный институт им. Н.Э. Баумана, в Алма-Ату – Московский авиационный институт, в Леногорск – Энергетический институт, в Ташкент – Московский институт инженеров связи и т.д. [5, с. 30]. Всего до декабря 1941 г. из 64 высших учебных заведений Москвы эвакуировано 59 [4, с. 31].

Эвакуация научных учреждений и высших учебных заведений проходила и из других районов страны. Например, Бежецкий машиностроительный институт – в Нижний Тагил; Воронежский химико-технологический институт – в г. Бийск [4, с. 31]. Важнейшим пунктом сосредоточения научных кадров и вузов стала Западная Сибирь. В Новосибирск были эвакуированы Московский инженерно-строительный, Ленинградский институт точной механики и оптики, Московский институт инженеров железнодорожного транспорта; в Томск – Московский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта, филиал Московского станкостроительного индустриального института [4, с. 42], Новочеркасский индустриальный институт. В Казахстане нахо-

дились Московский авиационный институт и Московский энергетический институт.

Третий этап эвакуации был связан с вывозом ученых и материальных ценностей из Ленинграда и длился он с февраля по июль 1942 г. Всего из Ленинграда было эвакуировано 80 научных учреждений, в том числе 40 вузов. В середине февраля 1942 г. Кораблестроительный институт был эвакуирован в г. Горький [4, с. 36], Ленинградский политехнический институт – сначала в Пятигорск, а затем в Ташкент. Ташкентская часть ЛПИ, усиленная преподавателями и студентами других ленинградских институтов, смогла начать учебную и научную работу уже в январе 1943 г. К марту был сформирован Совет института, а в августе произведен прием на 1-й курс [7].

Стоит отметить, что эвакуация вузов и научных учреждений проходила как целенаправленный процесс. Размещались учреждения, как правило, на площадях и экспериментальных базах родственных организаций, чтобы полноценно использовать лабораторное оборудование учебных заведений, а также усилить научный состав учреждений специалистами одного профиля [4, с. 36]. В ряде случаев научные учреждения размещали на крупных промышленных предприятиях. Так, Институт автоматики и телемеханики (ныне Институт проблем управления им. В.А. Трапеникова) разместился на крупном заводе им. В. Володарского в Ульяновске, а ученые Московского механико-машиностроительного института им. Н.Э. Баумана пользовались заводскими лабораториями ижевских предприятий. Такое соединение научных учреждений с производством приносило пользу и науке, потому что обеспечивало ее необходимой производственной базой, и производству, которое получало возможность пользоваться высококвалифицированной научной помощью специалистов [4, с. 37].

В Ижевске, куда на полтора года был эвакуирован Московский механико-машиностроительный институт им. Н.Э. Баумана, собралось 120 профессоров (13 человек – только лауреатов Сталинской премии!), 1100 студентов, 38 служащих. Тогда же к ним прибавились сотрудники и студенты Тульского механического института, оставившие потом в Ижевске всю институтскую научную библиотеку [1].

Жилищные условия в Ижевске были крайне нелегкими, особенно в первые месяцы после эвакуации. Отмечался дефицит жилья и топлива, эвакуированные сталкивались с проблемами снабжения, отсутствовали библиотека, лаборатории и необходимое учебное оборудование. Не было классных досок, преподавателям приходилось писать мелом на стенах и дверях. Не хватало аудиторий, занятия проводились в коридорах и на лестницах бывшего ремесленного училища. Через три месяца после переезда в Ижевск университет получил четырехэтажное здание, что позволило проводить занятия на соответствующем уровне.

За полтора года в эвакуации на первый курс было принято 400 человек. Студенты не только упорно учились, преодолевая все трудности, но и добро-

вольно вместе с преподавателями работали на предприятиях Ижевска. Газета «Удмуртская правда» писала: «*Большую инициативу в освоении выпуска важных деталей проявили студенты института имени Баумана: тт. Цветков, Солид, Воскресенский и многие другие; задание правительства было выполнено в короткие сроки». Вот как описывали студенты те дни: «В 5 часов утра – подъем, с 6 до 13 часов – работа, обед в течение часа, с 14 до 20 часов – снова работа, всего 13 часов работы*».

Совсем по-другому работали вузы, находившиеся глубоко в тылу. Так, в первые же дни войны сотрудники и студенты Томского политехнического института создали фонд обороны страны. На митинге коллектива 4 августа 1941 года было решено отчислять ежемесячно до полного разгрома агрессора однодневный заработок и у студентов-стипендиатов – однодневную стипендию, систематически организовывать воскресники в пользу обороны страны, вносить имеющиеся сбережения.

С началом войны условия работы в ТПИ резко изменились. Сократилась и в последующем продолжала сокращаться материальная база. Особенно тяжелое положение сложилось с учебными помещениями. До войны институт имел 8 учебных корпусов, расположенных на небольшом расстоянии один от другого, и 17 общежитий на 1474 человека. С началом войны два корпуса (№ 8, 9), где располагался один из ведущих факультетов – горный, были отданы под размещение военных госпиталей. Кафедры и учебные кабинеты перемещены в другие корпуса, часть лабораторий и мастерских демонтирована или законсервирована. Под расположение военного училища (ТАУ-2) переданы наиболее благоустроенные общежития в студгородке и по ул. Пирогова. В главном корпусе на базе лаборатории резания металлов создано спецпроизводство.

В 1942 г. под размещение военных училищ (Ленинградское артиллерийско-техническое, Белоцерковское пехотное), эвакуированных в Томск вузов (Московский институт стали и сплавов, Новочеркасский индустриальный институт) и других организаций переданы еще четыре корпуса, в том числе главный. В распоряжении института осталась лишь часть химического, физического и инженерного корпусов, что, в общем, составляло около 15% учебных площадей довоенного времени. Это серьезно осложнило всю деятельность института. Ухудшились и жилищные условия студентов и преподавателей из-за сокращения мест в общежитии и подселения в квартиры профессорско-преподавательского состава эвакуированных семей [3].

В период с 1941 по 1942 год около половины студентов были задействованы на производстве, а на некоторых факультетах, таких как энергетический и механический, этот показатель достигал 70-80%. Многие студенты успешно совмещали учебу с работой, показывая высокие результаты труда. Начальником спецпроизводства, созданного на базе лаборатории резания металлов в главном корпусе, был студент пятого курса механического факультета М. Гольцман. Это производство выпускало корпуса для мин, позже оно переведено на завод «Манометр», и студенты продолжали там работать через день по 12 часов.

В годы Великой Отечественной войны Челябинск находился в глубоком тылу, а потому принимал эвакуированные из опасной зоны промышленные предприятия. Этот процесс начался с 1941 г., а спустя год в столицу Южного Урала перевезли Сталинградский механический институт. Именно на его базе сформировался Челябинский механико-машиностроительный институт (ЧММИ), сейчас известный как Южно-Уральский государственный университет [8].

Когда Сталинградская битва закончилась, и было принято решение перевезти институт на прежнее место, стало понятно, что машиностроительные предприятия могут столкнуться с проблемой нехватки кадров. Для подготовки квалифицированных инженеров решили создать Челябинский механико-машиностроительный институт, принявший наследие сталинградского вуза. Изначально в ЧММИ были два факультета: Механико-машиностроительный и Танковый. Последний в 1944 г. переименовали в факультет Колесно-гусеничных машин. На Механико-машиностроительном факультете изучали технологию машиностроения, кузнечно-прессовые машины, обработку металлов давлением, сварочные машины и сварочное производство. На факультете Колесно-гусеничных машин готовили специалистов по танкостроению, автомобилям и тракторам, двигателям внутреннего сгорания [8].

Набор первых студентов состоялся зимой 1944 г. Занятия вели 58 преподавателей. Некоторых направили из Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства (сейчас ЮУрГАУ) и ЧГПИ (сейчас ЮУрГГПУ), а также с Кировского завода. Среди них главный конструктор танков, трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий Николай Духов и главный конструктор Кировского завода Жозеф Котин.

В том же году были вручены дипломы первым выпускникам Челябинского механико-машиностроительного института. Семь человек успешно освоили специальности «Технология машиностроения», «Литейное производство» и «Танки и танковые двигатели». В следующем учебном году вуз закончили уже 15 человек, а студентами числились 648. Им предстояло решать сложные технологические проблемы, большинство из которых было связанно с производством различных видов оружия, необходимого советским вооруженным силам в годы войны [8].

Собственного здания у института в то время не было: студентам выделили первый этаж школы №52, все помещения бывшей железнодорожной школы №4. Лаборатория технических измерений была в сарае с печным отоплением, а лаборатория сварки – в кладовой школы. Только в 1945 г. вузу дали помещение на улице Тимирязева, но к тому моменту студентов было так много, что проблему учебных площадей это не решило [8].

Обстановка военного времени требовала перестройки не только учебной, но и научно-исследовательской работы технических институтов. На проведение важных для промышленности исследований ассигновывались дополнительные

средства. В 1943 г. вузы 12 промышленных наркоматов получили свыше 30 млн руб. Такие крупные вузы, как Московский государственный университет, Московский механико-машиностроительный институт им. Н. Э. Баумана, Казанский химико-технологический институт, Уральский индустриальный институт, Московский авиационный институт и другие получали от промышленных и оборонных организаций от 3 млн до 5 млн руб. в год. Объем исследований по заданиям промышленности в Куйбышевском индустриальном институте вырос к концу войны в пять раз. Институт обслуживал более 50 заводов Поволжья. В его лабораториях было проведено свыше 10 тыс. испытаний [4, с. 306].

Ученые Московского механико-машиностроительного института им. Н.Э. Баумана с начала войны установили тесную связь с оборонными заводами. Создавались ударные бригады, в которые входили ученые и рабочие. Они разрабатывали технологию производства боеприпасов и вооружения. В июле 1941 года группа профессоров и преподавателей организовала конструкторское бюро для разработки конструкции противотанкового ружья [586]. Работа в лабораториях: кузнечной, литейной, тепловозной, теории механизмов и машин не останавливалась ни днем, ни ночью. Весь нижний этаж был занят мастерскими. Здесь обрабатывали корпуса мин, изготовляли гранаты, детали авиабомб и другие виды вооружения. Были созданы 22 фронтовые бригады. Лаборатории и учебные мастерские ММИ превратились в военные заводы.

На одном из собраний актива Московской партийной организации мастерские МВТУ им. Н.Э. Баумана были отмечены как передовое предприятие, разработавшее и внедрившее в массовое производство кокильное литье мин. В разработке кокильного литья участвовали профессор Н.Н. Рубцов, доцент П.П. Жевтунов, инженер И.С. Расторгуев, мастер Н.А. Никонов. Всему этому коллективу в 1943 г. была присуждена Государственная премия.

На кафедре обработки металлов резанием были широко развернуты работы по созданию рациональной геометрии режущих инструментов и внедрению в производство высокопроизводительных методов резания металлов. Эти методы были внедрены на десятке крупнейших заводов, производивших артиллерийское вооружение, боеприпасы, танки.

Важная работа была проведена профессором К.К. Хреновым по разработке методов подводной электродуговой резки металлических конструкций. Метод этот был широко использован инженерными частями Красной Армии.

На кафедре оптики была создана новая конструкция прицела для зенитных систем; ее приняли на вооружение. На кафедре электроники были созданы новые типы электроприцелов для бомбометания и для зенитных орудий. На кафедре сварочного производства доцент С.Т. Назаров создал разряжатели для авиабомб, принятые на вооружение ПВО всей страны. Коллектив кафедры профессора А.С. Орлина разработал новую конструкцию двигателя, принятую в производство. Большое значение имели научные работы по переводу двигателей внутреннего сгорания с жидкого на недефицитное твердое топливо.

На кафедре технологии машиностроения под руководством профессора В.М. Кована была разработана система рациональных пропусков при производстве стрелкового оружия. Систему эту внедрили на заводах Наркомата вооружения. Она позволила резко снизить расход металла на стружку и сократить время механической обработки оружия. Ее значение было отмечено в одной из передовых статей газеты «Правда».

Под руководством профессора М.А. Саверина была проведена большая работа по модернизации производства драгунской винтовки. В 1943 г. М.А. Саверин удостоен Государственной премии.

Коллектив кафедры сопротивления материалов под руководством профессора Г. А. Николаева выполнял работу по применению в конструкциях артиллерийских систем сварных соединений. Под руководством доцентов С.Д. Пономарева, Н.А. Чернышева и других усовершенствовались расчеты прочности пружин, применяемых в различных системах вооружения, и технология их изготовления.

Коллектив кафедры гусеничных машин разработал новую систему, обеспечивающую значительное повышение маневренности танков. Результаты работы были внедрены в производство, и ее авторы – профессор М.К. Кристи, доцент Г.И. Зайчик и другие – награждены Государственной премией.

В Ленинградском политехническом институте разнообразные и чрезвычайно важные исследовательские работы вела кафедра «Электрометаллургия цветных металлов», которой руководил Ю.В. Баймаков. По его воспоминаниям, еще в 1941 г. здесь развернулась работа по совершенствованию фильтров для газоубежищ [5, с. 261]. Весной 1942 г. лаборатория кафедры наладила получение кислорода для госпиталей. Была смонтирована установка, в которой путем электролиза вырабатывался кислород, им наполняли подушки, которые затем и передавали в госпитали. Ю.В. Баймаков вспоминал: «*В лаборатории электрометаллургии с помощью А.И. Морозова и С.С. Семенова мы поставили получение кислорода для госпиталей. Энергию мы получали от дизелей лаборатории двигателей внутреннего сгорания, а в июне 1942 года получили ток с… Волховской гидростанции посредством кабеля, проложенного по дну Ладожского озера…*» [16].

В литейной лаборатории по заказу Ленинградского металлического завода им. В.И. Ленина в марте-сентябре 1942 г. осваивалась плавка чугуна в вагранке на «смешанной топливной калоше торфа с дровами и другими видами топлива». Значимость работы диктовалась жестоким дефицитом топлива в блокированном городе. Руководивший работами В.М. Андреев еще в 1941 г. рассчитал оптимальный режим плавки чугуна при сжигании торфа вместо кокса. В марте 1942 г. он был эвакуирован в Москву, но начатые им исследования в ЛПИ продолжались [5, с. 263].

Ученые Горьковского индустриального института участвовали в опытно-конструкторских работах по оборонной тематике. Два факультета получили статус высших военных учебных заведений: Специальный радиотехнический и

Автобронетанковый. Горьковский индустриальный институт стал основной научно-проектной и технологической базой по выпуску военной продукции в Поволжье. Благодаря усилиям ученых, студентов и инженеров института и промышленных предприятий были разработаны и реализованы прогрессивные технологии производства вооружений [2].

Ученые Новочеркасского индустриального института занялись усовершенствованием впоследствии знаменитого «коктейля Молотова». В первые дни войны заведующий кафедрой физической и коллоидной химии Д.П. Семченко получил задание Комитета обороны, срочное и ответственное, – составить зажигательную смесь для бутылок. В результате группа специалистов изобрела запал на основе оптимальных пропорций серной кислоты и смеси бертолетовой соли: когда бутылка разбивалась, они соединялись с керосином, что вызывало врыв необходимой мощности. Орудие было простым и удобным для бойца, им могли пользоваться и новички.

Таким образом, военное время потребовало кардинальной перестройки системы подготовки инженерных кадров, что позволило не только сохранить, но и развить потенциал высшей школы и сыграло важную роль в укреплении обороноспособности страны. В эти годы система инженерного образования смогла не только сохраниться, но и эффективно функционировать. Высшая школа подготовила около 300 тысяч высококвалифицированных специалистов, внесших значительный вклад в победу над фашистской Германией.

Библиографический список

1. 75 мгновений войны. «Ижевская Бауманка» [Электронный ресурс] // URL: https://istu.ru/news/den-pobedy/75-mgnoveniy-voyny-izhevskaya-baumanka (дата обращения: 25.03.2025).
2. Горьковский политехнический институт им. А.А. Жданова во время Великой отечественной войны [Электронный ресурс] // URL: https://dzen.ru/a/Yn4N1Lk8jhAApY6A (дата обращения: 25.03.2025).
3. Изменения условий работы института [Электронный ресурс] // URL: https://portal.tpu.ru/tpu-veterans/tpu/work (дата обращения: 25.03.2025).
4. ***Левшин, Б.*** Советская наука в годы Великой Отечественной войны / Б. Левшин. – Москва : Наука, 1983. – 382 с.
5. ***Михайлов, А.А.*** Изобретательская и производственная деятельность в ленинградском политехническом институте в годы великой отечественной войны / А. А. Михайлов, Р. А. Панов // Россия в глобальном мире. – 2016. – № 8(31). – С. 253-267.
6. ***Николаев, Г.А.*** МВТУ в годы войны / Николаев, Г.А., Балабин, В.В./ [Электронный ресурс] // URL: https://militera.lib.ru/memo/russian/moscow2/35.html (дата обращения: 25.03.2025).
7. Роль Политеха в обороне Ленинграда [Электронный ресурс] // URL: https://doblestvekov.ru/news/rol-politekha-v-oborone-leningrada/ (дата обращения: 25.03.2025).
8. ***Цымбалюк, Д.*** В годы Великой Отечественной войны ЮУрГУ готовил инженеров-машиностроителей URL: https://www.susu.ru/ru/news/2020/05/09/v-gody-velikoy-otechestvennoy-voyny-gotovil-inzhenerov-mashinostroiteley (дата обращения: 25.03.2025).

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СУВЕРЕНИТЕТА В ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

***Д.Ю. Байдаров*[1,2]**

[1]*Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»*

[2]*НИЯУ МИФИ*

В статье рассмотрена деятельность государственной корпорации «Росатом» в области формирования системы новых направлений деятельности. Показано, что эти направления помогают укреплению технологического суверенитета Российской Федерации, являясь высокотехнологичными, соответствующими государственным стратегическим планам, перспективными. Выделены основные принципы диверсификации деятельности госкорпорации.

Ключевые слова: технологическое лидерство, диверсификация, высокотехнологичная промышленность, технологическое развитие

Технологический суверенитет, технологическая независимость и лидерство – взаимосвязанные задачи, стоящие сегодня перед Россией [1]. Технологический суверенитет – это такое состояние государства, при котором оно имеет возможность и способность независимо от внешних воздействий выбирать, создавать, приобретать, использовать, продвигать технологии, которые обеспечивают геополитическое лидерство и преимущества в долгосрочном развитии [2, с.71]. Технологический суверенитет и технологическое лидерство государства обеспечиваются национальными компаниями, которые обычно являются крупными холдингами [3]. В России сегодня крупнейшими высокотехнологичными компаниями, работающими на отечественном и зарубежных рынках, являются научно-производственные государственные корпорации – «Росатом», «Ростех», «Роскосмос». Цель работы – дать авторскую оценку участию государственной корпорации в развитии технологического суверенитета государства на примере госкорпорации «Росатом».

Государственная корпорация «Росатом» является одним из мировых лидеров в области строительства атомных электростанций и деятельности в области атомной энергии. Госкорпорация объединяет более 450 организаций, в которых работают около 400 тысяч человек [4].

Исторически основными сферами деятельности «Росатома» являлись атомная энергетика и национальная безопасность, в том числе, в оборонной сфере. Эти направления, развиваемые с 1946 г., способствовали формированию крупных научных, технологических, промышленных школ в госкорпорации, накоплению значительного количества технологий, компетенций для их производства во многих сферах деятельности – от геологии до квантовых вычислений. Важным ресурсом корпорации являются способности в сфере реализации крупных проектов национального масштаба и развитие новых направлений деятельности, прежде всего, высокотехнологичных и наукоемких, что, с точки зрения управленческой науки, является необходимым условием

для развития, в том числе, с использованием наиболее сложной стратегии – диверсификации [5].

Помимо основных направлений деятельности, которые, исходя из определения технологического суверенитета, направлены на его развитие, в том числе, за счет долгосрочного достижения технологического лидерства в своей сфере деятельности, «Росатом» развивает и другие направления, которые получили название «проекты технологического суверенитета». Сегодня таких направлений более 80. Основными из них являются: деятельность в области информационных технологий (оборудование, элементная база, программное обеспечение), объекты критической инфраструктуры, медицинская техника, накопители энергии, аддитивные технологии и оборудование, автоматизированнные системы управления технологическими процессами, электротехника, радиофармацевтические препараты, композитные материалы, ветроэнергетика и иные альтернативные источники энергии и пр. Отдельно можно выделить комплексные проекты национального уровня, такие как развитие Северного морского пути, ликвидация экологического ущерба и пр.

С позиций долгосрочного развития страны важно понимать, насколько эффективно организована система развития этих проектов, не окажутся ли они краткосрочными кампаниями, дают ли эти проекты возможности для развития иным организациям и, соответственно, регионам страны и пр. В то же время, с точки зрения госкорпорации эти проекты должны быть коммерчески эффективными, максимально использовать мощности организаций госкорпорации, способствовать ее развитию.

В экономическом плане развитие проектов технологического суверенитета выглядит перспективно – ежегодно объем их выручки увеличивается (рис.1).

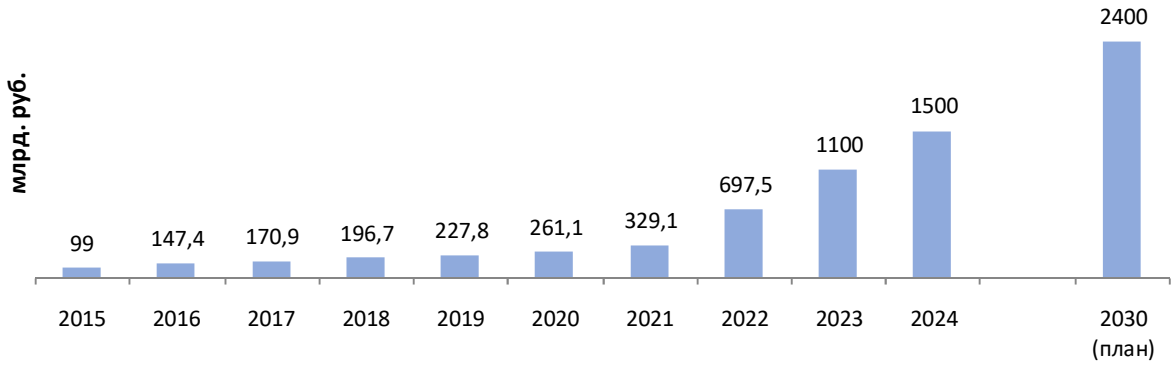


Рис.1. Выручка от проектов технологического суверенитета («новых продуктов») и стратегическая цель на 2030 год, млрд руб.

Портфель заказов на 10 лет по этим направлениям также ежегодно увеличивается (рис.2), что свидетельствует о стратегической направленности данных направлений деятельности, об активной работе по их продвижению, модернизации, соответствии продукции запросам потребителей.

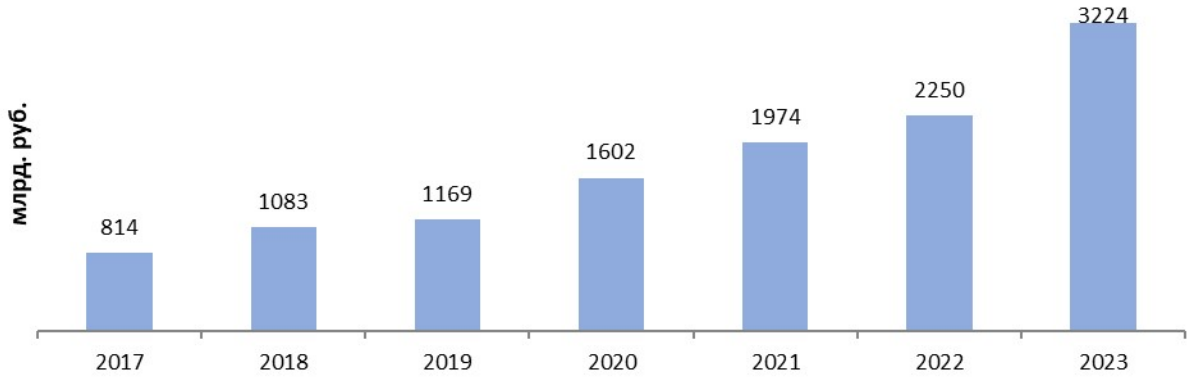


Рис.2 Портфель заказов по новым продуктам госкорпорации «Росатом» на 10 лет, млрд руб.

С организационной точки зрения необходимо выделить ряд принципов, на которых формируется система проектов технологического суверенитета в «Росатоме».

Во-первых, наличие трех уровней управления. Верхний уровень – государственный, на котором ставятся задачи по необходимым направлениям развития – в виде национальных проектов, стратегий, приоритетных направлений и пр., а также обозначается участие госкорпорации в реализации этих направлений. Средний уровень – корпоративный, на котором государственные задачи декомпозируются на уровень дивизионов и организаций, выбираются другие направления развития, утверждаются стратегии их развития, осуществляется поддержка проектов корпоративными ресурсами – финансовыми, работы с интеллектуальной собственностью, научными, внешнеторговыми и пр. Низший уровень – отдельные организации, которые выстраивают технологический процесс, организуют производство и пр.

Во-вторых, три уровня планирования в сфере проектов технологического суверенитета внутри корпорации. Наиболее важные и долгосрочные направления утверждаются на уровне руководства госкорпорации и оформляются, как институт «стратегических программ». Срок планирования для стратегических программ – не менее пяти лет. В их реализации могут участвовать организации разных дивизионов корпорации, а также привлеченные. Второй уровень – «продуктовые стратегии». Обычно они формируются в рамках отдельного дивизиона. Для них срок планирования составляет до пяти лет. Третий уровень – это «бизнес-инициативы», проекты, которые находятся в самом начале пути, требуют дополнительной проработки, решение по ним принимается дивизионом или одним предприятием, срок планирования – от одного года.

В-третьих, принципы выбора направлений. Основным критерием выбора направления является наличие в организациях корпорации научных, технологических, производственных, управленческих компетенций. Поскольку даже такая крупная корпорация, как «Росатом», не может обладать всеми необходимыми компетенциями, обычно при реализации проектов технологического су-

веренитета привлекаются и внешние партнеры. Чаще всего это наиболее квалифицированные отечественные компании – от госкорпораций, до стартапов. Отметим, что в ряде случаев одной из основных компетенций, используемой при реализации проекта, является способность организовать проект национального масштаба, то есть объединить разных производителей, разные отрасли экономики, вопросы территориального развития, взаимодействия с руководством страны, исполнение государственных функций и пр. Примером такого проекта является развитие Северного морского пути.

В-четвертых, использование института организаций-интеграторов. Интегратор – это организация госкорпорации, организующая работы в каком-либо из проектов технологического суверенитета. Его задача – общее руководство направлением деятельности, поиск заказчиков, представление корпорации на рынке, распределение работ между организациями-исполнителями. Интегратор, в отличие от дивизиона, выстраивает горизонтальную кооперацию для работ в конкретном направлении, к работам могут привлекаться организации разных дивизионов госкорпорации. Для внешних заказчиков и партнеров интегратор является «единым окном» по взаимодействию с госкорпорацией в направлении деятельности.

В-пятых, включение в проекты технологического суверенитета оборонных организаций корпорации. Задача увеличения доли выпуска гражданской продукции оборонными организациями поставлена Президентом РФ, и подтверждена, несмотря на значительное увеличение объемов оборонного заказа. Для оптимизации этой деятельности, снятия с оборонных предприятий несвойственной для них функций работы на рынке, эффективного использования технологических и производственных компетенций оборонных предприятий в гражданских целях, они также включаются в качестве соисполнителей в проекты технологического суверенитета путем взаимодействия с интеграторами. По некоторым направлениям, например, связанными с информационными технологиями, оборонные предприятия «Росатома» являются не просто соисполнителями, а основными разработчиками.

В заключение необходимо отметить, что научно-производственные государственные корпорации (на примере «Росатома») обладают необходимыми возможностями и компетенциями для организации производственной деятельности, способствующей укреплению технологического суверенитета Российской Федерации. Нарабатываемые ими управленческие решения и схемы показывают свою эффективность, исходя из увеличивающегося объема выручки, расширения направлений деятельности, стратегических планов. Следующим этапом развития должно стать занятие достойных позиций на мировых рынках.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 28 декабря 2024 года №523-ФЗ «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

2. **Байдаров, Д.Ю.** Диверсификация в атомной отрасли России: на пути к технологическому суверенитету. Методологические и практические аспекты / Д.Ю. Байдаров, Д.Ю. Файков. - М.: Издательство «Перо», 2024. – 304 с.
3. **Безруков, А.О.** Технологическое лидерство государства: концептуальное понимание и механизмы формирования / А. О. Безруков, Д. Ю. Байдаров, Д. Ю. Файков // Экономическое возрождение России. – 2024. – № 1(79). – С. 75-89.
4. Госкорпорация «Росатом. https://rosatom.ru/about/ (дата обращения 29.03.2025)
5. **Клейнер, Г.Б.** Ресурсная теория системной организации экономики // Российский журнал менеджмента. 2011. Т. 9. № 3, 2011. С. 3-28.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЕКТНОЙ И ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

О.В. Глебова, Р.С. Обыденнов
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье рассмотрены проблемы интеграции проектной и операционной деятельности научно-производственных предприятий (НПП). Проанализированы существующие положения и отличительные особенности концепции организационной амбидекстрии. Выявлена необходимость дальнейшей проработки данной концепции, развития на ее основе методических рекомендаций по разрешению конфликтных ситуаций между производственной и научно-технической деятельностью предприятий. Предложен подход к систематизации элементов воздействия механизма интеграции проектной и операционной деятельности НПП на базе концепции организационной амбидекстрия.

Ключевые слова: инновационная стратегия, операционная деятельность, организационная амбидекстрия, проектная деятельность, технологические инновации.

В современных динамично развивающихся высокотехнологичных отраслях промышленности одним из ключевых преимуществ для предприятий является способность поддержания баланса организационной гибкости и амбидекстрии. Успешным предприятиям, самостоятельно занимающимся разработкой новых видов продуктов/процессов, удается разрешать проблемные ситуации, противоречия между производственной и научно-технической деятельностью. При этом подобные конфликты могут быть обусловлены внутренними и/или внешними причинами. Отечественных публикаций по данным вопросам явно недостаточно, поэтому необходимо дальнейшее развитие подходов к определению и структуризации организационной амбидекстрии, а также составление практических рекомендаций для разрешения проблемных/конфликтных ситуаций между научно-исследовательской и эксплуатационной деятельностью инновационно активных предприятий.

Результаты первого исследования, посвященного организационной амбидекстрии (АО), были опубликованы Дж. Марчем (J. March) в 1991 году [7]. В кратком Оксфордском словаре английского языка амбидекстрия определяется как «редкое умение» или «способность использовать обе руки с одинаковой скоростью и эффективностью» [9]. В рамках организационно-управленческого направления данное понятие рассматривается как «способность организации одинаково успешно владеть двумя видами деятельности» [8].

В большей степени концепция АО востребована в рамках анализа взаимодействия 1) проектной и 2) операционной деятельности предприятия. Первый вид деятельности, включающий проведение исследований и новых разработок, в большей степени связан с динамической внешней средой. В частности,

при выявлении перспективных для организации рыночных и технологических возможностей [3]. Основные функции проектной деятельности предприятия связаны с инвестированием в инновационное развитие предприятия, поддержкой дальнейшего совершенствования текущих технологических процессов [2].

Второй вид деятельности в большей степени ориентирован на выявление внутренних проблем организации, на текущую эксплуатацию, поддержку сгенерированных в рамках проектной деятельности результатов.

В данном контексте АО рассматривается как возможность успешного управления двумя рассмотренными видами деятельности [8] и разрешения между ними конфликтных/проблемных ситуаций [1]. Проектная и текущая деятельность научно-производственных предприятий тесно взаимосвязаны в рамках обеспечения успешности реализации стратегии инновационного развития (рис. 1). При этом два вида деятельности пересекаются между собой и в ряде случаев их сложно разграничить.



Рис. 1. Взаимосвязь проектной и операционной деятельности научно-производственного предприятия при реализации стратегии инновационного развития
Источник: составлено авторами

Анализ профильной литературы позволил выделить ряд наиболее существенных аспектов, влияющих на уровень АО:

– гибкое изменение распределения ресурсов организации между проектной и операционной деятельностью [4];

– соблюдение баланса между исследовательскими (более рисковыми) и эксплуатационными (менее рисковыми) проектами при их отборе с учетом ресурсных ограничений предприятия [1];

– взаимосвязь между стратегической гибкостью и операционной эффективностью [6];

– обеспечение корректного распределения потока информации и коммуникаций [5];

– воздействие на поведенческие аспекты управленческой команды и их учет при отборе членов проектной команды [10].

При исследовании амбидекстрии особое внимание уделяется вопросам разрешения проблемных/конфликтных ситуаций, возникающих между проектной и операционной деятельностью. В публикации [8] подчеркивается важность для развития способностей АО рассмотрения конфликтных ситуаций в контексте накопления знаний, поведенческих особенностей участников, уровня используемых технологий и сложности процессов на различных уровнях управления (стратегическом, проектном/тактическом, операционном и индивидуальном). Там же предлагается использовать перечисленные аспекты в качестве основы для измерения степени амбидекстрии организаций и выявления узких мест в ее структуре.

Проведенный анализ позволил сделать вывод о необходимости дальнейшего изучения элементов воздействия механизма интеграции проектной и операционной деятельности НПП. Авторские предложения по систематизации элементов воздействия на базе ключевых положения концепции АО представлены в табл. 1.

Таблица 1

Систематизация элементов воздействия механизма интеграции проектной и операционной деятельности научно-производственного предприятия

Группа	Ключевые элементы группы
Формирование/поддержание организационной структуры	– обеспечение баланса организационной гибкости; – координация функций и ответственности в рамках операционной и проектной деятельности; – формирование условий для дополнительных контактов между участниками двух сфер деятельности
Приобретение новых знаний	– стимулирование исследования передовых технологий, необходимых для осуществления новых проектных инициатив; – координация обмена знаниями между специалистами различных профилей (инженерии, маркетинга, управления); – поощрение повышения квалификации, компетенций членов проектной команды и специалистов производственной сферы
Эффективные коммуникации	– обеспечение взаимосвязи между руководством предприятия и проектной командой; – поддержка действенности внутренних и внешних коммуникаций научно-производственного предприятия; – стимулирование развития разнообразных форм сотрудничества (отраслевые альянсы, техническое сотрудничество и т.п.)
Регулирование оценочных процедур	– балансировка уникальных ресурсов между научно-технической и производственной деятельностью предприятия; – совершенствование процедур оценки и мониторинга инновационных проектов на его разных стадиях

Источник: составлено авторами

Таким образом, расширено рассмотрение организационной амбидекстрии в контексте интеграции проектной и операционной деятельности инновационно-активного предприятия. В этом случае АО детерминируется как способность организации использовать структурные, обучающие, селекционные и коммуникационные способы воздействия для разрешения проблемных/конфликтных ситуаций в контексте накопления знаний, поведенческих особенностей участников, уровня используемых технологий и сложности процессов на различных уровнях управления. Предложенные способы могут использоваться как раздельно, так и изолированно в зависимости состояния бизнес-среды, а также внутренних ограничений и доступности необходимых ресурсов. Также необходимо совершенствование методических рекомендаций по проведению оценочных процедур по выявлению узких мест в рассмотренных процессах интеграции.

Библиографический список

1. ***Глебова, О.В.*** Управление конфликтными ситуациями в сфере науки и инноваций [Текст] / О.В. Глебова [и др.]. – Н. Новгород, 2019. – 201 с.
2. ***Лапаев, Д.Н.*** Интеграция процессов оценивания успеха инновационных проектов с проектным менеджментом и управлением реализацией преимуществ [Текст] / Д.Н. Лапаев, О.В. Глебова, О.Ю. Мельникова, С.В. Глебов // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Т. 14. № 1. – С. 13-28.
3. ***Титов, С.А.*** Гибридные методологии управления проектами как проявление организационной амбидекстрии [Текст] / С.А. Титов, Н.В. Титова // Управленческие науки. – 2022. – № 12(2). – С. 55-67.
4. ***Чаплина, А.Н.*** Новая управленческая парадигма обеспечения баланса между исследованиями и эксплуатацией в целях достижения конкурентной устойчивости [Текст] / А.Н. Чаплина, И.А. Максименко // Проблемы современной экономики. – 2021. – № 2(78). – С. 64-68.
5. ***Du, J.*** Applying Organizational Ambidexterity in strategic management under a «VUCA» environment: Evidence from high tech companies in China [Текст] / J. Du, Z. Chen // International Journal of Innovation Studies. – 2018. – № 2(1). – P. 42-52.
6. ***Kortmann, S.*** Linking strategic flexibility and operational efficiency: The mediating mediatingrole of ambidextrous operational capabilities [Текст] / S. Kortmann, C. Gelhard, C. Zimmermann, F. Piller // Journal of Operations Management. – 2014. – № 32. – P. 475-490.
7. ***March, J.*** Exploration and exploitation in organizational learning [Текст] / J. March // Organization Science. – 1991. – № 2. – P. 71–86.
8. ***Petro, Y.*** Ambidexterity through Project Portfolio Management: Resolving Paradoxes in Organizations (PMI Sponsored Research, 2017) [Текст] / Y. Petro // – Электронный ресурс // URL: https://www. pmi.org/learning/library/ambidexterity-project-portfolio-management-11195 (дата обращения 25.02.2025).
9. The Concise Oxford English Dictionary (11-th edition) [Текст]. –Oxford, England: Oxford University Press, 2004. – 1728 p.
10. ***Varajão, J.*** Success Management – From theory to practice [Текст] / J. Varajão, L. Magalhães, L. Freitas, P. Rocha // International Journal of Project Management. – 2022. –№ 40 (5). – P. 481-498.

НОВЫЙ ПОДХОД К ВЗАИМОДЕЙСТВИЮ ОБОРОННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СЕКТОРОВ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

Д.Ю. Файков[1,3], Д.Ю. Байдаров[2,3]
[1]ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»
[2]Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
[3]НИЯУ МИФИ

Рассмотрены вопросы взаимодействия оборонного и гражданского секторов экономики, на основе анализа отечественного и зарубежного опыта сформулирована текущая парадигма их взаимодействия. Исходя из оценки общемировых тенденций и национальных условий, предложена новая парадигма взаимодействия секторов, выделены ее основные принципы.

Ключевые слова: технологическое лидерство, технологический суверенитет, новая модель экономики, диверсификация

Необходимость обеспечения технологического суверенитета, технологического лидерства требуют скоординированных усилий всей отечественной экономики, в том числе, взаимодействия оборонного и гражданского секторов экономики для эффективного использования национальных ресурсов. Такой подход может рассматриваться, как один из возможных элементов новой модели отечественной экономики [1], поскольку позволяет использовать как существующие инструменты и механизмы, так и современные принципы платформенности, кооперации и пр. Цель статьи – обосновать необходимость и принципы нового подхода (парадигмы) к взаимодействию оборонного и гражданского секторов экономики, рассматриваемого как часть экономической модели государства.

Методологические подходы. Принципиальные позиции исследования базируются на выделении и рассмотрении мезоэкономического уровня в экономике, который соединяет макроэкономические процессы с микроуровнем отдельных организаций. Сектора экономики, в том числе, оборонный и гражданский, а также отрасли и крупные объединения – холдинги и государственные корпорации, являются объемами мезоэкономического уровня. С теоретической точки зрения, мезоэкономические исследования базируются на системном [2, с.28] и институциональном подходах [3, с.12].

Взаимодействие оборонного и гражданского секторов экономики определяем как явление парадигмального масштаба, поскольку оно складывается исторически, под воздействием различных влияний, в том числе, научного характера.

Текущая парадигма. С теоретической точки зрения, оборонный сектор экономики – это некоторая сущность, объединяющая организации, производящие продукцию военного назначения. Именно так будем рассматривать его в рамках статьи. Необходимость институциализации в оборонном секторе рас-

сматривалась в работе [4] и является одной из научно-практических задач в рамках развития отечественной экономики.

Оборонный сектор исторически обладал качествами и общественного и частного секторов экономики. В историческом плане частный характер проявлялся в продаже оружия не только государству, но и физическим и юридическим лицам. В СССР/РФ такая продажа была минимизирована (спортивное и охотничье оружие), то есть оборонный сектор практически полностью стал производителем общественных благ. На этом было основано директивное управление оборонным сектором, как частью государственного сектора экономики. Директивное управление в оборонном секторе также связано с выполнением государственного оборонного заказа.

В настоящее время оборонный сектор снова становится производителем и общественных, и частных благ. Среди общественных благ такие, как военная безопасность государства (в экономической части), его геополитический статус [5, с.24-25]; также оборонный сектор создает такие положительные эффекты, как стимулирование совокупного спроса, развитие науки и технологий, развитие образования, обеспечение социальной и политической стабильности, помогает территориальному развитию и пр.

Производство частных благ сегодня связано с высокотехнологичностью оборонного сектора, наличию в нем необходимых компетенций, собственных разработок, в том числе, критических технологий, полных технологических цепочек, основанных на отечественных технологиях, эффективности технологий, подтверждаемой необходимой экспериментальной отработкой и пр. Эти возможности оборонного сектора позволяют производить в нем самую передовую с технологической точки зрения продукцию.

Однако использование этих возможностей для выпуска гражданской продукции осложняется особенностями, которые характерны для оборонного производства – длительные сроки разработки и выведения готового изделия на рынок, сложность изменения ассортимента, высокие накладные расходы, зависимость от изменений гособоронзаказа и пр., что несовместимо с рыночными требованиями для гражданской продукции, где необходима гибкость и скорость разработки новых решений.

Именно из-за такой дилеммы ведущие в производстве оружия страны мира разрабатывают способы взаимодействия оборонного и гражданского секторов, чтобы соединить их сильные стороны [5, с.36-49]. Интересен опыт Китая, который еще более 50 лет назад на государственном уровне поставил задачу военно-гражданской интеграции, и с 2017 года – военно-гражданского слияния, с целью максимально эффективного использования национальных ресурсов и для усиления обороноспособности, и для технологического лидерства. В США и европейских странах интеграция в большей степени происходит в рамках крупнейших корпораций.

В России вопросы системного взаимодействия оборонного и гражданского секторов, использование опыта, ресурсов, технологий оборонного сектора

экономики для производства высокотехнологичной гражданской продукции пока только ставятся [6].

Таким образом, существующую сегодня парадигму взаимодействия оборонного и гражданского секторов экономики в России можно представить, как относительно независимое друг от друга развитие. Эта парадигма формировалась в течение второй половины XX века, была характерна для всех государств с развитым военно-промышленным комплексом. Парадигма подразумевает приоритетность разработок современных технологий в оборонной промышленности для использования в военных целях. Производство на основе таких технологий гражданской продукции (в самом ли оборонном секторе, или передача технологий в гражданский сектор) скорее исключение, чем правило. То есть взаимодействие секторов существует, но оно в большей степени обусловлено не технологическими причинами, а социально-экономическими – развитием территорий, образования и пр. Незначительность технологического взаимодействия связана, в том числе, и с исторически сложившейся «закрытостью» оборонного сектора. Такая закрытость с одной стороны, помогла сохранить отечественную оборонную промышленность от полного распада в 1990-е годы, с другой стороны, ограничивает возможности использования современных технологий для гражданских целей. Задача активизации взаимодействия секторов, при безусловном обеспечении обороноспособности государства, требует не только практических, но научно обоснованных подходов.

Новая парадигма. Новая парадигма взаимодействия оборонного и гражданского секторов экономики должна пониматься как формирование единой системы, в которой компетенции каждого из секторов используются для достижения общих целей, таких как обеспечение обороноспособности государства, суверенитета, в том числе технологического, технологического лидерства. Основными принципами парадигмы должны быть: единство стратегических целей; единая система управления и планирования; активный технологический трансфер между секторами [7].

Первым шагом к формированию новой парадигмы должна быть системная диверсификация в оборонном секторе, направленная, прежде всего, на расширение производства продукции гражданского и двойного назначения. Такая диверсификация поможет сформировать необходимые институты, наработать опыт взаимодействия с гражданским рынком. Системность этого процесса должна соответствовать системности самого оборонного сектора экономики [8], иметь необходимое институциональное и организационное оформление [9].

Расширение взаимодействия секторов должно включать не только технологический трансфер, но и другие сферы: прогнозирование и планирование, фундаментальные и прикладные исследования, создание технологических платформ, производств, продвижение на внешних рынках, образование и пр. Создание собственных платформ является одним из ключевых условий технологического лидерства, для них необходимо совместить технологические воз-

можности оборонного сектора и возможности гражданского сектора по быстрому и широкому распространению новых продуктов.

В системе образования необходима широкая связь с конкретной экономикой: как с оборонным, так и с гражданским ее секторами, что позволит студентам получать комплексный набор знаний. Оборонный сектор должен активнее взаимодействовать не только с естественнонаучными специальностями, но и с экономическими, юридическими, медицинскими, педагогическими и прочими, передавая опыт работы крупных научно-производственных систем и ставя задачи соответствующего профиля и уровня.

Для реализации новой парадигмы взаимодействия оборонного и гражданского секторов экономики необходима единая государственная политика, которая должна обеспечиваться системой управления федерального уровня с декомпозицией целей и задач на отрасли, регионы, государственные корпорации и пр.

Анализ взаимодействия оборонного и гражданского секторов экономики показал необходимость более глубокой их интеграции для возможностей эффективного использования ресурсов в целях формирования технологического суверенитета и технологического лидерства государства. Такое взаимодействие должно базироваться на едином целеполагании, планировании, системе управления, активном перетоке технологий между секторами.

Библиографический список

1. ***Байдаров, Д. Ю.*** Формирование новой модели отечественной экономики в контексте технологического суверенитета: принципы и механизмы / Д. Ю. Байдаров, А. В. Полосин, Д. Ю. Файков // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 669-688.

2. Мезоэкономика России: стратегия разбега: монография / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера; ФГБУ ЦЭМИ РАН. М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2022. – 808 с

3. Мезоэкономика: состояние и перспективы: Монография / Под. ред. В.И. Маевского, С.Г. Кирдиной-Чэндлер, М.А. Дерябиной. М.: ИЭ РАН, 2018. – 314 с.

4. ***Файков, Д.Ю.*** Оборонный сектор экономики: институционализация и системный подход / Д.Ю. Файков, Д.Ю. Байдаров // Дискуссия. - 2024. - № 11. - Вып. 132. С. 139-150. - DOI 10.46320/2077-7639-2024-11-132-139-150

5. ***Байдаров, Д.Ю.*** Диверсификация в атомной отрасли России: на пути к технологическому суверенитету. Методологические и практические аспекты / Д.Ю. Байдаров, Д.Ю. Файков. - М.: «Перо», 2024. – 304 с.

6. Заседание Совета по стратегическому развитию и национальным проектам. Сайт Президента РФ. 05.12.2024. http://www.kremlin.ru/events/president/news/75762 (дата обращения 12.03.2025)

7. ***Байдаров, Д. Ю.*** Изменение парадигмы взаимодействия оборонного и гражданского секторов в рамках формирования новой модели российской экономики / Д. Ю. Байдаров, В. В. Иванов, Д. Ю. Файков // Экономическая безопасность. – 2024. – Т. 7, № 12. – С. 3121-3142.

8. ***Байдаров, Д.Ю.*** Взаимодействие оборонного и гражданского секторов – подход с позиций мезоэкономики/ Д. Ю. Байдаров, В. В. Иванов, Д. Ю. Файков // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. – 2025. - № 1. - С. 13-22

9. ***Байдаров, Д.Ю.*** Концептуальные основы диверсификации в оборонном секторе экономики/ Д.Ю. Байдаров, Д.Ю. Файков // Дискуссия. - 2024. - № 12 Вып. 133. - С. 153–164.

1 СЕКЦИЯ

ОТЕЧЕСТВЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

НТР НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НИЖЕГОРОДСКОЙ (ГОРЬКОВСКОЙ) ОБЛАСТИ В ПОСЛЕВОЕННЫЙ ПЕРИОД

М.В. Егошина[1], П.С. Маслов[2]
[1] Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт
[2]военнослужащий ВС РФ

В статье освещены основные аспекты внедрения достижений НТР на промышленных предприятиях Горьковской области в послевоенные годы. Приведены примеры технических новинок, проанализированы проблемы, связанные с этим процессом.

***Ключевые слова*:** оборонно-промышленный комплекс, Горьковская область, достижения НТР.

После окончания Великой Отечественной войны перед промышленностью СССР встала задача не только скорейшего восстановления довоенных показателей производства, но и повышения ее качества. Оба эти процесса тесным образом были связаны с внедрением в производство достижений научно-технической революции (далее – НТР).

В.С. Лельчук рассматривал НТР как коренное, качественное изменение производительных сил общества, которое в своей основе имеет научные изыскания, постепенно превращающие науку в основной фактор производства. Ученый подчеркивает тот факт, что именно в послевоенные годы в стране происходят существенные перемены в процессе развития производительных сил, что позволяет наиболее полно использовать ее индустриальный потенциал. Кроме того, именно в послевоенные годы благодаря научным исследованиям обновляются знания о различных явлениях окружающей человека действительности, что оказывает существенное влияние на развитие промышленного производства в целом [4; 5].

НТР в СССР в своем развитии прошла несколько этапов. Первый, послевоенный этап, связан с ускорением в промышленном производстве на основе научно-технического прогресса. Однако на этот процесс существенно повлияла внешнеполитическая ситуация: краткий период конверсии, когда перед промышленными предприятиями была поставлена задача по увеличению выпуска

гражданской продукции, после Фултонский речи У.Черчилля сменился периодом реконверсии, то есть возвратом к ускоренному развитию оборонно-промышленного комплекса страны.

Необходимо отметить, что в любом случае после окончания войны требовалась частичная или даже полная перестройка в работе предприятий промышленности. К концу 1940-х гг. для этого было необходимо учитывать как наличие квалифицированных кадров, так и научные достижения.

В Нижегородской (в то время – Горьковской) области лидером по внедрению изобретений и новинок в производство был Горьковский автомобильный завод (далее – ГАЗ).

Так, на ГАЗе в 1947 г. была внедрена в производство моторного цеха автоматическая линия, которая позволяла шлифовать поршневые кольца. Благодаря ее внедрению производство поршневых колец увеличилось в 10 раз. При этом на работу в другие цеха были переведены 30 шлифовщиков, имеющих высокую квалификацию. Связано это с тем, что на линии один специалист мог обслуживать 6 станков.

Важно отметить тот факт, что на заводе работали собственные коллективы-инженеров-изобретателей, хорошо знавших нужды производства, а потому создававших эффективные технические новинки. Так, автоматическая линия для обработки поршневых колец стала итогом работы коллектива из 80 инженеров-изобретателей. Во главе этой группы стоял И.И. Менделенко.

В 1947 г. на автозаводе была введена в эксплуатацию и автоматическая линия по обработке блоков моторов, проводились работы по созданию полуавтоматических и автоматических линий сборки [1].

В этом же году ГАЗ первым в СССР начал производить с помощью метода кругового протягивания конические колеса дифференциала. С 1949 г. заводчане первые в стране собирают автомобили методом стапельной сборки.

Совместные разработки ГАЗа и НИИТ Автопрома также внедрялись в производство: с 1950 г. в процессе производства применяется автоматическая линия для проведения сварки колес грузовых автомобилей. С 1955 г. на ГАЗе применяют электроокраску деталей машин. Метод также внедрен в отрасли впервые. В 1960 г. на заводе разработан и применен метод, предполагающий сварку с помощью трения. Этот опыт стал первым в мировой истории автомобилестроения. Также в этом году на заводе стали широко применяться автоматические линии, позволяющие передавать автомобили и их запчасти из одного цеха в другой [1].

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что ГАЗ занимал лидирующие позиции как среди предприятий области, так и среди предприятий отрасли в стране по количеству и качеству внедренных в производство новшеств.

Данный уникальный опыт поддерживался руководством области. Также оно инициировало широкое распространение внедрения технологических новшеств среди других промышленных предприятий. Так, обком партии Горьков-

ской области стал инициатором проведения в 1948 г. первой областной конференции по вопросам технологии машиностроения. Наряду с докладами инженеров о новых технологических процессах, внедряемых в производство, выступили ученые вузов. В целом работа данной конференции была направлена на то, чтобы существенно повысить уровень технологического развития промышленных предприятий области, совершенствованию производственных процессов, изучению и распространению наиболее эффективных методов производства. Уже через несколько лет в отчетах о деятельности заводов за год появились данные о том, что они перешли на поточное производство, что на них была освоена сборка деталей на конвейере [6].

При этом необходимо отметить, что лишь малая доля изобретателей нового оборудования, внедрения новых методов производства имела высшее или же среднее специальное образование. Многие из них получали его намного позже.

Понимая важность изучения передового опыта, повышения уровня технической грамотности работников заводов, бюро обкома КПСС области стало инициатором регулярного проведения научно-технических конференций. На них получали возможность делиться опытом передовики производства и научные сотрудники.

Общегородская конференция 1952 г. была посвящена вопросам, касающимся направлениям развития технического потенциала промышленных предприятий области, в том числе, механизации отдельных видов работ, внедрения автоматизированных линий в производство. Также на конференции были затронуты вопросы рационализации различных процессов в производстве. Это способствовало тому, что на промышленных предприятиях области существенно укрепилось движение рационализаторов. Согласно архивным данным, во второй половине 1955 г. на предприятиях области было внесено не менее 20 тысяч рационализаторских предложений. Они были направлены на то, чтобы улучшить использование промышленных мощностей предприятий, существенно повысить производительность труда рабочих, что в целом должно было привести к улучшению показателей производства [7].

Руководство промышленных предприятий Горьковской области в послевоенный период было крайне заинтересовано в том, чтобы решать вопросы по совершенствованию производства, внедрению в производственный процесс новых технологий. Данное положение дел объяснялось тем, что на многих производствах были механизированы далеко не все технологические процессы, не говоря уж об их автоматизации, что сказывалось на производительности труда как отдельных рабочих, так и на выполнении планов, поставленных перед заводами государством.

Согласно архивным данным, на одном из ведущих предприятий области – «Красном Сормове» – к 1955 г. механизации не было в 71,5% судостроительных работ, 34% работ, связанных с обработкой металлов, в 32,3% работ, связанных с машиностроением. При этом темпы механизации на заводе год от года

снижались. Так, не были механизированы работы, связанные с очисткой и окраской судов. К ним привлекались сотни человек, то есть данные работы имели высокую себестоимость. При этом в СССР на судостроительных заводах такие работы были механизированы.

Также на «Красном Сормове» для постройки судов необходимо было использовать огромное количество электросварочных электродов, но 95% их производства было ручным. При этом в 1952 г. закупил, но не ввел в эксплуатацию два пресса, которые позволяли механизировать процесс обработки электродов.

«Красное Сормово» отставало также в процессе совершенствования литейного и кузнечного производства. В архивных документах зафиксирован тот факт, что технологические процессы в этих цехах не менялись с XIX в. Так, корабелы не внедрили в производство метод точного литья, скоростного резания (этот процесс был медленнее по сравнению с другими заводами области) [7].

Аналогичная ситуация, согласно документам, была и на заводе им. Сталина. Мартеновские печи завода были оборудованы установками, которые позволяли применять прогрессивный метод кислородного дутья, однако они не использовались, а сам метод не применялся в процессе производства. В результате средний съем литья был в два раза ниже, чем на других заводах области [7].

Подводя итог, можно отметить, что проведение НТР на предприятиях оборонно-промышленного комплекса Горьковской области было процессом противоречивым. С одной стороны, в нем было заинтересовано руководство страны, области, самих предприятий. Ряд заводов активно внедрял в процесс производства технические новинки, осваивал новые методы работы. С другой стороны, ряд заводов, даже имея возможности для развития на основе достижений НТР, не внедряли их в производственный процесс. Это приводило к тому, что НТР в СССР была связана не столько с автоматизацией производственных процессов, сколько с необходимостью хотя бы их механизации.

Библиографический список

1. Горьковский автомобильный. – М.: Мысль, 1981. – 304 с.
2. «Горьковский рабочий». 1959. 21 февраля
3. XX съезд Коммунистической партии Советского Союза. 14–25 февраля 1956 : стенографический отчёт. В 2 т. Т. 2. – М. : Госполитиздат, 1956. – 559 с.
4. ***Лельчук, В.С.*** Промышленность и рабочий класс СССР в условиях НТР / В. С. Лельчук, Е. Э. Бейлина. - М. : Высш. школа, 1982. - 192 с.
5. Советский энциклопедический словарь. - М., 1985. - С.864
6. ***Щепетов, Е.М.*** Борьба Горьковской организации КПСС за ускорение развития промышленности в послевоенный период (1946 - 1950 гг.) // Научная конференция, посвященная 70-летию Великой Октябрьской социалистической революции. Тезисы докладов. - Киров, 1987.
7. ГОПАНО. Ф. 3. Оп. 2. Оп. 2. Д. 33. Л. 9,10; Д. 5812. Л. 3, 12, 37-43, 115, 118; Д. 5908. Л. 13

ЭВОЛЮЦИЯ ОТРАСЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В XIX – XX ВЕКАХ

Р.Д. Елдашов
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал

В статье рассмотрен процесс эволюции промышленного сектора в России с акцентом на ключевые исторические периоды. Автор анализирует структурные изменение в ведущих отраслях, особое внимание, уделяя факторам, которые влияли на развитие промышленности в разные этапы истории России.

Ключевые слова: Россия, мануфактуры, железные дороги, электронная промышленность, импортозамещение.

Промышленность в России прошла сложный путь трансформации, который тесно связан с политическими, социальными, экономическими и культурными изменениями. От введения мануфактур при Петре I до технологически сложных производств XXI века эволюция отраслей промышленности отражает как внутренние реформы, так и внешние вызовы.

До XVIII века экономика России основывалась на сельском хозяйстве и торговле. Развитие промышленности связано с именем Петра I, при котором были введены мануфактуры. Петр Алексеевич считал, что страны Европы процветали и обогащались благодаря данной отрасли экономики. Принцип мануфактур заключался в привлечении к промышленности наёмных работников и разделении труда. Фактически работа горожан в мануфактурном производстве стала их обязанностью. Кроме того, Петр I принимал принудительные меры вовлечения купцов в крупную промышленность [5, с.259]. Промышленный взрыв в России произошёл в годы Северной войны. После поражения под Нарвой стало понятно, что России было необходимо создавать новую боеспособную армию. Многочисленные мануфактуры, преимущественно оборонного назначения, в данной ситуации руководствовались принципом обеспечения армии и флота всем необходимым для ведения военных действий. Именно сражение под Нарвой 1700 г. предопределило высокие темпы развития промышленности [1, с.122].

Немало важным фактором развития промышленности в России XIX в. являлось территориальное разделение труда, что положительно влияло на повышение производительности труда в стране. По данным Центрального статистического комитета, в 1846 г. только в Нижегородской губернии в промышленных селениях насчитывалось до 2500 предприятий, производительность которых была равна 73% общегубернской суммы промышленного производства. Наиболее развитыми в промышленной отрасли губернии являлись Московская и Владимирская губернии. По данным Министерства финансов, Московская

губерния занимала первое место по развитию промышленности. Особенно была развита текстильная промышленность [8, с. 15-18].

Промышленность 30-40 годов XIX в. в России также характеризуется строительством железных дорог. Примитивная техника перевозки и пассажиров по водным и грунтовым путям являлась проблемой для экономического прогресса в стране. В тоже время борьба за механизацию транспорта принимала широкий общественный резонанс. В числе сторонников нового транспорта были инженеры, писатели, журналисты, а также крупнейшие русские поэты, такие как А.С. Пушкин, П.А. Вяземский и другие. Декабрист – писатель Н.А. Бестужев, находившийся в Сибири на каторге, описывал в своих трудах проблемы экономического развития в России [7, с.35]. В итоге, в марте 1836 г. было объявлено об акционерной компании Царскосельской дороги, а уже в мае того же года началось ее строительство. Торжественное открытие железной дороги на участке Петербург – Царское Село состоялось 30 октября 1837 г. Кроме того, в XIX в. будут открыты Транссибирская магистраль и Петербурго-Московская железная дорога. К 1889 г. общая протяжённость железнодорожной сети России составляла уже 22179 км [3, с. 22]. Ещё одним важным фактором экономического прогресса была отмена крепостного права в 1861 г. Однако основу экономики по-прежнему составлял аграрный сектор, с низким уровнем технологической оснащенности [7, с. 87].

В 1903 г. стали замечаться признаки улучшения ситуации в промышленности. Однако русско-японская война и революция 1905 г. оборвали оживление промышленности и затянули её депрессивное состояние до 1908 г., а в некоторых отраслях до 1909 г. Кризис в угольной промышленности вызвал падение добычи в Донецком и Подмосковном бассейнах в 1901-1902 гг. Эта ситуация связана с сокращением производства в металлообрабатывающей и на многих южных предприятиях, которые тогда потребляли донецкий уголь [3, с.70-72].

С 1909 г. в промышленности страны наблюдается промышленный подъём, который, начиная с 1910 г., будет носить общий характер, и будет продолжаться в течение следующих пяти лет. В этот период промышленность вступает в новый капиталистический цикл, а связано это было с ростом урожая. Единственным неурожайным годом в данный период был 1911 г. Кроме того, выручка за экспорт хлеба значительно выросла: в то время как с 1904 – 1908 гг. она составила 2545,9 млн руб., в следующие пять лет с 1909 года выручка была равна 3421,8 млн руб. [3, с. 123].

В 1914 г. началась Первая мировая война. В годы войны на относительно высоком уровне находился только ввоз машин и металлов, кроме земледельческих: эти товары направлялись на заводы и фабрики, которые были предназначены для военных целей. Однако одной из главных проблем, влиявших на промышленную деятельность, являлось расстройство транспорта. Железнодорожное хозяйство накануне войны находилось на низком уровне развития, т.к. железнодорожная сеть накануне войны работала с большим напряжением, она не могла справиться с огромными требованиями, которые были предъявлены же-

лезнодорожному транспорту, а именно мобилизация армии и перевозка грузов военного назначения [3, с. 172-173]. Так, текстильная промышленность сократила потребление топлива в 1916 г. на 2% по сравнению с довоенным временем и на 8% в 1917 г., пищевые производства сократили расход топлива на 11,6%, главным образом, за счёт сокращения винокуренного производства, в то время как табачное, свеклосахарное и мукомольное производства показывают некоторый рост потребления топлива. Хлопчатобумажная отрасль также сократила расход топлива до 2318,5 тыс. т в 1916 г. [3, с. 181]. В металлургической промышленности наблюдался недостаток в черных металлах. Правительство проводило ряд регулирующих мероприятий, как и в топливной промышленности, на ограничение потребления, перераспределение наличных запасов и направление металлических продуктов на прокатку необходимых для военных целей сортов металла [3, с. 183]. В итоге Первая Мировая война негативно отразилась на всех отраслях промышленности. В феврале 1917 г. наступит революция, а после нее в октябре того же года начнётся гражданская война. Эти два фактора будут ключевыми, которые усугубят процесс разложения промышленности.

После прихода к власти большевиков промышленность являлась главным инструментом в постройке социализма. Выражалось это в проведении политики индустриализации, которая радикально изменила структуру экономики. Только за три года третьей пятилетки промышленность Урала, Поволжья, Сибири, Средней Азии и Казахстана увеличила выпуск продукции в 1,5 раза. Индустрия восточных районов по своей мощи оставила далеко позади уровень всей дореволюционной России [9, с. 47]. В результате проведения данной политики СССР стал второй державой мира по объему промышленности после США [2].

Накануне Великой Отечественной войны у СССР уже была создана мощная промышленная база, а именно развиты тяжёлая промышленность, металлургия и машиностроение [9, с. 10]. Особенно активными темпами развивалась оборонная промышленность. Благодаря ее успешному развитию увеличилась техническая оснащенность войск Красной Армии [9, с. 33]. В условиях опасности начала войны Коммунистическая партия направила все силы на подъём обороноспособности Советского Союза. В предвоенный период многие гражданские предприятия стали выпускать военную продукцию. Часть тракторных конвейеров переводились на производство танков [9, с. 48]. Хотя до начала второй мировой войны танкостроение в СССР развивалось как мелкосерийное производство. В 1940 г. для укрепления авиационной промышленности было передано семь заводов других отраслей, усиленно велось строительство авиамоторных и агрегатных заводов [9, с. 51]. Также производилась мобилизация трудовых ресурсов, на оборонных предприятиях был введён 12-часовой рабочий день. Кроме того, ВВП страны в период 1942-1944 гг. вырос в 11 раз, по сравнению с периодом 1915-1917 гг. [9, с. 9]. Таким образом, можно сделать вывод, что Великая Отечественная война оказала огромное влияние на развитие промышленности СССР.

В настоящее время Россия делает ставку на развитие электронной промышленности. Электронная промышленность – отрасль экономики, связанная с разработкой и производством электронного оборудования, модулей, компонентов и встраиваемого программного обеспечения. Электронная промышленность за 2008-2018 гг. показала положительный темп развития благодаря реализации основных мероприятий Стратегии развития электронной промышленности России на период до 2025 г. Благодаря реализации данной политики объём выручки организаций данной отрасли составил 1868 млрд рублей, доля гражданской электронной продукции, произведённой российскими организациями, в общем объёме внутреннего рынка электроники (по выручке) составила 31% [6, с. 3-5]. В 2021 г. Россия заняла первое место по использованию интернета для коммуникации, опередив этом показателе Великобританию [4, с. 26]. Развитие цифровой промышленности связано с развитием электронных госуслуг. В 2021 году 68% населения (в возрасте 15-72 лет) Российской Федерации получили государственные и муниципальные услуги в формате онлайн. По сравнению с 2020 г. этот показатель вырос на 10%. В 2021 г. Россия заняла первое место по онлайн – взаимодействию населения с правительством [4, с. 65-66]. Санкции после 2014 г. активизировали импортозамещение в электронной промышленности. Импортозамещение выражается в таких областях, как телекоммуникационное оборудование, вычислительная техника, системы автоматизированного и интеллектуального управления. Развитие электронной промышленности в России демонстрирует высокие темпы развития, важным фактором которого является цифровизация государственных услуг и импортозамещение в отрасли.

Эволюция промышленных отраслей в России представляет собой сложный исторический процесс трансформации, который тесно связан с политическими, экономическими и социальными изменениями. Начиная с петровских мануфактур и заканчивая электронной промышленностью, ключевыми факторами оставались государственные реформы, которые способствовали развитию промышленности.

Библиографический список

1. ***Анисимов, Е.В.*** Время петровских реформ. – Л.: Лениздат, 1989. – 496 с., ил.
2. Государственная плановая комиссия при Совнаркоме Союза ССР. Третий план развития народного хозяйства Союза ССР. — М.: Госпланиздат, 1939.
3. ***Кафенгауз, Л.Б.*** Эволюция промышленного производства России (последняя треть XIX в. – 30-е годы XX в.). –М.: Эпифания, 1994. – 849 с. – (Памятники экономической мысли).
4. Минцифры России. Цифровая экономика: 2023: краткий статистический сборник. Вып. 6. – М.: Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", 2023.
5. ***Павленко, Н.И.*** Петр I. - М.: Издательство АО «Молодая гвардия», 2003. – 463 с. – (Серия: Жизнь замечательных людей (ЖЗЛ); вып. 1050 (850)
6. Правительство Российской Федерации. Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года. М., 2020.

7. Соловьёва А.М. Железнодорожный транспорт России во второй половине XIX в. / Отв. ред. В.И. Бовыкин; АН СССР, Ин-т истории СССР. М.: Наука, 1975. 315 с.
8. ***Соловьева, А. М.*** Промышленная революция в России в XIX в. – М.: Наука, 1990.
9. ***Чадаев, Я.Е.*** Экономика СССР в годы Великой Отечественной войны. М., 1985

ВКЛАД ВЫДАЮЩИХСЯ ДЕЯТЕЛЕЙ В РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАНЫ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА

А.С. Загнетин
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал

В статье рассматривается обзор вклада выдающихся деятелей России второй половины XIX – начала XX века в развитие промышленности государства. Основное внимание отводится деятельности политиков, ученых и экономистов. В работе прослеживается взаимосвязь их взглядов и политико-экономического состояния государства.

***Ключевые слова**:* индустриализация, суверенитет, промышленность, кредитование, модернизация, преемственность, реформы

Промышленное развитие России во второй половине XIX – начале XX века представляет собой один из наиболее значимых периодов экономической истории нашей страны. Этот этап характеризовался коренными преобразованиями во всех сферах промышленного производства, что, в конечном итоге, позволило Российской империи занять пятое место в мире по объему промышленного производства к 1913 г. [5, с. 4], провести индустриализацию в СССР с 1928 по 1941 и выйти победителем во Второй мировой войне. Изучение данного периода имеет особую актуальность, поскольку, *во-первых*, раскрывает истинное положение Российской империи в предреволюционный период и, *во-вторых*, позволяет понять механизмы успешной модернизации экономики в условиях догоняющего развития как в Российской империи, так и в Советском Союзе.

Во второй половине XIX – начале XX века российское правительство и экономическая элита осознали необходимость ускоренной индустриализации для сохранения статуса великой державы. Этот процесс был тесно связан с экономическими реформами, технологической модернизацией и привлечением иностранного капитала. Исторический контекст промышленного развития Российской империи рассматриваемого периода формировался в условиях пореформенного этапа. Необходимо отметить небольшое время, прошедшее с отмены крепостничества в России, рабства в США и некоторых европейских странах, поскольку в прочих европейских и азиатских странах оно существовало еще и в первой половине XX века. Важность этого отступления заключается в использовании невольничьей рабочей силы как основного, но нерентабельного и отсталого производственного фактора, который только тормозил промышленное и, в целом – все экономическое развитие России [2, с. 7.]. Отмена же крепостного права в 1861 г. создала принципиально новые условия для промышленного роста в Российской империи. По данным экономиста П.Г. Рындзюнского, за последующие 50 лет численность рабочих в промыш-

ленности увеличилась в 4 раза, достигнув 3 млн человек [6, с. 281]. Особенно показательным был рост фабричного производства: если в 1860 г. на фабриках производилось 32% промышленной продукции, то к 1913 г. этот показатель достиг уже 68%. Однако высвобождение рабочих рук, занятых ранее на крепостном аграрном производстве, еще не давало гарантий индустриального успеха государства, поскольку он требовал формирования новой экономической модели [2, с. 7.]. В процессе промышленной модернизации ведущую роль сыграл вклад выдающихся государственных деятелей. Так, под руководством министра финансов Николая Христиановича Бунге были проведены следующие прогрессивные реформы: создание Крестьянского поземельного банка (в 1882 г.); введение первых законов о фабричных инспекциях, которые должны контролировать соблюдение всех правил, регулирующих трудовые отношения, рассматривать жалобы рабочих и регулировать производственные конфликты (с 1882 по 1886 гг.); начало политики протекционизма.

Преемник Н.Х. Бунге, Иван Алексеевич Вышнеградский, продолжил политико-экономическую линию протекционизма, добившись увеличения таможенных пошлин до 33% (в 1891 г.) и активного торгового баланса; начал подготовку к денежной реформе золотого стандарта. Будучи министром финансов, Иван Алексеевич укреплял бюджет за счет хлебного экспорта. Его политика была направлена на накопление золотого запаса, однако привела к обнищанию крестьянства, что создало социальную напряжtнность.

Сергей Юльевич Витте (министр финансов с 1892 по 1903 г.) также осуществил комплекс преобразований, проведя денежную реформу стабилизации рубля 1897-го года введением золотого стандарта, начав активное строительство железнодорожных коммуникаций, в частности, Транссиба, (в 2,5 раза увеличив сеть дорог); проводя жесткую налоговую политику (в частности – введение винной монополии); привлекая иностранные инвестиции (усилившие, правда, зависимость от Запада и ослабившие суверенитет Российской империи). По данным исследователя В. И. Бовыкина, данные реформы привели к росту промышленного производства в Российской империи за период 1890-1900 гг. на 126% [1, с. 66], что было самым высоким показателем в Европе.

Премьер-министр Петр Аркадьевич Столыпин проводил аграрную реформу через разрушение крестьянской общины, целью чего было создание класса фермеров; поддерживал переселенцев в Сибирь, осваивающих новые земли; стимулировал промышленность через рост внутреннего рынка. Его реформы могли бы создать устойчивую модель развития, но были прерваны убийством и Первой мировой войной.

Немалый вклад в промышленное развитие внесли предприниматели, составлявшие целые купеческие династии: Морозовы (Никольская мануфактура), Прохоровы (Трехгорная мануфактура), Рябушинские (разнообразные предприятия); Путиловы (Путиловский завод); Гужон (Московский металлургический завод); Яковлевы (Уральские заводы); Нобели (Бакинские нефтепромыслы); Манташевы (крупнейшая нефтяная компания); Лианозовы (нефтепереработка).

Промышленники внедряли новые, более продуктивные методы производства. Так, Павел Павлович Демидов внедрил бессемеровский способ выплавки стали, который, по сравнению с выплавкой по методу Томаса, обладал более высокой производительностью, упрощал устройство конвертера и снижал затраты на топливо и расход огнеупоров, а Алексей Алчевский (Донецко-Юрьевское металлургическое общество) – создал вертикально интегрированный промышленный комплекс.

Основой промышленного развития также стал технический прогресс, обусловленный научными достижениями русских ученых и инженеров: Дмитрия Ивановича Менделеева, известного работами по нефтепереработке; выступавшего за протекционизм и национальную экономическую политику и критиковавшего зависимость от иностранного капитала; предупреждавшего о рисках сырьевой модели экономики, что актуально по сей день; Владимира Григорьевича Шухова (новые технологии в нефтяной промышленности); Александра Степановича Попова – развитие радиотехники; Николая Егоровича Жуковского – механика, работы в гидродинамике и аэродинамике которого стали краеугольным камнем авиастроения; Николая Ивановича Лобачевского, труды которого по неевклидовой геометрии заложили основы для инженерных расчетов в строительстве и машиностроении; Сергея Федоровича Шарапова (экономиста и публициста), критиковавшего золотой стандарт Витте, предлагавшего введение бумажного рубля, привязанного к внутреннему производству, что соответствует принципам суверенного денежного обращения; Александра Дмитриевича Нечволодова (генерал, экономист) разоблачавшего в книге «От разорения к достатку» 1906 г. механизмы финансового порабощения России западными банками и разорение русского крестьянства [4, с. 28], предупреждавшего о грядущих кризисах, вызванных внешним управлением экономикой и разрабатывавшего концепцию национальной кредитной системы. Но принципы отказа от иностранных кредитов, создания замкнутой финансовой системы; ускоренного развития тяжелой промышленности не могли воплотиться в Российской империи, аристократические элиты которой были финансово и генетически замкнуты на западные элиты. Не достигла бы этого и военная демократия Временного правительства. Таким образом, хотя Российская империя активно стремилась к индустриализации, ее успехи были неравномерными. Государственные деятели, предприниматели и ученые вносили свой вклад, однако финансовая зависимость от Запада и социальные проблемы в итоге подорвали устойчивость этой модели.

После буржуазной революции в феврале 1917 г. «министры-капиталисты» прозападного толка попытались создать комфортные условия для капиталистов, а для трудового народа оставив удел военной каторги [8, с. 323]. Только советская экономическая модель, заложенная в начале XX в. большевистским правительством, показала, что экономический суверенитет возможен только при контроле государства над денежной системой. Промышленное развитие СССР в первые десятилетия XX в. стало одним из самых масштабных

экономических преобразований в истории. После революции 1917 г. и Гражданской войны Советский Союз столкнулся с необходимостью восстановления разрушенной экономики и создания современной промышленной базы. Этот процесс был связан с деятельностью выдающихся политиков, инженеров, организаторов производства и ученых, чьи усилия позволили СССР совершить мощный индустриальный рывок.

После Гражданской войны промышленное производство в России сократилось в разы. В 1921 г. В.И. Ленин инициировал новую экономическую политику (НЭП), которая разрешила частную торговлю и мелкое предпринимательство; восстановила денежное обращение (введение золотого червонца в 1922 г.); стимулировала привлечение иностранных инвестиций (концессии). Однако к концу 1920-х стало ясно, что НЭП, основанная на допущении некоторых капиталистических элементов в экономику советского государства, не решает проблему отставания СССР ни в аграрном секторе, ни в столь необходимой для обороны и индустриализации тяжелой промышленности.

В 1928 г. СССР перешел к пятилетним планам, главной целью которых была форсированная индустриализация. И.В. Сталин, опираясь на работы экономистов-плановиков Г.М. Кржижановского, С.Г. Струмилина, сделал ставку на развитие тяжелой промышленности в металлургии, машиностроении, энергетике; создание новых промышленных центров (Урало-Кузнецкий комбинат, ДнепроГЭС); мобилизацию ресурсов (коллективизация как источник дешевой рабочей силы, решения продовольственного вопроса и хлебного экспорта). Индустриализация экономики, подготовившая СССР к успешному противостоянию с объединенными гитлеровским нашествием странами Запада, стала возможной благодаря деятельности ряда политических, научных деятелей, а также поддержке трудового народа, в среде которого появились свои выдающиеся образцы для подражания. Так, под руководством наркома тяжёлой промышленности Серго (Григория Константиновича) Орджоникидзе были построены Магнитогорский и Кузнецкий металлургические комбинаты; началось развитие отечественной автомобильной промышленности (ГАЗ, ЗИС) и создание авиационных и танковых заводов. Методы Серго сочетали жесткий, авторитарный стиль управления [7, с. 109] и поддержку инженерных кадров. Под его руководством в 1933 г. был запущен Уральский завод тяжелого машиностроения (Уралмаш), ставший одним из основных предприятий для производства: тяжелой техники, прокатных станов; оборудования для металлургии. Этот проект надолго стал символом советской индустриальной мощи.

Спасителем советского государства мог стать только рабочий класс. На получение от новой власти преференций в виде признания равноправия, политических прав, ликвидации сословий, возможности социального роста, получения бесплатного образования и медицинского обслуживания пролетариат ответил самоотверженным трудом. Так, в 1935 г. шахтер Алексей Григорьевич Стаханов установил рекорд по добыче угля, добыв 102 тонны за смену, что положило начало стахановскому движению. Подобные образцы трудового поведе-

ния сделали возможным рост производительности труда; внедрение новых технологий и рационалистических предложений; трудовой героизм. Необходимо отметить, что еще в 1927 г. советское правительство учредило новую награду «Герой труда». Подобное отношение к труду не знало аналогов во всем мире.

Технологическое новаторство в социалистическом государстве также давало свои плоды. Иван Михайлович Губкин, сын бурлака, стал создателем советской нефтяной промышленности. Разработка его теории «Нефтегазоносность Волго-Уральского региона» привела к открытию одного из крупнейших в Волго-Уральском регионе Ромашкинского нефтяного месторождения, получившего название и новых месторождений в Сибири. Благодаря его работам добыча нефти в СССР к 1941 г. достигала 25 тыс. тонн, а к концу Великой Отечественной войны – уже 101 тыс. тонн [3, с.375].

Таким образом, усилиями выдающихся деятелей начала XX в. стало возможным создание мощной тяжелой промышленности, позволившее СССР выйти на 1-е место в Европе по производству чугуна и стали к 1940 г.; развить новые отрасли (авиастроение, тракторостроение, энергетику). Первые десятилетия XX в. стали временем беспрецедентного промышленного рывка СССР. Благодаря усилиям выдающихся деятелей эпохи страна превратилась в индустриальную державу. Однако этот рост сопровождался огромными социальными издержками, что остается важным историческим уроком. Хотя правительство И. В. Сталина действовало уже в советский период, его политика индустриализации 1930-х стала прямым следствием уроков дореволюционного развития. Промышленное развитие России во второй половине XIX – начале XX в. стало примером успешной модернизации. Благодаря сочетанию государственной политики, частной инициативы и научно-технического прогресса, государство смогло совершить качественный скачок в своем экономическом развитии. Опыт этого периода остается актуальным и сегодня, демонстрируя важность сбалансированного подхода к промышленной политике.

Рассматриваемый период важен не только с точки зрения исторического анализа, но и для понимания современных экономических процессов. Данный исторический опыт можно рассматривать как пример управленческого успеха и системных ошибок, которые привели как к промышленному рывку, так и к последующему кризису.

Влияние на промышленное развитие выдающихся деятелей включало в себя следующие продвигаемые ими факторы: роль управления финансовыми потоками (процентная политика, кредитование); технологический суверенитет (степень зависимости от иностранного капитала); социальную справедливость (условия труда, распределение ресурсов).

Вторая половина XIX – начало XX в. стали временем беспрецедентного промышленного роста России. Благодаря усилиям государственных деятелей, предпринимателей, ученых и инженеров страна превратилась в одну из ведущих индустриальных держав. Промышленная база, созданная в этот период, стала основой для экономики СССР и современной России.

Библиографический список

1. ***Бовыкин, В.И.*** Финансовый капитал в России накануне Первой мировой войны. / В. И. Бовыкин. – М.: РОССПЭН, 2001.
2. ***Зайончковский, П.А.*** Проведение в жизнь крестьянской реформы 1861г. / П. А. Зайончковский. – М.: Издательство социально-экономической литературы, 1958.
3. Нефть страны Советов. / Под ред. В. Ю. Алекперова. – Москва: Российская Академия естественных наук секция нефти и газа, 2005.
4. ***Нечволодов, А.Д.*** От разорения – к достатку / А. Д. Нечволодов. – Санкт-Петербург: Типография штаба войск Гвардии и Петербургского военного округа, 1906.
5. Россия 1913 год. Статистико-документальный справочник. / Под ред. А. М. Анфимова. – Санкт-Петербург: БЛИЦ, 1995.
6. ***Рындзюнский, П.Г.*** Утверждение капитализма в России 1850-1880 гг. / П. Г. Рындзюнский. – М.: Наука, 1978.
7. ***Хлевнюк, О.*** Сталин. Жизнь одного вождя: биография / О. Хлевнюк. – Москва: АСТ: CORPUS, 2015.
8. ***Шигалин, Г.И.*** Военная экономика в первую мировую войну (1914-1918 гг.) / Г. И. Шибалин. – Москва: Военное издательство Министерства обороны Союза ССР, 1956.

К ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ СОРМОВСКОГО ЗАВОДА: ПЕРВЫЕ ГОДЫ СОВЕТСКОГО ПЕРИОДА

[1] Н.Т. Ота, [2] И.А. Субботина
[1]ООО «ДЗЕН.ПЛАТФОРМА», г. Санкт-Петербург,
[2] Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Статья посвящена изучению истории развития одного из ведущих промышленных предприятий Нижегородской области, ПАО «Красное Сормово». Приведен краткий обзор развития предприятия в первые годы советской власти и Гражданской войны.

Ключевые слова: судостроение, «Красное Сормово», Волжская военная флотилия, корабельное дело, пароход.

После победы Великой Октябрьской революции и установления власти большевиков Россия была поставлена перед следующими суровыми испытаниями в виде событий Гражданской войны. В эти годы Советской России были брошены внешние вызовы, пришлось вести борьбу с интервенцией войск стран Антанты. Параллельно страна разрывалась от внутреннего противоборства двух непримиримых лагерей. Молодое советское государство стало единым военным лагерем.

К началу Гражданской войны Сормовский завод уже имел успешную многолетнюю историю судостроения [4]. Постановлением Всероссийского Совета Народных Комиссаров от 18 июня 1918 г. предприятие было национализировано и перешло в ведение Советского государства [1]. В условиях военного времени он работал на нужды обороны, поэтому особенно важным вопросом была организация грамотного современного управления [3].

24 июня Совнарком принял решение о создании Коллегии заводоуправления из четырех человек, к которой с 1 августа 1918 г. перешло полное руководство предприятием [6]. Первым председателем вновь созданного органа стал Иван Гаврилович Макаров, являвшийся большевиком по партийной принадлежности. Он пользовался широкой поддержкой и доверием среди коллег и работников, сумел сплотить коллектив в самых непростых исторических условиях, вдохновить на выполнение военных заказов. С января 1920 г. на этом посту его сменил Андрей Семенович Чернов, отличавшийся повышенной ответственностью и четкостью распоряжений [7]. В 1921 г. была введена единоначальная система управления предприятием. Пост директора занял Николай Дмитриевич Данилов, прошедший путь к этой должности от ученика токаря.

В годы Гражданской войны и иностранной интервенции правительство Советской России принимало различные меры, направленные на поддержание военных нужд, удовлетворение требований Красной Армии в оружии и боеприпасах.

В декабре 1917 г. В.И. Ленин подчеркнул, что республике необходима регулярная армия с богатой техникой, с саперными и инженерными войсками, необходимо готовить летчиков, подумать о танках и бронепоездах для стабилизации и удержания новой хрупкой власти. Особое значение придавалось формированию Волжской военной флотилии, поскольку особенно напряженной ситуация была на Восточном фронте [7]. Ключевую роль в вооружении и снабжении флотилии принадлежит нижегородскому Сормовскому заводу.

В сентябре 1918 г. Сормовский завод был объявлен «в первую очередь мобилизованным для неотлагательных работ по вооружению Волжской военной флотилии, ремонта артиллерийского имущества и других срочных работ, связанных со снабжением флота» [2].

По данным, приведенным музеем завода «Красное Сормово», к январю 1919 г. в составе предприятия было 48 цехов, 7 технических отделов. В составе основных фондов содержались мартеновские, электроплавильныеи и медеплавильные печи, гранки для плавки чугуна, а также обширно наполненное кузнечно-прессовое хозяйство. По имеющимся данным численность станочного парка составляла 2272 единицы [5].

Среди основных видов работ эпохи Гражданской войны были ремонтные, восстановительные мероприятия, бронирование и вооружение буксирных судов. По свидетельству современников трудовой коллектив отличала высокая работоспособность, энтузиазм и самоотверженность; производство велось непрерывно, в три смены. По статистическим данным к осени 1918 г. силами завода было отремонтировано, вооружено пушками и пулеметами 21 пароход и катер, появились свидетельства о готовности флотилии к выполнению боевых задач [7]. В качестве документального подтверждения кропотливой работы сормовичей в первые годы советской власти следует привести запись от июля 1918 г. мастера пушечного цеха Ивана Ильича Волкова: «Стоят у нас в затоне подводные лодки «Окунь», «Минога», «Карась» (лодки были доставлены с Черноморского флота и с Каспия). На них меняем вооружение, укрепляем корпуса, ремонтируем машины и минные аппараты» [6].

Темпы восстановительных и ремонтных работ в последующие зимы наращивались: за зиму 1918-1919 гг. – 19 боевых и 15 вспомогательных судов; за зиму 1919-1920 гг. – 29 боевых и 27 вспомогательных судов [5].

Другим направлением работы завода стало «вооружение сухопутного транспорта. В 1918–1920 гг. сормовичи построили 50 броневагонов, более 30 бронепоездов, десятки специально оборудованных платформ для установки на них зенитных и других орудий, а также бронеавтомобили» [5].

Производство осуществлялось параллельно с основными видами работ без перерывов или ущерба, что подчеркивает высокий уровень мотивации и работоспособности трудового коллектива предприятия.

«В 1918 г. по проектам судостроительного бюро было построено 4 двухбашенных броневагона с трехдюймовыми орудиями и два бронепоезда. В 1919 г. изготовлено 40 броневагонов для 20 бронепоездов с трехдюймовыми

орудиями, построено 7 бронебашен с трехдюймовыми пушками и 48 гаубиц. Произведено бронирование четырех двухбашенных вагонов и ремонт девяти броневагонов» [7].

Среди самых известных результатов кропотливой работы Красного Сормова называют бронепоезд, носивший имя лейтенанта Шмидта. В составе экипажа числились сормовичи, а также весь коллектив был награжден орденами Красного Знамени.

Приведем иные цифровые показатели деятельности завода. Ежемесячно завод выпускал 500-600 товарных вагонов и цистерн. В первые годы революции производство паровозов сократилось. Так, заводом было выпущено: в 1918 г. – 41 паровоз, в 1919 г. – 24, а в 1920 г. – 3 [7]. Основными причинами резкого снижения производства паровозов следует назвать выстраивание приоритетов в пользу военной продукции, а также уменьшение реальной численности рабочей силы в условиях Гражданской войны. Статистическое данные о мобилизованных заводчанах представлены следующим образом: к лету 1918 г. – 300 работников, в 1919 г. – 533 человека, в 1920 г. – 235 работника [7]. Характеристики, данные ушедшим, говорят об их работоспособности, высокой квалификации и энтузиазме. Таким образом, можно говорить об ослаблении трудового коллектива, несмотря на значимость и сложность выполняемой работы.

Интересен и тот факт, что были случаи и выполнения специфических, нестандартных заказов. В мае 1920 г. был получен заказ на гусеничный торфяной кран. В.И. Ленин писал: «Зная загруженность Сормовского завода военными заказами, президиум ВСНХ и Председатель Совобороны тем не менее предлагают Вам принять к исполнению заказ Главторфа от 17 февраля на гусеничный торфяной кран, согласно разработанным Вами чертежам, и исполнить его в кратчайший срок. Принятие сего к исполнению донесите телеграфно с копией Главторфу. Председатель Совобороны Ленин» [2]. Заказ был выполнен в полном объеме в срок.

Подводя итог, заметим, что в первые годы установления советской власти и Гражданской войны сормовский завод стал опорным предприятием Нижегородской губернии. Трудовой коллектив продолжал выпускать паровозы, однако ключевым направлением стали ремонтные, восстановительные мероприятия, бронирование и вооружение буксирных судов, чего требовали условия военного времени.

Библиографический список

1. 170-летие основания Сормовского завода. Федеральное бюджетное учреждение «Музей морского флота». – Электронный ресурс // URL: https://mmflota.ru/index.php/news-2019/493-170-letie-osnovaniya-sormovskogo-zavoda (дата обращения: 09.03.2025).
2. История «Красного Сормова». – М.: Мысль, 1969. С. 496
3. Музей истории завода «Красное Сормово». – Электронный ресурс // URL: http://krsormovo.nnov.ru/o-predpriyatii/muzej-istorii-zavoda?ysclid=ltlr7i4p2f126467552 (дата обращения: 09.03.2025).
4. ***Ота Н.Т.*** К 175-летию основания Сормовского завода: дореволюционная история развития /Н.Т. Ота, Д.Т. Ота, И.А. Субботина //Социально-экономические и технические

проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации. Сборник статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С. 49-52

5. Очерк об истории Завода «Красное Сормово». – Электронный ресурс // URL: http://krsormovo.nnov.ru/o-predpriyatii/istoriya.html?ysclid=ltlrqasdop205491514 (дата обращения: 08.03.2025).

6. ***Парусов, А.И.*** 100 лет заводу «Красное Сормово» /А.И. Парусов, П.И. Шульпин. – Горький: Горьковское областное государственное издательство, 1949. – С. 168.

7. ***Финюкова, М.*** «Красное Сормово» – родина первых отечественных танков / М. Финюкова. - Н.Новгород – Сормово, 2020. – 80 с.

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ТАШИНСКОГО ЗАВОДА

Н.А. Пакшина
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассказывается о становлении, развитии и неоднократном преобразовании Ташинского завода в Ардатовском уезде Нижегородской губернии. Предприятие было основано Александром Николаевичем Карамзиным в 1853 г. Кроме того, освещены вопросы о вкладе горного инженера Алексея Ивановича Узатиса в развитие этого чугунолитейного предприятия.

Ключевые слова: А.Н. Карамзин, металлургия, Ташино, XIX век, А.И. Узатис.

Многие жители Нижегородской области знают о заводе АО «Транспневматика», что находится на западе нашего региона в Первомайске. Это крупное предприятие, занимающееся в последние годы производством различных устройств для железнодорожного транспорта. У него длинная богатая история, которая началась в середине XIX века.

Основателем металлургического предприятия является Александр Николаевич Карамзин (1815-1888) (рис. 1) − сын историографа Н.М. Карамзина и его супруги Е.А. Карамзиной (урожд. Колывановой).



Рис. 1. А.И. Карамзин

О нем автор подробно рассказала в статье, вышедшей в прошлом году: «*В юности Александр Карамзин учился в Дерптском университете, служил поручиком в лейб-гвардии Конной артиллерии, принимал участие в Крымской войне в составе Ардатовской дружины Нижегородского ополчения. Позднее поселился в своем имении в Макателемском Усаде (совр. Рогожка) занимался обустройством усадьбы, благотворительностью, но главное его дело − строительство чугунолитейного завода, благодаря чему и появился населенный пункт Ташино*» [3, с. 82].

В окрестностях имения Карамзиных было найдено железо. Местная руда содержала более 50% железа, а окружающие леса могли служить материалом для топлива этого предприятия. Пробная плавка показала, что руда пригодна к промышленной переработке и выплавке чугуна. И тогда было решено в Ардатовском уезде построить завод [7, с. 13]. Завод возвели на берегу речки Умочь сравнительно недалеко от залежей руды [8, с. 6, 7].

Главным советчиком Александра Николаевича и помощником по оформлению документации и подбору кадров стал старший брат Андрей Николаевич Карамзин, который к началу 50-х уже имел достаточный опыт организатора по работе уральских заводов его жены Авроры Карловны Карамзиной (в первом браке Демидовой) [10]. А если говорить точнее, Андрей Николаевич какой-то период являлся Управляющим Нижнетагильским горнозаводским округом. Александр Николаевич и переписывался со служащими Санкт-Петербургской и Нижнетагильской заводских контор Заводов господ Демидовых.

Назвали вновь этот «чугуноплавильный завод в честь жены А.Н. Карамзина Натальи Васильевны (уменьш. Таша), и населенный пункт, где он расположен, стал именоваться Ташино. Ведь, прежде всего, на приданое княжны Натальи Васильевны Оболенской, было построено это предприятие» [4, с. 46].

Заработал завод в 1853 г. Изначально на нем была установлена одна доменная печь, но уже в первые десять лет выдавалось ежегодно до 160 000 пудов чугуна. Вскоре начался выпуск сковородок, утятниц и чугунков. В первые годы производились также дверцы к печам, вьюшки и конфорки [5, с. 14].

Несколько позже там стали выполняться заказы не только на отливку посуды и печных приборов, но и узорчатых надгробий, оград, изделий для лестниц и т.п.

До наших дней дошли разные изделия, которые призводились на этом заводе. На многих из них можно было увидеть клеймо ТЗ, или полностью «Ташинский зав. Ниж. губ.» [4, с. 46]. Продукция завода была очень хорошего качества, и товар имел спрос и раскупался практически на месте.

Необходимо отметить, что Александр Николаевич Карамзин немало сделал и для населенного пункта Ташино, например, 1864 г. на пожертвования А.Н. Карамзина там была построена и освящена деревянная Казанская церковь, которая, к сожалению, сгорела в советское время. Храм этот был единственным в Ташине. Тогда же в 1864 г. открыли церковноприходскую школу на 20 мест. В 1888 году количество учащихся в ней превысило 60 человек.

С годами основанный Карамзиным завод развивался, и в 1862 г. на его базе было создано «Товарищество Ташина завода» с уставным капиталом 300 тыс. рублей, половина которых принадлежала некоему А.И. Узатису. Этот человек стал не просто совладельцем, Узатис принимал самое активное участие в руководстве, модернизации и расширении предприятия. Кто же он такой?

Алексей Иванович Узатис (1814−1875) (рис. 2) − горный инженер [1, с. 47]. Он ряд лет занимался преподавательской деятельностью в 1843 выпустил книгу «Курс горного искусства», которую представил на соискание Демидовской премии, и стал ее лауреатом [9; 3, с. 84]. Узатис был активным, деятельным человеком и, можно сказать, талантливым специалистом и организатором.



Рис. 2. А.И. Узатис

В 1849 г. переехал из Санкт-Петербурга в Нижний Новгород, поскольку в это время возникла компания, позже названная Сормовскими заводами, управлять которыми предложили ему − А.И. Узатису.

В 1862 г., продолжая руководить этими предприятиями, Узатис подключился к преобразованию завода, основанного Карамзиным. А начиная с 1870 года, он оставил Нижний Новгород и перебрался работать в Ташино, где управлял производством. Он занялся модернизацией предприятия [1, с. 47].

У Карамзиных и Узатисов сложились теплые, дружеские отношения. Об этом говорят такие факты, что по смерти главы семьи Узатисов, Карамзин стал опекуном его дочери Надежды, которая поступила в Смольный институт, а жена Узатиса, Мария Дмитриевна, некоторое время проживала в имении Рогожка [6, л. 1, 11].

Нельзя не сказать, что фамилия Узатис была весьма печально известна в конце XIX столетия, поскольку произошло роковое событие, по словам А.Н. Карамзина, «*приведшее всю Россию в ужас*» [2, л. 5].

Его сын Алексей Алексеевич Узатис напал и зарубил саблей О.Н. Скобелеву (мать генерала М.Д. Скобелева) и ее горничную, а после того, как его схватили, он застрелился. Произошло это в июле 1880 г. в окрестности Филиппополя (совр. Пловдив) [3, с. 89].

С середины 1888 г., после смерти самого Александра Николаевича Карамзина, управляющим Ташинским железным заводом в Нижегородской губернии некоторое время стал муж его племянницы Павел Дмитриевич Голохвастов.

Прошли годы и на современных картах, вы не увидите Ташино, поскольку в 1951 г. было переименование в Первомайск. Что касается предприятия, то оно многократно меняло не только профиль, но и название. С 1922 г. оно называлось «Первомайский чугуноплавильный завод», с 1939 – «Первомайский тормозной завод», с 1975 – «Первомайский завод машин и приборов для железнодорожного транспорта».

Проследив историю возникновения и развития металлургической и машиностроительной промышленности в Первомайске, не будем забывать, что создание этого поселка и завода связано с именами многих людей и прежде всего с супругами Карамзиными. Оба они родились в Москве, прожили в Ардатовском уезде более сорока лет и похоронены здесь же (рис. 3).

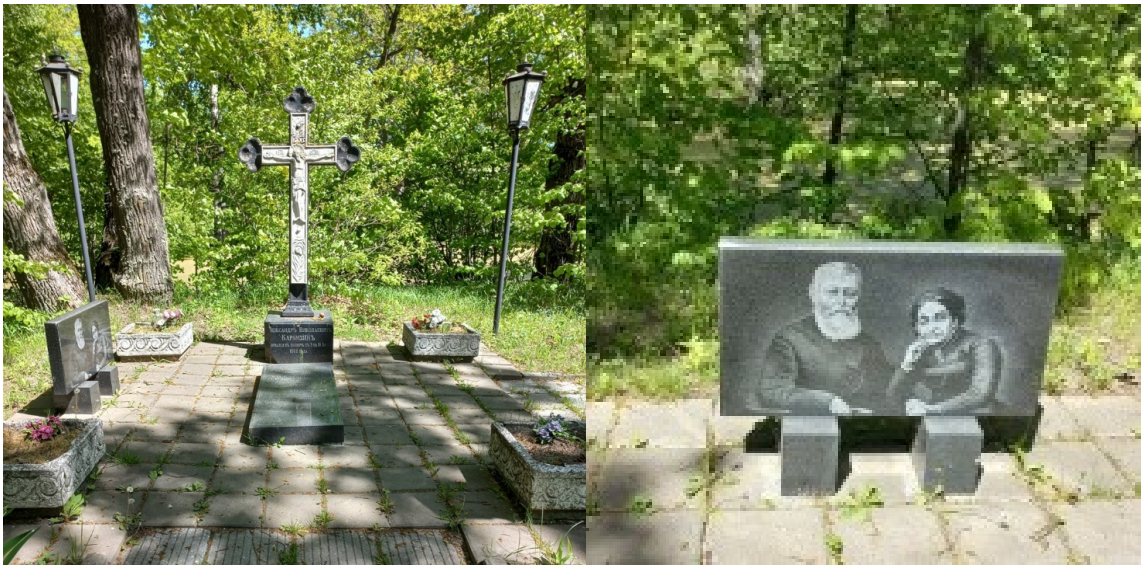


Рис. 3. Место захоронения Александра Николаевича и Натальи Васильевны Карамзиных. Рогожка. 2024 г.

Библиографический список

1. Дневник А.Я. Садовского / сост. В.В. Митрофанов. Н.Новгород: Центр. архив Нижегород. обл., 2022. − 338 с.

2. Отдел рукописей Российской национальной библиотеки (ОР РНБ). Ф. 14 (Аксаков И.С.). Д. 169.
3. ***Пакшина, Н.А.*** Два письма Александра Николаевича Карамзина и комментарии к ним / Н. А. Пакшина // Культурный ландшафт регионов. – 2024. – Т. 6, № 1. – С. 80-92.
4. ***Пакшина, Н.А.*** Карамзины в память о Карамзиных / Н. А. Пакшина // Гуманитарный научный вестник. – 2024. – № 2. – С. 41-50.
5. Первомайск. Из Карамзинских аллей – Нижний Новгород: Кварц, 2023 – 176 с.
6. Российский государственный исторический архив (РГИА). Ф. 2. Оп. 1. Д. 11205.
7. ***Скочилова, М.Н.*** «Остаюсь весь Ваш А. Карамзин» / М.Н. Скочилова // Веси. – 2018. − № 10. − С. 12−14.
8. ***Суетнов, М.И.*** Вторая молодость старого завода. Очерки истории. 1853 – 1978 / М.И. Суетнов − Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1978.
9. Узатис Алексей Иванович // Горная энциклопедия: [сайт]. − URL: http://www.mining-enc.ru/u/uzatis/ (дата обращения: 05.03.2025).
10. ***Шамшурин, В.А.*** У истока Алатыря / В.А. Шамшурин, В.А. Алексеев. − Нижний Новгород, 2003.

ДВИЖЕНИЕ РАЦИОНАЛИЗАТОРСТВА И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВА В ГОРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ПЕРВОЕ ПОСЛЕВОЕННОЕ ДВАДЦАТИЛЕТИЕ

И.В. Филипчук
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье освещается история движения рационализаторства и изобретательства в Горьковской области в послевоенный период. Движение стало одним из важных факторов, способствовавших успешному восстановлению народного хозяйства СССР после Великой Отечественной войны и дальнейшему научно-техническому прогрессу.

Ключевые слова: рационализаторство, изобретательство, движение рационализаторства и изобретательства, промышленные предприятия, Горьковская область, промышленный прогресс, Всесоюзное общество изобретателей и рационализаторов

После окончания Великой Отечественной войны перед всем советским обществом стояла задача восстановления разрушенного народного хозяйства и скорейшего возвращения к нормальным жизненным условиям. Необходимо было наладить работу промышленных предприятий, провести их конверсию. В условиях резкого удушения отношений со странами запада технологическое заимствование извне было сильно затруднено, поэтому в вопросах модернизационной политики СССР мог использовать только собственный научно-технический потенциал. Председатель Госплана СССР Н. Вознесенский в своем докладе о плане послевоенной пятилетки в числе пяти основных задач указывал на необходимость «*обеспечить дальнейший технический прогресс во всех отраслях народного хозяйства СССР как условие мощного подъема производства и повышения производительности труда*» [1, с. 452].

В контексте задач восстановления и модернизации экономики важное значение приобретало движение рационализаторства и изобретательства, основные принципы организации и цели которого в России были установлены еще декретом Совета народных комиссаров РСФСР от 30 июня 1919 г. «Положение об изобретателях». Впоследствии советское правительство приняло серию нормативных актов, направленных на дальнейшее развитие и популяризацию изобретательской деятельности, а также создало специализированные органы, ответственные за решение связанных с этим вопросов.

В послевоенном СССР движение рационализаторов и изобретателей продолжило активно развиваться и играть важную роль в деле технического творчества. В годы IV пятилетки по инициативе общественных организаций на заводах и предприятиях начали формироваться технические советы, состоящие преимущественно из передовиков производства. На первичном уровне изобретательскую и рационализаторскую работу возглавляли бюро по рационализации и изобретательству (БРИЗы). В их обязанности входило всяческое содействие развитию изобретательства и рационализации: рассмотрение рационализа-

торских предложений и выдача удостоверений, финансовые вопросы, издание тематических сборников, организация различных конкурсов, смотров и научно-технических конференций с участием научных сотрудников и передовиков производства.

Среди проблем, с которыми столкнулись предприятия в это время, были конверсия производства и острая нехватка квалифицированных рабочих и инженерно-технического персонала, что несколько сдерживало развитие рационализаторства и изобретательства. Тем не менее, потребность в восстановлении народного хозяйства разоренной страны породила трудовой героизм народа и к концу четвертой пятилетки количество рационализаторских предложений существенно увеличилось. Проиллюстрируем данное утверждение на основе работы промышленных предприятий Горьковской (Нижегородской) области.

Так, коллектив рационализаторов и изобретателей Выксунского металлургического завода брал на себя обязательство в 1947 г. собрать 366 рационализаторских предложений, из них внедрить в производство 183 предложения, от которых получить не менее двух миллионов рублей экономии. План удалось перевыполнить. Так, за одиннадцать месяцев и 20 дней декабря 1947 г. от рабочих, ИТР и служащих завода в БРИЗ поступило 455 рационализаторских предложений, из них внедрено в производство 228 предложений. Кстати, за весь 1946 г. поступило 363 предложения и внедрено в производство 164 предложения. Общая экономия от внедренных рационализаторских предложений составила 2.139.792 рубля. Ценным для предприятия являлось предложение товарищей Капустина, Корзова, Ротт и Комарова по отливке в мартеновском цехе полуспокойного металла путем дополнительного раскисления алюминием металла в ковше для производства стыковых труб. В результате был резко увеличен выход годной продукции по трубопрокатному цеху №1, что помогло цеху наряду с другими мероприятиями досрочно закончить годовую с программу по выпуску труб.

Другим примером стало предложение начальника листопрокатного цеха товарища Суслика по изменению размеров слитков в целях повышения производительности стана. Проведенные техническим отделом опыты по этому предложению на полуспокойном металле дали положительные результаты и были продолжены с использованием кипящего металла. За внедренные эти и других рационализаторских предложений их авторам только за первые три квартала 1947 г. выдано вознаграждения в сумме 65375 рублей [8, л. 2].

В 1948 г. работающие Выксунского металлургического завода подали 651 предложение, внедрено в производство 308 предложений. За одиннадцать с половиной месяцев 1949 г. поступило 1035 предложений, внедрено 540 предложения. Успехи были достигнуты в результате привлечения к работе новых рационализаторов. Так, в 1948 г. ряды рационализаторов увеличились на 130 человек, а в 1949 г. на 244 рабочих, служащих и командиров производства [9, л. 1].

В историю движения рационализаторов и изобретателей вошел трудовой подвиг Елизара Васильевича Куратова, кузнеца кузнечного цеха Горьковского автозавода, который в 1946 г. первый из рабочих получил звание лауреата Сталинской премии третьей степени (Постановление Совета Министров СССР от 06.06.1947 г.) Премию присудили за рационализацию методов изготовления поковок автомобильных деталей. Эта оптимизация дала высокий рост производительности труда, улучшение качества продукции и значительную экономию металла. Трудовой подвиг Е.В. Куратова отмечался в газете «Правда» от 31 августа 1947 г. [5, с. 11].

Опыт горьковских изобретателей и рационализаторов, накопленный в период четвертой пятилетки, был успешно продолжен и развит в последующие годы. Так, только на 20 машиностроительных предприятиях г. Горького в 1953 г. в рационализаторской работе участвовало более 23 тысяч рабочих и ИТР, от которых поступило больше 60 тысяч предложений, половина из них была внедрена в производство, что принесло экономического эффекта на 83 млн рублей. По данным статистики во Всесоюзном социалистическом соревновании в первом квартале 1954 года свыше 40 предприятий и организаций г. Горького и области завоевали первые места [10, с. 149].

Советское руководство всегда поддерживало движение изобретателей и рационализаторов, видя в нем мощное средство ускорения технологического прогресса. В 1954-1955 гг. состоялись совещания представителей различных секторов экономики, включая промышленность, строительство и транспорт, с участием руководители отраслей, рабочих, инженеров и технических специалистов. На этих встречах были обозначены приоритетные направления совершенствования производственных процессов, внедрения новых технологий, стимулирования изобретательской активности, а также широкого применения передовых методов работы. Всесоюзное совещание работников промышленности, прошедшее в Москве в мае 1955 г., имело особое значение для стимулирования массового движения изобретателей и рационализаторов. На основе обсуждаемых вопросов ЦК КПСС и Совет министров СССР утвердили постановление о необходимости улучшения изучения и внедрения достижений отечественной и зарубежной науки и техники в народное хозяйство, ответственность за реализацию которого возлагалась на профильные министерства и ведомства [11, с. 116].

Наметившиеся тенденции получили дальнейшее развитие благодаря решениям XX съезда КПСС и декабрьского Пленума ЦК КПСС 1957 г., которые поставили перед партийными и профсоюзными организациями большие задачи по вовлечению широких масс в управление производством. Директивы VI пятилетки уделяли первостепенное внимание непрерывному техническому прогрессу, развитию рационализаторского и изобретательского движения [6, с.89]. И, конечно же, местные органы власти рапортовали об очередных успехах.

Так, рационализаторское и изобретательское движение в Горьковской области в 1957 г. дало до 240 млн рублей условной годовой экономии, что значительно превышало показатели 1956 г. [10, с. 192]. Например, на Балахнинском бумкомбинате в 1957 году по сравнению с 1955 годом число рационализаторов почти удвоилось, а количество реализованных предложений увеличилось в 1,6 раза. Значительно вырос и экономический эффект от внедренных предложении: в 1955 г. он составлял 3 млн. 5 тыс. рублей, в 1957 году – 5 млн 83 тыс. рублей. К концу 1957 г. каждый восьмой трудящийся комбината являлся рационализатором. На автозаводе за этот же срок число рационализаторов увеличилось в три раза, на заводе «Красное Сормово» – в четыре раза.

Новаторское движение на промышленных предприятиях Горьковской промышленности в 1958 г. приобрело массовый характер: на предприятиях и строительных объектах области активно работали более 55 тысяч рационализаторов и изобретателей. Было внедрено в производство свыше 63 тысяч предложений (почти на 10 тысяч больше, чем в 1957 г.), включая 34 изобретения, обеспечивающих экономию примерно в 300 млн рублей ежегодно.

Изобретатели и рационализаторы области оказали серьезную помощь в техническом перевооружении производственной базы на основе механизации и автоматизации. Они создали ряд новых приборов, механизмов, автоматов, полуавтоматов и автоматических линий [10, с. 193].

По постановлению Президиума ВЦСПС в январе 1958 г. было создано Всесоюзное общество изобретателей и рационализаторов (ВОИР). Горьковское областное бюро ВОИР было организовано в феврале 1958 г., затем оргбюро ВОИР были созданы и на промышленных предприятиях. В общей сложности в области действовало 279 оргбюро и 211 советов первичных организаций ВОИР, в составе которых было более двух тысяч рационализаторов и изобретателей. В члены ВОИР было принято 23961 человек [6, с.89].

Во второй половине 1950-х годов движение рационализаторов и изобретателей стало постоянным стимулом повышения творческой активности рабочих и инженерно-технического персонала в различных отраслях промышленности. В этот период широкое распространение и общественное признание получили комплексные бригады рационализаторов, специализирующиеся на решении масштабных и сложных производственных задач. К примеру, на предприятиях и фабриках региона в 1958 г. эффективно функционировало 1300 таких бригад [10, с. 193].

М.В. Егошина отмечает, что на промышленных предприятиях Горьковской области применялись разнообразные методы привлечения новых участников технического творчества. Так, «в цехах автозавода создавались комиссии по рабочему изобретательству и рационализации, рабочие широко оповещались о темах, которые требовали глубокой и тщательной разработки. В результате к 1958 г. каждый шестой рабочий завода стал изобретателем или рационализатором. В Книгу Почета и на Доску Почета заносились имена лучших из них: слесаря инструментально-штампового корпуса, члена заводской

комиссии по массовому изобретательству Г.А. Строганова, подавшего 51 рацпредложение, слесаря цеха цветной арматуры А.В. Золина, который к концу пятой пятилетки в содружестве с инженерно-техническими сотрудниками завода создал 17 автоматов-штампов и оригинальных станков» [6, с.90] .

Положительно на изобретательство Горьковского автоавода влияло соревнование с коллективом Московского автомобильного завода имени И.А. Лихачева. Коллективы обменивались передовыми достижениями, изучали эффективные методы работы и активно внедряли новые технологии. Так, в 1957 г. работники Горьковского завода внедрили свыше 100 значительных технических улучшений, позаимствованных у московских коллег. В то же время, коллектив московского автозавода реализовал около 130 ценных инициатив, предложенных горьковчанами [5, с. 120].

В СССР в середине XX в. даже использовался термин «рационализаторы-миллионеры». Им обозначали работников, чьи предложения по улучшению производственного процесса приносили значительный экономический эффект, исчисляемый миллионами рублей. На Горьковском автозаводе трудились рационализаторы-миллионеры. Так, в прессовом корпусе предложения инженера И.В. Миронова, технологов Г. С. Глуховского и А. Д. Сазонова дали 3 млн руб. экономического эффекта. Творческий энтузиазм комсомольца Г. Глуховского был отмечен Почетный грамотой ЦК ВЛКСМ. На Всесоюзном совещании рационализаторов, изобретателей и новаторов производства (октябрь 1956 г.) Горьковский автозавод был назван в числе передовых по развитию массового изобретательства и рационализации. Так, участник совещания шлифовщик цеха режущих инструментов Б. А. Швечков за 19 лет работы на заводе сконструировал и внедрил 50 оригинальных приспособлений, на многие из которых выданы авторские свидетельства [5, с. 122].

В 1950-е гг. значительное влияние на развитие рационализаторского движения оказывало усиление взаимодействия между рационализаторами, изобретателями и учеными. Совместная работа научных и производственных специалистов способствовала активизации усилий инженерно-технического персонала по совершенствованию организации труда и повышению производительности на каждом рабочем месте [11, с. 114]. Так, высокую оценку комитета по делам изобретений и открытий при Совете министров СССР получила разработка автозаводских новаторов, совместно с учеными Горьковского политехнического института разработавших модификацию ковкого чугуна с добавлением висмута и бора. Комитет рекомендовал внедрение данного метода на всех предприятиях Советского Союза, занимающихся производством ковкого чугуна.

Начальник литейного корпуса серого чугуна Горьковского автомобильного завода Б.П. Платонов вместе с сотрудниками Московского научно-исследовательского института разработал автоматическую прессоформовочную линию. Если раньше восемь рабочих на обычной машинной фор-

мовке выпускали за один час лишь 80 форм, то на новой линии один рабочий делал за час 220 форм [7, с. 500]. Комплексная бригада ученых и новаторов производства «Красное Сормово» в 1957 г. механизировала и автоматизировала сложный процесс розлива стали. В итоге была достигнута значительная экономия ресурсов, и данный метод нашел применение на большинстве специализированных предприятий Советского Союза.

М.В. Егошина отмечает, что было бы ошибочно сводить достижения рационализаторской и изобретательской деятельности исключительно к критериям оценки экономической эффективности. Важно, что «*подъем творческой активности передовиков отражал общее состояние дел в народном хозяйстве и давал дополнительный импульс не только для дальнейшего развития технической мысли, но и для всей самодеятельности трудящихся, для обогащения их духовной жизни. Неслучайно изучение читательских интересов рабочих, посещающих технические библиотеки, выявило их повышенную заинтересованность в знакомстве с литературой различных жанров и направлений. Кроме того, было установлено, что молодой рабочий-рационализатор в год читает в среднем от 17 до 23 технических книг, не считая статей в специальных журналах*» [6, с.90].

В начале 1960-х гг. по Горьковской области на предприятиях промышленности, на транспорте и в строительстве насчитывалось почти 70 тыс. активно работавших изобретателей и рационализаторов, которые внесли около 210 тыс. предложений, экономия от внедрения которых составила 57 млн рублей. На предприятиях области к XXII съезду КПСС действовало 200 общественно конструкторских бюро, в которых участвовало свыше 2300 инженеров, техников и передовых рабочих, вносивших много ценных предложений. Творчество лучших изобретателей и рационализаторов получило признание общественности и правительства. В сентябре 1962 г. Президиум Верховного Совета РСФСР присвоил звание заслуженного изобретателя РСФСР Р.Е. Алексееву за плодотворную деятельность по созданию конструкций речных и морских судов на подводных крыльях [10, с. 241].

К середине 1961 года на горьковских предприятиях была достигнута экономия более 18 тыс. тонн черного металла, свыше 1700 тонн цветных металлов, почти 165 миллионов киловатт-часов электроэнергии и 194 тыс. тонн условного топлива. В производственный процесс было внедрено свыше 112 тыс. рационализаторских предложений, суммарный экономический эффект от которых составил до 55 млн рублей в год [10, с. 246]. В 1964 году в рационализации на промышленных предприятиях области приняло участие 76739 человек против 62966 человек в 1959 г. Ими было подано в 1964 г. 103349 предложений. От внедрения в производство 62368 предложений получена экономия в сумме 34745 тыс. рублей. Координировали эту работу 712 первичных организаций ВОИР [2, л. 39]. На Выксунском металлургическом заводе внедрено предложение товарища Б.К. Гольц «Изменение способа работы холодильников при про-

кате сортовых и шинной заготовки». Внедрение данного предложения позволило получить экономию в сумме 33288 рублей [2, л. 41].

Следует особо подчеркнуть значимость вклада молодежи в развитие движения рационализаторства и изобретательства. Молодые люди активно участвовали практически во всех сферах этого процесса, демонстрируя высокую степень вовлеченности и инициативу. Областная комсомольская организация на 1 октября 1955 г. насчитывала в своих рядах 186642 членов ВЛКСМ. Только на промышленных предприятиях города Горького и области работало свыше 55 тыс. комсомольцев. На многих предприятиях молодежь составляла до 50 и более процентов [4, л. 41].

Комсомольские организации активно участвовали в достижении досрочного выполнения государственных планов и вовлекались в процессы рационализации и изобретательства, что содействовало модернизации производства и продвижению технических инноваций. Так сормовские комсомольцы обязались ко дню открытия XX съезда КПСС внести силами молодежи 1,5 тыс. рационализаторских предложений и дать заводу от их внедрения 1,5 млн рублей условно-годовой экономии. Сормовичи призвали всю молодежь присоединиться к движению за изобретательство и рационализацию, и этот призыв нашел отклик на многих других заводах: имени Молотова, имени Орджоникидзе, Станкозаводе, на предприятиях городов Павлова и Дзержинска. За первые девять месяцев 1955 г. молодежью только предприятий машиностроительной промышленности внесено более 10 тыс. рационализаторских и изобретательских предложений и получено от их внедрения 2,5 млн рублей условно-годовой экономии [4, л. 41-42].

В молодежной рабочей среде проходили различные конкурсы рационализаторов. В 1958 году в областном конкурсе приняли участие более 11 тыс. молодых рабочих и специалистов, представивших около 14 тыс. предложений. Реализация этих предложений обеспечила экономию в сумме 24 млн рублей. В рамках конкурсов, организованных летом 1959 г. в химической, газовой и нефтеперерабатывающей отраслях, участвовали свыше 2300 юношей и девушек, которые внесли более 3000 предложений. Из них порядка 2000 были успешно внедрены в производство, обеспечив ежегодную экономию в размере 5800 тыс. рублей [10, с. 280].

Молодые рационализаторы – комсомольцы «Красной Этны», сформировав комплексные бригады, уже в первый год семилетки провели модернизацию десятков станков. Используя старое оборудование, они собрали 10 автоматических линий, что способствовало значительному увеличению производительности труда и сокращению транспортных операций на 70-80%. Бюро обкома ВЛКСМ одобрило ценную инициативу комсомольской организации «Красной Этны», ее опыт показал, что производительность труда можно повышать не только за счет получения нового, но и за счет модернизации старого оборудования. О значении патриотического почина комсомольцев «Красной Этны» свидетельствовал такой факт, что по изучению их опыта ЦК ВЛКСМ в 1963 г.

провел в г. Горьком Всесоюзный семинар. На бюро ЦК ВЛКСМ был одобрен также почин комсомольской организации завода «Красное Сормово» по доведению государственного плана на каждое рабочее место.

В третьем году семилетки при непосредственном участии комсомольцев и молодежи на предприятиях области были введены в эксплуатацию десятки и сотни автоматических и полуавтоматических линий, освоены новые типы машин и механизмов, модернизировано 3.200 единиц технологического оборудования. Более 39 тыс. молодых рационализаторов сэкономили государству 19 млн рублей [10, с. 281].

К концу десятилетия на предприятиях области в рационализаторской деятельности ежегодно участвовало более 70 тыс. человек. В 1968 г. в производство внедрено 67 тыс. рационализаторских предложений и изобретений с годовой экономией 46,5 млн рублей [3, л. 250].

Таким образом, с началом первой послевоенной пятилетки и в условиях противостояния с западными странами движение рационализаторства и изобретательства стало одним из важных факторов, способствовавших научно-техническому прогрессу и успешному восстановлению народного хозяйства СССР после Великой Отечественной войны. *Во-первых*, оно способствовало внедрению новых технологий и методов работы, что стало важным элементом научно-технической революции. *Во-вторых*, *движение* позволяло Советскому Союзу восстановить промышленный потенциал после разрушительных последствий войны. Рационализаторские предложения помогли оптимизировать производственные процессы, сократить затраты на сырье и материалы, а также уменьшить сроки выполнения работ. *В-третьих*, движение рационализаторов активизировало творческие силы рабочих и инженеров. Люди стремились предлагать новые идеи и решения, что способствовало росту числа изобретений и патентов. Это создавало условия для дальнейшего развития науки и техники, а также стимулировало конкуренцию среди предприятий, что приводило к общему прогрессу в различных отраслях промышленности. *В-четвертых*, активно поддерживаемое государством, движение создавало условия для работы. Были организованы специальные конкурсы, выставки достижений, выплачивались премии и награды. Все это мотивировало людей участвовать в рационализаторском движении и вносить свой вклад в общее дело восстановления и развития страны.

Библиографический список

1. ***Вознесенский, Н.А.*** Избранные произведения 1931-1947. М.: Изд-во политической литературы, 1979. – 613 с.
2. Государственный архив Российской Федерации. Ф. Р-5451. Оп. 26. Д. 1882.
3. ГКУ ГОПАНО. Ф.Р 1034. Оп.4. Д.280.
4. ГКУ ГОПАНО. Ф.3. Оп 2. Дело 113.
5. Горьковский автомобильный. – М.: Мысль, 1981. – 304 с.
6. ***Егошина, М.В.*** Научно-техническая революция и ее роль в работе предприятий промышленности Горьковской области в конце 40-х–50-е годы XX века // Россия в XX веке. Межвуз. сб. статей. С. 84-93.

7. История города Горького : краткий очерк. – Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1971. 576 с.
8. Рационализаторы дали более двух миллионов рублей экономии // газета Металлург. 1947. № 53. Л.2.
9. Увеличилось количество рационализаторов // газета Металлург. 1949. № 52. Л.1.
10. Очерки истории Горьковской организации КПСС. Ч.3: 1941-1972. – Горький : Волго-Вят. кн. изд-во, 1974. 448 с.
11. ***Савицкий, И.М.*** Движение рационализаторов и изобретателей на предприятиях тяжелой промышленности Сибири в 1946-1960 гг. // Институты гражданского общества в Сибири (XX – начало XXI в.). / Отв. ред. В.И. Шишкин. Новосибирск, 2009. С. 108-124.

И.В. КУРЧАТОВ – ОТЕЦ МИРНОГО АТОМА

А. К. Харитонов
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ

В статье рассмотрена история разработки советских программ по использованию атомной энергии в мирных целях начиная с 1943 г., а также роль выдающегося советского физика-ядерщика Игоря Васильевича Курчатова в их осуществлении.

Ключевые слова: научный руководитель, атомный реактор, мирный атом, атомная электростанция, атомный ледокол

«*Пусть атом будет рабочим, а не солдатом!*» – эти слова Игоря Курчатова облетели весь мир. Ведь Вторая мировая война – самая кровопролитная война за всю историю человечества – подстегнула мировые державы к модернизации уже имеющегося и разработке нового вооружения. Как в странах антигитлеровской коалиции, так и в странах «оси» велась разработка новейшего типа оружия, обладатель которого получал преимущество над всеми остальными, так как это грозное оружие не оставляет ничего на своем пути в радиусе нескольких километров. Это оружие – атомная бомба.

Атомные бомбардировки японских городов Хиросима и Нагасаки 6 и 9 августа 1945 г. соответственно военно-воздушными силами США наглядно показали, насколько разрушительно это оружие. В качестве примера возьмём Хиросиму. Во время бомбардировки города все, что находилось в двух километрах от эпицентра взрыва, сгорело. Все, что находилось в радиусе 19 километров от эпицентра, было уничтожено взрывной волной. Люди, находившиеся близко к эпицентру, мгновенно погибли. Выжившие непосредственно в момент взрыва жители города умерли либо от нанесенных увечий, либо от лучевой болезни. [4] Идея об использовании атомной энергии не нова, но именно последствия бомбардировок японских городов заставили ученых и общественность всего мира задуматься о том, как обуздать такой мощный источник энергии и направить его в мирное русло.

И 1 июля 1954 г. жители СССР узнали о том, что «27 июня 1954 г. атомная электростанция была пущена в эксплуатацию и дала электрический ток для промышленности и сельского хозяйство близлежащих районов. <…> Вводом в действие атомной электростанции сделан реальный шаг в деле мирного использования атомной энергии.» [8, с.1]. Имя человека, руками и разумом которого была спроектирована и запущена первая в мире АЭС, оставалось неизвестным и тщательно скрывалось. Как впоследствии стало известно, этим человеком был Игорь Васильевич Курчатов. И именно его исследования перевернули взгляд ученых на применение энергии атома.

Разработка первого советского атомного реактора началась в 1943 г. Тогда этот атомный котел был лишь экспериментом в процессе создания ядерного

щита нашей страны в помещениях Лаборатории №2 АН СССР. Научным руководителем проекта был назначен доктор физико-математических наук И.В. Курчатов [7]. После трех лет разработки атомного котла Ф-1 (именно так назывался в документах первый советский атомный реактор), было начато проектирование здания для реактора. Спроектировать здание для столь масштабного проекта было поручено небезызвестному советскому архитектору Алексею Викторовичу Щусеву, самыми известными работами которого являются все три варианта мавзолея В.И. Ленина [1].

В ноябре 1946 г. началась постройка самого атомного реактора. В официальном отчете о проделанной работе, Курчатов заявил, что в 18 часов 25 декабря 1946 г. в котле была зафиксирована саморазвивающаяся цепная реакция с использованием всех урановых и графитовых блоков [6].

Как уже было сказано ранее, первый атомный реактор был создан в рамках работы над разработкой советского ядерного вооружения и использовался исключительно в научных целях. Но уже спустя восемь лет в СССР была подключена к электросети и запущена Обнинская АЭС – первая в мире электростанция на атомной энергии

Использование мирного атома долгое время будоражило ум Игоря Васильевича. И в 1948 г. он начал работу над созданием невиданной ранее схемы – генерации электричества с помощью энергии атома. Спустя два года – в феврале 1950 года Игорем Курчатовым, Савелием Фейнбергом и Николаем Доллежалем был выпущен отчет о материалах и проектной мощности нового реактора. Установку для первой в мире атомной электростанции назвали «АМ», что расшифровывается как «Атом Мирный». Уже в мае того же 1950 г. вышло постановление правительства СССР о начале строительства первой АЭС.

Строительство станции шло ударными темпами. В сентябре 1951 г. было начато строительство зданий станции в городе Обнинск Калужской области. Постройка зданий завершена в 1953 г. Параллельно со строительством шли испытания нового реактора. 3 марта 1954 г. на стенде, представляющем активную зону реактора, произошла реакция деления урана, что означало полную работоспособность агрегата. 5 мая 1954 г. начались эксперименты. Спустя четыре дня – 9 мая 1954 г. – в день девятой годовщины Победы в Великой Отечественной войне состоялся физический пуск реактора. 26 июня состоялся пуск энергетический. Станция начала генерировать электроэнергию. А на следующий день электроэнергия стала поступать в дома и на предприятия Обнинского района.

25.10.1954 г. станция вышла на проектную мощность в 5000 МВт. В этом же году ученым, работавшим над разработкой проекта и запуском станции, была присуждена Ленинская премия. Лауреатами Ленинской премии стали: Д.И. Блохинцев, Н.А. Доллежаль, А.К. Красин, В.А. Малых [5].

На этом вклад И.В. Курчатова в разработку использования атомной энергии в мирных целях не заканчивается. В 1959 г. был введен в эксплуатацию первый в мире атомный ледоход, получивший имя создателя советского государства Владимира Ильича Ленина.

История «Проекта №92» – кодового названия атомного ледокола «Ленин» – началась 20 ноября 1953 года, когда Советом министров СССР было принято постановление №2840-1203сс «О проектировке и постройке мощного ледокола». Тогда академик Игорь Васильевич Курчатов был утвержден научным руководителем по ядерно-физическим вопросам. К 1 марта 1954 г. министерство оборонной промышленности должно было представить на утверждение чертежи атомной энергосиловой установки. А к 1955 г. уже провести испытания атомного котла [2. С. 596-597].

Технический проект трёхреакторной установки ОК-150, которая использовалась в качестве силовой установки была разработана в марте 1955 г., а уже 17 июня того же года проект установки был утвержден и рекомендован к производству. Мощность каждого из реакторов составляла 90 МВт. [9]

3 декабря 1959 г. атомный ледокол «Ленин» был введен в эксплуатацию. Чуть более полугода спустя – 18 августа 1960 г. – «Ленин» отправился в свою первую арктическую навигацию, которая завершилась 4 октября того же года. Вместе с периодом ходовых испытаний, за эту навигацию атомоход прошёл чуть более 10 тысяч морских миль, более 7 тысяч, из которых – во льдах. Было совершено 19 проводок в ходе которых сквозь льды было проведено 92 судна [3. С. 85].

Уже после смерти Курчатова, его разработка была усовершенствована и в 1970 г. на ледоколе была установлена новая, но работающая по тому же принципу двухреакторная атомная установка ОК-900, которая была предназначена для атомных ледоколов следующего поколения. Несмотря на то, что модернизация аппарата проводилась уже без непосредственного участия своего создателя, она достойно отработала вплоть до вывода «Ленина» из эксплуатации [3.С. 102].

Атомный ледокол «Ленин» был выведен из эксплуатации в 1989 г. За 30 лет атомоход прошел 654400 морских миль, почти 86% из которых – во льдах [3. С.104].

Курчатовская ОК-150, и ее «преемница» ОК-900 показали себя надежными агрегатами. Примечательно то, что последний атомный ледокол с реакторной установкой типа ОК-900а (несмотря на десятилетний простой в производстве) был введен в эксплуатацию в 2007 г. Это атомный ледокол «50 лет Победы». Что в очередной раз доказывает эффективность и экономическую целесообразность эксплуатации данного типа реакторных установок несмотря на то, что конструкция к тому моменту была уже не нова и к тому моменту имелись альтернативные варианты.

Несмотря на свою достаточно непродолжительную жизнь, Игорь Васильевич Курчатов оставил людям всего мира огромное наследие. Его руками и руками людей, которыми он руководил, был создан ядерный щит нашего государства, который до сих пор остается непоколебимым и только укрепляется год от года.

Технологиями использования атомной энергии в мирных целях пользуются на всех континентах. Начиная от атомных электростанций и ледоколов, заканчивая ядерной медициной. И основоположником всех указанных благ стал наш соотечественник.

В начале статьи были приведены слова Игоря Курчатова о том, что атом должен быть рабочим. И Курчатов смог достичь своей цели. Атом стал рабочим, и ядерная энергия стала служить во благо человечества, а не во вред. Курчатов оставил в наследство человечеству свой научный гений и стремление к мирному прогрессу. При этом Курчатов предупредил, что этот колоссальный источник энергии можно использовать во зло и завещал будущим поколениям ученых, политиков и дипломатов не допускать конфронтации, чего бы это ни стоило.

Курчатов был удостоен многих советских наград за разработки в сфере ядерной физики, однако он не стал лауреатом Нобелевской премии – самой престижной премии в мире, присуждаемой за выдающиеся открытия и изобретения.

Библиографический список

1. Атомный проект СССР: Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л. Д. Рябева. Т. I. 1938-1945: В 2 ч. Часть 2 /Мин-во РФ по атом. энергии, ГНЦ РФ – ФЭИ им. акад. А. И. Лейпунского; Отв. составитель Л. И. Кудинова. – М.: Издательство МФТИ. 2002. — 800 с.
2. Атомный проект СССР: Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Т. II. Атомная бомба. 1945-1954. Книга 5 / Федеральное агентство по атомной энергии; Отв. сост. Г.А. Гончаров. - Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005. - 976 с. ISBN 5-85165-402-3 (Т. II; Кн. 5). – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 976 с
3. Атомный ледокол «Ленин». Альбом-каталог. – М.: Бослен, 2019. – 272 с., ил
4. ***Войнов, А. А.*** Бомбардировки Хиросимы и Нагасаки / А. А. Войнов // In Situ. – 2024. – № 7. – С. 13-15. – EDN NJPSML.
5. ***Князькая, Н.В.*** Хроника создания первой в мире АЭС // Атомная энергия. – 1994. – т. 76 – №4 – С. 355-357
6. ***Курчатов, И.В.*** Строительство и пуск первого в Советском Союзе уран-графитового котла с саморазвивающейся цепной реакцией/ И.В. Курчатов, И.С. Панасюк // Курчатовский институт. История атомного проекта. – 1996. - №8. – С.69-90.
7. ***Мухамадиева, А.А.*** Изучение истории сооружения первого отечественного атомного реактора в курсе физики при подготовке бакалавров педагогических направлений/ А.А. Мухамадиева, Ф.М. Сабирова // Инновационная наука. – 2015 - №11. – С. 45-48
8. О пуске в СССР первой промышленной электростанции на атомной энергии // Правда. – 1954. – 1 июля. – С.1. URL: https://marxism-leninism.info/paper/pravda_1954_182-12263 (дата обращения: 12.03.2025)
9. Первый надводный атомный… // Материал из электронной библиотеки государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».URL: https://www.biblioatom.ru/core-systems/nuclear-reactors/ok-150/ Дата Обращения: 12.03.2025

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ АРЗАМАССКОГО ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО «ИМПУЛЬС»: ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЯ И ВЫПУСК ПЕРВОЙ ПРОДУКЦИИ

Н.В. Хорева
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ

В статье рассматривается процесс создания Арзамасского опытно-конструкторского бюро «Импульс», чья первоначальная история связана с 1960-ми гг. Автор использует архивные источники, которые содержали данные о выпуске первой продукции.

Ключевые слова: ОКБ, приборостроение, «Импульс», Арзамас, ротаметры

В середине прошлого столетия в связи с развитием промышленности в стране начали возводиться новые предприятия. Среди них в 1957 г. был создан Арзамасский приборостроительный завод для проведения научно-исследовательских и опытных работ, связанных с разработкой, созданием, усовершенствованием расходомерных приборов в 1961 г. было создано специальное конструкторское бюро – СКБ «Импульс». К новым разработкам СКБ приступило со II-го полугодия 1962 г.

В начале основной специализацией СКБ являлась разработка и совершенствование ротаметров (расходомеров постоянного перепада давления) различных видов и других расходомеров на новых принципах действия (ультразвуковых, электромагнитных, шариковых) для импортозамещения расходомерных приборов, закупаемых по импорту на заводах, а также испытательных стендов для их градуировки [1,9, с.3].

В первое время в составе СКБ были образованы две группы разработчиков: группа ротаметров и группа расходомеров, преобразованные после в отделы, а также экспериментальный участок (механический и слесарный) и испытательная станция по тарировке приборов.

Первыми собственными разработками коллектива СКБ были общепромышленные ротаметры и испытательные стенды, а также создание расходомеров по отдельным техническим заданиям для конкретных заказчиков [1,8].

Первыми создателями приборов в СКБ были конструктора занимающиеся разработкой различных видов ротаметров под руководством Татьяны Юрьевны Серкульской [1,4,5]. В это же время начались разработки других видов расходомеров: индукционных, ультразвуковых, турбинных датчиков расхода, затем вихревых расходомерных приборов.

Группой по разработке ротаметров руководил Василий Иванович Тихонов. Большой вклад в создание расходомеров внес разработчик Виктор Михайлович Буланов (турбинный датчик расхода), впоследствии ставший главным инженером АОКБ.

В начале, весь состав разработчиков (конструкторов, исследователей) и других служб вместе с руководством размещались в одном помещении (зале). В од-

ном помещении вместе с конструкторами располагались копировщики, бухгалтер и библиотекарь. Службы опытного производства располагались в соседнем производственном зале.

Первое время основные помещения СКБ (конструкторский и производственный залы) располагались на втором этаже корпуса 3, где сейчас находится склад готовой продукции и слесарный участок. В других залах и первом этаже этого корпуса размещался производственный инструментальный цех приборостроительного завода.

На всей территории, были два основных двухэтажных корпуса с цехами приборостроительного завода. В соседнем корпусе 2 был сборочный цех по сборке газосчетчиков и небольшая проливная.

По периметру территории вдоль каменной стены располагался ряд отдельных одноэтажных помещений с размещенными в них отдельными службами завода и СКБ, котельная, склады металла и прочих материалов, столярная мастерская, проливная стеклянных ротаметров, помещение множительной техники. Недалеко от входа на кладбище – проходная на территорию. Посередине территории располагалось деревянное помещение столовой и медпункт [8].

В первое время коллективом конструкторского бюро проводились конструкторское сопровождение и необходимая доработка переданных московским заводом «Манометр» и изготовляемых на Арзамасском предприятии п/я 15 расходомерных приборов – ротаметры стеклянные типа РС, ротаметры электрические дистанционные типа РЭД и ротаметры пневматические дистанционные типа РПД различных модификаций, а так же совершенствовались и разрабатывались расходомеры индукционные типа РИ, расходомеры шариковые РШС и манометры МП-600 [7].

Научно-конструкторское бюро активно занималось созданием продукции для широкого потребителя. Специалисты разрабатывали техническую документацию для производства различных товаров: детских игрушек, мотоциклетных багажников и даже подводных ружей.

В ответ на потребности развивающейся промышленности и государственную программу по развитию химической отрасли возникла необходимость в создании усовершенствованных измерительных приборов. Инженеры работали над новыми моделями устройств для измерения расхода различных сред, включая агрессивные жидкости и газы. Особое внимание уделялось повышению их устойчивости к воздействию измеряемых веществ и точности измерений, чтобы полностью соответствовать всем требованиям и ожиданиям заказчиков [8].

В первые 2-5 лет в СКБ на основе модернизации серийно выпускаемых ротаметров стеклянных типа РС-3, 5, 7 и РС А, электрических ротаметров типа РЭД 3101 – 3107 и пневматических типа РПД 3201 – 3214 были разработаны приборы постоянного перепада для различных измеряемых сред и запущены так же в серийное производство: стеклянные ротаметры с местной шкалой показаний РСП – 2, 7, РСПА; ротаметр стеклянный для измерения диметилтерефталата РСД; ротаметр стеклянный для измерения ортомасла РСР; ротаметр стеклянный для бумаго-

делательных машин РСБ; электрические ротаметры с дистанционным сигналом и выходом на ЭПИД.

Первыми электрическими ротаметрами были РЭВ-01 и 02 для измерения диметилтерефталата и ортодихлорбензолфосгена, затем ротаметры электрические дистанционные кварцевые РЭД – 10 (50-100), ротаметр специальный для атомных электростанций РЭМС 2, 5 – 10, ротаметр электрический специальный для измерения газа РЭС-Г. Ротаметры с пневматическим выходным сигналом и местными показаниями в прямоточном исполнении корпуса: ротаметр пневматический для измерения этиленгликоля РПМ – 250Э, ротаметр пневматический для измерения метана РПМ-400Э, индикатор расхода ротаметрический РМ-077С, индикатор расхода ротаметрический обогревной РМО – 077С, индикатор расхода для измерения нафталина РН – 100-400. Для измерения значительно больших расходов в технологических линиях были разработаны парциальные ротаметры типа РСП и РПП [8]. По соответствующим техническим заданиям потребителей разрабатывались и другие специальные расходомерные приборы для конкретных условий применения.

При ежегодном росте объемов научно-исследовательских и опытно конструкторских работ по созданию новых общепромышленных расходомерных приборов для автоматизации производственных процессов в химической и целлюлозно-бумажной отраслях промышленности, расширялась научно-исследовательская и испытательная база СКБ, проектировались и строились новые образцовые расходомерные установки, позволяющие проводить градуировку и исследования метрологических характеристик приборов.

Была построена испытательная станция с проливной башней для испытаний расходомеров с уникальным диапазоном расходов по воде. Подобная станция была построена в СССР впервые, она имеет 13 рабочих мест с 13-ю парами мерных баков и позволяет испытывать одновременно до 13 различных расходомеров [9, с.3].

В 1963 году был создан отдел метрологии, на базе эталонной заводской лаборатории АПЗ. Своей лаборатории по измерительным приборам на территории ОКБ не было, имелся лишь склад приборов и измерительных средств. Все приборы возились в центральную измерительную лабораторию, находящуюся на территории АПЗ. К моменту отделения ОКБ и образования АОКБ «Импульс» в 1983 г. уже имелся свой метрологический отдел. В это время имелись лаборатории электроизмерительной техники, радиотехнических измерений, лаборатория расходомеров, по топливу, теплотехническая группа, оптико-механическая группа, линейно-угловая лаборатория. Имелось несколько складов приборов, был свой ремонтный участок. Велась большая работа по обучению кадров, повышению их квалификации. Постоянно закупалось оборудование для тематических отделов, лабораторий, активно велась экспертная работа [8].

С ростом разработок и численностью разработчиков несколько позднее установились два основных направления в разработках расходомерных приборов и в 1966 г. были образованы два тематических отдела: отдел датчиков расхода и прочих расходомеров № 2 и отдел ротаметров № 3. Отдел датчиков расхода и прочих

расходомеров № 2 возглавлял Иван Григорьевич Субботин. Отделом ротаметров № 3 руководил Виталий Александрович Мараханов [6].

В то время произошли существенные изменения в расположении производственных подразделений: инструментальный цех переехал на территорию завода. Конструкторские отделы разместили в просторном помещении на втором этаже третьего корпуса. Сейчас в этом месте находятся участок по производству печатных плат и фотолаборатория. Параллельно с этим механический цех переместили на первый этаж здания.

В отделе № 3 началась разработка ряда общепромышленных ротаметров с расходами на основе обеспечения 5-го ряда предпочтительных чисел, что позволяло охватывать весь диапазон измеряемых расходов. Стеклянные ротаметры позволяли измерять расходы от 0, 025 до 10 м/ч. В этот ряд входят: РС 0, 025–10Ж ротаметры стеклянные с местными показаниями (14 типоразмеров), РСН 0, 025-4Ж ротаметры стеклянные для агрессивных жидкостей (12 типоразмеров), РСФ 0, 016-4ЖГ ротаметры для высокоагрессивных жидкостей и газов (13 типоразмеров). Тогда же был разработан ротаметр РС-5С специальный для измерения аммиака с приемкой представителя заказчика.

Первым авторским свидетельством, выданным предприятию, стало авторское свидетельство №241726 с приоритетом от 25 декабря 1967 г., авторов О.С. Вавилова и В.А. Матвеева.

Олег Сергеевич Вавилов, будучи еще молодым специалистом и работая в УЗЛ АПЗ над электромагнитным смягчителем воды в 1959 г., заметил, что при определенном положении катушек индуктивности и электродов по отношению к направлению потока, повышаются чувствительность и надежность измерений. Данное решение поставленной технической задачи не было реализовано в электромагнитном смягчителе воды, но в 1967 г., когда О.С. Вавилов, работая в ОКБ начальником отдела расходомеров, а В. А. Матвеев – ведущим инженером по ЭМР и установкам для беспроливной градуировки ЭМР, они вернулись к найденному когда-то решению. Результатом их совместной работы и явилось указанное ранее изобретение, которое было внедрено в 1973 г. на Алюминиевом заводе в городе Павлодаре с экономическим эффектом 1500 рублей [8].

На основе разработок ряда общепромышленных ротаметров в 1967 г. был разработан общесоюзный типаж этих приборов, а также разработан и утвержден в Госстандарте государственный стандарт ГОСТ 13045-67 «Ротаметры общепромышленные. Технические требования». ГОСТ разработали: З.Д. Морозова, В.А. Горностаев [7].

Отделом расходомеров были разработаны и после усовершенствованы целый ряд турбинных датчиков (23 типоразмера) на различные диапазоны измерения и использования в различных условиях применения с унифицированными выходными сигналами для передачи на аналоговые и цифровые регистрирующие и показывающие приборы, и вычислительные машины.

Разработка турбинных и других видов расходомеров вызвала необходимость создания образцовых средств аттестации, был разработан и изготовлен комплекс

образцовых метрологических испытательных стендов и уникальных расходомерных градуировочных установок, воспроизводящих единицу расхода с высокой точностью и позволяющих имитировать изменение вязкости рабочих сред и оценке точности турбинных расходомеров в больших интервалах температур.

С развитием коллектива и разработок требовались новые производственные площади. Занимались помещения, освобождаемые от перемещения участков и цехов завода на основную территорию. Корпуса 2 и 3 полностью перешли в СКБ [8].

Особенно значительный рост коллектива был в 1967-68 гг. В эти годы на работу пришла новая плеяда разработчиков и конструкторов выпускников различных высших учебных заведений и техникумов. Приток новых специалистов и расширение площадей позволило вести разработки расходомерных приборов, основанных на других принципах действия.

В 1968 г. с изменением статуса конструкторского бюро расширяется и тематическая направленность разработок, разрабатываются расходомеры авиационного, ракетного топлива и специальных жидкостей для длительных стендовых и летных испытаний авиационных двигателей и агрегатов [6].

Вместе с конструкторским подразделением организовывались и другие необходимые службы: копировальное бюро; технический архив с множительной техникой; производственный участок по изготовлению макетных и опытных образцов; сборочный участок; испытательная лаборатория. С первых дней в СКБ организовалась и техническая библиотека, где был впоследствии сосредоточен значительный фонд справочной, технической и периодической литературы. Имелся необходимый фонд книг и журналов по патентам и изобретениям.

С развитием конструкторских разработок шло интенсивное развитие опытного производства. На предприятии были реконструированы и вновь построены современные производственные корпуса, оснащенные высокоточным оборудованием и приборами, развивалось метрологическое оснащение лабораторий и производственных участков [3].

Можно сделать вывод, что основными разработками КБ в этот период являлись авиационные и ракетные приборы измерения расхода и количества различных видов топлива, так же происходил рост коллектива, организовывались вспомогательные службы.

Библиографический список

1. Архив АОКБ «Импульс» // Приказы директора приборостроительного завода, относящиеся к деятельности ОКБ 1961-1967 гг. / Приказ №1028, с.7. // Сведения о создании СКБ. / Состав конструкторского бюро СКБ организации п/я 15, на 1 января 1965 г.
2. Архив АОКБ «Импульс» // Сведения о создании СКБ. / Отчет о ходе выполнения постановления СМ РСФСР от 27.04.61 за №473 в части создания специального конструкторского бюро расходомерных приборов при организации п/я 15 г. Арзамас, с.95-97.
3. Архив АОКБ «Импульс» / План-схема расположения корпусов АОКБ «Импульс».
4. Архив АОКБ «Импульс» // Приказы директора приборостроительного завода, относящиеся к деятельности ОКБ 1961-1967 гг. / Приказ № 279, с.47.
5. Архив АОКБ «Импульс» // Приказы директора приборостроительного завода, относящиеся к деятельности ОКБ 1961-1967 гг. / Приказ № 16, с.61.

6. Архив АОКБ «Импульс» // Приказы директора приборостроительного завода, относящиеся к деятельности ОКБ 1968-1979 гг. / Приказ № 180, с.14.
7. 40 лет ОАО АОКБ «Импульс» - спецвыпуск / Арзамасские ведомости, 2001 г., №93.
8. ***Годухин, В.В.*** «ОАО АОКБ «Импульс» - Историческая справка» / интервью от 13 ноября 2013 г., АОКБ «Импульс».
9. ***Панкратов, В.*** «Импульс» набирает обороты / В. Панкратов // Арзамасская правда, 2001 г., №117, с.3.

УПРЕЖДАЮЩЕЕ РАЗВИТИЕ КЛЮЧЕВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО СОЗДАНИЮ И РАЗВИТИЮ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НОВОГО ОБЛИКА

Ю.А. Ганус, Е.А. Старожук
Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

В статье рассмотрено упреждающее развитие ключевых компетенций, которые способствуют формированию перспективных функциональных возможностей, направленных на создание уникальных ключевых продуктов, которые необходимы для обеспечения лидерства в создании уникальных конечных продуктов на длинной дистанции их жизненных циклов. Подход упреждающего характера развития ключевых компетенций является ответом на вызовы нарастающей неопределенности в условиях критического роста цивилизационной динамики, и направлен на приведение в соответствие всех высокотехнологичных форматов, технических и технологических экосистем с национальными интересами Российской Федерации по обеспечению устойчивости и лидерства в создании и развитии ключевых продуктов и экосистем на всей дистанции их жизненных циклов.

***Ключевые слова*:** ключевые компетенции, упреждающее развитие ключевых компетенций, уникальные функциональные возможности, ключевые продукты, конечные продукты, компетенции, прогнозирование, жизненный цикл, продукция военного назначения, система управления полным жизненным циклом, динамика технологического развития

Размеренное развитие ключевых компетенций на основании давно разработанных регулирующих документов, стандартов, без видения будущего развития технологий, высокотехнологичных платформ, соответствует состоянию другого, прежнего времени, времени относительно стабильных рынков, к которому мир больше никогда не вернется. Да и подобного размеренного состояния окружающей среды нет уже несколько десятилетий. При этом последние годы демонстрируют критическую динамику, тестирующую устойчивость России на самодостаточность и технологическую независимость, которые должны поддерживаться уникальными компетенциями. В настоящее время, и тем более в будущем, подобная постановка процесса формирования и развития ключевых компетенций, без определения видения требований к будущим компетенциям, которые оказывают непосредственное влияние на лидерство по конечным продуктам, не может считаться приемлемым положением дел, с точки зрения национальных интересов России.

Требования по упреждающему характеру развития ключевых компетенций являются ответом на развитие критических ситуаций, связанных с ростом динамики технического технологического развития, с утратой соответствия высокотехнологичных решений, высокотехнологичной продукции, особенно высокотехнологичных платформ, их несоответствием критическим требованиям не только заказчиков (1), но и требованиям интеграционных партнеров заказчиков (2), и что не менее важно – требованиям внешней среды (3), связанных с

устареванием этих высокотехнологичных решений на всей дистанции их жизненных циклов.

Существенное изменение требований внешней среды, с учетом роста ее неопределенности, ведут как к несоответствию текущего уровня ключевых компетенций современным требованиям поддержания должного уровня технической и технологической готовности высокотехнологичных платформ, но и к дефициту необходимых качественно новых будущих компетенций, которые станут драйверами развития изменяющихся отраслей и создания качественно новых платформ. И разрыв несоответствия будет только нарастать без использования подхода по упреждающему развитию ключевых компетенций, направленных на создание качественно новых обликов высокотехнологичных платформ, соответствующих будущим вызовам, в основе которого прогнозирование системного управления жизненным циклом не только самих платформ и формирующих их системных компонентов, которые обладают разной динамикой устаревания, но и определения видения развития потребительского поведения для гражданских платформ и методов ведения войны – для боевых платформ.

Предпосылки возникновения требований по упреждающему характеру формирования и развития ключевых компетенций

Еще в 2020 и в 2024 гг. в статьях [1,2], посвященных модели ключевой компетенции как базовой методике управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в долгосрочной перспективе, делался акцент на высоком потенциале роста технологического и технического разрыва, который стремительно нарастая, будет отдалять нас от лидирующих позиций в мировой гонке за техническое и технологическое лидерство. Сегодня вопрос стоит в выборе стратегии: быть лидером в формировании перспективных компетенций, или следовать за лидером, реагируя на поведение лидера, на изменение отраслевых рынков. Попытки сдержать, или сократить этот разрыв несоответствия могут обернуться противоречивой, разоряющей технологической гонкой по созданию новых дорогостоящих решений, новых дорогостоящих изделий в этой области, вместо того, чтобы следовать новой парадигме, направленной на упреждающее развитие ключевых компетенций, которые смогут обеспечить лидерство в создании и развитии уникальных специфических функциональных возможностей по созданию и развитию ключевых продуктов не только сегодня, но и в будущем. И подобные ключевые компетенции, упреждающим порядком формирующие перспективные уникальные функциональные возможности, направленные создание уникальных ключевых продуктов, смогут обеспечить лидерство в создании уникальных конечных продуктов, лидерство в их модернизационном развитии на длинной дистанции их жизненных циклов.

Упреждающий характер формирования и развития ключевых компетенций, позволяющих обрести и поддерживать способность реализовать представ-

ленную ранее логику на длинной дистанции жизненных циклов высокотехнологичных продуктов, сетевых платформ, высокотехнологичных экосистем, станет фактором дифференциации России от конкурентов и противника.

Упреждающий характер формирования и развития ключевых компетенций является эффективным, критически важным подходом по выбору парадигмы дальнейшего технологического развития, которому было бы целесообразно следовать не только сегодня, но и в будущем, чтобы быть готовым к решению будущих задач, которые перед нами поставит государство не только в ответ на будущие вызовы, но для реализации новых доктрин. В этой ситуации мы стоим перед разрешением дилеммы [1]:

1) борьба с фактическим устареванием компетенций и, таким образом, реактивное следование и реагирование на чье-либо лидерство в создании конечных продуктов, даже, если этим лидером являемся мы сами;

2) понимание неизбежности процесса устаревания и системные действия в его упреждение, путем прогнозирования изменений будущих требований к конечным продуктам, а значит и к компетенциям по их созданию, в ходе формирования ясного видения будущей экосреды, экосистемы будущего.

На длинной дистанции жизненных циклов высокотехнологичных продуктов и сред успех придет к тем, кто обеспечит устаревание своих собственных продуктов и решений раньше, чем это сделает его противник, и/или конкурент. В основе этого – формирование и развитие ключевых компетенций, направленных на создание уникальных функциональных возможностей, направленных на поддержание превосходства ключевых продуктов, которые обеспечат лидерство конечных продуктов на длинной дистанции их жизненных циклов.

Сегодня, в режиме ранее невиданного объема и масштаба санкций, мировая техническая, научно-технологическая, цивилизационная динамика предъявляет требования качественно нового уровня к формированию и развитию функциональных способностей и ресурсов, профессиональных компетенций внутри России, позволяющих стать основой ключевых компетенций, отличных от ключевых компетенций противника и конкурента, направленных на обеспечение устойчивости государства и достижение текущей конкурентоспособности в тактической перспективе, на обеспечение будущего превосходства, в стратегической перспективе.

Положение дел, когда на национальном рынке может быть недостаточно ресурсов и необходимых способностей, которые ограничат обретение новых компетенций и текущих возможностей, направленных на формирование и поддержание качественно нового уровня ключевых компетенций недопустимо, с учетом текущего противостояния. Так же, как и недопустимо обретение этих ключевых компетенций по неконкурентной, неприемлемой цене, из-за чего создаваемые ключевые продукты будут завышать стоимость формируемых ими конечных продуктов на длинной дистанции их жизненных циклов, в ходе поддержания изменяющихся к ним требований.

Подход по упреждающему формированию и развитию ключевых компетенций

Рост и непредсказуемость критических изменений в технической и технологической областях, следствием которых становятся революционные развороты цивилизационного развития, изменение методов ведения войны и способов организации экосистем, ведет к очевидной необходимости перевода характера процесса формирования и развития ключевых компетенций в упреждающий порядок. Среди главных задач в этом случае ставится ключевая задача обеспечения немедленной готовности, наличие требуемых ключевых компетенций, соответствующих современным требованиям, при наличии ключевых компетенций по обеспечению готовности, направленной на достижение превосходства над противником, и/или над конкурентом на всей дистанции жизненного цикла технических и технологических решений.

Изначально выстроенная иерархическая логика формирования ключевой компетенции доктора Мансура Джавидана, раскрытая в предыдущих работах [1,2], выстроенная в логической взаимосвязи ресурсов-способностей-навыков-практического опыта по эффективному использованию этих ресурсов, компетенций в направлении формирования ключевых компетенций, где для ресурсов был определен базовый уровень, логически открывающий вход для последовательного создания условий для построения и развития ключевых компетенций, в современных условиях совершенно очевидно нуждается в серьезных дополнениях и акцентах.

Ресурсы во всем их требуемом многообразии, по мнению доктора Джавидана [3], были определены в качестве базового уровня, логически открывающего путь последовательного создания условий для построения и развития ключевых компетенций. По логике Джавидана [1, 2, 3], опираясь на ресурсы, определяется наличие определенных требуемых способностей. А способности и технологии интегрируют необходимые кросс-функциональные производственные навыки и опыт взаимодействия в компетенции, с помощью которых организация адаптируется к меняющимся обстоятельствам, эффективно конкурирует, создавая и развивая ключевые компетенции в сотрудничестве с предприятиями и организациями, вовлеченными в систему управления полным жизненным циклом высокотехнологичных платформ. Конкуренция на высокотехнологичных рынках основываться на способностях, трансформированных в профессиональные компетенции по созданию новых и развитию модернизационных решений качественно, быстрее и с более низкими издержками, чем у конкурентов [4].

На этом уровне формируются организационные компетенции, обеспечивающие ключевые компетенции на уровне высокотехнологичной платформы, либо организации, например образовательной (вуз, корпоративный университет). Ведь, несмотря на большой багаж регулирующих документов Минобра, самого вуза, каждая образовательная организация должна обеспечивать упреж-

дающее развитие компетенций своих студентов, специалистов для промышленности, которые должны стать основой формирования ключевых компетенций, позволяющих эффективно и с должной степенью готовности встречать новые вызовы. Ведь на выпуске реальный сектор экономики ждет специалистов, готовых к решению современных задач. Принимая во внимание период обучения студента, даже допуская качественные практические стажировки и период последующего вхождения и адаптации молодого специалиста, после выпуска из вуза, весь процесс займет не менее 7-8 лет, при оптимистичном сценарии. Таким образом, мы понимаем, что вузы должны самостоятельно прогнозировать требования к будущим компетенциям студентов, а не только ждать, когда «сверху» будет спущено задание по требованиям по подготовке студентов. Степень соответствия вуза национальным задачам государства будет определяться не только степенью соответствия уровня подготовки студентов, молодых специалистов к ранее разработанным и установленным стандартам и нормам, к текущим требованиям реального сектора экономики. С учетом критической значимости внешней динамики, соответствие вуза национальным задачам будет определяться по степени соответствия, степени готовности выпускников не только к эффективному ответу на разнообразные и многочисленные вызовы настоящего и будущего, но и по обеспечению технического, технологического лидерства, превосходства России, что будет обеспечивать устойчивость государства и его перспективное системное развитие, его технический и технологический суверенитет, его превосходство на каждом театре военных действий.

Важно помнить о цели ключевой компетенции, которая заключается в том, чтобы стать лидером в создании и развитии уникальных специфических функциональных возможностей по созданию и развитию ключевых продуктов, переносимых на создаваемые и развиваемые конечные продукты. Достижение ведущей позиции по ключевым и, как следствие, по конечным продуктам позволит выйти в лидеры в создании конечных продуктов, и, таким образом, влиять не просто на эволюцию конечных продуктов и отраслевого рынка, но и влиять на экосистемы, на методы ведения войны, обеспечивая свое превосходство на каждом театре военных действий, обеспечивая конкурентоспособность на уровне экосистем.

Исходя из справедливой логики доктора Джавидана, если не будет достаточных ресурсов, не будет и требуемых способностей для формирования необходимых компетенций, без которых невозможно будет сформировать требуемые ключевые компетенции, которые все более важны в условиях высокой динамики развития отраслевых рынков.

Выстроенная доктором Джавиданом иерархия отношений между четырьмя взаимосвязанными составляющими элементами логической иерархии формирования ключевой компетенции указывает на то, что чем ниже уровень составляющего элемента в иерархии, тем выше добавленная стоимость для организации. Критически важным становится вывод о том, что сложность в достижении следующего уровня иерархии увеличивается при движении по выстро-

енной логике и создание ключевых компетенций требует самых значительных усилий и времени. Таким образом, мы подошли к одному из главных выводов модельной логики доктора Джавидана, согласно которому значительные потери, ошибки, допущенные на предыдущих этапах, либо на каком-либо из этих этапов, ведут не только к утрате качества ключевых компетенций, но и могут привести к утрате самих ключевых компетенций, а значит не только к недостижению лидерства, но и к утрате стратегической устойчивости. Таким образом, ошибки в определении необходимых ресурсов, ведут к недостижению способностей и не обретению нужных компетенции для формирования ключевых компетенций.

Значит, начало модельной логики доктора Джавидана с ресурсов даже в современной ситуации может привести к ошибкам в определении ресурсов, и эти ошибки будут множиться на каждом из этапов.

На основании сказанного, объединяя и дополняя модельную логику доктора Джавидана с целью ключевой компетенции по достижению лидерства [4], в создании и развитии уникальных специфических функциональных возможностей по созданию и развитию ключевых продуктов, в дальнейшем переносимых на конечные продукты, с учетом нарастающей неопределенности и критической цивилизационной динамики, целесообразная логика формирования современных и перспективных ключевых компетенций может быть представлена следующим образом:

от: развития ключевых компетенций по стратегическому управлению
к: развитию ключевых компетенций по научно-техническому, цивилизационному прогнозированию от >
к: развитию ключевых компетенций по прогнозированию устаревания технических и технологических решений [5] [6] [7] от >
к: стратегическому/футурологическому видению требований к будущим продуктам, в их системной взаимосвязи с экосистемой их использования и развития от >
к: способностям для развития компетенций будущего от >
к: ресурсам для развития способностей и компетенций будущего от >
к: будущим ключевым компетенциям от >
к: ключевым продуктам будущего от >
к: будущей конфигурации ключевых продуктов от >
к: 1. Согласование требований регулятора по формированию ключевых компетенций и приведение их в соответствие с результатами обоснованного анализа, на основании представленной выше логики
2. Согласование требований заказчиков по формированию ключевых компетенций и приведение их в соответствие с требованиями регулятора и результатами обоснованного анализа, на основании представленной ранее логики от >
к: функциональным системным компонентам ключевых продуктов [8] от>

к: конечным продуктам от >
к: будущей архитектуре конечных продуктов от >
к: функциональным системным компонентам конечных продуктов от >
к: ключевым компетенциям от >
к: ключевым продуктам от >
к: конечным продуктам

Представленный подход демонстрирует упреждающий характер развития ключевых компетенций и является базисом стратегического управления формированием и развитием ключевых компетенций [9]. Подход включил в себя и дополнил модельную логику доктора Джавидана с целевым подходом использования ключевой компетенции в достижении лидерства в создании и развитии уникальных специфических функциональных возможностей по созданию и развитию ключевых продуктов, в дальнейшем переносимых на конечные продукты.

Подход предоставляет возможность формировать долгосрочное видение целесообразной конфигурации ключевых компетенций, исключая ошибки по составу и перспективной архитектуре ресурсов, которые станут основой для формирования способностей. Так, современная обоснованная необходимость развития ключевых компетенций в области создания и развития цифровых технологий, позволяющая реализовать сложные задачи управления с использованием систем искусственного интеллекта, интеграции на сетевом межвидовом уровнях возникла более двух десятилетий назад. В настоящее время, когда все усилия военно-промышленного комплекса США направлены на создание перспективной военной платформы, построенной по мозаичному принципу, в задачи которой входит обеспечение доминирования США над Россией и Китаем на всех театрах военных действий [10], задача создания и развития ключевых компетенций в области формирования и развития цифровой платформы, являющейся архитектурным базисом создания перспективной сетевой, межвидовой, межсредовой военной платформы качественно нового облика [11], является безусловной необходимостью уже сегодня. Нескольких лет на реализацию подобных задач, очевидно, будет недостаточно, как показывает практика нашего противника, у которого перед началом разработок подобной платформы было немало базовых наработок, которые легли в основу создаваемой им Mosaic warfare [12]. И сейчас задачи компенсации этого разрыва имеют жизненную необходимость и соответствуют национальным задачам и приоритетам государства. При этом задачи подготовки молодых специалистов, которые будут создавать и развивать подобные сетевые платформы, экосистемы качественно нового облика, являющиеся сегодня семействами систем, являются критически значимыми, с учетом сроков подготовки молодых специалистов и сроков практического становления подобного рода компетенций, способных лечь в основу требуемых ключевых компетенций

Подход обеспечивает способность ясного структурирования и приоритезации задач в стратегической перспективе, направленных на формирование и

развитие ключевых компетенций по созданию, развитию, модернизации конечного продукта, не допуская ошибки в формировании и поддержании целесообразной архитектуры платформ и экосистем на всей дистанции жизненного цикла, развитие которых может сдерживаться при достижении ими предельного уровня сложности. Подход упреждающего развития компетенций обеспечивает способность к интеграции и эффективному взаимодействию всех функциональных системных составляющих платформ и экосистем, всех объектов и субъектов, на всей длительной дистанции их жизненных циклов, поддерживая способность адаптироваться к быстро меняющимся обстоятельствам. Практика создания и развития новых боевых платформ в США, практика интеграции на их базу качественно новых решений демонстрирует проблемы в этой области.

Подход упреждающего характера развития ключевых компетенций является ответом на вызовы нарастающей неопределенности и критического роста цивилизационной динамики, и направлен на приведение в соответствие всех высокотехнологичных форматов, технических и технологических экосистем, созданных в России, с национальными интересами Российской Федерации по обеспечению устойчивости и лидерства в создании и развитии ключевых продуктов и экосистем на всей дистанции их жизненных циклов.

Библиографический список

1. ***Ганус, Ю.А.*** Модель ключевой компетенции как базовая методика управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в долгосрочной перспективе / Ю.А. Ганус, Е.А. Старожук // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 3. - С.1111-1134.
2. ***Ганус, Ю.А.*** Упреждающее развитие ключевых компетенций по созданию, развитию и управлению жизненным циклом высокотехнологичной продукции военного назначения нового облика. Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Москва, 17 апреля 2024 г.)/Минобрнауки РФ, ФГБОУ ВО МГТУ им.Н.Э.Баумана(НИУ) – Москва: Первое экономическое издательство, 2024.310 с.
3. ***Javidan, M.*** Core Competence: What Does it Mean? // Long Range Planning. – 1998. – № 1. – p. 60-71.
4. ***Портер, М.*** Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей конкурентов. –Альпина Паблишер, 2016. – 453 с.
5. **Bartels, B.** Strategies to the Prediction, Mitigation and Management of Product Obsolescence. – John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2012.
6. ***Ганус, Ю.А.*** Ключевое значение функции управления устареванием в формировании ключевых компетенций по управлению полным жизненным циклом высокотехнологичных изделий военного и гражданского назначения: материалы III Всероссийской научно-практической конференции «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста» («СУПЖЦ ВТ в машиностроении: новые источники роста»)(Москва, 6 октября 2020) // Минобрнауки РФ, ФГБОУ ВО «МГТУ им.Н.Э.Баумана(НИУ). – М.: Первое экономическое издательство, 2020. – 344 с.
7. ***Ганус, Ю.А.*** Непрерывная модернизация высокотехнологичной продукции в течение жизненного цикла - ответ на растущие вызовы ускорения устаревания изделий, их системных компонент и усиления технического, технологического противостояния и конкуренции /

Ю.А. Ганус, Е.А. Старожук. – Материалы IV Всероссийского научно-практического круглого стола "Непрерывная модернизация высокотехнологичной продукции в течение жизненного цикла - ответ на растущие вызовы..." 31.03.2021, М: МГТУ им.Н.Э.Баумана., 2021.

8. ***Martin, B.*** An Approach to Life-Cycle Management of Shipboard Equipment. – RAND National Defense Research Institute, 2018. – 79 p.
9. ***Gallon M. R.*** Putting Core Competency Thinking into Practice // Research-Technology Management Journal. – 1995. – № 38. – p. 20-28.
10. ***Gulden Timothy R.*** Modeling Rapidly Composable, Heterogeneous, and Fractionated Forces Findings on Mosaic Warfare from an Agent-Based Model. Research Reports. RAND Corporation, Santa Monica, Calif, 2021.
11. ***Ганус, Ю.А.*** От задач модернизации монолитных военных платформ и их системных компонентов к новому облику межвидовых военных платформ для поддержания их конкурентоспособности на каждом театре военных действий / Ю.А. Ганус, Е.А. Старожук. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции «СУПЖЦ ВТ в машиностроении: новые источники роста» (Москва, 19 апреля 2023 г.) / Министерство образования и науки РФ, ФГУБОУ ВО «МГТУ имени Н.Э. Баумана (НИУ)». – М.: Первое экономическое издательство, 2023. – 224 с. : ил.
12. ***O'Donoughue Nicholas A.*** Distributed Kill Chains. Drawing Insights for Mosaic Warfare from the Immune System and from the Navy. Research Report, The RAND Corporation, Santa Monica, Calif., 2021.

ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И КЛАСТЕРЫ В ПРОЯВЛЕНИИ ДУАЛИЗМА ОБЩЕСТВЕННО-ПОЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.М. Губернаторов[1], М.А. Чирков[2], М.С. Чистяков[3]

[1]Институт экономики и туризма Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

[3]Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования Центросоюза Российской Федерации «Российский университет кооперации», Владимирский филиал

В статье рассматривается современный российский кластерный подход с позиции эволюции территориально-таксономических элементов пространственного размещения производственных сил, сформировавшей особую форму проявлений экономической активности в народном хозяйстве – территориально-производственные комплексы (ТПК). Изучение опыта становления и функционирования ТПК является частью процесса преемственности, что способствует приращению знаний в контексте кластерного строительства.

Ключевые слова: территориально-производственный комплекс, кластер, структура экономики, общественно-политический строй, народное хозяйство.

Территориально-промышленные основы современного российского производственного потенциала связаны, в частности, с кластерным подходом, истоки которого в Советском Союзе исходят из формирования территориально-производственных комплексов (ТПК), сформированные в идеологии советской районной школы до появления фундаментальных работ М. Портера. Н.Н. Колосовский впервые (в 1940 г.) привел определение ТПК, под которым он понимал экономическое сочетание предприятий, территориальной сконцентрированных в определенном промышленной точке или ареале, формирующее определенный экономический эффект, обусловленный удачным (плановым) подбором предприятий. При этом автор отмечает обусловленное соответствие эффекта природным и экономическим условиям района, в том числе экономико-географическому и транспортному положению [5].

Безусловно, между ТПК и кластерными структурами как экономическими категориями существуют кардинальные отличия, изучаемые и тщательно описанные в многочисленных публикациях. Основной отличительной характеристикой представленных объединений является отсутствие внутренней конкуренции в ТПК, созданном государством в плановой экономике, которая в кластере сочетается с кооперацией его участников, создающей кооперационно-хозяйственные связи. Однако, по мнению И.И. Фархутдинова и А.Г. Исавнина [7], ТПК представляет собой советский вариант кластера в капиталистической экономике. По мнению данных исследователей, основная задача ТПК состояла

в увеличении добавленной стоимости продукции, выпускаемой комплексом, непосредственно воздействующей на положительную динамику ВВП.

Сравнительный анализ позволяет обозначить основные характерные отличия экономического кластера и ТПК, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Характерные свойства ТПК и кластеров в их отличительных проявлениях

Критерий	**Кластер**	**Территориально-производственный комплекс**
Система хозяйствования (политико-экономическая система)	Рыночная экономика	Экономика планового хозяйства социалистического государства
Экономическое целеполагание	Взаимосвязи и партнерство предприятий на основе функционального единства в целях реализации общих задач, сочетаемые с внутренней конкуренцией	Представляют собой «фокус» административно-территориального деления и территориальной организации производительных сил, состоящих из предприятий, взаимосвязанных и дополняющих друг друга, а также транспортно-логистическую, энергетическую и иную инфраструктуру
Формирование и локализация	Действие пространственного характера рыночных сил на освоенных, экономически активных территориях	Посредственном искусственного формирования усилиями государства (научным сообществом и партаппаратом) на ограниченных территориях, подлежащих освоению
Управление	Регулирование рыночного характера через менеджмент коммерческих (или государственных) структур	Государственное регулирование в условиях плановой экономики
Высокие технологии и инновации	Внедряются на протяжении большей части эволюционного трека кластера, при этом могут являться продуктом их деятельности	Являются частью проекта формирования ТПК
Специализация	Совокупность различных размеров предприятий самодостаточных локализованных сфер производства и услуг высокотехнологичных отраслей экономики, обеденных под единством достижения общих целей	Нефте- и газодобыча; лесная и лесоперерабатывающая; промышленность, тяжелое машиностроение, химическая промышленность, горнодобывающая отрасль

Составлено по: [2;4]

Существенным влиянием советских ТПК на формирование российской кластерной политики, подтверждающим многообразие национальных моделей

кластеров [3;8], является преемственность в отечественной экономике, в которой большинство кластеров сформировались или создаются на платформе предприятий, построенных в СССР. Схожесть современных кластеров и советских производственных комплексов прослеживается в том, что ТПК в советской экономике формировали сбалансированную модель развития, состоящую из различных предприятий, имеющих значимый функционал в данной системе. Это потенциально может являться характеристикой и в современном кластерном образовании.

Предположим, что обобщение знаний о становлении ТПК в народном хозяйстве СССР при социалистическом строительстве – с одной стороны, и оперирование объективными положениями общественного и территориального размещения производственных сил и разделения труда – с другой, посредством дуального сравнения различных форм хозяйственной деятельности в государственных масштабах способствует пониманию специфики формирования современных российских кластеров, построенных на общих положениях экономической теории и берущих начало от пространственно-территориальной организации и теории размещения производительных сил [4].

Так, определенное сходство прослеживается в формировании центрального звена структуры ТПК и кластера. «Ядро» («фокус») кластера образует основное («якорное») предприятие, миссия которого направлена, в том числе, на координирующую роль функционала всего кластера, вокруг которого сосредоточены более мелкие и вспомогательные предприятия. По М.К. Бандману [2], формируется ядро любого ТПК определенной сферы производства, образованной из совокупности отраслей специализации, производств комплексирующего типа и определенного элементного состава инфраструктуры.

По мере развития народного хозяйства Советского Союза усложняется территориально-производственная структура экономики страны. Происходит таксономическое разделение экономических районов на подрайоны, что можно понимать как этап верификации первичного ТПК подрайона, специализирующегося на меньшем сегменте и детализации производимой продукции [4].

ТПК советской плановой экономики являются предшественниками и имеют очертания кластерных образований, однако, как было показано ранее, в них отсутствует внутренняя конкуренция, являющаяся активатором развития преимуществ предприятий, входящих в кластерное образование, а также построенное на ее основе конструктивное взаимодействие субъектов кластера, органов исполнительной власти, образовательных учреждений, научного и предпринимательского сообщества.

Изучение конструктивного опыта становления ТПК способствует выявлению положительных тенденций в их деятельности, воздействовавших на экономику народного хозяйства СССР, что может способствовать их трансферу в современные кластерные образования. Другим аспектом данного подхода является минимизация негативных проявлений в функционировании кластера, ос-

нова которого заключается, в том числе, в изучении места ТПК в экономике Советского Союза.

Библиографический список

1. ***Бандман, М.К.*** Подход и основные этапы решения задачи оптимизации формирования ТПК // Моделирование формирования территориально-производственных комплексов. – Новосибирск: ИЭи- ОПП, 1971.
2. ***Дондоков, Б.С.*** Кластеры или ТПК: сходства и различия. URL: https://www.giab-online.ru/files/Data/2015/01/58_381-385_Dandokov.pdf (дата обращения: 01.03.2025).
3. ***Дроздова, Н.В.*** Территориально-производственные комплексы и региональные кластеры: преемственность и перспективы развития // Ярославский педагогический вестник. 2011. Т. 1, № 3. С. 125-129.
4. ***Киселева, Н.Н.*** Территориально-производственные комплексы как форма пространственной организации производства: эволюция и перспективы развития/ Н.Н. Киселева, А.А. Орлянская, К.В. Бавина, Н.В. Боровикова // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2016. № 4(48). С. 150-160.
5. ***Колосовский, Н.Н.*** Производственно-территориальное сочетание (комплекс) в советской экономической географии // Вопросы географии. – 1947. – № 6. – С. 133-168.
6. ***Кудряшов, В. С.*** История становления кластерного подхода в России / В. С. Кудряшов, В. И. Кружалин // European Scientific Conference : сборник статей XII Международной научно-практической конференции : в 2 ч., Пенза, 07 ноября 2018 года. Том Часть 2. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2018. – С. 57-59.
7. ***Фархутдинов, И. И.*** Формирование экономических кластеров посредством применения сорсинга / И. И. Фархутдинов, А. Г. Исавнин // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2018. – Т. 14, № 5(362). – С. 843-859.
8. Зарубежный опыт применения кластерных технологий в инновационном территориальном развитии / М. А. Чирков, Ю. А. Дмитриев, Б. В. Карцев, М. С. Чистяков // Менеджмент и бизнес-администрирование. – 2019. – № 1. – С. 140-155. – EDN NVGBUA.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОЦЕССОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА И КОНТРОЛЛИНГА ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПРОГНОЗОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

И.Б. Гусева
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматриваются проблемные вопросы, которые необходимо учитывать при построении прогнозных моделей, процессов, методик и процедур. Показана возможность составления прогноза промышленного предприятия с участием систем стратегического менеджмента и контроллинга, разграничивая спектр решаемых ими задач.

Ключевые слова: прогнозирование, промышленное предприятие, стратегическое управление, стратегический менеджмент, система стратегического контроллинга

Тотальная цифровизация, нарастание конкурентной борьбы между ключевыми мировыми центрами влияния, усложнение глобальных интеграционных процессов обуславливают необходимость разработки стратегического вектора развития экономики. В сложившихся условиях прогнозирование является одним из ключевых мейнстримов в развитии долгосрочных векторов развития на уровне страны, отрасли, региона и предприятия. Стоит отметить, что область прогнозирования имеет ряд особенностей, проблемных вопросов и характеристик, которые необходимо учитывать при построении прогнозных моделей, процессов, методик и процедур.

Присутствие рисков, неопределенностей и колебаний в процессе прогнозирования показателей промышленного предприятия способствуют необходимости разработки и внедрения новейшего методического инструментария, которое учитывает ключевые специфические особенности и проблемы данной области исследования. В свою очередь, контроллинг является одной из основополагающих платформ поддержки менеджмента, которая позволяет проводить управление промышленным предприятиям на основе взаимодействия данных служб по ключевым функциональным направлениям.

В ходе прогнозирования как составного элемента процесса стратегического управления на предприятии, задачи стратегического контроллинга соответственно направлены на информационную, аналитическую и методическую поддержку системы стратегического менеджмента в данном вопросе.

На основе совокупности задач, которые решает система стратегического контроллинга при составлении прогнозов промышленного предприятия и разнообразия выполняемых им функций можно утверждать, что процессы построения прогнозных моделей, разработки прогнозов и применения результатов прогнозирования осуществляются эффективнее при использовании именно данной системы, нацеленной на выполнение с одной стороны разнородных, с другой – взаимосвязанных операций, базирующихся на научно-обоснованной методологии системы контроллинга.

В связи с тем, что основным предназначением стратегического менеджмента является разработка мероприятий для успешной деятельности предприятия в долгосрочной перспективе путем развития его потенциала, соответственно и стратегический контроллинг, как сопровождающая система, в первую очередь ориентирован на будущее. Ориентация на перспективу предопределяет высокую значимость прогнозирования в системе контроллинга, так как именно в результате прогнозирования предоставляется оценка альтернатив развития субъекта хозяйствования и его окружающей среды в будущих периодах.

Сам процесс прогнозирования можно условно разделить на следующие основные этапы:

1) постановка целей прогнозирования;
2) сбор, анализ и систематизация информации;
3) построение и оценка прогнозной модели;
4) составление фактического прогноза;
5) контроль и оценка полученного результата.

Как видно, процесс прогнозирования предполагает сложную и ответственную работу с большим количеством различной и разрозненной информации, а также с разными методами и методиками по ее обработке, проектированию моделей и составлению прогнозов на будущее. Стратегический контроллинг на данном этапе стратегического управления должен занимать активные позиции с целью обеспечения эффективной и непрерывной работы стратегического менеджмента. Интеграция стратегического менеджмента и стратегического контроллинга на данном этапе стратегического управления позволит организовать процесс прогнозирования таким образом, чтобы не только обеспечивать слаженную и четкую работу по разработке прогнозов на длительную перспективу, но и достигнуть всех стратегических целей, которые ставит руководство предприятия.

Взаимосвязь действий данных служб прослеживается на каждом этапе составления прогноза и имеет двустороннее направление взаимодействия, которое, исключая связи власти и подчинения, ставит стратегический менеджмент и стратегический контроллинг на один уровень, разграничивая спектр решаемых ими задач (рис. 1).

Анализ современных научных источников свидетельствует о наличии публикаций по тематике прогнозирования основных показателей деятельности промышленных предприятий, а также внедрения контроллинга в практику предприятий различных форм собственности и отраслей промышленности. Однако в настоящее время в недостаточной степени рассмотрены вопросы использования достижений и инструментария контроллинга при построении стратегических прогнозов. Особенности взаимодействия и интеграции стратегического менеджмента и стратегического контроллинга при построении прогнозов промышленных предприятий также заслуживают дальнейшего научного исследования.



Рис. 1. Интеграция процессов стратегического менеджмента и стратегического контроллинга при построении прогнозов промышленного предприятия

Библиографический список

1. ***Анискин, Ю.П.*** Планирование и контроллинг: учебник по специальности "Менеджмент организации", 2-е изд. / Ю.П. Анискин, А.М. Павлова. М.: Омега-Л, 2005. - 280 с.
2. ***Блажевич, А.А.*** Стратегический менеджмент: учеб. пособие. Уфа: Изд. УГНТУ, 2005. - 102 с. ISBN: 5-7831-0730-1 EDN: QRUJED
3. ***Бородушко, И.В.*** Стратегическое планирование и контроллинг / И.В. Бородушко, Э.К. Васильева // СПб: Питер, 2006. - 192 с. ISBN: 5-469-00676-X EDN: QRLHMB
4. ***Гусева, И.Б.*** Внедрение контроллинга в систему управления предприятием: актуальные вопросы / Т.В. Калугина, И.Б. Гусева // Проблемы теории и практики управления, 2011. - № 12. - С. 77-83. EDN: PCTWND
5. ***Гусева, И.*** Менеджмент и контроллинг в системе управления предприятием / И. Гусева // Проблемы теории и практики управления. - 2009. - № 3. - С. 88-91. EDN: KVSQSL
6. ***Гусева, И.Б.*** Инструментальная база контроллинга (часть 2) / И. Б. Гусева // Контроллинг. - 2008. - № 25. - С. 16-25. EDN: ULUROH
7. ***Карминский, А.М.*** Контроллинг в бизнесе. Методологические и практические основы построения контроллинга в организациях / А.М. Карминский [и др.] М.: Финансы и статистика, 2002. - 256 с. ISBN: 5-279-02431-7 EDN: WEYIEH
8. Контроллинг как инструмент управления предприятием / Е.А. Ананькина, С.В. Данилочкин, Н.Г. и др. М.: ЮНИТИ, 2002. - 279 с.
9. ***Корнилов, Д.А.*** Стратегическое планирование и экономическое прогнозирование: монография. Н. Новгород: НГТУ, 2006. - 215 с. ISBN: 5-93272-379-1 EDN: QRUQNH
10. ***Моисеева, Е.Г.*** Разработка финансовой стратегии предприятия / Е.Г. Моисеева, О.А. Рябова // Управление большими системами. Материалы XI Всероссийской школы-конференции молодых ученых, 2014. - С. 657-671. EDN: TCSXJX

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ИНСТРУМЕНТОВ И МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ: КРИТЕРИИ ВЫБОРА

А.В. Курбаков
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматриваются методологические подходы к разработке инструментов и моделей цифровой трансформации бизнес-процессов на примере промышленного предприятия. Основное внимание уделяется анализу существующих и зарекомендовавших себя методик и критериев выбора оптимальной стратегии цифровизации производства в соответствии с поставленными целями и задачами, а также особенностями хозяйствующего субъекта. Представлены ключевые факторы успешной реализации инструментов и моделей цифровой трансформации, которые включают в себя: организационные, технологические, экономические и другие аспекты конкретного предприятия.

Ключевые слова: методология, цифровизация, цифровые технологии, модели, инструменты, промышленные предприятия

В настоящее время активно формируется рост интереса к процессу цифровой трансформации (ЦТ) в различных отраслях хозяйственной деятельности Российской Федерации (РФ). Данный эффект подкрепляется следующими ключевыми тенденциями [3]:

1. Предоставление государственных услуг. В соответствии с Указом Президента РФ №100 от 23.02.2025 г. «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» количество государственных и муниципальных услуг, оказываемых с помощью цифровой платформы, будет достигать 99% [1]. Кроме того, количество пользователей портала «Госуслуги» уже превысило 112 млн чел. [2].

2. Цифровизация промышленности и производства. Большинство крупных и средних предприятий перешли на электронную систему документооборота, бухгалтерского учета и мониторинга товарно-материальных ценностей. На примере концернов КАМАЗ и АвтоВАЗ происходит наглядная демонстрация увеличения производительности труда при использовании роботизированных технологий и автоматизации [4].

3. Развитие информационных технологий (ИТ) сельского хозяйства. Так, например, аграрный комплекс уже активно использует дроны, беспилотные технологии и роботов для автоматизированной оценки состояния полей.

4. Преобразования в сфере телекоммуникаций. В данный момент происходит активное освоение 5G-технологий, системы отслеживания и управления государственным транспортом и т.д.

5. Образовательная система. В контексте образования цифровые технологии активно применяются в области дистанционного обучения, создания электронных дневников, журналов, учебников и т.д.

6. Кибербезопасность. На государственном уровне происходит усиление требований к информационной безопасности страны, активный запуск национальных программ и проектов.

Таким образом, вышеописанные тенденции демонстрируют актуальность и высокую роль цифровой трансформации, которая затрагивает социально значимые сферы деятельности и экономики РФ. В результате формируется цифровая экономическая система (экосистема) государственного уровня, в которой различные отрасли тесно связаны между собой, создавая в конечном счете синергический эффект в деятельности страны.

Стоит отметить, что процесс цифровизации активно набирает обороты не только в крупных городах, но также затрагивает объекты регионального уровня, что в свою очередь способствует выравниванию информационного поля развития страны в комплексе.

Так, основными драйверами развития цифровой трансформации являются: необходимость повышения эффективности процессов, потребность в минимизации затрат, стабильность и конкурентоспособность, государственная поддержка [5].

Немаловажным фактором при создании моделей цифровой трансформации является формирование и применение комплексной методологической базы, которая позволяет объектам народного хозяйства осуществить процесс цифровизации более эффективно и с меньшим количеством рисков. С помощью правильно выбранной методологии цифровизации процессов, происходящих на федеральном, региональном и муниципальном уровнях власти, обеспечивается достижение поставленных бизнес-целей и задач, а также создается экономически устойчивая среда для будущего развития бизнеса страны в целом.

Целью данной работы является структурирование информации в области методологии разработки моделей цифровой трансформации и их применение на примере промышленного сектора РФ.

Сама модель цифровизации представляет собой комплексный подход к информационно-технологическому преобразованию бизнеса. Ее ключевыми компонентами являются: стратегия (определение целей и задач, учет особенностей объекта народного хозяйства, планирование внедрений, составление бизнес-плана и т.д.), процессы цифровизации (автоматизация, роботизация, оптимизация, проч.), применение решений (например: интернет вещей (IoT), большие данные (BigData), облачные вычисления, машинное обучение (ML), искусственный-интеллект (AI), результирующие экономические показатели (показатели прогнозирования, ключевые показатели эффективности (КПЭ) и др.), кадровый потенциал (развитие цифровой культуры, переквалификация, адаптация к изменениям, проч.).

Так, модель цифровой трансформации представляет собой не просто внедрение новых технологий в процессы промышленного предприятия (или объекта другой отрасли экономики), а комплексное изменение бизнес-концепции, требующее стратегически выверенных решений и планирования.

В рамках данной работы будет представлен ряд популярных методологий, включающий в себя: Agile-подходы (гибкая разработка методологии), Waterfall (каскадная модель), Design thinking (дизайн-мышление), TOGAF (методология управления корпоративной информационной архитектурой), DevOps (методология взаимодействия IT-специалистов, производственных дирекций, разработчиков и т. д). Для того, чтобы учесть специфику отдельно взятого промышленного предприятия, необходимо отталкиваться от конкретных критериев выбора методологии, которые будут представлены далее.

Так, Agile-методология представляет собой ряд организационно-гибких подходов к разработке моделей цифровой трансформации (ЦТ). Ее основные аспекты:

– процесс создания концепции ЦТ делится на короткие промежутки времени, в котором создается кратковременная стратегия;

– корректировка модели возможна даже на заключительных этапах внедрения;

– готовность введения изменений в конечную модель важнее следования стратегии;

– быстрое реагирование на процесс ЦТ.

Преимуществами такой методологии являются: своевременная адаптация к изменениям, наличие обратной связи, повышение эффективности команды ввиду отсутствия излишних бюрократических процессов, прозрачность процесса создания модели, скорость вывода продукта на рынок [6].

Недостатками Agile-методологии являются высокие требования к дисциплине команды, недостаток технической документации, высокие требования к квалификации, изменение корпоративной культуры, сложность выявления рисков.

Следующим подходом при разработке моделей цифровой трансформации является каскадная методология Waterfall, которая представляет собой последовательное выполнение этапов цифровизации, без возврата на предыдущие стадии. Ключевыми этапами данного инструмента являются: аналитика (сбор информации о предприятии, составление технического задания (ТЗ), определение целей, сроков, планирование, оценка рисков и т.д.), разработка, внедрение, эксплуатация и дальнейшая поддержка [7].

Так, ключевыми аспектами каскадной методологии являются:

– точность в планировании и создании стратегии;

– высокие требования к ТЗ;

– отсутствие гибкости и обратной связи;

– необходимость использования инструментов контроля;

– риски, которые возможно обнаружить только на заключительных стадиях;

– длительный цикл разработки моделей ЦТ.

Основными достоинствами данного инструмента ЦТ являются: четкое планирование, сформулированная и спланированная последовательность дей-

ствий, минимизация затрат на коммуникации, детализированная документация, предсказуемый результат.

Далее, подход Design Thinking – методология, основанная на творческом, вразрез аналитическому способу решения поставленной задачи. Отличительной особенностью данного метода является:

– проведение эмпатического исследования, в ходе которого происходит сбор информации от заказчика и обратная связь;

– процесс прототипирования (создание прототипа модели и ее тестирование).

Данный инструмент ЦТ повышает уровень взаимоотношений в межколлективной инфраструктуре, способствует развитию творческого подхода, однако имеет ряд существенных недостатков:

– отсутствие четкого планирования и стратегии;

– повышение рисков и финансовых затрат;

– невозможность применения с общей бизнес-моделью крупных и средних предприятий, применителен к частным проектам малого бизнеса [8].

Следующими видами инструментов ЦТ в ряде представленных являются TOGAF и DevOps, которые представляют собой два противоположных подхода к управлению и разработке моделей цифровой трансформации.

Следует отметить, что методология управления корпоративной информационной архитектурой (TOGAF), ориентированная на корпоративный уровень, фокусируется на стратегическом планировании, имеет обратную связь и гибкость в принятии решений, а DevOps направлена на работу с конкретными бизнес-подразделениями и носит локальный характер (основана на принципах Agile, описанных ранее, и Line – бережливом производстве). Следует также заметить, что TOGAF и DevOps являются не конкурирующими инструментами ЦТ, а дополняющими друг друга [9,10].

Далее, основными факторами, влияющими на выбор методологии при разработке моделей по цифровой трансформации бизнес-процессов промышленного предприятия, является: масштаб предприятия (малый, средний, крупный бизнес), сложность производственных процессов, требования к гибкости и времени принятия решений, финансовые возможности и т.д.

Так, Agile и Watetfall-методологии лучше всего подходят к средним и крупным предприятиям, которые нацелены на создание устойчивой стратегии, имеют высокий горизонт планирования. Исходя из описанных критериев, можно судить, что Design Thinking больше подходит для разработки цифровой среды управления малым бизнесом, выпускающим несколько видов продукции, а TOGAF и DevOps эффективнее использовать в качестве инструмента по улучшению модели, а не ее полному созданию. Следовательно, стоит говорить о создании гибридных моделей, основанных на нескольких существующих методологиях.

Таким образом, в условиях стремительного развития информационных технологий и высокой актуальности в сфере цифровизации бизнес-процессов

выбор правильного методического инструмента ЦТ и его успешной реализации в виде моделей становится критически важным фактором для обеспечения конкурентоспособности, экономической независимости, кибербезопасности современных объектов народного хозяйства различных отраслей экономики страны [11]. При этом следует отметить, что универсального инструмента в создании моделей ЦТ не существует, необходимо выбирать методический подход в соответствии со спецификой конкретного бизнеса, его целей, особенностями и потребностями.

Библиографический список

1. Указ о национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: офиц. сайт. — URL: http://www.kremlin.ru/events/president/news/73986 (дата обращения: 13.03.2025).
2. МинЦифры: Число пользователей портала «Госуслуги» превысило 112 млн: офиц. сайт. — URL: https://digital.gov.ru/events/49226 (дата обращения: 13.03.2025).
3. ***Курбаков, А.В.*** Использование тренд-сезонной модели при построении прогнозов промышленного предприятия / А.В. Курбаков, И.Б. Гусева // Современные вызовы экономики и систем управления в условиях социально-экономической нестабильности. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2025. – С. 226-236.
4. ***Никулина, О.В.*** Перспективы внедрения технологических инноваций в практическую деятельность российских предприятий автомобильной промышленности / О.В. Никулина, Е.А.Убогова // Инновационная экономика. – 2016. – №4 (210). С. 64-70.
5. ***Курбаков, А.В.*** Анализ понятийного аппарата в области цифровой трансформации экономической деятельности / Актуальные проблемы управления. Сборник научных статей по итогам XI Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления» (22 октября 2024 г). – 2025. С. 339-344.
6. ***Локтионов, Д.А.*** Критерии применения Agile-методологии для управления проектом / Д.А. Локтионов, В.П. Масловский // Креативная экономика. – 2018. –№6. – С. 841-854.
7. ***Шахина, И.В.*** AgilevsWaterfall: разница между методологиями / И.В. Шахина, А.А. Муллин, Ю.В. Алышев // StudNet. –2020. – №6. С. 8-14.
8. ***Богомолова, И.С.*** Дизайн-мышление: от названия к сути метода / Architectureand ModernInformation Technologies. – 2023. – №4 (65). С. 92-102.
9. ***Грубич, Т. Ю.*** Разработка архитектуры предприятия по методологии TOGAF // European journal of economics and management sciences. – 2016. – №15. С. 82-84.
10. ***Ермаков, А.С.*** Перспективное развитие методологии DevOps// Вестник НГУЭУ. – 2020. – №4. – С. 174-183.
11. ***Гусева, И.Б.*** Вовлеченность персонала как инструмент стимулирования инновационной активности промышленного предприятия / И.Б. Гусева, Н.А. Мурашова, А.В Цеханский // Финансовые рынки и банки. –2024. – №12. С. 484-489.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ (МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ)

Е.Г. Моисеева
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Ключевым индикатором прогресса страны выступает экономический рост. Все большее влияние на этот процесс оказывает уровень технологического развития различных секторов экономики. В статье проведен анализ уровня технологического развития России за 2014-2023 гг. с использованием ряда макроэкономических индикаторов, определенных Федеральной службой государственной статистики. Сделан вывод, что за анализируемый период темп технологического обновления в России несколько снизился.

Ключевые слова: технологическое развитие, основные фонды, фондоотдача, фондовооруженность, коэффициент обновления, степень износа основных средств.

Одним из основных показателей развития государства является темп его экономического роста. В числе определяющих факторов все возрастающее значение приобретает степень технологического развития отраслей экономики.

Следует подчеркнуть, что на современном этапе происходят события, которые формируют направления научного и технико-технологического развития нашей страны [1]. Введение санкций, которые привели к серьезному сокращению сотрудничества России с другими странами в области науки, технологий и производства. Падение темпов импортозамещения в указанных областях. Недоступность зарубежного оборудования, комплектующих, программного обеспечения и т.п.

Но, как отмечают Е.М. Бронникова и др., «в ответ на новые вызовы в России активизировали работу по модернизации и развитию сферы науки и технологий, ведется перестраивание каналов коммуникации и направлений взаимовыгодного сотрудничества с дружественными нам странами в данной области» [2, с. 31]. Разработан ряд стратегических документов в сфере инновационного развития Российской Федерации (РФ), в которых определены цели и основные направления модернизации и инновационного развития отечественной экономики [3; 4].

Важнейший программный документ, которым необходимо руководствоваться федеральным органам исполнительной власти при разработке и реализации отраслевых документов стратегического планирования, государственных программ (подпрограмм) РФ и других документов стратегического планирования, – Концепция технологического развития на период до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 20 мая 2023 г. Положениями Концепции рекомендовано руководствоваться при разработке и реализации региональных программ (подпрограмм) органам государственной власти субъектов РФ и органам

местного самоуправления. Государственным корпорациям и заинтересованным акционерным обществам с государственным участием также необходимо обеспечить включение в свои стратегии деятельности меры, направленные на обеспечение технологического развития Российской Федерации. Концепцией определяются вызовы, принципы и цели технологического развития России на период до 2030 г., а также устанавливаются индикаторы технологического развития и механизмы реализации заявленных целей [5].

В связи с этим вызывает интерес оценка существующего уровня технологического развития России с целью определения имеющегося технологического задела для реализации целей Концепции, тем более что по заявлению заместителя председателя правительства России Дмитрия Чернышенко от 6 февраля 2025 г., наша страна вошла в топ-10 государств-лидеров в сфере технологического развития [6].

Цель и задачи работы. Базой для всесторонней статистической оценки состояния экономики Российской Федерации служит набор индикаторов, характеризующих технологическое развитие отраслей экономики и определенных Федеральной службой государственной статистики.

Для целей настоящего исследования в анализ включен ряд макроэкономических индикаторов. Для достижения цели были решены следующие задачи:

- проведен анализ динамики удельного веса продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте (ВВП) РФ;
- проанализировано изменение фондоотдачи и фондовооруженности по РФ в целом и по обрабатывающим производствам в частности;
- рассмотрена динамика ввода новых основных фондов на 1 рубль инвестиций в РФ и в обрабатывающих производствах;
- изучено изменение коэффициента обновления основных фондов в РФ и в обрабатывающих производствах;
- рассмотрен коэффициент обновления основных фондов по видам экономической деятельности, в т.ч. по относящимся к высокой, средней и низкой степени технологичности;
- представлена доля машин и оборудования в общем объеме основных фондов по отраслям экономики, в т.ч. относящимся к высокой, средней и низкой степени технологичности;
- дана оценка степени износа основных фондов по отраслям экономики, в т.ч. по относящимся к высокой, средней и низкой степени технологичности.

Методы. В качестве методов исследования в работе использовались системный и сравнительный анализ, метод синтеза, графический метод.

Результаты. Постановка вопроса о повышении уровня технологического развития России чрезвычайно важна, причем не только в настоящее время, но и в долгосрочном аспекте. Значимым фактором при этом является состояние

основных производственных фондов, которые составляют основу материально-технической базы предприятий промышленности и прямо влияют на возможности достижения целей инновационного развития, получение эффективных научно-технических результатов, выпуск высокотехнологичной продукции. В этой связи представляет интерес анализ доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом внутреннем продукте (ВВП) РФ (рис. 1).

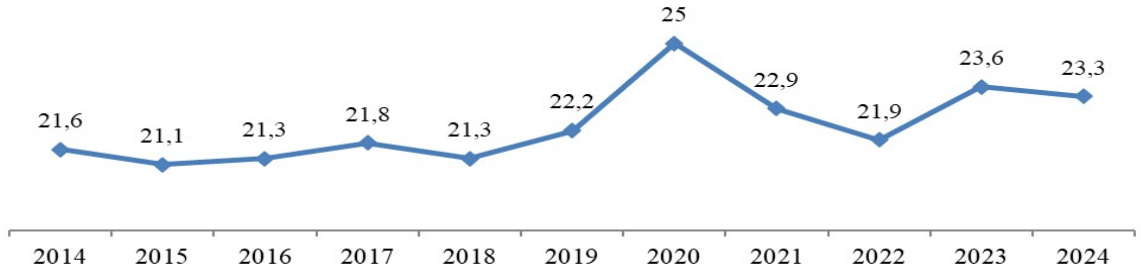


Рис 1. Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП РФ, % [составлено автором на основании 7]

За анализируемый десятилетней период наблюдается незначительный рост доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВВП РФ (7,87%), а за последний год произошло снижение показателя на 1,27%, что является отрицательным фактором в связи с отмеченными выше угрозами внешней среды. Значение на уровне 25% (исторический максимум) зафиксировано в 2020 году.

Как было отмечено выше, производство высокотехнологичной, а значит, конкурентоспособной продукции, возможно только при наличии современных высокопроизводительных основных средств. Поэтому далее дадим оценку показателям движения и технического состояния основных фондов, а также эффективности их использования.

Изменение фондоотдачи определяется делением индекса физического объема добавленной стоимости текущего года к предшествующему на индекс физического объема основных средств текущего года к предшествующему в сопоставимых ценах (рис. 2).



Рис 2. Индексы изменения фондоотдачи, %
[составлено автором на основании 7]

За рассматриваемый период анализируемый показатель в целом по России вырос на 12,74%. В обрабатывающих производствах анализируемый показатель также возрос на 8,45%. В целом это свидетельствует о повышении эффективности использования основных средств в отраслях российской экономики, и что особенно важно, в обрабатывающей промышленности.

Изменение фондовооруженности – это отношение индекса физического объема основных средств текущего года к предшествующему и индекса физического объема общих затрат труда текущего года к предшествующему в сопоставимых ценах (рис. 3).



Рис 3. Индексы изменения фондовооруженности, %
[составлено автором на основании 7]

В отличие от показателя изменения фондоотдачи наблюдается поступательное снижение индекса изменения фондовооруженности труда с 2014 года. По сравнению с 2014 г. в 2023 году этот показатель в целом по России снизился на 10,22%. В обрабатывающих производствах снижение составило 7,02%. Снижение фондовооруженности при одновременном росте фондоотдачи может свидетельствовать о росте производительности труда. Поэтому далее целесообразно рассмотреть динамику производительности труда за тот же период (рис. 4).

Анализ индекса производительности труда показывает, что наблюдается рост показателя, но крайне незначительный: в целом в экономике РФ – на 1,1%, в обрабатывающих отраслях – на 0,88%.

Таким образом, динамика индексов изменения фондоотдачи и фондовооруженности (рост первого показателя и снижение второго) может объясняться более эффективным использованием основных производственных фондов; автоматизацией производственных процессов и внедрением цифровых технологий, что ведет к сокращению материальных активов; ростом инвестиций в нематериальные активы (патенты, лицензии, программное

обеспечение), что способствует увеличению фондоотдачи, так как они позволяют нарастить производительность без значительных вложений в материальные активы.



Рис 4. Индекс производительности труда, в % к предыдущему году
[составлено автором на основании 7]

С 2014 года в отраслях экономики России наблюдается (хотя и с большой степенью неравномерности) существенный рост (30,78%) ввода в действие основных фондов на 1 рубль инвестиционных затрат (рис. 5).

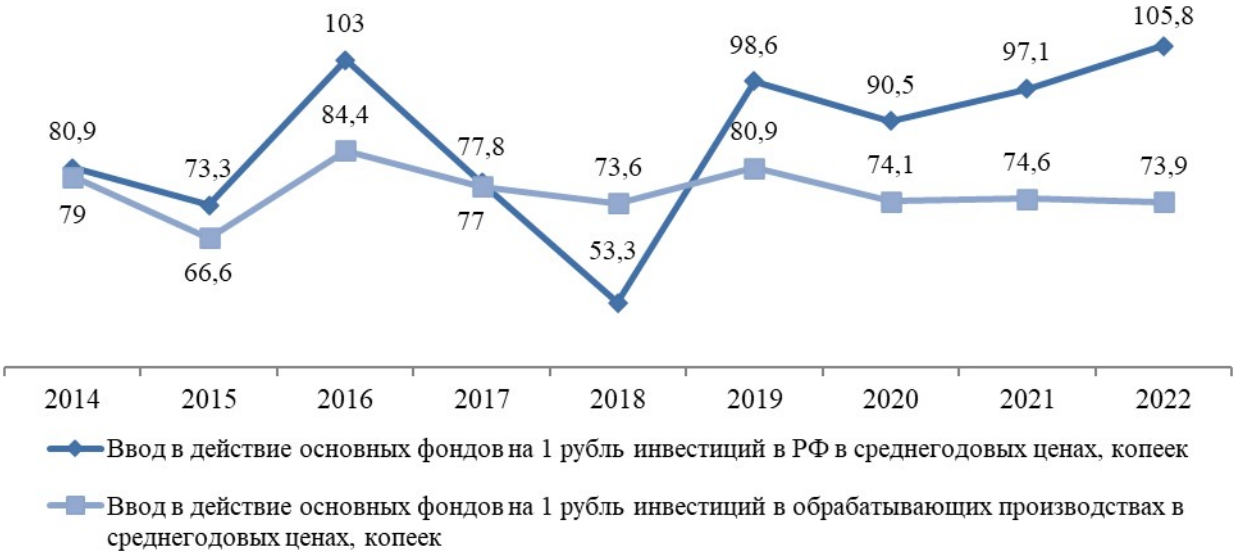


Рис 5. Ввод в действие основных фондов на 1 рубль инвестиций, копеек
[составлено автором на основании 7]

Однако этот рост обусловлен преимущественно деятельностью по операциям с недвижимым имуществом, где отмечается более чем восьмикратное увеличение данного показателя с 2018 по 2022 г. Тогда как в обрабатывающих

производствах произошло снижение показателя с 79 копеек в 2014 г. до 73,9 копеек на 1 рубль инвестиционных затрат в 2022 г.

Ключевым показателем, характеризующим движение основных фондов, является коэффициент обновления. Он определяется как частное от деления стоимости основных средств, введенных в эксплуатацию в течение текущего года, к их стоимости на конец года. Этот коэффициент показывает удельный вес новых (введенных за год) основных фондов в их общем объеме (рис. 6).



Рис 6. Коэффициент обновления основных фондов, %
[составлено автором на основании 7]

В качестве положительно фактора можно отметить то, что коэффициент обновления основных средств в обрабатывающих отраслях превышает аналогичный показатель по России в целом. Однако за анализируемый период произошло его существенное снижение на 27,54%, причем, именно в обрабатывающей промышленности. Это означает, что основные средства обновляются низкими темпами (о чем свидетельствует и снижение предыдущего показателя «ввод в действие основных фондов на 1 рубль инвестиций»), что, безусловно, не способствует технологическому обновлению промышленности России.

Более детальный анализ коэффициента обновления основных фондов по видам экономической деятельности, в т.ч. по относящимся к высокой, средней и низкой степени технологичности (рис. 7) показывает, что доля новых основных фондов в общем их объеме в обрабатывающих производствах, в том числе в высокотехнологичных видах деятельности, превышает общероссийский показатель, но и здесь с 2014 г. наблюдается поступательное его снижение. Удельный вес новых основных средств по видам экономической деятельности, в т.ч. по относящимся к высокой, средней и низкой степени технологичности, в обрабатывающей промышленности снизился с 12,7% до 11,6%, в высокотехнологичных производствах обрабатывающей промышленности – с 13,2% до 12,1%.

Основными компонентами производственных фондов промышленного предприятия выступают машины и оборудование. Далее мы проанализируем

долю машин и оборудования в структуре основных фондов различных отраслей экономики, включая высоко-, средне- и низкотехнологичные производства. Этот показатель отражает соотношение стоимости машин и оборудования к общей стоимости основных средств. Он демонстрирует удельный вес активной части основных фондов, непосредственно участвующей в производственном процессе и влияющей на фондоотдачу, а также характеризует степень прогрессивности структуры основных средств (рис. 8).



Рис 7. Коэффициент обновления основных фондов по видам экономической деятельности, % [составлено автором на основании 7]



Рис 8. Доля машин и оборудования в общем объеме основных фондов по отраслям экономики, % [составлено автором на основании 7]

Как видно из представленного рисунка 8, значительных изменений в доле машин и оборудования в составе основных фондов не наблюдается. Тем не менее, отмечен небольшой рост (4,74%) в отраслях различной степени технологической сложности. Активная часть фондов, состоящая из машин и оборудования, увеличилась на 8,85% в высокотехнологичных сегментах обрабатывающей промышленности, тогда как в обрабатывающем производстве в целом показатель снизился на 0,58%. Таким образом, говорить о росте уровня прогрессивности структуры основных средств промышленности РФ пока преждевременно.

Одним из ключевых показателей состояния материально-технической базы различных отраслей экономики служит уровень износа основных средств. Для определения степени износа основных фондов в отраслях с высоким, средним и низким уровнем технологичности используется расчет, основанный на отношении накопленного износа к общей стоимости основных средств (рис. 9).



Рис 9. Степень износа основных фондов, % [составлено автором на основании 7]

В целом по отраслям экономики, включая высоко-, средне- и низкотехнологичные производства, износ основных средств уменьшился крайне незначительно – на 0,85%. Еще более низкими темпами увеличивается годность основных фондов в высокотехнологичных отраслях обрабатывающей промышленности: снижение износа составило всего 0,43%. В обрабатывающих производствах в целом напротив износ увеличился на 5,82%. Таким образом, проблема снижения степени износа основных фондов на сегодняшний день остается чрезвычайно актуальной.

Выводы. По результатам исследования макроэкономических индикаторов в анализируемом периоде отмечается снижение темпов технологического развития промышленности России. В частности, это касается обрабатывающих производств и их высокотехнологичных видов деятельности.

Несмотря на положительную динамику индексов изменения фондоотдачи и фондовооруженности, что говорит о повышении эффективности использования ресурсов и внедрении экономичных технологий в производственные процессы, показатели состояния и движения основных фондов свидетельствуют о недостаточном уровне материально-технической базы промышленного производства России. Особенно актуально эта проблема для высокотехнологичных и наукоемких отраслей, оказывающих существенное влияние на технологическую, информационную и экономическую безопасность государства [8]. Проблема усугубляется и тем, что, как отмечает И.Б. Гусева, уровень инновационной активности организаций, занятых в обрабатывающих производствах, как и удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, снизился [9].

Таким образом, текущий уровень технологического развития РФ характеризуется как наличием определенных заделов, так и комплексом проблем, препятствующих долгосрочному и устойчивому научно-технологическому развитию страны.

Сегодня российскому предприятию, стремящемуся к лидерству, необходимо использовать передовые инновации во всех сферах [10]. Это утверждение в полной мере относится ко всем отраслям промышленности и к экономике в целом. Преодоление негативного воздействия отмеченных ранее факторов внешней среды, определяющих вектор научно-технологического развития России, совершенствование научно-технической и технологической сферы позволят достичь стратегических целей и приоритетов, установленных Концепцией технологического развития России, на основе внедрения инновационных достижений.

Библиографический список

1. О долгосрочном научно-технологическом развитии России: монография / Под ред. Белоусова Д.Р. и Фролова И.Э. – М.: Динамик принт, 2022. 168 с.
2. ***Бронникова, Е.М.*** Финансирование науки в России: региональный аспект / Е.М. Бронникова, А.П. Рудницкая, Д.Г. Багдасарова, С.Ю. Илиева, Н.М. Комаров // Научный вестник: Финансы, банки, инвестиции. 2023. № 4. С. 29-44.
3. ***Моисеева, Е.Г.*** Особенности инновационного развития предприятий ОПК / Е.Г. Моисеева, Е.А. Карвасовская // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса: история, реальность, инновации. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. – Нижний Новгород: НГТУ, 2023. С. 64-67.
4. Министерство экономического развития РФ // Стратегические документы в сфере инновационного развития [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/departments/d01/strategicheskie_dokumenty_v_sfere_innovacionnogo_razvitiya/
5. Концепция технологического развития на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 г. № 1315-р [Электронный ресурс]. – URL: https://rospatent.gov.ru/content/uploadfiles/technological-2023.pdf
6. Уровень технологического развития России оценили [Электронный ресурс]. – URL: https://lenta.ru/news/2025/02/06/uroven-tehnologicheskogo-razvitiya-rossii-otsenili/

7. Федеральная служба государственной статистики. Технологическое развитие отраслей экономики [Электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/folder/11189#
8. Управление процессами технического перевооружения / О. В. Глебова, М. Н. Митрофанова, Е. Г. Моисеева, Л. А. Борискова. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2013. - 200 с.
9. ***Гусева, И.Б.*** Обеспечение планомерного инновационного развития отечественного станкостроения – залог экономической безопасности страны / И.Б. Гусева, Е.Г. Моисеева // Развитие и безопасность. 2024. №2 (22). С. 21-32.
10. ***Гусева, И.Б.*** Управление затратами методом сравнения с лучшими показателями конкурентов / И.Б. Гусева //Экономический анализ: теория и практика. 2006. № 14 (71). С. 27-34.

2 СЕКЦИЯ

РАЗВИТИЕ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РАБОТА НАД ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЛЕКСИКОЙ В СИСТЕМЕ MOODLE ПРИ ОБУЧЕНИИ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-БАКАЛАВРОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

О.В. Волгина[1], Е.В. Баронова[1], А.Н. Трутнева[2]

[1]Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ

[2]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматриваются основные принципы применения системы MOODLE для работы с новой лексикой при обучении английскому языку студентов инженерно-технических профилей. Показано, каким образом инструменты системы управления обучением MOODLE могут быть эффективно использованы для введения, тренировки, выведения в речь, повторения и систематизации лексических единиц.

***Ключевые слова**:* обучение лексике, лексические единицы, система управления обучением MOODLE, глоссарий, тест, семинар, взаимное оценивание.

Современные стандарты высшего профессионального образования предъявляют высокие требования к овладению студентами – будущими инженерами – иностранным языком. Требуемый уровень языковой компетенции студентов подразумевает высокий уровень владения лексикой, причем словарный запас должен быть достаточным для осуществления коммуникации на английском языке как в пределах общих тем, так и в профессиональной сфере.

В современных условиях, когда каждый профессионал должен уметь ориентироваться в огромном потоке информации, значительная часть которой представлена на английском языке, особенно актуально иметь достаточный словарный запас для того, чтобы свободно осуществлять поиск, анализ и систематизацию нужной информации, чтобы ориентироваться в разных источниках информации, в том числе профессионально-ориентированной.

Кроме того, важная задача процесса обучения иностранному языку заключается в том, чтобы научить студентов самостоятельно работать с лексикой, пополняя свой активный и пассивный словарь. Умение работать с разными источниками, онлайн-словарями, подбирать слова для поискового запроса, различать общеупотребительную лексику и терминологию в сфере своих профессиональных интересов – все это также необходимо современному специалисту [3, с.272].

Работе с лексикой, как общеупотребительной, так и профессиональной, всегда уделяется внимание при обучении иностранному языку, но при ограниченности количества часов, отведенных на контактную работу с преподавателем, особенно на заочной форме обучения, все больше приходится полагаться на самостоятельную работу студентов. Таким образом, часть работы по расширению словарного запаса может быть выполнена студентами индивидуально, но под контролем преподавателя, следуя разработанной преподавателем траектории обучения.

Одной из возможностей реализовать такую схему обучения языку в целом и, в частности, лексике дает использование LMS – систем управления обучением, из которых в наше время наиболее популярна система MOODLE, широко применяемая в вузах. С ее помощью студенты реализуют возможности самостоятельной работы, заложенные в учебном плане, одновременно развивая навыки самодисциплины и самоконтроля. Применение системы MOODLE также позволяет в полной мере реализовать принцип индивидуализации обучения, так как для каждого студента может быть простроена его индивидуальная образовательная траектория [2].

Таким образом, работа над лексикой также может быть выстроена с использованием средств LMS MOODLE. В ней заложены как специализированные средства работы над лексикой, так и другие ресурсы, специально не предназначенные для работы со словарем, но успешно применяемые для этой цели.

Основное средство MOODLE для работы с лексикой – это глоссарии. Они бывают разных типов и могут применяться разными способами. Глоссарии могут составляться преподавателями, и в этом случае они используются для систематизации лексики, для повторения, для самопроверки. Возможно их применение для семантизации новых лексических единиц, если новая лексика не была введена на аудиторных занятиях. Если глоссарии составляют сами студенты, то сфера их применения расширяется – это и работа с новой лексикой (на материале текста или другого источника), работа с онлайн-словарями и многое другое. Студенты могут составлять глоссарий индивидуально, при выполнении индивидуального задания, или группой, например, составляя словник по какой-либо теме.

При составлении глоссариев можно использовать такие возможности, как добавление перевода слова, добавление нескольких значений, если слово многозначное, вставку иллюстрации, упрощающей понимание смысла слова и дающей опору – зрительный образ, а также вставку аудиофайла – записи произношения слова. Использование комбинации этих средств позволяет студентам максимально задействовать зрительную, слуховую и ассоциативную память.

Глоссарии имеют три второстепенных функции, которые также могут быть полезны преподавателю. *Во-первых*, слова из глоссариев могут быть использованы для автоматического создания разного рода игр, с помощью которых можно отрабатывать новые слова. *Во-вторых*, на странице курса можно

разместить блок «Случайная статья из глоссария», где каждый раз будет появляться одно из изучаемых слов. И наконец, слова из глоссария могут подсвечиваться в текстах и заданиях, что позволит обучающимся в случае необходимости обратиться к переводу.

Вторым по важности средством работы с лексикой в системе MOODLE являются тесты, так как они имеют самый удобный формат для отработки лексических единиц. Задания могут быть действительно разнообразными. Это может быть заполнение пропусков в тексте или в предложениях изучаемыми словами (перетаскиванием слов в текст или введением слов в пропуски), множественный выбор, заполнение таблиц со словами, перетаскивание слов на картинку, соотнесение слов друг с другом или с их определениями, диктанты, сортировка слов по столбикам и многое другое. Новую лексику можно тренировать в заданиях на развитие рецептивных навыков – чтения и аудирования, можно составлять задания на употребление этих лексических единиц в речи – устной и письменной. Гибкость инструмента «Тест» позволяет создавать необходимое для обучающихся число заданий каждого типа, в том числе выводить новую лексику в речь, преимущественно письменную, но также и устную (в формате аудиозаписи).

Инструмент «Тест» можно, разумеется, использовать по прямому назначению – для контроля усвоения лексики, но этим не исчерпываются его обучающие возможности. Помимо всего перечисленного, можно применить этот инструмент MOODLE для самооценивания и взаимного оценивания, а также для создания самими студентами тестов для своих однокурсников, по пройденным словам, (при смене ролей для студентов) [5].

Использование возможностей взаимопроверки в MOODLE также важно, так как оценивание работ однокурсников позволяет активно включать студентов в процесс обучения, развивает критическое мышление и умение объективно оценивать результаты собственной деятельности и деятельности других участников курса [4]. Взаимное оценивание не рекомендовано на ранних этапах обучения, но так как большинство студентов приходят в вуз с определенной базой языковых навыков, то самооценивание и взаимное оценивание помогают лучше осмыслить материал, а также развивают «гибкие навыки», в частности, навыки эффективной коммуникации [1].

Инструмент «Семинар» специально предназначен для работы с разными аспектами языковой подготовки, в том числе с лексикой. Целесообразно использовать его на этапе контроля, но возможно и взаимное оценивание на этапе тренировки новой лексики с разного рода подстановочными и конструктивными упражнениями, тренировки в рецептивных видах деятельности. Со студентами более высоких уровней возможно и взаимное оценивание продуктивных видов деятельности.

Что касается использования MOODLE для выведения новой лексики в речь, то эта задача также часто стоит перед преподавателем. И если работа над письменной речью в рамках MOODLE-курса легко осуществима, и есть множе-

ство инструментов для обучения письму и его оценивания (Задание, WIKI, Форум, Тест, Семинар), то работу над устной речью осуществлять сложнее. Но если нет возможности уделять этому достаточно времени в контактные часы, то можно использовать аудиозаписи устной речи студентов в заданиях и форумах, где преподаватель и однокурсники могут давать устный или письменный ответ на аудиосообщение или оставить комментарий.

Таким образом, система MOODLE может служить удобным инструментом для работы над новой лексикой, помогать в ее организации и отработке. Хотя она не может в полной мере заменить контактную работу преподавателя со студентами на занятии, но может дополнять ее при смешанном обучении или обучении с веб-поддержкой. Эта работа особенно важна для обучающихся технических и инженерных специальностей, так как владение английским языком для профессиональных целей предполагает для них работу с терминами и профессионализмами.

Библиографический список

1. ***Наличаева, С.А.*** Психологические факторы создания эффективных массовых открытых онлайн-курсов / С.А. Наличаева, Е.И. Сорокина // Опыт и перспективы онлайн-обучения в России: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием «Опыт и перспективы онлайн-обучения в России», г. Севастополь, 15-16 ноября 2018 г. – Севастополь: Филиал МГУ в г. Севастополе, 2019. С. 39-42.
2. Преимущества Moodle [Электронный ресурс] // Открытые технологии. Веб-приложения для бизнеса и образования. URL: http://www.opentechnology.ru/info/moodle_about.mtd (дата обращения: 13.03.2025).
3. ***Черняева, И.В.*** Особенности преподавания иностранного языка студентам неязыкового вуза в условиях цифровизации образования / И.В. Черняева Е.С. Якушова // Проблемы современного образования. – 2022. – №1. С. 268-283.
4. Ideas and Strategies for Peer Assessments. – URL: https://isit.arts.ubc.ca/ideas-and-strategies-for-peer-assessments/ (дата обращения: 13.03.2025).
5. Moodle Pedagogy – URL: https://docs.moodle.org/405/en/Using_Quiz (дата обращения: 13.03.2025).

НОВЫЙ СПОСОБ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

М.Д. Бочкарева, Н.А. Пакшина
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматривается один из способом проверки знаний по теме «Основоположники тестирования», который заключается в нахождении правильной пары картинок. Разработанное средство тестирования позволяет закрепить и проверить знания студентов, полученные на лекционных занятиях.

Ключевые слова: тестирование, электронное обучающее средство, учебный процесс

На сегодняшний момент преподаватели не перестают искать такие способы проверки знаний, которые позволяли бы проявлять у студентов интерес к дисциплине и одновременно с этим закреплять полученную на занятиях информацию.

Одним из таких способов является тестирование, которое стало неотъемлемой частью учебного процесса. В каждом учебном заведении используют этот метод проверки знаний, как в бумажном варианте, так и электронный формат. Работа с тестами заставляет студентов запоминать, мысленно повторять, и в этом способ усвоения изученного материала [1, с. 52]. Такой подход позволяет за небольшое время проверить знания обучающихся по определенной теме, при этом они закрепляют ранее пройденный материал.

Перед автором была поставлена задача разработать обучающее средство по теме «Основоположники тестирования». Предполагается, что студенты с деятельностью каждого ученого ознакомились с помощью электронного пособия «История появления тестов», подключенного к проверяющему средству. Такой формат проверки позволит закрепить материал и проверить, на сколько хорошо он был усвоен. Тестирования предлагается проводить в формате «Найди пару». К каждому портрету необходимо найти в пару фамилию ученого, представленного на картинке. В самом начале студенты разбиваются по два человека (по желанию), чтобы игра имела соревновательный характер, и вводят в соответствующее поле свою фамилию (рис. 1).

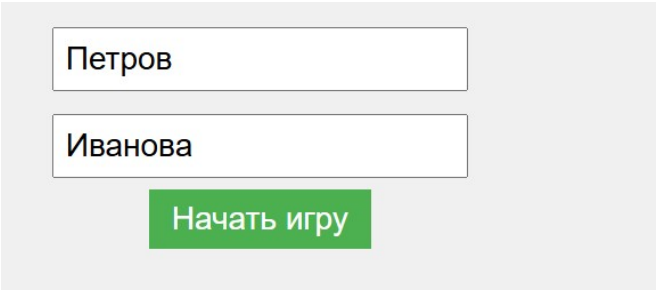


Рис. 1. Регистрация игроков

После регистрации появляется окно с карточками (рис. 2). При этом для первого хода очередность определяется случайным образом программой.

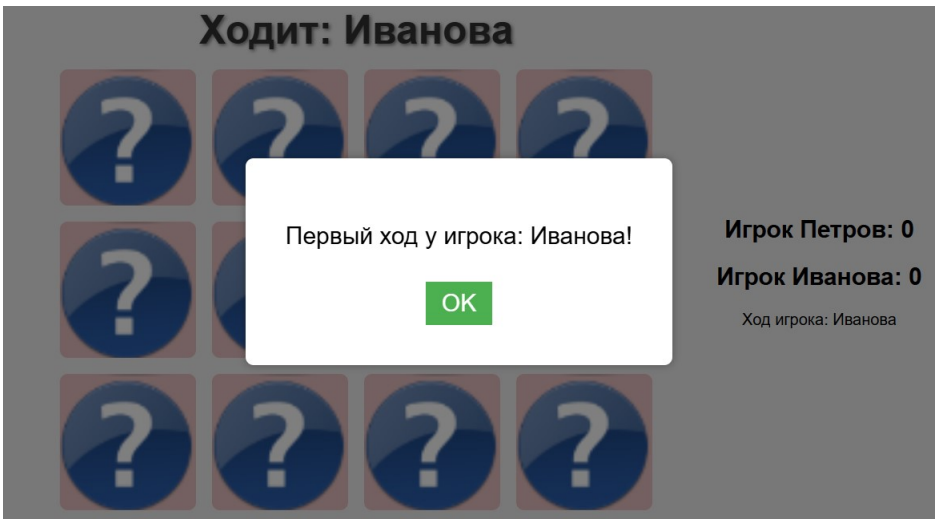


Рис. 2. Выбор первого ходящего

Студентам открывается окно с 6 парами изображений: часть из которых – это портреты основоположников тестирования, часть – их фамилии. Сверху можно увидеть, кто из студентов ходит в данный момент. Справа находится счетчик – количество правильных ответов.

Участники по очереди открывают карточки, пока не найдут правильную пару (рис. 3).



Рис. 3. Процесс нахождения пар

Если ход был неверным, то следующим ходит другой участник. Если же пара была определена верно, то этому игроку предоставляется еще один ход (рис. 4).

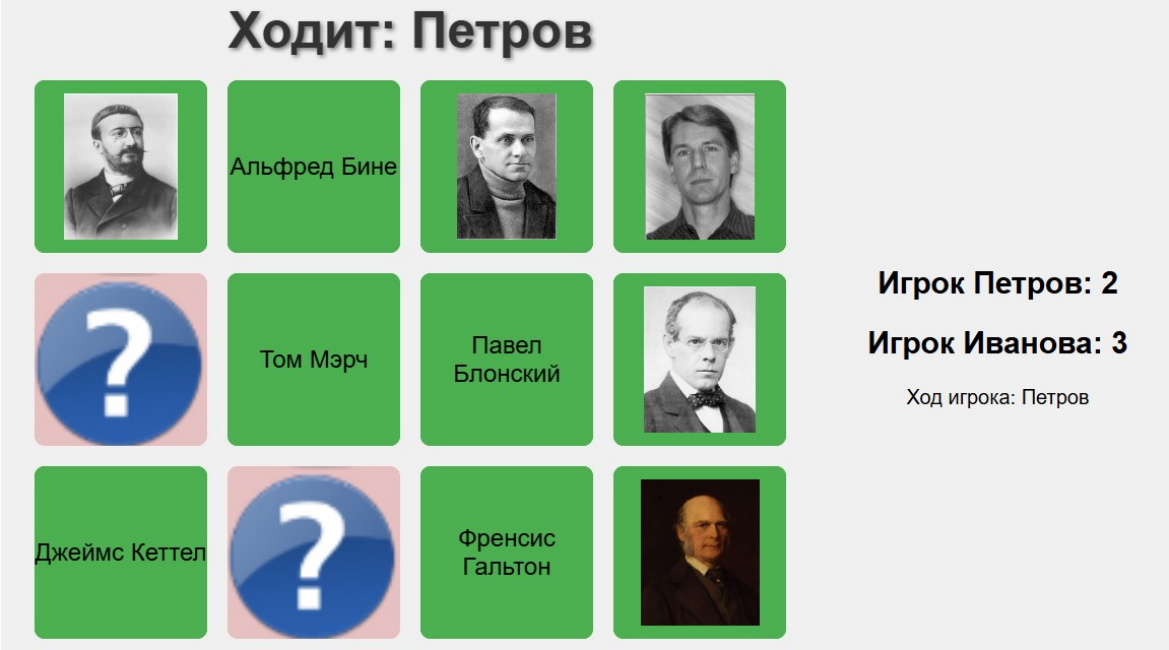


Рис. 4. Нахождение верных пар

В конце победитель определяется по наибольшему количеству найденных пар (рис. 5).

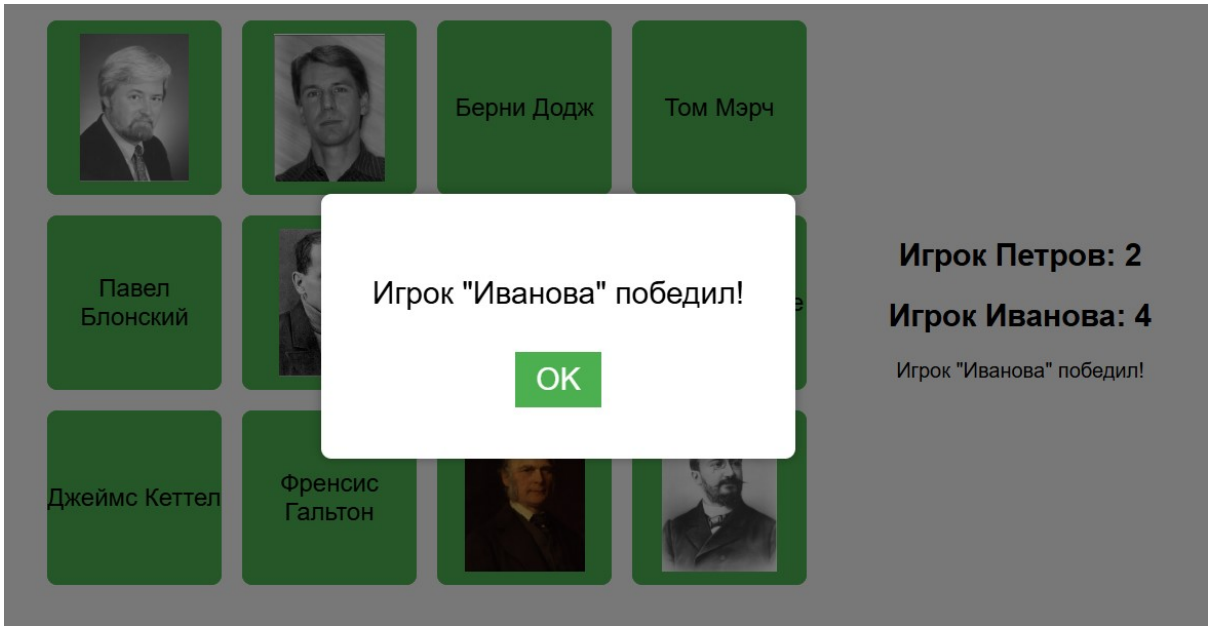


Рис. 5. Определение победителя

При этом существует возможность, когда количество правильных найденных пар у игроков будет поровну (рис. 6).



Рис. 6. Результат – ничья

Данный проверочный и закрепляющий процесс имеет соревновательный характер, так как студенты здесь полагаются на свою память. Также тестирование устроено таким образом, что имеется неоднократное повторение, а значит закрепление изученного [2, с. 14].

Электронное обучающее средство создано при помощи языка гипертекстовой разметки HTML, каскадных таблиц стилей CSS и языка программирования JavaScript.

Данное электронное проверочное средство было разработано по заказу кафедры «Прикладная математика» АПИ (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

Данный продукт позволяет в игровой форме не только закрепить лекционный материал, но и проверить, как хорошо он был воспринят и усвоен. При этом, возможность утомляемости уменьшается, а интерес возрастает.

Библиографический список

1. ***Пакшина, Н. А.*** Разработка тестов самопроверки: обучение по образцу / Н. А. Пакшина, Ю. П. Емельянова // Информатика и образование. – 2014. – № 8(257). – С. 52-56.
2. ***Пакшина, Н. А.*** Основы построения тестов и тестирующих программ : учебное пособие / Н. А. Пакшина, Ю. П. Емельянова. – Нижний Новгород : Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 164 с.

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМАНДНЫХ ТЕСТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ НАВЫКОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB

Е.Н. Мякишева, Н.В. Хапова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье повествуется о разработанном веб-сайт для проведения командных тестов по математическому моделированию в среде MATLAB. Пользователи проходят регистрацию перед участием. Система обеспечивает немедленную обратную связь, отображая правильность ответов в режиме реального времени. По завершении теста определяется команда-победитель на основе суммарных результатов. Платформа способствует развитию навыков командной работы и решению задач математического моделирования.

Ключевые слова: разработка, математическое моделирование, командный тест, среда MATLAB, обучающиеся.

Разработка программного обеспечения, в том числе с использованием специализированных пакетов, таких как MATLAB, является важной составляющей технического образования. Знание MATLAB необходимо для решения сложных инженерных задач, моделирования систем и обработки данных, что делает выпускников более конкурентоспособными на рынке труда. Данная среда разработки предоставляет мощные инструменты для анализа, визуализации и разработки алгоритмов, востребованные во многих отраслях. MATLAB способствует развитию навыков математического моделирования и программирования, закладывая фундамент для решения задач в областях от машинного обучения до обработки сигналов. Изучение среды разработки и умение эффективно использовать ее возможности являются неотъемлемой частью процесса обучения.

Командные тесты по MATLAB могут эффективно помочь студентам повторить и закрепить теоретический материал. Взаимодействие в группе способствует обсуждению различных аспектов языка, алгоритмов и методов решения задач. Обучающиеся могут делиться своими пониманиями, выявлять и исправлять ошибки в рассуждениях друг друга. Благодаря этому командный тест по MATLAB не только проверяет знания, но и углубляет их, развивает навыки сотрудничества и критического мышления. Задачи, решаемые совместно, помогают лучше усвоить сложные темы, а также отработать практические навыки программирования и работы с данными.

Для эффективного закрепления знаний и развития практических навыков у обучающихся был разработан веб-сайт, включающий интерактивные командные тесты по математическому моделированию в среде MATLAB. Данный подход позволит студентам повторить пройденный материал в увлекательном и соревновательном формате. Результаты тестирования могут использоваться преподавателями для оценки уровня подготовки обучающихся и корректировки

учебного процесса. Разработанный веб-сайт предоставляет студентам возможность не только проверить свои знания, но и получить обратную связь, которая поможет им лучше понять сложные аспекты математического моделирования. Интерактивные элементы сайта повышают вовлеченность пользователей, делая процесс обучения более динамичным и интересным. Командная работа над тестами способствует развитию коммуникативных навыков и умению работать в команде, что является важным аспектом профессиональной подготовки инженеров. Система автоматической оценки результатов тестирования экономит время преподавателей и позволяет им сосредоточиться на индивидуальной работе со студентами. Перейдем к рассмотрению веб-сайта.

Главная страница разработанного веб-приложения содержит заголовок, отражающий тематику ресурса, и пять тематических разделов, каждый из которых посвящен отдельной серии командных тестов (рис. 1). Дизайн дополнен цитатой Альберта Эйнштейна, соответствующей общей концепции сайта, и привлекательным визуальным оформлением, способствующим улучшению пользовательского опыта. Навигация по разделам осуществляется интуитивно и обеспечивает быстрый и удобный доступ к выбранному тесту.

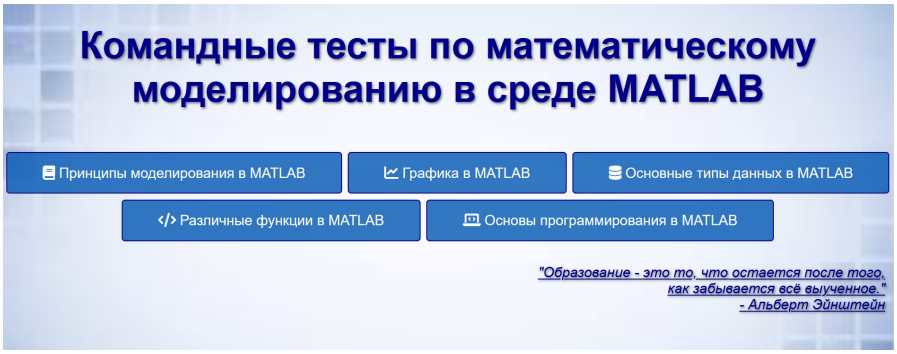


Рис. 1. Главная страница

Раздел «Принципы моделирования в MATLAB» открывается новой страницей с предложением зарегистрироваться для доступа к материалу. Для незарегистрированных пользователей, случайно попавших на эту страницу, предусмотрена удобная ссылка для возвращения обратно «Перейти на главную страницу» (рис.2).

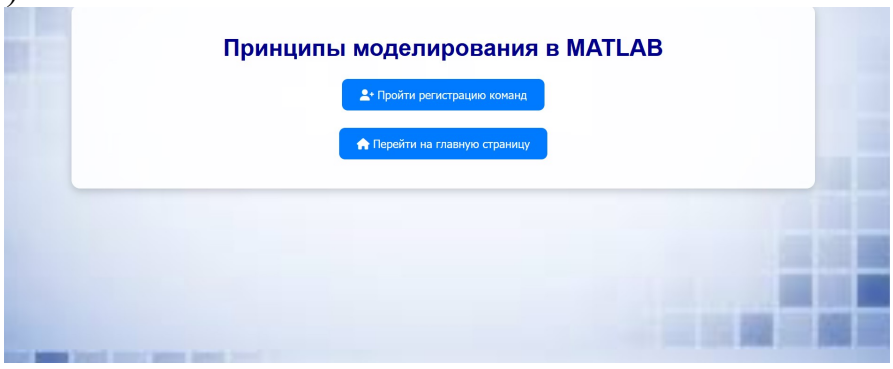


Рис. 2. Принципы моделирования в MATLAB

Перед началом тестирования пользователям нужно пройти несложную регистрацию, где необходимо придумать и ввести уникальные названия команд и подтвердить данные действия (нажатием «ОК») (рис.3). Эта процедура необходима для организации командной работы и отслеживания результатов каждой группы. Регистрация также позволяет системе персонализировать процесс, обеспечивая справедливое соревнование.

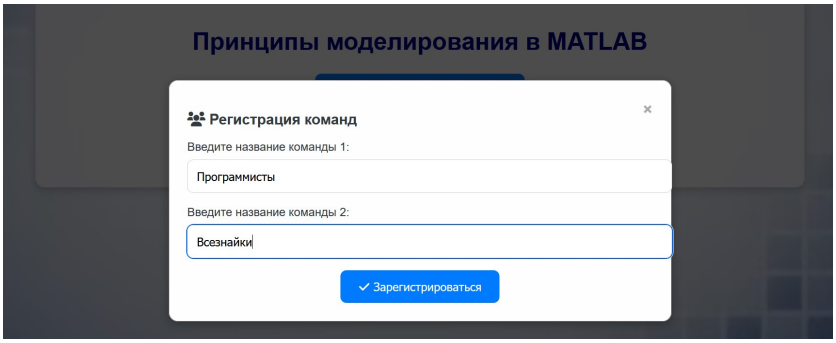


Рис. 3. Процесс регистрации команд

Система интерактивного командного тестирования может быть использована в трех уникальных режимах: индивидуальный (Два пользователя работают за одним компьютером, соревнуясь друг с другом в точности ответов. Это позволяет оценить индивидуальные знания и навыки), командный (От двух до семи участников объединяются в команды, выбирая капитанов. Лидеры обучающихся отвечают на вопросы теста, получая помощь и подсказки от своей команды. Этот режим способствует развитию сотрудничества, коммуникативных навыков и коллективной работы над решением задач), открытый (Предназначен для публичных выступлений и демонстрации знаний перед аудиторией, что позволяет обучающимся продемонстрировать свои навыки решения задач в условиях публичного выступления, развивая при этом навыки презентации и публичной речи).

Интерфейс теста разделен на две части: левую и правую, отображающие вопросы для каждой из двух команд, с отображением названия вверху (рис.4).

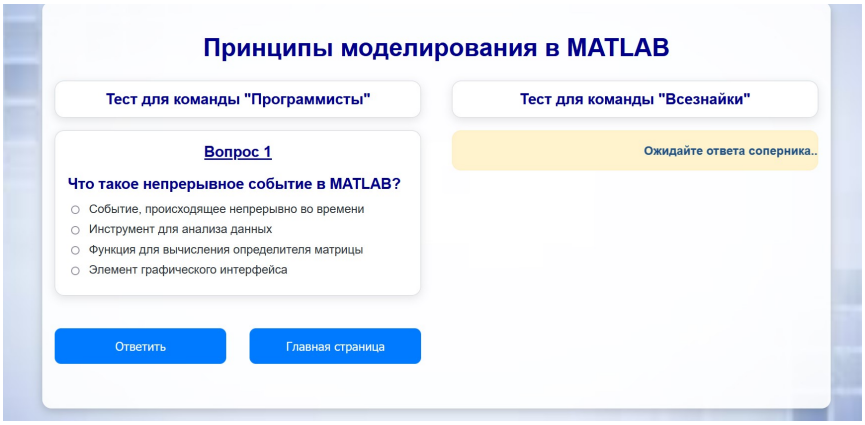


Рис. 4. Начало прохождения командного испытания

Каждая зарегистрированная команда получает набор из 10 уникальных вопросов, разработанных для всесторонней проверки знаний по математическому моделированию в среде MATLAB. Вопросы представлены в разнообразных форматах: с множественным выбором, задания на определение функций и терминов, анализ коротких кодов с прогнозированием результата выполнения, а также задачи на решение практических примеров. Такой подход обеспечивает объективную оценку понимания материала и практических навыков работы в среде MATLAB.

Тест начинается с команды, расположенной слева, правая команда в это время видит сообщение «Ожидайте ответа соперника» (рис. 5). После ответа первой команды вопрос переходит ко второй, и так поочередно до завершения тестирования (рис.6). Система мгновенно оценивает ответы, подсвечивая правильные зеленым цветом, а неправильные – красным.

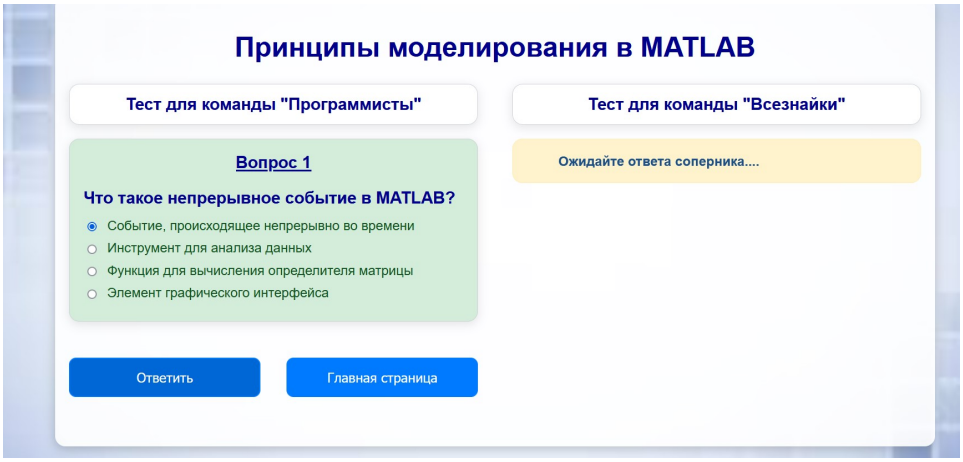


Рис. 5. Прохождение теста 1-ой команды

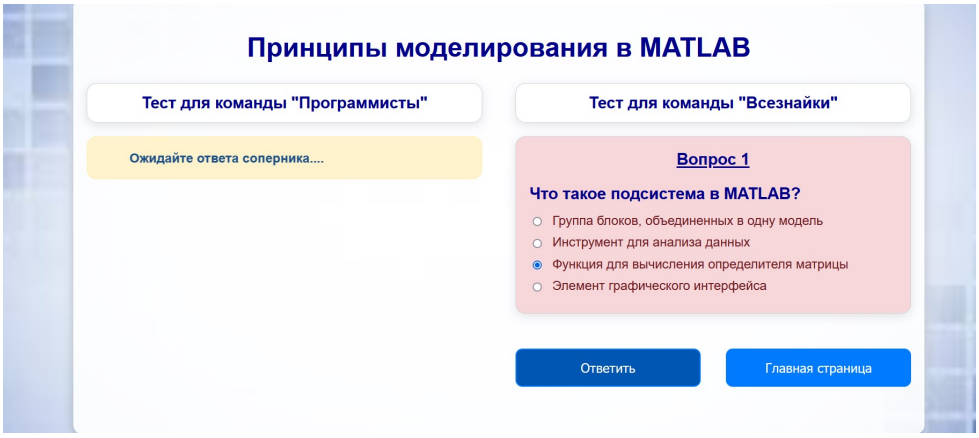


Рис. 6. Прохождение теста 2-ой команды

По завершении теста система автоматически подсчитывает и анализирует результаты. В итоговом отчете, представленном в виде таблицы (рис. 7), для

каждой команды указываются ее название, количество правильных и неправильных ответов.

Команда-победитель четко выделена внизу таблицы. Так же предусмотрена кнопка для возвращения на главную страницу приложения, обеспечивающая удобную навигацию для пользователей.

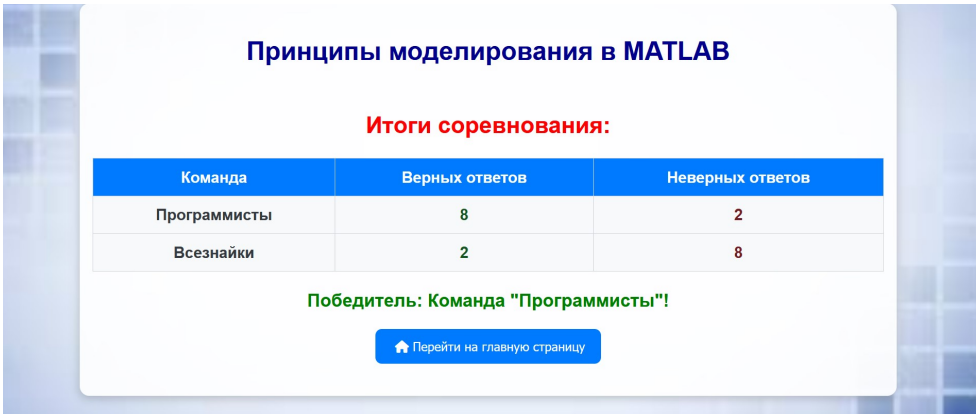


Рис. 7. Итоги тестирования

В представленном анализе описана структура командного теста по теме «Принципы моделирования в MATLAB». Четыре дополнительных теста – «Графика в MATLAB», «Основные типы данных в MATLAB», «Различные функции в MATLAB» и «Основы программирования в MATLAB» – имеют аналогичную структуру, включающую 10 уникальных вопросов на команду в разнообразных форматах.

Каждый блок включает в себя этапы регистрации команд, проведения теста и отображения результатов. Система оценки и интерфейс пользователя идентичны во всех пяти тестах, обеспечивая единообразие пользовательского опыта. При составлении тестовых вопросов использовалась специализированная литература по MATLAB [1-5].

Библиографический список

1. ***Терехин, В.В.*** Моделирование в системе MATLAB. Часть 2. Simulink: Учебное пособие / Кемеровский государственный университет. – Новокузнецк: Кузбассвузиздат, 2004. – 376 с.
2. ***Иглин, С.П.*** Математические расчеты на базе MATLAB. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 300 с.
3. ***Красавин, А. В.*** Компьютерный практикум в среде matlab: учебник для вузов / А. В. Красавин, Я. В. Жумагулов. – 2-е изд. – Москва: Юрайт, 2025. – 277 с.
4. ***Эварт, Т.Е.*** Численные методы решения инженерных задач: учеб. пособие / Т.Е. Эварт, В.В. Поздяев, А.В. Троицкий. – Нижний Новгород, 2014. – 109 с
5. ***Акчурин, Э.А.*** ЧМВ. Программирование в системе MATLAB: учеб. пособие. – Самара, 2012. – 22 с.

ЭЛЕКТРОННОЕ СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ «КЛЮЧЕВЫЕ ФИГУРЫ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Л.Е. Тютерева, Л.С. Харитонов, Н.А. Пакшина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Статья посвящена созданию и использованию электронного средства обучения «Ключевые фигуры сетевых технологий». В нем собрана информация о ученых, внесших наибольший вклад в развитие данной области науки, и создан раздел самопроверки. Данная система призвана повысить осведомленность студентов (пользователей) об ученых и их достижениях в сфере сетевых технологий.

Ключевые слова: электронные средства обучения, сетевые технологии, ученые, самопроверка.

С развитием технологий электронные средства обучения получают все большую популярность. Они чаще используются преподавателями в рамках образовательных программ, поскольку имеют ряд достоинств, таких, как дешевизна, компактность и наглядность, повышающих их привлекательность на фоне традиционных форм образования [1, с. 15].

В рамках дисциплин «Компьютерные технологии обучения» и «Компьютерные технологии в науке и образовании» рассматриваются электронные средства обучения. Их особенности и требования, предъявляемые к созданию систем образования, подлежат подробному изучению, а в последующем и воссозданию.

Авторам данной статьи была поставлена задача реализовать современное электронное средство обучения для образовательной программы «Информационные технологии» с использованием игровых технологий. При этом материал должен базироваться на традиционных методических материалах и указаний. Web-ресурс должен обеспечить возможность студентам ознакомиться с биографией и достижением каждого ученого, внесшего наибольший вклад в развитие сетевых технологий.

По полученному заданию была разработана образовательная система, состоящая из трех основных блоков.

Первый раздел содержит в себе титульный лист (рис. 1) с темой занятия и кнопкой, которая после нажатия ведет на сайт второй части электронного средства обучения.



Рис. 1. Титульный лист

Второй блок содержит галерею из восьми ученых, программистов и IT-специалистов (рис. 2). В нем представлены их фотографии и краткая информация о достижениях. Также студенты могут ознакомиться с более подробными данными/сведениями, нажав на кнопку «Подробнее». После данного действия пользователям доступна для изучения биография и достижения выбранной персоны.



Рис. 2. Галерея ученых

Третий блок содержит тест самопроверки, который включает в себя два тура.

В первом туре студенты проходят авторизацию, вводя свое имя в поле всплывающего окна (рис. 3). После чего приступают к выполнению задания, в котором им необходимо установить соответствие между портретами основоположников сетевых технологий и их именами. По завершению задания появится окно с временем, потраченным на прохождение, с переходом ко второму этапу.

Во второй части теста необходимо соотнести основные достижения ученых и IT-специалистов с их портретами. Принцип работы на втором этапе аналогичен первому. В результате завершения второго этапа появится окно с двумя результатами:

- временем, потраченным на прохождение второго тура;
- продолжительностью прохождения всего теста.

Предполагается, что перед использованием электронного средства обучения «Ключевые фигуры сетевых технологий» студенты умеют пользоваться браузером и получат инструкцию преподавателя по обращению с данной системой.

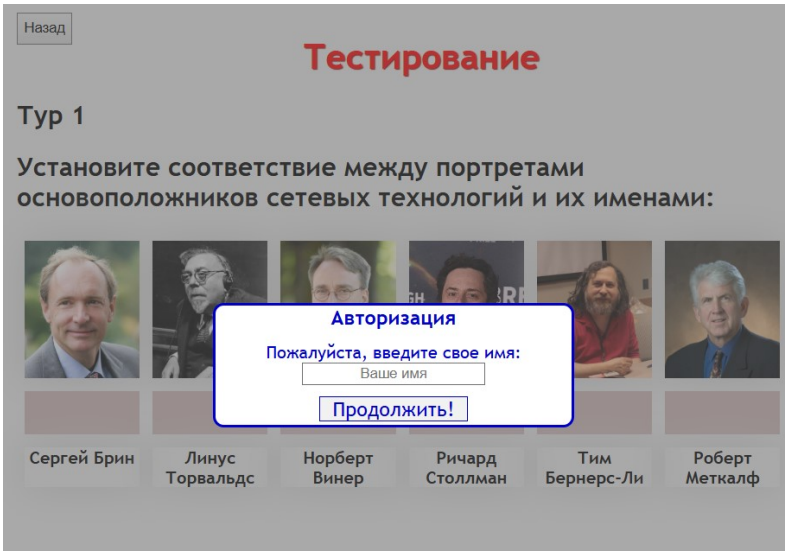


Рис. 3. Авторизация на первом туре теста самопроверки

По какой причине в части самопроверки используется тест на соответствие с мгновенным откликом программы на правильность или ошибочность ответа?

Тестирующие программы, в которых нужно найти связь между объектами, охватывают всю необходимую информацию. Система самопроверки в рамках поставленной задачи соответствует требованиям, предъявляемым к таким видам тестов, то есть:

- вопросы и варианты ответов каждый раз подаются в случайной последовательности;

- проверка осуществляется сразу и выводит, верный ли ответ: в случае правильного ответа ячейка станет зеленой, при ошибке примет красный цвет;
- вариант ответа необходимо поменять, чтобы завершить тест, что способствует запоминанию правильного варианта ответа.

Также был добавлен таймер, чтобы студенты могли следить за собственным прогрессом в запоминании информации.

Для удобства усвоения ключевых данных самые главные сведения были вынесены в галерее и размещены после полного имени ученого.

Система разработана с использованием языка HTML, таблиц стилей CSS и языка JavaScript для обеспечения интерактивного интерфейса. Она включает в себя механизм перемещения блоков с текстом drag-and-drop и таймеры с применением библиотеки jQuery.

При создании было отдано предпочтение ненавязчивому, светлому и минималистичному дизайну. Он не будет отвлекать пользователей, что обеспечит эффективное усвоение материала. Яркие цвета использованы для реакции тестирующей системы на правильные ответы и ошибки, чтобы студенты могли быстро среагировать на результат [2, с. 19].

Данное электронное средство обучения было реализовано по заказу кафедры прикладной математики АПИ (филиала) НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Оно рассчитано на один академический час. Продукт тестировался на занятиях со студентами групп АСИ 24-1 и АСПМ 23-1 и был одобрен пользователями.

Таким образом, реализовано современное электронное средство обучения «Ключевые фигуры сетевых технологий», в котором содержится информация об основоположниках компьютерных разработок и их достижениях и тест для самопроверки усвоенных знаний.

Библиографический список

1. ***Пакшина, Н.А.*** Введение в компьютерные технологии обучения : / Н. А. Пакшина. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 199 с.

2. ***Пакшина, Н.А.*** Учет особенностей цветового восприятия при оформлении электронных средств обучения / Н. А. Пакшина, С. А. Валов, Ю. П. Пакшина // Академический журнал Западной Сибири. – 2010. – № 5-6. – С. 19.

РАЗРАБОТКА ТЕСТ-ИГРЫ КАК СРЕДСТВА ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

Д.А. Сорокин, Н.А. Столяров
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В данной статье рассматривается процесс разработки тест-игры для проверки знаний обучающихся. Анализируются современные методы контроля знаний, преимущества тестирования в игровом формате, а также используемые технологии для создания веб-приложений. В качестве примера приводится разработка тест-игры на основе HTML, CSS и JavaScript.

Ключевые слова: тестирование, тест-игра, контроль знаний, JavaScript, веб-технологии.

В современном образовании контроль знаний играет важную роль в процессе обучения. Традиционные методы, такие как экзамены, зачеты и контрольные работы, требуют значительных временных и организационных затрат. Одним из перспективных направлений является применение автоматизированных систем тестирования, среди которых особое место занимают тест-игры.

Целью разработки является создание интерактивной тест-игры, которая повысит мотивацию обучающихся и эффективность проверки знаний за счет игрового элемента.

Были поставлены задачи:

- разработка удобного интерфейса для пользователей;
- обеспечение объективности оценки знаний;
- адаптация системы для дисциплины «Компьютерные технологии обучения».

Тест-игра позволяет не только проверять знания обучающихся, но и повышать их мотивацию за счет игрового элемента. В данной статье рассматривается разработка системы тестирования в формате игры с использованием современных веб-технологий.

Тестирующая система была разработана с помощью языка гипертекстовой разметки HTML, каскадных таблиц стиля CSS и языка программирования JavaScript, при разработке использованы справочники [1-3]. Кроме того, были учтены рекомендации пособий [4, 5].

Основные компоненты системы:

1) игровое поле – реализация на основе HTML5 Canvas;
2) движок игры – алгоритмы обработки столкновений, управления персонажем и таймера;
3) система вопросов – база данных с вопросами и вариантами ответов;
4) механизм оценки – начисление баллов за правильные ответы, формирование итогового результата.

На рис. 1 представлены основные блоки проекта «Системы проверки знаний».

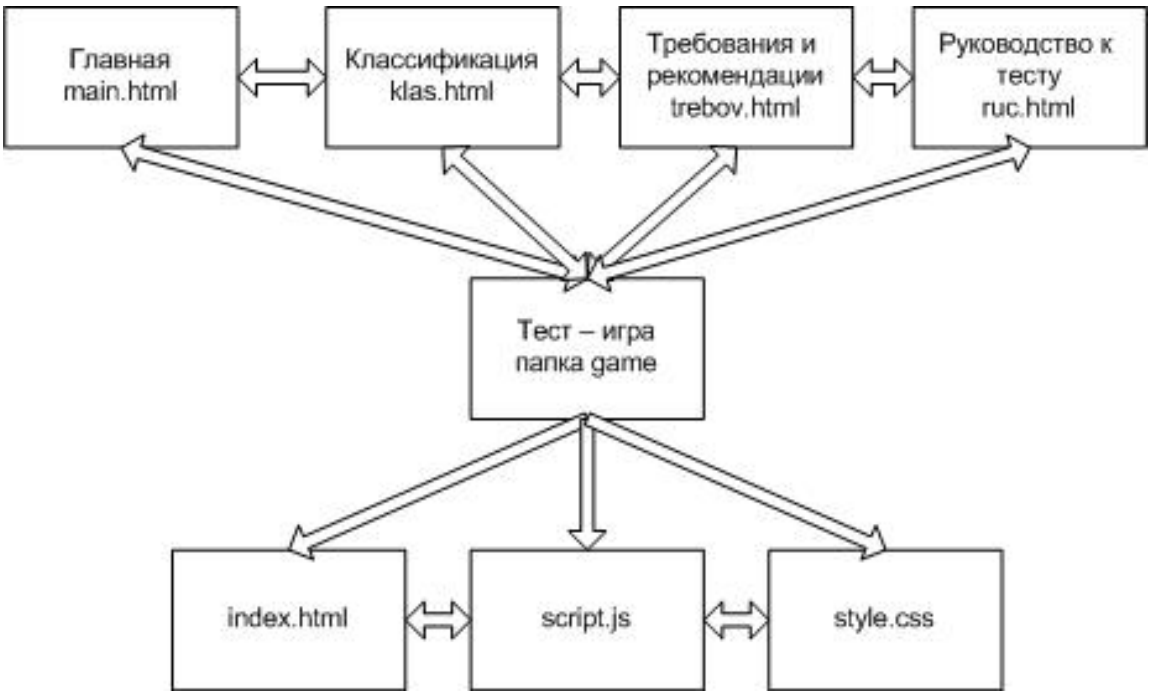


Рис. 1. Структурная схема проекта

Программа запускается с помощью файла main.html. На рис. 2 показан основной интерфейс программы.

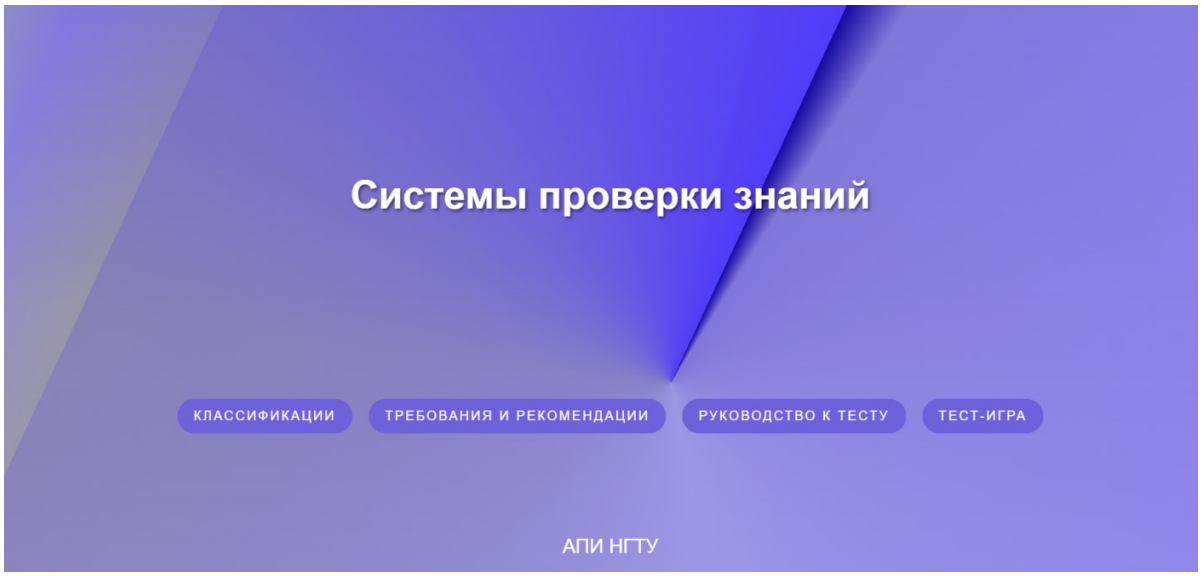


Рис. 2. Основной интерфейс

Перед прохождением игры, студентам предлагается изучить теорию. При нажатии на кнопки «Классификации» и «Требования и рекомендации» студен-

ты переходят на страницу с теорией и могут ее изучить. На рис. 3 показан переход на страницы с теорией.

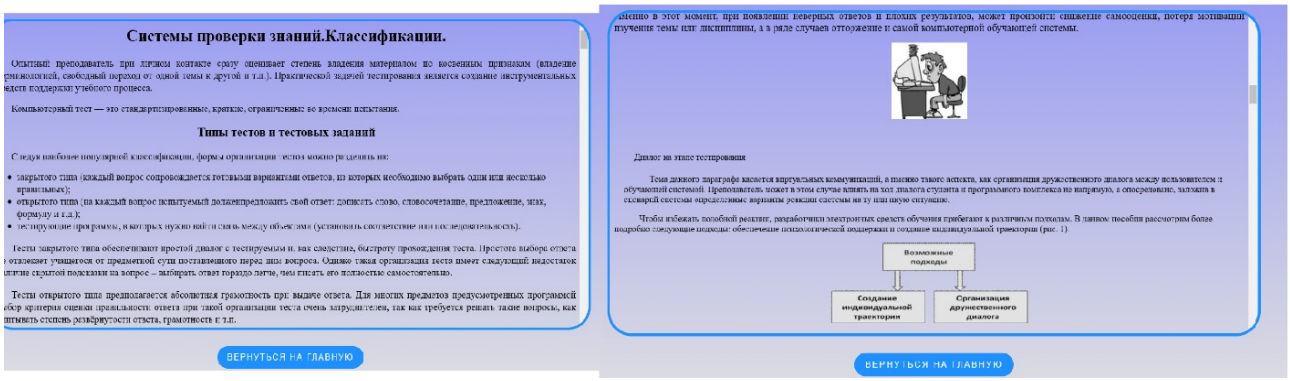


Рис. 3. Страницы теории

Также студенты могут ознакомиться с руководством к тесту, чтобы понять, как проходить игру. После изучения теории и руководства к тесту студенты могут начать проходить саму игру. По завершению игры каждому студенту выставляется оценка в соответствие с набранными баллами за правильные ответы.

На рис.4 представлена визуализация самой игры.

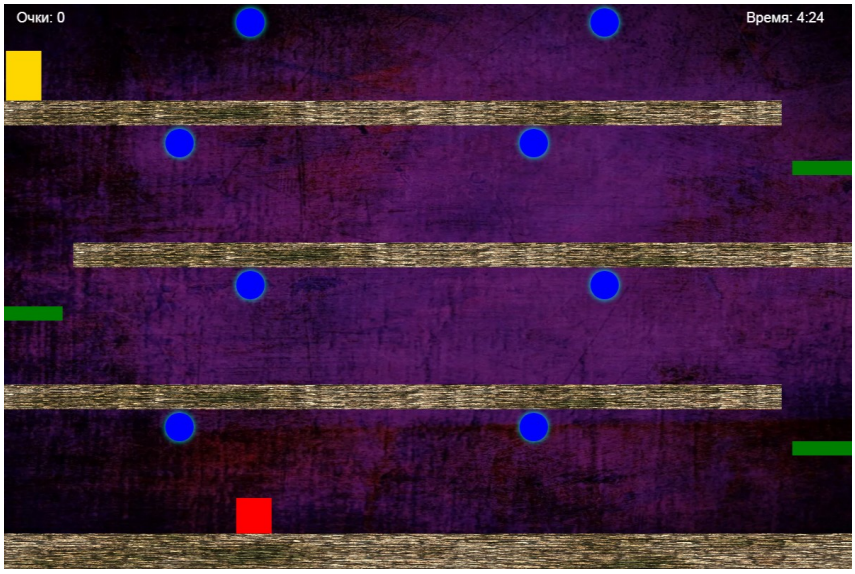


Рис. 4. Интерфейс игрового поля

Разработанная тест-игра была протестирована на группе студентов АСПМ 22-1 в рамках курса «Компьютерные технологии обучения». В качестве теории использован созданный авторами Web-ресурс, который базируется на пособиях ведущего преподавателя [6, 7]. На рис. 5 показан вывод оценки после прохождения игры.

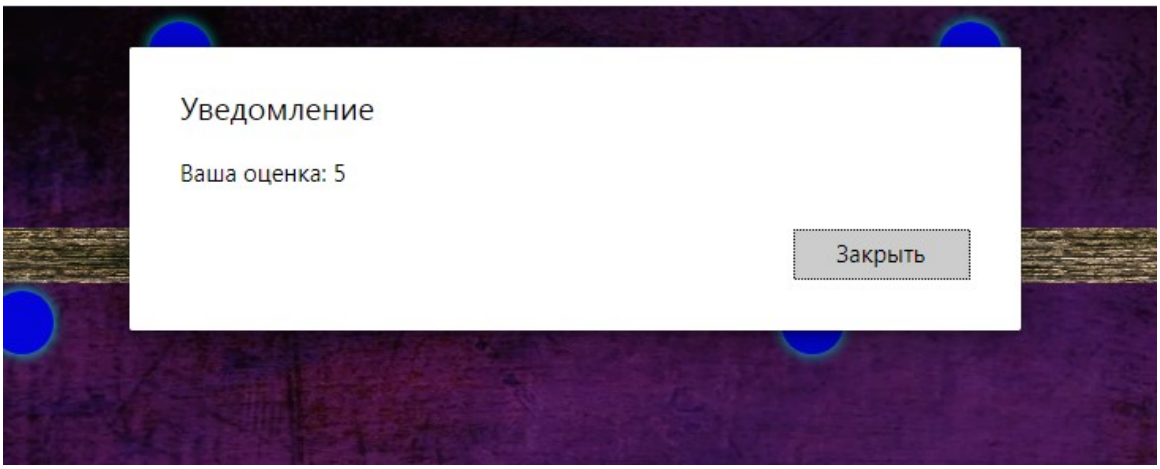


Рис. 5. Вывод результатов игры

По результатам тестирования выявлены следующие преимущества:

- увеличение вовлеченности обучающихся по сравнению с традиционными тестами;
- ускорение процесса проверки знаний за счет автоматизации;
- возможность адаптации системы под различные дисциплины.

Тест-игры представляют собой перспективное направление в области цифровых образовательных технологий. Данный подход позволяет повысить интерес обучающихся к процессу проверки знаний, а также повысить объективность оценивания. В дальнейшем возможны следующие доработки системы:

- расширение базы вопросов и интеграция с внешними образовательными платформами;
- добавление элементов адаптивного тестирования;
- разработка многопользовательского режима для командных соревнований.

Таким образом, внедрение тест-игр в образовательный процесс может способствовать повышению качества обучения и совершенствованию методов оценки знаний студентов.

Библиографический список

1. Справочник по HTML. http://htmlbook.ru/
2. Таблица HTML цветов. http://colorcheme.ru/html-colors.html
3. Справочник по CSS. http://htmlbook.ru/css
4. ***Флэнаган, Д.*** JavaScript. Полное руководство, 7-е изд. : Пер. с англ. – СПб. : ООО “Диалектика”, 2021. – 720 с .: ил.
5. Свекис Лоренс Ларс, Путтен Майке ван, Персиваль Роб JavaScript с нуля до профи. – СПб.: Питер, 2023. – 480 с.
6. ***Пакшина, Н.А***. Введение в компьютерные технологии обучения : / Н. А.Пакшина. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 199 с.
7. ***Пакшина, Н.А.*** Основы построения тестов и тестирующих программ: учеб. пособие / Н.А. Пакшина, Ю.П. Емельянова – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т. им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 164 с.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ НАВЫКОВ НА ЗАНЯТИЯХ ПО РОБОТОТЕХНИКЕ

Д.А. Маслова
МБУ ДО ЦДТТ, г. Красный Сулин, Ростовская область
Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е.Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрены вопросы формирования технических навыков у школьников в процессе освоения ими курса робототехники.

Ключевые слова: робототехника, технические навыки, образование

Стремительное развитие техники и технологий в современном обществе, роботизация промышленного производства ставят перед системой образования новые цели и задачи. Выпускник школы сегодня должен иметь инновационное мышление, быть нацеленным на получение высоких результатов в различных сферах деятельности, что позволит ему найти свое место в профессиональной сфере современного конкурентного общества.

Е.А. Челнокова отмечает развитие технологий, применение роботов как в промышленном производстве, так и в других сферах. В связи с этим система образования должна чутко откликаться на запросы общества и знакомить школьников с основами робототехники [4].

Необходимо отметить, что роботизация общества сегодня развивается очень стремительно. Однако этот процесс имеет как положительные, так и отрицательные последствия. С одной стороны роботы позволяют снять часть нагрузки с человека на производстве, становятся помощниками при решении бытовых вопросов, с другой, ослабляют коммуникативные связи между людьми. А.В. Морев подчеркивает, что работа с роботами предполагает нахождение баланса между развитием высоких технологий и сохранением навыков коммуникации и взаимодействия между людьми [2].

В систему образования сегодня активно внедряется образовательная робототехника. Данный учебный предмет направлен на то, чтобы способствовать общему развитию детей и подростков, познакомить их с информационными технологиями, сформировать интерес к инженерии, инженерному творчеству, развить у них навыки работы и общения в коллективе сверстников-единомышленников.

Д.А. Маслова считает, что изучение робототехники позволяет развивать у обучающихся технические навыки, способствует их применению не только в игровых ситуациях, но и при решении реальных технических задач [1].

Под техническими навыками сегодня понимаются hard-skills, которые представляют собой конкретные навыки с измеряемыми параметрами, приобретаемые обучающимся в процессе обучения и практической деятельности.

К техническим навыкам обучающихся можно отнести следующие:

- владение технологиями сборки технических устройств;
- владение компьютерными программами;
- знание различных языков программирования;
- получение навыков работы со специальным оборудованием;
- обладание высоким уровнем владения иностранным языком.

Образовательная робототехника способствует развитию данных технических навыков. Связано это со спецификой учебного материала, который предполагает изучение на занятиях принципов конструирования, моделирования, создания роботов, применения разных систем управления ими.

На занятиях по робототехнике обучающиеся работают с автоматизированными системами и устройствами. Создание робота тесным образом связано с изучением возможностей искусственного интеллекта, программирования, использования различных комбинаций датчиков и актуаторов. В контексте робототехники искусственный интеллект рассматривается как определенная встроенная система, которая может выполнять разные задачи, связанные с формированием и применением цепочек логических команд. В этом процессе встроенные датчики извне собирают определенную информацию (например, черную линию, цвет кубика, расстояние до объекта определенной формы и т.д.), затем передают ее через понятные роботу сигналы. Актуаторами являются механизмы, которые применяются в роботе. Они обеспечивают движение робота по прямой или же выполнение им других действий.

Д.А. Чабанюк отмечает, что в процессе обучения робототехнике происходит всестороннее развитие обучающихся [3], в том числе, у них формируются и развиваются определенные технические навыки:

- обучающиеся одновременно осваивают новые знания, закрепляют их на практике, получая навыки деятельности при решении конкретной технической задачи в конкретной ситуации. Это позволяет развивать у обучающихся системность мышления, формирует у них умение комплексно решать поставленные перед ними практические задачи;

- происходит выявление технических склонностей обучающихся и их развитие в наиболее интересном для ребенка направлении. Так, при создании робота обучающиеся работают в парах. Как правило, один ученик отвечает за сборку робота, за механику, другой – за его программирование. Совместная работа обогащает обоих учеников, способствует повышению у них инженерной и технической грамотности;

- развитие интереса обучающихся к инновациям, к высоким технологиям, которые применяются в современном производстве. Это позволяет им узнать о наиболее перспективных профессиях цифрового общества;

- у школьников появляется не только опыт командной работы (пары, тройки, целые команды, создающие сложных роботов на основе нескольких наборов), но и опыт соревновательной деятельности, когда для наилучшего выполнения поставленной задачи необходимо быстро внести изменения или в

конструкцию робота, или в его код. Это позволяет ребятам получить навык по решению инженерных и технических задач в экстремальных условиях, заставляет их более вдумчиво относиться к подготовке к соревнованиям, фестивалям, конференциям;

- обучающиеся получают раннюю профессиональную инженерно-техническую подготовку, проходят раннюю профориентацию, что позволяет им приобрести навыки решения профессиональных задач в процессе осуществления практической деятельности, на этой основе осознанно подойти к выбору своей будущей профессии.

А.В. Морев подчеркивает тот факт, что робототехника является удачным совмещением теории и практики: изучая те или иные физические явления, инженерные конструкции, технические знания, языки программирования, обучающиеся имеют возможность не просто тут же применить эти знания на практике, но и использовать их творчески, реализуя собственные технические задумки [2]. Обучающиеся создают различных роботов, программируют их, изменяют те или иные параметры, анализируют, при каких комбинациях роботы работают эффективнее. Такое обучение через практическую творческую деятельность позволяет глубоко и прочно усвоить теоретический материал. Кроме того, оно позволяет развивать ряд умений и качеств обучающегося, необходимых для приобретения технических навыков:

- развитие проблемного мышления. Обучающиеся решают конкретные технические задачи, приходят к выводу о том, что это можно сделать различными путями и средствами. Они учатся анализировать поставленные перед ними проблемы, искать оптимальные пути для их решения, разрабатывать стратегии, осуществлять шаги по их реализации для того, чтобы достичь поставленных в задаче целей и результатов;

- работа в команде на основе сотрудничества и коммуникации. В современном производстве ценится умения работать в коллективе. Именно креативные инженерно-технические команды имеют наибольший успех при решении поставленных перед ними задач. Занятия робототехникой позволяют получить такой опыт взаимодействия (разделение обязанностей, ответственность за свой участок работы, обмен идеями, апробация промежуточных результатов, анализ проблем и т.д.);

- развитие креативности и умения применять инновации в собственной деятельности. В процессе создания роботов, их программирования, настройки и отладки необходимо не только знание теоретических основ, но и творческий подход. При решении одной и той же задачи обучающиеся предлагают различный дизайн роботов, принципы их программирования. Это позволяет развивать у них творческие способности через техническое творчество, что становится основой для развития у них инновационного подхода к решению инженерных задач;

- развитие алгоритмического мышления и навыков программирования в различных средах. В процессе создания программы для работы робота (кода) и

выполнения им поставленных задач у обучающихся развивается алгоритмическое мышление. Этот навык является одним из наиболее востребованных в современном информационном обществе;

- способность обучающихся к адаптации к различным условиям осуществления деятельности. Проекты, имеющие техническую направленность, часто идут не по тому плану, который наметил для себя обучающийся, в связи с чем ему приходится оперативно решать возникшие проблемы, искать пути обхода трудностей;

- самоконтроль, самоэффективность. Если обучающийся успешно выполняет различные задания по созданию роботов, если они соответствуют его замыслам, то это придает ребенку уверенность в своих силах, способствует повышению его самооценки. В свою очередь это стимулирует обучающегося в дальнейшем тщательно контролировать выполнение предложенных ему заданий.

Таким образом, занятия робототехникой способствуют развитию у обучающихся технических навыков: они овладевают технологиями сборки технических устройств, осваивают различные компьютерные программы и языки программирования, получают навыки работы со специальным оборудованием, применения иностранного языка для программирования роботов, для чтения различных инструкций. Это способствует развитию их личности, ранней профессионализации обучающихся.

Библиографический список

1. ***Маслова, Д.А.*** Робототехника как основа формирования инженерного мышления / Д.А.Маслова // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации. Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2023. – С. 106-112

2. ***Морев, А.В.*** Формирование компонентов технической культуры на занятиях по робототехнике в дополнительном образовании детей / А.В.Морев // Концепт. – № 6. – 2019. – 45-56.

3. ***Чабанюк Д.А.*** Развитие технических компетенций школьников при обучении робототехнике / Д.А.Чабанюк, С.П. Коноваленко // Модернизационные процессы в современной России. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2021. – С. 48-55

4. ***Челнокова, Е.А.*** Развитие технических способностей школьников / Е.А.Челнокова // Скиф. Вопросы студенческой науки. – № 2 (42). – 2020. – С. 221-226.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ У СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ СРЕДСТВАМИ ФИЗИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ СИЛОВОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Н.А. Тишкина
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Двигателем любых экономических преобразований является инженерное образование. Данный вид деятельности относится к одной из подструктур в подготовке инженерных кадров, с определенными требованиями к профессиональному уровню будущих специалистов нового поколения. Современное инновационное техническое образование способствует формированию определенных качеств личности, которые соответствуют требованиям современного общества и выражаются как компетентность, самостоятельность, инициативность, мобильность.

Ключевые слова: инженерное образование, профессиональная компетентность и мобильность, адаптация в условиях производства, профессиональная мобильность инженера, физическое воспитание учащейся молодежи, силовые упражнения с элементами армрестлинга.

Современное российское высшее образование, неразрывно и органично связанное с наукой, является все более определяющей силой экономического развития. Актуальные тенденции развития современного общества предъявляет повышенные требования к будущим специалистам, а именно профессиональную компетентность и мобильность. В этих условиях главной движущей силой общества становится инновационное техническое образование. Ведь именно инженеры играют ключевую роль в любых преобразованиях экономики.

С.Е. Каплина в своих исследованиях отмечает, что «еще в 90-х годах прошлого столетия российское инженерное академическое сообщество приступило к выработке новых подходов к инженерному образованию». По ее утверждению в данный момент «развитие образования на современном этапе формулируется как инновационное инженерное образование с определенными требованиями, предъявляемыми к уровню профессиональной подготовки инженера нового поколения» [6].

Также следует отметить, что в Национальной доктрине инженерного образования в Российской Федерации и Концепции модернизации российского образования до 2030 г., главной целью становится «создание конкурентоспособной и эффективно функционирующей системы инженерного образования для устойчивого инновационного развития страны и завоевания ею лидирующих позиций на мировой арене» [8].

Инженерная школа сегодня должна стать платформой для развития специалистов, где помимо базовых знаний и умений формируется комплекс навыков, полностью соответствующих требованиям современного производства. Она должна стремиться к «обеспечению опережающей подготовки и переподготовки специалистов, способных решать проблемы и задачи индустриализа-

ции страны, формированию технически образованной нации, где широкие слои населения научатся грамотно использовать постоянно меняющиеся технические устройства, а также создание научно-технической элиты общества, где будут выпускаться специалисты с исключительными профессиональными компетенциями, способные генерировать инженерные идеи» [8, с.5].

Получается, что инновационному обществу нужны люди нового формата – те, кто легко адаптируется к переменам, способен самостоятельно принимать решения и проявлять инициативу. Важно не только обладать профессиональными навыками, но и быть физически крепким, чтобы справляться с вызовами времени. Быстрое изменение рынка труда требует от специалистов постоянного совершенствования своих компетенций и готовности к переквалификации. Все больше ценится способность быстро переключаться между разными профессиональными областями и осваивать новые направления [8,9], что значит, что они должны обладать профессиональной мобильностью.

Ю.П. Похолков и Б.Л. Агранович, а также К.В. Борисова считают, что «профессиональную мобильность следует рассматривать как интегративную характеристику готовности выпускника к успешной адаптации в условиях производства». По их мнению «мобильность включает в себя совокупность базовых компонентов профессиональной культуры (ключевые компетенции и квалификации) и профессиональной компетентности (высокий интеллект, творческие способности, профессионализм), позволяющих ему быть конкурентоспособным на рынке труда» [3, с.6; 7, с.9].

В тоже время К.В. Борисова, ссылаясь на исследования А.Д. Скрипко, отмечает, что «анализ качества подготовки будущих инженеров в вузах не вполне отвечает требованиям времени». Автор отмечает, что «в современной образовательной системе созданы не все необходимые условия для формирования профессиональной мобильности. Даже ориентируясь на формирование компетенций как на конечный результат обучения, высшая школа не в полной мере способна профессионально подготовить студента к комплексному решению жизненных и производственных задач» [3, с.8; 11, с.4].

Также следует отметить, в исследованиях, проведенных С.Е. Каплиной мы видим, что с каждым годом все яснее становится, что главный актив современного мира – это не природные богатства, а люди с их способностями и возможностями менять профессию и сферу деятельности. Что такое профессиональная мобильность? Если говорить просто, это умение специалиста перестраиваться: менять работу, специальность или направление деятельности. Но жизнь не стоит на месте, и сейчас это понятие стало гораздо шире. Профессионально мобильным считается человек, который может успешно реализоваться не только в рамках одной профессии, но и свободно переходить между разными смежными профессиями [6, с.11].

Педагогические исследования показывают, что наиболее эффективным способом развития профессиональной мобильности инженера является меж-

дисциплинарный подход, включающий как технические, так и гуманитарные дисциплины.

Гуманитарные дисциплины играют важную роль в подготовке будущих специалистов. Они помогают студентам глубже понять особенности выбранной профессии, научиться составлять личный план карьерного развития, проводить анализ собственных сильных и слабых сторон в контексте выбранной специальности. Благодаря гуманитарным дисциплинам студенты получают инструменты для грамотного построения своей профессиональной траектории и более осознанного подхода к развитию необходимых навыков [1,4,10].

Как показывает практика, вопрос формирования профессиональной мобильности в ходе изучения гуманитарного блока дисциплин сложен и многогранен и, на наш взгляд, должен быть детализирован и уточнен применительно к точным специальностям технического профиля конкретного вуза, определенного региона. Важно помнить, что формирование профессиональной мобильности – это непрерывный процесс, требующий постоянной практики и самосовершенствования.

Собственный педагогический опыт позволяет отметить, что физическая активность может стать эффективным инструментом в развитии профессиональной мобильности будущих инженеров. Причем внедрять элементы физического воспитания можно не только на специализированных занятиях, но и во время изучения гуманитарных предметов. Это поможет сформировать у студентов необходимые качества для успешной профессиональной адаптации. Такой комплексный подход позволяет развивать не только интеллектуальные, но и физические способности будущих специалистов, что в итоге способствует их большей гибкости на рынке труда и успешному освоению новых профессиональных направлений.

В.С. Голобоков отмечает, что «физическое воспитание учащейся молодежи представляет собой систему, которая постоянно совершенствуется на основе накопления новых данных экспериментальных исследований, передовой практики и научно-технического прогресса. Важно и то, что этот процесс постоянно претерпевает изменения, связанные с научно-техническим прогрессом, политической обстановкой, негативным воздействием природной и социальной среды» [4, с.36].

В тоже время следует отметить, что процесс физического воспитания обучающихся инженерно-технических направлений подготовки может быть оптимизирован посредством разработки и применения на практике инновационных образовательных и тренировочных технологий, сочетающих научно обоснованные педагогические приемы и методологические подходы, что будет способствовать достижению планируемых показателей профессиональной мобильности студентов инженерных специальностей [4,11,12].

Специфической особенностью технических вузов является то, что основной контингент обучающихся представляют юноши и, в связи с этим, изменяются требования к организации и проведению практических, самостоятельных

занятий по физической культуре. В связи с этим возникает необходимость во внедрении актуальных оздоровительных технологий и методик, способных учитывать современные подходы к физическому воспитанию с целью улучшения показателей здоровья, развития двигательной активности и повышения физической подготовленности обучающихся. Таким образом, с одной стороны, требуется достичь баланса между реализацией учебной программы и эффективной тренировкой физических качеств в рамках обязательных занятий, а с другой, сформировать у обучающихся комплексную систему знаний и практических навыков для самостоятельного поддержания оптимального уровня здоровья и физической подготовленности.

Специалисты, изучающие организацию физического воспитания в высших учебных заведениях Н.В. Телятникова и А.Д. Скрипко отмечают, что в современной системе физического воспитания значительное место занимают силовые тренировки, что обусловливает необходимость освоения студентами эффективных и доступных методов развития силовых качеств под руководством преподавателей высших учебных заведений [11,12].

Хотя силовые упражнения с элементами армрестлинга популярны на занятиях физкультурой в вузах, их роль ограничивается вспомогательным средством. При этом отсутствует научный опыт их использования как базового инструмента развития силы, в том числе для студентов инженерных направлений. В связи с этим актуальной научной задачей становится создание методики включения силовых тренировок с элементами армрестлинга в основную часть занятий по физической культуре технических вузов.

Для определения результативности применяемой методики был проведен педагогический опрос, целью которого являлось выявление мотивационной составляющей студентов при выполнении силовых упражнений в ходе занятий по дисциплине «Физическая культура». Так в ходе опроса мы определили, что применение силовых упражнений с элементами армрестлинга на учебных занятиях способствовали повышению интереса к систематическим занятиям физическими упражнениями у 64,2% респондентов. У тех студентов, у которых был отмечен прогресс в показателях силовой выносливости («Поднимании туловища из положения лежа» за 2 минуты, изначальный результат составлял 47 раз, в последствии он увеличился до 51 раза), мы отметили рост показателей престижа инженерной профессии (69,6,6%). Причем респонденты указывают на комплексную характеристику профессии: от базовых профессиональных навыков до широких перспектив профессионального развития и мобильности.

Анализ показал, что современное производство испытывает острый дефицит технически компетентных специалистов с высокой профессиональной мобильностью, в то время как система высшего образования не обеспечивает необходимый уровень подготовки выпускников для успешной адаптации в рыночных условиях.

Перед тем как подвести итоги, стоит подчеркнуть, что повышение профессиональной мобильности будущих инженеров возможно через эффективное

применение педагогического потенциала гуманитарных дисциплин, включая физическое воспитание. Этот вид деятельности располагает действенными методами стимулирования внутренней мотивации, определяющей развитие профессиональной мобильности. Физическое воспитание также служит основой для формирования ключевых компетенций и улучшения межличностных отношений.

В заключении следует отметить, что регулярное использование упражнений силовой направленности с элементами армрестлинга в учебном процессе по физическому воспитанию в техническом вузе обеспечивает индивидуализацию и оздоровительную направленность учебного процесса, а также развитие всех физических качеств у занимающихся. Благодаря этому мы наблюдаем повышенный устойчивый интерес к регулярным занятиям физической культурой, а также ускоренное освоение техники движений, ее вариативность и преемственность процесса физического воспитания. Таким образом, это способствует не только повышению физической нагрузки на занятиях и как следствие улучшению структуры профессионально-прикладной физической подготовки студентов, но и повышению профессиональной мобильности инженерных специальностей.

Библиографический список

1. ***Аврамова, Е.М.*** Современное высшее образование и перспективы вертикальной мобильности / Е. М. Аврамова, О. А. Александрова, Д. М. Логинов // Общественные науки и современность. – 2004. – № 6. – С. 41-55.
2. ***Бобриков, В.Н.*** Система подготовки инженера в условиях непрерывного технического профессионального образования: дис. д. пед. наук: 13.00.08 / В. Н. Бобриков. Кемерово, 2003. - 458 с.
3. ***Борисова, К.В.*** Формирование профессиональной инженерной культуры у студентов в сиситеме высшего технического образования: дис. к. пед. наук: 13.00.08 / К.В. Борисова. Ульяновск, 2013. - 301 с.
4. ***Голобоков, В.С.*** Современная модель образования и личность / В. Голобоков // Высшее образование в России. 2004. - № 10. – С. 150-151.
5. ***Горелик, О.М.*** Координация процессов профессиональной подготовки в регионах / О. М. Горелик // Интеграция образования. 2003. - № 1. – С. 39-42.
6. ***Каплина, С.Е.*** Концептуальные и технологические основы формирования профессиональной мобильности будущих инженеров в процессе изучения гуманитарных дисциплин: дис. . д. пед. наук: 13.00.08 / С.Е. Каплина. Чебоксары, 2008. - 569 с.
7. «Национальная доктрина инженерного образования в Российской Федерации»,
8. «Концепция модернизации российского образования до 2010 г.»
9. ***Похолков, Ю.П.*** Основные принципы доктрины инженерного образования / Ю. П. Похолков, Б. Л. Агранович. – Томск: Изд-во Томского политех, ун-та, 2005. 23 с.
10. ***Скрипко, А.Д.*** Технология кондиционной и спортивной подготовки в системе физического воспитания учащихся и студентов: дис. . д. пед. наук: 13.00.04 / А.Д. Скрипко. М., 2004. - 394 с.
11. ***Телятникова, Н.В.*** Содержание силовой тренировки студентов с использованием инвентаря с упругой деформацией: дис. . к. пед. наук: 13.00.04 / Н.В. Телятникова. Якутск, 2024. - 169 с.

3 СЕКЦИЯ

ИННОВАЦИИ И ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДУЛЕЙ АНИМАЦИИ CAD-СИСТЕМ

М.А. Бобченко, Н.Д. Морозов, К.С. Сычёв
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрены модули анимации из трех разных CAD-систем. Представлены отличительные особенности каждого модуля, а также приведены их плюсы и минусы.

Ключевые слова: анимация, анимация движения, автотранспорт, CAD-системы, модули анимации.

В современном мире перед созданием готового изделия инженеры-конструкторы создают 3D-модель для анализа и виртуализации работы изделия. Для этого программисты, разрабатывающие CAD-системы, добавляют в программу различные модули анимации. Цель создания данной работы заключается в том, чтобы сравнить модули анимации для наиболее популярных СПАР, а также сделать вывод, какое программное обеспечение является наиболее доступным в освоении. Также важным аспектом является оценка качества анимации работы механических узлов автотранспорта.

1. Модуль анимации SolidWorksComposer

SolidWorksComposer – это инструмент для создания анимаций и технической документации на основе 3D-моделей. Он позволяет визуализировать процессы сборки, разборки и обслуживания изделий, автоматически генерируя пошаговые инструкции, разнесенные виды и интерактивные материалы (видео, PDF, HTML5). С его помощью можно добавлять аннотации, менять свойства объектов (цвет, прозрачность) и экспортировать результаты для презентаций, обучения или AR/VR. Основные плюсы: экономия времени за счет автоматизации, минимизация ошибок в документации, совместимость с CAD-моделями SolidWorks и возможность использовать анимации в маркетинге, производстве или сервисе. В отличие от SolidWorksVisualize, Composer ориентирован не на рендеринг, а на функциональную визуализацию процессов, что делает его удобным для инженеров, технических писателей и сотрудников сервисных служб SolidWorksComposer позволяет выбирать частоту кадров, битрейт, размер готового файла анимации [1].

Модуль позволяет сохранить готовый результат анимации во многих распространенных форматах:

- Файл Microsoft AVI (*.avi)
- Видеофайл MP4 (*.mp4)
- Файл Flash Video (*.flv)
- Видеофайл Matroska (*.mkv)
- Ряд JPEG (*.jpg)
- Ряд Windows Bitmaps (*.bmp)
- Ряд Truevision Targas (*.tga)
- Ряд Portable Network Graphics (*.png)
- Ряд Tagged Image File Format (*.tiff)
- Luxology Scene (*.lxo)

Также стоит отметить, что у программы сложный, но «отзывчивый» интерфейс, представленный на рис. 1, который можно настроить под задачи пользователя.

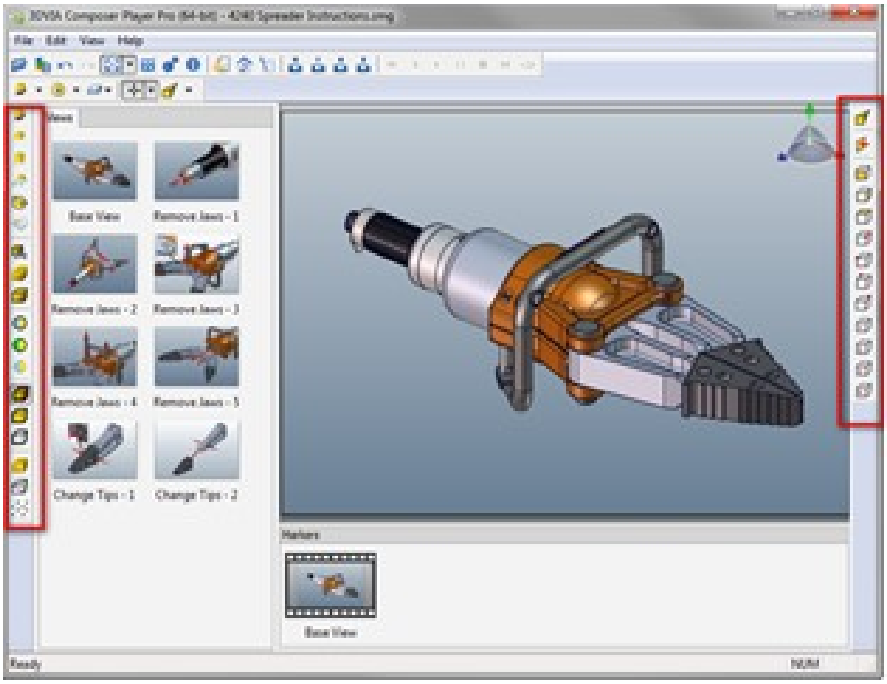


Рис. 1. Интерфейс SolidWorks Composer

Стоит отметить, что отзывчивость интерфейса не отменяет того, что для обучения работе с SolidWorksComposer потребуется достаточное количество времени и определенный опыт работы с подобными программами, что не очень подходит для начинающего пользователя.

2. Модуль анимации Компас-3D

Модуль анимации КОМПАС-3D – это встроенный инструмент российской CAD-системы, предназначенный для создания анимаций на основе 3D-моделей. Он позволяет визуализировать процессы сборки и разборки изделий,

демонстрировать работу механизмов и готовить презентационные материалы. Основные функции включают создание анимаций сборки с заданием траекторий движения деталей, моделирование кинематики (например, вращение шестерен или перемещение рычагов), а также использование ключевых кадров для точной настройки последовательностей. Пользователи могут генерировать разнесенные («взрывные») виды, сохранять ракурсы камеры для демонстрации узлов и добавлять текстовые аннотации или размеры прямо в кадр. Анимации экспортируются в видео форматы (AVI) или серии изображений, что удобно для инструкций, презентаций или проверки конструкции на коллизии [2].

Преимущество модуля – глубокая интеграция со средой КОМПАС-3D: анимация создается в знакомом интерфейсе без переключения между программами, а параметры модели (размеры, сопряжения) автоматически учитываются при расчете перемещений. Это упрощает работу для инженеров, которые уже используют КОМПАС для проектирования. Инструмент подходит для учебных роликов, технических руководств или демонстрации заказчикам, но имеет ограничения: например, в нем нет поддержки интерактивных форматов (HTML5, AR/VR), а рендеринг ориентирован на функциональность, а не фотореализм [3].

В отличие от SolidWorks Composer, где анимация и документация – отдельный продукт с расширенными возможностями (генерация PDF, интеграция с VR), в КОМПАС-3D эти функции встроены в CAD-среду, что экономит время на освоение дополнительного софта. Однако для сложных интерактивных материалов могут потребоваться сторонние решения.

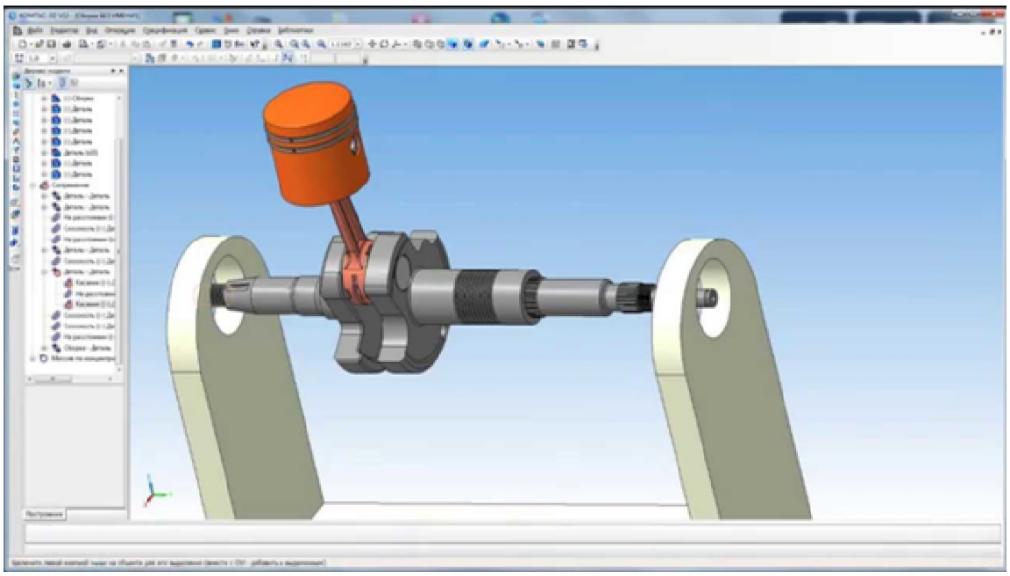


Рис 2. Интерфейс модуля анимации Компас-3D

Так же система позволяет сохранить готовый результат анимации во многих распространенных форматах:

- Файл Microsoft AVI (*.avi)
- Видеофайл MP4 (*.mp4)

- Файл Flash Video (*.flv)
- Ряд JPEG (*.jpg)
- Ряд Windows Bitmaps (*.bmp)
- Ряд Portable Network Graphics (*.png)
- Ряд Tagged Image File Format (*.tiff)

Стоит отметить, что интерфейс программы, который представлен на рис. 2, является достаточно сложным в освоении неопытному пользователю, который к тому же не очень просто настроить под свои задачи.

3. Модуль анимации T-FLEXCAD

Модуль анимации T-FLEXCAD – это инструмент, глубоко интегрированный в среду параметрического проектирования, который позволяет создавать инженерные анимации для визуализации сборки, разборки и работы механизмов. Его ключевая особенность – параметрическая связь: движение деталей (например, вращение шестерен или перемещение поршня) задается через размеры и переменные модели, благодаря чему анимация автоматически обновляется при изменении конструкции. Модуль поддерживает кинематическое моделирование, включая расчет сложных взаимодействий (редукторы, рычажные системы) с проверкой коллизий (столкновений) в движении, что помогает выявлять ошибки проектирования. Пользователи могут создавать пошаговые сценарии сборки с траекториями перемещения компонентов, генерировать «взрыв-схемы» для наглядности, добавлять аннотации (текст, стрелки) и экспортировать результаты в видео форматы (AVI) или изображения для инструкций и презентаций. В сравнении с аналогами, T-FLEX CAD выделяется параметрической гибкостью и тесной интеграцией с CAD-средой, что делает его идеальным для инженеров, которым важно динамическое обновление анимации при доработке модели [4].

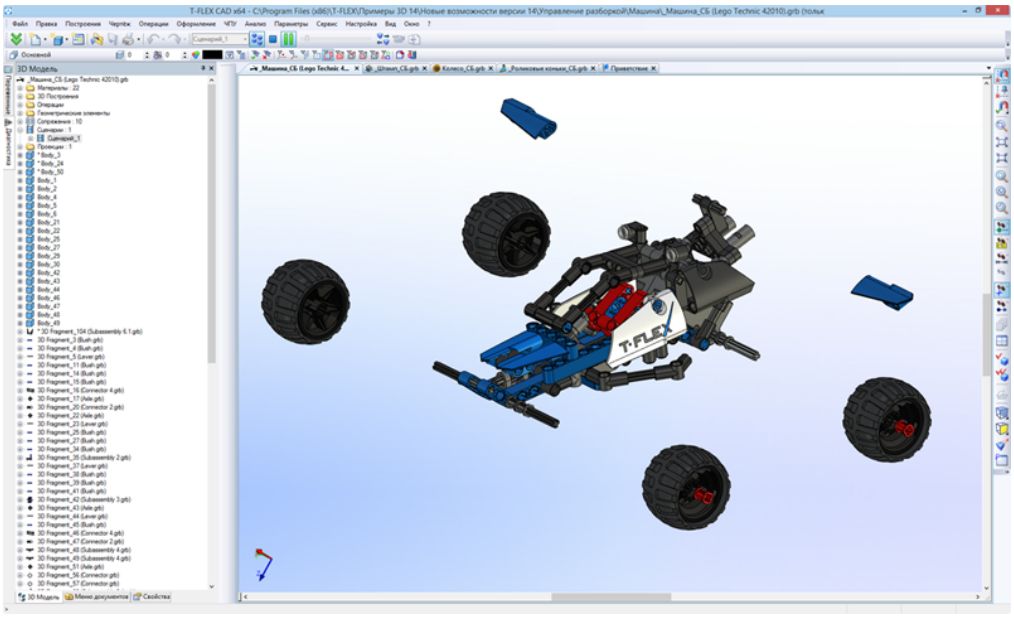


Рис 3. Интерфейс модуля анимации T-FLEX

Данный модуль позволяет сохранить анимацию в следующих форматах:

- Файл Microsoft AVI (*.avi)
- Видеофайл MP4 (*.mp4)
- Файл Flash Video (*.flv)
- PDF
- VRL
- X3D
- POV
- U3D

Интерфейс достаточно функционален, но в тоже время более отзывчив для начинающего пользователя, что позволяет быстро разобраться в нем.

Сравнив модули анимации трех CAD-систем, а именно SolidWorksComposer, Компас-3D, T-FLEX можно сделать вывод, что начинающему специалисту в области проектирования механических узлов автотранспорта (подвески, коробки передач, рулевого управления), стоит обратить внимание на T-FLEX CAD из-за его глубокой интеграции с параметрическим моделированием. Это означает, что любые изменения в конструкции – например, корректировка длины рычага подвески или диаметра шестерни – автоматически отражаются в анимации, помогая сразу видеть, как правки влияют на работу узла. Такой подход не только ускоряет процесс проектирования, но и формирует инженерное мышление, обучая анализировать причинно-следственные связи в механике.

Модуль позволяет визуализировать кинематику сложных систем (например, взаимодействие деталей в дифференциале) и проверять их на коллизии – столкновения деталей в движении. Это критически важно для автотранспорта, где ошибки в расчетах могут привести к поломкам или авариям. При этом не нужно осваивать отдельный софт: анимация создается прямо в среде T-FLEX CAD, что экономит время и снижает нагрузку на новичка.

T-FLEX CAD – идеальный «тренажер». Он учит не просто рисовать детали, а проектировать функциональные механизмы, сразу проверяя их работоспособность, что для конструктора автотранспорта важнее «красивой картинки».

Библиографический список

1. База знаний SolidWorks / https://help.solidworks.com/2015/russian/WhatsNew/c_user_interface_sw_composer_player.htm
2. Механика: Анимация Инструкция по работе / https://kompas.ru/source/info_materials/user-manuals/rukovodstvo-polzovatelya-mekhanika-animaciya.pdf
3. Оживляя механизмы. Работа с анимацией в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D / https://sapr.ru/article/24477
4. *Плотников, А.* Анимация в T-FLEX CAD — это просто! HTTPS://WWW.TFLEX.RU/ABOUT/PUBLICATIONS/DETAIL/INDEX.PHP?ID=3769

ПЯТЬ ЛЕТ С ЗАПУСКА ПЕРВОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ТЕЛЕСКОПА ART-XC ИМ. М.Н. ПАВЛИНСКОГО. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЕНТГЕНОВСКОЙ АСТРОНОМИИ

А.С. Быкова
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Саровский физико-технический институт

В статье рассмотрена история создания первого отечественного телескопа ARTXC им. М.Н. Павлинского, его уникальные наблюдения за пять полных обзоров неба. Приводятся перспективы развития рентгеновской астрономии.

Ключевые слова: телескоп, пульсары, навигационная система, космический аппарат, модуль, оптическая система, рентгеновские детекторы.

Астрономия, как наука о небесных телах и явлениях, имеет глубокие корни, уходящие в древность. Первые астрономические наблюдения можно отнести к цивилизациям Месопотамии, Египта и Древней Греции, где астрономы использовали простые инструменты для наблюдения за звездами и планетами. Древние астрономы фиксировали движения небесных тел, что позволяло им составлять календари и предсказывать сезоны. С развитием науки в эпоху Возрождения, такие фигуры, как Коперник, Галилей и Кеплер, произвели революцию в астрономии, предложив гелиоцентрическую модель солнечной системы и усовершенствовав методы наблюдения. В XIX веке астрономия стала более систематической наукой с появлением спектроскопии и фотографических методов. XX век стал эпохой космических исследований с запуском первых спутников и космических телескопов, что открыло новые горизонты для изучения Вселенной.

Астрономические исследования представляют собой систематическое изучение небесных тел и явлений, происходящих вне атмосферы Земли. Эти исследования охватывают широкий спектр тем, включая изучение звезд, планет, галактик, черных дыр и космического фона. Основные направления астрономических исследований включаютследующие, перечисленные далее направления.

1. Оптическая астрономия – исследование объектов с помощью видимого света.
2. Радиоастрономия – изучение космических объектов с использованием радиоволн
3. Инфракрасная астрономия – исследование объектов в инфракрасном диапазоне.
4. Ультрафиолетовая астрономия – изучение источников ультрафиолетового излучения.

5. Рентгеновская астрономия – исследование высокоэнергетических процессов с помощью рентгеновского излучения.
6. Гамма-астрономия – изучение гамма-излучения, возникающего в результате высокоэнергетических процессов.

Каждое из этих направлений предоставляет уникальные данные о структуре и эволюции Вселенной, позволяя астрономам формировать более полное представление о космосе.

Перечисленные методы астрономических исследований относятся к традиционным и подходят для основных направлений астрономии. В свою очередь, рентгеновская и гамма-астрономия нуждаются в средствах наблюдения, выведенных за пределы земной атмосферы. Что же такое рентгеновская астрономия?

Рентгеновская астрономия – это область астрономии, занимающаяся изучением высокоэнергетического рентгеновского излучения, исходящего от различных небесных объектов. Это направление возникло в 1960-х годах, когда первые рентгеновские телескопы были запущены в космос, поскольку атмосфера Земли поглощает рентгеновские лучи, что делает наземные наблюдения невозможными. Рентгеновская астрономия позволяет исследовать черные дыры и нейтронные звезды, которые излучают рентгеновские лучи при аккреции материи, сверхновые звезды и пульсары, которые также являются источниками рентгеновского излучения, галактические скопления, где высокие температуры газа приводят к рентгеновскому излучению.

Для изучения космоса и составления карты звездного неба в рентгеновском диапазоне спектра был создан первый рентгеновский телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского, который 13 июля 2019 г. был запущен в составе рентгеновской астрофизической обсерватории «Спектр-РГ» к своему «рабочему месту» – точке Лагранжа L2 в 1,5 млн километров от Земли [3]. Рентгеновский телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского – это плод совместной работы Института Космических Исследований (ИКИ РАН) и Российского Федерального Ядерного Центра ВНИИЭФ. В обсерватории, наряду с российским телескопом ART-XC им. М.Н. Павлинского, находится немецкий телескоп eROSITA, который был переведен в спящий режим в феврале 2022 г. Основная цель «Спектр-РГ» – изучение черных дыр, нейтронных звезд и других высокоэнергетических объектов.

Сегодня рентгеновский телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского сделал пять полных обзоров неба и, проанализировав результаты и опыт первых пяти лет работы, мы можем оценить не только уже достигнутые успехи, но и обозначить перспективы развития этой важной области астрономических исследований.

Одно из важнейших достижений, которое можно отметить – это уникальные наблюдения. С момента своего запуска ART-CX им. М.Н. Павлинского, который провел множество наблюдений, позволил астрономам получить новые данные о рентгеновских источниках, таких как черные дыры, нейтрон-

ные звезды и активные галактические ядра. Телескоп способен регистрировать рентгеновское излучение в диапазоне 4-30 кэВ, что позволяет исследовать высокоэнергетические процессы во Вселенной.

К одним из таких открытий относится обнаружение нового аккрецирующего миллисекундного пульсара SRGAJ44459.2-604207. Телескоп наблюдал пульсар два раза во время фазы спада после рентгеновской вспышки. Полное время наблюдений составило примерно 36 часов. По характеристикам его спектра и кривой блеска можно заключить, что SRGAJ44459.2-604207 – это двойная система с нейтронной звездой, которая вращается вокруг своей оси, имеет радиус 11-12 км, постоянно нагревающуюся атмосферу в которой, с высокой регулярностью, происходят термоядерные взрывы. Сама система находится на расстоянии около 8-9 парсек от наблюдателя (примерно 26-29 световых лет).

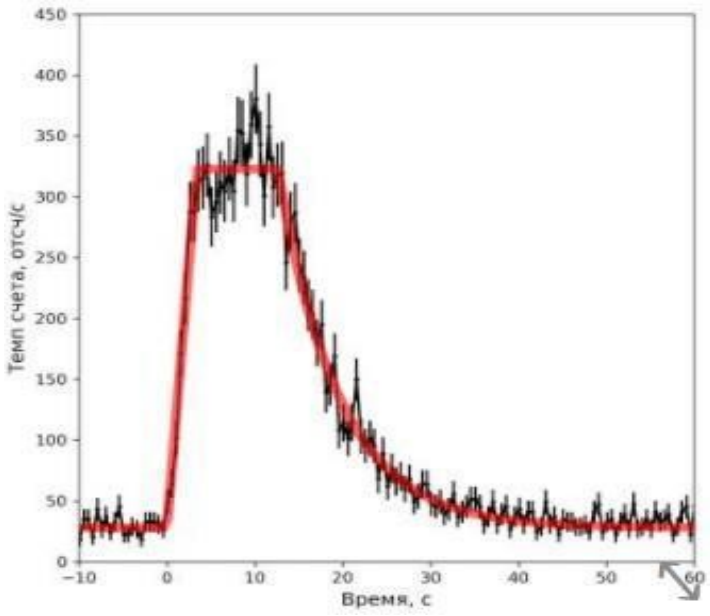


Рис.1. Один из первых рентгеновских всплесков, зарегистрированных телескопом ART-XC им. М. Н. Павлинского от рентгеновского пульсара SRGA J1444. Изображение: ИКИ РАН [3]

9 октября 2022 г. ART-XC им. М. Н. Павлинского зарегистрировал мощный гамма-всплеск GRB20221009A, один из мощнейших за всю историю наблюдений. Хотя телескоп изначально не был предназначен для наблюдения таких событий, именно благодаря ему удалось измерить истинную кривую блеска. Дело в том, что исключительно интенсивное излучение от GRB20221009A пришло на детекторы ART-XC не через поле зрения, а сбоку, и таким образом было ослаблено. Многие другие детекторы гамма-излучения оказались «ослепленными». Это события сотрудники ИКИ РАН исследовали вместе с коллегами из Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе, которые ведут российский эксперимент «Конус» на аппарате Wind (NASA).

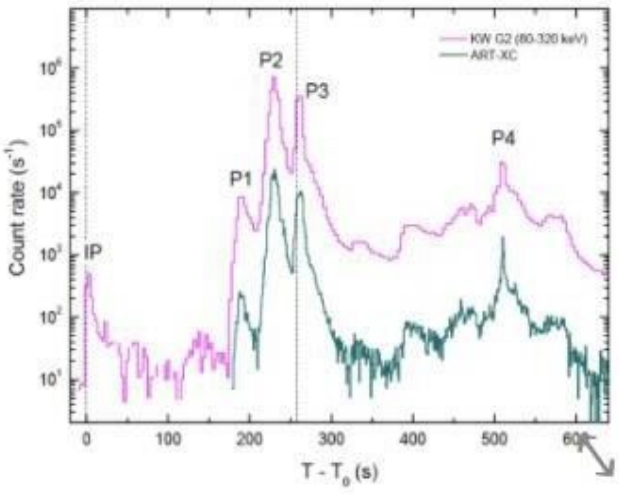


Рис.2. Собственное излучение GRB221009A по данным прибора Конус/Wind (и телескопа ART-XC им. М. Н. Павлинского/СРГ. Рисунок из статьи D. Frederiks et al. 2023[3]

На основе опыта, полученного при проектировании телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского, ведется эскизная проработка автономной системы навигации по рентгеновским пульсарам. Система состоит из двух блоков – блок управления и оптический модуль. Связь между блоками осуществляется через кабельную сеть [1].

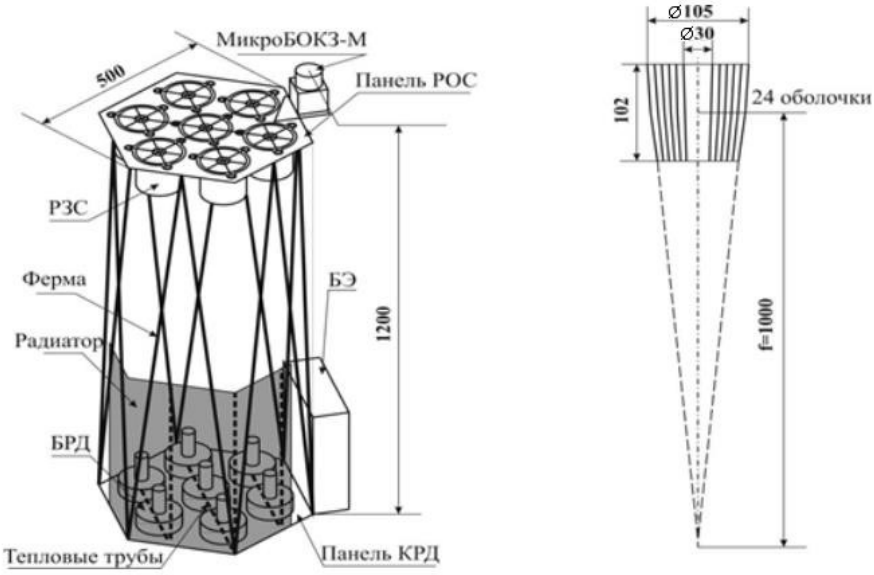


Рис.3. Концептуальная схема оптического модуля [1]

Оптический модуль состоит из области, на которой закреплены рентгеновские зеркальные системы и рентгеновские детекторы, расположенные в фокальной плоскости зеркальных систем. Рентгеновская зеркальная система

включает в себя 24 коаксиально вложенные зеркальные оболочки, имеющие фокусное расстояние 1000 мм. Для того чтобы заполнить внутреннее пространство модуля при малых наружных габаритных размерах, предполагается применение семи пар «рентгеновская зеркальная система – рентгеновский детектор». Оптический модуль включает в себя вспомогательные системы, которые обеспечивают его тепловой режим и первичное определение координат, которые в свою очередь, расположены на корпусе. Система имеет меньшую габаритную массу, по сравнению с ART-XC им. М.Н. Павлинского. Сопряжение научной аппаратуры с системами космического аппарата осуществляется с помощью блока управления оптического модуля, который является электронно-вычислительной машиной [1].

Опыт создания телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского послужит основой для создания более совершенных и чувствительных рентгеновских телескопов, способных регистрировать излучение в более широком диапазоне энергий. Стоит отметить, что для наблюдения за динамическими процессами, рентгеновское излучение позволяет наблюдать динамические процессы во вселенной в режиме реального времени, что важно для осуществления межпланетных перелетов, понимания эволюции звезд, галактик и Вселенной в целом. Благодаря рентгеновскому диапазону, мы можем получить новые данные о планетных системах за пределами Солнечной системы и процессах, происходящих в них.

Рентгеновская астрономия, изучающая вселенную в диапазоне рентгеновского излучения, является одной из самых динамично развивающихся областей современной астрофизики. Анализ спектров рентгеновского излучения позволяет получить информацию о температуре, химическом составе, плотности и скорости движения материи. Будущие инструменты, оснащенные высокоразрешающими спектрографами, позволят точнее определять элементы, присутствующие в экстремальных условиях вблизи черных дыр, нейтронных звезд и внутри скоплений галактик. Это даст более глубокое понимание физических процессов, протекающих в этих экстремальных средах.

Интеграция рентгеновских наблюдений с данными из других астрономических диапазонов (оптического, инфракрасного) является критически важным аспектом. Изучение рентгеновского излучения от скопления галактик позволяет проследить эволюцию этих структур и роль горячего газа в формировании и развитии галактик. Совместный анализ данных позволяет получить более полную картину исследуемых объектов, объединяя информацию о различных физических процессах, например, эволюцией галактик и эволюцией окружающей среды.

ART-XC занимает уникальное место среди других рентгеновских телескопов благодаря своему широкому полю зрения и высокой чувствительности в жестком рентгеновском диапазоне. В отличие от телескопов с узким полем зрения, которые требуют много времени для исследования больших участков неба, ART-XC позволяет проводить всеобъемлющие обзоры. Сравнение с другими

известными рентгеновскими обсерваториями (такими как Chandra, XMM-Newton) показывает, что ART-XC превосходит их по площади обзора, но несколько уступает в угловом разрешении в своем диапазоне энергий. Это компромисс, оправданный целями миссии «Спектр-РГ» – созданием всеобъемлющей карты всего неба. Каждый телескоп имеет свои преимущества и недостатки, и они дополняют друг друга, предоставляя более полную картину рентгеновской Вселенной.

За пять лет работы рентгеновский телескоп ART-XC им. М.Н. Павлинского продемонстрировал значительный потенциал отечественных исследований в области рентгеновской астрономии. Этот проект открывает новые возможности для углубленного понимания устройства Вселенной и служит примером того, как российская наука может активно участвовать в глобальных исследованиях.

Рентгеновская астрономия находится на пороге новых открытий. Развитие технологий совместные наблюдения в разных диапазонах и более глубокое понимание физических процессов обещают не только расширить наши знания о Вселенной, но и изменить наше понимание космологии, астрофизики и фундаментальных законов природы. Дальнейшее развитие в этом направлении имеют огромный потенциал для достижения значимых результатов и расширения наших знаний о космосе, таких как развитие новых технологий и привлечение дополнительных ресурсов.

Библиографический список

1. ***Пикалов, Е.А.*** Навигация космических аппаратов по сигналам рентгеновских пульсаров/ Е.А. Пикалов, В.А. Ивлев. II Международная межведомственная научно-техническая конференция «Космические технологии – 2024». С. 57-61.

2. ***Сажин, М.В.*** Навигация по рентгеновским пульсарам в космическом пространстве / М.В. Сажин, В.Е. Жаров, В.К. Милюков, М.С. Пширков, В.Н. Семенцов, О.С. Сажина // ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, – 2018. – №2. – С.18 – 30.

3. Официальный сайт Института Космических исследований Российской Академии Наук: «Спектр-РГ» – пять лет в космосе! | Space Research Institute - IKI (дата обращения: 05.03.2025)

4. Официальный сайт Государственной корпорации «Роскосмос»: Российская космическая обсерватория «Спектр-РГ» - Госкорпорация «Роскосмос» (дата обращения: 07.03.2025).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ГРАВИРОВАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ

И.В. Власов
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлено исследование и разработка системы управления для лазерно-гравировального станка с числовым программным управлением. Основное внимание уделено конструкции станка, схеме электрической структурной лазерного станка и входящего в его состав блока управления. Рассмотрены технические аспекты реализации системы на базе микроконтроллера Atmega328 и применения GRBL прошивки с открытым исходным кодом.

Ключевые слова: лазерный гравировальный станок, система управления, ЧПУ, GRBL прошивка, G-код

На сегодняшний день технологии числового программного управления (ЧПУ) играют ключевую роль в современных производственных процессах. Токарные, фрезерные или гравировальные станки с ЧПУ позволяют повысить качество и скорость изготовления деталей, а также снизить их конечную стоимость [1]. В особенности важно отметить, что современный уровень техники позволил расширить область применения обрабатывающих станков с ЧПУ, сделав их доступнее для простого обывателя, что значительно расширило возможности малого бизнеса и частных предпринимателей.

При анализе существующих лазерных станков с ЧПУ было рассмотрено множество моделей, различающихся по техническим характеристикам и ценовой категории. Так в бюджетном сегменте выделяется модель Neje Master 2S с рабочей зоной 170×170 мм и мощностью лазера 5,5 Вт (рис. 1, *а*). Средний сегмент представлен станком Ortur Laser 2 PRO с рабочей зоной 400×400 мм и мощностью 5,5 Вт (рис. 1, *б*). Профессиональный сегмент включает мощные CO2-лазеры и представлен моделью Hauser 4060 мощность 60 Вт, рабочая зона 600×400 мм (рис. 1, *в*).



а *б* *в*

Рис. 1. Конструкции существующих лазерных станков с ЧПУ

Анализ аналогов показывает, что рынок предлагает широкий выбор гравировальных лазерных станков. Основные различия между моделями заключаются в типе лазера, размере рабочей зоны, мощности и функциональности. Однако бюджетный сегмент мало представлен станками с рабочей зоной от 300×300 мм до 400×400 мм, что обусловлено переходным вариантом конструкции от Т-образной, не позволяющей обеспечить большую рабочую зону станка, к портальной. Учитывая, что вариант Т-образной конструкции является наиболее дешевым и простым, была поставлена цель – разработать вариант гравировального лазерного станка на базе Т-образной конструкции с размерами рабочей зоны не менее 350×350 мм. Разработанный станок должен обеспечивать нанесение графических изображений, надписей на деревянные и пластиковые детали, а также резку фанеры толщиной не менее 4 мм. Особое внимание необходимо уделить компактности устройства, чтобы его можно было размещать не только в специализированных производственных помещениях, но и в небольших мастерских или гараже.

На основании предъявляемых требований была разработанная конструкция исполнительного устройства лазерного гравировального станка (рис. 2). Станок является двухосевым с неподвижным рабочим столом. Размер рабочего поля составляет 390×360 мм, что немного больше заданного. Это обусловлено областью его применения, так как к основным задачам устройства следует отнести маркировку продукции, деталей и узлов различного материала, создание логотипов и надписей, выполнение декоративной гравировки, а также резка деталей из фанеры, пластика, текстиля и кожи. Такого размера рабочего поля достаточно для выполнения большинства операций [2].

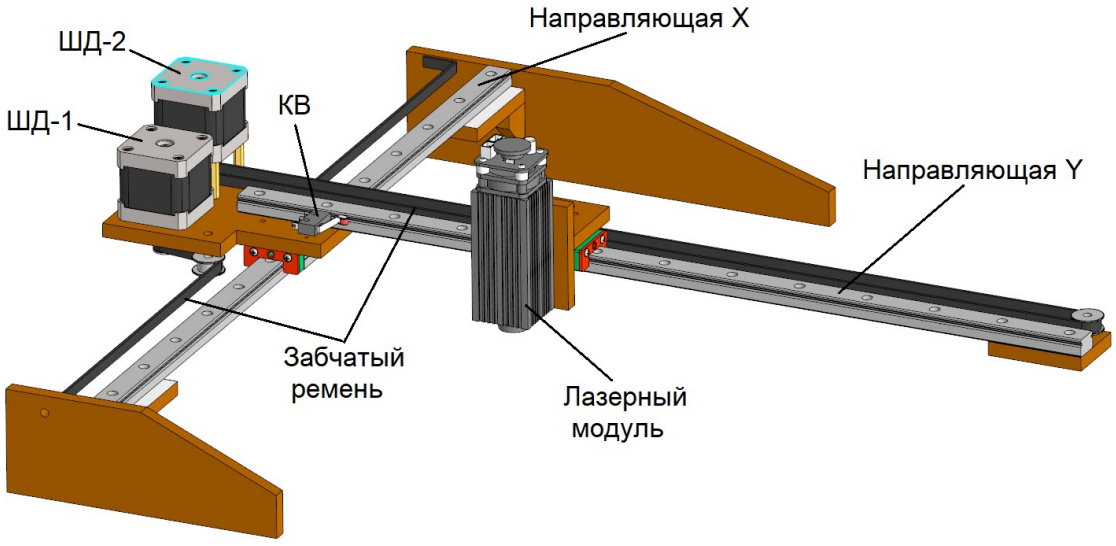


Рис. 2. Конструкция гравировального лазерного станка

Конструкция лазерного станка состоит из двух опорных стоек, соединенных между собой несущей направляющей X. К каретке данной направляющей через переходную пластину жестко закреплены два шаговых двигателя (ШД) и

направляющая Y, с установленным на ней лазерным модулем (ЛМ). Таким образом, ЛМ может свободно двигается в двух направлениях.

Движение ЛМ по оси X осуществляется при работе шагового двигателя ШД-1. Зубчатый шкив, установленный на валу двигателя, находится в зацеплении с зубчатым ремнем, натянутым вдоль направляющей X. Движение ЛМ по оси Y возникает при вращении вала двигателя ШД-2. При этом ЛМ расположен на каретке, направляющей Y и соединяется с зубчатым ремнем. Для правильной работы станка конструкция предусматривает использование концевых выключателей (КВ) на каждой оси. С их помощью ЛМ устанавливается в начальную (нулевую) точку отсчета.

В качестве направляющих были выбраны линейные направляющие MGN15H. Они отличаются высокой точностью позиционирования, имеют грузоподъемность каретки порядка 6 кН с допустимым отклонением параллельности не более 20 мкм. В качестве ШД выбран двигатель NEMA 17. Он обладает высокой точностью (полный шаг – 1,8°), компактными габаритами, хорошим крутящим моментом, что обеспечивает плавную и стабильную работу при гравировке различных материалов.

Схема электрическая структурная гравировального лазерного станка представлена на рис. 3. Она включает в себя следующие основные функциональные узлы: блок управления, блок питания, два шаговых двигателя ШД-1, ШД-2; два концевых выключателя КВ1, КВ2; лазерный модуль.

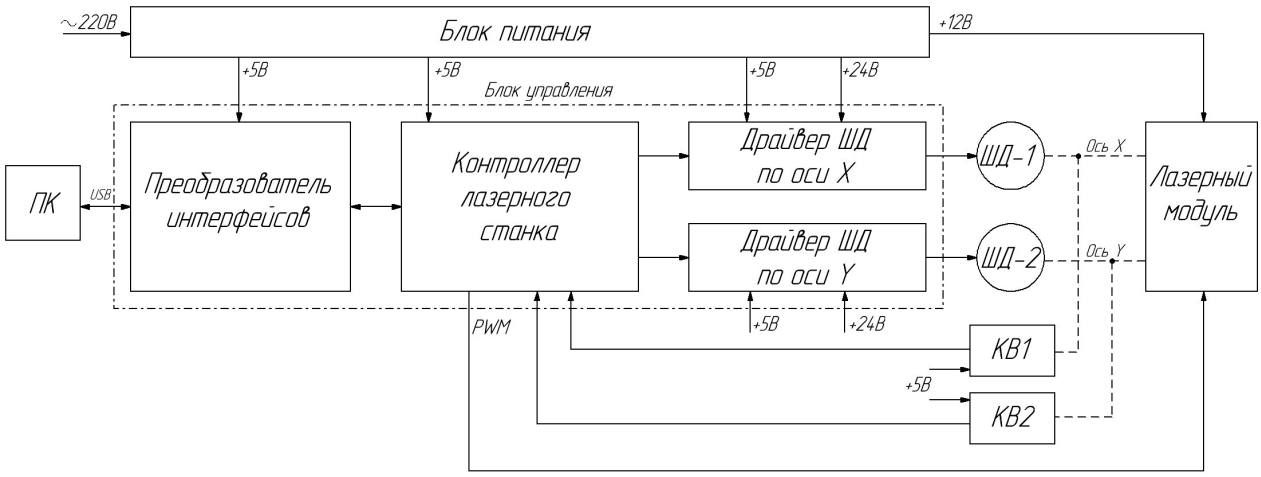


Рис. 3. Схема электрическая структурная гравировального лазерного станка

Блок питания формирует напряжения постоянного тока: 5 В – для питания цифровой части, 24 В – для питания силовых каскадов драйверов ШД и 12 В – для питания лазерного модуля.

В общем случае блок управления осуществляет координацию движения лазерного модуля по двум осям X и Y, обрабатывает команды от КВ и осуществляет регулировку мощности лазерного луча с помощью сигнала PWM. Блок поддерживает подключение ПК через USB.

Лазерный модуль с выходной мощностью 5,5 Вт способен прорезать фанеру толщиной 3-4 мм за один проход на скорости 100 мм/мин, гравировать окрашенную или анодированную поверхность металла, подходит для создания надписей рисунков и контурной резки на дереве, пластике и коже.

Концевые выключатели устанавливаются в начале координатных осей X и Y и позволяют определять исходное положение каретки на каждой из осей.

Блок управления структурно состоит из преобразователя интерфейсов, контроллера лазерного станка и двух драйверов ШД.

Преобразователь интерфейсов USB-UART предназначен для преобразования сигналов между USB-портом компьютера и UART-портом микроконтроллера лазерного станка, обеспечивая совместимость и передачу данных.

Драйверы шаговых двигателей (ШД) по осям X и Y являются важными компонентами контроллера лазерного станка, обеспечивая точное перемещение лазерной головки в двух плоскостях. Они преобразуют цифровые команды от контроллера в аналоговые сигналы, необходимые для управления шаговыми двигателями, которые перемещают головку по осям X и Y.

Блок управления включает в себя микроконтроллер. Наиболее оптимальным вариантом является использование микроконтроллера Atmega328. В таком случае можно будет воспользоваться прошивкой GRBL. GRBL – это специализированное программное обеспечение (ПО) с открытым исходным кодом предназначенное для управления движением станков с ЧПУ.

Исходные команды на перемещение исполнительного механизма формируются ПК и представлены в виде G-кода. Команды G-кода указывают блоку управления куда, как быстро и по какому пути перемещать лазерный модуль, а также передают информацию о требуемой интенсивности лазерного луча. Команды G-кода формируются на ПК с помощью специального ПО LaserGRBL, которое создано специально для управления лазерными граверами с прошивкой GRBL и так же является открытым.

Продолжением настоящей работы будет являться разработка схемы электрической принципиальной блока управления гравировального лазерного станка на современной отечественной элементной базе, а также разработка конструкции блока управления. После чего планируется изготовить макетный образец гравировального лазерного станка и провести его испытания на точность, энергоэффективность и надежность работы.

Библиографический список

1. ***Ловыгин, А. А.*** Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система / А.А. Ловыгин, Л.В. Теверовский. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.

2. Общие сведения о системах управления и станках с ЧПУ [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.autowelding.ru/publ/1/metallorezhushhie_stanki/ obshhie_svedenija_ o_sistemakh_ upravlenija_i_stanka kh_s_chpu/14-1-0-284.

РАЗРАБОТКА БЛОКА ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО МАГНИТНОГО ДАТЧИКА

С.Н. Гришин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Рассмотрена разработка блока трехкомпонентного магнитного датчика, используемого для измерения проекции вектора магнитного поля Земли, что необходимо для определения магнитного курса летательного аппарата. Описано как проектирование электрических схем, так и конструкции блока.

Ключевые слова: навигация, феррозонд, блок, преобразователь сигналов, синхронный детектор, герметичность, полосовой фильтр, магнитометр

Вся навигационная система, используемая в самолетах, должна обладать высокой надежностью, но, несмотря на это может случиться так, что в навигационной системе может произойти сбой. В авиационной технике военного назначения используются резервные системы навигации, позволяющие повысить точность формирования курса летательного аппарата. Поэтому такие системы должны обладать высокой надежностью, быть устойчивыми к различным родам помех, а также иметь малые габаритные размеры и массу.

Рассмотрев несколько магнитных датчиков, реализованных на различных принципах действия, имеющих разные значения чувствительности и разрешающие способности, было принято решение использовать феррозонд в качестве магниточувствительного элемента. Это позволит проводить так называемые компонентные измерения (т.е. измерения трех составляющих по осям) индукции магнитного поля [1].

Схема электрическая принципиальная с феррозондами, представлена на рис. 1.

Согласно рис. 1 состав блока трехкомпонентного магнитного датчика входит феррозондовый датчик, модуль обрабатывающей электроники, который в свою очередь конструктивно состоит из двух печатных плат: модуля преобразования сигналов и модуля подборочных резисторов.

В модуль преобразования сигналов, электрическая принципиальная схема которого представлена на рис. 2, входит задающий генератор, работающий на частоте 10 кГц, реализован на микросхеме D4 по схеме мультивибратора.

С целью устойчивого запуска и работы генератора введены в схему элементы VD1, C29, R34. Для возбуждения феррозондов на элементах D5, D6 и D7 формируется сигнал частотой 2,5 кГц, форма сигнала «меандр», с паузой на нуле. Кроме этого, схема предназначена для выдачи опорного сигнала 5 кГц, для работы синхронного детектора с формой сигнала «меандр» и амплитудой +5 В.

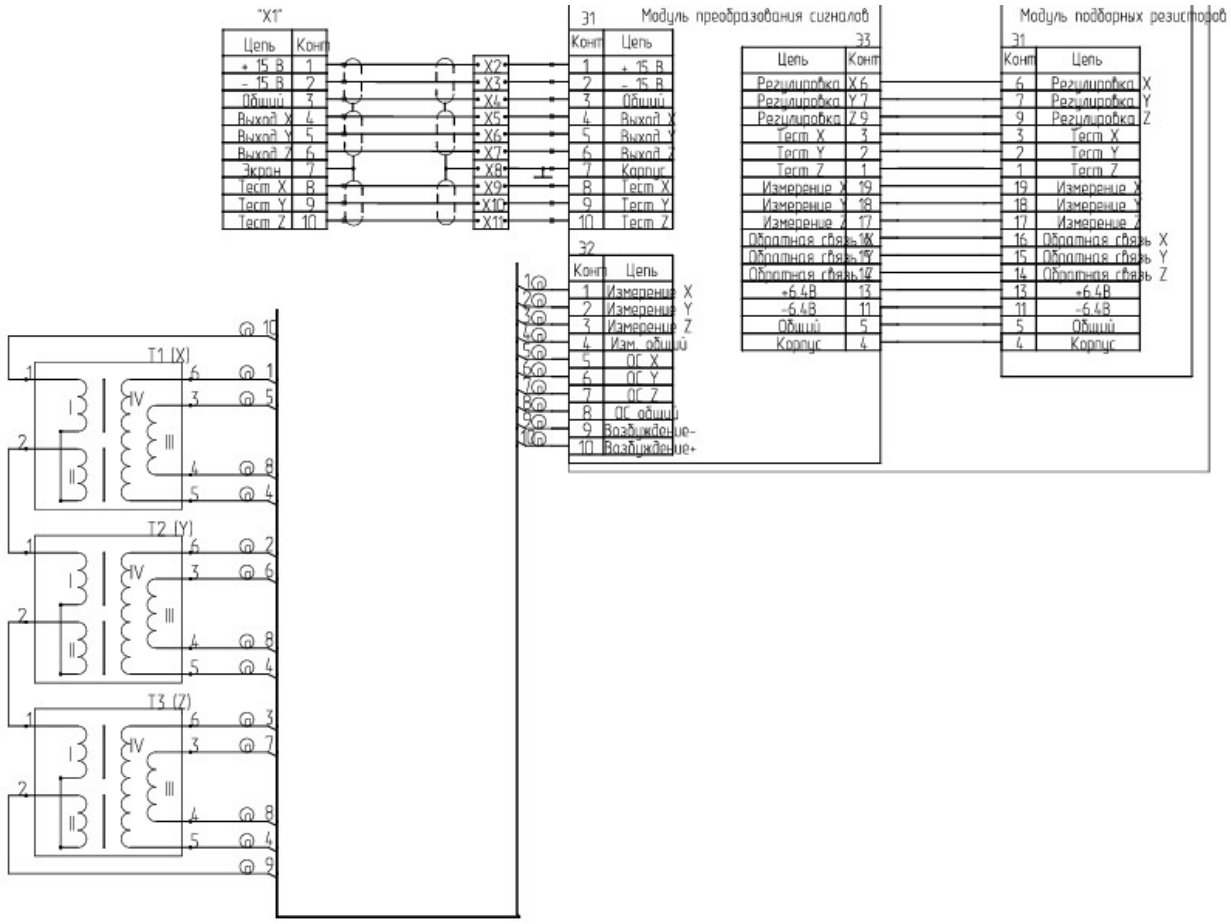


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Указанный сигнал усиливается по току усилением мощности, реализованным на микросхеме D8, резисторах R42, R43, операционном усилителе DA10, транзисторах VT1 и VT2. Для устойчивой работы усилителя установлен конденсатор C57. Для стабилизации амплитуды сигнала генератора на стабилитронах VD4, VD5, резисторах R37, R38 реализован источник опорного напряжения $U_{опор}$ = ± 6,8 В, для фильтрации установлены конденсаторы C35 – C38. Сигнал типа «меандр» с паузой в нуле через раздельные конденсаторы C58, C59 и резистор R46 подается на последовательно включенные обмотки трех феррозондов. Номиналы резистора R46 и конденсаторов C58, C59 рассчитаны из условий оптимального тока работы феррозондов, примерно 16 мА. По цепям питание схемы ±15 В, для фильтрации установлены конденсаторы электролитические C31, C32 и керамические C34, C33, C39 – C56.

Сигнал с обмотки феррозонда подается на конденсаторы C1 – C3, которые совместно с обмоткой феррозонда образуют параллельный колебательный контур, настроенный на частоту полезного сигнала 5 кГц. Эта частота является частотой 2-й гармоники возбуждения феррозондов, амплитуда ее изменяется от величины измеряемой индукции магнитного поля Земли (Hx, Hy, Hz), а фаза – от направления вектора магнитного поля Земли относительно феррозондов.

Далее сигнал попадает на полосовой фильтр, реализованный на микросхеме DA1 и элементах C7, C10, R4, R7 и R10 (рассматривается один канал, в схеме их три, по количеству феррозондов). Фильтр также настроен на рабочую частоту 5 кГц, он предназначен для усиления полезного сигнала, и для фильтрации от паразитных гармоник частотой 2,5 кГц (частота возбуждения феррозондов), 7,5 кГц (3-я гармоническая частота возбуждения феррозонда). Коэффициент усиления фильтра определяется номиналами резисторов R10, R7.

Синхронный детектор построен на схеме «выборка – хранения», реализован на микросхеме D1 (ключ), операционном усилителе DA4, конденсаторах C19, C22, резисторах R19, R20, R13, R14 и предназначен для преобразования переменного сигнала в постоянный. Амплитуда на входе детектора пропорционального амплитуде входного переменного сигнал (5 кГц), а знак зависит от фазы сигнала. Для работы детектора на ключ подается опорный сигнал. Напряжение с выхода синхронного детектора подается в цепь обратной связи феррозонда и на выходной разъем магнитометра через повторитель, который построен на операционном усилителе DA7.

Элементная база, используемая в датчике, должна быть в бескорпусном исполнении или с корпусами из неметаллических материалов, это необходимо для повышения точности измерений трехкомпонентного магнитного датчика, т.к. такие компоненты не будут создавать возмущающего магнитного поля. Бескорпусная элементная база, плотная компоновка и двусторонний монтаж элементов на ПП позволит снизить массу и габаритные размеры изделия.

Следующим этапом проектирования блока стала разработка корпуса и компоновка составных элементов. Поскольку данный блок используется на борту летательных аппаратов, то работоспособность блока должна обеспечиваться в суровых климатических условиях:

– диапазон рабочих температур от – 60°C до + 60°C;

– работоспособность после вибрационных воздействий в диапазоне от 5 до 500 Гц, а также перегрузки до 10g;

– стойкость к воздействию относительной влажности до 75% при температуре + 35°C;

– сохранение работоспособности при пониженном атмосферном давлении до 20 мм. рт. ст.;

– герметичность, т.к. элементная база бескорпусная;

– наработка на отказ должна быть не менее 20000 часов.

Была разработана 3D-модель блока, представленная на рис. 3. Разработка конструкции является основным при проектировании РЭС, в настоящее время существует два подхода к разработке конструкции:

– метод оригинальных несущих конструкций;

– метод базовых несущих конструкций.

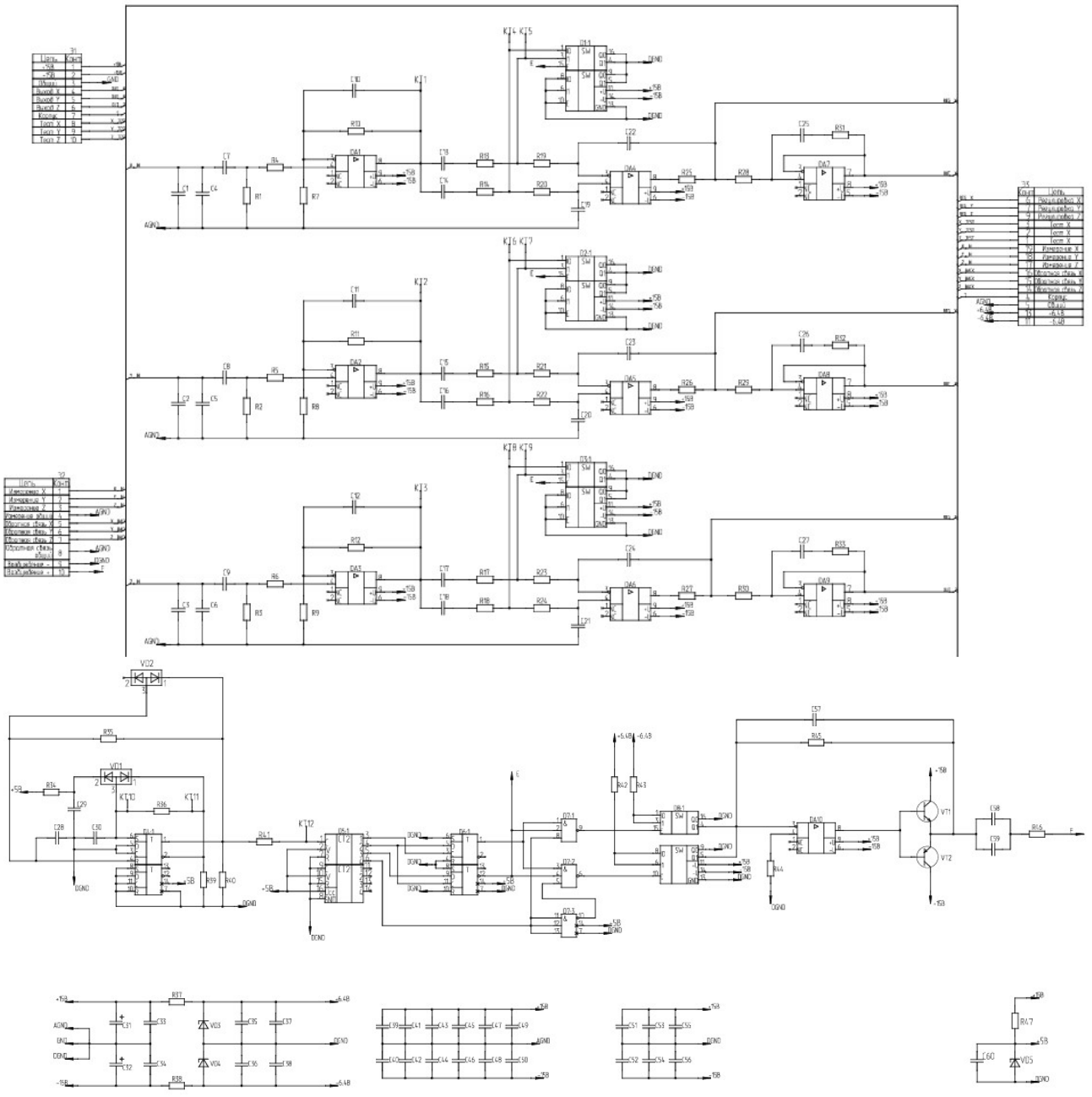


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная модуля преобразования сигналов

В работе был использован первый подход, суть которого заключается в создании РЭС с оригинальными несущими конструкциями (метод моноконструкции). При сравнительно высоких затратах на проектирование, этот метод позволяет учесть все особенности при проектировании РЭС. Учитывая область применения, блок должен обладать достаточной жесткостью, исходя из этого и был выбран материал корпуса и основных элементов из алюминиевого сплава марки Д16. Показатели данного материала вполне удовлетворяют требованиям, предъявляемым к авиационно-бортовой технике. Также преимуществом будет то, что плотность материала Д16 весьма низкая, что положительно отразится на конечной массе блока.

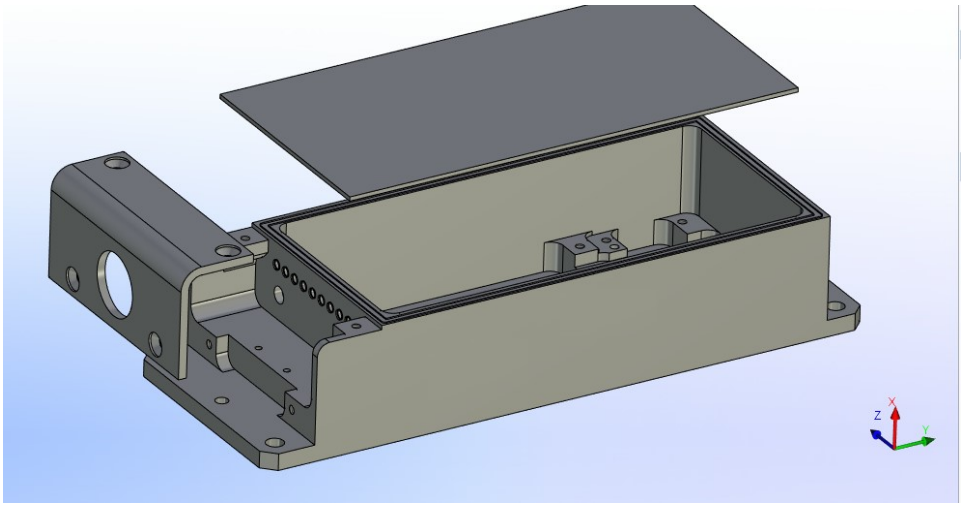


Рис. 3. 3D-модель блока

Кроме того, выбранный материал корпуса имеет неплохие показатели теплоотдачи, что подтверждает расчет способа охлаждения блока. По графику, приведенному в [2], видно, что для разрабатываемого блока естественное воздушное охлаждение способно обеспечить нормальный тепловой режим.

Так как изделие будет располагаться на борту летательных аппаратов, то для его более надежной фиксации в корпусе предусмотрены места под крепления на ровную горизонтальную поверхность.

Разработанный компоновочный эскиз представлен на рис. 4.

Феррозондовый датчик расположен в правой части блока. Это необходимо для исключения погрешности измерений за счет наведенного током потребления магнитного поля. Горизонтальное расположение печатных плат, используемое в книжных вариантах конструкции блоков, позволяет повысить их механическую прочность. Исходя из этого, соединение плат между собой необходимо осуществлять через соединительный шлейф [3,4]. За счет этого платы можно будет отгибать на 60 и более градусов, что намного упростит процесс калибровки и подбора номиналов на плате модуля подборочных резисторов.

Поскольку элементы используются без должной защиты от влаги, то корпус должен быть герметичным, а жгут подключения необходимо вводить через вклеенный изолятор для предотвращения попадания влаги.

С учетом изложенного был разработан датчик, габаритные размеры которого составляют всего 150x55x30 мм, а масса не превышает 0,4 кг. Проведенный расчет надежности ориентировочным методом [5] показал, что наработка на отказ составляет 22523 часа.

Данный магнитометр позволяет значительно повысить точность формирования курса летательного аппарата, благодаря определению магнитного курса-угла между северным направлением магнитного меридиана и продольной осью самолета.

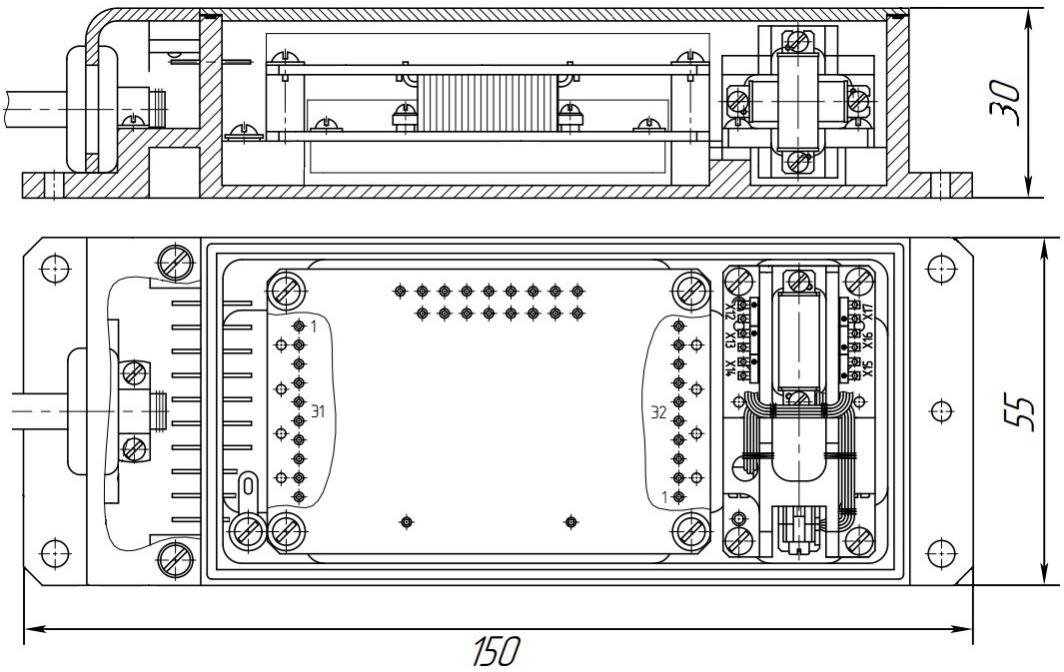


Рис. 4. Компоновочный эскиз блока

Библиографический список

1. ***Афанасьев, Ю.В.*** Средства измерений параметров магнитного поля / Ю.В. Афанасьев, Н.В. Студенцов, В.Н. Хорев, Е.Н. Чечурина, А.П. Щелкин. – Л.: Энергия. Ленинградское отделение, 1979. – 320с.

2. ***Борисов, В.Ф.*** Конструирование электронных средств/ В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, М.Ф. Митюшин. Учебное пособие/ Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород, 2013. − 110 с.

3. Основы конструирования и технологии РЭС: Учебное пособие для курсового проектирования / В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, В.В. Чермошенский и др. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 128 с.

4. ***Белоусов, Е.Л.*** Конструирование блоков бортовой авиационной аппаратуры связи / Е.Л. Белоусов, М.Н.Ушкар. - Нижегородский государственный технический университет, Нижний Новгород, 2005. - 237 с.

5. ***Ямпурин, Н.П.*** Основы надежности электронных средств: учеб. пособие для студ. высш.учеб. заведений/ Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова; под ред. Н.П. Ямпурина. – М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 240 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТЬЮ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Е.А. Грушин, Н.М. Прис
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматриваются повышение эффективности обработки изготовления деталей из износостойких сталей после термообработки, имеющих фасонные поверхности, по показателям качества и производительности, с целью выработки рекомендаций для использования резцов из синтетических сверхтвёрдых материалов (СТМ) на примере детали «Опора кронштейна крепления».

Ключевые слова: материал, СТМ, точение, износостойкие стали, твердость, геометрия, шероховатость, стойкость.

Детали, производимые на производстве, делятся условно на две группы;

1) обработка наружных диаметров: валы, втулки, диски, ролики, оси, плунжеры, штоки т.д.
2) обработка внутренних диаметров, диски, корпуса, т.д.

Для данных деталей предъявляются высокие показатели по износостойкости, способность выдерживать значительные перегрузки, работы в большом диапазоне от отрицательных и положительных температур и также необходимо учесть, что изделия ограничены по габаритам в виду специфичности их применения, при проектировании деталей для данных изделий необходимо принимать стали и сплавы с повышенными характеристиками способными выдерживать все указанные перегрузки с меньшими сечениями и конструктивными элементами чем другие стали и сплавы.

В нашей работе в качестве представителя выберем Деталь «Опора кронштейна крепления» рис. 1 (далее «опора»).

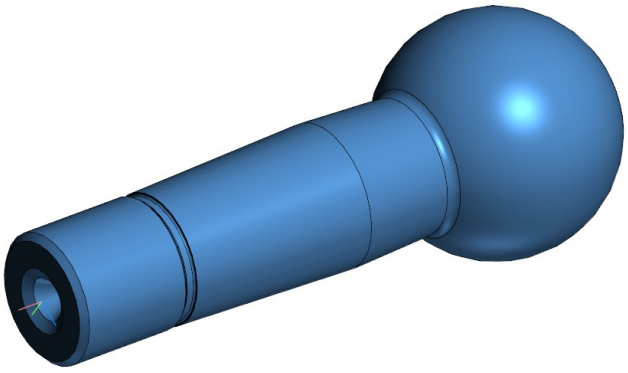


Рис. 1. Деталь «Опора кронштейна крепления»

Входит в состав узла (кронштейн крепления), который применяется для крепления узла на головном изделии и служит для его положения при заданных перемещениях изделия. Опора служит для соединения базового основания через поверхность сферой Ø36 с подвижной частью узла. Крепится за счет резьбы M20x1,5-6g.

Материал детали сталь 95Х18 ГОСТ 5632-2014 хромистая нержавеющая сталь. Которая после проведения термообработки будет иметь твердость 58…62 HRC.

Была оценена эффективность существующего технологического процесса детали «Опора кронштейна крепления» по критерию качества

Как видно из рис. 2, большинство дефектных деталей образуется на операции токарная с ЧПУ после термообработки, на операции 050. Суммарно количество деталей, отошедших в брак – 26 шт это составляет – 26% от партии деталей. При этом из них 88% детали с дефектами на операции 050.

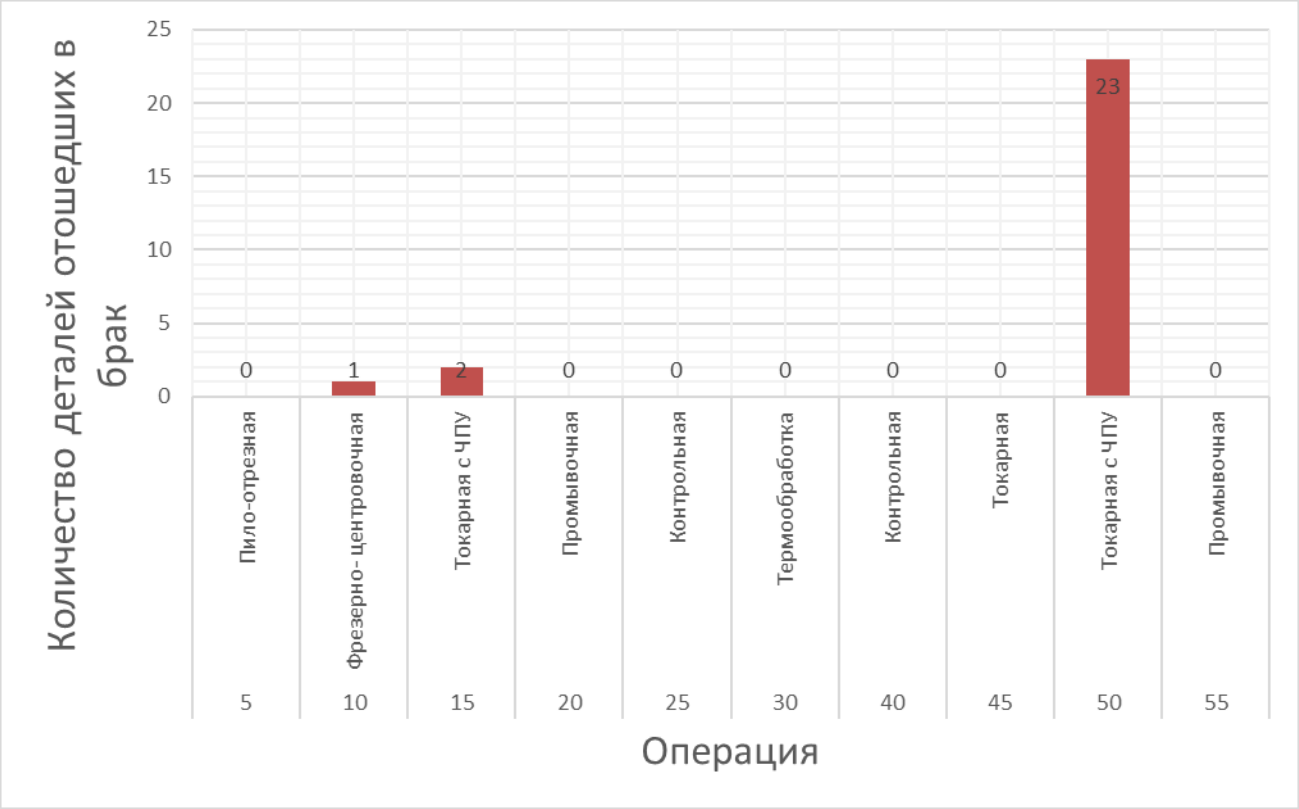


Рис. 2. Количество деталей «Опора кронштейна крепления», отошедших в брак на различных стадиях существующего ТП

На данный момент при обработке детали «Опора кронштейна крепления» после термообработки согласно ТТ п.1 (см. рис. 2) применяются резцы с материалом из твердого сплава Т15К6. Также на участке применяются следующие твердосплавный инструмент со следующими сплавами ВК3; ВК8, Т17К12; ТТ10К8Б. Основной проблемой, возникающей при обработке данных сталей

после термообработки, является несоответствие параметров КД в части шероховатости и несоответствия размеров и низкая стойкость инструмента.

В качестве решения данной проблемы предлагается использовать режущий инструмент из синтетических сверхтвёрдых материалов (СТМ).

Проведено исследование механики процесса точения резцами из сверхтвердых материалов. Рассмотрены конструкция и технологические особенности изготовления резцов из сверхтвердых материалов.

Рассмотрено стружкообразование и параметры напряженно-деформированного состояния срезаемого слоя. Особенностью процесса тонкого точения сталей являются малые размеры контактной площадки на передней поверхности резца. Согласно графикам, рис. 3 при точении стали 95Х18 твердостью HRC62 в пределах скоростей резания v =20…120 м/мин и подач s = 0,02…0,12 мм/об длина контакта стружки lп с передней поверхностью острого резца из эльбора-Р изменяется от lп = 0,09 мм до lп = 0,25 мм.

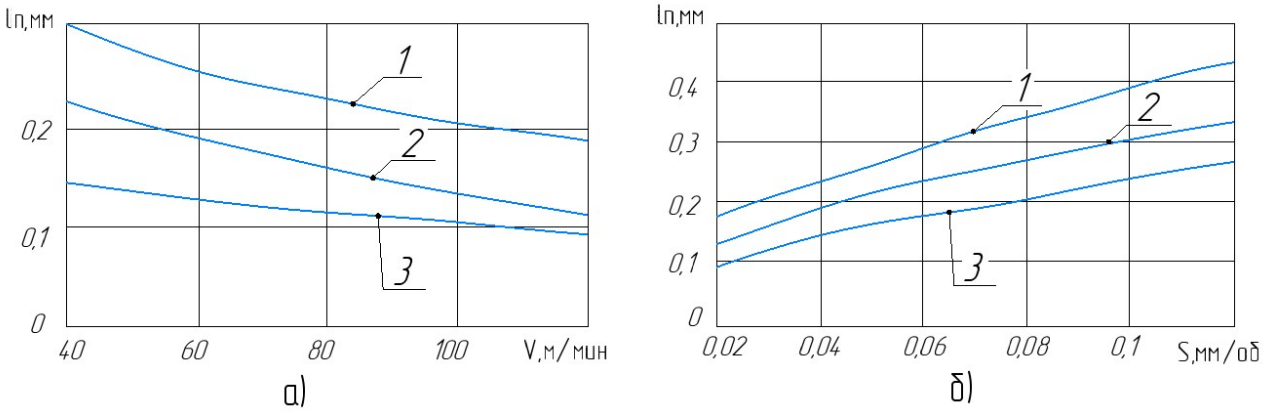


Рис. 3. Зависимости длины контакта стружки с передней поверхностью от при точении резцами из эльбора-Р стали 95Х18 твердостью HRC45 (кривая 1), HRC55 (кривая 2) и HRC62 (кривая 3)

Удельные нагрузки и средние коэффициенты трения на контактных поверхностях СТМ инструмента.

Удельные нагрузки и средние коэффициенты трения на режущих поверхностях инструмента являются важными характеристиками контактных процессов при резании. На площадке контакта стружки с передней поверхностью они оказывают непосредственное влияние на процесс стружкообразования, определяя при данном переднем угле угол действия и направление равнодействующей силы *Rn* (рис. 4).

Для эффективной эксплуатации резцов из СТМ необходимо знание динамики процесса износа контактных поверхностей и режущих кромок инструмента. При точении закаленных сталей резцами, оснащенными эльбором-Р и другими модификациями твердого нитрида бора, износ инструмента происходит как по задней, так и по передней поверхностям.

В начале резания на главной задней поверхности резца образуется площадка износа в виде ленточки шириной *h*з = 0,03…0,05 мм светло-серого цвета

без явно выраженных зазубрин (рис. 5). В дальнейшем, по мере возрастания величины *h*з. Площадка износа постепенно распространяется на вершину резца и переходит на вспомогательную заднюю поверхность. При этом на изношенной площадке возникают зазубрины, которые могут несколько увеличиваться и сглаживаться, а также следы налипшего обрабатываемого материала.

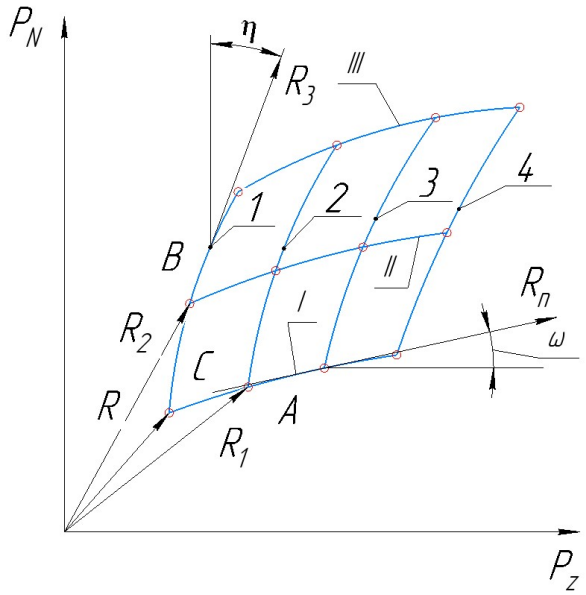


Рис. 4. Зависимость нормальной составляющей силы *P* от тангенциальной составляющей *Pz* при различных подачах и величинах износа по задней поверхности инструмента

Износ передней поверхности характеризуется образованием лунки небольшой глубины. В процессе точения закаленных сталей твердостью HRC 50…64 лунка глубиной 0,01…0,015 мм появляется на первоначальной стадии.

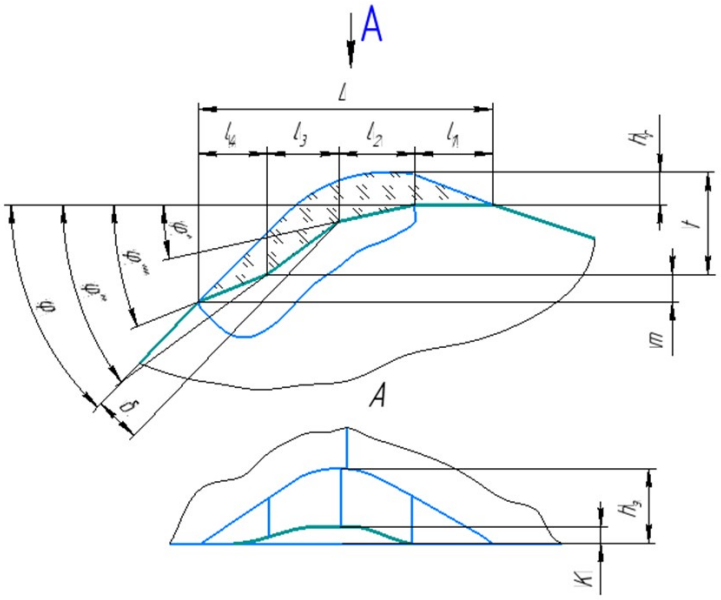


Рис. 5. Изменение геометрии резца из эльбора-Р в процессе обработки закаленной стали

Установлено, что при точении сталей резцами из СТМ для повышения прочности и надежности в работе инструмента целесообразно применять отрицательные значения передних углов в пределах $\gamma \leq (-10°) \ldots (-15°)$, причем большие отрицательные передние углы необходимо назначать при обработке более твердых сталей. Главный угол в плане для проходных резцов следует выбирать в пределах $\varphi = 30…60°$. Не рекомендуются углы $\varphi < 30°$, так как в связи с возрастанием радиальной составляющей силы резания возможно появление вибраций и выкрашивание режущей кромки инструмента. Что касается других геометрических параметров, то они на основании полученных данных должны иметь следующие значения: вспомогательный угол в плане $\varphi1 = 15…20°$; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0…10°$; радиус при вершине резца $r = 0{,}3…0{,}4$ мм.

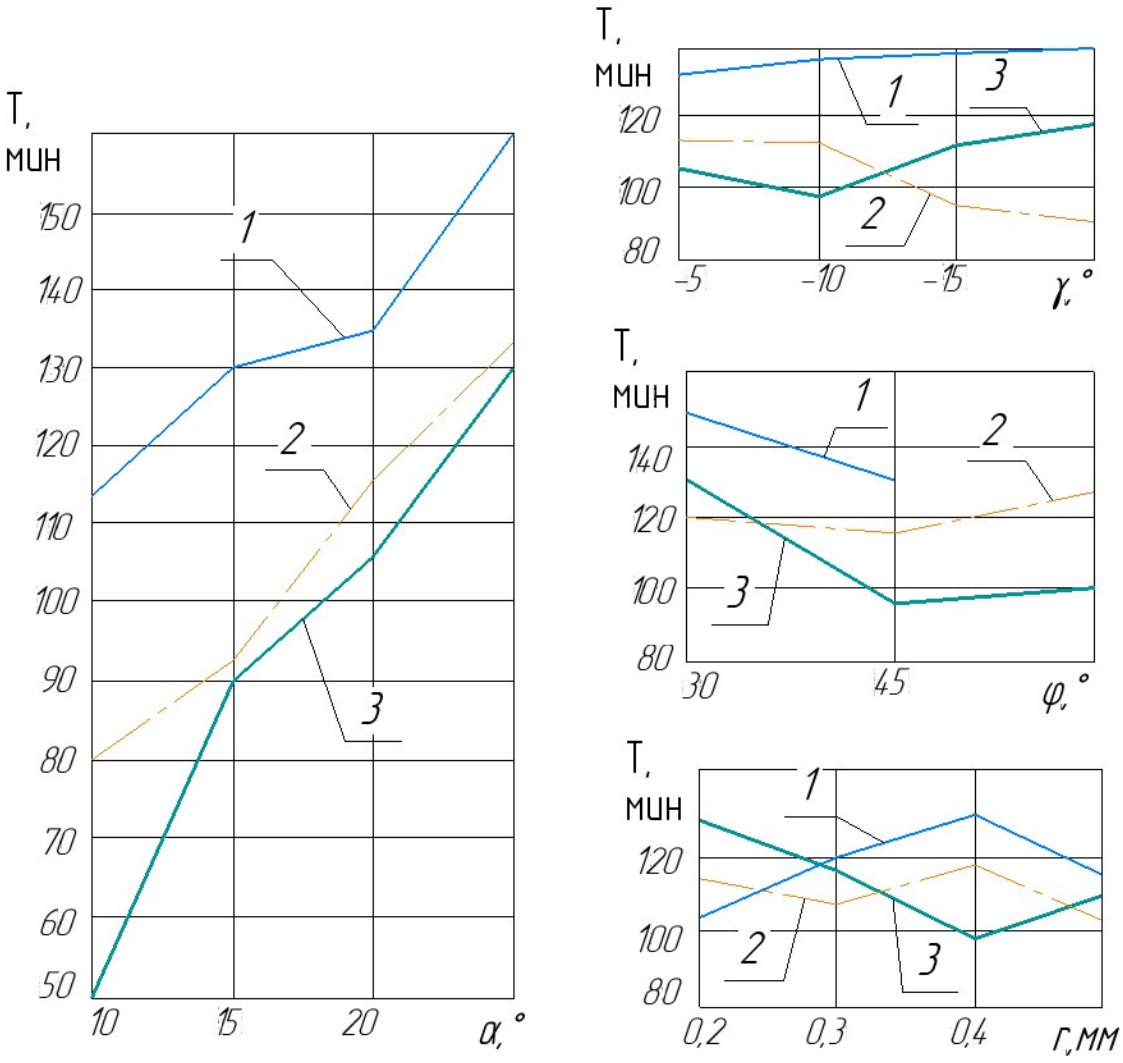


Рис. 6. Зависимость стойкости резцов из эльбора-Р от их геометрических параметров при точении закаленных сталей; (*v*=70 м/миу; *s*=0,04 мм/об, *t* = 0,2 мм), износ *h*з = 0,4 мм

Зависимости показывают, чти резцы из эльбора-Р (рис. 7) во всем исследуемом диапазоне скоростей резания и подач значительно превосходят по

стойкости резцы из твердого сплава Т30К4 при точении стали 95Х18 твердостью HRC60. Так, например, в пределах скоростей резания v = 20…70 м/мин и работе с (подачей s=0,04 мм/об (рисунок 3,6а) стойкость (резцов из эльбора-Р от 7 до 15 раз больше стойкости твердосплавных резцов. Если работа твердосплавными резцами при скоростях резания v > 40 м/мин и подачах s > 0,08 мм/об невозможна в связи с катастрофическим износом инструмента, то резцы из эльбора-Р при этом имеют достаточно высокую стойкость.

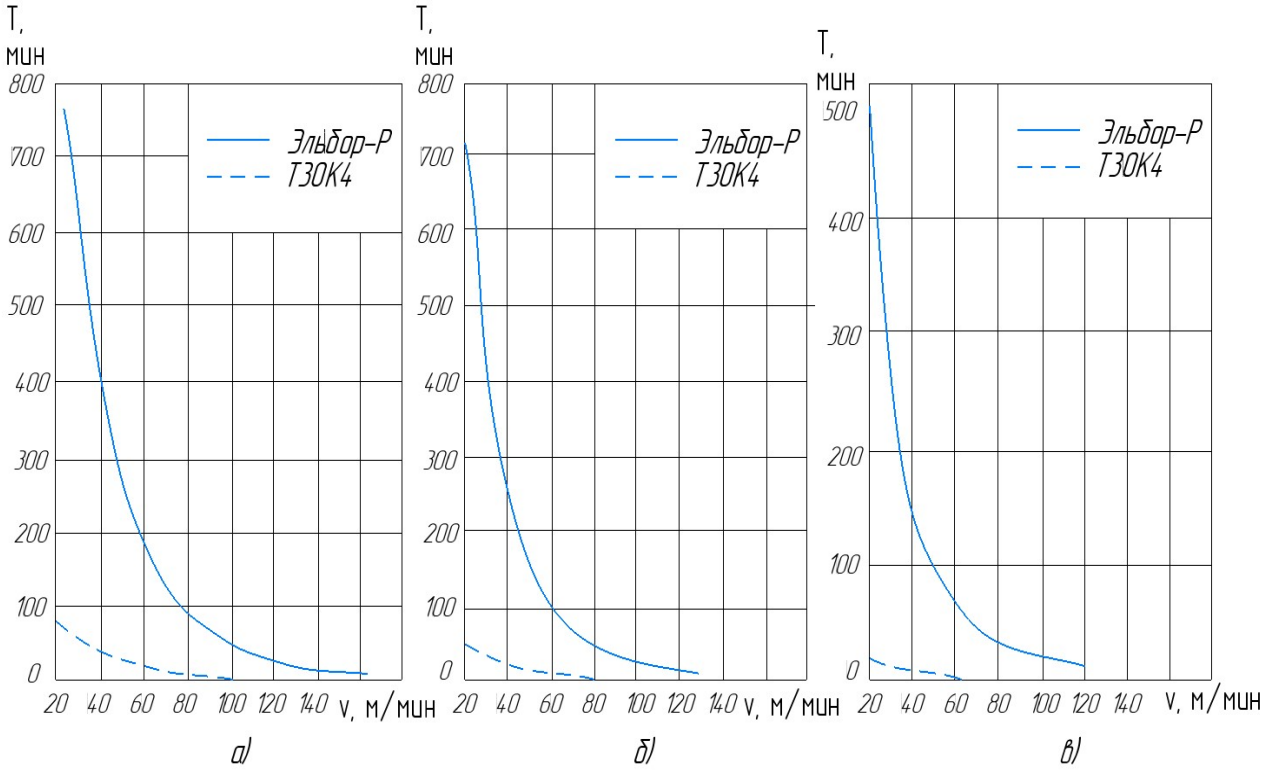


Рис. 7. Зависимости стойкости резцов из эльбора-Р (сплошные линии) и твердого сплава Т30К4 (штриховые линии) от скорости резания при точении стали 95Х18 различной твердости, при глубине резания t = 0,2 мм

Минимальные значения относительного линейного износа резца из эльбора-Р при обработке, сталей У10А, ХВГ и 12ХН3А твердостью HRC 60 колеблются в пределах λол = 2… 11 мкм/км и соответствуют скоростям резания v=60…100 м/мин (рис. 8, *а*). При обработке стали 95Х18 твердостью HRC60 этими же резцами они изменяются от $h_{ол}$ = 5 мкм/км до $\lambda_{ол}$ = 20 мкм/км в диапазоне скоростей резания v = 15…80 м/мин (рис. 8, *б*). Такие малые значения размерного износа резца из эльбора-Р позволяют получать высокоточные обрабатываемые поверхности с минимальными отклонениями от их геометрической формы.

При точении закаленной стали 95Х18 твердостью HRC60 резцами из эльбора-Р охлаждение 10%-й эмульсией способствует увеличению стойкости инструмента в 2…2,5 раза (рис. 8). При этом снижается нагрев резца и заготовки в

течение всего периода резания, что позволяет повысить точность обрабатываемых поверхностей.

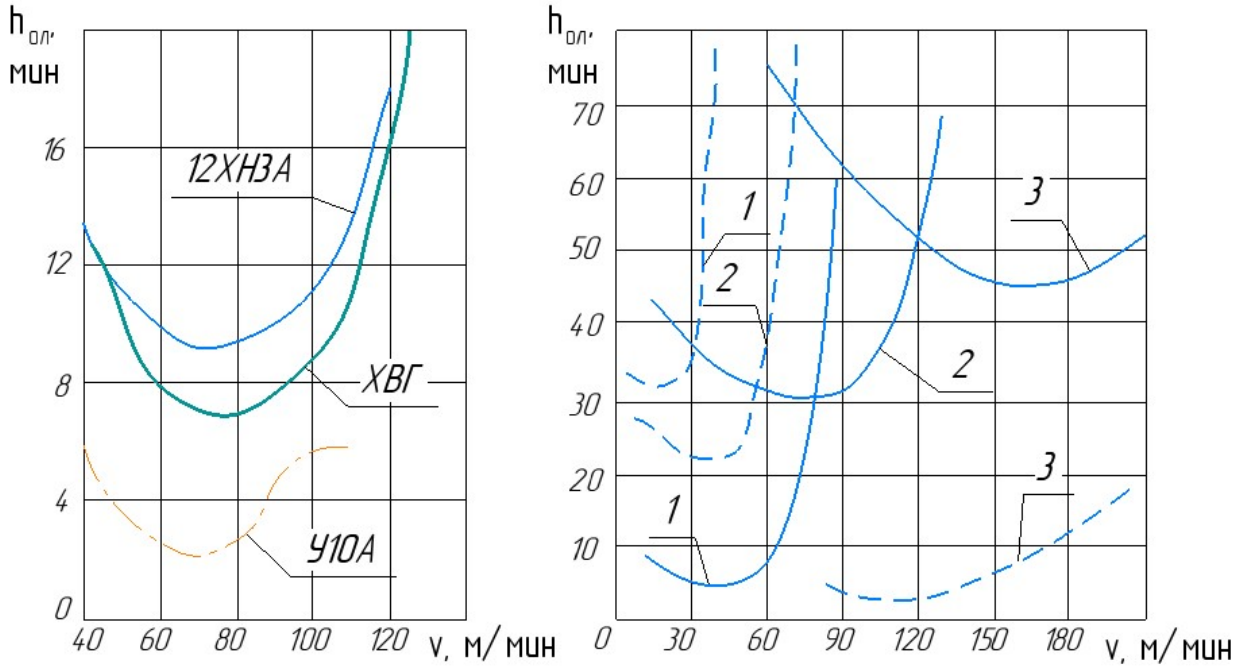


Рис. 8. Влияние скорости резания на относительный линейный износ:
а – при точении сталей У10А, ХВГ, 12НН3А твердостью HRC 60 резцами из эльбора-Р (*s* = 0,04 мм/об; *t* = 0,2 мм); *б* – стали 95Х18 различной твердости резцами из эльбора-Р сплошные липни и из твердого сплава Т30К4 штриховые линии (*s* = 0,16 мм/об; *t* = 0,2 мм): 1 - HRC64; 2 - HEC 55; 3 - HRC45

При точении закалённой стали 95Х18 до HRC 62 резцами из эльбора-Р при скорости резания *v* = 50…150 м/мин формируются сравнительно невысокие растягивающие остаточные напряжения σ = 120…350 МПа (рис. 9), которые не могут привести к заметному снижению циклической прочности обрабатываемых изделий. В процессе круглого наружного шлифования этой стали абразивным кругом возникают значительные растягивающие напряжения, максимум которых не опускается ниже σ = 450…650 МПа даже при относительно небольших скоростях шлифования *v* =15…20 м/сек. При росте скорости резания происходит также рост значений данных напряжений. Если при этом учесть, что шлифование часто сопровождается возникновением прижогов на обработанной поверхности, шаржированием ее абразивом и понижением поверхностной твердости, то преимущество процесса тонкого точения по сравнению со шлифованием при образовании поверхностного слоя обрабатываемых изделий не вызывает сомнения. Особенно перспективным в этом отношении является применение тонкого точения резцами из СТМ с последующим алмазным выглаживанием.

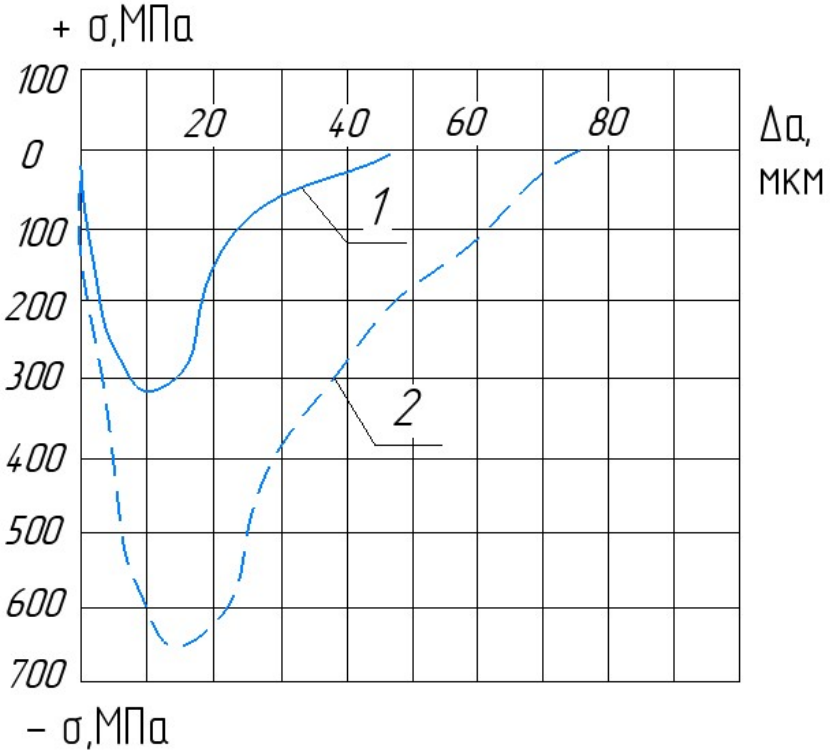


Рис. 9. Зависимости тангенциальных остаточных напряжений при обработке стали 95Х18 твердостью HRC60

Основные результаты работы:

- стойкость инструмента СТМ значительно выше, что позволяет меньше выполнять наладку и подналадку;
- количество деталей, отошедших в брак, сократилось с 26 шт до 5 (при партии 100 дет.);
- процент брака по невыдержанным размерам снизился на 84%;
- процент брака по волнистости и отклонению формы – не отмечен;
- процент брака по показателям шероховатости снизился на 60%.

Выводы

Использование рекомендаций по обработке закалённых износостойких сталей с фасонными поверхностями инструментом с СТМ позволяет достичь необходимых параметров деталей, таких как геометрические размеры и шероховатость обработанной поверхности, без отклонения по форме поверхностей и наличия остаточных напряжений. Тем самым повышается эффективность процесса обработки за счет снижения отхода деталей в брак по данным параметрам.

Библиографический список

1. ***Аранзон, М.А.*** Точение сталей и сплавов резцами из сверхтвердых синтетических материалов. Учебное пособие. М. А. Аранзон. Куйбышев, КПтИ, 1977, 83 с.

2. Справочник технолога – машиностроителя. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К., Суслова А.Г., 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение 1, 2001 - 944 с., ил.
3. Справочник технолога – машиностроителя. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К., Суслова А.Г., 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение 1, 2001 - 944 с., ил.
4. ***Петрухин, П.Г.*** Резание труднообрабатываемых материалов/ П.Г. Петрухин. - М.: Машиностроение, 1972. 176 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛИТНИКОВО-ПИТАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЗАГОТОВКИ «ОСНОВАНИЕ» ПРИ ПОМОЩИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ *LVM FLOW* С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ЛИТЬЯ

Зинина А.Д., Платонов А.В., Щеглетов К.А., Лашкин В.В.
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье выполнен анализ по усовершенствованию литниково-питательной системы (ЛПС) с целью минимизации дефектов, получаемых в процессе литья по выплавляемым моделям. Представлены результаты исследования ЛПС для изготовления заготовки детали «Основание» с использованием программного обеспечения LVM Flow.

Ключевые слова: литниково-питательная система, питатель литниковой системы, литье по выплавляемым моделям, программа LVM Flow.

Одной из наиболее острых и актуальных проблем в машиностроении является правильное расположение литниково-питательной системы (ЛПС) заготовок для деталей особой сложности. При получении подобных заготовок необходимо стремятся минимизировать все возможные дефекты, получаемые в процессе литья, такие как: коробление, пористость, микротрещины, раковины и т.д.

Для получения заготовок высокой точности размеров, сложной конфигурации и качественной поверхности применяют литье по выплавляемым моделям [1]. Но такой метод отличается высокой трудоемкостью процесса изготовления. С целью минимизации затрат и уменьшения трудоемкости при выборе расположения литниково-питательной системы современные промышленные предприятия все чаще обращаются к имитационному моделированию процесса литья.

Так, на примере детали «Основание» (рис. 1), получаемой методом литья по выплавляемым моделям, имеющей дефекты коробления и наличие микротрещин, спроектирована новая литниково-питательная система. Выполняется проверка процесса заливки с использованной новой литниковой системы с применением программного обеспечения LVM Flow.

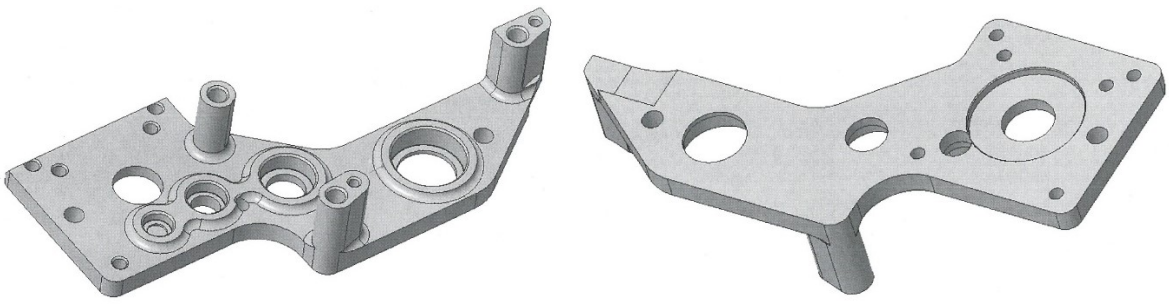


Рис. 1. 3D-модель детали «Основание»

Основным материал детали «Основание» служит коррозионностойкая высокопрочная мартенситного класса, сталь 08Х14Н5М2ДЛ (ВНЛ-3) ОСТ 190090-79. Буква «Л» означает, что сталь является литейной, то есть данный сталь имеет хорошие литейные характеристики и свойства.

Действующая ЛПС показана на рис. 2. При анализе конструкции было предположено, что причиной коробления и микротрещин заготовки детали «Основание» является массивность конструкции питателя *1* (рис. 2) из-за чего происходила «стягивание» материала.

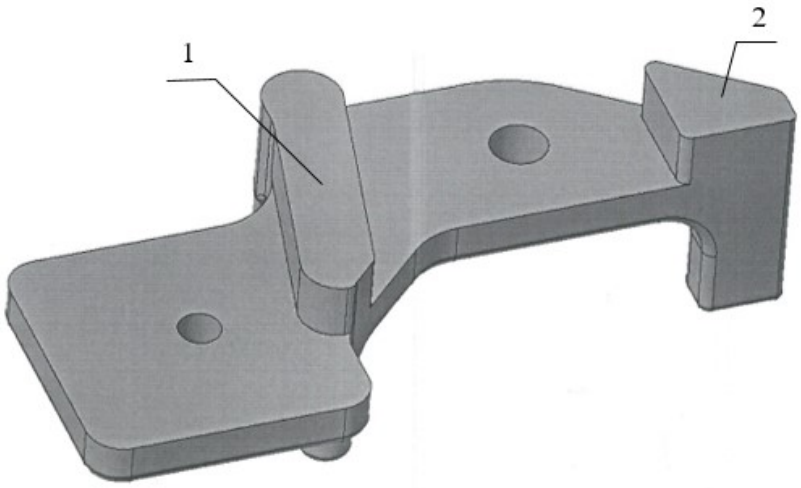


Рис. 2. 3D-модель расположения питателей действующей ЛПС

Для устранения указанных дефектов было принято решение разделить питатель *1* на две части. Усовершенствованная конструкция ЛПС показана на рис. 3.

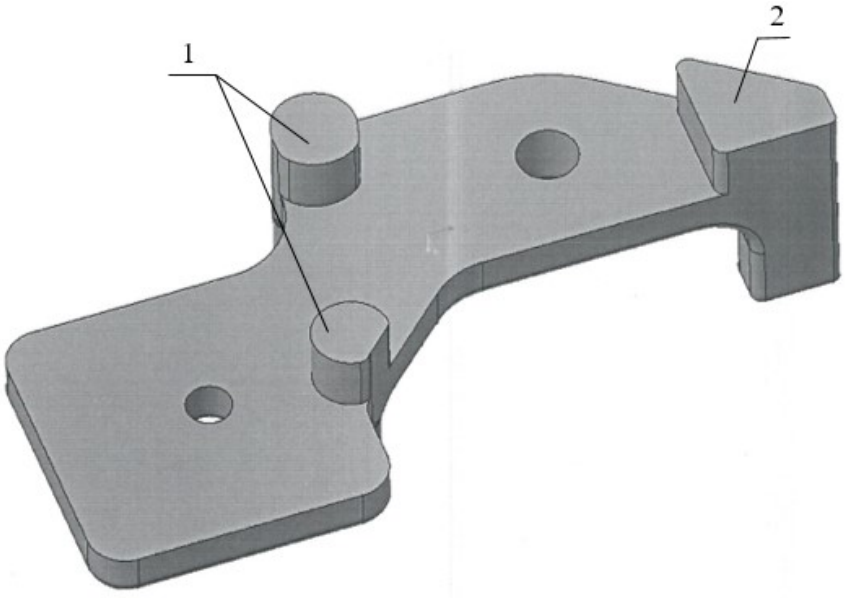


Рис. 3. 3D-модель усовершенствованной заготовки расположения питателей ЛПС

Для выполнения проверки на работоспособность вновь спроектированного расположения ЛПС обратимся к программному обеспечению LVM Flow. Данная программа позволяет моделировать процесс литья и осуществлять анализ литейных технологий и их корректировки (при необходимости) [2]. Подгруженная 3D модель исследуемой заготовки показана на рис. 4.

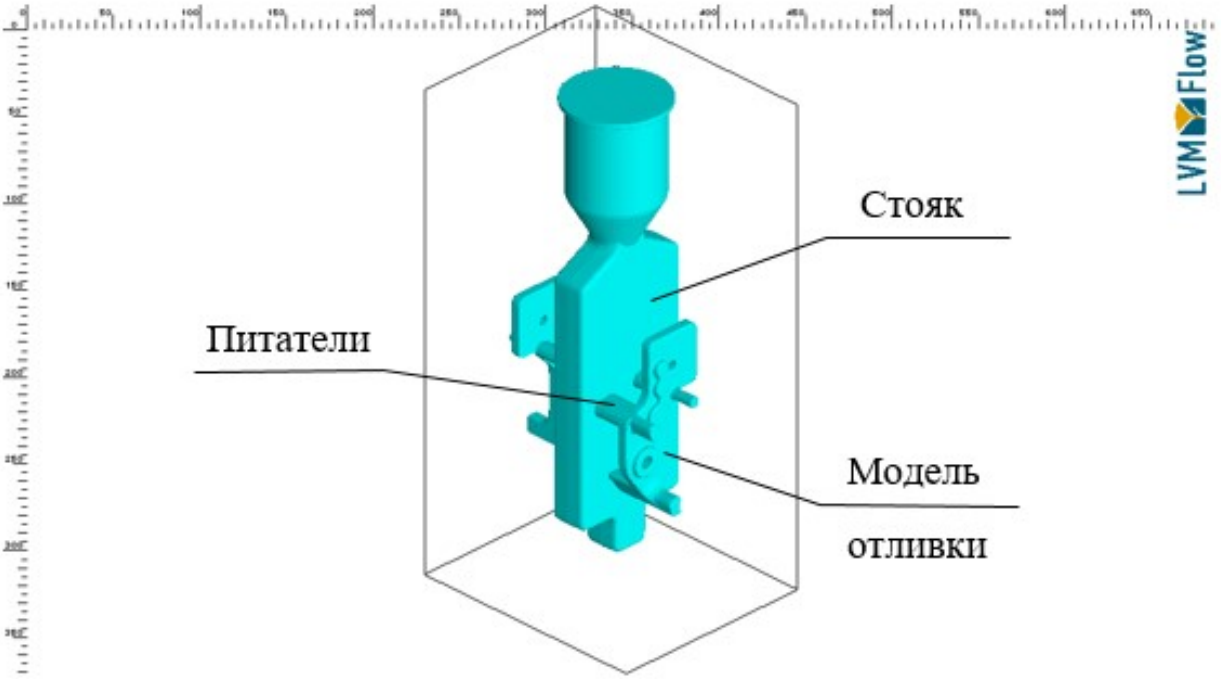


Рис. 4. 3D-модель ЛПС в программе LVMFlow

Исходные данные для расчета показаны в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные

Названия тел	**Материалы формы**	**T, ˚C**
Материал	08Х14Н5М2ДЛ	1580
Shell_001	Керамика	1000
Shell_002	Керамика	1000
Применяемая сталь формы	Воздух (мат.формы)	20
Среда полости	Вн.воздух	1000
Воздушный зазор 08Х14Н5М2ДЛ - Керамика		
Контактный зазор, мкм	0.00	
Температура образования зазора, ˚C		1301.30
Тип заливки - Гравитационное литье (струя)		
Скорость заливки 19 мм/с		
Критерий останова заливки - Объем заполненного – 100 %		

Промежуточные стадии расчетов показаны на рис. 5.

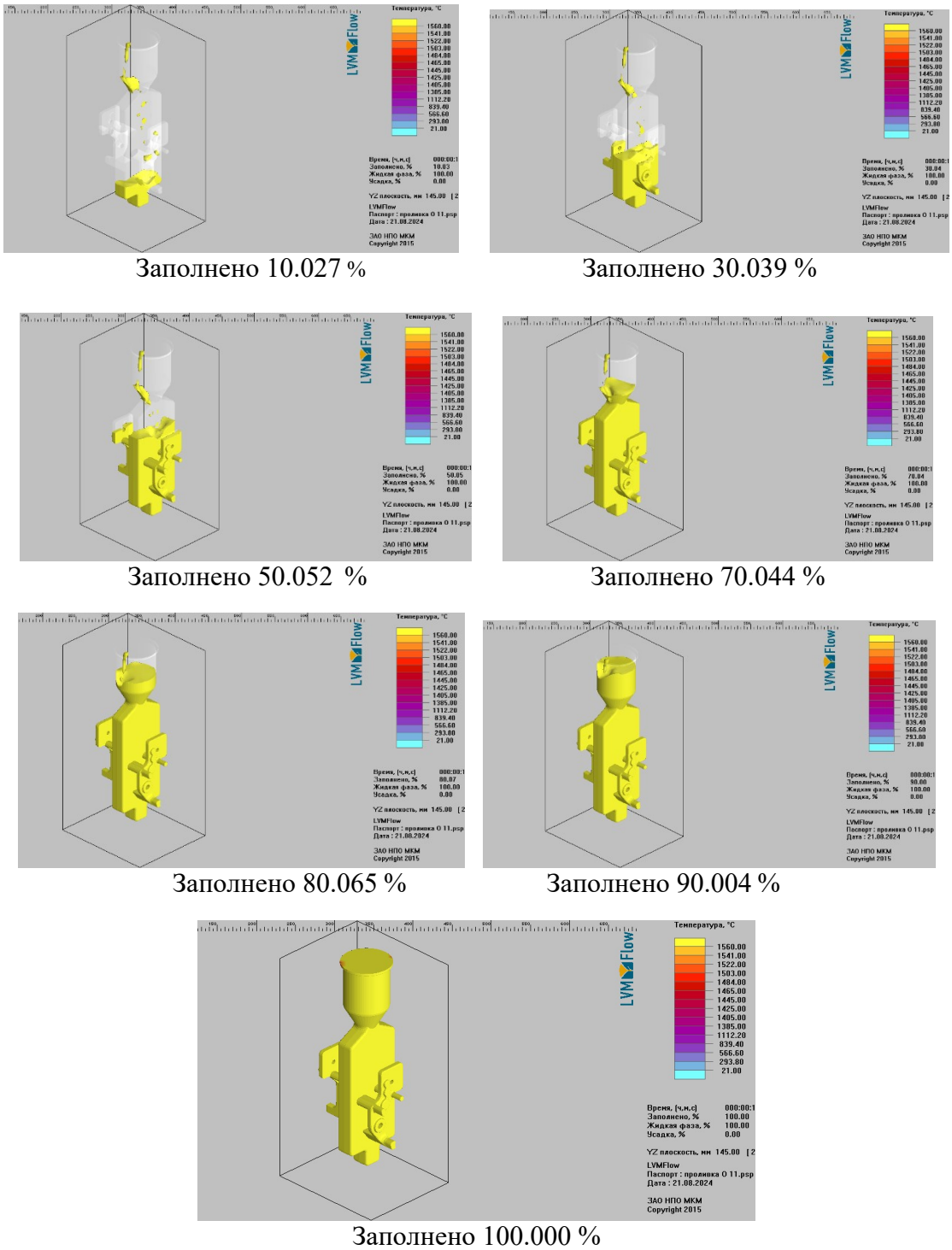


Рис. 5. Стадии заполнения расплава

Как видно по рис.5, самые протяженные кромки с тонкими стенками имеют вертикальное положение, такое положение благоприятно влияет на их заполнение, исходя из этого, можно сделать вывод: вновь спроектированная конструкция обеспечивает оптимальный ввод расплава и отвечает нужным требованием.

На рис. 6 можно увидеть фазы застывания металла новой ЛПС, где красным показана фаза жидкого металла, фиолетовым – застывший металл.

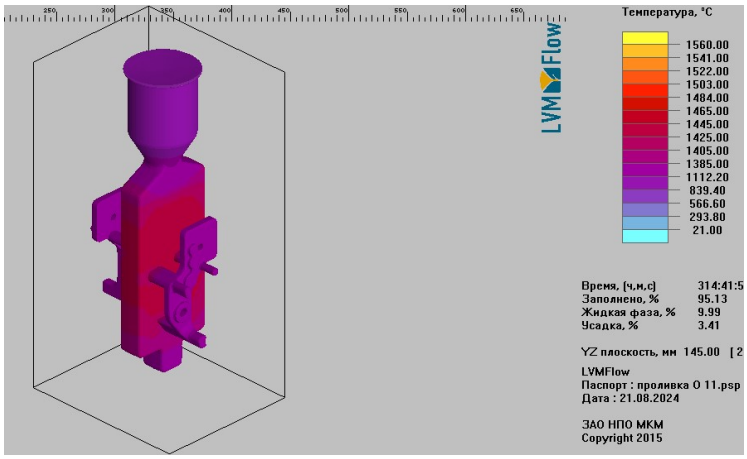


Рис. 6. Конечная стадия затвердевания расплава в форме

Исходя из рис. 6 следует, что вновь спроектированная ЛПС отвечает всем требованиям, предъявляемым к конструкции заливочной формы.

Предположительные места появления усадочной пористости в отливках показаны на рис. 7.

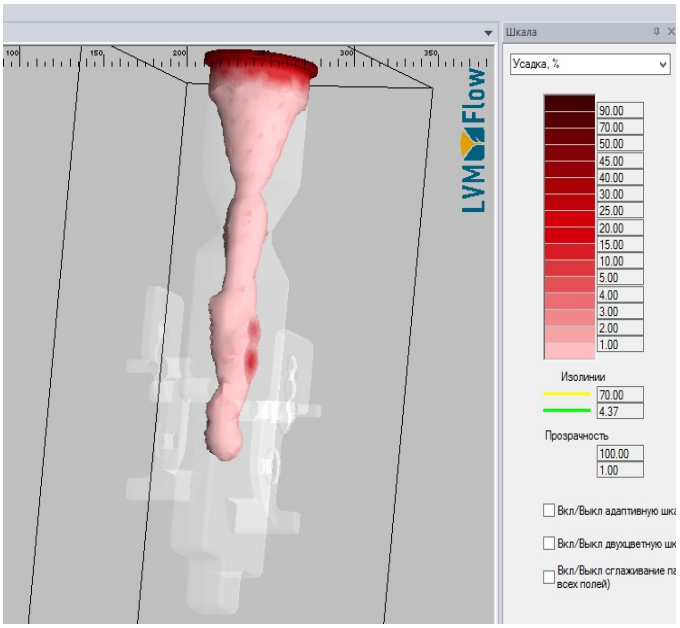


Рис. 7. Усадочная пористость на последнем этапе затвердевания

По рис. 7 можно сделать вывод, что сама отливка не имеет деформации, усадка металла возникает лишь в стояке ЛПС.

Таким образом, при помощи проливки в программе LVM Flow новой конструкции ЛПС показано, что:

1) обеспечивается спокойная и хорошая заполняемость отливки;

2) все условия для целенаправленного затвердевания отливки являются благоприятными;

3) вертикальное расположение протяженных стенок и тонких кромок является наиболее оптимально;

4) усадка появляется лишь в стояке ЛПС, что минимизирует появление деформаций отливки.

Библиографический список

1. Производство и механическая обработка заготовок. Литые заготовки: Учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2016. – 88 с.

2. ***Огородникова, О.М.*** Компьютерное моделирование литейной технологии в программной среде LVM Flow [Электронный ресурс] / Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018 – 38 с. Режим доступа: https:// cae.urfu.ru свободный.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТИ, ИНДУКТИВНОСТИ, ЧАСТОТЫ

Н.С. Жданкин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Рассмотрена разработка прибора для измерения емкости конденсаторов, индуктивности дросселей и частоты периодического сигнала. Описаны используемые методы измерения и обоснован их выбор. Рассматриваются схемотехнические решения, лежащие в основе работы прибора.

Ключевые слова: измерение, емкость, индуктивность, частота, методы измерения, конструкция, прибор, печатный узел, макет

Измерительные приборы всегда пользовались большим спросом и массово использовались в промышленности, медицине, образовании и науке. Точность и удобство измерений играют важнейшую роль в той или иной области, при разработке и обслуживании электронных устройств данная информация является крайне важной.

Разрабатываемый прибор для измерения емкости конденсаторов, индуктивности дросселей и частоты периодических сигналов представляет собой компактное и, что не менее важно, автономное устройство, работающее от аккумуляторов и не требующее подключения к сети. Это делает его удобным для использования в лабораториях, на производстве и в учебных заведениях.

Благодаря широкому диапазону измерений и мобильности прибор можно использовать как в образовательных целях для изучения основ электроники, так и в любительской и профессиональной среде для диагностики и тестирования электронных компонентов.

Для реализации функций измерения емкости и индуктивности в разрабатываемом приборе был проведен сравнительный анализ существующих методов, среди которых частотный метод и метод заряда-разряда, и в результате было принято решение использовать их в сочетании, что расширяет диапазон измерений, сохраняя при этом точность [3,4].

Сравнительный анализ методов измерения емкости показал, что каждый из них обладает своими преимуществами и ограничениями. Мостовые схемы обеспечивают высокую точность, но требуют сложной настройки и стабильного источника сигнала. Метод заряда-разряда прост в реализации и подходит для измерения большихёмкостей, однако его точность ограничена влиянием паразитных параметров. Частотный метод, основанный на резонансе LC-контура, обеспечивает высокую точность при измерении малых значений емкости, а также удобен для автоматизированных измерений.

На основе анализа было принято решение использовать частотный метод для измерения индуктивностей и емкостей средних и больших номиналов, а

метод заряда-разряда – для измерения малых емкостей. Такое сочетание позволяет расширить диапазон измерений, сохраняя высокую точность при минимальном количестве дополнительных компонентов.

Подход с использованием двух методов позволяет добиться высокой точности измерений, используя при этом минимум компонентов, что важно при разработке компактных приборов.

Предусмотрена возможность измерения напряжения сигнала параллельно с измерением его частоты. Вся полученная информация отображается на дисплее 1602, обеспечивая удобство работы с прибором.

Для прибора была разработана электрическая принципиальная схема (рис.1).

Управление прибором осуществляется кнопками SB1 – SB4 и переменным резистором R33. При вращении ручки резистора по часовой стрелке происходит изменение режима работы устройства в следующей последовательности К – режим калибровки, L/C – измерения индуктивности и емкости, F1/F2 – измерения частоты в зависимости от значения и U – измерения напряжения. При включении того или иного режима транзисторные сборки VT2 и VT5, работающие в ключевом режиме, подают напряжения на соответствующие узлы.

Интерфейсом взаимодействия пользователя с прибором является 16-ти символьный жидкокристаллический дисплей HG1, способный выводить информацию в две строки, в первой – режим работы устройства, во второй значение параметра элемента.

Измеряемые сигналы с частотой 0,01…500 МГц подаются на разъем XW1, при сигнале с частотой 0,2…2 ГГц – XW2. Далее для обоих сигналов используется микросхема синтезатор частоты DD1.

При использовании прибора в режиме F1 (0,01…500 МГц), измеряемый сигнал дополнительно усиливается каскадом на VT4 и проходит через логические элементы DD2.2, DD2.4 и резистор R32, далее поступает на вход делителя DD1.

При работе устройства в режиме F3 (0,2…2ГГц), измеряемый сигнал подают на разъем XW2 через конденсатор C4, который является разделительным, а также через защитные диоды VD3, VD4, конденсатор C14, далее сигналпоступает на вход делителя частоты DD1, который в свою очередь делит частот на 96 и подает намикроконтроллер DD3 через DD2.3, DD2.4 и резистор R32.

Если в режиме F2 однократно нажать кнопку SB3, включится режим измерения частоты F. Повторное нажатие кнопки включит режим, позволяющий проверить частоту кварцевых резонаторов, для этого элемент нужно подключить к разъему XS1.2.

Измерение емкости конденсаторов номиналом до 0,2 пФ…0,1 мкФ и индуктивности 0,1 мкГн…5 Гн осуществляется с помощью компаратора DA1,

работающего в режиме генератора. Для этого элемент, емкость или индуктивность которого необходимо проверить, подключают к разъему XS1.1.

Нормированными частотозадающими элементами генератора являются катушка L1 и конденсатор C6, а также эталонный конденсатор C1, который подключается с помощью реле для измерения собственной емкости узла. При включении того или иного режима, катушка и конденсатор подключаются к измеряемому элементу последовательно или параллельно. Сигнал с генератора поступаетна микроконтроллер и на основе его частоты вычисляется емкость измеряемого конденсатора или индуктивность катушки.

Узел на транзисторе VT3, работающем в ключевом режиме, предназначен для измерения емкости конденсаторов от 0,1 мкФ до 10мФ по методу заряда-разряда, используя измеряемый конденсатор и резистор R13.

Если в режиме L/C нажать на кнопку SB3, устройство запустит режим C1, и на дисплее в нижней строке появится римская цифра I, в этом случае измеряется емкость от 0,1 мкФ до 1мФ. Еще одно нажатие на эту же кнопку запустит режим измерения емкости от 0,1 мкФ до 10мФ.

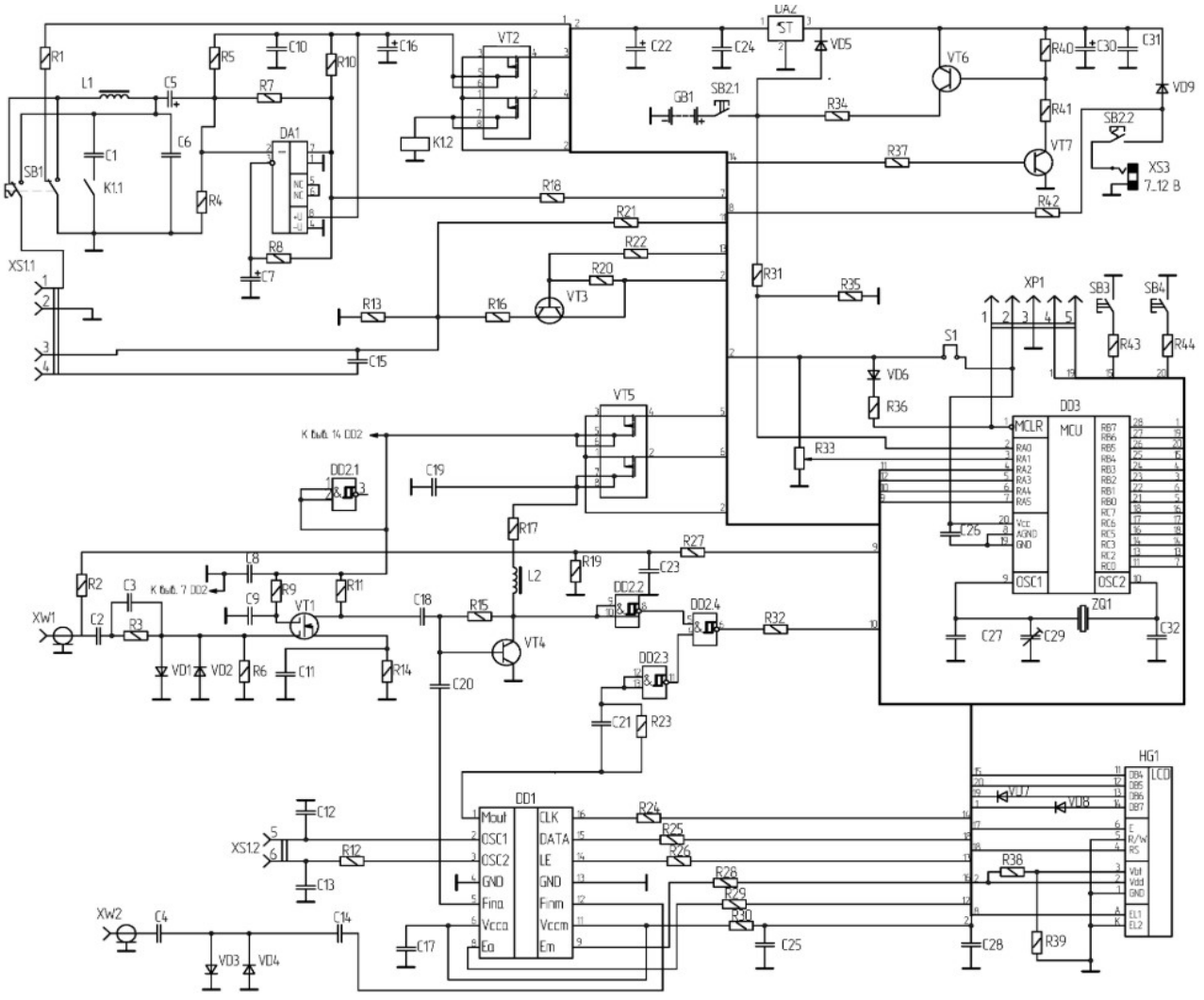


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная

Следует учесть, что устройство способно работать одновременно в режиме измерения напряжения и частоты, на дисплее в верхнем правом углу выводится частота, а снизу – измеряемое напряжение.

Для переход в режим генератора нужно нажать на кнопку SB3 при включенном режиме измерения напряжения. Транзистор VT3 начинает работать в режиме насыщения/отсечки, а на контактах 2 и 4 разъема XS1.1 синтезируется сигнал с изменяемой частотой $F_{вых}$ уровня транзисторно-транзисторной логики. Сигнал $F_{вых}=F_{кв}/(4mn)$, где $F_{кв}$ – частота кварцевого генератора микроконтроллера, *n, m* – коэффициенты деления, принимающие значения 1,4, 15 и 1…256 соответственно. Коэффициент *m* выбирается кнопками SB3, SB4, n выбирается кнопкой SB1.

Устройство работает от аккумулятора GB1 или блока питания с постоянным напряжением 7…12В, которое поступает на стабилизатор DA2 и питает МК и другие узлы.

После разработки принципиальной электрической схемыбыл спроектирован печатный узел (ПУ). С целью уменьшения габаритов прибора был применён вариант с двусторонним монтажом компонентов [5]. При проектировании учитывалась ремонтопригодность устройства: элементы с проводным монтажом выполнены в виде легко отсоединяемых модулей, подключаемых через разъёмы JST XH2.54 с заранее заданной распиновкой. Более подробно процесс разработки печатного узла описан в статье [1].

Кроме того, для уменьшения общей высоты прибора в конструкции платы предусмотрен вырез под отсек для аккумулятора. Это позволило разместить аккумулятор и плату в одной плоскости, что значительно уменьшило габариты устройства без ущерба для удобства эксплуатации. Результат работы разработки печатного узла представлен на рис.2. Печатная плата и вся необходимая документация были разработаны с использованием САПР AltiumDesigner [2].

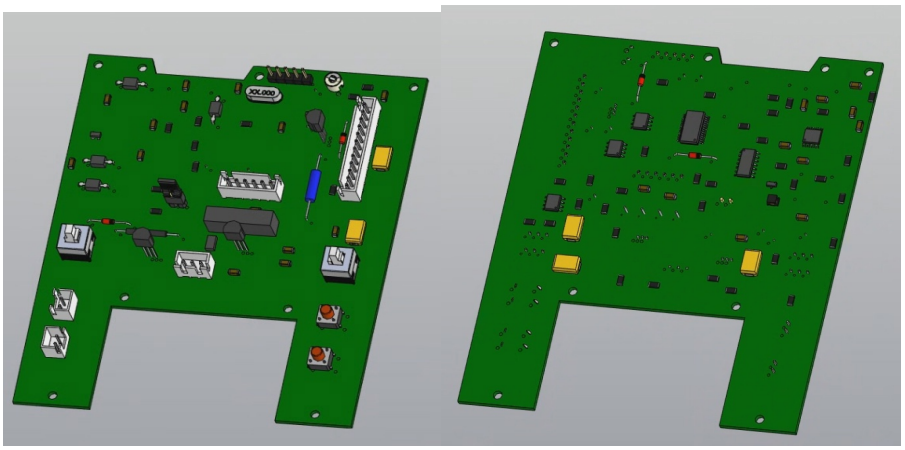


Рис. 2. Печатный узел прибора

Следующим этапом стала разработка корпуса и компоновка составных элементов. Поскольку расположение аккумулятора было заранее определено и зафиксировано относительно печатной платы, требовалось выбрать оптималь-

ные места для установки дисплея, потенциометра и высокочастотных разъемов для измерения частоты. Поскольку эти элементы монтируются проводным способом, их размещение на корпусе не привязаноотносительно платы и их расположение влияет лишь на длину проводов от элемента до ПУ.

Для удобства эксплуатации потенциометр расположен по центру прибора, так как является основным элементом управления, позволяющим выбирать режим работы устройства. Под ним находится ZIF-разъем для измеряемых элементов. При необходимости для измерения SMD-компонентов в этот разъем можно установить переходную плату с контактными площадками. Дисплей установлен под углом, исключающим эффект углового затенения, что повышает удобство считывания информации.

Разъемы для измерения частоты сигнала расположены на торце прибора, что позволяет избежать неудобств от подключённых измерительных щупов. Разъем питания – зарядки аккумулятора также вынесен на торец устройства, а в отсеке для аккумулятора предусмотрено отверстие для его проводного подключения к ПУ.

После окончательного позиционирования элементов был выбран способ крепления корпусных деталей. Длянадёжной сборкиприбора в заранее предусмотренные посадочные места вплавлены латунные резьбовые втулки под винты. Дисплей, крышка аккумуляторного отсека и печатный узел аналогично крепятся с помощью винтов и латунных втулок, что обеспечивает надёжную фиксацию и устойчивость прибора к механическим воздействиям.

Все элементы корпуса прибора в целом были разработаны в КОМПАС-3D[2]. Итоговый результат проделанной работы по разработке прибора представлен на рис. 3.



Рис. 3. Макет(слева) и 3D-модель разработанного измерительного прибора(справа)

В результате работы был разработан компактный автономный прибор с простым управлением и удобной сборкой, который легко ремонтируется благодаря доступу к заменяемым элементам. Он обеспечивает высокую точность измерения емкости, индуктивности и частоты сигналов, используя комбинацию частотного метода и метода заряда-разряда. Компактность, удобство и продуманная эргономика делают прибор подходящим для профессионалов, студентов и радиолюбителей.

Библиографический список

1. ***Жданкин, Н.С.*** Разработка печатной платы универсального измерительного устройства / Н. С. Жданкин // Наука молодых : Сборник статей по материалам XVI Всероссийской научно-практической конференции, Арзамас, 06–07 декабря 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С. 162-166. – EDN KCLCUC.

2. ***Жданкин, Н.С.*** Интеграция AltiumDesigner и Компас-3D: преимущества и возможности при разработке электронных устройств // Научные перспективы 2024: Сборник материалов Региональной молодежной научно-технической конференции, 25–26 апреля 2024 г., Дзержинск. – С. 90–91.

3. ***Ким, К. К.*** Разработка измерителя малых емкостей с линейной характеристикой / К. К. Ким, А. А. Ткачук, А. А. Кузнецов // Омский научный вестник. – 2022. – № 4(184). – С. 66-69. – DOI 10.25206/1813-8225-2022-184-66-69. – EDN XHJKWQ.

4. ***Литвиненко, В. Н.*** Устройство для измерения емкости конденсаторов / В. Н. Литвиненко, К. А. Надеждин // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2012. – № 2(2). – С. 63-64. – EDN QNRHWJ.

5. ***Пирогова, Е.В.*** Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОРТАТИВНОГО ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФОРМЫ

И.А. Клюев
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Статья посвящена проектированию генератора сигналов специальной формы, работающего на методе прямого цифрового синтеза. Основное внимание уделено разработке схемы электрической структурной и принципиальной, выбору элементной базы. Представлены результаты исследования возможностей программируемого генератора AD9833, разработана конструкция печатного узла генератора сигналов с высокой плотностью компоновки, выполнены расчеты конструкции.

Ключевые слова: генератор сигналов специальной формы, прямой цифровой синтез, портативный генератор, структурная схема, трехмерное моделирование.

В современном мире, насыщенном различного рода электроникой, особой актуальностью обладают устройства, выполняющие функцию генераторов сигналов специальной формы. Такие приборы служат для точного формирования аналоговых сигналов с заданными характеристиками и применяются в широком круге областей. Без них не обходится ни одна научно-исследовательская лаборатория, производственное предприятие, образовательное учреждение. Например, при испытаниях измерительной аппаратуры или исследовании характеристик усилительных каскадов, предназначенных для работы с периодическими или импульсными сигналами, первостепенное значение имеет изучение характера отклика электрической цепи на входные воздействия. При этом для подтверждения частотных характеристик системы необходимо подавать на вход различные формы эталонных периодических сигналов [1].

Целью настоящей работы является проектирование генератора сигналов специальной формы с формированием выходных сигналов на основе методов прямого цифрового синтеза.

Разрабатываемый генератор сигналов должен соответствовать следующим техническим требованиям:

– формирование синусоидального, прямоугольного и треугольного сигналов с возможностью их выбора;

– диапазон частот на выходе генератора от 1 Гц до 10 МГц с минимальным шагом регулировки 0,1 Гц;

– амплитуда формируемого сигнала не менее 0,5 В;

– регулировка и индикация параметров работы генератора должна осуществляться с помощью кнопок и LCD-дисплея.

Структурная схема разрабатываемого генератора сигналов, удовлетворяющего обозначенным требованиям, представлена на рис. 1.

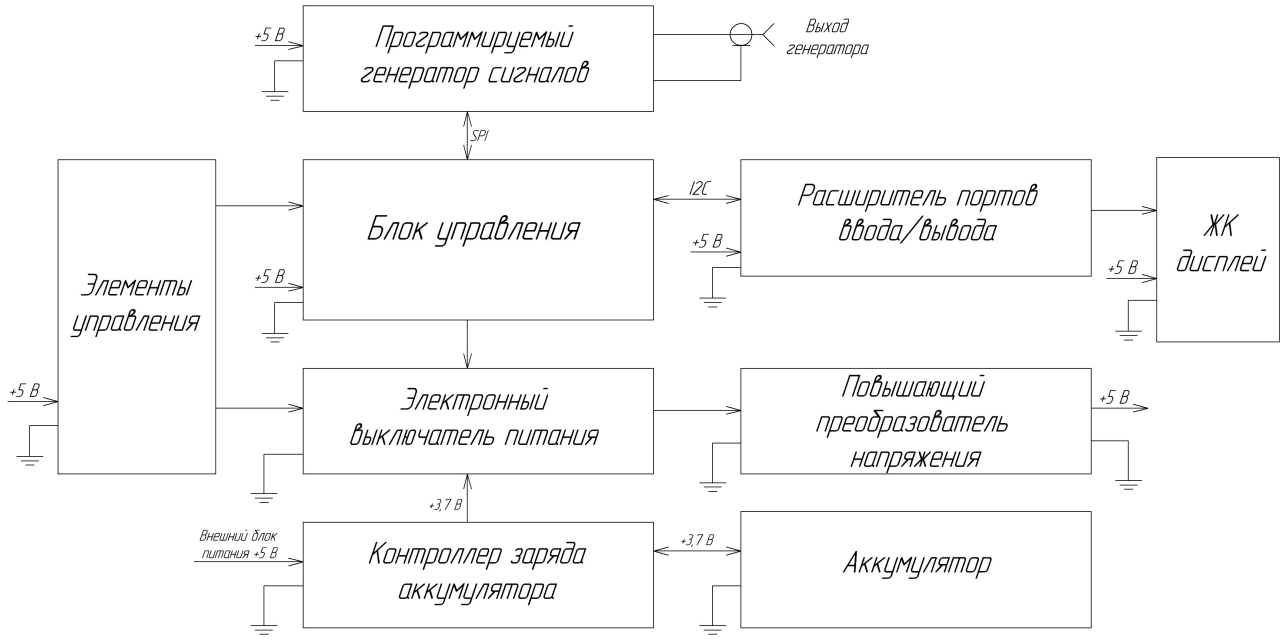


Рис.1. Структурная схема портативного генератора сигналов

Основным функциональным узлом схемы является программируемый генератор сигналов. Данный узел представлен микросхемой прямого цифрового синтеза AD9833. Применение такого типа генератора сигналов позволяет обеспечить точную цифровую настройку частоты с разрешением до 10 мкГц и фазы с точностью до долей градуса. Генератор AD 9833 характеризуется чрезвычайно высокой скоростью перестройки частоты без переходных процессов. При этом он отличается компактностью, низким энергопотреблением и доступной ценой. Встроенный цифровой интерфейс позволяет легко реализовать дистанционное управление синтезатором через микроконтроллер [2].

В данном случае управление генератором сигналов происходит программно по шине SPI от блока управления.

Блок управления реализован на микроконтроллере ATMEGA328P. Микроконтроллер имеет 23 линии ввода-вывода, 8-канальный 10-битный АЦП, три таймера (два 8-битных и один 16-битный), а также встроенные интерфейсы UART, SPI и I2C. Данные характеристики позволяют осуществлять управление программируемым генератором сигналов, выводить информацию на ЖК-дисплей, принимать команды от элементов ручного управления и управлять питанием устройства.

Вывод информации в графической форме происходит через дисплей LCD1602. Для экономии контактов микроконтроллера схема содержит расширитель портов ввода/вывода, представляющий собой I2C-драйвер.

Разрабатываемый генератор должен быть автономным. Таким образом, схема содержит внутренний Li-Ion аккумулятор с выходным напряжением 3,7 В. Для стабильной, энергоэффективной и долговечной работы аккумулятора схема содержит узел контроллера заряда аккумулятора. Он обеспечивает защиту аккумулятора от переразряда и перезаряда.

Для экономичной работы блока портативного генератора сигналов следует предусмотреть автоматическое отключение блока в случае долгого простоя. Для этого структурная схема содержит узел электронного выключения питания. Данный узел разрывает цепь питания 3,7 В по команде с блока управления, а также элемента ручного управления.

Учитывая, что все основные функциональные блоки питаются постоянным стабилизированным напряжением 5 В. Для его формирования требуется повышающий преобразователь напряжения с 3,7 В до 5 В.

На следующем этапе в рамках исследования возможностей генератора AD9833 была собрана схема на базе готовых модулей ArduinoNano и модуля генератора на AD9833. Эскиз схемы для исследования представлен на рис. 2. Модуль AD9833 напрямую подключается к Arduino. Кнопки S1 и S2 необходимы для выбора вида сигнала и корректировки выходной частоты.

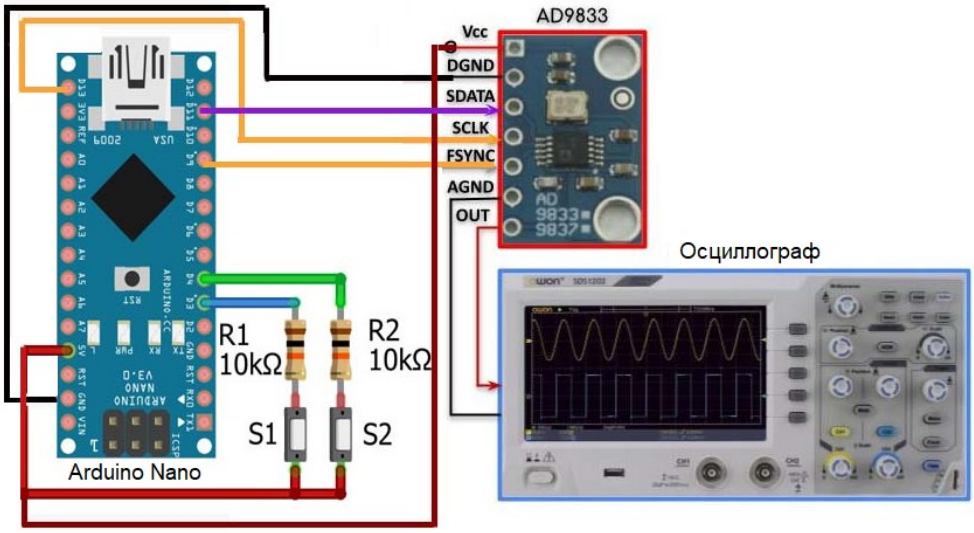


Рис.2. Эскиз схемы включения генератора AD9833

Осциллограммы выходного сигнала генератора представлены на рис. 3. На осциллограммах представлены три вида сигналов: синусоидальный, треугольный и прямоугольный. Максимальная амплитуда синусоидального и треугольного сигналов составляет не менее 0,5 В, прямоугольного – 2,8 В. Максимальная частота сигналов всех форм составила не менее 12 МГц. Полученные результаты подтверждают возможность применения генератора AD9833 в рамках настоящего проекта.

Далее в соответствии со структурной схемой и техническим заданием была разработана схема электрическая принципиальная и конструкция печатного узла (ПУ) портативного генератора сигналов специальной формы. Разработка осуществлена с учетом современных требований к миниатюризации электронных устройств и обеспечения электромагнитной совместимости. Вся активная и пассивная элементарная база, за исключением кнопок и разъемов, выбрана в корпусах для поверхностного монтажа. Конструкция ПУ представ-

лена на рис. 4.

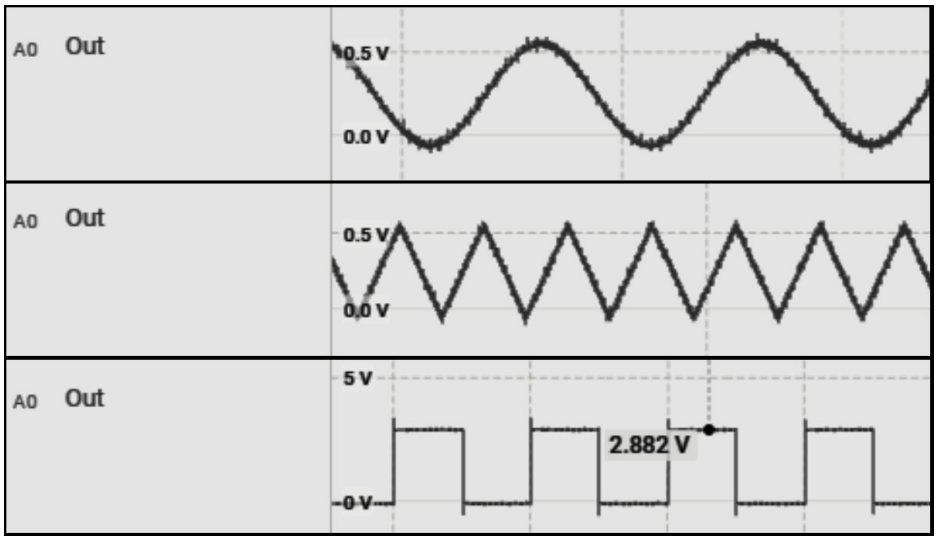


Рис. 3. Выходные осциллограммы генератора AD9833

Все основные функциональные узлы схемы размещены на одном ПУ, за исключением Li-Ion аккумулятора, который следует разместить в корпусе блока. На верхней стороне ПУ расположены кнопки управления, разъемы для программирования микроконтроллера, подключения аккумулятора, внешнего питания и выхода генератора, а также LCD-дисплей, закрепленный на плате с помощью стоек. На нижней стороне размещены все остальные радиоэлементы схемы. Габариты печатного узла составили 105×60×23,6 мм, масса 70 г. Крепление ПУ к корпусу блока осуществляется через крепежные отверстия по углам платы.

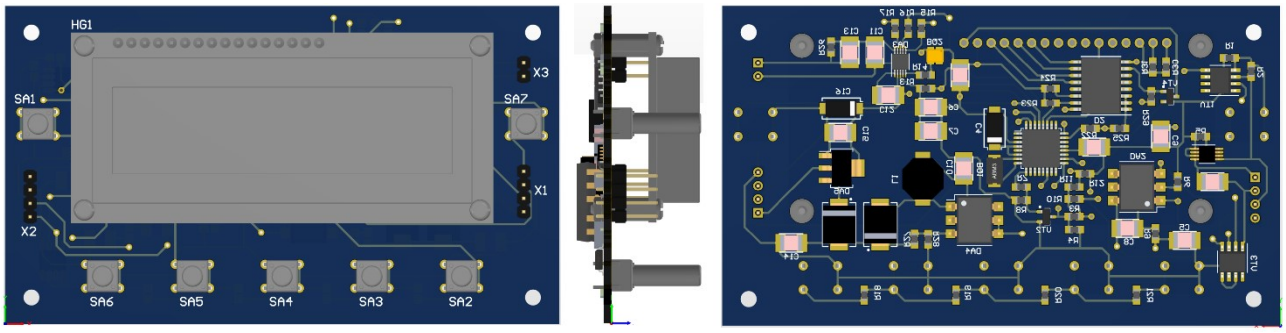


Рис. 4. Конструкция печатного узла генератора сигналов

Расчеты вибропрочности и ударопрочности конструкции подтвердили стойкость ПУ к внешним воздействующим факторам. Средняя наработка на отказ устройства составила 23694 ч.

Следующим этапом работы является разработка конструкции блока портативного генератора сигналов специальной формы и дальнейшей реализации его в виде макетного образца.

Библиографический список

1.***Микушин, А. В.*** Цифровые устройства и микропроцессоры: учеб. пособие / А. В. Микушин, А. М. Сажнев, В. И. Синицин. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 832 с.: ил.

2. ***Тюрин, В.А.*** Метод прямого цифрового синтеза в генераторах сигналов специальной формы SFG-2110 и АКИП-3410/3: учебно-методическое пособие / В.А. Тюрин. - Казань: Казанский федеральный университет, 2015. - 74 с.

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЗЕРКАЛ ДЛЯ ЛАЗЕРНЫХ ГИРОСКОПОВ

М.А. Коннова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлены эксплуатационные особенности применения лазерных гироскопов (ЛГ): описаны принцип работы лазерного гироскопа и его составные элементы, причины возникновения резонаторных потерь, факторы, влияющие на точностные характеристики.

Ключевые слова: лазерный гироскоп, резонатор, зеркало, шероховатость поверхности

Лазерный гироскоп (ЛГ) представляет собой высокоточный сенсор, предназначенный для измерения угловой скорости. Этот прибор стал неотъемлемой частью инерциальных навигационных систем (ИНС), которые используются в авиации, космонавтике, морском и наземном транспорте [1]. Основное преимущество ЛГ заключается в его автономности и помехозащищенности, что позволяет определять ключевые параметры движения, такие как координаты местоположения, скорость, угловая ориентация и ускорение.

Принцип работы ЛГ основан на эффекте Саньяка: при вращении прибора световые волны, движущиеся в противоположных направлениях, приобретают разную частоту. Эта разница позволяет точно определить угловую скорость. ЛГ обладает рядом преимуществ, включая высокую точность измерений, отсутствие механических частей, подверженных износу, и компактные размеры. Однако существует и ограничение: точность прибора зависит от его линейных размеров, что накладывает определенные требования на конструкцию.

Чувствительный элемент (ЧЭ) лазерного гироскопа представляет собой гелий-неоновый лазер, который генерирует два встречных луча света. Эти лучи движутся по замкнутой траектории внутри оптического резонатора, образованного четырьмя зеркалами. Зеркала, изготовленные из оптической стеклокерамики (ситалла) или кварца, играют ключевую роль в обеспечении стабильной работы лазера.

Настройка периметр резонатора осуществляется с помощью пьезоэлектрических преобразователей, которые позволяют точно регулировать положение зеркал. Качество зеркал напрямую влияет на точность и надежность работы гироскопа, что делает их производство одним из наиболее ответственных этапов создания ЛГ.

Зеркала в лазерном гироскопе – это не просто отражающие поверхности, а сложные многослойные конструкции, обеспечивающие многократное отражение света. Каждое зеркало состоит из интерференционного покрытия, нанесенного на суперполированную поверхность подложки из ситалла. [2]

Именно зеркала формируют оптический резонатор, который обеспечивает замкнутую траекторию распространения световых волн. Любые дефекты или

неровности на поверхности зеркал могут привести к рассеянию света, что снижает точность измерений и ухудшает работу гироскопа. Поэтому производство зеркал требует высочайшего уровня технологий и строгого контроля качества.

Для обеспечения высокой точности и надежности лазерного гироскопа зеркала должны отвечать строгим требованиям. *Во-первых*, они должны рассеивать не более 10^{-5} от мощности оптического пучка. *Во-вторых*, их поверхность должна быть практически идеально гладкой: среднеквадратическая шероховатость не должна превышать 2 Å.

Материал подложки также играет важную роль. Обычно используется ситалл (оптическая стеклокерамика), который сочетает в себе прочность и идеальную гладкость. Однако даже такой материал требует тщательной обработки, чтобы достичь необходимых характеристик.

Шероховатость поверхности зеркал является одним из ключевых факторов, влияющих на точность лазерного гироскопа. Даже микроскопические неровности могут привести к рассеянию света, что снижает интенсивность лазерного луча и ухудшает качество сигнала.

Для минимизации шероховатости производители используют технологии сверхточной полировки. Однако даже после полировки на поверхности могут оставаться следы обработки, которые вызывают анизотропию – неравномерное рассеяние света в зависимости от направления. Это создает дополнительные сложности при производстве зеркал.

Контроль качества зеркал включает несколько этапов. Первый этап – визуальный осмотр с помощью микроскопов, таких как Axio. Специалисты проверяют поверхность подложек на наличие дефектов: трещин, сколов, царапин. Подложки, не соответствующие классу чистоты 0-40, отбраковываются.

Следующий этап – оптические измерения с использованием профилометров, таких как Zygo. Эти приборы позволяют измерять шероховатость с точностью до субнанометров, используя технологию когерентной сканирующей интерферометрии (CSI).

Наконец, толщина напыляемого покрытия контролируется с помощью спектральных эллипсометров. Эти приборы измеряют оптические константы тонких пленок и подложек, обеспечивая идеальное качество покрытия.

Для контроля качества зеркал используется высокотехнологичное оборудование. Микроскопы Axio позволяют увеличивать поверхность подложек до 500 крат, выявляя малейшие дефекты. Профилометры Zygo обеспечивают точность измерений на уровне ангстрем, что критически важно для достижения необходимой шероховатости.

С учетом имеющегося собственного производства было проведено исследование зеркал в количестве пяти штук, производившееся с помощью профилометра Zygo. В партии достигнуто высокое качество поверхности подложек с шероховатостью на сферических подложках менее 0.45 Å, на подложках плоских зеркал менее 0.5 Å. Количество дефектов, наблюдаемых при увеличении 500 крат, а также амплитуда интегрального рассеяния от зеркал (TIS) соответ-

ствует всем заявленным требованиям. Поскольку рассеяние излучения в зависимости от азимутального положения зеркала анизотропно, указаны минимальные и максимальные значения TIS:

- 0,5 - 5 ppm на сферических зеркалах;
- 2 - 8 ppm на плоских зеркалах.

В табл. 1 приведен анализ 5 зеркал собственного производства характеристики зеркал, величина рассеивания (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики зеркал российского производства

№ зеркала	Рассеяние σ, ppm			
	TIS	Кол. деф.	от всех деф.	от max деф.
1	0,41-3,19	16	0,037	0,009
2	0,68-3,14	15	0,065	0,038
3	0,57-3,08	16	0,101	0,065
4	0,71-2,9	14	0,025	0,027
5	1,49-4,36	62	0,528	0,067

На рис. 1 представлен результат измерения шероховатости поверхности зеркал на профилометре, шероховатость зеркала Ra=0,395 Å (рис. 1, *а*), шероховатость зеркала Ra=0,320 Å (рис. 1, *б*).

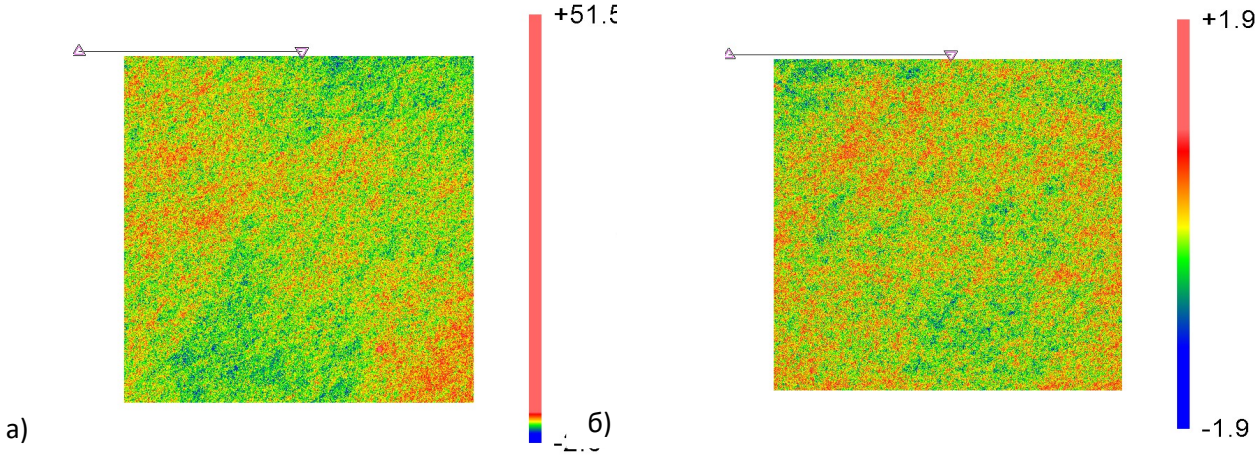


Рис.1. Шероховатость поверхности зеркал российского производства

Спектральные эллипсометры, в свою очередь, позволяют контролировать толщину и качество напыляемого покрытия. Эти приборы работают в широком спектральном диапазоне и способны измерять толщину слоев от 1 нм до 100 мкм.

Результаты исследований подтверждают, что российские зеркала для лазерных гироскопов соответствуют самым строгим мировым стандартам. Шероховатость поверхности составляет менее 0,5 Å, а уровень рассеяния света (TIS) не превышает 5 ppm для сферических зеркал и 8 ppm для плоских.

Эти характеристики позволяют использовать российские зеркала в высокоточных навигационных системах, где ошибка в одну тысячную градуса в час может стать критической. Благодаря передовым технологиям производства и строгому контролю качества, российские зеркала стали конкурентоспособными на мировом рынке.

Библиографический список

1. ***Карасик, В.Е.*** Основы расчета проектирования и технологии изготовления лазерных и волоконно-оптических гироскопов. Ч. 2/ Изд-во МГУ Им. Н.Э. Баумана, 1989. - 371 с.
2. Как это работает. Лазерный гироскоп. [Электронный ресурс] URL: https://rostec.ru/media/news/kak-eto-rabotaet-lazernyy-giroskop/?ysclid=m2015fbp5909382727 / (дата обращения 8.10.2024).

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛОГАБАРИТНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА

М.О. Крутцов[1,2], Я.В. Якшенев[1,2]
[1]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт
[2]АО АНПП «ТЕМП-АВИА»

В статье рассмотрено составление математической модели и проведение необходимых расчетов, позволяющих определить параметры привода, при которых он обладает заданными динамическими свойствами.

***Ключевые слова*:** привод электромеханический, математическая модель привода, логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика, передаточная функция, бортовые системы автосопровождения, усилитель мощности, исполнительный двигатель.

Одной из характерных черт современности является интенсивное применение новейших научных разработок при создании сложных информационно-управляющих комплексов. Безусловно, эта тенденция присутствует и при разработке алгоритмов управления приводами бортовых систем, решающих задачу автоматического сопровождения объектов по данным различных пеленгаторов. При этом возникают новые возможности формирования управления приводами бортовых систем автосопровождения, ведущие к улучшению точностных характеристик систем сопровождения объектов.

Одним из направлений при создании является разработка моделей и эффективных алгоритмов управления приводами бортовых комплексов, предназначенных для установки на воздушном, надводном и наземном транспорте.

1. Цель моделирования

Целью моделирования является определение динамических параметров привода электромеханического, при которых обеспечиваются основные технические характеристики привода. Динамические свойства можно сформулировать кратко: привод должен воспроизводить заданный закон движения с требуемой точностью.

2. Данные для моделирования

Данные для моделирования приведены в табл. 1-2.

Таблица 1

Характеристики привода, необходимые для составления имитационной модели

Наименование характеристики	**Значение**
Амплитуда угловой скорости по оси OX, °/с;	180
Амплитуда углового ускорения по оси OX, °/с^2;	4000
Амплитуда угловой скорости по осям OY, OZ, °/с;	100
Амплитуда углового ускорения по осям OY, OZ, °/с^2;	3000

Моменты инерции нагрузки: – J_H^X, г·мм^2; – J_H^Y, г·мм^2; – J_H^Z, г·мм^2;	 675673,468512 1154397,087961 1360697,452076
Моменты инерции рам карданова подвеса: - момент инерции внутренней рамки относительно оси подвеса $J_{вр}^Z$, г·см^2 (расчетное значение в программе «T-Flex»); - момент инерции наружной рамки $J_{нр}^z$ совместно с внутренней $J_{нр}^y$, кг·м^2 (расчетное значение в программе "T-Flex");	 15074,1 13512,2
Углы поворота нагрузки: - вокруг оси OY, градус, не менее; - вокруг оси OZ, градус, не менее	 ± 15º ± 15º
Статическая ошибка приведения нагрузки на заданный угол, не более, градус	0,2
Скорость управления нагрузкой, º/с, не менее.	45

Таблица 2

Основные технические характеристики привода с двигателем

Наименование характеристики	**Значение**
Номинальное напряжение питания постоянного тока, В	20
Номинальный момент, Мном, Н·м	0,112
Сопротивление обмотки ротора Rя, Ом, ±17 %	18
Индуктивность обмотки ротора, $L_я$, мГн	5,0
Электромагнитная постоянная $T_м$, мс	0,4
Электромеханическая постоянная$T_{эм}$, мс	70
Коэффициент момента $C_м$, Н·м/А	0,11
Коэффициент противо-ЭДС $C_е$, В·с	0,11
Передаточное отношение редуктора, q_z	5,18
Момент инерции ротора двигателя J_{dv}, Гсмс^2	0,071
Момент трения в приводе $M_{трZ}$, /$M_{трY}$,Гсм	1000/4500

3. Построение модели привода

Необходимое условие работы привода – обеспечение исполнительной частью привода скоростей, ускорений, моментов, позволяющих приводу осуществить требуемый закон движения при всех действующих на него нагрузках.

В общем виде требуемые динамические свойства привода можно сформулировать кратко:

Привод должен воспроизводить заданный закон движения с требуемой точностью.

Привод работает следующим образом:

– с системы управления СУ основного изделия поступает управляющее напряжение Uzad, пропорциональное заданному углу;

– в предварительном усилителе ПУ сигнал усиливается и поступает в блок коррекции КЦ;

– усиленный и скорректированный сигнал Upu поступает на усилитель

мощности УМ, после чего усиленный по мощности сигнал Udv подается на привод ИП;

– исполнительный двигатель привода ИП преобразует этот сигнал во вращающий момент Mdv, который усиливается редуктором и прикладывается к оси платформы П с нагрузкой, придавая ей ускорение;

– изменяющийся угол платформы, преобразовываясь в датчике обратной связи Дос с редуктором в напряжение Uos, подается на вход усилителя сравнения предварительного усилителя ПУ;

– платформа П с нагрузкой вращается до тех пор, пока напряжение обратной связи Uoc не сравняется с задающим напряжением с некоторой ошибкой, являющейся статической ошибкой привода.

Рассмотрим свойства элементов электропривода, входящих в блок-схему.

3.1. Элемент сравнения – предварительный усилитель (ПУ), на его вход поступает разность ΔU сигналов

$$\Delta U = Uzad - Uoc. \quad (1)$$

Процессы преобразования в ПУ будем считать безинерционными, поэтому

$$Upu = Kpu \cdot \Delta U, \quad (2)$$

где Кпу – коэффициент усиления предварительного усилителя.

3.2. Усилитель мощности (УМ) преобразует напряжение *Uum* в напряжение на якоре исполнительного двигателя *U*я.

$$Udv = Kum \cdot Upu. \quad (3)$$

Блоки ПУ, КЦ и УМ представляют усилитель управления приводом.

$Kyc = Kpu \cdot Kum$ можно определить из условия выполнения требования ТЗ по ошибке приведения.

Из выражения $\alpha_0 = \frac{M_B}{K_{CT}}$ найдем требуемый коэффициент усилителя, где α – заданная ошибка приведения, $M_в$ – постоянный момент, K_{CT} – статический коэффициент привода.

$$K_{CT} = Kyc \cdot Kdv \cdot q,$$

$$Kyc = \frac{M_B}{Kdv \cdot q \cdot a_0}$$

Подставляя значения величин из табл. 1-2 принимаем в качестве основного момента – момент трения и, задаваясь ошибкой θ с некоторым запасом 8′ – 9′, получим:

для канала *Z*

– $Kyc_z = 1000/61/5{,}183/9 \cdot 3440 = 1021$ В/рад; (4)

– для канала *Y*

$Kyc_y = 4500/2/61/8{,}07/9 \cdot 3440 = 1476$ В/рад. (5)

На данном этапе таким образом принимаем $Kum = 1$, $Kpu_Z = 1021$ В/рад, $Kpu_Y = 1476$ В/рад.

3.3 Исполнительный двигатель (ИД). Процессы, происходящие в исполнительном двигателе, описываются условием равновесия напряжений по второму закону Кирхгофа для цепи ротора двигателя и имеют вид:

$$U_{dv} = R_я \cdot I_я + L_я \frac{dI_я}{dt} + C_e \cdot q \cdot \Omega_{dv}, \text{ или}$$

$$I_я = (U_{dv} - C_e \cdot q \cdot \Omega_{dv}) \frac{1}{R_я} - L_я \frac{dI_я}{dt}. \quad (6)$$

4. Математическая модель внутреннего канала *Z* привода

4.1. Математическая модель внутреннего канала *Z* привода представлена на рис. 1.

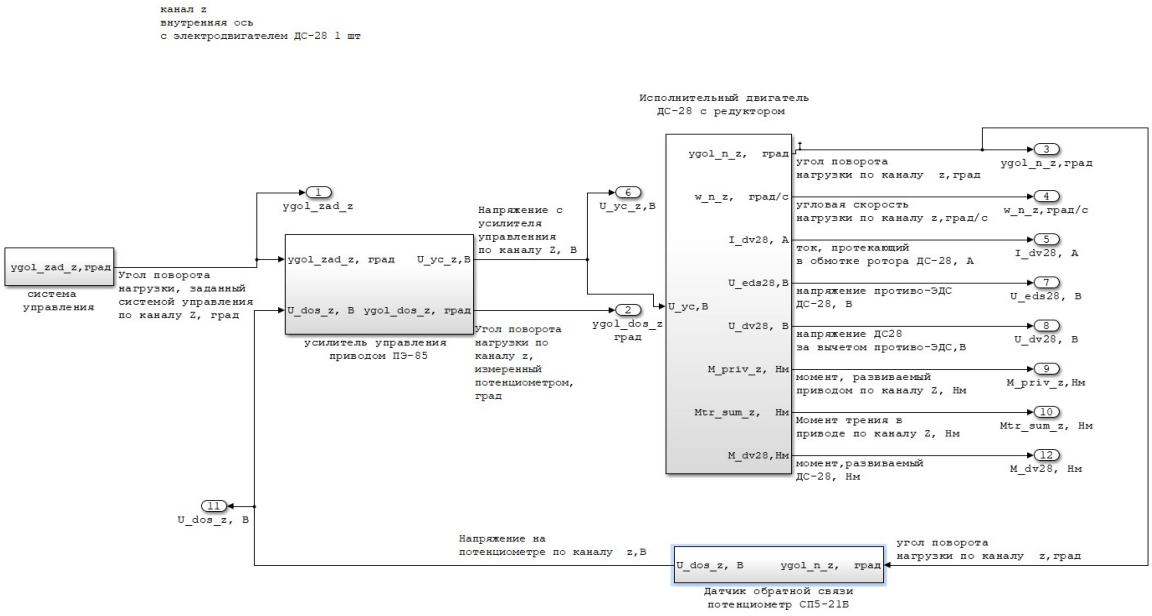


Рис. 1. Математическая модель внутреннего канала Z привода

Модель работает следующим образом:

– задающий сигнал с системы управления различной формы поступает на вход усилителя управления приводом. Для удобства определения динамических параметров привода входной сигнал преобразован из напряжения в угол (рад);

– разность сигналов *Ug.zad* и *Ug.os* подается на предварительный усилитель ПУ;

– подбор цепей коррекции для обеспечения достаточных запасов устойчивости по амплитуде и фазе проведен в среде MatLab по команде – sisotool(linsys1);

– из КЦ сигнал *Upu* поступает на УМ и, усиленный по мощности, подается на ИД;

– протекающий в обмотке ротора ток *I*я взаимодействует с магнитным полем статора и через коэффициент *C*м редукцию *q* преобразуется во вращающий момент двигателя;

– момент двигателя *Mdv*, за вычетом момента трения *Mtr*, воздействует на платформу П, придавая ей ускорение.

– Integrator1 преобразует ускорение в скорость, а Integrator2 преобразует скорость в угол, который подается на вход суммирующего устройства.

Контур замкнулся.

4.2 Параметры устойчивости следящего привода.

Вид передаточной функции КЦ, полученный в результате подбора, имеет вид:

$$W_{кц}(p) = \frac{(0.025p+1)}{(0.001p+1)(0.0015p+1)}.$$

ЛАФЧХ с данной коррекцией приведены на рис. 2-3.

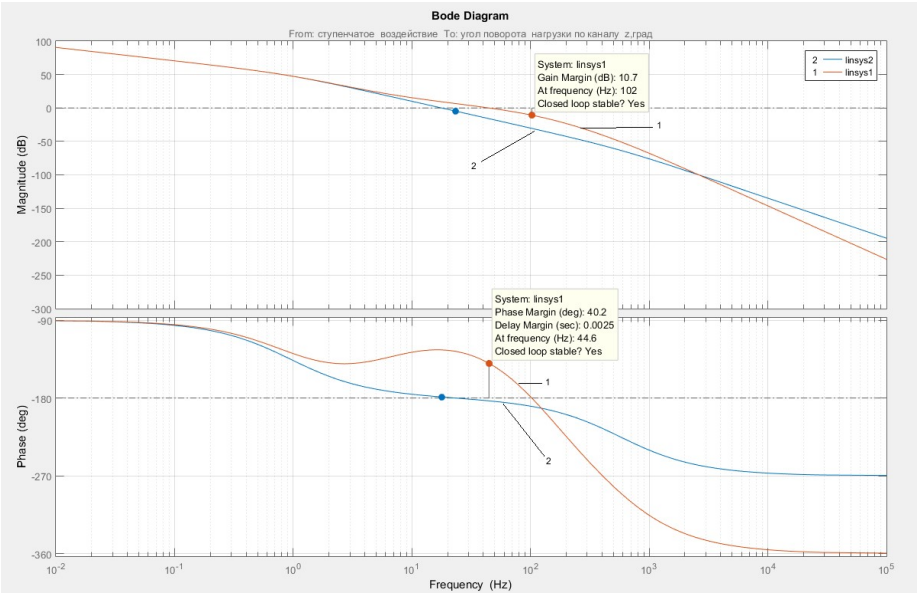


Рис. 2. Логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики модели разомкнутой системы внутреннего канала *Z* привода

Запас по амплитуде $A_{зап}$ = 10,7 Дб, запас по фазе $\varphi_{зап}$= 40,2°, частота среза – $f_{ср}$ = 44,6 Гц.

Подъем амплитуды частотной характеристики $A_з$ = 7,78 Дб. Частота среза $f_{ср}$ = 70,6 Гц, запас по фазе $\varphi_{зап}$ = 42°.

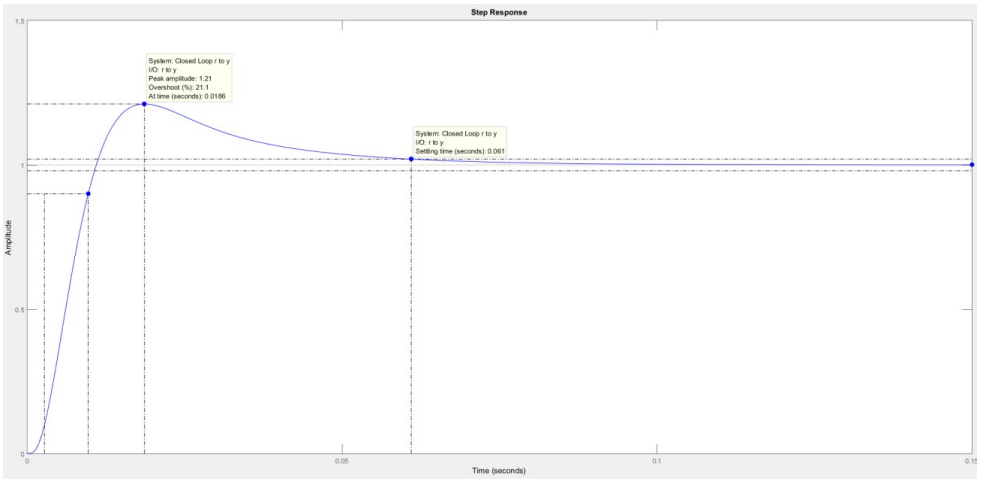


Рис. 3. Реакция модели внутреннего канала *Z* привода на единичное ступенчатое воздействие

Перерегулирование σ = 21,1%, время приведения в трубку точности τ = 0,06с.

5. Математическая модель наружного канала *Y* привода

5.1. Математическая модель наружного канала *Y* привода, составленная аналогично каналу Z, представлена на рис. 4.

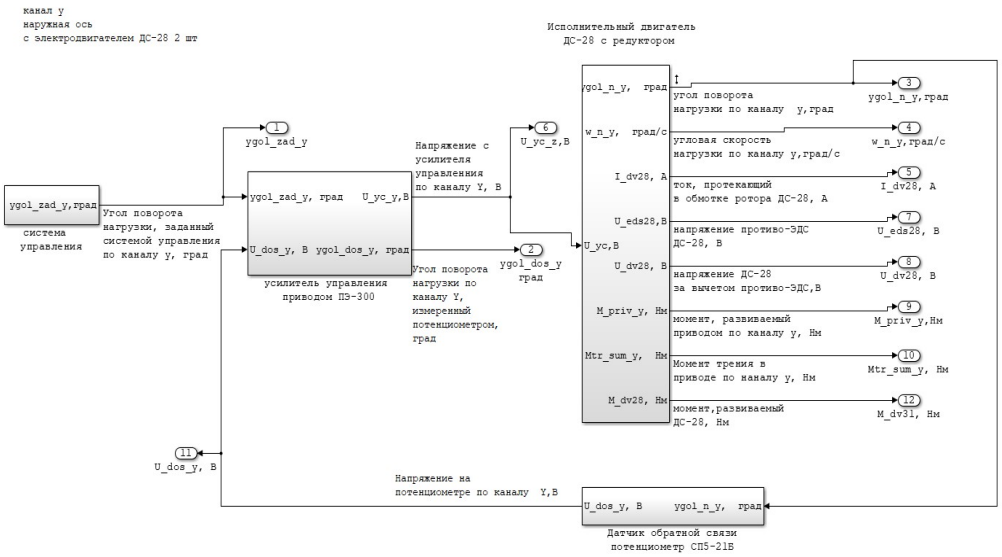


Рис. 4. Математическая модель наружного канала *Y* привода

Вид передаточной функции КЦ, полученный в результате подбора, имеет вид:

$$W_{кц}(p)=\frac{(0.0097\,p+1)}{(0.001\,p+1)(0.0006\,p+1)}.$$

ЛАФЧХ модели наружного канала *Y* с данной коррекцией приведены на рис. 5-6.

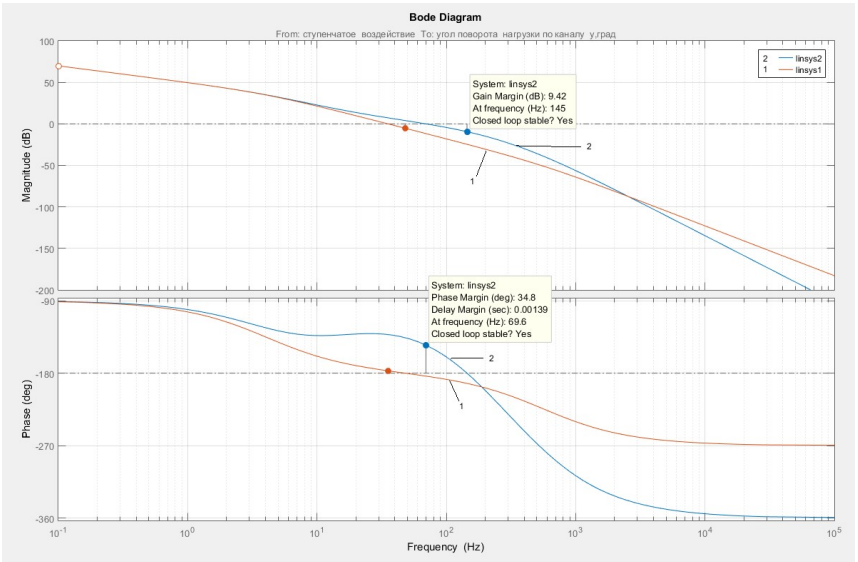


Рис. 5. Логарифмические амплитудно-фазовые частотные характеристики модели разомкнутой системы наружного канала *Y* привода

Запас по амплитуде $A_{зап}$ = 9,42 Дб, запас по фазе $\varphi_{зап}$ = 34,8° частота среза – $f_{ср}$ = 69,6 Гц.

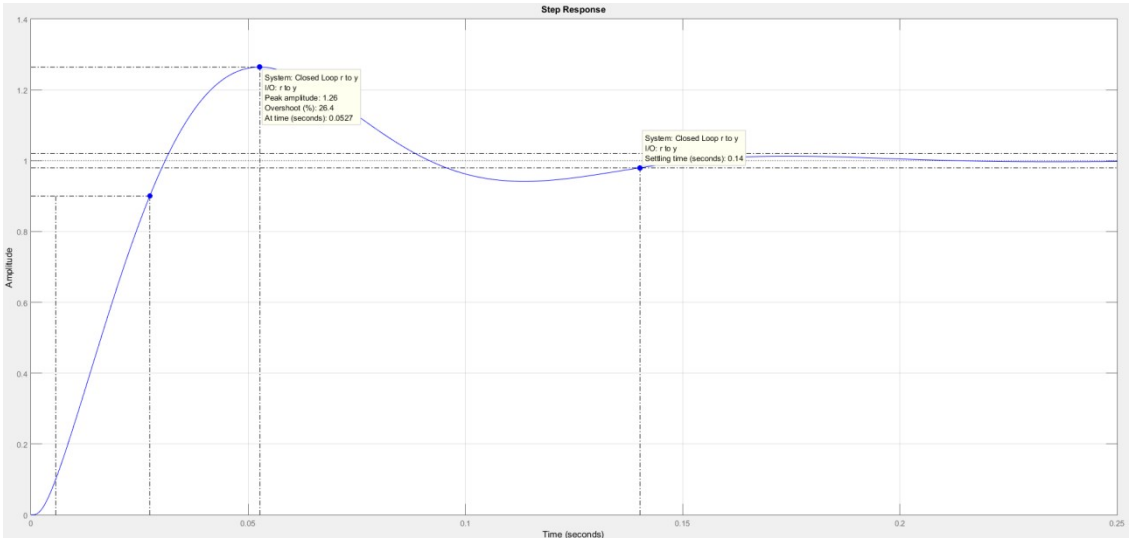


Рис. 6. Реакция модели наружного канала *Y* на единичное ступенчатое воздействие

Перерегулирование σ = 26,4%, время приведения в трубку точности τ = 0,1 с.

В рамках данной работы была выполнена поставленная практическая задача повышения точности сопровождения объектов через разработку и оптимизацию алгоритмов управления бортовыми приводами систем автосопровождения. Были разработаны математические модели системы управления, проведены расчеты основных параметров.

Библиографический список

1. ***Бесекерский, В.А.*** Динамический синтез систем гироскопической стабилизации/ В.А. Бесекерский, Е.А. Фабрикант. – Ленинград: Судостроение, 1986.
2. ***Солодовников, В.В.*** Основы автоматического управления. - М.: Машиностроительная литература, 1963.
3. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем (в двух частях) ч. II Гироскопические стабилизаторы под ред. Проф. Д.С. Пельпора. М.: Высшая школа, 1977.
4. Переходные процессы систем автоматического регулирования. М.: Машиностроение, 1965.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО МОДУЛЯ ДОВЕРЕННОЙ ЗАГРУЗКИ ДАННЫХ

Е.М. Кужель
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрено создание аппаратного модуля безопасной загрузки данных, осуществляющее криптографическую защиту записываемой информации по алгоритму шифрования ГОСТ 28147-89.

***Ключевые слова**:* микроконтроллер, печатная плата, система защиты данных

Средства защиты обеспечивают неприкосновенность и недоступность критически важной информации об объектах, касающийся государственной и банковской тайны, персональных данных и коммерческой информации в соответствии с регламентирующим документами РФ.

Проектируемый аппаратный модуль позволит обеспечить уровень защиты виртуальной среды от несанкционированного доступа (НСД) путем обеспечения доверенной загрузки виртуальных машин и последующее использование адаптивной системы управления процессами обработки и передачи информации в соответствии с требованиями регламентирующих документов РФ путем использования криптографической защиты, записываемой информации, по алгоритму шифрования ГОСТ 28147-89.

Большая часть устройств аппаратно-программного шифрования реализована на базе локального интерфейса PCI с использованием плат расширения или приборов типа USB-ключ. Производителями подобных продуктов являются, в основном, Россия, США и Япония.

Одним из наиболее широко используемых компонентов, решающих задачи защиты компьютера от несанкционированных действий, является аппаратно-программный модуль доверенной загрузки (АПМДЗ), который предназначен для защиты ресурсов персонального компьютера от НСД, начиная с этапа доверенной загрузки. Структура АПМДЗ модуля представлена на рис. 1.

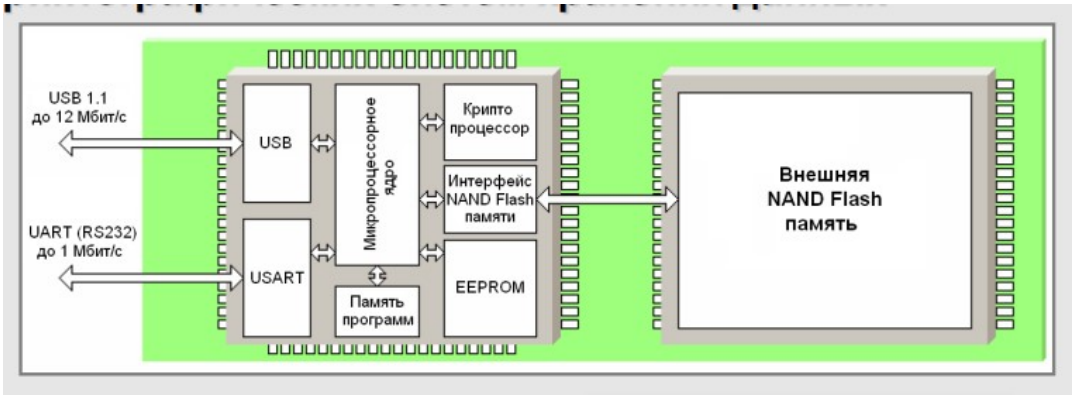


Рис. 1. Структура аппаратно-программного модуля доверенной загрузки

Основными недостатками структуры АПМДЗ, представленной на рис. 1, является то, что работа их начинается не с включения ПК, а после того, как произошла инициализация и загрузилась BIOS.

Следовательно, в случае загрузки недоверенной BIOS несанкционированные действия могут произойти до инициализации АПМДЗ. Таким образом, необходимым условием создания доверенной виртуальной среды АРМ пользователя является решение задачи защиты кода BIOS от модификации и несанкционированного воздействия, как при загрузке компьютера, так и в процессе работы.

При этом недостаточно иметь доверенную BIOS на этапе загрузки, поскольку несанкционированные изменения ее кода могут быть внесены и в процессе работы компьютера. Защита кода BIOS реализована путем программирования регистров чипсета, при этом поступающие от чипсета команды к BIOS передаются по шине SPI.

Следовательно, гарантией целостности BIOS является только заявление фирмы производителя чипсета о наличии блокирования записи в ПЗУ, являющейся физическим хранилищем BIOS.

Для устранения выявленных недостатков для аппаратного шифрования файлов в виртуальной среде передачи предлагается использовать шифрование данных через интерфейс USB со скоростью до 12 Мбит/сек. с использованием 32-х разрядного микроконтроллера.

Для предотвращения влияния на устройство высокочастотных помех из линии связи USB интерфейса, в состав устройства необходимо включить фильтр USB сигнала. Питание устройства будет обеспечиваться интерфейсом USB.

Для генерации сеансовых ключей шифрования в устройстве будет реализован аппаратно-программный генератор случайных чисел. Для хранения ключей шифрования в проектируемом устройстве будет использоваться энергонезависимая память. Структурная схема проектируемого АПМДЗ модуля представлена на рис. 2.

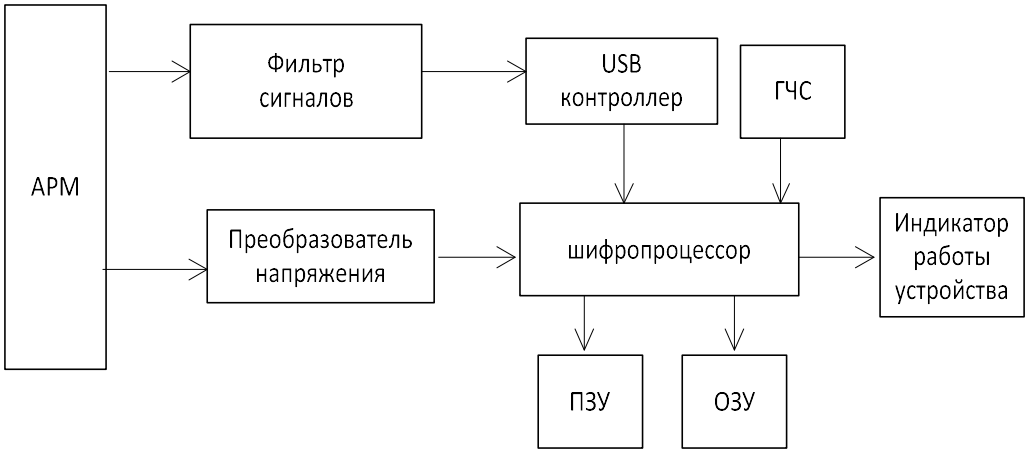


Рис. 2. Схема электрическая структурная аппаратно-программного модуля доверенной загрузки данных виртуальной среды

Особенностью АПМДЗ – модуля является наличие в блоке фильтрации сигналов схемы самоуничтожения.

Схема самоуничтожения представляет собой дискретное устройство, которое при попадании в руки потенциального злоумышленника уничтожает хранимые на ней данные без возможности восстановления их, не вызывая при этом подозрений у злоумышленника относительно ее пустоты.

Чтобы окончательно вывести микросхему из строя, на нее необходимо подать более 4,6 В. Для этого можно использовать на линии 5 В простой удвоитель напряжения. Схема электрическая принципиальная самоуничтожения данных представлена на рис. 3.

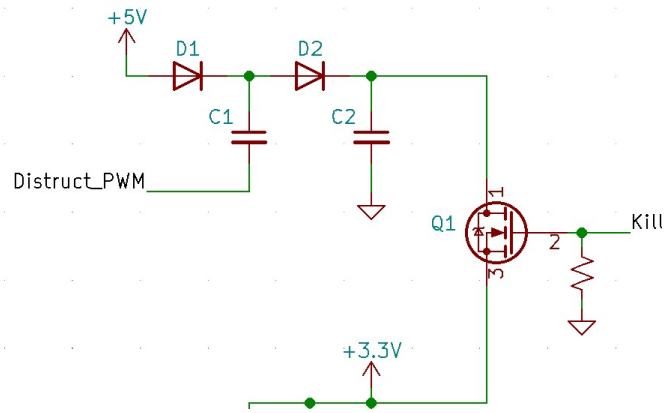


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная самоуничтожения данных

Принцип работы данной схемы заключается в том, что, когда Distruct_PWM находится в низком состоянии, конденсатор C1 заряжается до 4,3В за счет падения напряжения на светодиоде.

Если на входе Distruct_PWM подать на высокий уровень напряжения с микроконтроллера, это поднимет нижний уровень напряжения на конденсаторе C1 до 5 В, что в общей сложности даст потенциал 9,3 В.

Далее это напряжение поступает на конденсатор C2, где задержится до следующего цикла.

Когда потребуется подать это напряжение на микросхему памяти, активируется выключатель силовых цепей Q1, что позволяет полностью уничтожить хранящиеся данные.

Библиографический список

1. ***Рацеев, С.М.*** Криптография. Безопасные многосторонние вычисления. Учебное пособие, Санкт Петербург: Лань, 2025. - 468 с.
2. ***Рацеев, С.М.*** Криптографические протоколы. Схемы разделения секрета, учебное пособие, Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2025. - 528 с.
3. ***Прохорова, О.В.*** Информационная безопасность и защита информации, учебник, Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2025. - 476 с.
4. Введение в теоретико-числовые методы криптографии / М.М. Глухов, И.А. Круглов, А.Б. Пичкур, А.В. Черемушкин. – Санкт-Петербург : Издательство Лань, 2025. – 400 с.

АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС, НАПЕЧАТАННЫХ НА 3D-ПРИНТЕРЕ

А.Д. Лаптев
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье предлагается серия экспериментальных исследований, проведенных с целью получения новых выводов относительно способности зубчатых колес, напечатанных на 3D-принтере, выдерживать нагрузки в процессе эксплуатации. При проведении испытаний учитывался тип материала, из которого они были изготовлены, параметры 3D-печати. Для испытания зубчатых колес была изготовлена экспериментальная установка, состоящая из двух валов, металлического кронштейна, тисков и динамометрического ключа. Что касается материалов, то был проведен мониторинг двух типов материалов: PLA (полимолочная кислота) и ABS (акрилонитрилбутадиенстирол). Оценка прочности зубчатого колеса проводилась путем симуляции работы эвольвентного зацепления под действием различных значений величины нагрузки. Зубчатые колеса из PLA демонстрировали значительный прирост прочности при увеличении температуры печати по сравнению с зубчатыми колесами из ABS, в то время как зубчатые колеса из ABS обладали более прочной конструкцией на минимальном рекомендуемом температурном диапазоне.

***Ключевые слова*:** полимерное зубчатое колесо; 3D-печать, прочность

3D-печать, также известная как аддитивное производство (additive manufacturing), обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными энергоемкими методами. К ним относятся возможность изготовления изделий сложной геометрии в виде отдельных элементов без стыков, снижение материальных и трудовых затрат, снижение энергопотребления и упрощение обработки. Однако существенное ограничение этой технологии проявляется в точности и текстуре поверхности изготавливаемых деталей.

Зубчатые колеса, созданные с использованием 3D-печати, обладают множеством явных преимуществ, которые делают их привлекательными для различных отраслей. *Во-первых*, аддитивное производство позволяет достигать высокой степени сложности и точности геометрии зубьев, что существенно улучшает их функциональность и производительность. *Во-вторых*, возможность быстрого прототипирования и персонализации открывает новые горизонты для инженеров и дизайнеров, которые могут адаптировать детали под специфические требования без значительных затрат и временных задержек. Наконец, использование 3D-печати минимизирует количество отходов, так как материал используется с максимальной эффективностью. Исследования в этой области находятся в самом начале, поэтому нет никаких нормативных актов, устанавливающих точность и пределы износа зубчатых колес, полученных с помощью технологий 3D-печати. Текущие исследования, как правило, представляют собой экспериментальные попытки с хорошими результатами для определения механических свойств деталей, изготовленных по таким технологиям [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11].

Самой распространенной технологией получения зубчатых колес в условиях аддитивного производства является FDM (Fused Deposition Modeling) печать. Принцип работы технологии заключается в получении изделий путем послойной заливки расплавленных полимерных материалов. В данном методе могут использоваться PLA, ABS, PETG и различные термопластичные материалы.

Целью исследования, являющегося объектом данной статьи, было сделать выводы относительно влияния материала и технологии изготовления на прочность зубчатых колес, полученных с помощью аддитивных технологий. Проведенные испытания были основаны на предположении, что зубчатые колеса будут интегрированы в мехатронные/оптомехатронные системы, где необходима точность.

При сравнительном анализе зубчатых колес в данном исследование были определены следующие критерии:

1) крутящий момент, при котором шестерни деформируются или выходят из строя;
2) температура изготовления шестерни;
3) материал зубчатого колеса.

Были рассмотрены шесть напечатанных на 3D-принтере шестерни, изготовленных из PLA (полимолочной кислоты) и ABS (акрилонитрилбутадиенстирола).

Все образцы имели одинаковый модуль зубчатых колес m=1 мм, число зубьев z=56 и толщину зубчатого колеса b=12 мм. В качестве технологий печати использовалась FDM.

Что касается структуры, то параметры печати были идентичны в случае шести образцов, а именно степень заполнения 100% и размер печатного слоя 0,2 мм. Степень заполнения была принята равной 100%, чтобы избежать ошибок, вызванных возможными изменениями в базовой структуре оцениваемых моделей. Шаг изменения температуры печати для каждого образца из PLA и ABS составил 5 °C

Для производства образцов использовался принтер Creality K1 производства Shenzhen Creality 3D Technology Co., Ltd., Шэньчжэнь, Китай. Принтер Creality K1 способен печатать с высотой слоя до 0,005 мм (5 микрон), что позволяет получать образцы с относительно высокой точностью.

В большинстве исследований рекомендуется использовать PLA при температуре 215 °C в качестве оптимальной температуры для печати. Это объясняется тем, что при этой температуре достигается наилучшая прочность PLA на растяжение [12].

Для ABS-нитей рекомендуемая температура печати обычно составляет от 220° до 250°C [12,13], с вариациями в зависимости от конкретных моделей принтеров, качества нити и желаемых характеристик печати. Обычно рекомендуемая начальная температура составляет от 230 °C до 240 °C.

Для определения момента силы, при котором зубчатые колес выходят из строя, была спроектирована и реализована экспериментальная установка. Стенд

состоял из: тисков, металлического кронштейна для закрепления валов с шестернями, изготовленных образцов зубчатых колес, динамометрического ключа для вращения зубчатых колес с возможностью измерения момента.



Рис. 1. Исследовательская установка

В ходе эксперимента первыми были протестированы образцы и PLA. Шаг изменения температуры изготовления составил 5 °C. Итоговыми температурами печати образцов являлись: 205 °C, 210 °C, 215 °C.

Образец, изготовленный при 205 °C, претерпел необратимые разрушения при моменте равном 6,8 Н·м

Образец зубчатого колеса, напечатанный при температуре 210 °C, разрушился под нагрузкой в 17 Н·м в ходе эксперимента. Этот результат свидетельствует о приросте величины максимального момента силы на 150%, что подтверждает значительное влияние повышения температуры печати на механическую прочность детали. Увеличение температурного режима экструзии позволило достичь более высокой структурной целостности материала, что напрямую отразилось на прочностных характеристиках образца.

Образец, напечатанный при температуре 215 °C, разрушился под воздействием момента силы 20 Н·м в ходе испытаний. Этот результат демонстрирует незначительный прирост прочности по сравнению с образцом, изготовленным при 210 °C. Увеличение температуры экструзии до 215 °C, вероятно, приблизилось к пределу оптимизации для PLA, где дальнейший рост не приводит к существенному улучшению межслойной адгезии или структурной целостности. Полученные данные подчеркивают, что для значительного повышения нагрузки требуется не только температурная корректировка, но и комплексный подход, включая модификацию режимов печати или применение усиленных композитов.

По результатам проведенных экспериментов по 3D-печати на Creality K1 была определена оптимальная температура 210 °C для печати зубчатых колес из PLA-материала.

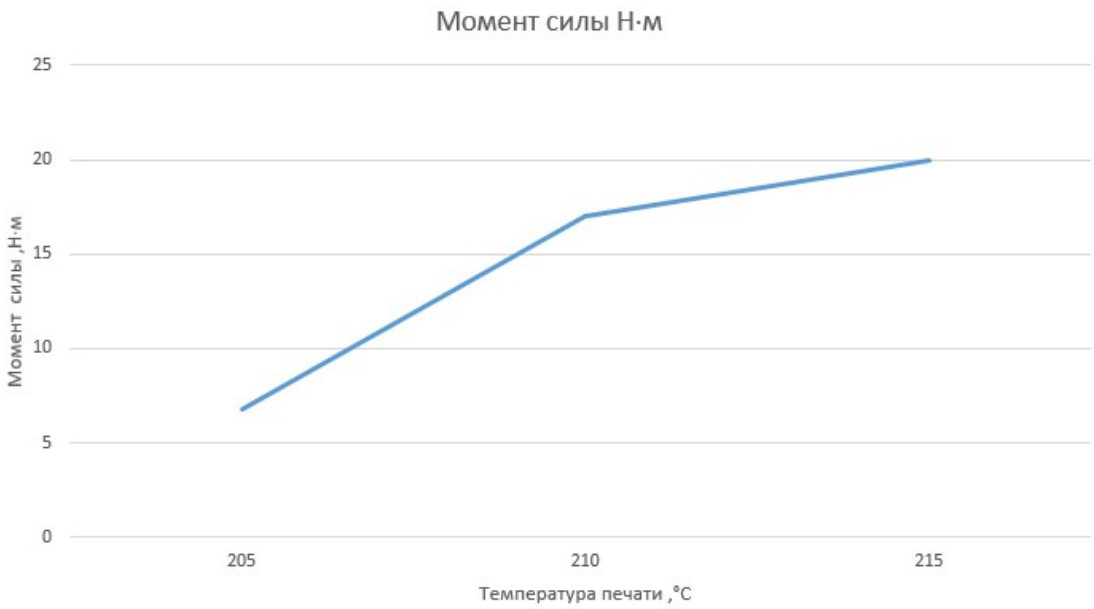


Рис. 2. Результаты исследования образцов из PLA

По результатам проведенных экспериментов по 3D-печати на Creality K1 была определена оптимальная температура 210 °С для печати зубчатых колес из PLA-материала.

В ходе второго этапа эксперимента были протестированы образцы, напечатанные из ABS-нитей.

Значения температур печати образцов составили: 230 °С, 235 °С, 240 °С.

Образец, изготовленный при температуре 230 °С, продемонстрировал разрушение при моменте, равном 13 Н·м.

Образец, напечатанный при температуре 235 °С, разрушился под воздействием момента силы 14 Н·м в ходе механических испытаний. Этот результат демонстрирует прирост максимальной нагрузки на 7,7% по сравнению с образцом, изготовленным при 230 °С. Повышение температуры экструзии до 235 °С улучшило межслойную адгезию материала, что привело к увеличению прочности, однако столь незначительный рост указывает на приближение к пределу эффективности температурной оптимизации для выбранного полимера.

Образец, напечатанный при температуре 240 °С, разрушился под воздействием момента силы 16 Н·м в ходе механических испытаний. Этот результат демонстрирует прирост максимальной нагрузки на 14,3% по сравнению с образцом, изготовленным при 235 °С. Увеличение температуры экструзии до 240 °С усилило межслойное взаимодействие материала, что, вероятно, способствовало повышению структурной целостности детали. Несмотря на более заметный рост прочности, динамика прироста остается нелинейной, что указывает на возможное достижение предела температурной оптимизации для ABS.



Рис. 3. Результаты исследования образцов из ABS

В ходе проведенных экспериментальных испытаний было установлено, что оптимальная температура печати составляет 240 °С.

Из анализа полученных результатов следует, что даже незначительные изменения температуры печати (5-10 °С) существенно влияют на прочность PLA, в то время как ABS сохраняет устойчивость механических свойств при варьировании температурных параметров печати. В отличие от PLA, его прочность менее зависима от повышения температуры экструзии, что обеспечивает стабильность характеристик. Выбор материала должен основываться на балансе между термостойкостью, нагрузочными требованиями и возможностями постобработки. Для проектов с акцентом на максимальную прочность при ограниченном бюджете и времени рекомендуется PLA с температурной калибровкой. В условиях высоких эксплуатационных температур или ударных нагрузок целесообразен выбор ABS с последующей постобработкой.

Дальнейшие исследования стоит направить на комбинирование материалов (например, PLA с армирующими добавками) и оптимизацию охлаждения для снижения межслойных напряжений.

Библиографический список

1.Kotkar, M.; Masure, P.; Modake, P.; Lad, C.; Patil, B. Modelling and testing of spur gear made of different 3D printed materials. Int. JS Res. Sci. Eng. 2018, 4, 1389–1394.

2.Rohit, A.; Sasank, G.S.; Kishore, P.V.R.C. Design and fabrication of spur gear using 3D printing technology. IRJET 2020, 7, 454–464.

3.Zhang, Y.; Purssell, C.; Mao, K.; Leigh, S. A physical investigation of wear and thermal characteristics of 3D printed nylon spur gears. Tribol. Int. 2019, 141, 105953.

4.Dimić, A.; Mišković, Z.; Mitrović, R.; Ristivojević, M.; Stamenić, Z.; Danko, J.; Bucha, J.; Milesich, T. The Influence of Material on the Operational Characteristics of Spur Gears Manufactured by the 3D Printing Technology. J. Mech. Eng. 2018, 68, 261–270.

5.Jadhav, V.S.; Wankhade, S.R. Design and manufacturing of spur gear using fused deposition modeling. IRJET 2017, 4, 1217–1224
6.Avula, Y.; Reddy, V.R.N.; Swaroop, V. Modelling and 3D Printing of Differential Gear Box. Int. J. Trend Sci. Res. Dev. 2019, 3, 1163–1167.
7.Dennig, H.-J.; Zumofen, L.; Kirchheim, A. Feasibility Investigation of Gears Manufactured by Fused Filament Fabrication. In Industrializing Additive Manufacturing; Meboldt, M., Klahn, C., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2020; pp. 304–320.
8.Gbadeyan, O.J.; Mohan, T.P.; Kanny, K. Processing and characterization of 3D-printed nanoclay/acrylonitrile butadiene styrene (abs) nanocomposite gear. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2020, 109, 619–627.
9.Harsha, K.; Rao, Y.S.; Rao, D.J. Comparison of wear behaviour of polymer spur gears using FDM process. IOP Conf. Series Mater. Sci. Eng. 2021, 1168, 012028.
10.Fekete, G. Numerical Wear Analysis of a PLA-Made Spur Gear Pair as a Function of Friction Coefficient and Temperature. Coatings 2021, 11, 409.
11.Tunalioglu, M.S.; Torun, T. The investigation of wear on three-dimensional printed spur gears. Proc. Inst. Mech. Eng. Part E J. Process. Mech. Eng. 2021, 235, 2027–2034
12.Chamil, A.; Pimpisut, S.A.; Anura, F. Optimization of fused deposition modeling parameters for improved PLA and ABS 3D printed structures. Int. J. Lightweight Mater. Manuf. 2020, 3, 284–297.
13. Onwubolu, G.C.; Rayegani, F. Characterization and Optimization of Mechanical Properties of ABS Parts Manufactured by the Fused Deposition Modelling Process. Int. J. Manuf. Eng. 2014, 2014, 598531.

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ С ДАТЧИКОМ ДАВЛЕНИЯ

Е.В. Логинова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Рассмотрена разработка устройства доступа с датчиком давления микроконтроллера для системы контроля и управления доступом к охраняемым объектам.

***Ключевые слова**:* датчик давления, микроконтроллер, система контроля и управления.

Разработка узла управления системы контроля управления доступом с применением программируемого датчика давления, позволит пользователю управлять режимом работы электромеханического замка с помощью кодового стука, реализуемого через датчик давления.

Проектируемое устройство с экономической точки зрения является наиболее рентабельным из существующих на сегодня аналогов автоматизированной СКУД и отвечает требованиям ГОСТ 34.003-90, так как не требует постоянного наличия у пользователя стандартных носителей идентификаторов, что повышает уровень защиты охраняемых объектов и сокращает материальные расходы на содержание сотрудников службы охраны.

Используемая на предприятиях СКУД состоит из компонентов, взаимодействующих между собой по средством аппаратного интерфейса согласно рис. 1.

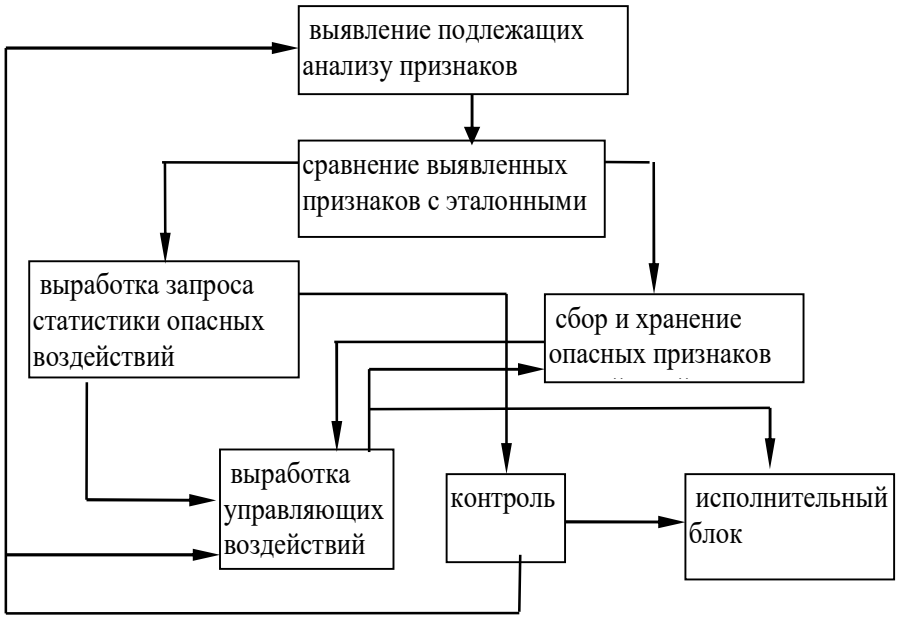


Рис. 1. Схема взаимодействия основных элементов системы контроля управления доступом

Компоненты, представленные на рис. 1, реализуют следующие функции:

- функция обнаружение – предусматривает распознавание определенных компонентов системы, обычно с помощью уникальных, воспринимаемых системой имен (идентификаторов);
- функция опознавание – предусматривает аутентификацию пользователя устройства или другого компонента в системе, для принятия решения о разрешении доступа к ресурсам системы;
- функция управление – предусматривает предоставление доступа пользователю, программе или процессу.

При поиске решения вопросов безопасности предприятия производители обычно исходят из того, что основная цель любых мер по противодействию угрозам заключается в защите данных, находящихся в системе от материального или морального ущерба, который может быть причинен как случайными, так и преднамеренными воздействиями. В результате системы доступа к охраняемым объектам, представленные на рынке в виде СКУД, нацелены на обнаружение, идентификацию нарушителя.

Схема электрическая структурная, аналога проектируемого устройства в виде контроллера доступа представлена на рис. 2.

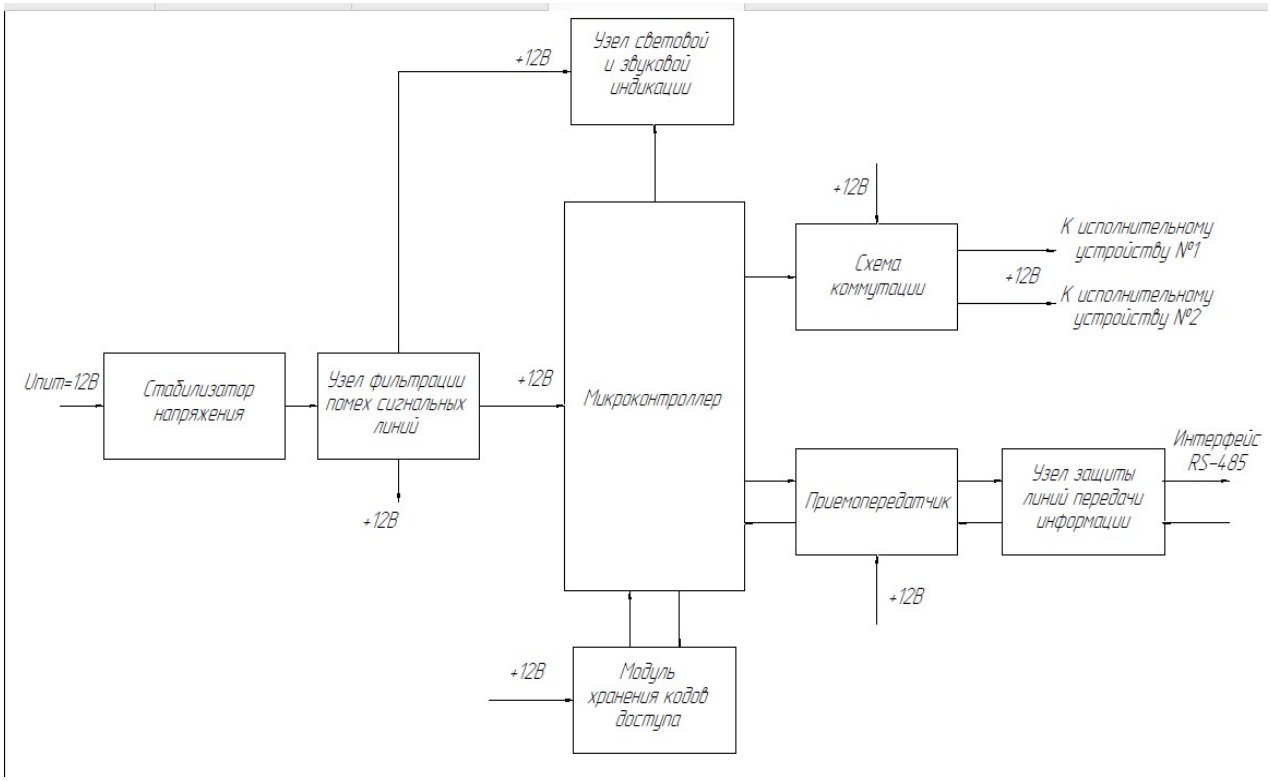


Рис. 2. Схема электрическая структурная контроллера доступа

Представленный контроллер доступа состоит из:

- микроконтроллера, к которому через схему коммутации подключены датчики контроля доступа, которые постоянно опрашиваются.

- приемопередатчика – он предназначен для подключения АРМ дежурного оператора к КД через интерфейс RS-485, который является базовым стандартом физического уровня связи модели открытых систем [5].

Недостатками представленного контролера является то, что:

- средства блокировки или средства фиксации нагружены со стороны элементов силового узла замка, или могут быть нагружены, когда взаимное расположение элементов силового узла замка таково, что они препятствуют свободному перемещению средства блокировки или средства его фиксации. Вследствие этих причин электромеханическое средство часто требует излишне повышенного энергопотребления от источника электрического питания для перемещения элементов средства блокировки и/или средства фиксации, оказавшихся под нагрузкой;
- отсутствие постоянного опроса датчиков контроля состояния объектов и определения их состояния работы (нормальное; попытка проникновения);
- отсутствие формирования сообщения о состоянии датчиков охраны для передачи на ЦЭВМ;
- отсутствие обеспечения информирования оператора охраны о переходе любого датчика из нормального в состояние попытки проникновения о восстановлении нормального состояния;
- отсутствие обеспечения информационного взаимодействия с базовым оборудованием системы охраны;
- устройство должно обеспечивать безопасный доступ к объекту;
- количество пропусков не должно быть больше 1 шт. к нескольким объектам;
- отсутствие разграничения контроля доступа к охраняемым объектам;
- отсутствие отправки сообщения на сервер о попытке доступа;
- отсутствие записи и хранения комбинаций;
- отсутствие возможности выводить информацию о работе датчика на ПК;
- главный путь повышения надёжности аппаратуры – это дублирование основных систем или отдельных блоков.

Разрабатываемое изделие входит в состав СКУД, которое будет использовать настраиваемый сторожевой таймер, использовать структурное программирование для создания системы управления, иметь собственной аналог считывателя системы доступа и иметь автономную систему контроля доступа.

Архитектура проектируемой системы доступа, для которой будет использоваться устройство управления с датчиком давления представлена на рис. 3.

Устройства, представленные в виде датчиков, должны коммутироваться и отправлять информацию с датчиков на сервер.

Сервер будет проводить постоянный опрос датчиков контроля состояния объектов и определять их состояние работы (нормальное; датчик сработал; аварийное состояние).

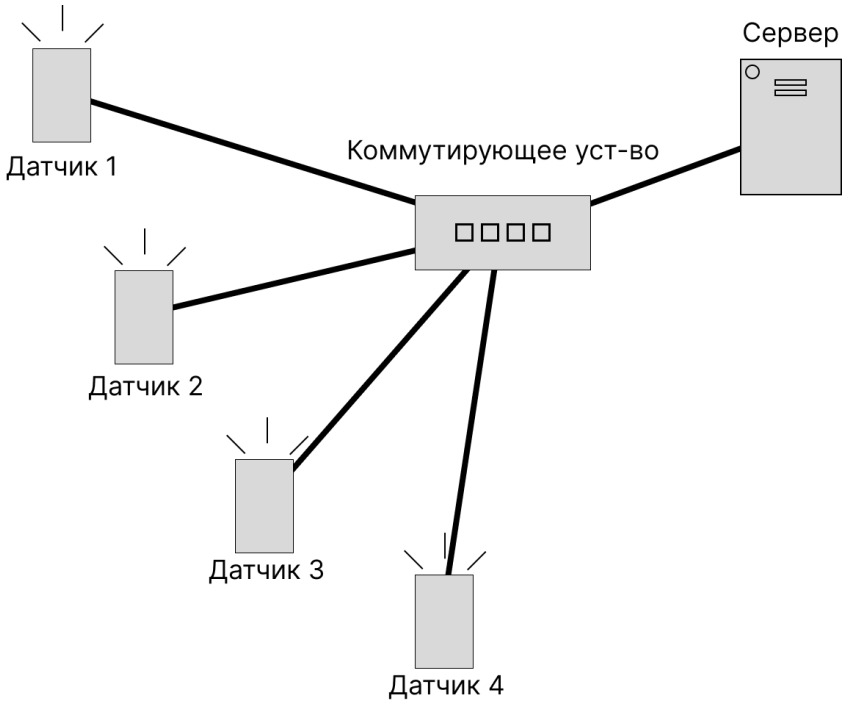


Рис. 3. Архитектура проектируемой системы доступа

На сервере будут формироваться сообщения о состоянии датчиков охраны (о переходе любого датчика из нормального в аварийное состояние и о восстановлении нормального состояния после аварии) для информирования оператора охраны.

Структурная схема электрическая разрабатываемого программируемого магнитного замка с использованием датчика давления представлена на рис. 3.

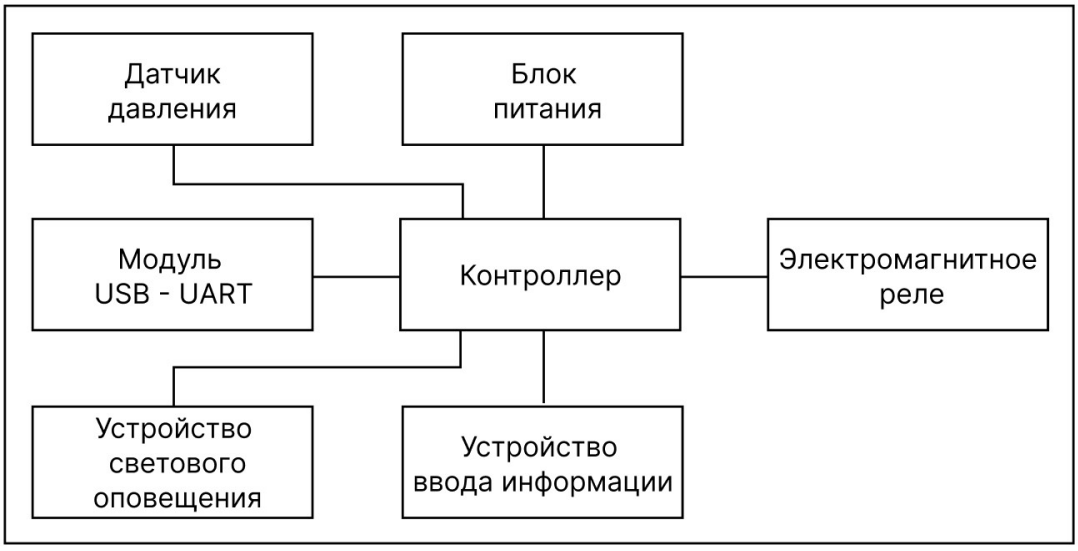


Рис. 3. Структурная схема программируемого магнитного замка с датчика давления

В представленной на рис. 3 структурной схеме компоненты имеют следующее назначение:

- модуль датчика давления, отвечает за преобразование звукового колебания, в колебание электрического тока. То есть улавливать звуковые колебания и преобразовывать их в электронный сигнал;
- модуль USB-UART, отвечает за передачу данных с микроконтроллера, по протоколу UART (RS232) на ПК. Преобразователь USB-UART на микросхеме обеспечивает связь с USB-портом компьютера.

Устройство будет реализовано на базе микроконтроллера, предназначенного для выполнения следующих основных функций:

- проводить постоянный опрос датчиков контроля состояния объектов и определять их состояние работы (нормальное; попытка проникновения);
- формировать сообщение о состоянии датчиков охраны для передачи на ЦЭВМ с указанием линии и типа обнаруженной ошибки;
- осуществлять блокировку устройства хранения ключей до восстановления нормального функционирования системы охраны;
- обеспечивать информирование оператора охраны о переходе любого датчика из нормального в аварийное состояние и о восстановлении нормального состояния после аварии;
- обеспечивать информационное взаимодействие с базовым оборудованием системы охраны.

Библиографический список

1. ***Валов, А.В.*** Микропроцессоры и их применение в системах управления: Учебное пособие / А.В. Валов. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. - Ч.2. - 81 с.
2. ***Калабеков, Б.А.*** Микропроцессоры и их применение в системах передачи и обработки сигналов. – М.: Радио и связь, 1988.
3. ***Корячко, В.П.*** Микропроцессоры и микроЭВМ в радиоэлектронных средствах. – М.: Высшая школа, 1990.
4. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база. Меленников М.Ю. и др.-М.: ИТАР ТАСС, 1993.-299с.
5. ***Магда, Ю.С.*** Микроконтроллеры PIC: Архитектура и программирование. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 240 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ДАТЧИКА ДЕФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Я.О. Мельникова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В данной статье описывается разработка датчика грузоподъемности для транспортных средств, который предназначен для мониторинга нагрузки на оси и общей грузоподъемности. Предоставлены рекомендации по выбору материалов для тензопреобразователей, а также по компенсации температурных погрешностей в системе оценки грузоподъемности транспортного средства.

***Ключевые слова*:** датчик, система грузоподъемности

Для определения допустимой нагрузки на транспортную ось применяются различные методы и оборудование, включая весовые комплексы и системы датчиков, устанавливаемые на транспортном средстве для контроля и записи нагрузки в режиме реального времени. На данный момент, системы индивидуального взвешивания пользуются большим спросом. Эти системы интегрируются с пневматическими или гидравлическими системами автомобиля с помощью специальных датчиков и преобразователей, обладающих высокой надежностью и устойчивостью к боковым нагрузкам. Чаще всего применяются тензорезистивные преобразователи и пневмопреобразователи, устанавливаемые между рамой и кузовом транспортного средства. В состав системы так же входит вычислитель, с помощью которого собираются и анализируются данные датчиков, и монитор для отображения полученной информации о грузе. Точность работы таких систем зависит от датчика грузоподъемности, который обеспечивает точность и надежность взвешивания грузов на различных транспортных средствах.

Пневматические весовые датчики для оценки грузоподъемности используют показатели давления в шинах. Давление воздуха воздействует на один конец диафрагмы датчика, а его заслонка регулирует объем воздуха, который поступает в выходное сопло. Однако из-за необходимости установки пневматических трубопроводов конфигурация пневматической системы обходится дорого. Более того, пневматические устройства менее точны по сравнению с электронными и требуют сложной системы для передачи и обработки сигналов.

Наиболее популярными для создания систем оценки грузоподъемности стали тензорезистивные датчики, которые устанавливаются на транспортные оси. Эти датчики обеспечивают широкий диапазон и высокую точность измерений даже при значительных частотах деформации основания в условиях вибрационных и ударных нагрузок. Благодаря простой и компактной конструкции они легко монтируются как на ровные, так и на изогнутые поверхно-

сти, а также отличаются низким уровнем энергопотребления. Эти преимущества делают их более предпочтительными для многих систем взвешивания на транспортных средствах. Таким образом, применение тензодатчиков в конструкции системы гарантирует стабильные характеристики при статических и динамических нагрузках.

Работа тензодатчиков заключается в оценке деформаций транспортной оси, что требует предварительного определения мест с наибольшими деформациями для достижения необходимой чувствительности при оценке груза [1].

Важно, чтобы такой датчик обладал универсальностью и мог быть прикреплен к различным поверхностям. Реализация в конструкции может быть различной. Более распространенным вариантом использования являются проволочные и металлические датчики. Анализируя различные типы датчиков, можно сделать вывод, что пленочные тензодатчики имеют ряд преимуществ в системах грузоподъемности. Они легче по весу, гибкие и могут быть использованы на сложных поверхностях, в отличие от проволочных датчиков, которые обычно менее эластичны. Кроме того, пленочные тензодатчики могут обеспечить более высокую чувствительность и скорость реакции по сравнению с традиционными вариантами.

Не менее важным является тщательно подобрать материал для пленочного тензорезистора. Обычно используются проводники с высоким удельным сопротивлением, при этом важно, чтобы величина удельного сопротивления оставалась постоянной в широком температурном диапазоне при отсутствии внешних воздействий. К таким материалам относят нихром, карма, константан и изоэластик, характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики материалов тензорезисторов

Материал датчика	**Температурный коэффициент сопротивления, 10^{-5} °C^{-1}**	**Температурный коэффициент расширения, 10^{-5} °C^{-1}**	**Материал образца**	**Температурный коэффициент сопротивления, 10^{-5} °C^{-1}**	**Температурный коэффициент расширения, 10^{-5} °C^{-1}**
Нихром	10	1,3	Титан	0,6	0,9
Карма	2	1,0	Сталь	4	1,1
Константан	2	1,7	Алюминий	4,2	2,5
Изоэластик	17,5	0,4	Медь	4,3	1,7

Анализируя данные материалы, можно сделать вывод, что константан является наилучшим выбором благодаря своим характеристикам. Он легче поддается обработке и формованию по сравнению с изоэластиком, который

может требовать более сложных технологий. Кроме того, константан более устойчив к окислению, чем нихром и карма, которые могут проявлять меньшую устойчивость к коррозии в некоторых ситуациях.

Однако, тензодатчики не лишены существенного недостатка – чувствительности к внешним условиям. Одним из ключевых проблемных аспектов является их нестабильность при колебаниях температуры, что обусловлено двумя основными факторами:

- сопротивление тензорезистора напрямую зависит и меняется от колебаний температуры, которое определяется температурным коэффициентом сопротивления (ТКС)
- паразитный эффект тензорезистивности, вызванный различием в температурном расширении между основой тензодатчика и материалом резистора.

При создании датчика можно компенсировать влияние температуры, внедрив термостабилизацию в структуру преобразователя с помощью различных схемных решений, при этом следует учитывать ряд требований:

- гарантирование конструктивной совместимости чувствительных элементов для измерения механической нагрузки и температурных изменений;
- обеспечение технологической совместимости в процессе создания чувствительных элементов для измерения деформации и температуры;
- обеспечение информационно-энергетической совместимости между каналами измерения.

Для реализации термокомпенсации используются различные мостовые схемы. В некоторых схемах применяются активные компоненты, такие как операционные усилители, для автоматической компенсации температурных колебаний, а также дополнительные тензодатчики, которые устанавливаются в аналогичных условиях, но не подвергаются нагрузке. Однако это приводит к необходимости использования дополнительного оборудования, что усложняет конструкцию и может вызвать ошибки в измерениях. После анализа различных схем, наиболее оптимальной представляется принципиальная электрическая схема тензорезистивного датчика с интегрированной термокомпенсацией, показанная на рис. 1.

Такая реализация обладает конструктивным преимуществом, заключающимся в размещении элементов регулировки и термостабилизации на специальной плате, которая представляет собой гибридный интегральный модуль на основе ситалловой подложки с тонкопленочными керметными резисторами *R*5-*R*8 и термокомпенсирующим транзистором *VT*1. Резисторы *R*5 и *R*6 предназначены для коррекции нулевого сигнала, в то время как *R*7 и *R*8 используются для устранения влияния температуры на чувствительность датчика. Все настройки выполняются с помощью лазерного оборудования. Изменение напряжения между эмиттером и базой транзистора *VT*1 позволяет компенсиро-

вать уменьшение чувствительности при возрастании температуры окружающей среды.

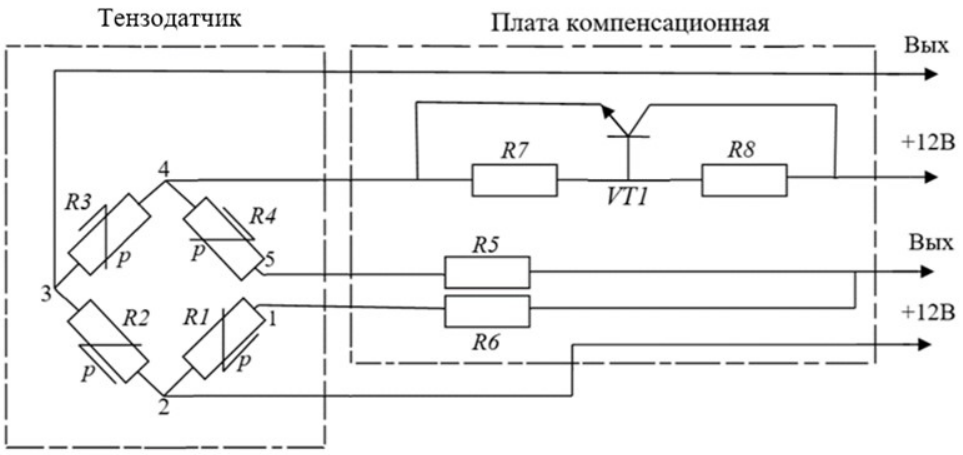


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема тензодатчика

Перед установкой тензодатчиков важно определить метод их монтажа. Один из распространенных способов – это использование специальных кронштейнов для крепления тензодатчиков к нужным точкам на структуре или устройстве, где ожидается максимальная нагрузка.

Однако кронштейны вносят свою погрешность при деформировании, что влияет на выходную характеристику тензомоста. Например, неоднородность исходного материала кронштейна влияет на деформацию тензорезистора и соответственно на показатель чувствительности, а также наличие переходного элемента может привести к неточным измерениям и искажению сигнала. Более эффективным способом монтажа является приклеивание, обеспечивающее лучший контакт и более точные измерения. Данный процесс сборки является высокотехнологичным по реализации в сравнении с установкой кронштейнов. Поэтому, с точки зрения реализации гораздо удобнее наклеить датчик на транспортную ось в виде тонкой пленки. От влияния окружающей среды (удары или вибрации) устанавливается защита в виде корпуса. На рис. 2 изображен датчик, который устанавливается методом непосредственного наклеивания.

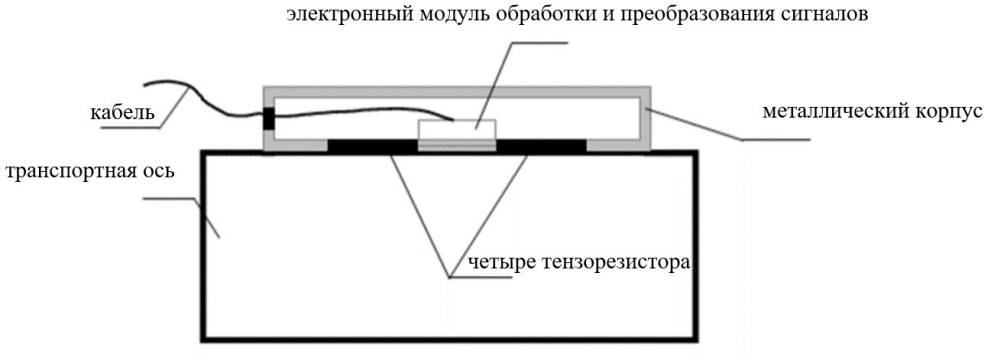


Рис. 2. Тензометрический датчик с установкой его на ось путем наклеивания

Предложенный датчик грузоподъемности обладает высокой универсальностью и может быть успешно применён на различных типах транспортных средств. Датчик представляет собой современное решение с температурной компенсацией, что позволяет его использование в различных условиях окружающей среды. Применение пленочного варианта путем наклеивания обеспечивает надежный контакт и гарантирует точные измерения, не искажая сигнал.

Библиографический список

1. ***Молькова, Я.О.*** Математическое моделирование оси грузового автомобиля// Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: сборник статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2024.
2. ***Кириллов, И. П.*** Технологии измерений: Датчики веса и деформации. - М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 2019.

ОБЗОР МОДУЛЕЙ LORA ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ С БЫТОВЫХ СЧЕТЧИКОВ

А.В. Морохотов
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрено технология LoRa и LoRaWan, обзор модулей LoRa для применения их в умных счетчиках для сбора данных.

Ключевые слова: LoRa, модуль LoRa, бытовые счетчики, сбор данных, применение LoRa, беспроводная связь, устойчивость к помехам

Основной задачей бытовых счетчиков является учет и экономия ресурсов быта людей – горячей и холодной воды, отопления, газа, электричества. Если счетчиков нет, то оплата коммунальных услуг буден значительно больше. Данные снимают двумя способами: 1-й способ – визуально, жители домов или представители коммунальных служб снимают показания счетчиков; 2-й способ – дистанционный, на счетчиках стоит электронный модуль, он передает полученные данные на сервер. Дистанционные счетчики также называют умными.

Умные (энергосберегающие) счетчики – это устройства, которые имеют дополнительные функции по сравнению с обычными счетчикам. Чаще всего используют для сбора данных электроэнергии. Основные функции умных счетчиков:

1) автоматически передавать показания;
2) регистрировать сбои в электросети;
3) фиксировать расход потребления электроэнергии согласно тарифному плану;
4) отключать потребителей, имеющих задолженность по оплате за электроэнергию;
5) регистрировать параметры электросети в целом, а не только сбои.

Энергосберегающие счетчики определяются следующим видам:

- по типу измеряемого ресурса (вода, газ, отопление, электричество);
- по каналу передачи данных – проводные, беспроводные:
  - проводные счетчики передают данные на сервер по проводам,
  - беспроводные счетчики передают данные при помощи технологий: Wi-Fi, BlueTooth, NB-IoT, LPWAN (LoRa, XNB, Sigfox), GPRS, ZigBee, Z-wave;
- по типу электропитания. Это автономные (используются аккумуляторы) и зависимые от цепи питания;
- по функциональности. Имеются дополнительные функции;
- по типу исполнения: внешние и интегрированные;
- высокая стоимость (в среднем 12 тыс. рублей);

- тщательный подбор условий среды.

Рассмотрим счетчики на базе модуля LoRa.

«Технология LoRa находит широкое применение в системах автоматизированного сбора данных с приборов учета, в частности, в интеллектуальных счетчиках электроэнергии и водоснабжения. Встраивание LoRa-модуля обеспечивает возможность удаленного получения показаний счетчиков, исключая необходимость обхода и ручной регистрации данных. Информация о потреблении, собранная счетчиками, транслируется через LoRa-модуль и шлюз в центр управления, что позволяет оперативно формировать счета на оплату ресурсов. Внедрение LoRa в инфраструктуру учета ресурсов является важным шагом на пути к созданию комплексных решений для умных городов».

Требования к модулям LoRa:

1.Характеристики модулей:

- беспроводной диапазон;
- потребление;
- цена;
- стандартное оборудование.

2.Применение для сбора данных:

- интеграция с существующими счетчиками: совместимость с различными типами счетчиков (например, электрическими, водяными, газовыми);
- защита от несанкционированного доступа: безопасность для предотвращения фальсификации данных;
- поддержка двунаправленной связи: возможность не только сбора данных, но и управления счетчиками (например, удаленное отключение).

Готовые решения выполнены на базе LoRaWan. Что для относительно малого количества счетчиков (в пределах одного кооператива) избыточно – требуется покупать дорогостоящую базу LoRaWan. Также минимальный пакет данных в LoRaWan – 64 байта. Планируется использовать одинаковые модули LoRa для передачи и сбора данных со счетчиков.

LoRaWan – это технология сетевого подключения для передачи данных. Она состоит из следующих устройств: конечного узла (собирает данные и передает их через радиоканалы); базовая станция или же шлюз (принимающих данные от устройств LoRa и передающих их в облако или центральную систему); сетевой сервер; серверы приложения (обрабатывают полезную информацию из пакетов, расшифровывают и передают ее пользователю в удобной форме). Это делает следующее и самое важное звено – сервер приложений. Эта технология является более дорогой, и затратная в плане установки дополните оборудования и баз данных для применения в небольшом жилом кооперативе (1-2 дома).

Целью данной работы является обзор модулей LoRa для выбора, более подходящего для передачи данных бытовых счетчиков.

LoRa (Long Range) – это запатентованная технология беспроводной связи с низким энергопотреблением и большой дальностью действия, разработанная для Интернета вещей (IoT). Она позволяет устройствам связываться на расстоянии нескольких километров в городской среде и до 15 км в сельской местности, при этом потребляя очень мало энергии, что делает ее идеальной для устройств с батарейным питанием.

Основной принцип работы LoRa заключается в использовании метода частотной манипуляции (Chirp Spread Spectrum — CSS). CSS модулирует данные, распределяя сигнал по широкому диапазону частот в виде «чирпа» (сигнал, частота которого линейно изменяется во времени).

Далее рассмотрены преимущества и недостатки модулей LoRa

Достоинства: **Двунаправленность**. **Доступная цена**. **Дальность передачи сигнала:** 5 км в городе и до 15 км на открытой местности. **Минимальные энергозатраты.** **Универсальность:** технологию LoRa можно использовать везде. **Высокая чувствительность приемника.**	**Недостатки:** **Невысокая пропускная способность** подходит только для коротких и периодических сообщений. **Скорость передачи данных:** около 2400-19200 бит/с. **Монополия производства:** чипы LoRa выпускает только компания Semtech.

Модуль LoRa выпускается на базе чипов компании Semtech (SX1262, SX1276, SX1278,), ей же запатентованых. Выпускаемые модули различаются по комплектации, габаритными размерами, диапазоном рабочей частоты, мощности передачи выходного сигнала, скорости и дальности передачи, прохождение сигнала разных препятствий.

В зависимости от комплектации модуля могут иметь разный чипы, тип антенны или же ее отсутствие также различаются в цене.

Для сравнения модулей возьмем на выбор несколько вариантов (рис. 1-5).



Рис.1. ESP32 RA-02 Lora модуль. (AliExpress)



Рис.2. Модуль LoRa CDEBYTE E22-400T30D. (AliExpress)



Рис.3. Беспроводной модуль LLCC68 LoRa (Яндекс маркет)

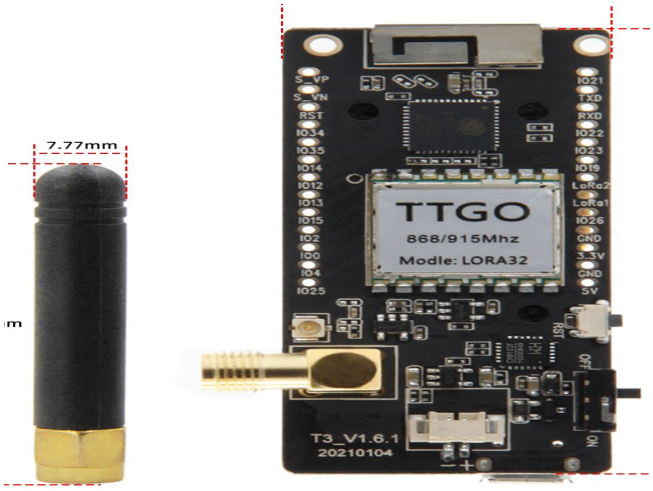


Рис.4. LILYGO® LoRa32 V2.1

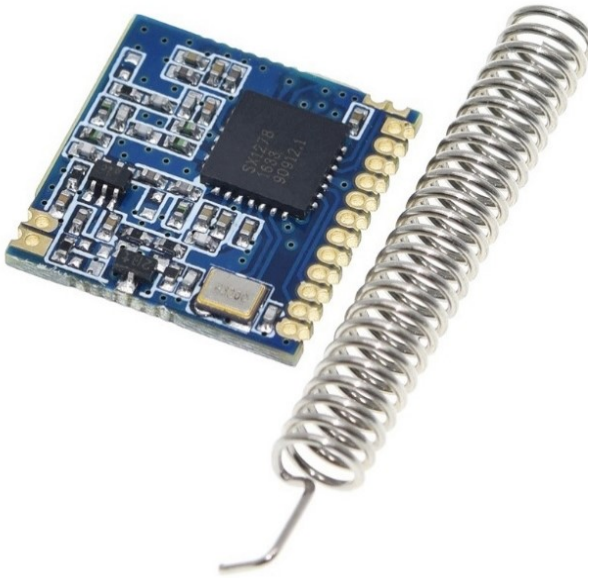


Рис. 5. DRF1278F LoRa SX1278 RF (Яндекс маркет)

Модуль LoRa имеет широкий диапазон частот от 433-5725 МГц. Без лицензии на территории РФ можно использовать 433, 866, 2400 и 5725 МГц.

Все характеристики для сравнения перечислены в таблице.

Таблица

Сравнение характеристик модулей LoRa

	ESP32 Ra-02	**CDEBYTE E22-400T30D**	**LLCC68**	**LILYGO V2.1**	**DRF1278F**
Частота, МГц	433	433	868	868	433
Расстояние, км	10	8	5-8	10	5
Мощность, дБм	20	22	21,5	32	22
Потреб. ток, мА	17-140	17-120	6,8-130	9,9-120	10-120
Напряжение, В	2,5-3,7	3,6	1,8-3,7	3,7	1,8…3,6
Чувствительность, дБм	-148	-129	-129	-128	-148
Цена, руб.	321	475	588	2436	600
Наличие антенны	×	×	✓	✓	✓

Сравним выбранные модули:

- ESP32 Ra-02 имеет неплохие характеристики и недорог, но не имеет в комплекте антенны, из-за этого он не подходит;
- CDEBYTE E22-400T30D – чувствительность и дальность ниже, чем у ESP8266 Ra-02 по значению и также не имеет антенны. Поэтому он не подходит.
- LLCC68 – имеет встроенную антенну, но и такие же характеристики как CDEBYTE E22-400T30D, не считая рабочей частоты 868 МГц

- LILYGO V2.1 не подходит потому, что имеет в себе DIY WIFI и Bluetooth, которые добавляют стоимости модулю и для сравнения не требуются.

В итоге, из выбранных экземпляров модулей для экспериментов лучше всего по характеристикам подходит DRF1278F.

Библиографический список

1. Документация модуля LoRa ESP32 Ra-02, Espressif Systems сайт – URL https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1148023/ESPRESSIF/ESP32.html (дата обращения: 10.03.2025).
2. Документация модуля LoRa E22-400T30D, Chengdu Ebyte Electronic Technology сайт – URL https://www.cdebyte.com/pdf-down.aspx?id=325 (обращения: 11.03.2025).
3. Документация модуля LoRa LLCC68, Semtech Corporation сайт -- URL https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1937735/SEMTECH/LLCC68.html (дата обращения: 11.03.2025);
4. Документация модуля LoRa LILYGO V2.1, LILYGO® TTGO сайт -- URL https://lilygo.cc/products/lora3 (дата обращения: 12.03.2025).
5. Документация модуля LoRa DRF1278F, Semtech Corporation сайт -- URL https://www.alldatasheet.com/html-pdf/1150407/DORJI/DRF1278F/175/1/DRF1278F.html (дата обращения: 12.03.2025).

СПОСОБЫ ПОСТРОЕНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И.С. Родин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрены основные аспекты изучения фотограмметрии и обратного проектирования. Принципы применения данных методов и соответствующего программного обеспечения, а также рассмотрены перспективы использования технологий фотограмметрии.

Ключевые слова: фотограмметрия, проектирование, 3D - моделирование, обработка фотографий, лазерное сканирование.

Обратное проектирование (*reverse engineering*) – это процесс анализа существующего объекта с целью воссоздания его конструкции и параметров [1]. В современном мире, с развитием технологий 3D-печати обратное проектирование приобретает все большую популярность [2]. Создание цифровой 3D-модели объекта – первый и один из важнейших этапов этого процесса. Существуют различные методы получения 3D-моделей, однако профессиональное оборудование для 3D-сканирования зачастую дорогостояще. Данная работа фокусируется на исследовании возможности применения недорогих, доступных средств для решения задачи обратного проектирования, а именно для 3D-сканирования бытового прибора – утюга. Выбор утюга обусловлен его сложной формой, наличием как гладких, так и криволинейных поверхностей, что позволяет оценить возможности различных методов сканирования.

В данной работе рассматриваются три метода 3D-сканирования, доступные для широкого круга пользователей: лазерное сканирование с применением лазерного уровня, проекционное сканирование с использованием обычного проектора и фотограмметрия.

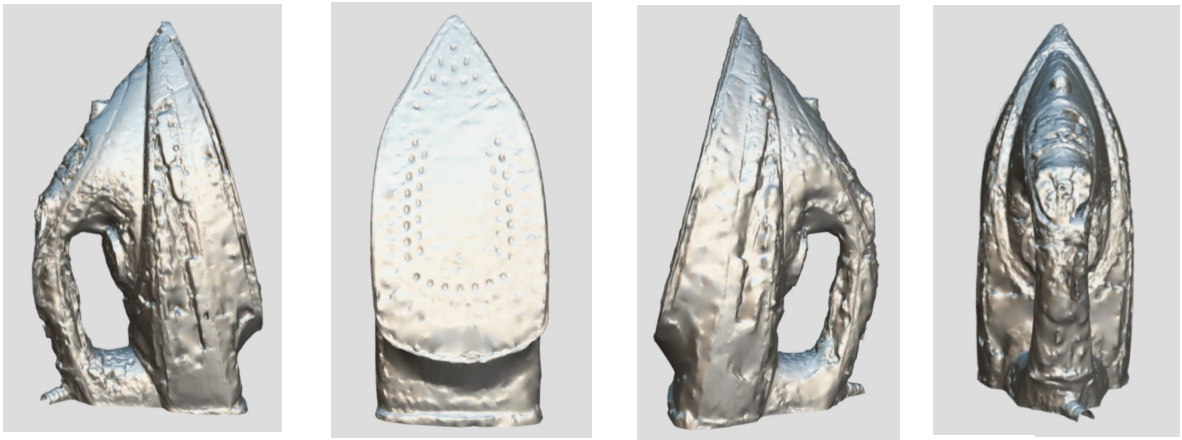
Лазерное сканирование [3] основано на использовании лазерного уровня для проецирования лазерной линии на объект. Веб-камера фиксирует положение лазерной линии относительно заранее откалиброванного шаблона, находящегося за объектом. Путем перемещения лазерного уровня и видеосъемки можно определить координаты точек поверхности объекта. Данный метод достаточно сложен в реализации из-за калибровки координатной сетки, а также требует ручной обработки данных и подвержен влиянию внешнего освещения.

Проекционное сканирование с использованием проектора основано на проецировании структурированного света (координатных полос) на объект [4]. Камера фиксирует деформацию проецируемого паттерна, которая зависит от геометрии поверхности объекта. С помощью специальных алгоритмов можно восстановить 3D-модель. Преимуществом метода является относительно высокая скорость сканирования, однако точность сканирования зависит от качества проектора и камеры, кроме того, здесь также достаточно большое время занимает калибровка проецируемого изображения.

Фотограмметрия основана на создании 3D-модели объекта по серии его фотографий, сделанных с разных ракурсов. С помощью специального программного обеспечения анализируются фотографии и выявляются общие

точки на различных снимках [5]. На основе этих данных строится 3D-модель. Фотограмметрия – один из самых доступных методов 3D-сканирования, требующий лишь наличия фотоаппарата и программного обеспечения.

Для каждого метода сканирования была разработана следующая методика: для проекционного сканирования (рис. 1) – на утюг проецировался структурированный свет, с помощью веб камеры изображение деформированного паттерна передавалось на компьютер и далее обрабатывались в специализированной программе – *David Vision Systems*. Для фотограмметрии (рис. 2) – была сделана серия фотографий утюга с разных ракурсов, обеспечивая хорошее перекрытие между снимками, фотографии были обработаны в программе *Agisoft Metashape*, которая автоматически построила 3D-модель. Для лазерного сканирования (рис. 3) – лазерный уровень устанавливался на штатив и проецировал лазерную линию на объект сканирования, далее координаты, полученные с помощью веб-камеры в режиме реального времени, передавались на компьютер и обрабатывалась в той же программе, что и при проекционном сканировании, только с другими настройками. Далее приведены скриншоты моделей, полученных в ходе эксперимента.



а *б* *в* *г*

Рис. 1. Результаты проекционного сканирования: *а* – вид справа; *б* – вид спереди; *в* – вид слева; *г* – вид сзади

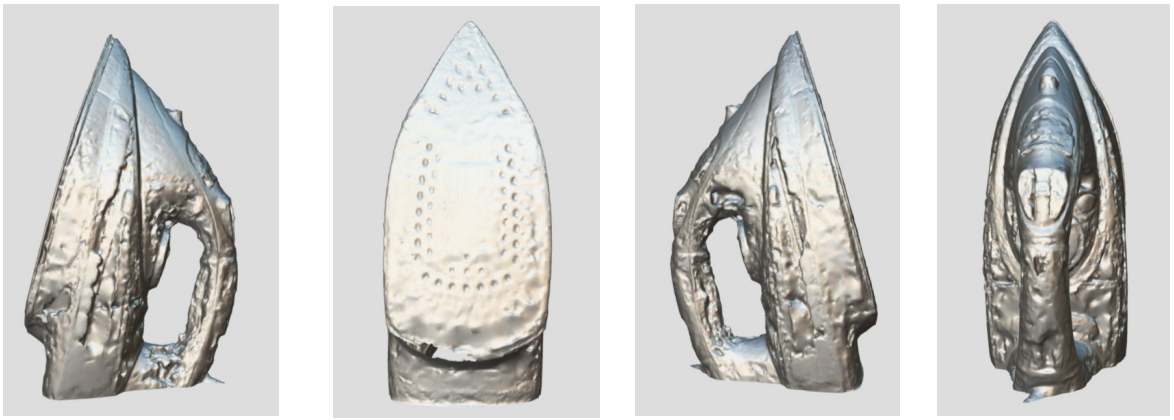


Рис. 2. Результаты фотограмметрии: *а* – вид справа; *б* – вид спереди; *в* – вид слева; *г* – вид сзади

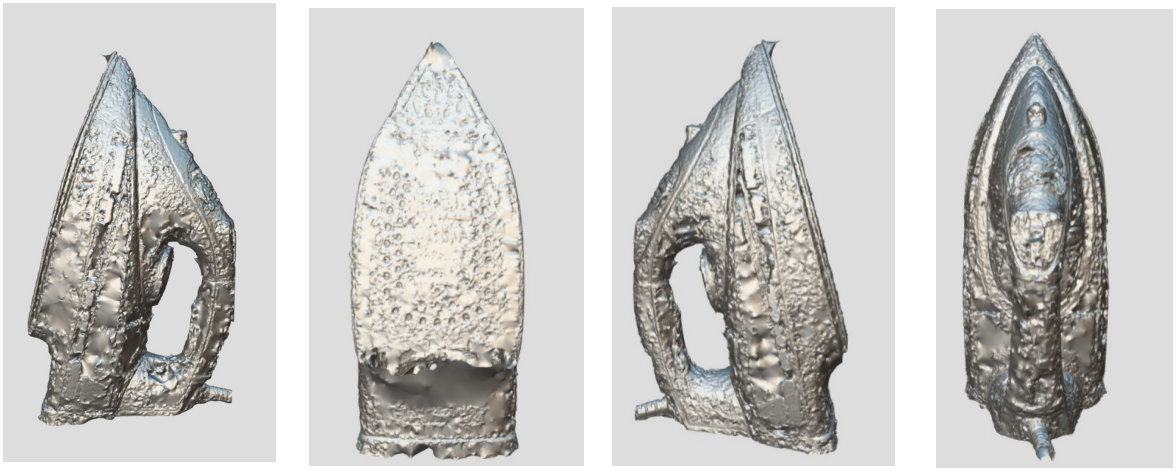


Рис. 3. Результаты сканирования лазерным уровнем: *а* – вид справа; *б* – вид спереди; *в* – вид слева; *г* – вид сзади

После проведения сканирования каждым из методов, были получены 3D-модели утюга. Для оценки качества полученных моделей использовались следующие критерии: качество модели (количество мелких деталей и текстур, которые воспроизведены на 3D-модели, а также воспроизведение геометрии в целом, оценивалась визуально), трудоемкость (время и усилия, затраченные на проведение сканирования и обработку данных, оценивалась субъективно), портативность установки (возможность транспортировки и мобильность всей установки). В результате сравнения моделей получилась следующая таблица.

Таблица

Сравнение полученных 3D-моделей

Метод	**Качество модели**	**Временные затраты**	**Портативность**
Проекционное сканирования	Среднее качество модели, наблюдается неточное построение поверхностей	Средние временные затраты много времени уходит на калибровку и рендер	Есть возможность перемещать установку, но это может повлечь за собой некоторые проблемы.
Фотограмметрия	Лучшее качество из всех представленных методов	Минимальные временные затраты	Мобильность установки
Сканирование лазерным уровнем	Худшее качество модели, сильно выделяются неточности в плоскостях построенной модели	Большие временные затраты на калибровку и рендер	Абсолютно не портативно из-за громоздкости установки и долгого времени калибровки

Как видно из таблицы, лазерное сканирование с лазерным уровнем показало наихудшие результаты по всем критериям. Низкое качество объясняется тем, что метод позволяет получить только координаты точек на лазерной ли-

нии. Высокие временные затраты связаны с достаточно долгой калибровкой и настройкой оборудования. Показатели портативности обусловлены громоздкостью установки и невозможностью её перемещения, так как после малейшего смещения возникает потребность в повторной калибровке.

Проекционное сканирование показало средние результаты. Точность и детализация были лучше, чем у лазерного сканирования, но хуже, чем у фотограмметрии. Трудоемкость также была средней, так как требовалась настройка оборудования и обработка данных в специализированном программном обеспечении. Однако провести все технологические операции было намного проще, чем при лазерном сканировании.

Фотограмметрия оказалась наиболее эффективным методом для 3D-сканирования утюга. Она обеспечила относительно хорошее качество модели, в рамках данных экспериментов, позволила воспроизвести текстуру поверхности утюга. При этом, трудоемкость метода была низкой, так как программное обеспечение *Agisoft Metashape* автоматизировало большинство этапов обработки данных, а калибровка и установка какого-либо дополнительно оборудования не требовались.

В ходе проведенного исследования было выяснено, что фотограмметрия является наиболее эффективным и доступным методом для обратного проектирования объектов сложной формы.

Данная работа подтверждает возможность использования относительно недорогих методов 3D-сканирования для решения задач обратного проектирования. В дальнейшем, планируется провести более детальное исследование влияния различных факторов (качество фотографий, количество снимков, освещение) на точность и качество 3D-моделей, полученных с помощью фотограмметрии, а также выработать рекомендации по получению 3D-моделей с помощью фотограмметрии.

Библиографический список

1. ***Семенова, А.*** Обратное проектирование – спасение во время ограничений // «Промышленные страницы, 2022. № 4. С. 6 – 10.

2. ***Коряков, А.Е***. Применение 3D-печати в машиностроении: эффективность, история и тенденции развития / А.Е. Коряков // Инженерная экономика: сборник материалов 78-й студенческой научно-технической конференции (26–28 апреля 2022 г.). – Минск: БНТУ, 2022. – С. 100–102.

3. Лазерные приборы и методы измерения дальности / В. Б. Бокшанский, Д. А. Бондаренко, М. В. Вязовых [и др.]. – М : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2012. – 96 с. – EDN VTGNJL.

4.*Щекин, С. Б.* Восстановление формы трехмерных объектов методами структурированного освещения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2007. – № 43. С. 301-307.

5. De Paolis, L.T., De Luca, V., Gatto, C., D'Errico, G., Paladini, G.I. (2020). Photogrammetric 3D Reconstruction of Small Objects for a Real-Time Fruition. In: De Paolis, L., Bourdot, P. (eds) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics. AVR 2020. Lecture Notes in Computer Science(), vol 12242.

РАЗРАБОТКА ФАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ДАТЧИКА УГЛА

В.А. Селезнев
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Представлены результаты работы над созданием фазочувствительного выпрямителя гироскопического датчика угла: электрические схемы функциональная и принципиальная. Дано описание работы представленных схем и основных узлов: фильтр пробки, буферный усилитель, входной усилитель, аналоговый ключ и схема хранения.

Ключевые слова: гироскопический датчик угла, фазочувствительный выпрямитель.

Развитие систем автоматической стабилизации объектов в пространстве, а также навигационных систем летательных аппаратов, приводит к широкому применению гироскопических датчиков угла [1]. Главными особенностями гироскопического датчика угла (ГДУ) являются:

- точность в определении углов поворота в пространстве по двум осям *X* и *Y*;
- начальные нулевые направления, от которых выполняются измерения углов, могут быть любыми.
- практически не подвергается влиянию внешних факторов или сторонних сил. К примеру, работа устройства в большей части не зависит от вектора и величины окружающего магнитного поля.

Гироскопический датчик угла не является функционально законченным устройством. Для обеспечения его работы был разработан печатный узел (ПУ) преобразователя сигналов (далее ПС). Схема электрическая функциональная приведена на рис. 1, а принципиальная – на рис. 2.

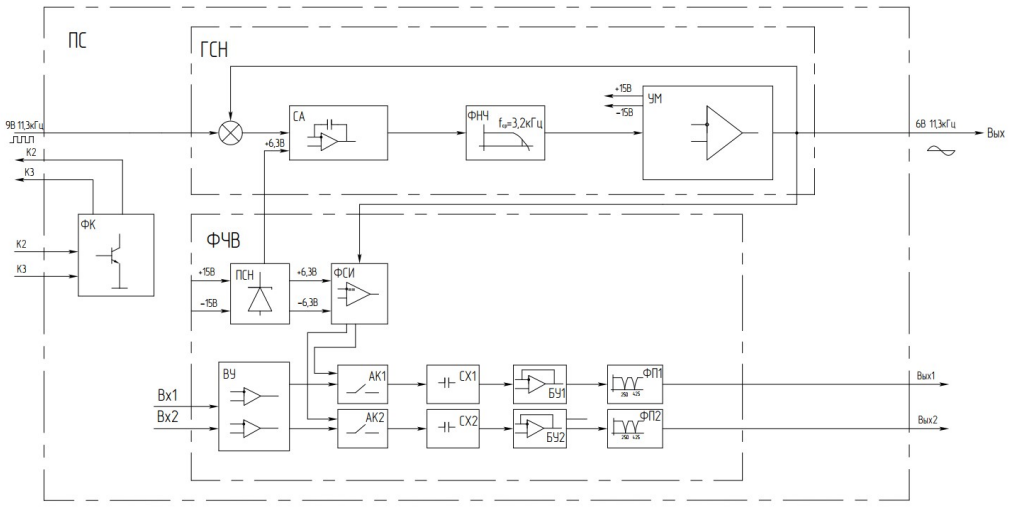


Рис. 1. Схема электрическая функциональная ПУ ПС

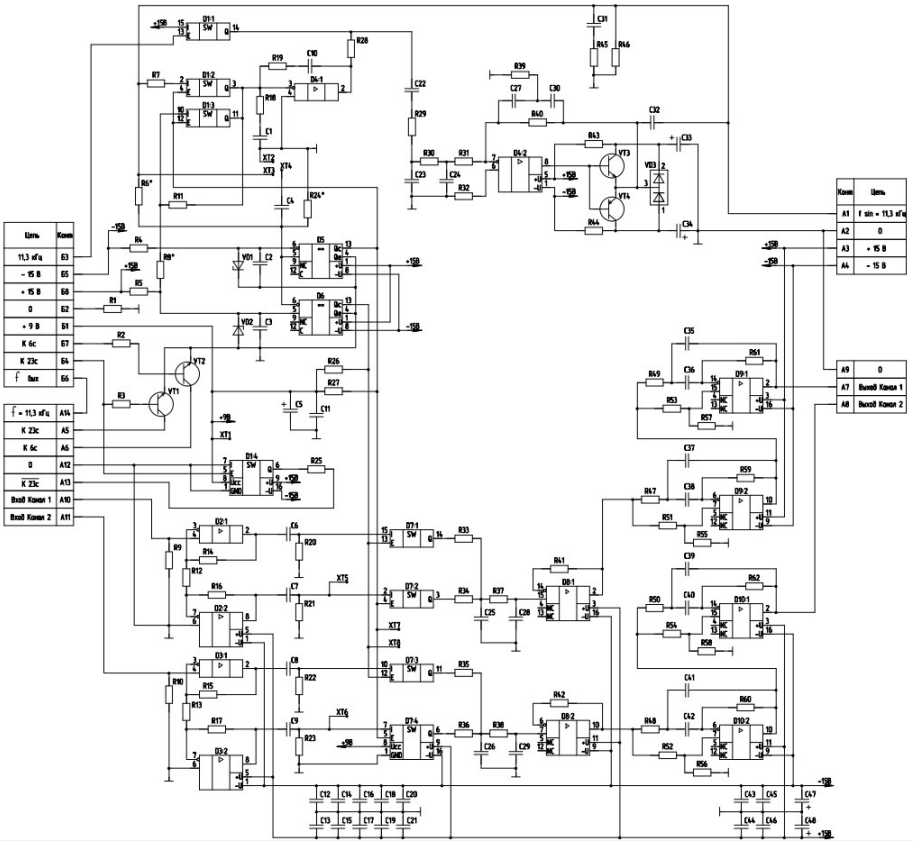


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная ПУ ПС

Основными функциями ПУ ПС являются:

- питание датчиков угла поворота ротора;
- усиление и преобразование (демодулирование) сигналов датчиков угла в напряжение, пропорциональное углу отклонения ротора;
-фильтрация паразитных сигналов датчиков угла (с частотами вращения ротора и нутации).

При разработке ПС были учтены следующие параметры гироскопического датчика угла и питающих напряжений:

-питание ПС осуществляется от бортовой сети ±15В;

-напряжение питания датчиков угла 6,3 В (действующее значение);

-частота питающего напряжения датчиков угла 11,3 кГц.

Рассмотрим подробнее фазочувствительный выпрямитель (ФЧВ на рис.3), функциями которого являются:

- выпрямления выходного сигнала гироскопического датчика угла синусоидальной формы, пропорционально углу отклонения;
- формирование двухполярного выходного сигнала в зависимости от направления отклонения;
- подавления паразитных сигналов с частотами 250 Гц и 425 Гц.

ФЧВ – это устройство, величина выходного постоянного напряжения которого зависит от амплитуды входного переменного, а полярность – от взаимной фазировки напряжений датчиков угла – питающего и выходного.

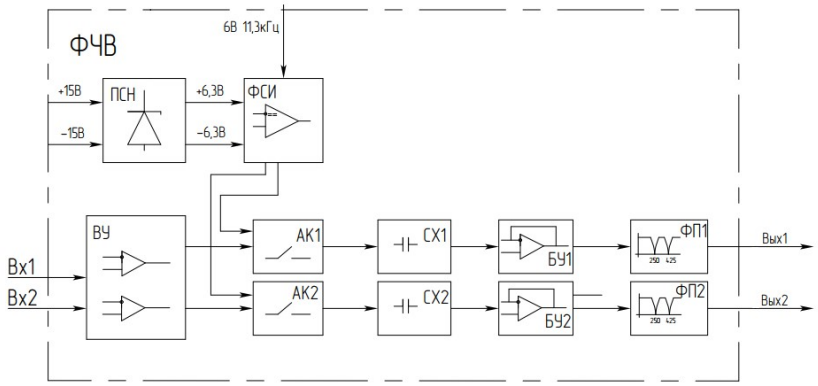


Рис. 3. Схема электрическая функциональная ФЧВ

Согласно функциональной схеме ФЧВ ПС состоит из:

1) ПСН – параметрический стабилизатор напряжения;
2) ФСИ – формирователь строб-импульса;
3) ВУ – входной усилитель;
4) АК – аналоговый ключ;
5) СХ – схема хранения;
6) БУ – буферный усилитель;
7) ФП – фильтр-пробка.

Синусоидальные входные сигналы "Вход Канал 1" и "Вход Канал 2" поступают на входные усилители на элементах: D2, R9, R12, R14, R16 (канал 1) и D3, R10, R13, R15, R17 (канал 2) с коэффициентом усиления, равным 2 (рис.4), которые служат для формирования двух противофазных синусоидальных сигналов в каждом канале.

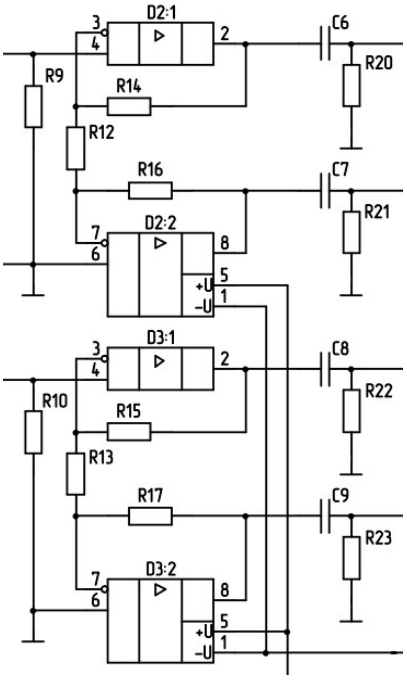


Рис. 4. Входные усилители

Далее, для исключения постоянной составляющей на выходах усилителей и подавления низкочастотных помех, служат фильтры высоких частот (ФВЧ) на элементах: C6 R20, C7 R21, C8 R22, C9 R23 (рис. 4).

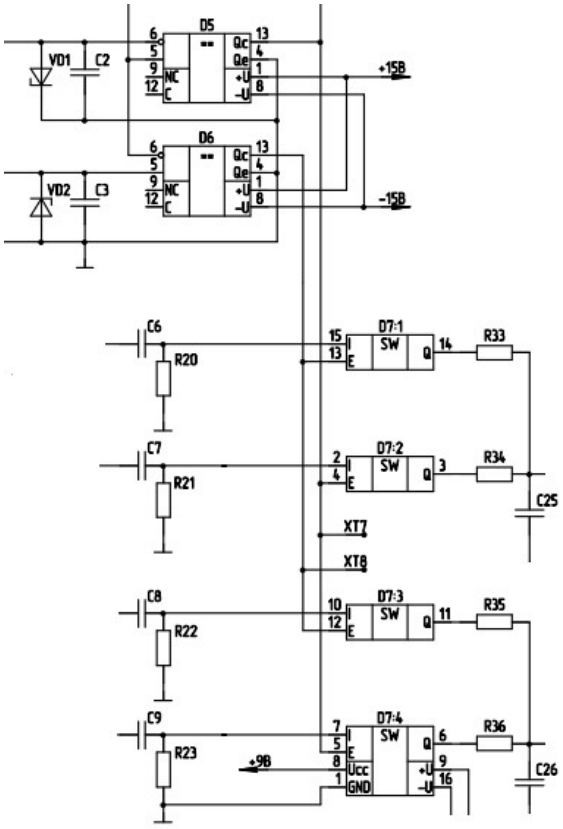


Рис. 5. Фазочувствительный выпрямитель

Противофазные сигналы поступают на двухтактные фазочувствительные выпрямители (ФЧВ), состоящие из электронных ключей D7.1, D7.2, запоминающего конденсатора C25 и токоограничительных резисторов R33, R34 (канал 1) и, аналогично – D7.3, D7.4, C26, R35, R36 (канал 2). Ключи D7.2 и D7.4 управляются короткими прямоугольными импульсами с выхода компаратора D5 и открываются на время 10 мкс при переходе выходного напряжения "f=11,3кГц" через отрицательное амплитудное значение. Ключи D7.1 и D7.3, аналогично D7.2 и D7.4, управляются D6 при переходе напряжения "f=11,3кГц" через положительное амплитудное значение (рис.5).

Таким образом, на конденсаторах C25 и C26 «запоминаются» амплитудные значения выходных напряжений D2 и D3, при этом происходит двухполупериодное выпрямление переменных напряжений, а полярность напряжений на C25 и C26 определяется взаимной фазировкой питающего напряжения «f=11,3кГц» и сигналов «Вход Канал 1» и «Вход Канал 2».

Изначально, на этапе изготовления опытного образца, была применена схема однотактного ФЧВ, при этом отсутствовали: компаратор D6, ключи D7.1, D7.3, входные усилители D2.1, D2.3. При работе совместно с гироскопическим

датчиком угла было выявлено наличие в выходном сигнале ФЧВ низкочастотных помех частотой 50 Гц; ранее рассмотренные ФВЧ обеспечивают недостаточное подавление этих помех. Предложенная новая схема двухтактного ФЧВ обеспечивает более эффективное подавление низкочастотных помех, а также меньший уровень пульсаций с частотой 11,3кГц.

Далее в схеме используются буферные усилители (D8.1, R41 и D8.2, R42) – для согласования с низкими входными сопротивлениями фильтров-пробок (для обеспечения низкого уровня пульсаций выпрямленного напряжения). Фильтры нижних частот R37, C28 и R38, C29 служат для дополнительного снижения пульсаций с удвоенной частотой питающего напряжения «*f*=11,3 кГц» (рис. 6).

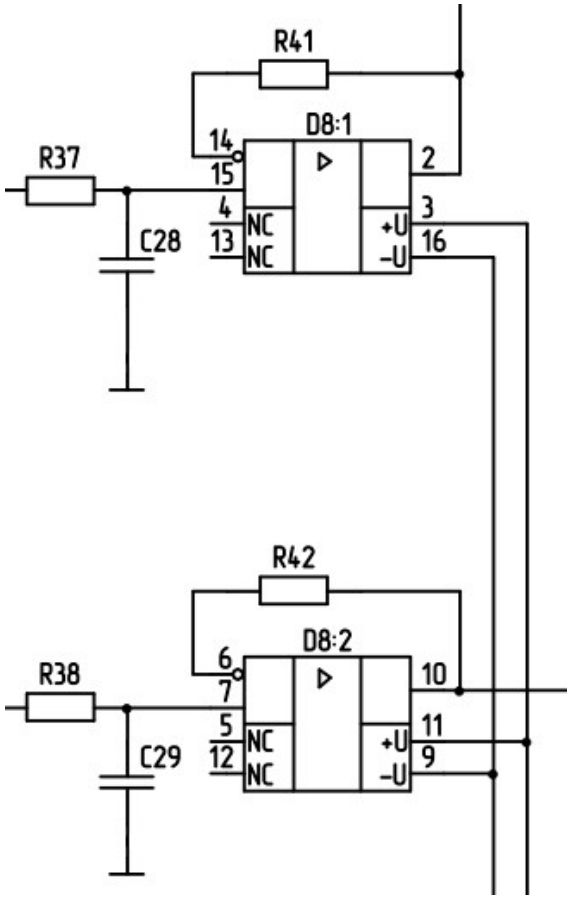


Рис. 6. Буферные усилители

Фильтр-пробки после фазочувствительных выпрямителей служат для подавления паразитных сигналов с частотами 250 Гц (частота вращения гиромотора) и 425 Гц (частота нутации) с выхода гироскопического датчика угла.

На этапе испытаний первого опытного образца, был применен один режекторный фильтр (с подавлением частоты нутации); при этом в выходном сигнале ФЧВ было выявлено наличие паразитного сигнала частотой 250 Гц, вызванного недостаточной балансировкой гиромотора. Для снижения уровня данного сигнала была дополнительно применена ФП с частотой настройки 250 Гц.

Фильтр-пробки на частоту 250 Гц выполнены на элементах: D9.2, C37, C38, R47, R51, R55, R59 (канал 1) и D10.2, C41, C42, R48, R52, R56, R60 (канал 2), на частоту 425 Гц – на элементах: D9.1, C35, C36, R49, R53, R57, R61 (канал 1) и D10.1, C39, C40, R50, R54, R58, R62 (канал 2).

Частоты настройки определяются элементами: C35…C42 и R47…R50, R59…R62; глубина подавления – отношением резисторов R51 и R55, R52 и R56, R53 и R57, R54 и R58 (глубина подавления также определяется отношениями постоянных времени R47 C37 и R59 C38, R48 C41 и R60 C42, R49 C35 и R61 C36, R50 C39 и R62 C40).

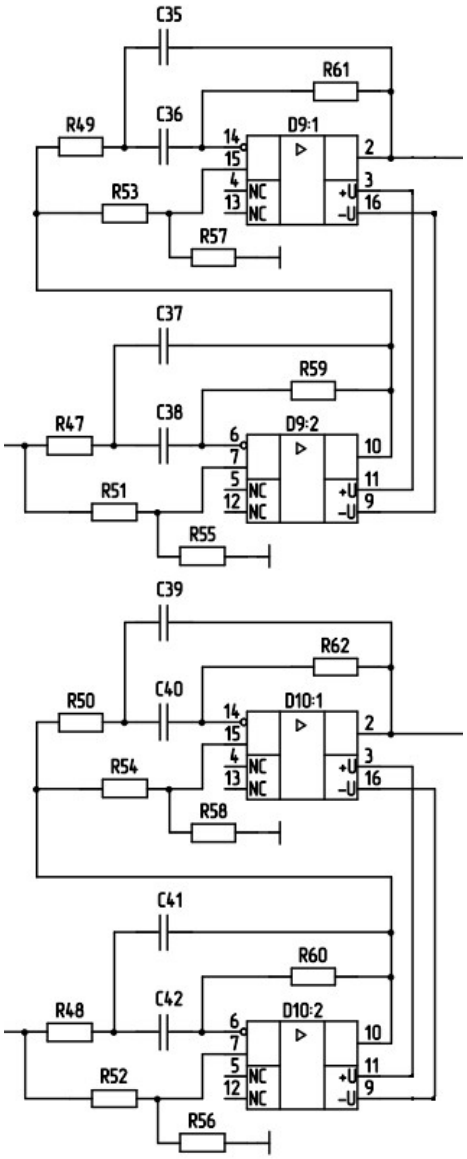


Рис. 7. Фильтр-пробки

В результате проведенных изменений схемы ФЧВ удалось снизить:

- уровень низкочастотных помех в выходном сигнале, наводимых в линиях связи между ГДУ и ФЧВ;

- уровень пульсаций в выходном сигнале частотой 11,3 кГц;
- уровень паразитного сигнала частотой 250 Гц с выхода ГДУ.

Библиографический список

1. ***Савельев, В.В.*** Гироскопы, гироскопические приборы и системы: учебное пособие [Текст]/ Савельев В.В. – М.: ТулГУ. 2015

2. ***Баранова, А.В.*** Электроника: учебное пособие [Текст] / А. В. Баранова, В.И. Обухов, Н. П.Ямпурин. – М.: Академия, 2011. – 240 с.

3. ***Белоус, А.И.*** Основы схемотехники микроэлектронных устройств*:* учебное пособие [Текст]/ Белоус А.И., Емельянов В.А., Турцевич А.С. – М.: Техносфера, 2012. – 472 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА УПРАВЛЯЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

Е.В. Силаев, Н.П. Ямпурин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Описано проектирование как электрических схем, так и конструкции генератора управляющих импульсов. Обоснован выбор материала корпуса и технология его лазерного раскроя, отмечены особенности конструкции блока, рассчитана его надежность.

Ключевые слова: генератор управляющих импульсов, электрические схемы, моноблок, лазерный раскрой, тепловой режим, надежность

В силовой электронике массовое распространение получили биполярные транзисторы с изолированным затвором (БТИЗ), однако для их работы требуется генератор управляющих импульсов (ГУИ), который выполняет ряд функций [1]:

- формирование двухполярных импульсов с частотой, достаточной для управления модулем с БТИЗ (БТИЗ-модуль);
- усиление импульсов по току, что необходимо для быстрой перезарядки емкостей изолированного затвора транзистора.

Используя прототип, представленный в [1], доработали электрическую структурную схему ГУИ (рис.1).

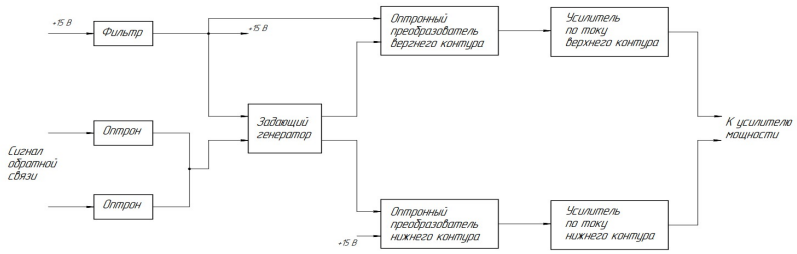


Рис.1. Структурная схема генератора управляющих импульсов

Фильтр используется для сглаживания напряжения питания. Оптроны обратной связи необходимы для ограничения уменьшения частоты генератора. Задающий генератор используется для управления частотой БТИЗ. Оптронные преобразователи формируют биполярные импульсы для управления БТИЗ, они также обеспечивают гальваническую развязку между задающим генератором и модулем-БТИЗ, то есть служат изолятором. Усилители тока используются для усиления биполярных импульсов тока, мощности которых достаточно для быстрой подзарядки емкости изолированного затвора и наоборот.

На основе электрической структурной схемы устройства разработали электрическую принципиальную схему генератора управляющих импульсов (рис.2).

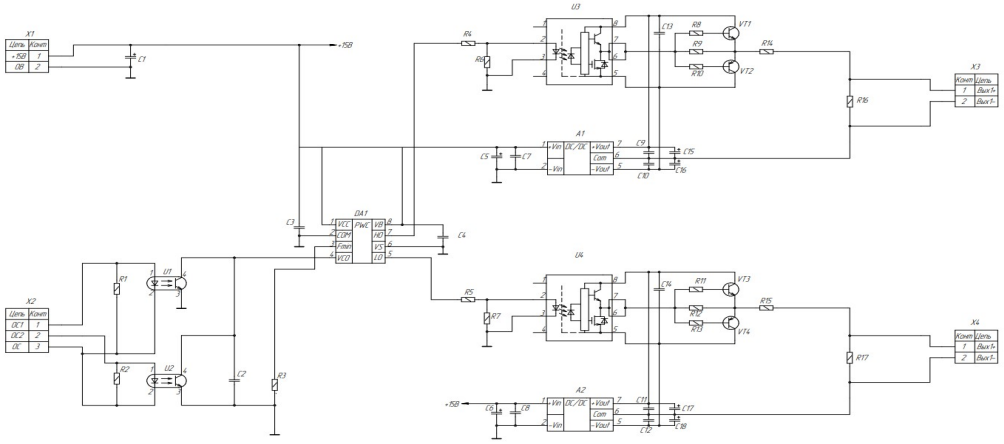


Рис.2. Электрическая принципиальная схема устройства

Задающий генератор построен на аналоговой микросхеме DA1 и элементах C3, C4, C2, R3. В качестве DA1 выбрана микросхема IR2520DS, обладающая широким диапазоном перестройки частоты (от 20 кГц до 50 кГц), достаточной для надежной работы БТИЗ-модуля защитной паузы в 2 мкс. Диапазон частот встроенного генератора микросхемы задается сопротивлением резистора R3, а частота – напряжением на конденсаторе C2 в интервале 0...5 В: чем больше напряжение, тем меньше частота генератора. В микросхеме имеется встроенный источник тока, заряжающий конденсатор C2 и ограничивающий напряжение на нем. Конденсаторы C3 и C4 – сглаживающие, предназначенные для уменьшения пульсаций выпрямленного напряжения.

Для ограничения снижения частоты генератора служат фототранзисторы оптронов U1 и U2, качестве которых взяты PC817NIPOX. Преимущества по сравнению с другими аналогами: малые габариты и вес в сочетании с высокими эксплуатационными характеристиками. На излучающие ИК-диоды оптронов поступает выпрямленное напряжение с соединителя X2. Для защиты от ложных срабатываний излучающие ИК-диоды шунтированы резисторами R1 и R2. Они нужны, чтобы избежать пробоя диода обратным напряжением.

На оптронах U3 и U4 собраны преобразователи, которые образуют верхний и нижний контура соответственно.

Оптронный преобразователь верхнего контура состоит из элементов R4, R6, U3, C13, C5, C7, A1, C9, C10, C15, C16. Изолированный DC/DC преобразователь A1 преобразуют входное однополярное напряжение плюс 15 В в выходные несимметричные двухполярные напряжения плюс 15 В и минус 8 В, питающие оптоизолированные драйверы затворов БТИЗ-модуля. В качестве изолированного DC/DC преобразователя был взят AM3DG–151508DH30-NZ. Оптоизолированный драйвер затворов U3 (HCPL-3120) предназначен для формирования двухполярных импульсов с частотой около 45 кГц. С выхода микро-

схемы DA1 на излучающий диод оптрона U3 через ограничительный резистор R4 (выполняет функцию предохранителя, т.е. ограничивает ток оптрона U3, чтобы он не вышел из строя) поступают неперекрывающиеся по времени импульсы с защитной паузой 1,8 ...2 мкс. Эти импульсы затем преобразуются в двухполярные импульсы с напряжением плюс 14/ минус 7 В, управляющие БТИЗ-модулем. Резистор R6 нужен, чтобы избежать пробоя диода обратным напряжением.

Конденсаторы C5 и C7 выполняют роль фильтра. Конденсатор C5 – электролитический, а C7 керамический. Керамический конденсатор стоит параллельно электролитическому для выделения высокочастотных помех, поскольку электролитический конденсатор работает на низких частотах. Аналогично работают конденсаторы C9 и C15, C10 и C16. Конденсатор C13 работает как фильтр.

Аналогично работает оптронный преобразователь нижнего контура на U3.

Усилитель по току верхнего контура состоит из R8 – R10, VT1, VT2, R14, R16. Предназначен для создания больших импульсных токов (сотни миллиампер – единицы ампер), необходимых для быстрого переключения БТИЗ-модуля из непроводящего состояния в проводящее и наоборот. В качестве транзисторов были взяты транзисторы разной проводимости КТ9180Г и КТ9181Г, образующие комплементарную пару.

Аналогично работает усилитель по току нижнего контура.

Отличие от прототипа состоит в том, что добавлены четыре токоограничивающих резистора R8, R10, R11, R13 номиналом 20 Ом. На выходе U3 или U4 идет ток номиналом 2,5 А. Максимальный ток, который должен идти на базу любого из транзисторов VT1 – VT4, составляет 1 А. Ток, протекающий через токоограничивающие резисторы, будет равен 0,5 А, что не противоречит техническим условиям на транзисторы КТ9180Г и КТ9181Г, однако этого тока достаточно для открытия транзисторов.

Для того чтобы изделие имело небольшую массу и размеры, было принято решение, чтобы у ПУ преобладали чип-элементы, так как они имеют небольшую массу и размеры по сравнению с навесными элементами. На рис. 3 представлен сборочный чертеж печатного узла (ПУ) ГУИ, а на рис. 4 – его 3D модель.

Поскольку ГУИ используется в стационарной аппаратуре для лабораторного применения, то разрабатываемая конструкция должна быть работоспособной в нормальных климатических условиях: температура от плюс 1 °С до плюс 35 °С; вибрации с амплитудой ускорения 2g в диапазоне частот 10…70 Гц; влажность до 80 % при температуре плюс 25 °С; работа при пониженном атмосферном давлении 750 мм. рт. ст.

Требования к надежности: наработка на отказ должна быть не менее 18000 часов.

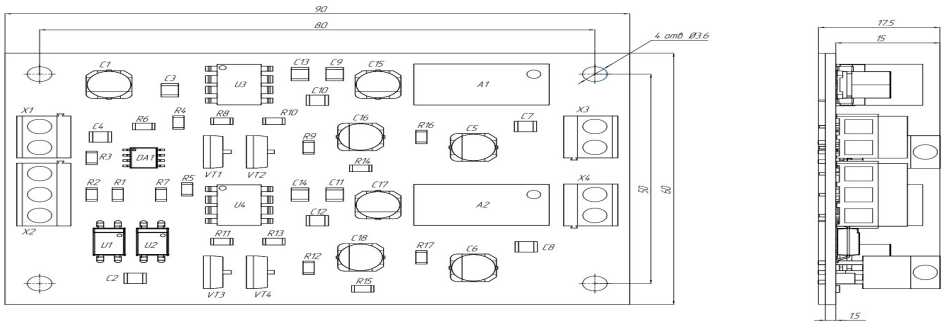


Рис.3. Сборочный чертеж печатного узла генератора управляющих импульсов

Конструктивный аспект является ключевым при разработке радиоэлектронной системы (РЭС), интегрируя печатные устройства и различные компоненты как в электрическом, так и в механическом аспектах. В современной инженерной практике применяются две основные стратегии конструирования [2,3]:

- использование стандартных несущих конструкций;
- применение уникальных несущих конструкций.

В данном исследовании предпочтение отдано второму подходу, который предполагает проект РЭС на основе уникальных, специально разработанных конструкций (также известный как подход с использованием интегрированной конструкции). Хотя этот метод влечет за собой повышенные расходы на проектирование и изготовление, он обеспечивает глубокую адаптацию к уникальным требованиям и характеристикам конкретной РЭС.

Учитывая, что блок относится к лабораторным изделиям, обеспечивать вибро- и ударостойкость целесообразно без использования амортизации в конструкции блока. Для того чтобы конструкция обладала достаточной жесткостью, было принято решение закрепить ПУ генератора управляющих импульсов к основанию блока по четырем сторонам с помощью четырех стоек, гаек и винтов. Также печатный узел ГУИ было решено разместить горизонтально основанию блока, благодаря чему обеспечивается наибольшая устойчивость блока на горизонтальных поверхностях и приемлемое удобство при сборке и ремонте устройства [2].

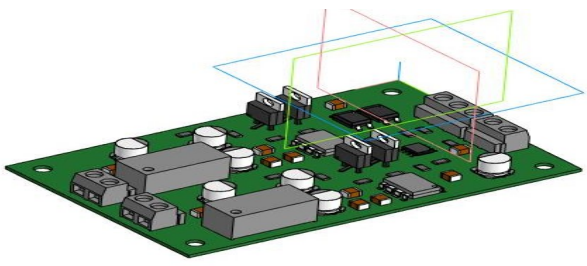


Рис.4. 3D-модель печатного узла генератора управляющих импульсов

Выбор материала для корпуса ГУИ руководствовался критериями его предназначения, условиями использования и производственной эффективностью [3]. Учитывая, что конструкцию могут подвергать вибрациям и различным механическим нагрузкам, было определено, что наилучшим решением будет применение алюминиево-магниевого сплава (АМг) серии 5052 с толщиной в 1,5 мм (характеристики указаны в табл. 1), чем достигается необходимая прочность при сниженном весе устройства. Этот сплав отличается одновременно высокими показателями прочности и твердости, сопоставимыми со сталью, при этом обладая значительно меньшей массой, чем у стали, и очень близок к пластику, и благодаря своим теплопроводным свойствам обеспечивает эффективное охлаждение. К тому же, использование данного материала способно гарантировать защиту электронных компонентов от электромагнитных воздействий, исходящих от других устройств.

Таблица 1

Характеристики сплава АМг марки 5052

Марка	Номинальный химический состав (%, ≥,≤)							
	Mg	Fe	Cu	Si	Zn	Cr	Mn	Al
5052	2.2-2.8	≦0.4	≦0.10	0.25	≦0.1	0.15-0.35	≦0.1	баланс

Мы выбрали лазерную раскройку для изготовления деталей, поскольку этот метод гарантирует высокое качество и производительность при низкой себестоимости единицы продукции. Для начала процесса раскроя необходимо выполнить два подготовительных этапа. Описание этих этапов приведено далее.

Во-первых, трехмерная модель корпуса разрабатывается в CAD-системе «Компас 3D», специализирующейся на листовом моделировании. Сначала для корпуса создаются чертежи для нарезки листов из стали толщиной 1,5 мм с помощью лазерного станка. Конструкция корпуса включает в себя основание (рис.5) и крышки со стенками. Лазерная резка позволяет достичь превосходного качества деталей при высокой скорости обработки и снижении затрат на производство каждого элемента.

Во-вторых, на стадии листового моделирования из чертежей формируется трехмерная модель корпуса для оценки его визуального вида, точных размеров, углов изгиба и высоты стенок перед последующим изготовлением. Этот этап важен для верификации конструкции и дальнейшей обработки металла, включая его гибку для формирования стенок корпуса и размещения монтажных элементов. По завершении механической обработки компоненты корпуса проходят порошковое покрытие, что улучшает внешний вид и защищает изделие от коррозии и воздействия окружающей среды. На рис. 6 представлена трехмерная модель блока ГУИ, позволяя лучше понять его структуру и дизайн.

3D-модель блока ГУИ без крышки представлена на рис. 5, ее габаритные размеры: высота – 76 мм, длина – 149,5 мм, ширина – 78 мм. Для ремонтопри-

годности крышка корпуса сделана П-образной формы, а внутрикорпусная коммутация осуществляется с применением соединителей. Крышка крепится к основанию корпуса ГУИ шурупами М3. С точки зрения удобства эксплуатации кабельный ввод и переключатель размещены на противоположных сторонах. В основании корпуса блока, с помощью винтов и гаек М3, установлены ножки высотой 7,5 мм.

Габаритные размеры блока: высота – 80 мм, длина – 149,5 мм, ширина – 86 мм. 3D-модель устройства в сборе и разборе представлена на рис. 6.

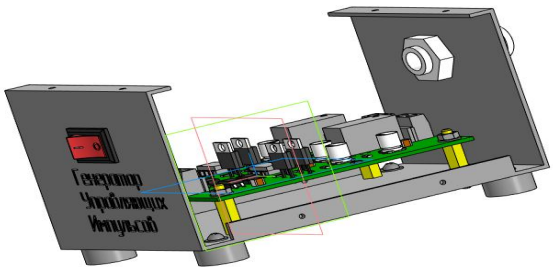


Рис. 5. 3D-модель генератора управляющих импульсов без крышки

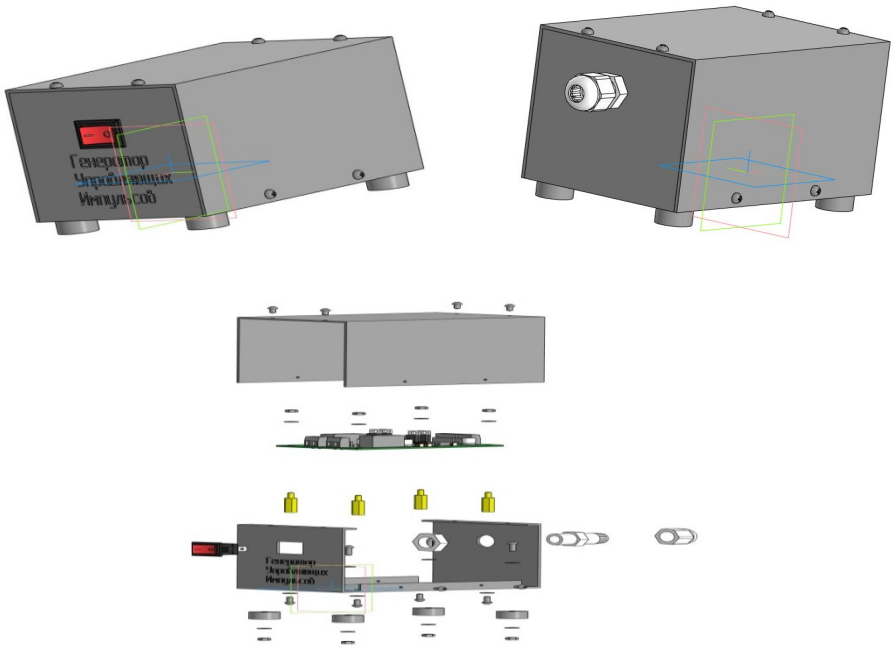


Рис.6. 3D-визуализация блока ГУИ в сборе (вверху) и разборе (внизу)

Проведен расчет надежности ориентировочным методом, который используется на этапе эскизного проектирования при наличии электрической принципиальной схемы [4]: наработка на отказ составила 23191 час.

Библиографический список

1.***Силаев, Е.В.*** Разработка печатного узла генератора управляющих импульсов [Текст] /Е.В.Силаев // Наука молодых. Сборник статей по материалам XVII Всерос. науч.-практич. конф. - Арзамас, 2024.- С. 167-172.

2. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учеб. пособие / Г.Б. Баканов, С.С. Соколов, В.Ю. Суходольский; под ред. И.Г. Мироненко. – Изд. центр "Академия", 2007. – 368 с.
3. Основы конструирования и технологии производства РЭС: Учебное пособие / Под ред. В.Н. Леухина. – Йошкар- Ола: МарГТУ, 2006. – 344 с.
4. ***Ямпурин, Н.П.*** Основы надежности электронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова; под ред. Н.П. Ямпурина. – М.: Издательский центр "Академия", 2010. – 240 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАССИВНЫХ АНТЕНН ДЛЯ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ

И.Е. Тюльтин, Д.А. Червяков, А.А. Тужилкин, К.С. Сычёв, Р.В. Свердлов
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрены различные виды пассивных антенн и произведено их сравнение для выявление наиболее удачной радиоэлектронной системы обнаружения. Представлены отличительные особенности каждого из видов, а также приведены их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: обеспечение безопасности, пассивные антенны, электромагнитное излучение, широкополосность, спиральные антенны.

В современном мире вопрос личной безопасности является актуальным как никогда прежде. С каждым годом человек сталкивается со все большим количеством технологий, которые могут стать как незаменимыми помощниками, так и новыми угрозами. Годы назад системы видеонаблюдения стали инновационной разработкой и очень скоро стали незаменимыми, стремительно внедрившись в нашу жизнь. Сегодня такой инновацией стали системы обнаружения воздушных объектов.

Радиоэлектронная разведка является эффективным средством для отслеживания потенциальных угроз. Предполагается, что подобная система должна обладать следующими свойствами:

- быть легко переносимой;
- в нерабочем состоянии складываться в минимальный объем;
- осуществлять обзор в вертикальной плоскости на угол 170°, в горизонтальной 360°.

Для обнаружения объектов, обладающих потенциальной опасностью, в качестве детектирующего устройства, предполагается использование пассивных ввиду их малой радиозаметности. Известные диапазоны радиоволн, излучаемые упомянутыми выше объектами, лежат в диапазоне частот от 430 МГц до 5,8 ГГц. Это достаточно широкий диапазон, поэтому антенна должна быть широкополосной.

Для создания подобной системы необходимо определиться с выбором антенны типа пассивной антенны.

Основными типами пассивных антенн являются перечисленные далее.

1. Дипольные антенны.

Простейшая антенна, представленная на рис. 1, состоящая из двух металлических проводников, принимает сигнал в широком диапазоне частот. Может быть выполнена в виде двух тонких металлических стержней, на которые подается синусоидальное напряжение.

Дипольная антенна работает на основе принципа резонанса. Когда к антенне подается радиочастотный сигнал, она начинает излучать электромагнитные волны. Эти волны распространяются в пространстве, и антенна также может принимать сигналы, преобразуя их обратно в электрические колебания.



Рис. 1. Дипольная антенна

Плюсами дипольных антенн являются простая конструкция и низкая стоимость, широкополосность и легкость в изготовлении.

Однако данный тип антенн имеет существенные минусы. Широкая диаграмма направленности вынуждает данный тип принимать сигналы с разных направлений, что может вызывать перекрестные помехи, также к минусам можно отнести низкий коэффициент усиления [1].

2. Спиральные антенны.

На практике встречаются спиральные антенны следующих типов: цилиндрические, конические, плоские и сферические.

Основной элемент данного типа антенны, выполненный в виде спирали, обычно изготавливается из металлического объемного проводника или токопроводящей полоски. Геометрия спирали определяется шагом – расстоянием между витками и диаметром самой спирали. Спираль зачастуюзакреплена на диэлектрический каркас. Пример конструкции данной антенны представлен на рис. 2. Зачастую для повышения дальности приёма радиосигнала применяются отражатели [2].

Спиральная антенна работает на основе взаимодействия электромагнитной волны с геометрией спирали.

К плюсам спиральных антенн можно отнести: высокий коэффициент усиления, широкую полосу рабочих частот, возможность создания круговой поляризации, что является важным для приема сигналов от движущихся объектов.

К минусам данного типа антенн можно отнести: сложность конструкции по сравнению с дипольными антеннами, большие габариты в некоторых вариантах исполнения, высокие требования по точности при проектировании и изготовлении [3].

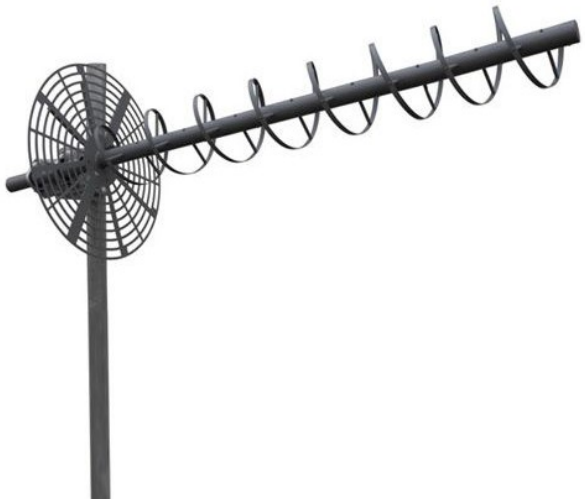


Рис. 2. Спиральные антенны

3. Рупорные антенны.

Характеристики рупорной антенны определяются ее геометрией.

Основным из элементов данной антенны, представленной на рис. 3, выступает волновод, выполненный из металлической трубы прямоугольного, круглого или эллиптического сечения, по которому распространяется волна. Его подключают к источнику сигнала. Рупорная антенна работает на основе преобразования электромагнитной волны, распространяющейся в волноводе, в направленное излучение.



Рис. 3. Рупорная антенна

Плюсы данного типа антенн: узкая диаграмма направленности, высокий коэффициент усиления и хорошая согласованность с волноводными трактами.

Основными минусами данного типа антенн являются ограниченная полоса частот детектируемых волн, а также габариты, затрудняющие транспортировку. Также к минусам можно отнести высокую стоимость конечного изделия

4. Фазированные антенные решетки.

Данный тип антенн, представленный на рис. 4, зачастую состоит из множества излучателей и фазовращателей, которые управляют фазой сигнала от излучателей. Изменяя фазу, можно изменять направление луча, что позволяет решеткам адаптироваться к различным условиями работы. Блок управления синхронизирует работу всей системы фазовращателей [4].

Каждый антенный элемент излучает сигнал с определенной фазой.

Путем изменения фазовых сдвигов между элементами можно управлять направлением основного лепестка диаграммы направленности.

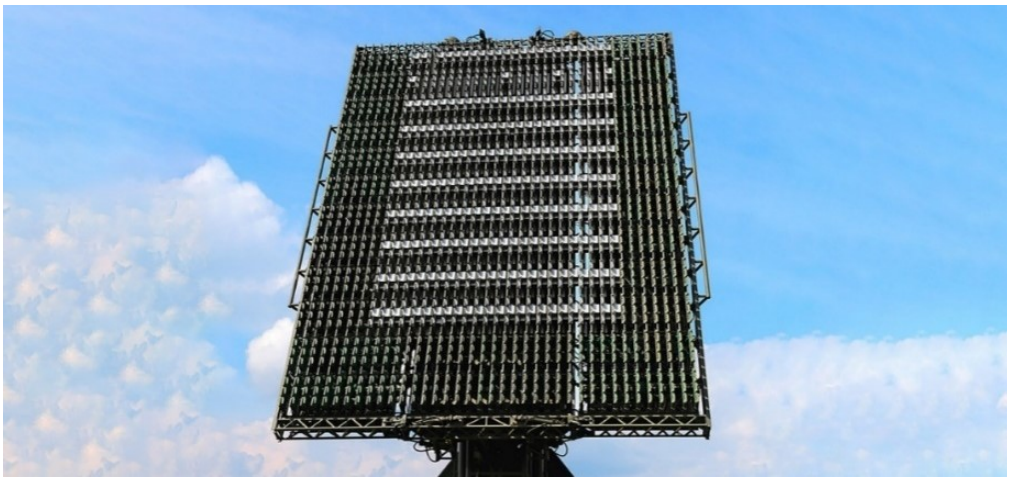


Рис. 4. Фазированная антенная решетка

Плюсы фазированной антенной решетки делают ее наиболее универсальной в использовании: высокая направленность и возможность динамического изменения диаграммы направленности, быстрая адаптация к изменяющимся условиям приема сигнала, а также высокая эффективность работы.

Однако высокая сложность и стоимость производства, большое энергопотребление и потребность в сложной системе управления делают массовое использование таких антенн нецелесообразным.

Сравнив рассмотренные типы антенн, можно сделать вывод, что спиральные антенны обладают лучшим сочетанием характеристик для задач обнаружения воздушных объектов. Они обеспечивают широкополосность, высокий коэффициент усиления и возможность работы с круговой поляризацией, что важно для приема сигналов от движущихся объектов. Несмотря на относительную сложность конструкции, их преимущества делают их предпочтительным выбором в системах радиоэлектронной разведки.

Спиральные антенны являются самым оптимальным выбором. Однако спиральные антенны бывают разных типов, каждый из которых отличается своими характеристиками и областью применения. Для определения подходящей антенны требуется рассмотреть каждый из подвидов спиральных антенн.

Рассмотрим четыре основных типа спиральных антенн.

1. Цилиндрические спиральные антенны

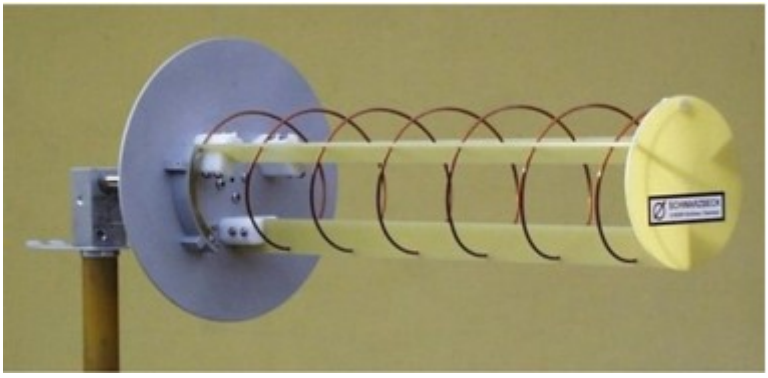


Рис. 5. Цилиндрическая спиральная антенна

Цилиндрическая спиральная антенна, представленная на рис. 5, состоит из проволочной спирали (направитель) и плоского металлического экрана (фланец). Такие антенны могут излучать круговую поляризацию, что делает их особенно подходящими для приложений, где важно поддерживать связь при изменении угла между передатчиком и приемником. Цилиндрическая антенна может эффективно работать в диапазоне частот от 330 до 334 МГц.

2. Конические спиральные антенны

Коническая спиральная антенна, представленная на рис. 6, имеет форму конуса, на поверхности которого располагаются спиральные витки. Конструкция может варьироваться, включая как однослойные, так и многослойные спирали, что влияет на ее характеристики. Антенны данного типа обычно обеспечивают круговую поляризацию, что позволяет им эффективно работать с сигналами, имеющими различные направления поляризации. Конические спиральные антенны обладают высокой шириной полосы частот, что позволяет им работать на широком диапазоне частот. Ширина диапазона осевого излучения цилиндрической спирали составляет ±0,3λ. Коническая спираль позволяет расширить этот диапазон в два раза. Ширина рабочего диапазона этой антенны составляет от 2.82 ГГц до 4.24 ГГц.



Рис. 6. Коническая спиральная антенна

Плоская спиральная антенна выполняется из двух плоских спиральных лент (плеч антенны). В зависимости от формы спирали антенны могут быть архимедовыми и логарифмическими.

3. Архимедова спиральная антенна.



Рис. 7. Архимедова спиральная антенна

Архимедова спиральная антенна, представленная на рис. 7, состоит из двух спиральных проводников, которые начинаются от центра и развиваются наружу. Архимедова спиральная антенна обладает большой полосой частот, что позволяет ей эффективно работать на различных частотах без значительных изменений в характеристиках. Антенна излучает круговую поляризацию, что позволяет ей принимать сигналы с любой линейной поляризацией.

Вид образующей архимедовой спирали представлен на рис. 8, *а*. Ленточный проводник образован двумя такими кривыми, отличающимися значениями параметра *b*. На рис. 8, *б* приведена плоская двухзаходная архимедова спираль, выполненную из двух идентичных лент; причем одна из них повернута относительно другой на 180°. Рабочий диапазон частот от 800 МГц до 6 ГГц.

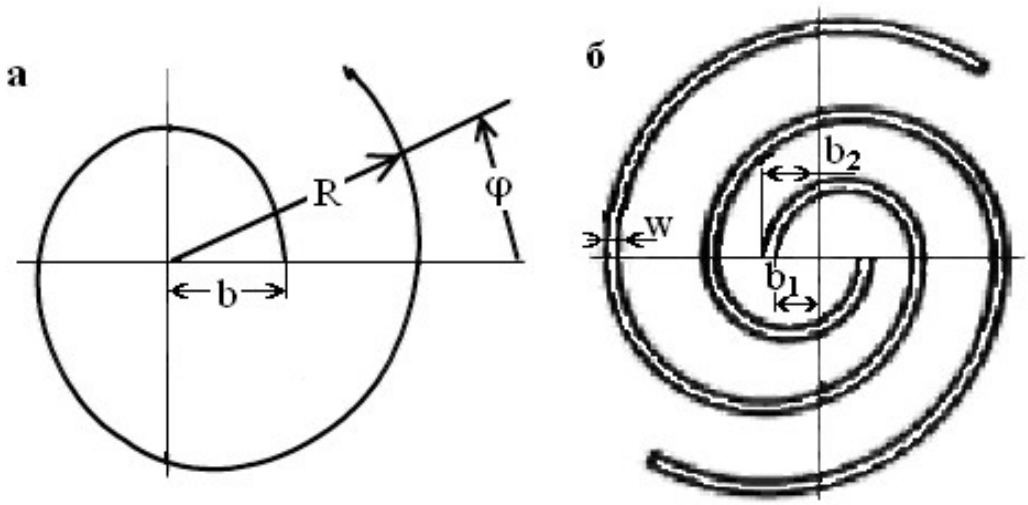


Рис. 8. Вид образующей архимедовой спирали

4. Логарифмическая спиральная антенна

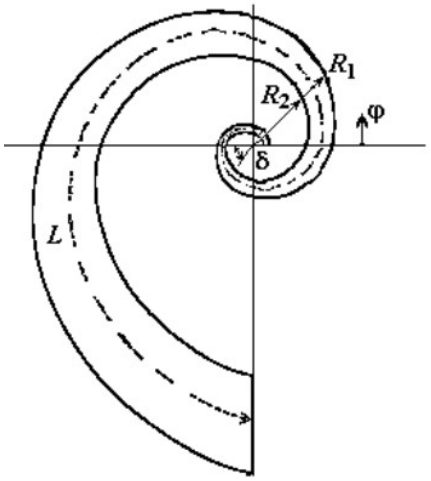


Рис. 9. Логарифмическая спиральная антенна

Эти антенны имеют уникальную конструкцию, представленную на рис. 9, основанную на логарифмической периодической структуре, что позволяет им эффективно работать в различных частотных диапазонах. Логарифмические антенны способны охватывать несколько диапазонов частот без необходимости переключения между ними. Эти антенны обладают хорошими характеристиками защиты от помех, что позволяет им фильтровать нежелательные сигналы и повышать устойчивость системы к внешним воздействиям. Логарифмические антенны состоят из нескольких излучающих элементов (диполей) разной длины, расположенных в линейной или плоской конфигурации. Каждый элемент настроен на определенную частоту. Рабочий диапазон частот от 1,6 ГГц до 8,1 ГГц [5].

Таким образом, самым подходящим типом антенн для выбранной задачи является архимедова спиральная антенна, она имеет наиболее широкий рабочий диапазон, компактный размер, хорошую направленность, что позволит создать систему с точным определением положения объекта в пространстве.

Библиографический список

1. ***Артемова, Т. К.*** Антенны : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальностям Радиотехника, Физика, Радиофизика и электроника / Т. К. Артемова, Н. И. Фомичев ; Т. К. Артёмова, Н. И. Фомичёв ; М-во образования Российской Федерации, Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – [Изд. 2-е, испр. и доп.]. – Ярославль : Ярославский гос. ун-т им. П. Г. Демидова, 2010. – 107 с. – ISBN 978-5-8397-0744-3. – EDN QMVHHB.

2. ***Марков, Г.Т.*** Антенны. Учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов/ Г.Т. Марков и Д.М. Сазонов Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1975. – 528 с. с ил.

3. ***Юрцев, О. А.*** Спиральные антенны. М.: Сов. Радио, 1974. – 224 с.

4. ***Монзинго, Р.А.*** Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1986. – 448 с., ил.— 2-е изд., исправленное и дополненное. — Ярославль: ЯрГУ, 2010. — 108 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРОВОЛОЧНО-ДУГОВЫМ АДДИТИВНЫМ МЕТОДОМ

А.С. Федорино, А.А. Никулина
Новосибирский государственный технический университет

В работе изучены геометрические параметры наплавленных валиков, сформированных методом проволочно-дугового аддитивного производства с формированием комбинированных конструкций между высокоуглеродистой и хромоникелевой сталями. Для снижения активности диффузионных процессов использовали буферный слой в виде никелевой ленты. Проведенные исследования показали, что слой никеля позволят исключить формирование мартенситных прослоек в переходной зоне и снижает микротвердость до 200 HV.

Ключевые слова: аддитивные технологии, разнородные стали, комбинированные конструкции, микроструктура

В отличие от традиционных методов производства, аддитивные технологии предоставляют возможность создания деталей сложной конфигурации, включая комбинированные и градиентные конструкции. Технология проволочно-дугового аддитивного производства (WAAM) не только обеспечивает высокую скорость формирования крупногабаритных деталей, но и значительно снижает расход сырья по сравнению с методами механической обработки [1]. Кроме того, использование проволоки, взамен порошка также делает данный процесс экономически выгодным [2]. Благодаря этому предполагается, что технология WAAM в ближайшее время будет активно развиваться [3]. К основным недостаткам данной технологии можно отнести более низкую точность и среднюю чистоту поверхности, что требует финишной обработки изделий [4, 5].

В процессе WAAM формирование структуры и фазового состава материала происходит по механизму, отличному от простого сварочного или наплавочного процессов за счет повторяющихся циклов нагрева и охлаждения в условиях послойного нанесения материала. При этом незначительные отличия в режимах 3D-наплавки, могут привести к существенным изменениям в строении получаемых объектов и, следовательно, существенно повлиять на их свойства [1].

Ключевые проблемы, возникающие при использовании материалов, полученных данным методом в ответственных конструкциях, связаны с анизотропией, остаточными напряжениями и дефектами, возникающими в процессе выращивания [1]. Формирование переходных слоев с высокой прочностью при создании гетерогенных материалов методом WAAM может дополнительно снизить механические свойства изделий. Для формирования комбинированных конструкций методом WAAM также как при дуговой сварке или наплавке может быть успешно применена технология барьерных слоев. Так, для соединения

высокоуглеродистой и высоколегированной сталей промежуточный слой никеля может частично или полностью исключить диффузионные процессы, приводящие к формированию мартенситных слоев, карбидных скоплений, общей неоднородности шва [6].

Поэтому целью данной работы является выявление особенностей структурообразования комбинированных конструкций сталей, полученных с использованием метода WAAM.

В работе рассмотрены комбинированные конструкции «углеродистая сталь – легированная сталь», полученные методом WAAM на роботизированной ячейке MIG-MAG сварки на основе манипулятора Kuka. Химический состав исходных материалов представлен в табл. 1. Легированную сварочную проволоку марки Св-04Х19Н9 диаметром 1,2 мм наплавляли на пластины из стали У8 размером 50×20×20 мм. Предварительно на подложках фиксировали никелевую ленту толщиной 0,2 мм и шириной 5 мм. Наплавку осуществляли по следующим режимам: ток дуги 125 – 135 А, количество наплавленных слоев 1-2, с и без барьерного слоя никеля.

Подготовку образцов проводили с использованием стандартной технологии шлифования и полирования. Для выявления микроструктуры проводили химическое травление раствором 5 % азотной кислоты в спирте. Для исследования геометрических параметров наплавленных валиков и структуры переходных слоев использовали растровый электронный микроскоп Carl Zeiss EVO 50 XVP. Для оценки микротвердости использовали микротвердомер Wolpert Group 402 MVD.

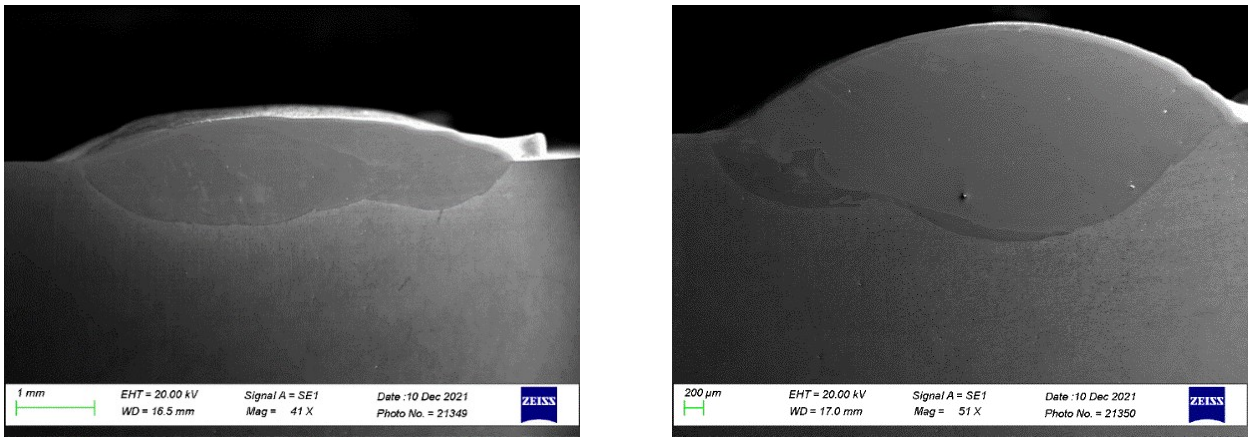
Таблица 1

Химический состав исследуемых материалов

Материал	**Содержание химического элемента, % вес.**							
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe
Сталь У8	0,79	0,19	0,25	0,15	0,022	0,018	0,11	Осн.
Св-04Х19Н9	0,05	0,99	1,78	9,05	0,001	0,001	18,9	Осн.
Н3	C	-	-	Ni	S	Co	-	Cu
	0,09	-	-	Осн.	0,028	0,67	-	0,45

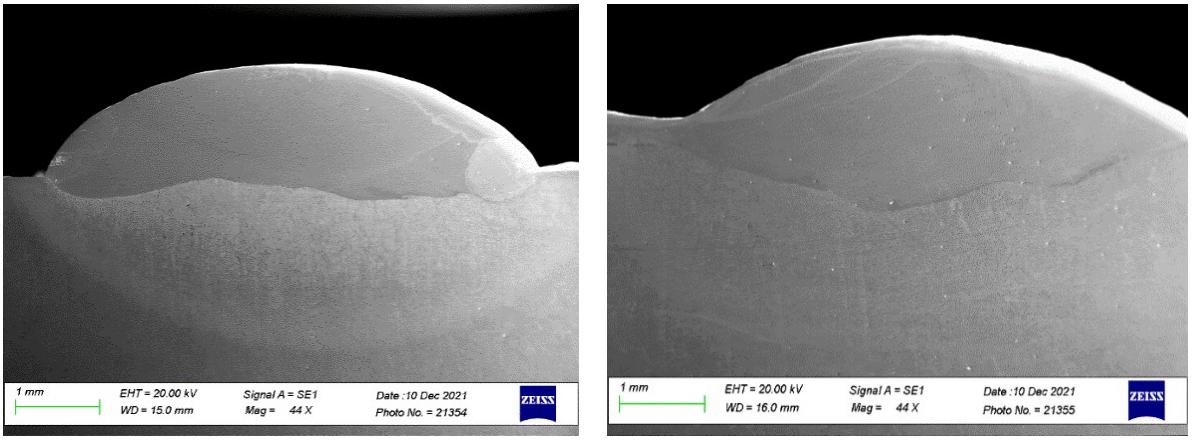
На рис. 1-3 представлены наплавленные валики в поперечном сечении. Все валики имеют каплевидную форму и неровную границу смешивания с материалом основы. Высота валика при одном проходе составляет 1,25 – 1,6 мм, ширина – 4,9 – 5,8 мм. При реализации второго прохода высота слоя увеличивается в 1,5 раза при наплавке при токе 125 А (рис. 1), ширина при этом практически не изменяется. При остальных режимах высота изменяется незначительно (рис. 2, 3).

Без использования буферного слоя при наплавке происходит формирование переходных слоев, имеющих аустенитно-мартенситную структуру (рис. 4, *а*).



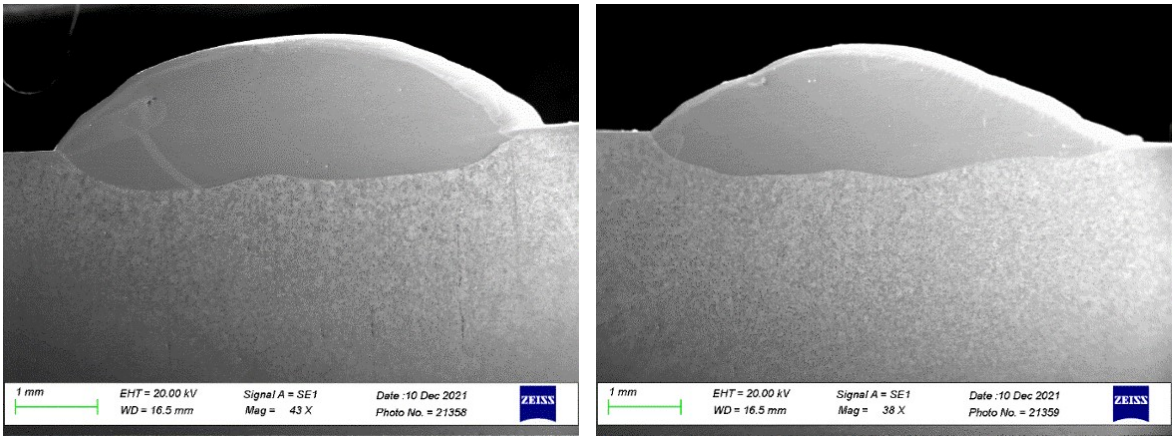
а б

Рис. 1. Геометрические параметры наплавленного валика Св-04Х19Н9–У8 (*I* = 125 А):
а – 1 слой; б – 2 слоя



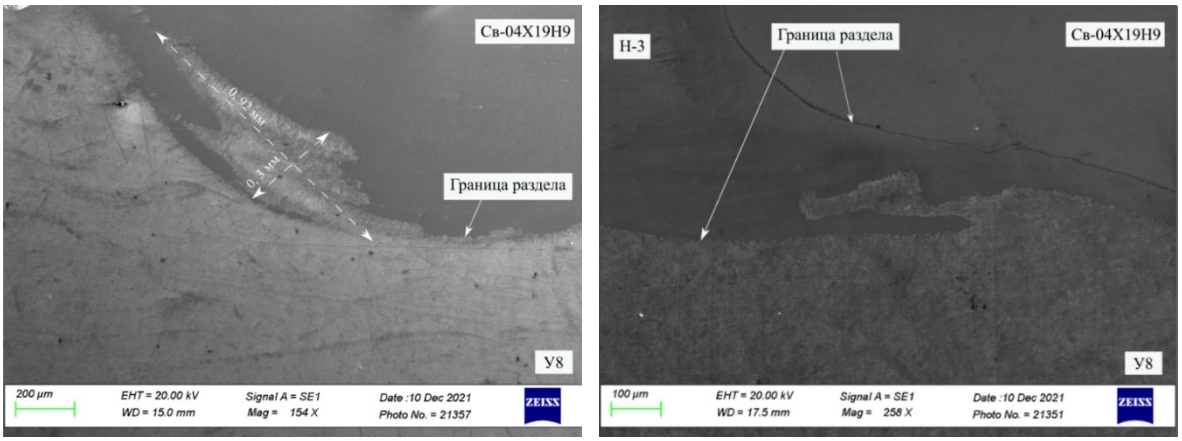
а б

Рис. 2. Геометрические параметры наплавленного валика Св-04Х19Н9–У8 (*I* = 130 А):
а – 1 слой; *б* – 2 слоя



а б

Рис. 3. Геометрические параметры наплавленного валика Св-04Х19Н9–У8 (*I* = 135 А):
а – 1 слой; *б* – 2 слоя



а б

Рис. 4. Формирование хрупкого мартенситного наплыва в наплавленном слое при *I* = 135 А без использования буферного слоя (а) и граница при использовании буферного слоя при токе 125 А (б)

Появление структур мартенсита в наплавленном слое позволяет прогнозировать локальное повышение микротвердости в данной зоне, что может способствовать хрупкому разрушению. Так при токе наплавки 135 А микротвердость в переходном слое достигает 800 HV. При использовании барьерного слоя на всех режимах хрупких фаз зафиксировано не было (рис. 4, *б*). Твердость находится на уровне 200 HV. Таким образом, необходимо подобрать такой режим и толщину буферного слоя, чтобы при наплавке разнородных сталей исключалось формирование мартенситных прослоек, но при этом итоговая толщина буферного слоя была незначительной, чтобы не снижать уровень механических свойств.

Библиографический список

1. ***Gibson, I.*** Additive Manufacturing. Technologies / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker, M. Khorasani // Switzerland: Springer - 2021. – 685 p.
2. ***Rosli, N.*** Design and development of a low-cost 3D metal printer / M. Alkahari, F. Ramli, S. Maidin, M. Sudin, S. Subramoniam, T. Furumoto // Journal of Mechanical Engineering Research & Developments/ - 2018. – V. 41. – pp. 47-54.
3. ***Lee, S.H.*** Optimization of cold metal transfer regression / S.H. Lee // Metals. 2020. – V. 10. – p. 461.
4. ***Huang, L***. A review of challenges for wire and Arc Additive manufacturing (WAAM) // L. Huang, X. Chen, S. Konovalov, C. Su, P. Fan, Y. Wang, P. Xiaoming, I. Panchenko / Transaction of Indian Institute of Metals. 2023. – V. 76. – pp. 1123-1139.
5. ***Manurung, M.S***. Hussein Research challenges, quality control and monitoring strategy for Wire Arc Additive Manufacturing / M.S. Manurung, N.I.S. Adenan // J Mater Res Technol. – 2023. V. 24. – pp. 2769-2794.
6. ***Jeong, Y.*** Effect of P21 buffer layer on interfacial bonding character-istics of high-carbon tool steel hardfaced through directed energy deposition / Y. Jeong, G. Y. Shin, D. S. Shim // Journal of Manufacturing Processes. – 2021. – V. 68. – P. 1596–1614.

ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ABS-ФОРМ, СОЗДАННЫХ МЕТОДОМ FDM-ПЕЧАТИ, ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

С.И. Гайнов, В.В. Шергин, К.С. Сычев, М.А. Кожевяткина
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлен опыт использования ABS-форм, созданных методом FDM-печати, для литья полиуретановых деталей. Описаны этапы процесса, включая проектирование 3D-моделей, печать форм и их подготовку к литью, а также выбор полиуретановых материалов и процесс их заливки. Рассмотрены три эксперимента, в которых использовались различные полиуретаны, и описаны проблемы, возникшие в ходе опытов, такие как хрупкость деталей, неполное заполнение форм и образование пузырьков воздуха. На основе результатов предложены рекомендации по улучшению процесса для получения качественных и долговечных полиуретановых изделий.

Ключевые слова: ABS-формы, FDM-печать, полиуретановые детали, литье, 3D-модели, полимерные материалы, качество поверхности, точность геометрии, дефекты отливок, мелкосерийное производство.

Современное производство все чаще обращается к аддитивным технологиям как к эффективному инструменту для быстрого прототипирования и изготовления сложных деталей. Одной из таких технологий является FDM-печать (Fused Deposition Modeling), которая позволяет создавать объекты с высокой точностью и минимальными временными затратами. Особый интерес представляет использование FDM-печати для изготовления литьевых форм, которые могут быть применены в производстве полимерных изделий, в том числе из полиуретана.

Полиуретан – это синтетический полимерный материал, получаемый в результате реакции полимеризации между изоцианатами и полиолами. Он широко используется в различных отраслях благодаря своей универсальности, высокой эластичности, износостойкости и устойчивости к воздействию агрессивных сред. Полиуретан может быть как жестким, так и гибким, в зависимости от состава и условий синтеза. При реакции полимеризации полиуретан выделяет тепло, что приводит к повышению температуры материала. В зависимости от состава и объема смеси, температура может достигать 60-90 °С и выше. Это экзотермическое нагревание необходимо учитывать при литье, так как оно может повлиять на процесс затвердевания и конечные свойства изделия [1].

ABS-пластик – это ударопрочный термопластичный материал, состоящий из сополимера акрилонитрила, бутадиена и стирола. Он обладает высокой износостойкостью, механической прочностью и устойчивостью к воздействию моющих средств и щелочей. Однако при нагревании ABS выделяет токсичные вещества, имеет плохую адгезию между слоями и подвержен усадке при остывании. Усадка – это процесс уменьшения объема и линейных раз-

меров материала при затвердевании, вызванный неравномерным остыванием слоев и возникновением внутренних напряжений. Для ABS-пластика усадка составляет примерно 0,02–0,04%, что необходимо учитывать при проектировании и печати [2].



Рис.1. 3D-модель и готовый прототип литьевой формы

Процесс изготовления литьевой формы начинался с проектирования 3D-модели. В данном случае это был пыльник для сельхозтехники. Для создания модели использовался КОМПАС 3D, который позволил точно учесть геометрические параметры детали, а также необходимость в ледниковой системе и точках заливки, чтобы обеспечить равномерное распределение материала и избежать дефектов в готовом изделии.

После завершения проектирования модели была начата печать формы с использованием FDM-технологии на 3D-принтере. Для печати выбрали ABS-пластик, который обладает хорошими механическими характеристиками, но при этом имеет свою специфику, связанную с усадкой и температурной стойкостью. Для предотвращения возможных дефектов на поверхности детали и улучшения качества литья форма была предварительно обработана ацетоном. Это позволило сделать поверхность формы более гладкой, что снижало вероятность появления фактуры слоев на отлитой детали.

После того как форма была напечатана и обработана, она была подготовлена для литья. Для этого использовался восковой разделитель Вс-М, который обеспечивал легкость извлечения полиуретановой детали после отверждения. Разделитель также предотвращал прилипание полиуретанового материала к стенкам формы, что было важным условием для получения качественного изделия.

В первом эксперименте был использован полиуретан от Силагерм 6070. Однако при подготовке смеси произошло неравномерное смешивание компонентов, что привело к хрупкости отлитой детали. Деталь была слишком ломкой и легко рвалась. Это может быть связано с недостаточной тщательностью при

перемешивании компонентов, что важно учитывать для достижения необходимой прочности материала.

Во втором эксперименте использовался полиуретан FOLICAST. Однако, из-за того, что первоначально компоненты материала были неправильно размешаны и использованы, мы не смогли продолжить работу с этим материалом, так как его часть уже была израсходована, а первый опыт оказался неудачным. Для дальнейшего использования материала требовалось тщательное перемешивание компонентов в необходимом объеме, что невозможно было сделать, поскольку материал уже был частично использован. Следующий опыт с FOLICAST прошел лучше, но возникла проблема с заливкой материала. Деталь получилась «пополам», так как верхняя часть формы не была заполнена, а полимер начал уходить вниз из-за отсутствия дополнительного резервуара. Это привело к образованию воздушных пузырьков и неполноценной заливке.

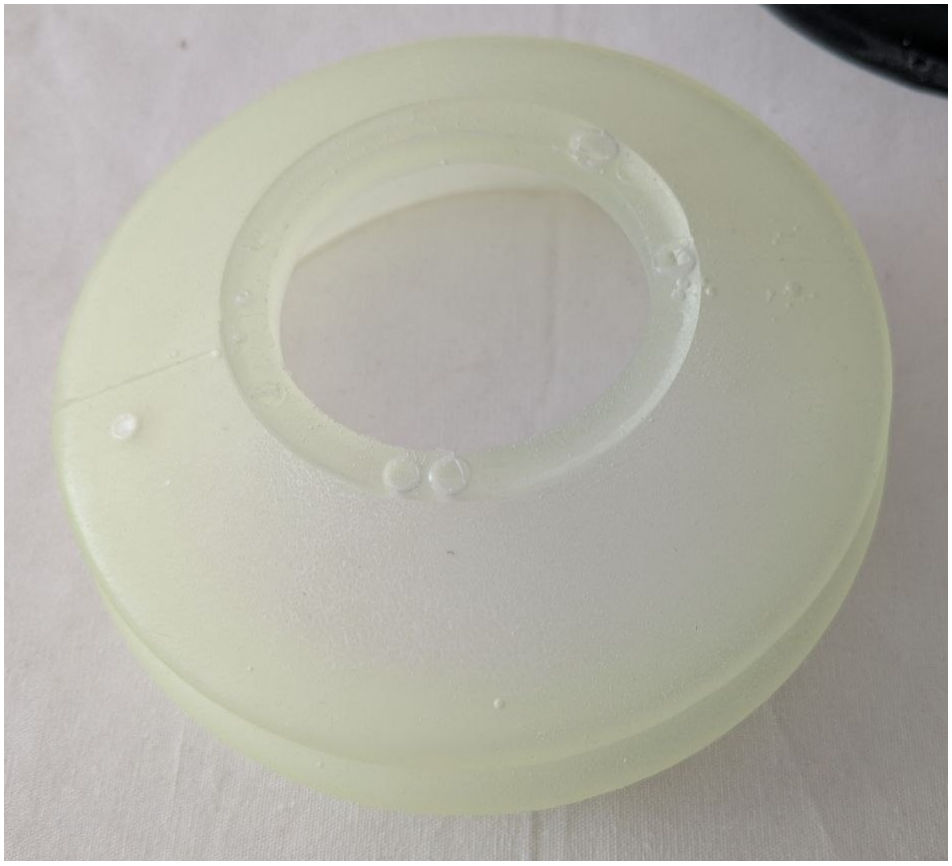


Рис.2. Опытный образец изделия

В третьем опыте снова был использован полиуретан FOLICAST. Этот опыт оказался удачным, но с одним недостатком – в детали появились пузырьки. Пузырьки менее 1 мм привели к мутности изделия, а пузырьки размером 3-5 мм – к образованию отверстий. Это явление можно объяснить отсутствием вакуумной системы во время литья, которая могла бы устранить образование пузырьков воздуха в материале. Также следует учитывать, что без вакуумной

обработки, особенно при большом объеме смеси, гарантировать отсутствие пузырьков невозможно.

На основе проведенных опытов можно сделать несколько важных выводов и рекомендаций для дальнейших экспериментов.

1. Для предотвращения хрупкости деталей важно тщательно смешивать компоненты, что может существенно улучшить конечные механические свойства материала.
2. При использовании полиуретанов стоит предусматривать дополнительные резервуары и системы для предотвращения образования воздушных карманов и дефектов в процессе заливки.
3. Для достижения высокого качества поверхности и устранения пузырьков в полиуретановых деталях рекомендуется использовать вакуумные установки, особенно для более крупных форм.
4. Также стоит уделить внимание устойчивости ABS-пластика к температурным колебаниям при литье, что может повлиять на долговечность самих форм и точность получаемых деталей.

Процесс использования ABS-форм, созданных методом FDM-печати, для литья полиуретановых деталей показал свои достоинства и ограничения. Несмотря на некоторые трудности, такие как образование пузырьков и необходимость более тщательной подготовки смеси, технология FDM-печати является перспективной для мелкосерийного производства и прототипирования в области полимерных материалов.

Библиографический список

1. Полиуретан — что это за материал: свойства, характеристики и применение: офиц. сайт. - URL: https://tkspro.ru/blog/poliuretan/?ysclid=m8niszbc9t944678565 (дата обращения: 23.03.2025)
2. **Шергин, В. В.** Анализ усаживания ABS пластика при 3D-печати и методы коррекции погрешностей / В. В. Шергин, С. А. Соколов // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации : Сборник статей по материалам X Всероссийской научно-практической конференции, Арамас, 16–17 апреля 2024 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С. 297-302. – EDN PDGGHY.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ «ЭКОМЕТ» НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Т.В. Рябикина, Р.И. Подуздиков
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных при внедрении новой технологии оксидирования, с применением импортозамещающих компонентов. Защита от коррозии технологической оснастки является актуальной для механообрабатывающего производства. Приспособления, обработанные по предлагаемой технологии на основе композиции «Экомет» методом холодного оксидирования, соответствуют требованиям по своим защитным свойствам. По результатам исследований разработан технологический процесс Хим.Окс., повышающий коррозионную стойкость технологической оснастки.

Ключевые слова: защитные покрытия, коррозионная стойкость, импортозамещения, инновационная технология.

Все без исключения машиностроительные предприятия изготавливают детали на металлорежущих станках. Процесс резания, в большинстве случаев, сопровождается применением смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС). В состав СОТС могут входить различные химически активные компоненты. Вступая в реакцию с материалом приспособлений, эти вещества приводят к коррозии. Коррозия может привести к снижению прочности материала приспособления, потере эффективности обработки, к аварийным ситуациям, а также к повышению расходов на его ремонт или замену.

Для борьбы с коррозией применяются различные методы, включая применение защитных покрытий, лаков, антикоррозионных покрытий и изоляции. Также используется систематическое обслуживание и регулярные проверки состояния оснастки.

Понимание основных принципов и причин коррозии является важным элементом в различных областях инженерии и науки материалов. Это позволяет проектировать более долговечные и надежные технологии защиты средств технологического оснащения.

В качестве метода борьбы с коррозией рассмотрим технологию химического оксидирования стали. Это процесс формирования пассивной защитной пленки на поверхности металла путем контролируемой окислительной реакции [1].

Разработанный и описанный ранее в работе [2] технологический процесс Хим.Окс. с использованием композиции «ЭКОМЕТ», для химической и электрохимической обработки поверхности металлов и нанесения покрытий по ТУ 2499-102-32441906-08, потребовал выполнения ускоренных коррозионных испытаний по ГОСТ 9.308-85, с целью определения количественных показателей коррозионной стойкости и скорейшего внедрения технологии в производство.

Исследовательская работа выполнялась в лабораториях гальванического цеха АО «АПЗ». Образцы №1 и №2 для исследования изготавливались из стали 20 ГОСТ 1050-2013, рис.1. Форма и размеры испытуемых образцов выбирались в соответствии с методом испытания, критериями и способами оценки результатов испытания по ГОСТ 9.908-85. Толщина испытуемых образцов должна быть, достаточна, чтобы образцы не деформировались во время испытания. В связи с тем, что ожидается неравномерное или локальное поражение, то используются образцы достаточной толщины, позволяющие определить глубину коррозионного поражения.

Образец №1 – форма кольцо (полый цилиндр); масса, г: 251,2987; размеры, мм – внешний диаметр D_1 = 80, внутренний диаметр d_1 = 43 мм; высота h_1 = 10 мм; площадь поверхности, 1,1007 дм^2.

Образец №2 – форма кольцо (полый цилиндр); масса, г: 245,0432; размеры, мм – внешний диаметр D_2 = 80, внутренний диаметр d_2 = 36 мм; высота h_2 = 8 мм; площадь поверхности, 1,0927 дм^2.

Масса образцов 251,2987 г, и 245,0432 г, соответственно.



а) образец №1 *б)* образец №2

Рис.1. Внешний вид образцов с покрытием

Испытания на коррозионную стойкость выполняются в специальной автоматической камере КТВ-0,4-155. Выбранная камера тепла и влаги имеет объем не менее 0,3м^3 и предназначена для ускоренных опытов в условиях повышенных значений относительной влажности и температуры без конденсации. В процессе испытаний повышение температуры от 40±2°С до 100°С, обеспечивалось со скоростью два градуса в минуту. Относительная влажность воздуха 93±3%, увлажнение парами дистиллированной воды, без солей и кислот. Циркуляция воздуха со скоростью 1 м/с.

Для получения точного результата работа выполнялась в следующем порядке: образцы перед испытаниями обезжиривались применением органического растворителя нефас С2-80/120 по ТУ 38.401-67-108-92. После обезжиривания образцы брались руками в хлопчатобумажных перчатках, только за торцы и подвешивались в камере на крючках. Для равномерного расположения образцы размещались вертикально по схеме: между образцами 20 мм; расстояние от всех стенок камеры 100 мм; расстояние от дна не менее 200 мм. Материал

крючков – это полимерный неметаллический материал – фторопласт -4 ГОСТ 10007-80. Общий объем камеры, заполненный образцами, не превышал 30%.

Первые 30 минут образцы выдерживались в камере при температуре 40 градусов для их прогрева. Затем, через 30 минут устанавливалась относительная влажность, до экспериментального значения. Время испытаний составило 96 часов, параметры температуры увеличивались, влажность оставалась постоянной.

Извлеченные из камеры образцы оценивали по ГОСТ 6.908-85. Оценка коррозионной стойкости бальным методом позволяет прогнозировать срок службы, долговечность и сохраняемость поверхности.

Визуально, поражения определялись при освещенности 300 лк, невооруженным глазом и нормальным цветоощущением.

При уточнении размеров, обнаруженных при визуальном контроле, коррозионных поражений использовали лупу с увеличением 2х-5х. В результате экспериментов устанавливали следующие показатели: вид коррозионных поражений; площадь поверхности занятой коррозией. В оценке учитывались коэффициенты значимости, отражающие влияние каждого вида коррозионного поражения на функциональные свойства образца детали и покрытия.

Характерный вид коррозионных поражений, обнаруженных на образцах в процессе контроля, представлен в табл. 1. Знак «+» означает наличие на образцах указанного вида поражения, знак «–», что вид коррозионного поражения отсутствует.

Для удаления следов коррозии выполнялось два вида обработки: образцы протирали хлопчатобумажной тканью, до 5 раз, с небольшим усилием; образцы промывали в теплой, до 40 градусов, дистиллированной воде в течение 1 минуты. Расход воды составлял до 10 $см^3$ на 100 мм поверхности.

Таблица 1

Характерный вид коррозионных поражений покрытия Хим.Окс

Виды коррозионного поражения	**Условное обозначение**	**Покрытие**
		Хим.Окс
Потускнение (потеря блеска). Цвета побежалости или полупрозрачный слой легкоудаляемых продуктов коррозии (различим исходный цвет металла, сплава, покрытия)	А	-
Изменение цвета покрытия. Образование полупрозрачного слоя легкоудаляемых продуктов коррозии покрытия (различим исходный цвет покрытия)	Б	+
Разрыхление покрытия. Набухание и меление покрытия (ЛКП)	В	+
Коррозия с образованием оксидообразных продуктов	Г	-
Коррозия с образованием солеобразных продуктов (в том числе гидроксидов)	Д	-
Коррозия подслоя (подслоев) покрытия	Е	-
Коррозия основного металла, растрескивание, вздутие и отслаивание, образование пузырей покрытия	К	+

Результаты расчета площади отдельных коррозионных очагов, возникающих на испытуемых образцах, представлены в табл. 2. Метод оценки состоял в том, на поверхность образца накладывали прозрачную бумагу и обводили карандашом площадь поражения. Затем определяли числовое значение площади коррозионного поражения, допустимая погрешность составляла не более ±0,5 мм.

Таблица 2

Расчет площади коррозионных очагов

Номер образца	**Вид коррозионного разрушения, i**	**Площадь одного R-го коррозионного очага k-го вида коррозионного поражения, мм^2**							**Количество очагов, k**	**Сумма площадей, Σ i,k,мм^2**	**Площадь коррозионного очага, S_i, мм^2**
Образец №1	Б	11	26	31	35	19	24		6	146	1,3264
	В	14	9						2	23	0,2090
	К	12							1	12	0,1090
Образец №2	Б	10	16	9	18	13	10	16	7	92	0,8419
	В	7	8	7					3	22	0,2013
	К	7	11						2	18	0,1647

Определение оценочного балла коррозионной стойкости детали $К_Д$ устанавливали в зависимости от приведенной площади S_i вида коррозионного поражения, результаты контрольных измерений сведены в табл. 3.

Таблица 3

Определение оценочного балла коррозионной стойкости детали $К_Д$

Параметры	**Образец № 1**	**Образец № 2**
Кол-во обнаруженных коррозионных поражений вида, шт.		
Б	6	7
В	2	3
К	1	2
Площадь коррозионного поражения S_i , мм^2		
Б	146	92
В	23	22
К	12	18
Коэффициент значимости K_i		
Б	0	0
В	0,4	0,4
К	1	1
Площадь всех видов коррозионного поражения ΣS_iK_i, мм^2		
Б	0	0
В	0,0836	0,0805
К	0,1090	0,1647
Сумма площади ΣS_iK_i, мм^2	0,1926	0,2453
$К_Д$	9	8

По результатам исследований можно сделать вывод, что образцы, прошедшие испытания в камере тепла и влаги, имеют значения от 5 до 10 баллов, являются коррозионностойкими.

В результате получено заключение, что образцы, покрытые по технологии Хим.Окс с использованием отечественного компонента «ЭКОМЕТ», прошли проверку и соответствуют требованиям по своим защитным свойствам.

Покрытие, полученное с помощью технологического процесса химического оксидирования холодными растворами на основе композиций «ЭКОМЕТ» без снижения коррозионной стойкости, позволяет сэкономить электроэнергию из-за ненадобности нагрева рабочего раствора; исключить опасный производственный фактор риска химического и термического ожогов; увеличить срок эксплуатации оснастки после его нанесения.

Библиографический список

1. ***Румянцева, К. Е.*** Антикоррозионная защита металлов: учебное пособие / К. Е. Румянцева. – Иваново: ИГХТУ, 2018. – 185 с. – Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. – URL: https://e.lanbook.com/book/127521 (дата обращения: 10.11.2024).

2. ***Подуздиков, Р.Ю.*** Разработка технологии нанесения коррозионностойкого покрытия на основе композиции «ЭКОМЕТ»/ Подуздиков Р.Ю., Рябикина Т.В. // Наука молодых: сборник статей по материалам XVII Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2024. – С.32-36.

3. ***Семенова, И.В.*** Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.– 336с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНОГО ВЕСОВОГО ДОЗАТОРА

Д.И. Телин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В работе представлена разработка структурной схемы частотно-регулируемого электропривода дозатора, особенностью которой является использование модели учета веса изменяющегося тела по мере накопления компонентов во временном хранилище и преобразующего оповещения контроля массы в режиме текущего периода, что создает большую точность нормирования сыпучих материалов.

Ключевые слова: дискретный дозатор, структурная схема, микроконтроллер

Современные предприятия и торговые организации все чаще внедряют электронные устройства, позволяющие обеспечить эффективное выполнение большинства задач, а в некоторых случаях и значительную автоматизацию реализуемых процессов.

Используемые на сегодняшний день в промышленности и торговых организациях устройства измерения и контроля веса материалов и продукции, опираются на аналоговую среду передачи. Такие приборы не соответствуют решаемым современным задачам по основным тактико-техническим характеристикам (ТТХ): точности, устойчивости, разрешающей способности. Таким образом, возникает необходимость разработки дискретного весового дозатора с усовершенствованными техническими характеристиками, и обеспечения более эффективного использования прибора на предприятиях и организациях.

Дозатор – это прибор, который позволяет измерять нужное количество вещества для дозированной выдачи точно отмеренных порций материалов. Данный прибор используется для измерения твердых и жидких реагентов, сыпучих и рулонных материалов, так и газообразных веществ.

Дозаторы широко применяются в быту, в промышленном производстве, в торговле, а также для проведения химических и микробиологических анализов, в которых точность дозирования является важным условием для достижения точных результатов. Таким образом, разработка таких устройств с улучшенными характеристиками используют современные методы или процессы измерения.

Управляющим компонентом программируемого дозирующего устройства считается блок управления, основой которого, как правило, являются вычислительная техника (ВТ), технические средства автоматизации (ТСА), технические информационные средства (ТИС) или большие или малые электронные схемы, учитывающие влияние окружающей среды, осуществляющие нормирование по заранее заданному программному алгоритму; и выдающие данные работнику в доступном виде с возможностью дальнейшего хранения и передачи результатов изменения на следующий этап регулирования.

Из анализа существующих запатентованных аналогов, которые используются сегодня в промышленности для контроля дозирования, было выявлено, что все системы дозирования являются монофункциональными без возможности их модернизации путем перепрограммирования, т.к. весовые диспенсеры не имеют портов для программирования, поэтому сделать дополнительную отладку не предоставляется возможным. Кроме того, двухканальное программируемое дозирование продукта имеет размер порции, но не может быть использовано для реализации технических требований, так как имеет большие отклонения от эталонных измерений в зависимости от частоты колебаний, которыми невозможно управлять.

Использование емкостного изделия с программируемым дозированием невозможно реализовать функциональные требования заказчика. В связи с тем, что непрерывное дозирование осуществляется жидким эквивалентом заданного размера, и согласно выбранным функциям программируемого дозатора необходимо стандартизировать сыпучий материал. Таким образом, для реализации технологических процессов по-быстрому и качественному распределению сыпучего материала по упаковкам целесообразно использовать массовый распределитель транспортного типа, что позволит снизить погрешности при фасовке сыпучих грузов при сохранении высокой скорости распределения.

Особенностью разработанного дозатора является наличие в нем блока приема и формирования принимаемых сигналов, которые передаются по линиям связи, реализованного на базе микросхемы, состоящей из непрерывно-прерывистого блока и прерывисто-непрерывного блока.

Такое построение устройства позволит реализовать следующие задачи:

- формирование в соответствии с заложенной последовательностью системы управления прерывистых сигналов управления на устройствах формирования нормального кода в токе и переменном напряжении (УГОК), формирующих непрерывные сигналы управления на усилители мощности и далее на приводы, включенные в линейную подачу;
- сопряжение сигналов с дискретным операторным устройством (ДУО) с непрерывной передачей сигналов;
- реализация однократного сравнения комплексного управления после подачи питания;
- формирование опорного напряжения для работы УГОК и устройств формирования тока и переменного напряжения в коде в виде импульсов (УГТНКИ);
- связывание и формирование непрерывных информационных сигналов в двоичном коде от определенных точек управления и напряжений вторичного электропитания с целью измерения и оценки качества выполнения ТТХ;
- запись основных непрерывных сигналов для решения задачи транспортировки в символьном виде на внешние устройства, входящие в состав лотковой линии распределения мелкозернистых материалов.

В соответствии с вышеизложенным проектируемый дискретный дозатор будет иметь структурную схему, представленную на рис. 1. В его состав войдут такие узлы, как блок питания, блок администрирования (БУ), перемещающий мелкозернистый материал за счет винтового вращения пластин (ВВП) и прорезиненной подающей ленты, дозатор БУ, оборудование для герметизации теплосвязанных материалов, тензодатчики, емкостные датчики уровня, интерфейсы ввода-вывода информации и микроконтроллер.

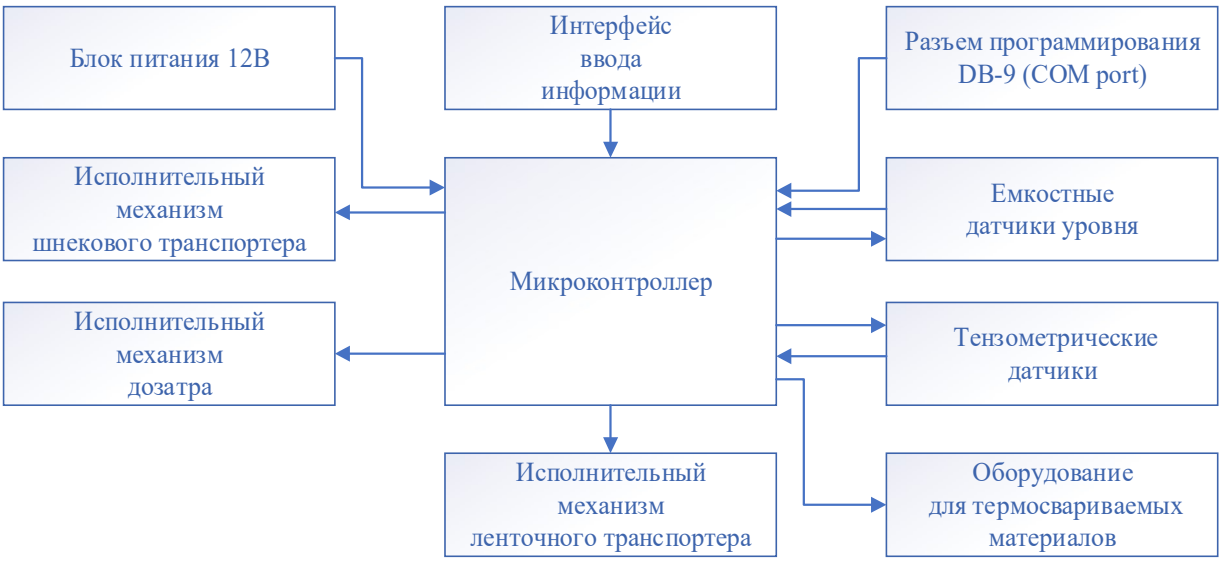


Рис. 1. Структурная схема дискретного диспенсера

В состав дискретного дозатора сыпучих материалов входят: встроенный блок питания (БП), преобразует переменное напряжение от сети в постоянное напряжение с целью питания систем для решения проблемы защиты от помех от питающего напряжения.

АУ с ПВВП предназначен для перемещения мелкодисперсных материалов из основного временного хранилища, в хранилище – питатель дозатора.

Дозатор АУ – воздушный клапан, с добавленным специальным разъемом для более точного распределения мелкодисперсных материалов, изменяется с помощью УГОК и УГТНКИ, реализованных на одном кристалле, предназначен для пропуска мелкодисперсных продуктов определенного размера.

Обрезиненная подающая лента АУ необходима для самостоятельного перемещения упакованных мелкодисперсных материалов в другие места.

Компоненты для герметизации теплосвязанных материалов – самостоятельное изделие для герметизации ABS и PLA материала разной структуры и толщины.

Тензодатчики – детектор, который формирует величину изменения электрического сигнала и передает его в УГОК.

Емкостные датчики уровня предназначены для контроля уровня заполнения бункера питателя дозатора.

Кодирующий разъем, используется для записи и отладки программы в

однокристальном процессоре (ОП) через ДУО.

Интерфейс предназначен для подачи сигналов нормируемой массы в программу ОП в процессе ее работы.

ОП – устройство с внутренним двоичным кодом, которое принимает и формирует импульсы от периферийных устройств (ПФУ), организует управление взаимодействующими между собой механизмами по заранее записанному двоичному коду, а также управление АУ и выдает им управляющие импульсы.

Актуальность проекта заключается в повышении производительности управления цифровым блоком нормирования мелкозернистых материалов, что приведет к уменьшению времени выполнения операций и исключению возможности ошибок при нормировании мелкозернистых материалов скромного объема, но дорогой цены. Известные модели дозаторов отечественного производства, за редким исключением, построены с использованием самостоятельных УГОК и УГТНКИ, имеют большие габаритные характеристики и вес. Таким образом, разработка дискретного весового дозатора с улучшенными техническими характеристиками позволит оптимизировать процессы, связанные с измерением, дозированием и контролем веса материалов и готовой продукции на предприятиях и в организациях.

Капушкин, С.В. Увеличение качества управления электроприводом цифрового комплекса дозирования сыпучих материалов: автореф. дис. канд. техн. наук. - Томск, 2015. - 146 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В.Е. Уткин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматривается процесс проектирования частотного преобразователя для асинхронного электродвигателя, который позволяет оптимизировать его работу в различных режимах нагрузки. Основное внимание уделяется разработке структурной и электрической принципиальной схеме частотного преобразователя напряжения. Представлена схема электрическая принципиальная и модель конструкции опытного образца выходного силового каскада.

Ключевые слова: частотный преобразователь, асинхронный электродвигатель, силовой выходной каскад, IGBT-модуль.

В современных промышленных системах автоматизации частотные преобразователи (ЧП) занимают ключевое место в управлении асинхронными электродвигателями. Основное назначение ЧП заключается в преобразовании постоянного напряжения в переменное с регулируемой частотой и амплитудой, что позволяет плавно регулировать скорость вращения электродвигателя, при этом повышая его КПД и продлевая срок службы.

Актуальность проектирования частотных преобразователей обусловлена растущими требованиями промышленности к энергоэффективности и точности в современных технологических процессах. Перспективным направлением является интеграция частотных преобразователей в системы автоматического управления и их совместимость с различными типами электродвигателей. В связи с этим, разработка новых конструкций частотных преобразователей с улучшенными характеристиками остается одной из приоритетных задач в области электропривода и автоматизации.

Целью настоящей работы является проектирование компактного, встраиваемого частотного преобразователя для управления трехфазным асинхронным электродвигателем мощностью до 1,5 кВт и напряжением питания 220 В. ЧП должен питаться от однофазной сети 220 В 50 Гц, обеспечивать плавный разгон и остановку, а также регулирование частоты вращения выходного вала электродвигателя в диапазоне от 1 до 1500 об/мин. Преобразователь должен иметь возможность подключения внешнего управляющего устройства по интерфейсу RS485.

На современном рынке представлены различные модели частотных преобразователей от ведущих производителей. Популярные модели отличаются высокой энергоэффективностью, расширенным набором защитных функций и возможностью интеграции в сложные системы автоматизации. Большинство современных ЧП оснащены интегрированными силовыми IGBT-модулями, без использования дискретных силовых каскадов, внутренние интерфейсные узлы

ЧП гальванически развязаны от силовой части. Зачастую ЧП включает в себя управляющий микроконтроллер с архитектурой RISC или DSP. Присутствует измерение токов в фазах электродвигателя реализованное в виде шунтов, а также наличие узла гарантированного отключения (остановки) электродвигателя.

Таким образом, на основе технических требований к проектируемому устройству и современных технических решений в области частотного регулирования была разработана структурная схема ЧП для асинхронного электродвигателя, представленная на рис. 1.

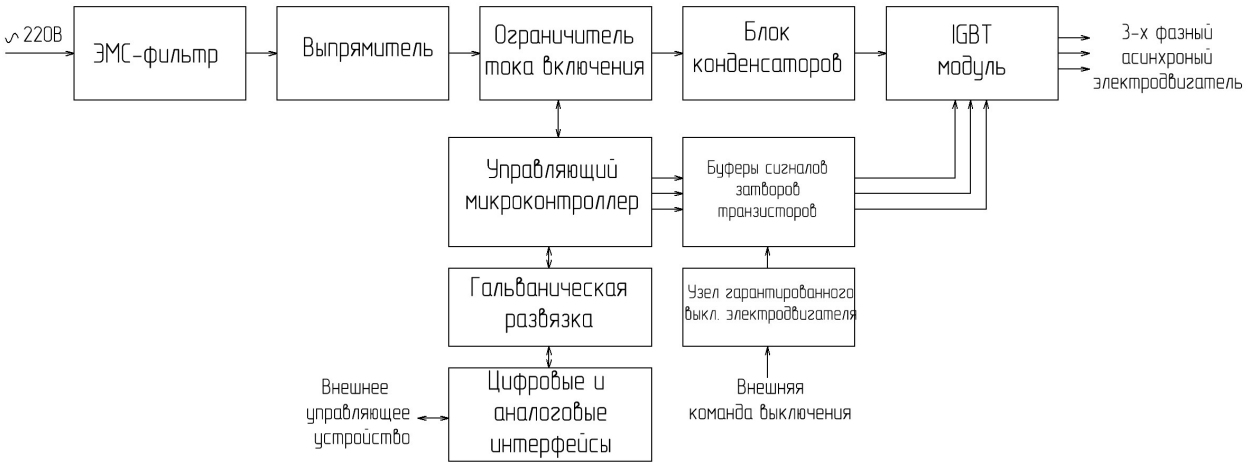


Рис. 1. Схема структурная частотного преобразователя

Питание ЧП осуществляется от сети переменного тока 220 В 50 Гц. Блок ЭМС-фильтра обеспечивает подавление электромагнитных помех и минимизирует их распространение по силовым токопроводящим цепям ЧП в питающую сеть. Выпрямитель преобразует переменное напряжение электросети в постоянное, стабилизирует данное напряжение и осуществляет фильтрацию высокочастотной составляющей.

Ограничитель тока включения предназначен для ограничения пускового тока, он предотвращает негативное влияние токовых нагрузок на сеть в момент подключения мощных электродвигателей.

Блок конденсаторов сглаживает пульсации напряжения на выходе выпрямителя или блока питания. Это способствует более эффективной и надёжной работе электронных компонентов.

IGBT-модуль представляет собой силовую часть ЧП. Он реализуется на основе IGBT-транзисторов, включенных по полумостовой схеме. На выходе модуля формируется трехфазное переменное напряжение по командам от управляющего микроконтроллера, который управляет всей работой ЧП. Микроконтроллер принимает информацию и анализирует информацию о выходной мощности, выдает информацию и формирует команды на другие функциональные узлы ЧП.

Блок гальванической развязки предназначен для развязки цифровых каналов управления между микроконтроллером и интерфейсами связи. Блок циф-

ровых и аналоговых интерфейсов предназначен для обеспечения стабильной связи с внешним управляющим устройством в виде персонального компьютера обладающий стандартизированным набором протоколов обмена данными.

Узел гарантированного выключения электропитания предназначен для формирования команды экстренного отключения питания электродвигателя. Он блокирует работу буферов сигналов затворов транзисторов, что приводит к закрытию всех выходных транзисторных каскадов.

Следующий этап проектирования подразумевает под собой разработку схемы электрической принципиальной ЧП. В рамках соблюдения требований по электромагнитной совместимости наиболее оптимальным вариантом построения конструкции ЧП является разделение силовых и слаботочных блоков ЧП на отдельные печатные узлы.

Схема электрическая принципиальная силовой части ЧП представлена на рис. 2. Она включает в себя такие функциональные блоки как ЭМС-фильтр, выпрямитель, ограничитель тока, блок конденсаторов и IGBT-модуль.

ЭМС-фильтр и выпрямитель реализованы на дросселе L1 и на диодном мосту D12. Блок конденсаторов реализован на элементах C16-C32. IGBT-модуль представлен микросхемой U2, в обвязке которой на резисторах R24, R25 собран ограничитель тока включения.

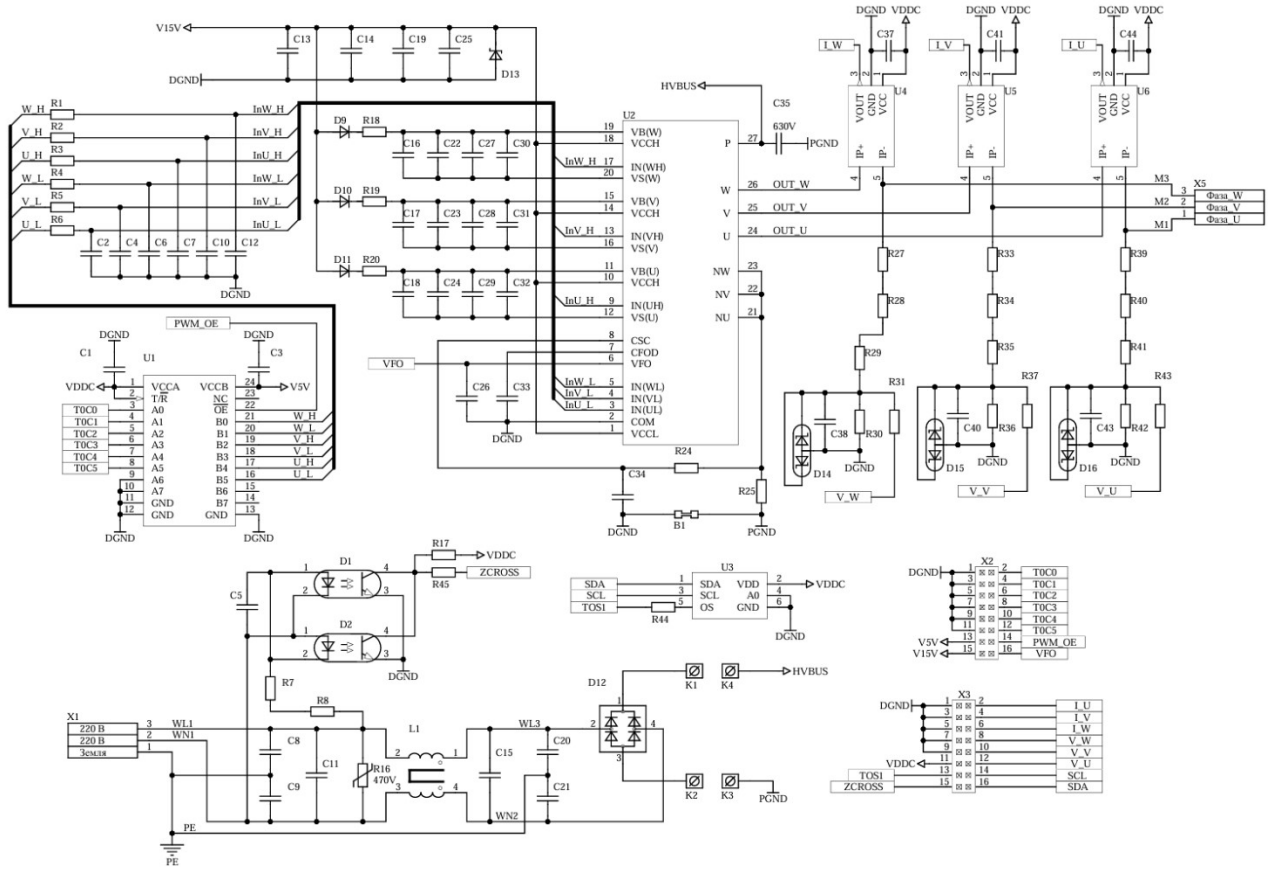


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная силовой части ЧП

В дополнение к основным функциональным узлам силовая часть включает в себя измерители тока – микросхемы U4-U6, три идентичных схемы измерения напряжения фаз (резисторы R27-31, конденсатор C38, защитная сборка D14), датчик температуры U3, буфер входных управляющих сигналов U1.

Далее была разработана конструкция силовой части ЧП (рис. 3). Она включает в себя ПУ силовой части и радиатор охлаждения.

Данный вариант конструкции является предварительным и необходим для исследования выходных электрических характеристик ЧП (таких как выходная мощность, ток потребления, уровень нелинейных искажений выходного напряжения) и температурного режима работы радиоэлементов.

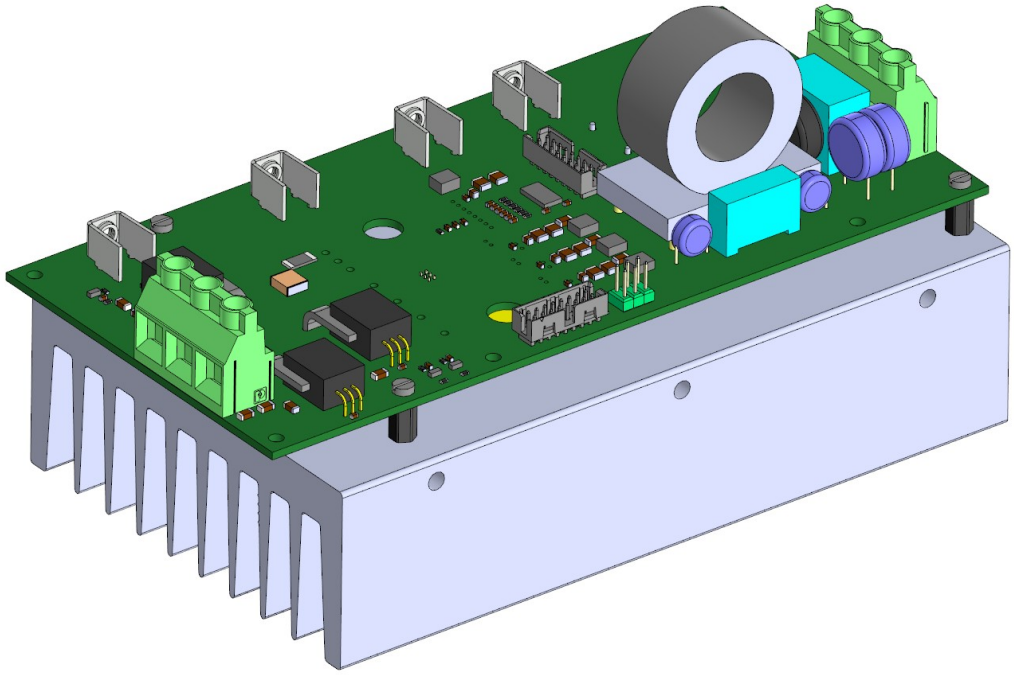


Рис. 3. 3D-модель конструкции выходного силового каскада

На рис. 4 представлен вид сбоку разработанной конструкции. Данный вариант компоновки силового блока обусловлен необходимостью установки IGBT-модуля и диодного моста на радиатор охлаждения. IGBT-модуль, формирующий выходное напряжение, выделяет значительное количество тепла при работе (около 3% от общей мощности в виде потерь), что приводит к постоянному тепловыделению. Диодный мост также нагревается из-за падения напряжения на открытых диодах и протекающего через них высокого уровня тока. По результатам расчетов площадь поверхности ребристого радиатора составила 1100 см^2.

IGBT-модуль и диодный мост расположены на нижней стороне печатной платы. ПУ прижимается к радиатору с помощью четырех винтов через установочные стойки. IGBT-модуль дополнительно прижимается к радиатору двумя винтами. Контакт модуля и диодного моста с радиатором осуществляется через теплопроводящую пасту.

Разработанная конструкция в дальнейшем может быть реализована в виде макетного образца для проведения испытаний с целью подтверждения заданных технических характеристик силового каскада ЧП.

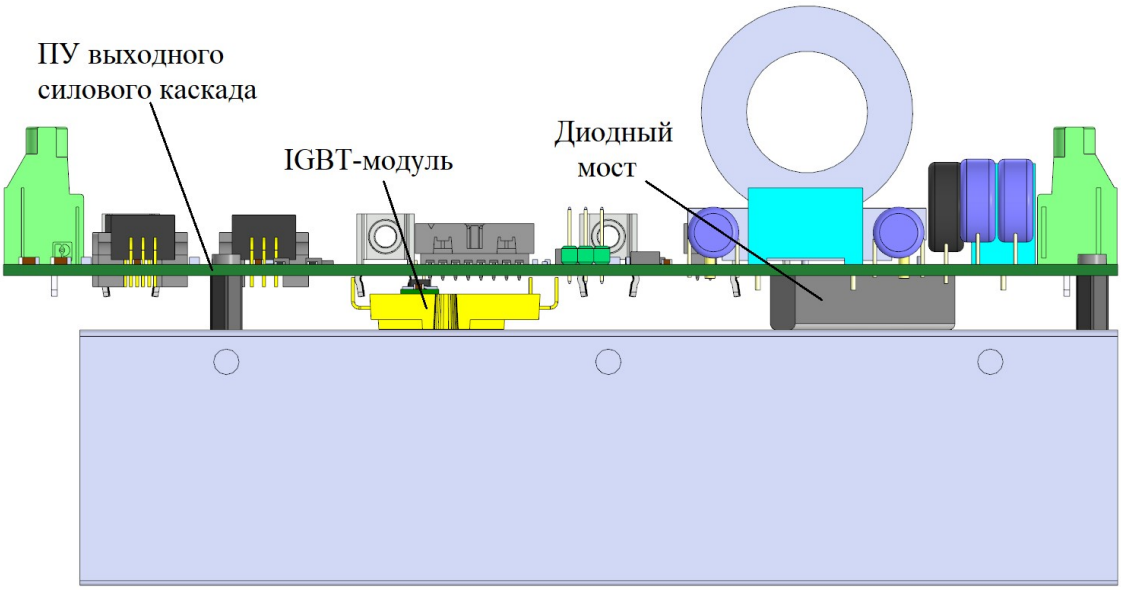


Рис. 4. Конструкция выходного силового каскада, вид сбоку

Библиографический список

1. ***Чернышев, А.Ю.*** Электропривод переменного тока: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 213 с.

2. ***Петров, А.В.*** Применение частотнорегулируемых приводов на питателях сырого угля / А.В. Петров, Н.И. Татаринцев // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – №6.

РУЛЕВОЙ ПРИВОД НА БАЗЕ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

М.А. Шабаров
Нижегородский государственный технический университет
Им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрен рулевой привод на базе планетарной передачи, его особенности, проведен эксперимент по отработке углов поворота.

Ключевые слова: рулевой привод, планетарная передача

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений развития приводной техники в авиации является разработка силовых электромеханических рулевых приводов (РП) в рамках концепции «полной электрификации» летательного аппарата [1]. При этом требования, предъявляемые, в частности, к высокоманевренным летательным аппаратам (ВЛА), постоянно возрастают, соответственно, повышаются требования к характеристикам исполнительных механизмов – рулевым приводам.

При разработке электромеханического РП необходимо учитывать ограничения по потреблению энергии, массогабаритным характеристикам, стоимости, требования по технологичности, надежности, унифицированности узлов и элементов, простоте обслуживания и регулировки. При этом должны быть обеспечены требуемые статические и динамические характеристики.

Актуальность и необходимость создания приводов на основе электрических двигателей в рамках концепции «полной электрификации летательного аппарата», обозначена в работах [2-7], в которых доказывается преимущество и перспективность электромеханических приводов относительно электрогидравлических и пневматических.

Целью данной разработки является создание высокоэффективного рулевого привода на базе волновой передачи, который обеспечит точное управление ориентацией и маневренностью ЛА. Предлагаемая система должна сочетать в себе компактные размеры, малый вес, высокую надежность и минимальные энергозатраты, что позволит значительно повысить эксплуатационные характеристики современных ЛА.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Проектирование конструкции: разработать концептуальную модель рулевого привода на базе волновой передачи, учитывая требования к его размерам, весу и прочности. Определить оптимальные параметры волновой передачи для обеспечения необходимых параметров, заданных в ТЗ.

2. Экспериментальная проверка: создать прототип рулевого привода и провести экспериментальные испытания для оценки его эффективности, надежности и соответствия заданным характеристикам.

Описание конструкции

Волновая передача – это механизм, который использует волновые эффекты для передачи вращательного движения и момента. Она обладает рядом уникальных особенностей и преимуществ по сравнению с традиционными передачами, такими как зубчатые ременные или цепные передачи.

Перечислим особенности и преимущества волновой передачи.

1. Компактность: волновые передачи имеют меньшие размеры по сравнению с традиционными передачами при аналогичных передаточных отношениях, что позволяет экономить пространство в конструкции.

2. Высокая точность: волновые передачи обеспечивают высокую точность позиционирования благодаря малым зазорам между элементами, что делает их идеальными для применения в системах, требующих точного управления.

3. Устойчивость к перегрузкам: волновые передачи могут эффективно работать при высоких нагрузках и перегрузках, что делает их подходящими для применения в условиях динамических изменений.

4. Надежность: конструкция волновых передач обычно менее подвержена износу и повреждениям, так как они работают в условиях минимального контакта, что увеличивает срок службы.

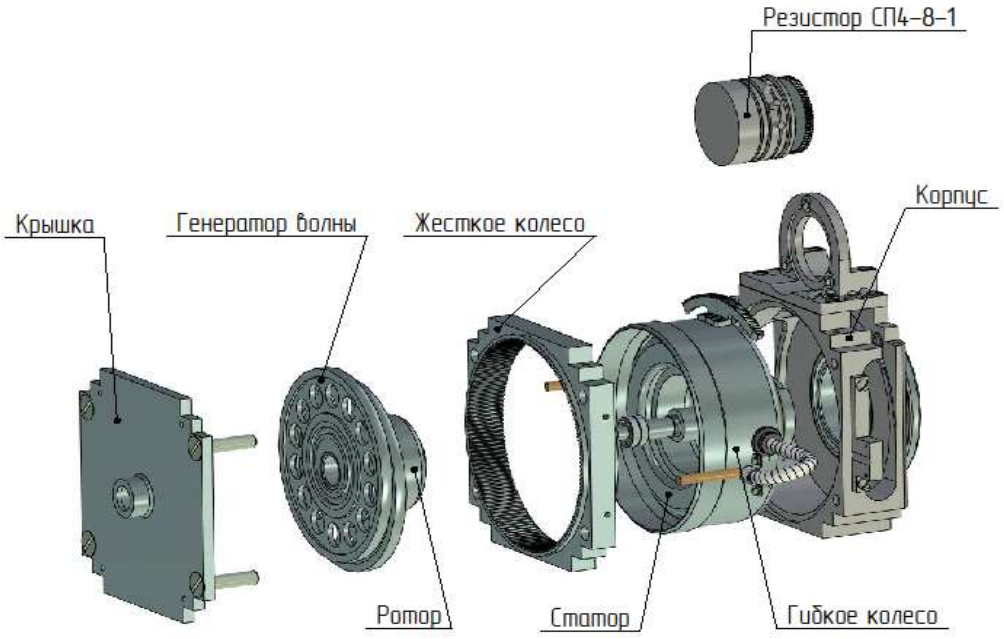


Рис. 1. Рулевой привод в разнесенном виде

В состав рулевого привода (рис. 1) выходят: генератор волны (рис. 2), жесткое колесо, гибкое колесо, ротор и статор, корпус с выходным валом и резистор.

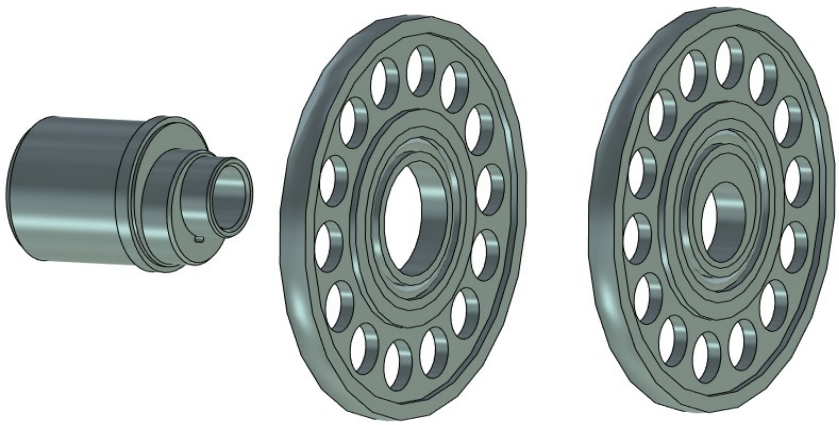


Рис. 2. Генератор волны в разнесенном виде

Генератор волны в рулевом приводе служит для создания и управления волновыми движениями, которые передаются на исполнительный механизм. Он преобразует электрические сигналы в механическое движение, обеспечивая точное и плавное управление рулем. Это позволяет достигать высокой точности позиционирования и быстрого реагирования на команды что критично для управления ЛА и другими системами

Проведение эксперимента

Цель эксперимента: изучение характеристик рулевого привода при различных углах поворота руля, оценка его точности, времени задержки и стабильности работы.

Оборудование:

1. Рулевой привод на базе волновой передачи.
2. Потенциометр для измерения угла поворота руля.
3. Компьютер с программным обеспечением для сбора и анализа данных.
4. Отладочная плата для управления рулевым приводом.

Методика проведения эксперимента:

1. Подготовка оборудования. Установить рулевой привод и подключить все датчики и устройства управления.

2. Проведение эксперимента:

- задать первый угол поворота от 0 до 2°;
- измерить фактический угол поворота и зафиксировать его;
- повторить эксперимент для угла от 0 до 10° и для угла от 0 до 20°.

3. Сбор данных:

- записать время реакции и фактические углы поворота для каждого испытания;
- зафиксировать любые отклонения.

4. Анализ результатов:

- построить графики зависимости времени реакции от угла поворота;
- проанализировать точность позиционирования и стабильность работы.

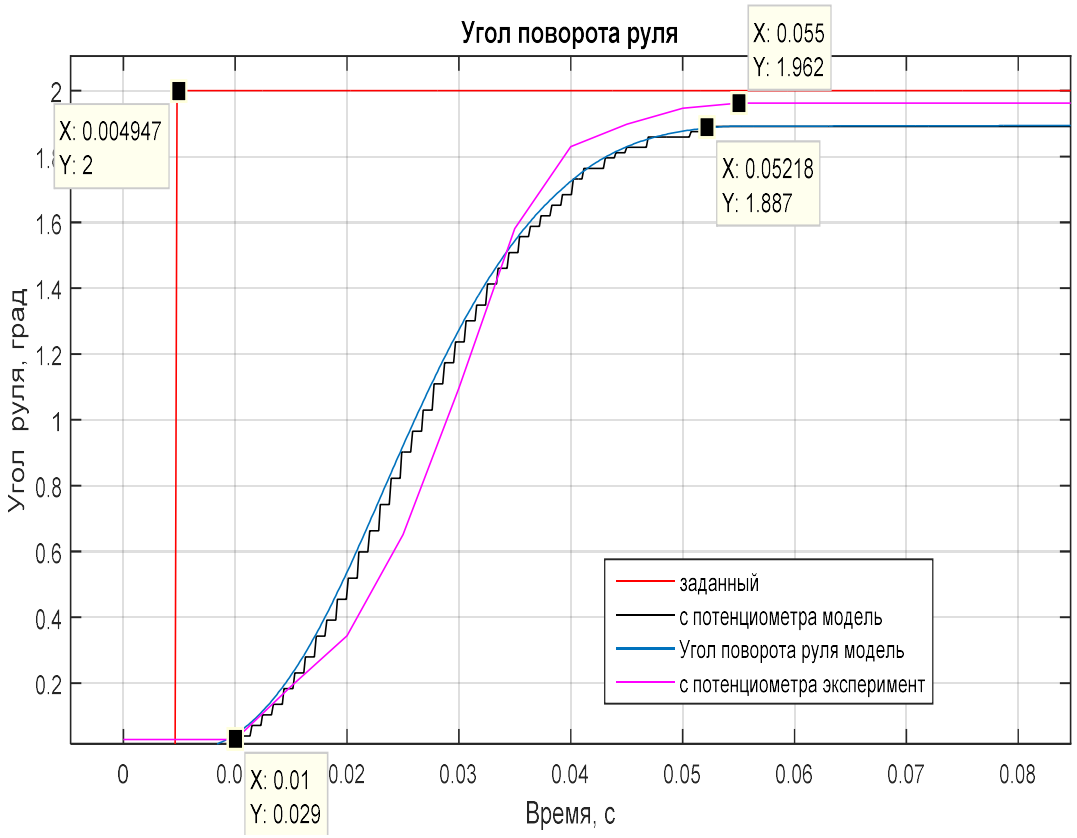


Рис. 3. Отработка угла поворота от 0 до 2°

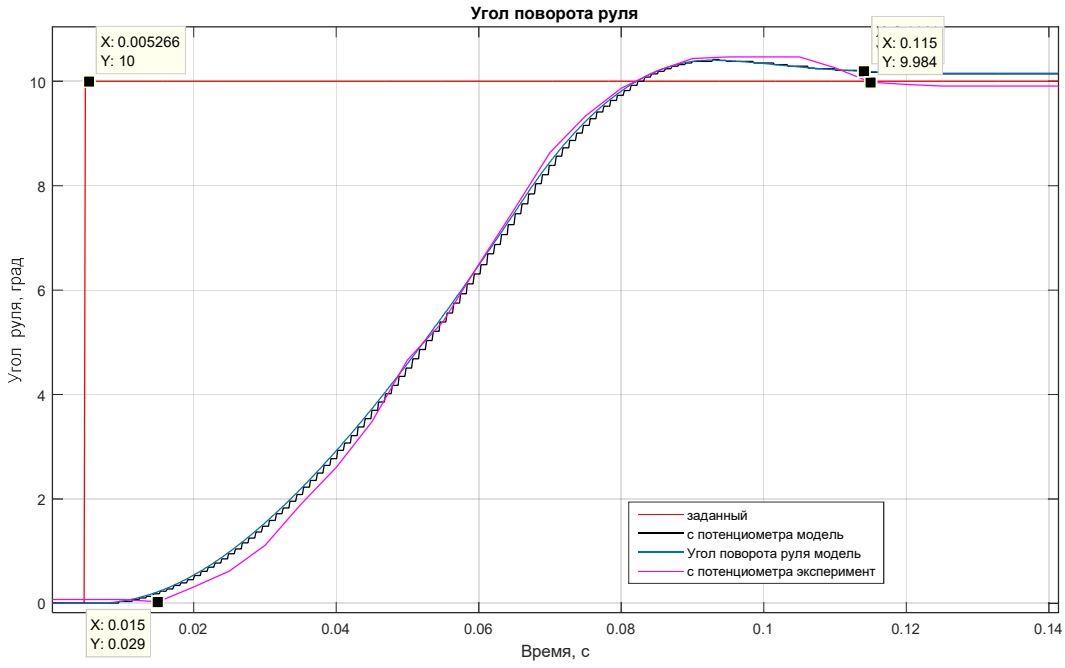


Рис. 4. Отработка угла поворота от 0 до 10°

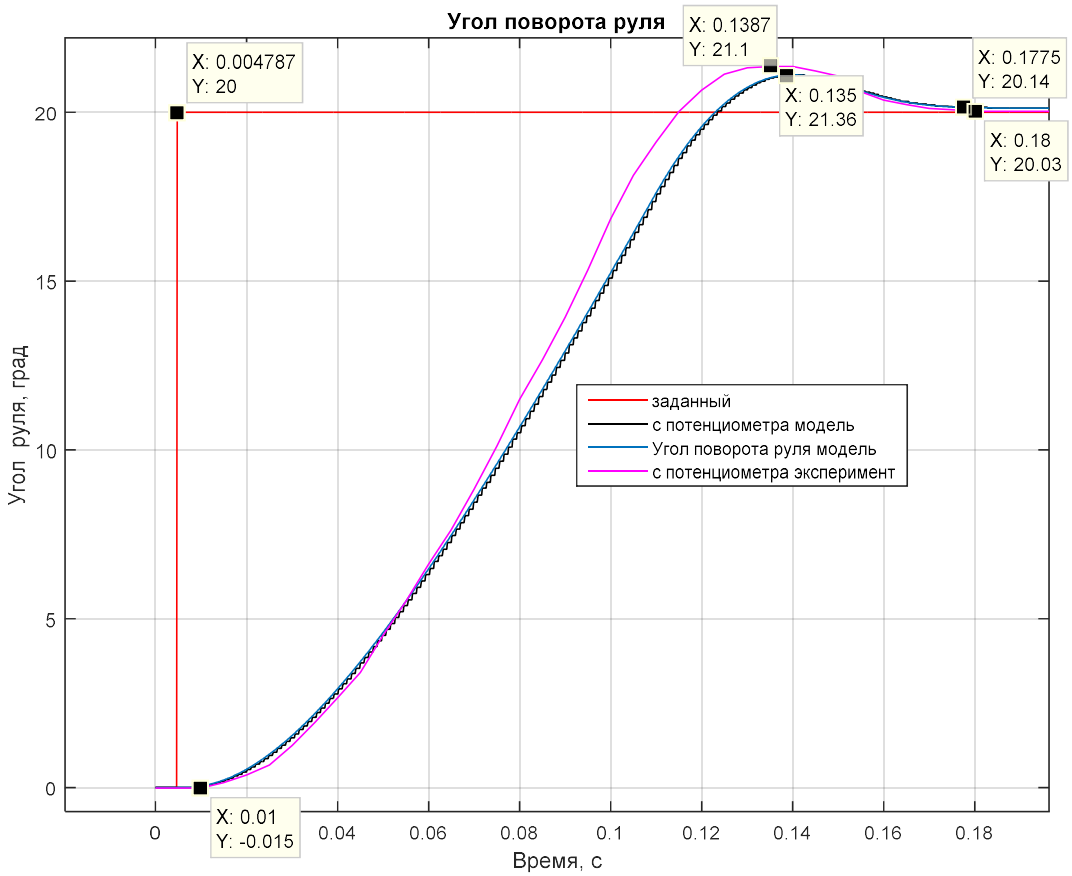


Рис. 5. Отработка угла поворота от 0 до 20°

На рис. 3, 4, 5 представлены результаты имитационного моделирования, обозначенного в работе [8] и экспериментальных испытаний опытного образца РП при различных отработках угла поворота руля.

По полученным результатам можно сделать вывод, что система устойчива при всех отработках углов. При отработке от 0 до 2° задержка обработки сигнала в электронике составила 6,5 мс, перерегулирование отсутствует, ошибка приведения составила 0,038°. При отработке от 0 до 10° задержка обработки сигнала в электронике составила 10,3 мс, перерегулирование составило 5%, ошибка приведения составила 0,016°. При отработке от 0 до 20° задержка обработки сигнала в электронике составила 6,5 мс, перерегулирование составило 5,5%, ошибка приведения составила 0,03°.

Вывод

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что рулевой привод воспроизводит характеристик с приемлемой точностью. Испытания опытного образца РП на основе волнового редуктора на механические воздействия показали работоспособность изделия в заданных условиях эксплуатации.

Библиографический список

1. ***Геращенко, А. Н.*** Пневматические, гидравлические и электрические приводы летательных аппаратов на основе волновых исполнительных механизмов : учебник для студентов

высших учебных заведений/ А. Н. Геращенко, В. А. Постников, С. Л. Самсонович ; А. Н. Геращенко, В. А. Постников, С. Л. Самсонович ; Федеральное агентство по образованию, Московский авиационный ин-т (гос. технический ун-т). – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва : МАИ-ПРИНТ, 2010. – 547 с.
2. Перспективы внедрения энергосберегающих технологий в разработку систем рулевых приводов самолетов / С. В. Константинов, Л. В. Халецкий, А. И. Стеблинкин, А. А. Паршин // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2012. – № 10. – С. 21-29.
3. Формирование требований к динамическим характеристиками базовым параметрам контуров управления рулевого приводаперспективного маневренного самолета / И. П. Кузнецов, А. А. Паршин, Л. В. Халецкий, В. Ю. Шитов // Труды МАИ. – 2014. – № 73. – С. 9. – EDN RZLROF.
4. Электромеханические силовые мини-приводы для "более электрифицированного" самолета / Н. В. Крылов, В. И. Лалабеков, И. И. Огольцов [и др.] ; Под редакцией С.Л. Самсоновича. – Москва : Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2016. – 360 с.
5. ***Левин, А.В.*** Перспективы и проблемы создания электромеханических силовых мини-приводов для нового поколения ЛА / А.В. Левин, С.Л. Самсонович, В.С. Степанов, М.В. Борисов, Н.В. Крылов // Авиационная промышленность. 2013, № 3. – С. 8–13.
6. ***Левин, А.В.*** Электрический самолет: от идеи до реализации [Текст]: - Науч. изд. - Москва: Машиностроение, 2010. – 288 с.
7. ***Спирин, А.А.*** Анализ схем построения электромеханических рулевых приводов // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 7–8 ноября 2019 года: Материалы конференции. Сборник докладов. – В 6 т.; Т. 1. – Казань: изд-во ИП Сагиева А.Р., 2019. – С. 325-330.
8. ***Гуськов, А. А.*** Имитационная модель электромеханического рулевого привода малогабаритного высокоманевренного летательного аппарата / А. А. Гуськов, А. А. Спирин, И. В. Норинская // Труды МАИ. – 2020. – № 111. – С. 14. – DOI 10.34759/trd-2020-111-14.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОДВЕСОВ ГИРОСКОПОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ *LAB VIEW*

Ялтаева С.О., Платонов А.В., Щеглетов К.А., Лашкин В.В.
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрено исследование микроструктуры материала подвеса гироскопа с целью оптимизации режимов термической обработки. Анализ и обработка результатов исследований образцов производился с использованием программ на платформе Lab View. Результаты исследований позволили получить обоснованные режимы термической обработки деталей и обеспечить их стабильное качество.

Ключевые слова: подвес гироскопа, термообработка, микроструктура, опытные образцы, платформа программы Lab View.

Для придания деталям нужных физико-механических свойств, прочности и температурной стабильности важную роль играет их термическая обработка. Такая обработка особенно важна для чувствительных элементов изделий, которые изготавливаются из металлов на железоникелевой основе марок 46НХТЮ, 44НХТЮ и т.п. Такие материалы должны слабо зависеть от температуры, иметь малое низкое трение. В состоянии поставки не удовлетворяют требованиям прочности и температурной стабильности из-за чего оптимизация режимов термообработки является актуальной задачей [1-3].

На примере детали «Подвес» (рис. 1), которая является основной деталью роторно-вибрационного гироскопа, проведем исследования оптимизации термообработки. 3D-модель исследуемой детали «Подвес» показана на рис. 2.

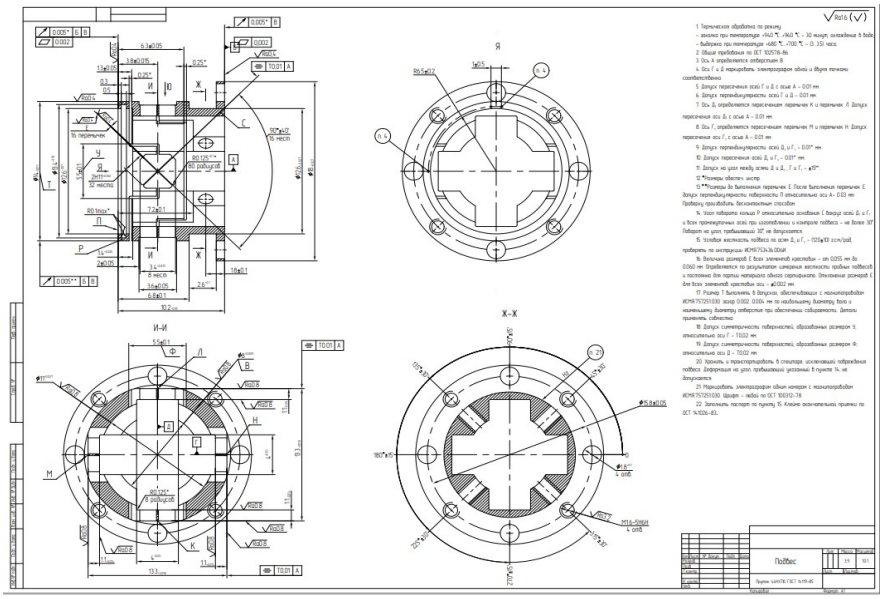


Рис. 1. Чертеж исследуемой детали «Подвес»

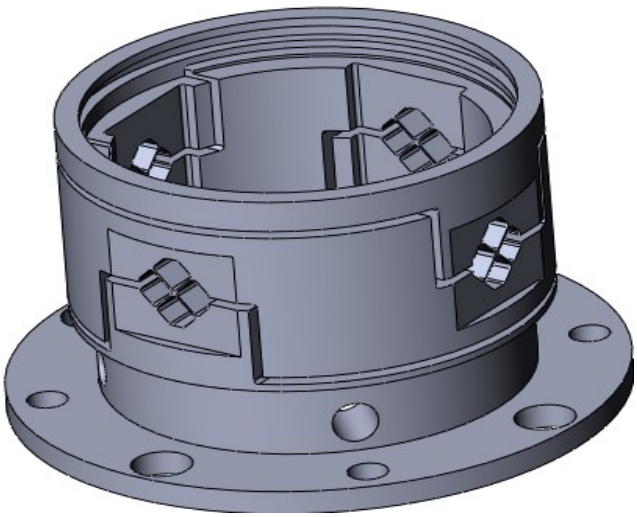


Рис. 2. 3D-модель детали «Подвес»

Основам материалом изготовления детали «Подвес» служит прецизионный сплав 46НХТЮ ГОСТ 10994-74, химический состав которого представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав сплава 46НХТЮ ГОСТ 10994-74

Содержание элементов сплава 46НХТЮ								
C	Cr	Mn	Si	S	Ni	P	Ti	Fe
до 0,05	5…5,6	0,3…0,6	0,3…0,6	до 0,02	43,5…45,5	до 0,02	2,2….2,7	44,1…48,3

Главной проблемой базового процесса детали «Подвес» является его термообработка, температурная стабилизация, проводимая в течение 10 циклов на минус 60°С до + 80 °С. Было установлено, что после климатических испытаний кольцо подвеса смещалось (рис. 3). Максимальное смещение кольца подвеса составляет 27 угловых минут, что не удовлетворяет техническим конструкторским требованиям.

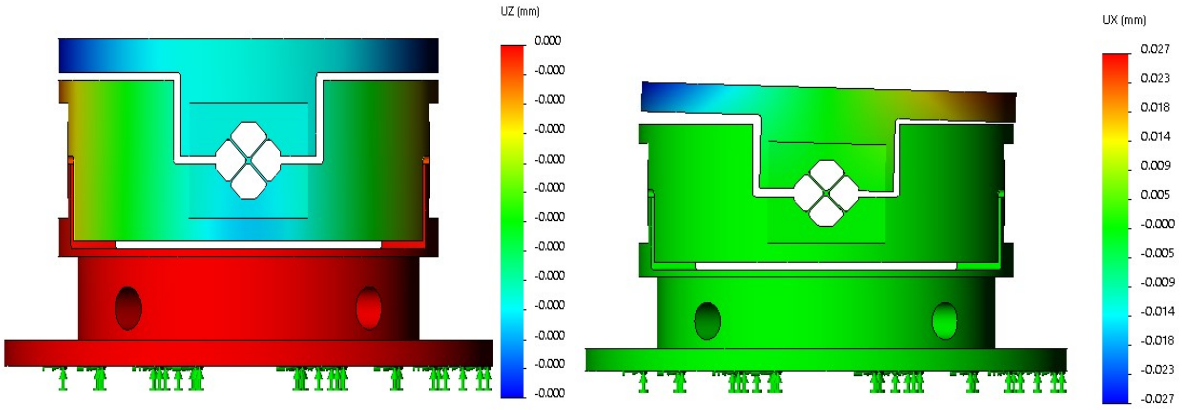


Рис. 3. Угловое смещение кольца подвеса (справа)

Причиной данного дефекта является увод тонкостенных перемычек, толщина которых составляет 55-65 мкм. По техническим требованиям максимально допустимая величина увода не должна быть более 15 угловых минут.

Чтобы уменьшить дислокацию, требуется выдерживать деталь в гермокамере при постоянной температуре. При этом нужно подобрать такую температуру, которая обеспечит рост зерен, и при этом материал не должен потерять пластичность, в противном случае он перейдет в фазу охрупчивания.

Для изучения микроструктуры материала детали «Подвес» при различных температурах были подготовлены образцы в количестве 3-х единиц.

Наиболее удобная форма образцов показана на рис. 4. На образцах были изготовлены специальные микрошлифы. Для придания прямолинейности одной из поверхности образцов была сделана торцовка шлифа шлифовальным кругом с последующим полированием (рис. 5).

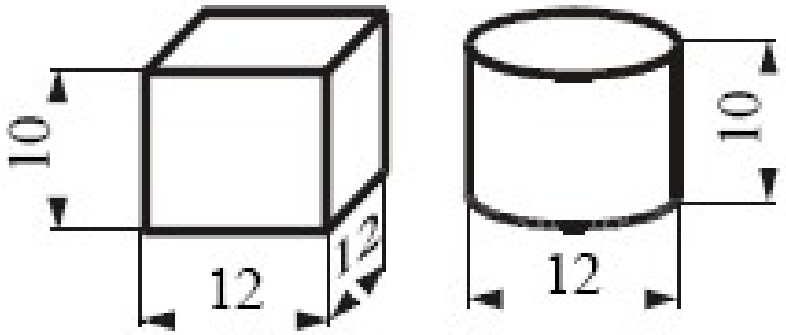
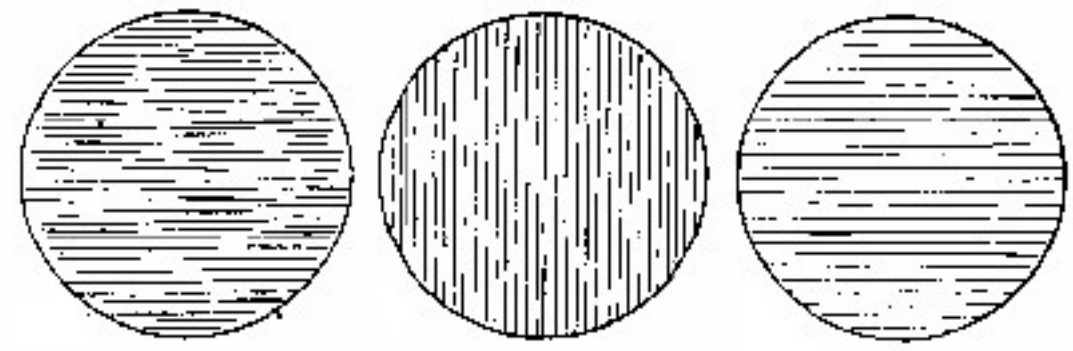


Рис. 4. Размеры образцов



а б в

Рис. 5. Различные поверхности шлифа подвергшиеся обработки шлифовальной бумагой с различной градацией

Также следует соблюдать, чтобы шероховатость шлифа не превышала 0,08 мкм после шлифования. Режимы термического старения для каждого из образцов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Режимы термического старения

№ опытного образца	Температура старения, °С (выдержка в печи 6 часов)
1	400
2	500
3	600

Для соблюдения прочностных свойств и жесткости был подготовлен призматический экспериментальный образец, изготовленный из этого же материала (рис. 6).

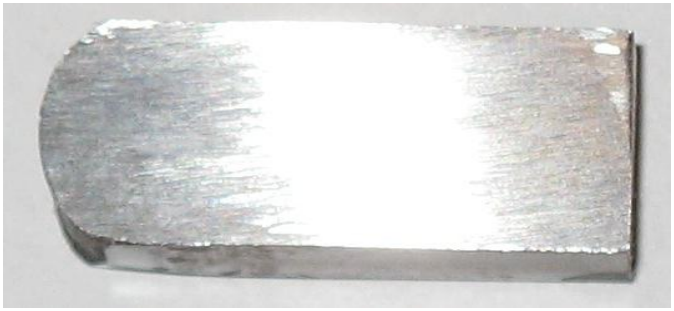


Рис. 6. Образец-свидетель

После термического старения на каждом из образцов был выполнен срез перпендикулярно. По представленным срезам образцов рис. 7-9 можно сделать вывод, что наибольшее потемнение имеет образец №3, это обусловливается наивысшей температурой при термической обработке.

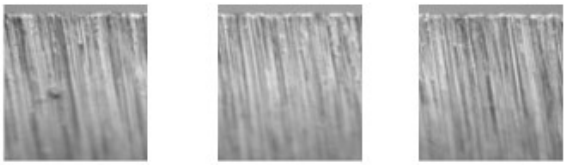


Рис. 7. Срезы торсионов образцов №1

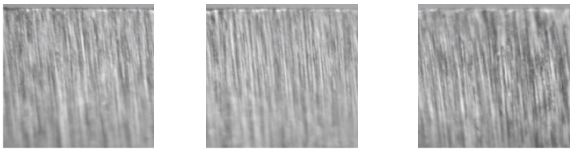


Рис. 8. Срезы торсионов образцов №2

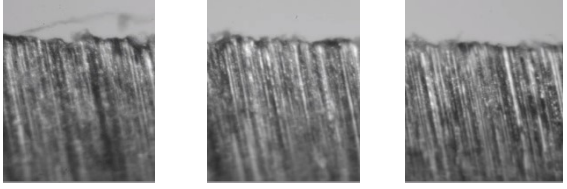


Рис. 9. Срезы торсионов образцов №3

Эксперимент проводился с помощью программы код, который написан на платформе Lab View [4]. Такая программа переводит фото структуры материала в векторное изображение и определяет границы зерен, выделяя их красным цветом. Некоторые снимки микроструктуры образцов представлены на рисунках 10-12. Приведены фото образцов с использованием метода адаптивной бинаризации изображений [5].

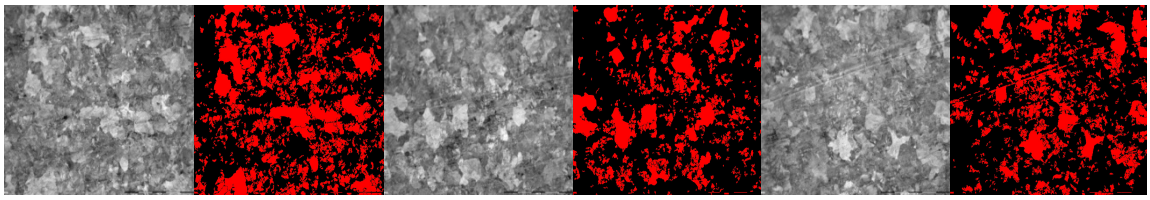


Рис. 10. Изображение образцов №1 при увеличении ×400 (старение при температуре 400°С)

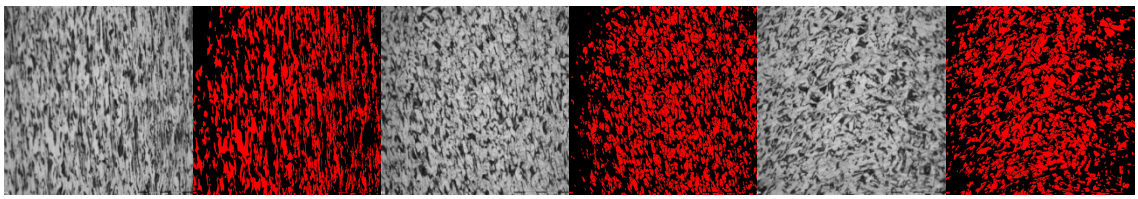


Рис. 11. Изображение образцов №2 при увеличении ×400 (старение при температуре 500°С)

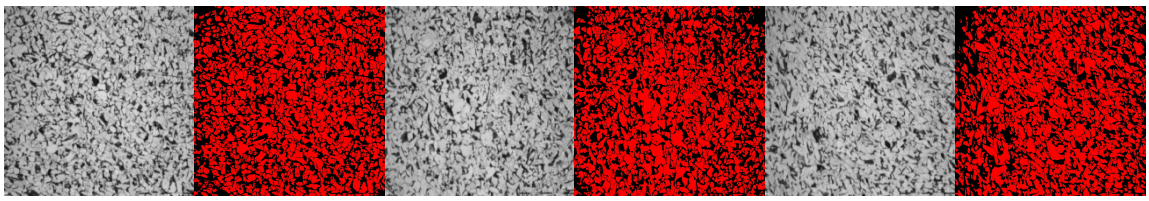


Рис. 12. Изображение образцов №3 при увеличении ×400 (старение при температуре 600°С)

Результаты эксперимента представлены в табл. 3. В ней указаны и рассчитаны все средние линейные размеры зерен по осям *x* и *y*, а также их количество.

По результатам видно, что наибольшее количество зерен наблюдается при температуре старения 600°С. При этой же температуре наблюдается самый мелкий размер зерен, что является оптимальным фактором, рекомендуемым для производства.

Таблица 3

Расчет параметров зеренной структуры

Параметр зеренной структуры	**Образцы подвесов №1 (старение при t=400°C)**			**Образцы подвесов №2 (старение при t=500°C)**			**Образцы подвесов №3 (старение при t=600°C)**		
	а	*б*	*в*	*а*	*б*	*в*	*а*	*б*	*в*
1. Средний размер по оси *X*, мкм	24,9	25,6	24,1	15,8	15,6	15,5	11,4	11,1	11,2
2. Средний размер по оси *Y*, мкм	4,9	4,7	4,9	4,7	4,8	4,6	4,4	4,5	4,3
3. Количество зерен, шт.	859	824	836	1342	1314	1304	**1523**	**1569**	**1485**

Библиографический список

1. ***Харитонов, С.В.*** Исследование структуры и особенностей фазовых превращений в элинварном сплаве после различных режимов термообработки / В.А. Скуднов [и др.] //Физика металлов и металловедение. 2011. Т. 112. №3. С. 1–7.

2. ***Скуднов, В.А.*** Деформация и разрушение элинварного сплава 44НХТЮ / В.А. Скуднов, С.В., Харитонов, М.К. Чегуров // Деформация и разрушение: сб. материалов 1V Междунар. конф., 25-28 окт. 2011. М., ИМЕТ РАН 2011. С. 390.

3. ***Skudnov, V.A.*** Strukture and Phase Transformations in an Elinvar Alloy after Various Regimes of Heat Treatment / V.A. Skudnov, S.V. Kharitonov, L.A. Osurina // The Phusics of Metals and Metallografhy 2011. №3. P. 283–289.

4. Lab VIEW Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (Среда разработки лабораторных виртуальных приборов). RUL. http://vxi.ru/lib/text/LabView-dlya-vseh.pdf (дата обращения 10.02.2025).

5. ***Кравцова, Т.А.*** Сравнительное исследование методов адаптивной бинаризации в задаче автоматизированного анализа изображений клеток // Молодежный научно-технический вестник, 2015. С. 38-45.

4 СЕКЦИЯ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

И.А. Андриянов, Т.В. Емельянова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрен приниципр работы сценария движения объекта. Сценарии помогают моделировать движение объекта в реальных условиях.

Ключевые слова: сценарии движения объектов, навигационные спутники, файл траектории, моделирование.

Создание моделей движения объектов является важной задачей современной навигации. Такие модели позволяют точно воспроизвести поведение объектов в течение определенного периода времени.

При этом точность определения местоположения и временные задержки в получении координат играют важную роль при разработке алгоритмов управления движением различных объектов. Для создания сценариев, максимально приближенных к реальности, рекомендуется использовать данные оперативной информации в формате RINEX, который содержит оперативную информацию, позволяющую наиболее точно воссоздать реальное поведение объектов в заданных условиях. Такой подход особенно важен при разработке систем управления различными движущимися объектами, где точность и своевременность данных напрямую влияют на эффективность работы всей системы.

Система имитационного моделирования создана для автоматизации работы по планированию и управлению воздушным движением. Этот комплекс помогает решать два важных типа задач. *В-первых*, осуществляет оценку эффективности решений. С помощью системы можно анализировать, насколько успешными оказываются принятые решения в ходе исследований. *Во-вторых*, проиводит разработку альтернативных решений. Комплекс способен создавать и анализировать разные варианты действий с учетом установленных ограничений и сценариев. Это позволяет находить более эффективные способы управления воздушным движением и улучшать качество работы в этой сфере. Таким образом, система помогает не только оценивать текущие решения, но и находить новые, более оптимальные подходы к управлению воздушным трафиком.

Под созданием сценария понимается формирование набора файлов, содержащих необходимую информацию. Данные, полученные из навигационных сообщений спутников, фиксируются наземными приемниками и преобразуются

в файлы определенного формата. Программа «Создание и просмотр сценариев» использует в качестве входных данных следующие параметры:

- общие параметры сценария;
- условия распространения радиоволн;
- параметры траектории движения объекта;
- характеристики антенны.

Ключевыми элементами сценария являются:

- имя (название) сценария;
- файл, описывающий траекторию движения объекта, и описание отдельных участков этой траектории;
- технические характеристики сценария;
- моделирование и учет ионосферных и тропосферных задержек сигнала;
- комментарии, поясняющие сценарий.

Файл траектории, представляющий собой набор точек, создается независимо от программы моделирования. Этот файл содержит для каждого шага моделирования следующие значения: координаты местоположения объекта, проекции вектора скорости объекта в геоцентрической системе координат (выраженные в метрах и метрах в секунду соответственно), а также углы курса, тангажа и крена (в радианах). Кроме того, в файле в закодированном виде указывается используемая система координат и временной интервал между расчетами координат и скоростей (длительность шага).

После выбора файла траектории программа считывает из него длительность временного шага, тип системы координат и вычисляет общую продолжительность сценария. Эти значения отображаются в соответствующих полях интерфейса программы и не могут быть изменены пользователем.

На правой стороне интерфейса представлена подробная информация о задействованных спутниках. Для каждого из них отображается следующая информация:

- распределение по каналам – как спутники распределены между приемными каналами;
- идентификаторы – буквенные обозначения спутников для системы ГЛОНАСС;
- угловые параметры – углы возвышения и азимуты относительно горизонта;
- параметры сигнала – степень ослабления сигнала;
- измерения дальности – значения псевдодальности (расстояния до спутника);
- скоростные характеристики – показатели псевдоскорости относительно текущего местоположения объекта.

Все эти данные рассчитываются индивидуально для каждого спутника с учетом его положения относительно отслеживаемого объекта.

Процесс выполнения программы моделирования контролируется с помощью полосы прокрутки, а также путем анализа выходных данных, отображаемых в соответствующей вкладке интерфейса.

После загрузки готового сценария пользователь может просматривать как исходные данные сценария, так и результаты моделирования, полученные на каждом шаге.

Информация о координатах и скоростях объекта, отображаемая в окне, обновляется с частотой 10 раз в секунду.

В результате работы программы моделирования создается набор бинарных и текстовых файлов, содержащих результаты.

Для удобного просмотра и передачи полученного сценария полета летательного аппарата реализована функция создания каталога, в который автоматически сохраняются текстовые документы с данными сценария

В результате выполненной работы было разработано программное обеспечение, позволяющее создавать и анализировать разнообразные сценарии движения объектов, в частности, для моделирования полета летательных аппаратов.

Калибровка акселерометра необходима для обеспечения его точной работы. Суть калибровки заключается в определении и последующей корректировке углового положения акселерометра относительно корпуса аппарата. Это проводится при условии, что сам аппарат установлен в горизонтальном положении. Процедура калибровки инициируется нажатием соответствующей кнопки в специализированном программном обеспечении. В ходе калибровки требуется последовательно фиксировать БПЛА в заданных положениях, которые отображаются в интерфейсе программы. При работе с крупногабаритными аппаратами возможна предварительная калибровка акселерометра. Однако, остальные параметры, как правило, требуют настройки после окончательной сборки аппарата с использованием магнитометра.

Калибровка авиагоризонта заключается в установке изделия в пространстве таким образом, чтобы имитировать его рабочее положение относительно истинной вертикали во время полета. После позиционирования необходимо зафиксировать это положение и применить настройки калибровки, активировав соответствующую функцию в интерфейсе программного обеспечения.

Библиографический список

1. ***Черный, М.А.*** Самолетовождение / М. А. Черный, В.А. Кораблин ; М.: Транспорт, 1973, 368 с.

2. ***Матвеев, В.В.*** Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В.Матвеев, В.Я.Распопов / Под общ. ред. В Я. Распопова. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. - 280 с.

3. ***Бессонов, А. А.*** Спутниковые навигационные системы : учебное пособие / Бессонов А. А., Мамаев В. Я.; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосмического приборостроения. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2006. – 35 с.

4. ***Кринецкий, Е. И.*** Системы самонаведения. М.: Машиностроение, 1970, 236 с.

5. ***Лебедев, А. А.*** Динамика полета беспилотных летательных аппаратов/ А.А. Лебедев, Л.С. Чернобровкин. / Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, переработанное и доп. М.: Машиностроение, 1973, 616 с.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИМПОРТА/ЭКСПОРТА 3D-МОДЕЛЕЙ В PLM-СИСТЕМАХ

А.А. Блинов
Институт цифровых технологий РФЯЦ-ВНИИЭФ "Росатом"

В статье рассмотрены современные подходы и направления оптимизации процесса импорта, экспорта 3D-моделей в PLM-системах. Проведен анализ уже существующих методов. Обозначены моменты, требующие оптимизации.

Ключевые слова: система управления жизненным циклом изделия, оптимизация, импорт, экспорт, геометрическая модель.

Система управления жизненным циклом изделий (англ. Product Lifecycle Management Systems, PLM) является неотъемлемой частью любого современного производственного предприятия. PLM система представляет из себя комплекс программных решений и инструментов, предназначенных для управления данными, процессами и взаимодействиями, связанными с изделием на всех этапах его жизненного цикла: от концепции и проектирования до производства, эксплуатации и дальнейшее гарантийное обслуживание (рис.1). Использование PLM-системы позволяет оптимизировать все этапы жизненного цикла для повышения эффективности, снижения затрат и улучшения качества продукции.

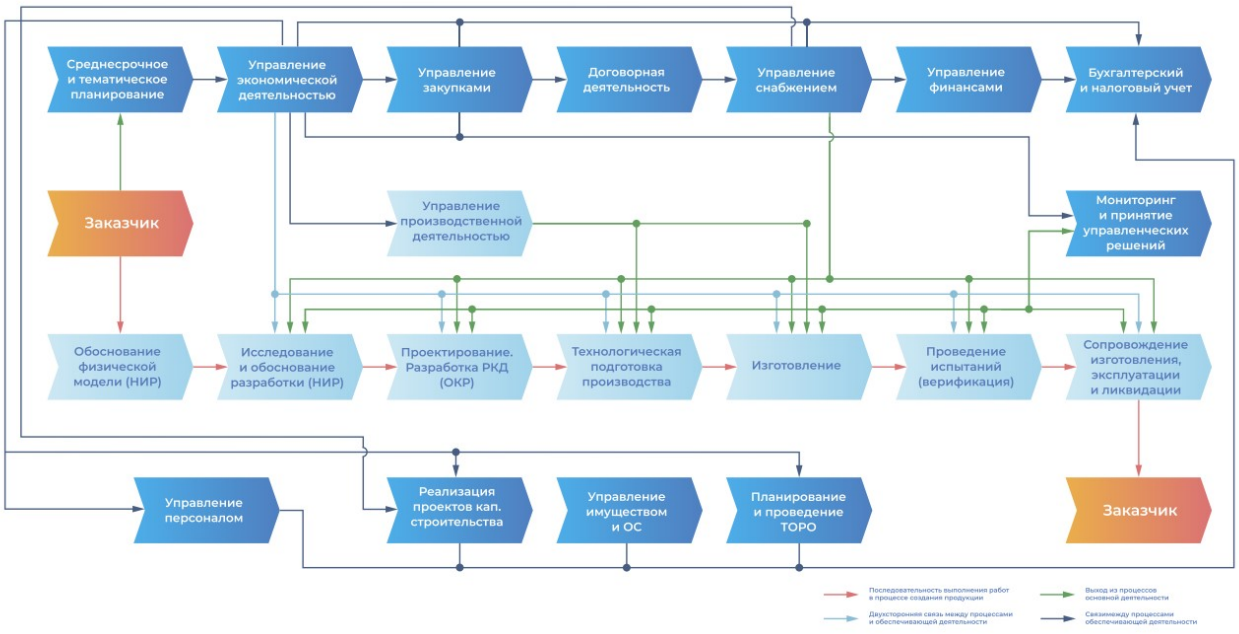


Рис. 1. Процессная модель PLM-системы

PLM включает единую технологическую платформу и иные базовые инструменты, а также прикладные модули для решения широкого спектра задач: CAD (конструкторского проектирования), CAE (обеспечения инженерных рас-

четов), CAPP (технологической подготовки производства), CAM (разработки управляющих программ ЧПУ). Есть MES и ERP – комплексы систем управления производством и предприятием; системы BI (информационного анализа) и BPMS (моделирования процессов жизненного цикла изделий), IETM (интерактивных электронных технических руководств) и ILS (интегрированной логистической поддержки), система управления базами данных и ряд иных систем и комплексов. А всю информацию, которой они оперируют и которую передают друг другу, аккумулирует в себе PDM.

Основным компонентом, на базе которого строится взаимодействие модулей PLM-системы, является 3D-модель. Она содержит в себе геометрию, материалы, метаданные и другие атрибуты, необходимые для работы (рис.2).

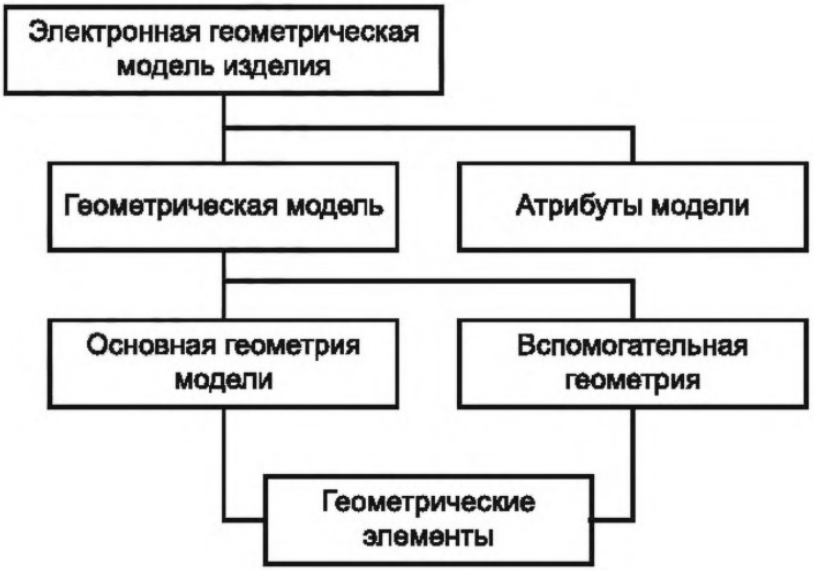


Рис. 2. Схема состава электронной геометрической модели изделия

Процесс импорта/экспорта 3D-моделей в PLM-системе сопряжен с рядом проблем связанных с совместимостью форматов данных, потерей данных при конвертации, высокими требования к комплектации ПК, а также длительной обработкой процесса. Оптимизация процесса импорта/экспорта 3D-моделей позволит улучшить качество продукции (сокращения количества дефектов, возникших из-за потерянных данных) и повысить эффективность процесса разработки изделия (сокращение времени, затрачиваемого на обмен моделями между отделами и подрядчиками).

Цель статьи является проведение анализа современных подходов и направлений оптимизации процесса импорта/экспорта 3D-моделей в PLM-системах.

Текущие проблемы процесса импорта/экспорта PLM-системы:

- несовместимость форматов;
- потеря данных при преобразовании;
- высокая вычислительная нагрузка;

- ошибки в геометрии модели.

Оптимальным подходом к решению проблемы несовместимости форматов заключается в использовании универсальных форматов данных, таких как STEP и IGES. Данные форматы являются наиболее распространенными, что позволяет значительно повысить совместимость между различными CAD и PLM-системами. Формат STEP включает не только геометрические данные, но и информацию о свойствах изделия, используемых материалах, технологических параметров и других атрибутах.

Для решения проблемы несовместимости и потери данных при преобразованиях активно используются специализированные алгоритмы и библиотеки. Библиотеки OpenCASCADE и Assimp (Open Asset Import Library), предоставляют широкие возможности для конвертации 3D-данных между различными форматами [1, 2]. Эти библиотеки поддерживают работу с множеством форматов и обеспечивают высокое качество преобразования геометрии. Алгоритмы конвертации, такие как геометрическое преобразование и реконструкция, позволяют минимизировать потери данных при преобразовании моделей. Применение этих методов требует значительных вычислительных ресурсов и может увеличить время обработки, особенно для моделей со сложной геометрией.

Для оптимизации процесса обмена 3D-данными и уменьшения объема передаваемой информации активно применяются различные методы сжатия, позволяющие значительно сократить время передачи данных и снизить нагрузку на систему. Наиболее популярными методами сжатия являются геометрическое сжатие, сжатие с использованием бинарных форматов и сжатие, основанное на представлении данных в виде многократных повторений. Важно, чтобы процесс сжатия не приводил к потерям точности или утрате данных. В некоторых случаях сжатие приводит к падению качества моделей, что критично для задач, связанных с анализом прочности, аэродинамическими расчетами или изделиями со сложной геометрией. Часто при сжатии пропадают фаски, скругления, небольшие выталкивания.

Одним из перспективных направлений является использование методов машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) для автоматизации и оптимизации процессов импорта/экспорта 3D-моделей. ИИ может использоваться для автоматической корректировки данных, предсказания наиболее эффективных методов преобразования и обнаружения ошибок в 3D-моделях. Например, можно предсказать ошибки в геометрии модели и предложить способы их исправления до начала конвертации.

Машинное обучение также может быть использовано для оптимизации сжатия данных и улучшения алгоритмов конвертации (ИИ можно обучить распознавать распространенные ошибки или несоответствия в 3D-моделях, автоматически помечая их для проверки).

Для ускорения процесса импорта и экспорта 3D-моделей и повышения производительности PLM-систем перспективным решением является программная оптимизация, а именно многопоточное программирование (это спе-

циализированная форма параллельного программирования, которая предполагает выполнение нескольких потоков в рамках одного процесса). Распараллеливание обработки 3D-данных позволяет ускорить преобразование и передачу данных между системами, что особенно важно для объемных моделей со сложной геометрией.

Процесс импорта и экспорта 3D-моделей в PLM-системах продолжает оставаться ключевой задачей для современной промышленности. Решение проблем несовместимости форматов, потери данных и высокой вычислительной нагрузки требует, как развитие уже имеющихся подходов, так и разработка комплексных методов, позволяющих существенно повысить эффективность и качество процессов обмена данными. Планируется дальнейшее исследование уже разработанных методов, а также разработка новых и их оптимизация, с дальнейшей интеграцией в отечественную PLM систему САРУС.

Библиографический список

1. OpenCASCADE Technology. Платформа разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом для 3D-моделирования и численного моделирования. – URL: https://www.opencascade.com/ (дата обращения 15.03.2025).
2. Assimp Library. Открытая библиотека импорта активов для форматов 3D-моделей. – URL: http://www.assimp.org/ (дата обращения 15.03.2025).

ПРОБЛЕМА СОГЛАСОВАНИЯ ОСЕЙ АСТРОВИЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

М.Д. Бочкарева
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье говорится о неточности согласования систем координат астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы. Рассмотрены основные факторы, влияющие на точность совместного использования астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы.

Ключевые слова: астровизирующее устройство, бесплатформенная инерциальная навигационная система, согласование осей.

Астровизирующее устройство (АВУ) – это оптико-электронная система, предназначенная для определения углового положения объекта (летательного аппарата, морского судна и т.д.) относительно звездного неба. Принцип работы основан на измерении углов между наблюдаемыми звездами и выбранными осями системы координат, связанной с объектом. Современные АВУ автоматически идентифицируют звезды в поле зрения, сравнивают их координаты с данными из звездного каталога и вычисляют ориентацию объекта в инерциальной системе координат. На рис. 1 представлено астровизирующее устройство Rocket Lab Star Tracker.



Рис. 1. АВУRocket Lab Star Tracker

Бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) – это автономная система навигации, использующая акселерометры и гироскопы для измерения ускорения и угловой скорости движения объекта [2, с.12].

Интегрируя эти измерения во времени, БИНС вычисляет изменение координат и ориентации объекта относительно начальной точки отсчета. БИНС не нуждается во внешних сигналах, что обеспечивает устойчивость к помехам. На рис. 2 представлен внешний вид БИНС на примере MEMSIMU (широко распространенный тип БИНС).



Рис. 2. БИНС типа MEMS IMU

АВУ предоставляют точные абсолютные угловые ориентиры, которые используются для калибровки и коррекции ошибок БИНС [1]. Дрейф гироскопов в БИНС приводит к накоплению ошибок в ориентации со временем. АВУ компенсируют этот дрейф, обеспечивая долгосрочную стабильность навигационного решения.

В табл. 1 рассмотрены области применения АВУ и БИНС.

Таблица 1

Области применения

Аэрокосмическая отрасль	Навигация космических аппаратов, баллистических ракет, стратегической авиации, где требуется высокая точность и автономность. АВУ используются для определения ориентации в космосе, а БИНС - для навигации внутри атмосферы и при маневрировании.
Морская навигация	Навигация подводных лодок, надводных кораблей в условиях отсутствия сигнала спутниковых радионавигационных систем. АВУ могут использоваться для определения ориентации относительно звезд в периоды выхода на поверхность или в определенных районах плавания.
Геодезия и картография	Определение точного положения и ориентации летательных аппаратов, используемых для аэрофотосъемки и картографирования.
Военная техника	Навигация военной техники, где требуется устойчивость к помехам. АВУ и БИНС обеспечивают автономность и надежность навигации в сложных условиях.

Согласование осей АВУ и БИНС позволяет увеличить точность и уменьшить ошибку измерений. Астровизирующее устройство обеспечивает компенсацию ошибок БИНС по угловой информации, которые накапливаются пропорционально времени полета.

Ошибки согласования осей АВУ и БИНС могут возникать из-за:

• геометрических несовершенств конструкции и нестабильности. Деформации конструкции под воздействием температуры и гравитации, а также вибрации могут приводить к рассогласованию осей АВУ и БИНС;
• ошибок алгоритмов согласования. Неоптимальные алгоритмы калибровки и согласования, недостаточное количество опорных звезд могут приводить к неточностям;
• запаздывания сигнала и синхронизация данных. Задержки при передаче данных между АВУ и БИНС, а также ошибки синхронизации времени могут вносить существенные погрешности в согласование.

Согласование АВУ и БИНС связано с устранением следующих ошибок:
• погрешностей измерений БИНС. Дрейф гироскопов и акселерометров, а также ошибки калибровки БИНС напрямую влияют на точность определения ориентации и, следовательно, на согласование с АВУ;
• погрешностей измерений АВУ. Ошибки в определении положения опорных звезд, вызванные атмосферными искажениями, шумом и неточностью калибровки оптики, приводят к ошибкам в наведении. Использование более совершенных алгоритмов реконструкции волнового фронта, адаптивной оптики и более чувствительных детекторов позволяет уменьшить влияние этих факторов.

Последствия этого некорректного согласования крайне негативны для точности навигации:
• систематические ошибки определения положения и ориентации. Неправильное преобразование измерений АВУ в систему координат БИНС приводит к смещениям в координатах и углах ориентации, которые накапливаются со временем;
• АВУ используется для коррекции ошибок БИНС. Некорректное согласование осей приводит к тому, что измерения АВУ используются для коррекции ошибок в неверном направлении, что может не только не улучшить, но и ухудшить точность БИНС;
• нестабильность навигационного решения. Некорректное согласование осей может привести к расходимости навигационного решения, когда вычисленное положение и ориентация объекта начинают сильно отличаться от реальных.

Точное определение расположения осей АВУ и БИНС является ключевым фактором для обеспечения высокой точности и надежности навигационной системы. Неправильное согласование может значительно снизить преимущества использования АВУ для коррекции БИНС.

Для достижения высокой точности навигации и ориентации важна точность согласования осей астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС), на которую влияют погрешности измерений как со стороны БИНС, так и астровизирующего устройства, а также ошибки алгоритмов согласования.

Библиографический список

1. ***Андреев, В.Д.*** Теория инерциальной навигации. Автономные системы / В.Д. Андреев. – М.: «Наука», 1966. – 579 с.

2. ***Матвеев, В.В.*** Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В. Матвеев, Распопов В.Я. – М.: «Электроприбор», 2009. – 280 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КАРТ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ

А.А. Головнова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Рассматривается автоматизация процесса формирования карт условий применения электрорадиоизделий путем разработки программного модуля в отечественной PLM-системе, используемой на предприятии приборостроения. Автор рассматривает архитектуру используемой системы, требования к модулю, описывает работу администратора и пользователя, а также описывает результаты тестирования.

***Ключевые слова*:** PLM-система, карты условий применения, архитектура, справочник, база данных, электрорадиоизделия.

Номенклатура изготавливаемых изделий оборонно-промышленного комплекса растет. Чаще всего изделия эксплуатируются в жестких условиях окружающей среды (иней, роса, дождь, пыль и т.п.), а также подвергаются механическим воздействиям (удары, линейное ускорение и т.п). Влияние данных факторов губительно сказывается на электронной аппаратуре. Для того чтобы изделие прослужило как можно дольше, необходимо применять комплектующие, отвечающие требованиям эксплуатации.

Инженер-конструктор должен провести оценку правильности выбора и применения электрорадиоизделий (ЭРИ) в аппаратуре. Для этого необходимо сформировать карту условий применения (КУП), которая является обязательным документом и входит в состав конструкторской документации на изделие. КУП позволяет оценить подходит ли данный компонент для условий эксплуатации изделия, отвечает ли требованиям надежности заданным техническим заданием на разработку.

В настоящее время автоматизированных систем, позволяющих разработать КУП по необходимым требованиям, мало, они не динамичны, возникают трудности с доработкой функционала, имеют высокую стоимость. В основном разработка данной документации проводится вручную, что крайне неудобно, поскольку параметры берутся из нормативно-технической документации (НТД), либо справочников, нередко устаревших.

В рамках реализации проекта по созданию единого информационного пространства для предприятия была поставлена задача автоматизации формирования КУП. Реализация данного программного модуля проводилась в отечественной PLM-системе T-FLEX DOCs от производителя ЗАО «Топ-Системы» [1], используемой на предприятии.

Архитектура программного комплекса T-FLEX DOCs включает в себя серверную, клиентскую часть и файловый сервер, это обеспечивает высокую производительность системы, безопасность передачи данных.

Серверная часть T-FLEX DOCs состоит из сервера приложений, осуществляющего весь функционал системы, сервер базы данных, сервер оповещений, а также файловый сервер. Для работы и управления базами данных могут быть использованы СУБД Microsoft SQL Server, Oracle Server или PostgreSQL.

Клиентская часть T-FLEX DOCs представляет собой обособленные приложения, которые подлежат установке на рабочем месте, поддерживающие систему аутентификации и предоставляют всю широту возможностей данной системы, ограниченные правами и доступами для конкретного пользователя или группы.

Файловый сервер T-FLEX DOCs является хранилищем, содержащим большие объемы информации. Через сервер приложений выполняется обмен данными между файловым сервером, клиентским приложением и базой данных.

Разработка справочника для работы с КУП включается в себя ряд задач:

– разработка трех модулей справочника: администраторской, пользовательской части и формирования отчетов;

– разработка электронной процедуры согласования данного документа в системе T-FLEX DOCs для дальнейшего включения в альбом на изделие.

Справочник «База КУП» (модуль администратора) должен удовлетворять следующим требованиям к функциональным характеристикам:

– располагаться в едином информационном пространстве предприятия;

– обеспечивать хранение информации о классах и элементах КУП, их параметрах в формате, удобном для восприятия и обработки;

– обеспечивать хранение информации о внесенных изменениях;

– обеспечивать разграничение прав доступа пользователей системы на добавление, изменение данных и просмотр информации.

Модуль пользователя должен удовлетворять следующим требованиям к функциональным характеристикам:

– обеспечивать заполнение справочника «Проекты КУП» информацией о примененных в изделиях предприятия покупных ЭРИ, их количественных, качественных и других характеристиках, необходимых для выпуска карт условий применения;

– обеспечивать возможность корректировки элементов проекта и значений параметров (в соответствии с правами доступа).

– осуществлять добавление, удаление и редактирование информации о структуре проекта.

Модуль формирования отчетов должен осуществлять составление и вывод на печать двух видов отчета:

– совмещенная карта условий применения;

– разделенная карта условий применения.

Применение созданной автоматизированной информационной системы должно обеспечить:

- функциональную организацию хранения и обработки данных о классах и элементах КУП;
- единое администрирование базы КУП с возможностью неограниченного расширения функционала системы;
- формирование и вывод на печать необходимых отчетов.

С помощью инструментария системы T-FLEX DOCs был создан справочник с тремя вышеописанными модулями, заданы необходимые параметры, для пользователей назначены права доступа. Для написания макросов, используемых в работе с базой КУП, использовался язык C#.

Основные этапы работы со стороны администратора базы КУП:

1) создание класса БД КУП;
2) создание элементов БД КУП;
3) заполнение параметров элемента БД КУП согласно НТД;
4) сохранение (применение изменений) классов, элементов БД КУП.

Основные этапы процесса формирования КУП со стороны пользователя:

1) создание объекта типа «Совмещенный проект»/ «Разделенный проект»;
2) заполнение условий эксплуатации в аппаратуре;
3) формирование состава проекта вручную или автоматически;
4) проведение расчета;
5) заполнение информации о согласовании применения (с указанием номеров соответствующих документов), о применении спецзащиты для выполнения требований ТЗ;
6) сохранение проекта;
7) получение печатной формы;
8) согласование разработанной КУП.

Данная разработка позволила сократить время работы по формированию КУП более чем в два раза. Достоинством данной разработки является динамичность системы, возможность проведения доработки в соответствии с требованиями пользователя, также дружественный интерфейс для пользователей, уже работавших в системе с другими модулями.

Пример заполнения условий эксплуатации изделия в системе T-FLEX DOCs представлен на рис. 1.

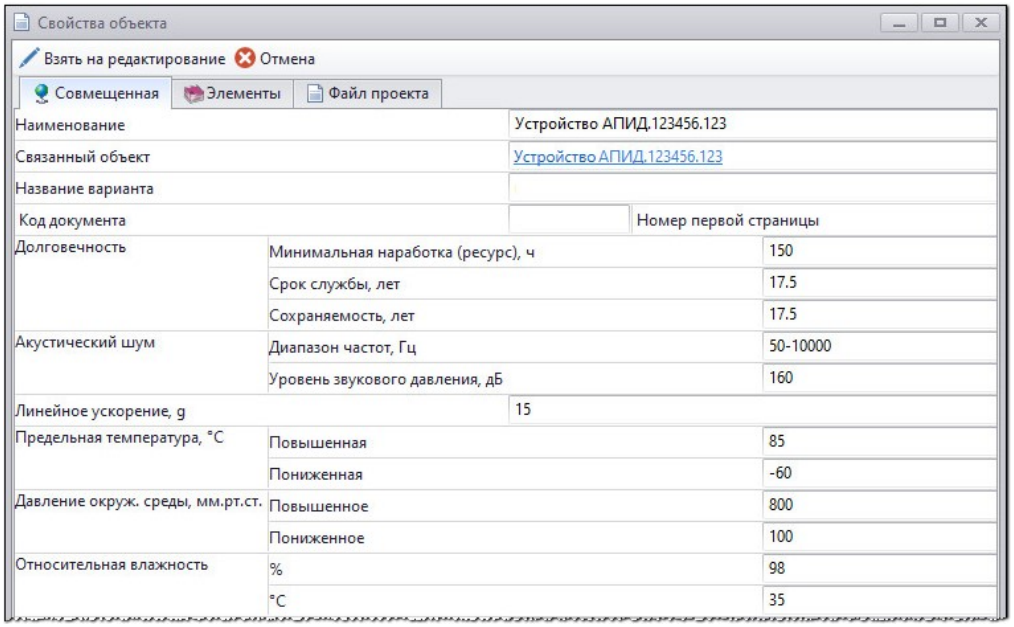
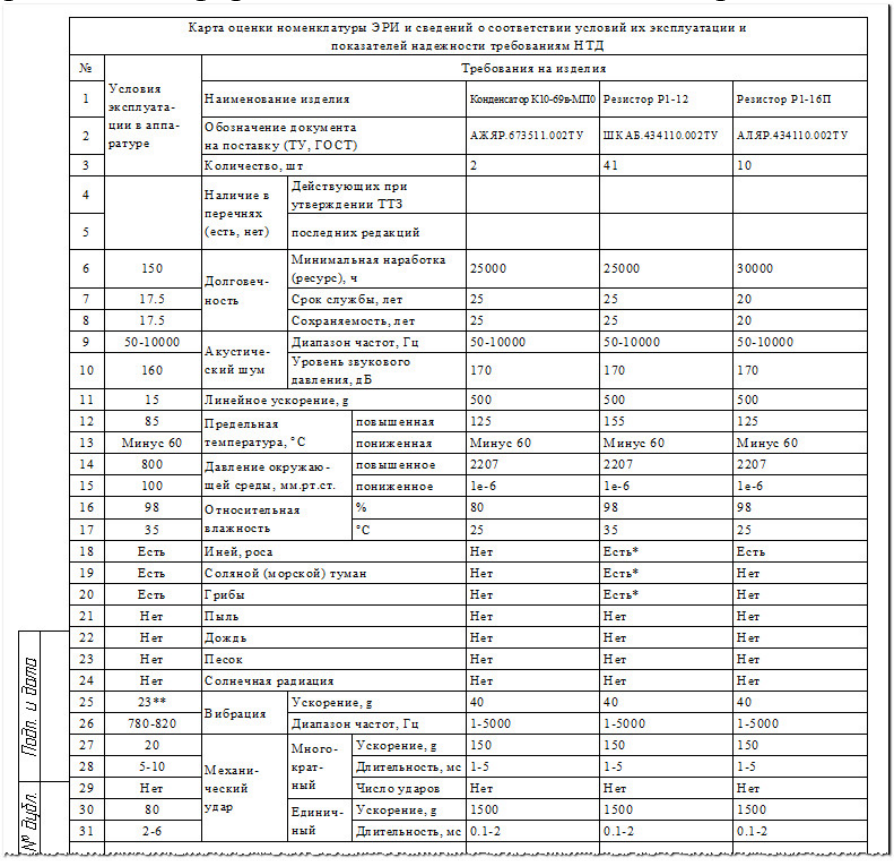


Рис. 1 Пример окна свойств совмещенного проекта с заполненными параметрами

Пример печатной формы в системе T-FLEX CAD представлен на рис. 2.



Карта оценки номенклатуры ЭРИ и сведений о соответствии условий их эксплуатации и показателей надежности требованиям НТД

№	Условия эксплуатации в аппаратуре	Требования на изделия					
1		Наименование изделия			Конденсатор К10-69ь-МП0	Резистор Р1-12	Резистор Р1-16П
2		Обозначение документа на поставку (ТУ, ГОСТ)			АЖЯР.673511.002ТУ	ШКАБ.434110.002ТУ	АЛЯР.434110.002ТУ
3		Количество, шт			2	41	10
4		Наличие в перечнях (есть, нет)	Действующих при утверждении ТТЗ				
5			последних редакций				
6	150	Долговечность	Минимальная наработка (ресурс), ч		25000	25000	30000
7	17.5		Срок службы, лет		25	25	20
8	17.5		Сохраняемость, лет		25	25	20
9	50-10000	Акустический шум	Диапазон частот, Гц		50-10000	50-10000	50-10000
10	160		Уровень звукового давления, дБ		170	170	170
11	15	Линейное ускорение, g			500	500	500
12	85	Предельная температура, °С		повышенная	125	155	125
13	Минус 60			пониженная	Минус 60	Минус 60	Минус 60
14	800	Давление окружающей среды, мм.рт.ст.		повышенное	2207	2207	2207
15	100			пониженное	1e-6	1e-6	1e-6
16	98	Относительная влажность		%	80	98	98
17	35			°С	25	35	25
18	Есть	Иней, роса			Нет	Есть*	Есть
19	Есть	Соляной (морской) туман			Нет	Есть*	Нет
20	Есть	Грибы			Нет	Есть*	Нет
21	Нет	Пыль			Нет	Нет	Нет
22	Нет	Дождь			Нет	Нет	Нет
23	Нет	Песок			Нет	Нет	Нет
24	Нет	Солнечная радиация			Нет	Нет	Нет
25	23**	Вибрация	Ускорение, g		40	40	40
26	780-820		Диапазон частот, Гц		1-5000	1-5000	1-5000
27	20	Механический удар	Многократный	Ускорение, g	150	150	150
28	5-10			Длительность, мс	1-5	1-5	1-5
29	Нет			Число ударов	Нет	Нет	Нет
30	80		Единичный	Ускорение, g	1500	1500	1500
31	2-6			Длительность, мс	0.1-2	0.1-2	0.1-2

Инв. № дубл. | Подп. и дата

Рис.2 Печатная форма КУП

Концепция T-FLEX PLM от компании «Топ Системы» // САПР и графика. – 2022 – №7 (309) – С. 23-31

СОВРЕМЕННЫЕ БАТАРЕИ: АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВ

Н.А. Зайцев[1], Н.В. Жидкова[2]
[1]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарева, Институт электроники и светотехники
[2]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматриваются вопросы, связанные с классификацией, использованием и разработкой батарей, используемых в различных по назначению электронных устройствах. По результатам проведенного анализа подчеркнуто лидерство литий-ионных батарей благодаря их высокой плотности энергии и надежности. Описаны их усовершенствования и перспективные альтернативы, такие как литий-воздушные и литий-серные батареи, с указанием их потенциала и проблем.

Ключевые слова: литий-ионные батареи, твердотельные батареи, литий-воздушные батареи, литий-серные батареи, тонкопленочные батареи, плотность энергии, безопасность батарей, кремниевые аноды, твердотельные электролиты, электромобили, портативные устройства.

Батареи играют ключевую роль в обеспечении энергией портативных устройств, электромобилей и систем хранения возобновляемой энергии. С ростом глобального спроса на эффективные и безопасные энергохранилища, технологии батарей стремительно развиваются. Эта статья представляет обзор актуальных разработок в области батарей на 2025 г. и основана на последних исследованиях. В данной статье рассматриваются доминирующие литий-ионные батареи, перспективные технологии, такие как твердотельные, литий-воздушные и литий-серные системы, а также нишевые разработки, включая тонкопленочные батареи и умные системы управления.

Батареи остаются неотъемлемой частью современных технологий, обеспечивая питание переносных устройств или же используются в качестве устройств хранения уже полученной другим способом электроэнергии. Их развитие направлено на преодоление ключевых ограничений, а именно энергоемкости, безопасности и экологичности. Если в 1990-х годах технологии батарей находились на ранних стадиях, то к 2025 г. они достигли значительного прогресса, хотя и не революционного скачка, как предсказывали некоторые ранние прогнозы. Сегодняшние исследования фокусируются на увеличении плотности энергии, улучшении долговечности и снижении затрат, что делает этот обзор актуальным для понимания текущих тенденций.

Традиционно батареи делятся на первичные (одноразовые, например, щелочные), вторичные (перезаряжаемые, такие как литий-ионные) и резервные (для длительного хранения энергии). Вторичные (перезаряжаемые) батареи, особенно литий-ионные, доминируют на рынке благодаря своей способности к многократной перезарядке и универсальности. В табл. 1 приведена динамика использования различных типов батарей в устройствах.

Таблица 1

Динамика использования различных типов батарей в устройствах

Год	Литий-ионные	Твердотельные	Литий-воздушные	Литий-серные	Другие
2010	40%	1%	0%	0%	59%
2015	60%	5%	1%	2%	32%
2020	75%	10%	3%	5%	7%
2025	85%	20%	5%	8%	2%

Они являются основой для современных технологий, от смартфонов до электромобилей, и активно развиваются, что делает их особенно актуальными для обсуждения. В то же время, первичные (неперезаряжаемые) и резервные батареи играют важную роль в нишевых областях, но их технологии развиваются медленнее и не так широко используются в энергоемких системах. Поэтому в этой статье мы сосредоточимся на вторичных батареях, их текущем состоянии и перспективах.

Среди вторичных батарей особое место занимают литий-ионные системы. Они доминируют в электронике, электромобилях и системах хранения энергии благодаря своей высокой энергоемкости и долговечности. На март 2025 г. их гравиметрическая плотность энергии составляет 200-300 Вт·ч/кг, однако некоторые передовые образцы достигают 350 Вт·ч/кг. Объемная плотность энергии, выросла с 55 Вт·ч/л в 2008 году до примерно 450-500 Вт·ч/л, что подтверждается данными исследований U.S. Department of Energy [1]. В табл. 2 представлена динамика роста их гравиметрической и объемной плотности энергии.

Таблица 2

Изменение энергоемкости литий-ионных батарей

Год	Гравиметрическая, Вт·ч/кг	Объемная, Вт·ч/л
2008	160	55
2012	180	200
2016	200	300
2020	250	450
2025	300	500

Современные исследования фокусируются на совершенствовании литий-ионных аккумуляторов через внедрение новых материалов и конструктивных решений. В частности, использование кремниевых анодов позволяет увеличить удельную емкость за счет высокой теоретической емкости кремния (около 4200 мА·ч/г против 372 мА·ч/г для графита). Твердотельные электролиты, такие как оксид лития или сульфид лития, повышают безопасность конечного аккумулятора, устраняя риски утечек и возгораний, характерные для жидких электролитов, и способствуют ускорению процессов зарядки [2].

Катоды на основе никель-марганец-кобальтовых соединений (NMC), особенно с высоким содержанием никеля (например, NMC 811), обеспечивают рост плотности энергии до 200-300 Вт·ч/кг в серийных моделях и до 350 Вт·ч/кг в экспериментальных [3]. Экспериментальные образцы демонстри-

руют объемную энергоемкость до 1653 Вт·ч/л, но в массовом производстве значения остаются на уровне 450-500 Вт·ч/л [1].

Несмотря на прогресс в улучшении литий-ионных аккумуляторов, научное сообщество изучает альтернативные системы с потенциалом повышения энергоемкости и эксплуатационных характеристик. Твердотельные аккумуляторы (использующие твердые электролиты), демонстрируют удельную энергоемкость в диапазоне 250-500 Вт·ч/кг, что подтверждено исследованиями технического эксперта и консультанта по батареям и электрическим двигательным системам С. Мелансона [4]. Их преимущества включают повышенную термическую стабильность, снижение риска короткого замыкания и возможность работы при более высоких температурах, однако коммерческое внедрение ограничено сложностью производства и высокой стоимостью материалов, таких как литий-фосфатные или сульфидные электролиты.

Еще одной перспективной литиевой технологией является литий-воздушные аккумуляторы. Они обладают теоретической энергоемкостью до 11000 Вт·ч/кг за счет использования атмосферного кислорода в качестве катодного материала, что существенно снижает массу системы, как указано в статье Chengyi Wang, Zhaojun Xie и Zhen Zhou [5].

Тем не менее, их практическое применение затруднено нестабильностью электролита, образованием побочных продуктов, таких как пероксид лития (Li_2O_2), и низкой циклической долговечностью, ограничивающей число циклов заряд-разряд до нескольких десятков. Литий-серные аккумуляторы предлагают теоретическую энергоемкость до 2600 Вт·ч/кг благодаря высокой емкости серы (1675 мА·ч/г) [6].

Однако деградация емкости, вызванная растворением полисульфидов в электролите, и ограниченная циклическая стабильность препятствуют их широкому внедрению, требуя разработки новых электролитов и защитных покрытий для анодов. Эти технологии остаются на стадии активных исследований, с перспективами коммерциализации в течение следующего десятилетия при условии преодоления указанных ограничений.

Значительное внимание при разработке современных аккумуляторов уделяется также системам управления (Battery Management Systems или BMS), которые обеспечивают контроль параметров работы, таких как температура, уровень заряда и состояние ячеек. BMS реализуют функции балансировки напряжения между ячейками, предотвращения перезаряда и перегрева, что существенно повышает надежность и срок службы аккумуляторов, особенно в электромобилях, где безопасность и производительность являются критическими факторами. Эти системы стали стандартом в высокопроизводительных аккумуляторных системах, предоставляя возможность обеспечивания точного управления и диагностику состояния аккумуляторов в реальном времени.

Для специализированных применений, таких как носимая электроника и медицинские устройства, разработаны тонкопленочные аккумуляторы, отличающиеся малой толщиной и гибкостью. Их удельная энергоемкость варьиру-

ется в пределах 250-500 Вт·ч/кг, а поверхностная емкость составляет 0,1-10 мА·ч/см² [7]. Такие аккумуляторы обеспечивают достаточную энергию для устройств с низким энергопотреблением, однако их малая общая емкость ограничивает использование в системах с высокими требованиями к энергопотреблению, что делает их нишевым решением. Исследования в данной области направлены на повышение плотности энергии и улучшение технологий нанесения тонких пленок, однако значительного прогресса в увеличении общей емкости пока не достигнуто.

Далее проведем сравнительный анализ параметров аккумуляторных технологий, что позволит оценить их перспективы. Литий-ионные аккумуляторы обеспечивают гравиметрическую энергоемкость 200-300 Вт·ч/кг (с потенциалом до 350 Вт·ч/кг) и объемную энергоемкость 450-500 Вт·ч/л. Твердотельные системы достигают 250–500 Вт·ч/кг, однако их объемная энергоемкость остается недостаточно изученной для использования в серийных образцах. Литий-воздушные аккумуляторы обладают теоретической энергоемкостью 11000 Вт·ч/кг, а литий-серные – 2600 Вт·ч/кг, но практические значения существенно ниже. Тонкопленочные аккумуляторы демонстрируют 250-500 Вт·ч/кг, что подчеркивает их конкурентоспособность в специфических устройствах. В табл. 3 приведено сравнение плотности энергии различных технологий.

Таблица 3

Сравнение плотности энергии различных технологий

Тип батареи	Плотность энергии, Вт·ч/кг
Литий-ионные	300
Твердотельные	400
Литий-воздушные	11 000 (теоретическое) 500 (достигнутое)
Литий-серные	2600 (теоретическое) 600 (достигнутое)
Тонкопленочные	500

Подводя итоги всему вышесказанному, на март 2025 г. литий-ионные аккумуляторы сохраняют лидирующую позицию благодаря достигнутой энергоемкости, надежности и широкому применению в электронике и транспорте. Твердотельные системы представляют перспективное направление благодаря повышенной безопасности и потенциалу роста энергоемкости, однако их коммерческое внедрение ограничено технологическими и экономическими барьерами. Литий-воздушные и литий-серные аккумуляторы обладают выдающимися теоретическими характеристиками, но требуют значительных усилий для преодоления эксплуатационных недостатков, таких как низкая циклическая стабильность и деградация материалов. Системы управления аккумуляторами повышают эффективность и безопасность существующих решений, играя важную роль в их оптимизации. Тонкопленочные аккумуляторы успешно приме-

няются в нишевых областях, таких как носимая электроника, но не способны конкурировать с литий-ионными технологиями в крупномасштабных системах.

Библиографический список

1. Сайт U.S. Department of Energy. Volumetric Energy Density of Lithium-ion Batteries Increased by More than Eight Times Between 2008 and 2020 / Fuel Economy Team // Fuel Economy Research [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1234-april-18-2022-volumetric-energy-density-lithium-ion-batteries (дата обращения: 10.03.2025).
2. Сайт Stellarix. Solid-state batteries: Current challenges and future prospects // Battery Technology Review [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://stellarix.com/insights/blogs/solid-state-batteries-current-and-future-prospects/ (дата обращения: 20.02.2025).
3. ***Грей, К.П.*** Перспективы литий-ионных аккумуляторов и далее - видение 2030 года / К.П. Грей, Д.С. Холл // Nat Commun 11, 6279 (2020) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:https://www.nature.com/articles/s41467-020-19991-4 (дата обращения: 15.02.2025).
4. ***Melancon, S.*** Solid State Batteries Vs. Lithium-Ion: Which One is Better?// Battery Innovations [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.laserax.com/blog/solid-state-vs-lithium-ion-batteries (дата обращения: 11.03.2025).
5. ***Wang Chengyi***. Zhou Lithium-Air Batteries: Challenges Coexist with Opportunities / Chengyi Wang, Zhaojun Xie, Zhen Zhou // Energy Storage Advances [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/332771695_Lithium-air_batteries_Challenges_coexist_with_opportunities (дата обращения: 05.03.2025).
6. ***Castillo, J.*** High-energy-density lithium-sulfur batteries with a lightweight and flexible sulfurized carbon nanotube cathode / J. Castillo, A. Santiago**,** X. Judez, J.A. Coca-Clemente, A.Saenz de Buruaga, J.L.Gómez-Urbano, J.A.González-Marcos, M.Armand, C.Li, D.Carriazo// Journal of Energy Chemistry, 2021 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsaem.3c00177 (дата обращения: 05.02.2025).
7. ***He Xiaoxi.*** Flexible, Printed and Thin Film Batteries 2020-2030: Technologies, Markets and Players / Xiaoxi He. // IDTechEx Research Team. IDTechEx Reports, 2020 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.idtechex.com/en/research-report/flexible-printed-and-thin-film-batteries-2020-2030-technologies-markets-and-players/759 (дата обращения: 25.02.2025).

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТВГ В СОСТАВЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ДВИЖЕНИЯ МАНЕВРЕННОГО ОБЪЕКТА

И. И. Клоков[1, 2], Д. В. Тарасов[1]

[1]АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»,
[2]Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье описывается актуальность применения твердотельных волновых гироскопов в составе пилотажных приборов и систем летательных аппаратов различных классов, обосновывается целесообразность применения математического моделирования, рассматриваются основные математические модели, в разной степени описывающие поведение твердотельных резонаторов.

Ключевые слова: твердотельный волновой гироскоп, эффект Кориолиса, математическая модель, резонатор, летательный аппарат

Твердотельные волновые гироскопы (ТВГ) – это тип гироскопов, основанный на эффекте Кориолиса, который возникает при вращении колеблющегося резонатора. Этот эффект, в случае ТВГ, проявляется в возникновении силы Кориолиса $\vec{F}_{кор}$ при движении вращающегося тела:

$$\vec{F}_{кор} = -2m \cdot \left(\vec{\Omega} \cdot \vec{u} \right),$$

где m – масса тела, $\vec{\Omega}$ – угловая скорость вращения тела, $\vec{u}$ – скорость тела относительно вращающейся системы.

Резонатор, как правило, выполнен в форме кольца, диска, цилиндра или полусферы, и приводится в колебательное движение с помощью пьезоэлектрических, магнитоэлектрических или электростатических актуаторов. Варианты исполнения ТВГ весьма различны: интегрирующие гироскопы, датчики угловых скоростей, основанные на принципе ТВГ, микроэлектромеханические гироскопы различной конструкции; причем разные примененные типы резонаторов, актуаторов и датчиков оптимизированы под решаемую задачу и форму исполнения. Когда устройство вращается, возникающая сила Кориолиса изменяет характер колебаний резонатора, что позволяет измерить угловую скорость или угловое перемещение резонатора.

ТВГ имеют следующие преимущества:

– ТВГ способны измерять угловую скорость с точностью, достаточной для большинства применений, что делает их пригодными для достаточно широкого использования в авиационной, космической и другой технике;

– отсутствие значительного трения в изделии делает ТВГ более долговечными и устойчивыми к вибрациям и ударам;

– размеры ТВГ варьируются в зависимости от способа реализации от трех сантиметров для МЭМС-гироскопов до десяти, что позволяет использовать их в миниатюрных устройствах, таких как дроны или мобильные роботы;

– по сравнению с механическими гироскопами, ТВГ потребляют меньше энергии, что делает их применение актуальным в приборах с автономным питанием, или в приборах, работающих в аварийных режимах;

– низкая стоимость в сравнении с волоконно-оптическими или лазерными гироскопами.

ТВГ остаются актуальными благодаря своей высокой точности и надежности. В некоторых случаях их вытесняют другие технологии, такие как волоконно-оптические гироскопы и лазерные гироскопы, которые обеспечивают более высокую точность. Однако, с развитием технологий микроэлектромеханических систем их производство становится более экономичным, что расширяет область их применения и делает актуальными во многих сферах, в том числе, при массовом выпуске.

В настоящее время множество предприятий – как отечественных, так и зарубежных – ведет работы по разработке ТВГ и применению их в различных классах летательных аппаратов с разными характеристиками. Дальнейшее развитие и эффективное применение уже существующих технологий ТВГ требует выработки современных методов работы с уже имеющимися данными. Построение моделей становится важным вспомогательным средством получения новой информации на основе уже имеющихся специальных знаний. Благодаря имитационным экспериментам с моделями можно разыгрывать самые разнообразные сценарии, то есть прослеживать возможные перспективы. Тем самым модели берут на себя функцию замены лежащих в их основе реальных объектов и делают возможным предсказание, другими словами, прогнозирование, или вычисление, реакции на воздействия, которые до сих пор не опробовались [1]. Прогнозирование процесса работы ТВГ при широком диапазоне наборов исходных данных позволит с минимальными затратами и в короткое время настраивать каждый прибор под необходимые условия, например, задавать соотношение сигнал-шум и частотную характеристику.

В настоящее время наиболее часто применяются следующие математические модели, описывающие ТВГ.

1. Модели, описанные у Журавлева и Климова в [2]. Так, например, динамика ТВГ может быть описана системой двух линейных обыкновенных нестационарных дифференциальных уравнений второго порядка, описывающих возбуждаемую моду (режим возбуждения) и измеряемую моду (режим чувствительности):

$$\ddot{x}_1 + 2u\omega\dot{x}_1 + \left(\omega^2 - \Omega^2\right)\cdot x_1 = f_1 - 2K\Omega x_2 - K\Omega x_2,$$

$$\ddot{x}_2 + 2u\omega\dot{x}_2 + \left(\omega^2 - \Omega^2\right)\cdot x_2 = f_2 - 2K\Omega x_1 - K\Omega x_1,$$

где x_1, x_2 – деформация кромки резонатора в режимах возбуждения и чувствительности соответственно, ω – собственная частота резонатора, соответствую-

щая второй форме колебаний, u – относительный коэффициент демпфирования, Ω – угловая скорость основания, f_1, f_2 – ускорения кромки резонатора, вызванные внешними силами, K – коэффициент Брайана.

Данная модель выводится из модели механического маятника и описывает механическое движение резонатора. Она лежит в основе некоторых других более сложных, но и более точных моделей. С другой стороны, как наиболее абстрактная, данная модель пригодна для описания наибольшего набора вариантов возможных процессов.

2. Модель, описанная в ряде работ Шишакова К. В., например, в [3], которая уточняет модели в [2] колебательно-диссипативными характеристиками твердотельного резонатора, выражена следующими уравнениями:

$$\ddot{p} + 2u\left[1 + \delta\mu\cos 4\left(\theta_\mu - \theta_\omega\right)\right]\cdot\dot{p} + 2\left[u\delta\mu\sin 4\left(\theta_\mu - \theta_\omega\right) - K\Omega\right]\cdot\dot{q} + \left(\omega^2 - \Delta\omega^2\right)\cdot p = 0,$$

$$\ddot{q} + 2u\left[1 - \delta\mu\cos 4\left(\theta_\mu - \theta_\omega\right)\right]\cdot q + 2\left[u\delta\mu\sin 4\left(\theta_\mu - \theta_\omega\right) + K\Omega\right]\cdot\dot{q} + \left(\omega^2 - \Delta\omega^2\right)\cdot q = 0,$$

$$\omega^2 = \frac{\omega_p^2 + \omega_q^2}{2},\ \Delta\omega^2 = \frac{\omega_p^2 - \omega_q^2}{2},$$

где p, q – координаты резонатора, θ_ω, θ_μ – угловые положения осей жесткости и добротности по отношению к приборной системе координат.

Эта модель отличается от предыдущей тем, что в модели механического движения резонатора ТВГ учитываются конструктивные особенности реального резонатора – неравножесткость и разночастотность – влияющие на его свободные колебания.

3. Модели в медленных переменных (или метод медленных переменных) – это подход, используемый в теории динамических систем для упрощения анализа сложных систем, где процессы происходят на разных временных масштабах. Основная идея заключается в том, чтобы выделить «медленные» переменные, которые изменяются значительно медленнее, чем остальные, и построить упрощенную модель, которая описывает только их поведение.

Модель твердотельного волнового гироскопа может использоваться для создания имитационной модели работы системы управления ТВГ, настройки параметров обратной связи, исследования влияния шумов и задержек на точность прибора, разработки и тестирования самонастраивающихся контуров управления и компенсации. Также модель может быть использована для разработки алгоритмов оценки параметров резонатора по данным с реального прибора [4].

Различные концепции систем в случае данного объекта (ТВГ) приводят к различным и даже частично противоречащим друг другу по своим показаниям грубым моделям одного и того же реального явления. Важно стремиться не к тому, чтобы из этих грубых моделей выбрать наилучшую, а прежде всего, использовать всю содержащуюся в них информацию и перенести ее в уточненную, более содержательную модель [1].

Грамотный выбор модели ТВГ, ее верификация и идентификация – актуальные и важные задачи как при создании новых датчиков, так и при их инте-

грации в системы летательных аппаратов. Это позволяет как снизить общую сложность проводимых работ, так и сократить расход дефицитных материальных и нематериальных ресурсов: материалов, комплектующих, рабочего времени, а также затрат, связанных с проведением натурных испытаний.

Библиографический список

1. ***Пешель, М.*** Моделирование сигналов и систем / М. Пешель. – М.: Мир. – 1981. – 300 с.
2. ***Журавлев, В.Ф.*** Волновой твердотельный гироскоп / В. Ф. Журавлев, Д. М. Климов. – М.: Наука. – 1985. – 126 с.
3. ***Шишаков, К.В.*** Измерение колебательно-диссипативных характеристик резонаторов твердотельных волновых гироскопов: алгоритмы на основе идентификации уравнений свободных колебаний. Интеллектуальные системы в производстве / К. В. Шишаков. – 2024. – Т. 22, №2. – С. 4-18.
4. ***Трутнев, Г.А.*** Модель твердотельного волнового гироскопа в медленных переменных / Г. А. Трутнев // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2015. – Т. 25, №3. – С. 421-429.

УПРАВЛЕНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМОЙ С ПЕРЕКЛЮЧАЮЩЕЙСЯ ТОПОЛОГИЕЙ

Д.Е. Пашанин
Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматривается подход к управлению мультиагентной системой, позволяющий достичь согласованного следования группой объектов за управляемым сигналом, позволяющий повысить качество управления многосоставными системами. Разрабатывается алгоритм управления направленной формацией мультиагентной системы, результаты работы которого демонстрируются на примере числового моделирования.

Ключевые слова: мультиагентная система, переключение направленных топологий, закон управления, роевая система, протокол изменяющегося во времени формирования.

Ввиду масштабного развития производств и повсеместной роботизации в настоящее время наблюдается необходимость в применении методов управления сложными по своей структуре системами. К данному типу систем относятся мультиагентные роевые системы, позволяющие обеспечивать необходимое поведение группы объектов, что может находить широкое применение в области управления беспилотными летательными аппаратами, значительно упрощая данный процесс.

Основной задачей мультиагентного управления является поддержание согласованных действий группой роботизированных объектов, направленных на достижение общей цели. В сфере летательных аппаратов данный фактор приобретает наибольшую значимость, ввиду сложной динамики каждого составляющего группу элемента. Исходя из этого, при изучении проблем управления мультиагентными системами, для простоты исследования следует использовать однородные роевые системы, являющиеся частным случаем неоднородных роевых систем. Поэтому целью данной работы является разработка алгоритма управления формацией мультиагентной системы с переключающимися направленными топологиями.

Проведем постановку проблемы для N однородных агентов, каждый из которых обладает линейной динамикой, описываемой уравнением:

$$\dot{x}(t) = Ax_i(t) + Bu_i(t), \quad i \in \{1, 2, \ldots, N\}, \tag{1}$$

где $A \in \mathbb{R}^{n\times n}$, $B \in \mathbb{R}^{n\times m}$ - матрицы состояния и управления; $x_i(t) \in \mathbb{R}^n$ и $u_i(t) \in \mathbb{R}^m$ - состояние и управляющий сигнал для *i*-го агента, соответственно.

Желаемая изменяющаяся во времени формация задается вектором $h(t) = \left[h_1^T(t),\ h_2^T(t),\ \ldots,\ h_N^T(t)\right]^T \in \mathbb{R}^{nN}$, где $h_i(t)$ $(i=1,\ 2,\ \ldots,\ N)$ кусочно-непрерывно дифференцируема. *h(t)* здесь используется в качестве харак-

теристики желаемой изменяющейся во времени формации, а не в качестве опорной траектории для каждого агента.

Считается, что система (1) достигает изменяющейся во времени формации *h(t)*, если для любого заданного ограниченного начального состояния существует векторная функция $r(t) \in \mathbb{R}^n$, такая что

$$\lim_{t\to\infty} (x_i(t) - h_i(t) - r(t)) = 0 \quad (i = 1, 2, \ldots, N),$$

где *r(t)* называется опорной функцией формации.

h_i $(i = 1, 2, \ldots, N)$ здесь может использоваться для задания желаемой конфигурации формации, а *r(t)* – для описания макроскопического движения всей формации.

Управляющий сигнал для формации с переключающейся топологией может быть составлен как:

$$u(t) = K_1 x_i(t) + K_2(x_i(t) - h_i(t)) + \alpha K_3 \sum_{j\in N^i_{\sigma(t)}} \omega_{ij}((x_j(t) - h_j(t)) - (x_i(t) - h_i(t))) + \upsilon_i(t), \qquad (2)$$

где $(i = 1, 2, \ldots, N)$, K_1, K_2, $K_3 \in \mathbb{R}^{m\times n}$ - постоянные матрицы усиления, α – положительная сила связи, а $\upsilon_i(t) \in \mathbb{R}^m$ - компенсирующий сигнал формации, зависящий от $h_i(t)$.

Матрица усиления *K1* и компенсационный сигнал $\upsilon_i(t)$ $(i = 1, 2, \ldots, N)$ здесь используются для расширения выполнимого набора изменяющихся во времени формаций. Матрица коэффициентов усиления *K2* используется для задания режимов движения изменяющейся во времени опорной формации *r(t)*. Матрица усиления *K3* и константа α могут быть использованы для управления состояниями роевой системы (1) для достижения желаемой изменяющейся во времени формации при переключении направленных топологий.

Пусть

$$x(t) = \left[x_1^T(t),\ x_2^T(t),\ \ldots,\ x_N^T(t)\ \right]^T \text{ и } \upsilon(t) = \left[\upsilon_1^T(t),\ \upsilon_2^T(t),\ \ldots,\ \upsilon_N^T(t)\ \right]^T.$$

Тогда, в рамках управления с переключаемыми топологиями (2), роевая система (1) может быть компактно записана как:

$$\dot{x}(t) = (I_N \otimes (A + BK_1 + BK_2) - \alpha L_{\sigma(t)} \otimes BK_3)x(t) + (\alpha L_{\sigma(t)} \otimes BK_3 - I_N \otimes BK_2)h(t) + (I_N \otimes B)\upsilon(t) \qquad (3)$$

Условия достижения системой (3) изменяющейся во времени формации с доказательствами описываются в [1] и в данной работе опускаются. Далее предлагается алгоритм разработки управления с изменяющейся во времени формацией.

Первым шагом необходимо проверить условие выполнимости изменяющейся во времени формации, которое в [1]:

$$\lim_{t\to\infty} \left(\overline{B}Ah_{ij}(t) - \overline{B}\dot{h}_{ij}(t)\right) = 0,\ \ j \in N^i_{\sigma(t)}. \qquad (4)$$

Если оно выполняется, то $v_i(t)\ (i = 1,2,\ldots,N)$ может быть определено [1] путем решения уравнения:

$$\lim_{t\to\infty}\left(\tilde{B}\left(A+\tilde{B}K_1\right)h_{ij}(t)-\tilde{B}\dot{h}_{ij}(t)+v_{ij}(t)\right)=0\ , \qquad (5)$$

а *K1* может быть любой постоянной матрицей соответствующей размерности. Из (4) следует, что $v_i(t)\ (i = 1,2,\ldots,N)$ не являются уникальными. Можно сначала задать $v_k(t)\ (k = \{1,2,\ldots,N\})$, а затем определить другие $v_j(t)\ (j = \{1,2,\ldots,N\},\ j \neq k)$ по уравнению (5). Если условие (4) не выполняется, то изменяющаяся во времени формация, заданная *h(t)*, не выполнима, и алгоритм останавливается.

Если требуется, чтобы $v_i(t) \equiv 0$, решается [1] условие выполнимости изменяющейся во времени формации для *K1*:

$$\lim_{t\to\infty}\left(\left(A+BK_1\right)h_{ij}(t)-\dot{h}_{ij}(t)\right)=0,\ \ j\in N^i_{\sigma(t)}\,. \qquad (6)$$

Если существует *K1*, удовлетворяющий (6), то вычисления продолжаются, иначе изменяющаяся во времени формация, не выполнима, и алгоритм останавливается.

Вторым шагом выбирается *K2* для задания режимов движения опорной формации *r(t)* размещением собственных значений $A+BK_1+BK_2$ в нужных местах комплексной плоскости. Если (A,B) управляема, существование *K2* может быть гарантировано.

На третьем шаге для заданного $\beta > 0$ решается линейное матричное неравенство для симметричной положительно определенной матрицы *P*:

$$\left(A+BK_1+BK_2\right)P+P\left(A+BK_1+BK_2\right)^T-BB^T+\beta P<0\,. \qquad (7)$$

Тогда *K3* может быть представлена в виде $K_3=B^TP^{-1}$. Можно убедиться, что, если (A,B) управляема, (7) выполнимо для любого заданного $\beta > 0$.

Четвертым шагом выбирается сила связи α, удовлетворяющая $\alpha > \dfrac{1}{(2\bar{\mu})}$, где $\bar{\mu}=min\left\{\mu_{\sigma(t)},\sigma(t)\in\{1,2,\ldots,p\}\right\}$.

Для демонстрации эффективности теоретических результатов проведено численное моделирование.

Рассматривается роевая система третьего порядка с шестью агентами, динамика каждого из которых описывается (1) с $x_i(t)=\left[x_{i1}(t)\,,\,x_{i2}(t)\,,\,x_{i3}(t)\right]^T\ (i = 1,\ 2,\ \ldots,\ 6)$ и матрицами

$$A=\begin{bmatrix}0 & -4 & 1\\ 2 & 2 & -1\\ 3 & 5 & 7\end{bmatrix},\quad B=\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}.$$

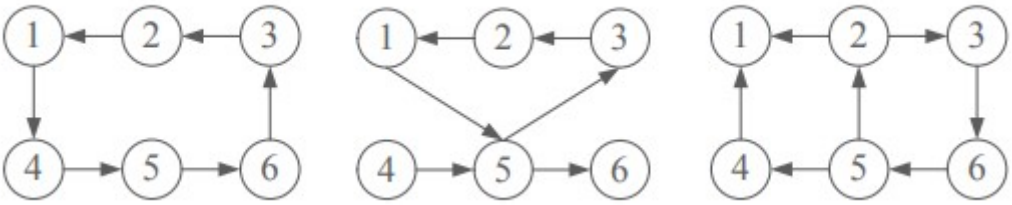


Рис. 1. Переключаемые направленные топологии

Предполагается, что существуют три различные 0-1 взвешенные направленные топологии, а именно *G1*, *G2* и *G3*, показанные на рис. 1. Шесть агентов должны поддерживать периодически меняющуюся во времени параллельную шестиугольную формацию и в то же время вращаться вокруг изменяющегося во времени эталона формации $r(t) = \left[r_1(t),\ r_2(t),\ r_3(t) \right]^T$.

Изменяющаяся во времени формация задается как:

$$h_i(t) = \begin{bmatrix} 15\cos\left(2t + \dfrac{(i-1)\pi}{3}\right) \\ 15\sin\left(2t + \dfrac{(i-1)\pi}{3}\right) \\ 30\cos\left(2t + \dfrac{(i-1)\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \quad (i = 1,\ 2,\ \ldots,\ 6)$$

Выбираются матрицы $\tilde{B} = [0\ 0\ 1]$, $\bar{B} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$ и $U = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1_{N-1} & I_{N-1} \end{bmatrix}$.

Согласно алгоритму, матрица усиления *K1* может быть выбрана как $K1 = [0,0,0]$ и $v_i(t)$ может быть рассчитан из (5) как $v_i(t) = 285\sin\left(2t + \frac{\pi}{3}(i-1)\right) + 15\cos\left(2t + \frac{\pi}{3}(i-1)\right)$, где $i = 1,2,\ldots,6$. В случае, когда *K2* = 0 можно получить собственные значения $A + BK_1 + BK_2$ равные 7.0439, $0.9780 + 3.0438j$ и $0.9780 - 3.0438j$ при $j^2 = -1$, что означает, что режимы движения опорной формации неустойчивы и вся формация будет экспоненциально расходиться. Для сохранения движения всей изменяющейся во времени формации в визуальном диапазоне, можно назначить режимы движения опорной формации осциллирующими, согласно, шагу 2 алгоритма. Для этого выбирается $K_2 = [3.8125,\ 0.0625, -10]$, чтобы назначить собственные значения $A + BK_1 + BK_2$ как $-1,\ 0.5j$ и $-0.5j$. β выбирается равным 0.2. В результате решения (7) получается $K_3 = [-1.0241,\ -9.974,\ 2.9112]$. Также получается, что $\alpha > 2{,}7651$ и $\tau_0 > 12{,}6762$ с, поэтому выбирается $\alpha = 3$ и время пребывания 15 с.

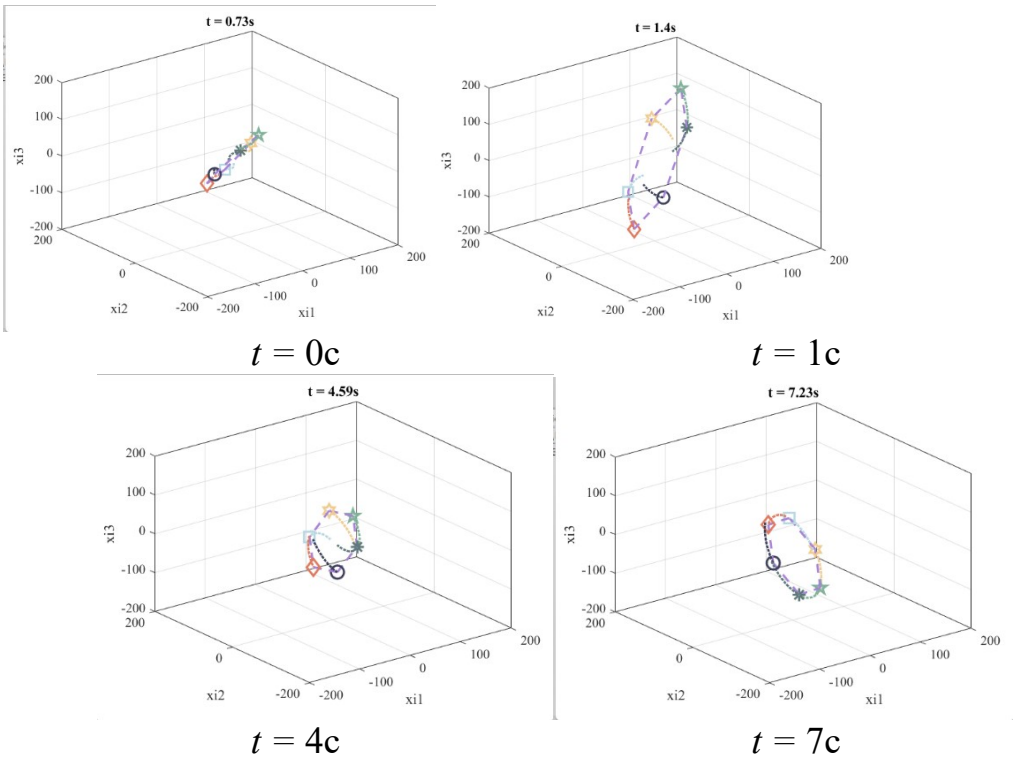


Рис. 2. Состояния системы из 6 агентов в разные моменты времени

На рис. 2 продемонстрированы положения 6 агентов системы в моменты времени 0с, 1, 4с и 7с. По результатам проведенного моделирования наблюдаются следующие явления: (I) расположения шести агентов образуют параллельный шестиугольник; (II) вершины шестиугольника меняются с течением времени; (III) центр шестиугольника, который можно принимать за лидера движется по опорной траектории, описывая окружность; (IV) шестиугольник совершает вращение вокруг своего центра.

В итоге мультиагентная роевая система достигает изменяющейся по времени формации с переключаемой топологией направленного взаимодействия.

Библиографический список

1. Hua Y., Dong X., Ren Z. Formation Tracking Control for Heterogeneous Swarm Systems. – CRC Press, 2022.

2. ***Тимофеев, А. В.*** Методы нейросетевого и мульти-агентного управления в робототехнике и мехатронике //Нелинейная теория управления и ее приложения. Динамика, управление, оптимизация. М.: Физматлит. – 2003. – С. 101-126.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМОЙ ПЛАТФОРМЫ

Д.А. Писаревский
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлен материал о дистанционно управляемой платформе. Рассмотрены ее функциональные возможности, структурная схема и алгоритм работы программы по реализации цифровой системы регулирования. Изучены требования к модулю управления электроприводами, которые должны отвечать за наведение вооружения на цель.

***Ключевые слова*:** дистанционно управляемые платформы, структурная схема, переходные процессы управления, цифровая система регулирования, навигационный модуль.

Дистанционно управляемые платформы (ДУП) используются для автоматического управления производственным оборудованием.

Дистанционные платформы вооружения (ДПВ) сегодня нашли широкое применение для управления сложными операциями, которые требуют высокой точности.

ДУП позволяют выполнять следующие задачи:

– охрана территорий;

– нахождение объектов и их координат (дальности, углов места и азимута) в системе координат носителя;

– наводка вооружения на обнаруженные объекты;

– передача внешним системам типового видеосигнала в качестве черно-белого изображения и видеосигнала в цифровом виде;

– осуществление стрельбы по целям с места.

Схема электрическая структурная ДПВ представлена на рис. 1.

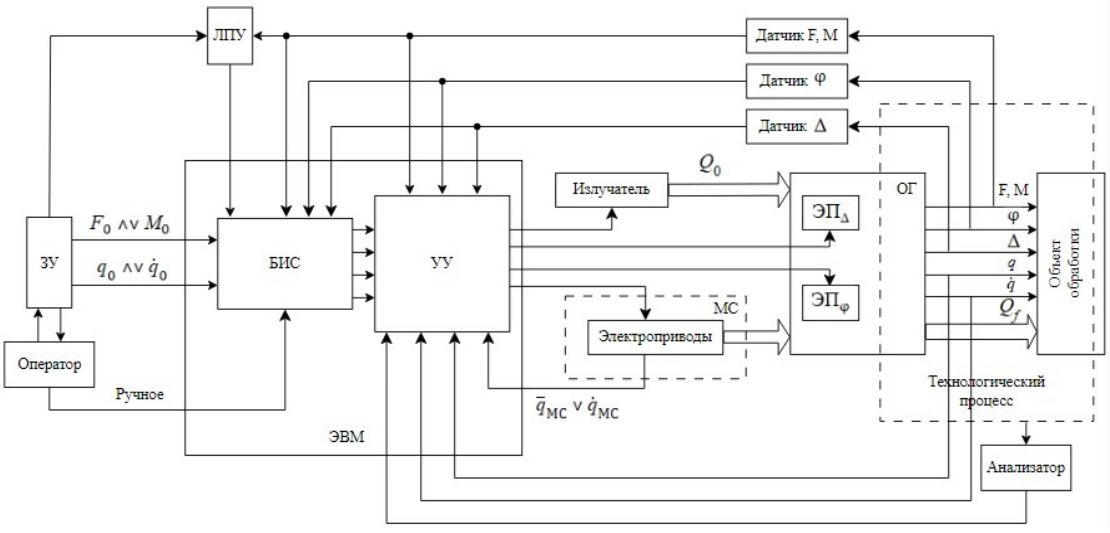


Рис. 1. Структурная схема дистанционной платформы вооружения

ДПВ в соответствии со схемой структурной электрической состоит из следующих основных компонентов:

1) микроконтроллер – предназначен для управления электронными устройствами;

2) датчики угла цифровые – применяется для передачи информации о положении объекта в виде цифрового сигнала и измерения угла поворота;

3) модуль теле-тепловизионный дальномерный – система, позволяющая получать изображение в инфракрасном диапазоне и передавать его на удаленный монитор для наблюдения за объектами в условиях плохой видимости;

4) двигатель вертикального наведения (ВН) – используется для поворота или наклона оси наведения орудия;

5) двигатель взвода затвора – предназначен для автоматического взвода затвора оружия и поддержания его в заряженном состоянии;

6) электроспуск пулемета – предназначен для удаленного управления (УУ) и контроля огнестрельного оружия.

Ключевыми процессами при работе ДУП являются переходные процессы управления электроприводами (ЭП).

Функции управления и автоматизации ЭП осуществляются цифровой системой регулирования (ЦСР), входящей в состав цифровой системы управления (ЦСУ).

ЦСР ЭП наведения должна иметь многоконтурную структуру с подчиненным регулированием параметров с последовательной коррекцией. ЦСР ЭП реализуется блоком управления (БУ).

Модуль управления (МУ) с ЦСУ должен обеспечивать:

– УУ и контроля работы приводов платформы;

– работу двух режимов наведения: автоматический режим от внешнего задания согласно протоколу CAN и полуавтоматический режим от пульта управления цифрового (ПУЦ);

– информационное взаимодействие по каналу CAN с ПУЦ и другими устройствами;

– блокировку работы привода ВН при наличии сигналов о выпущенном положении штока соответствующего стопора;

– выдачу регулируемого напряжения на исполнительные электродвигатели (ЭД) приводов наведения турельной установки, вырабатываемого преобразователем напряжения с ЦСР;

– обработку сигналов тахогенераторов ЭД привода ВН, являющихся датчиками скорости;

– приведение механизма ВН в походное (застопоренное) положение;

– обработку сигналов о срабатывании стопоров с выдачей в магистраль CAN.

Для реализации ЦСР было написано программное обеспечение (ПО). Для разработки ПО была использована программная среда J-link ARM и протокол SWD. Общий алгоритм работы программы представлен на рис. 2.

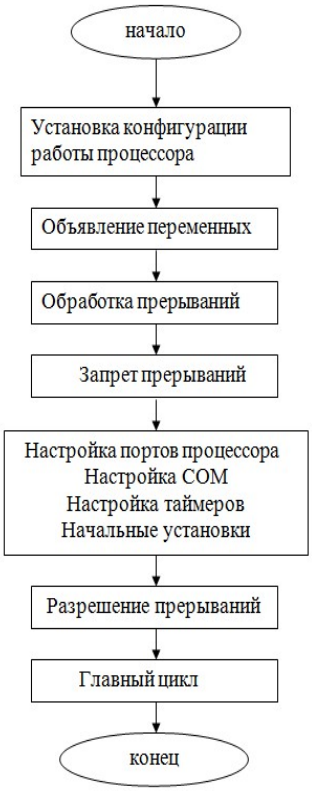


Рис. 2. Общий алгоритм работы программы

В соответствии, с общим алгоритмом работы программы при осуществлении автоматического контроля перемещением навигационного модуля (НМ) с линейным интерполированием вначале производится настройка для осуществления установочного движения по вертикальной оси аппликат с помощью оценочной функции.

При установлении оптимального зазора, в плоскости OXY производится перемещение НМ на величину до наступления равенства сигналов попарно перпендикулярных индикаторов зазора (ИЗ), то есть ортогональной регулировки НМ по отношению к обрабатываемой поверхности.

При задействовании в НМ силомоментных ИЗ для контролирующих импульсов двигателей (КИД) НМ будут соблюдаться нижеуказанные условия:

$$U_x = \begin{cases} U_0 \; \forall \; S < 0; \\ 0 \; \forall \; S > 0; \end{cases}$$

$$U_z = \begin{cases} 0 \; \forall \; S < 0 \wedge U_x \neq 0; \\ U_\partial \; \forall \; S < 0 \wedge U_x = 0, \; F_z \geq F_\partial; \\ U_0 \; \forall \; S > 0 \wedge F_z < F_\partial, \end{cases},$$

где U_x – КИД в плоскости OXY, U_z – КИД контроля зазора НМ.

После перемещения в первую точку по результатам измерения индикаторов вылета (ИВ), размещенных на сопловой части по два на осях абсцисс и ординат по каждой из двух сторон от оси, устанавливается нормаль к поверхности. Если углы крена и тангажа установлены в допустимых пределах (ДП), то нормаль принимается достигнутой, иначе осуществляется продолжение ориентации НМ по нормали. После ориентации по нормали согласно импульсам ИВ, представленным в направлении перемещения, устанавливается зазор. Если зазор установлен в ДП, то анализируется условие наличия соприкосновения с препятствием (ССП) в направлении перемещения и при отсутствии соприкосновения происходит передвижение в следующую точку. Если индикатор контакта зафиксировал ССП, тогда происходит рассмотрение сложившейся ситуации. В том случае, если контакт был запланирован и запрограммирован, то с использованием подпрограммы осуществления обхода препятствия (к примеру, обхода угла) производится соответствующее перемещение, затем совершается передвижение в следующую точку [1].

Для оценки переходных процессов управления ЭП было проведено моделирование переходных процессов при активации/деактивации маломощных ЭД.

Это предполагает, что запуск ЭД производится с помощью электромагнита (ЭМ) и постоянного тока (ПТ) [2], как показано на рис. 3.

Эталон активации/деактивации ЭД постоянного тока с ЭМ имеет экспоненциальный характер, что представлено на графиках виртуального осциллографа и панели настроек привода.

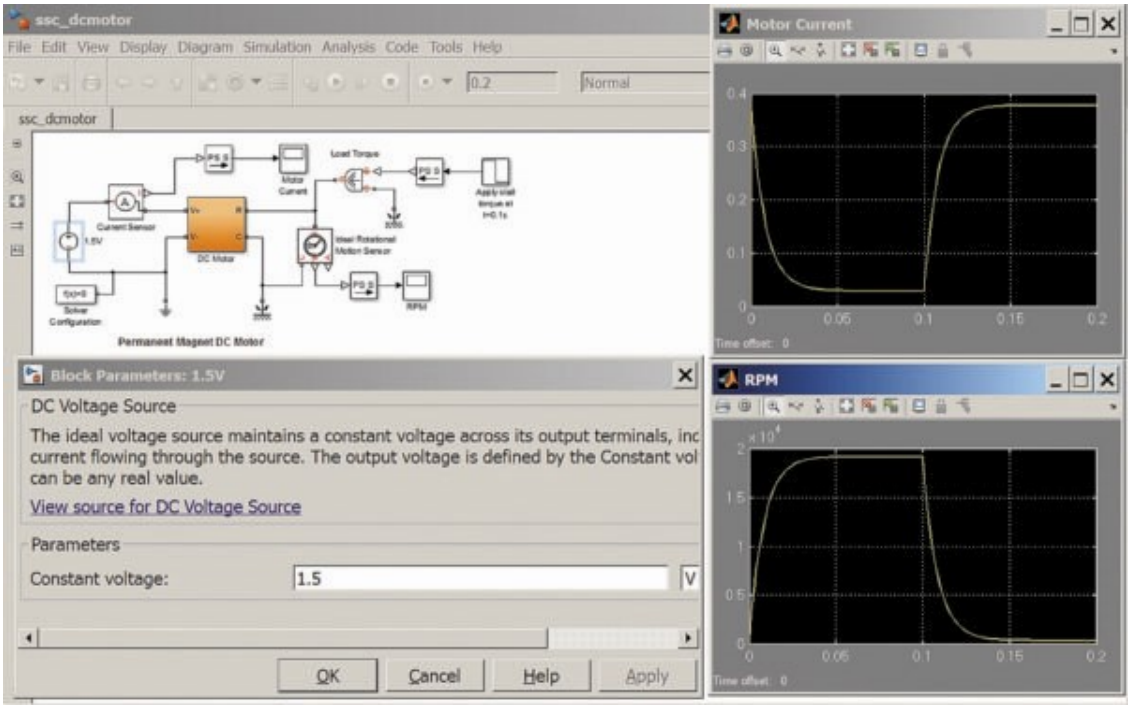


Рис. 3. Прототипирование переходных действий при активации/деактивации электродвигателя постоянного тока с электромагнитом

Привод активируется путем применения пускового тока, создаваемым генератором ступенчатого сигнала Step с его изменением в момент перепада тока. Поскольку привод проявляет резонансные механические свойства и его сопротивление имеет индуктивную составляющую, то магнитный поток и угол поворота будут содержать в себе колебательную составляющую.

В данной статье представлен анализ функциональных возможностей ДУП, структурной схемы ДПВ и алгоритма работы программы реализации ЦСР ЭП. На основе анализа, были описаны переходные процессы управления электроприводами дистанционно управляемой платформы.

Библиографический список

1. Комбинированная система управления цифровым приводом зенитной установки / А. В. Игнатов, Е. В. Александров, Е. А. Тимонин, А. И. Кочановская // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2019. – № 4. – С. 415-425. – EDN QHZOHC.
2. ***Советов, Б.Я.*** Моделирование систем. Практикум: учебное пособие для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 4-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2009. - 295 с.

СИНТЕЗ КОНТУРА СТАБИЛИЗАЦИИ ПО ПЕРЕГРУЗКЕ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СКОЛЬЗЯЩИХ РЕЖИМОВ

***А.А. Плотников*[1,2]**

[1]*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт*

[2]*АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «Темп-Авиа»*

В данной работе рассматривается задача синтеза алгоритма стабилизации короткопериодического движения БПЛА на основе теории скользящих режимов. Для поиска параметров поверхности скольжения предлагается использовать оптимизационную постановку задачи. Тогда при синтезе управления на основе теории скользящих режимов могут быть учтены структурные ограничения контура стабилизации. Согласно результатам численного моделирования, разработанный закон обеспечивает устойчивость и управляемость объекта управления.

Ключевые слова: управления на скользящих режимах, БПЛА, синтез контура стабилизации по перегрузке

Перспективным направлением в области синтеза систем автоматического регулирования является построение нелинейных законов управления на основе теории скользящих режимов. Основные преимущества таких законов заключаются в высоких показателях устойчивости к параметрической неопределенности объекта управления и высоком быстродействии [1].

Существующие методики синтеза ориентированы, как правило, на использование линейных моделей, в которых не могут быть учтены структурные ограничения контура [2]. С инженерной точки зрения синтез с учетом нелинейностей подобного рода представляет собой актуальную задачу, особенно для систем, работающих на пределе динамических возможностей. Аналитическое построение законов, которые бы удовлетворяли указанным требованиям, является достаточно трудоемкой задачей [3]. Решением в таком случае может быть численные подходы в решении. Так, при поиске параметров поверхности скольжения структурные ограничения могут быть учтены с помощью решения оптимизационной задачи. Целью рассматриваемой работы является синтез закона стабилизации короткопериодического движения на основе теории скользящих режимов.

Проведем постановку задачи для синтеза управления на основе скользящих режимов с интегральной составляющей в законе управления. Тогда пусть дана следующая линейная система [4]:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx. \end{aligned} \tag{1}$$

где $x \in R^n, u \in R^m, y \in R^p -$ векторы состояния, управления и измерений; $A \in R^{n \times n}, B \in R^{n \times m}, C \in R^{p \times n} -$ матрицы эволюции, управления и измерений.

Закон управления, обеспечивающий скольжение вдоль поверхности $\hat{S}$ для системы (1), имеет вид

$$u = u_{eq} + u_{sw} \tag{2}$$

Линейная составляющая закона u_{eq} имеет вид:

$$u_{eq}(\tilde{x}, r) = L\tilde{x} + L_r r + L_{\dot{r}}\dot{r}\,, \tag{3}$$

где $\dot{x}_r(t) = r(t) + y(t)$; $r(t)-$ непрерывный закон изменения управляющего сигнала; $L, L_r, L_{\dot{r}} -$ соответствующие матрицы усилений.

Нелинейную составляющую u_{sw} можно определить, как

$$u_{sw}(s, r) = \begin{cases} -\rho\Lambda^{-1}\dfrac{P_2(s_1 - S_r r)}{\left\|P_2(s_1 - S_r r)\right\|}, & \text{если} \quad s_1 \neq S_r r \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \tag{4}$$

где $\rho -$ амплитуда скользящего управления; $s_1, S_r -$ состояние скользящего режима и параметр скольжения вдоль поверхности $\hat{S}$; $P_2 -$ некоторая положительно определенная матрица.

Алгоритмы расчета параметров и матриц из закона 2 в представлены в [4] и в рассматриваемой работе не приводятся. В общем случае, (3) и (4) определяют структуру управления на основе теории скользящих режимов с интегральной составляющей. Дальнейшим шагом при синтезе является определение параметров поверхности скольжения, которая может иметь вид

$$\hat{S} = \begin{bmatrix} N & I_m \end{bmatrix}.$$

Соответствующая матрица N может быть найдена с помощью линейных матричных неравенств [4], теории модального управления [5] и т.д.

Большинство из представленных подходов все так же работают с линейной моделью, пусть и полученной с помощью специального преобразования. В инженерной практике большинство реальных моделей должны учитывать некоторые виды нелинейностей, такие как насыщение, зона нечувствительности и т.д. Аналитическая постановка задачи с учетом указанных особенностей контура может быть достаточно сложна.

Нелинейности могут быть учтены при поиске параметров поверхности скольжения с помощью решение задачи оптимизации. Тогда матрица M может быть найдена путем минимизации следующего критерия:

$$\min_N J = \int_{t=0}^{T} \left|e(N)\right| dt\,, \tag{5}$$

где $e(M) -$ ошибка регулирования с законом (2); $T -$ время моделирования.

Критерий (5) находит оптимальные законы, обеспечивающие наибольшее быстродействие контура. При этом введение дополнительных элементов в критерий позволит наложить дополнительные ограничения на получаемый закон. Оптимизационная постановка задачи синтеза в этом плане обладает достаточной степенью свободы в решаемой проблеме.

В качестве алгоритма оптимизации для критерия (5) следует применять методы глобальной оптимизации, такие как генетический алгоритм, метод роя и т.д.

В оптимизационной задаче структура контура может рассматриваться как черный ящик, благодаря чему и возможен учет различных нелинейностей.

Далее на основе рассмотренного подхода проведем синтез алгоритма стабилизации бокового канала движения БПЛА. Для этого определим модель бокового короткопериодического движения с учетом динамики привода [6]:

$$\begin{bmatrix} \dot{\beta} \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\delta}_{\text{н}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_4(\theta) & 1 & b_5(\theta) \\ b_2(\theta) & 0 & b_3(\theta) \\ 0 & 0 & -T_{\text{н}}^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \omega_y \\ \delta_{\text{н}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ T_{\text{н}}^{-1} \end{bmatrix} \delta_{\text{н}}^{\text{зад}}$$

$$n_z = \begin{bmatrix} d_1(\theta) & 0 & d_3(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ \omega_y \\ \delta_{\text{н}} \end{bmatrix}$$

где $\theta = \begin{bmatrix} \beta & \delta_{\text{н}} & M & H \end{bmatrix}^{\text{T}}$ – вектор внешних и внутренних параметров модели;

$$b_2 = m_y^{\beta}(\beta, \delta_{\text{н}}, M) \frac{\rho(H) V_a^2(H) M^2 S b_a}{2 J_y}; \qquad b_2 = m_y^{\delta_{\text{н}}}(\beta, \delta_{\text{н}}, M) \frac{\rho(H) V_a^2(H) M^2 S b_a}{2 J_y};$$

$$b_4 = c_z^{\beta}(\beta, \delta_{\text{н}}, M) \frac{\rho(H) V_a(H) M S}{2m}; \qquad b_5 = c_z^{\delta_{\text{н}}}(\beta, \delta_{\text{н}}, M) \frac{\rho(H) V_a(H) M S}{2m};$$

$$d_1 = c_z^{\beta}(\beta, \delta_{\text{н}}, M) \frac{\rho(H) V_a^2(H) M^2 S}{2 m g(H)}; \qquad b_5 =_z^{\delta_{\text{н}}} (\beta, \delta_{\text{н}}, M) \frac{\rho(H) V_a^2(H) M^2 S}{2 m g(H)};$$

$c_z^{\beta}, c_z^{\delta_{\text{н}}}, m_y^{\beta}, m_y^{\delta_{\text{н}}}$ – соответствующие производные аэродинамических коэффициентов c_z, m_y; ω_y – угловая скорость рыскания, $[\text{рад/с}]$; n_z – боковая перегрузка, $[g]$; J_y – момент инерции, относительно оси Оу $[\text{кг} \cdot \text{м}]$; m – масса объекта управления; β – угол скольжения,$[\text{рад}]$; $\delta_{\text{н}}, \delta_{\text{н}}^{\text{зад}}$ – угол отклонения руля направления и управляющий сигнал в боковом канале, $[\text{рад}]$; $T_{\text{н}}$ – постоянная времени привода в боковом канале, $[\text{с}]$; $\rho = \rho(H)$ – плотность воздуха, $\left[\text{кг/см}^3\right]$ $V = M \cdot V_a$ – скорость объекта, $[\text{м/с}]$; $V_a = V_a(H)$ – скорость звука, $[\text{м/с}]$; H – высота полета, $[\text{м}]$; м – число Маха; S – характерная площадь, $\left[\text{м}^2\right]$; b_a – характерный размер, $[\text{м}]$.

Для минимизации эффекта дребезга используется линейная аппроксимация знаковой функции sign() в окрестности нуля:

$$u_{sw}(s, r) = \begin{cases} -\rho \Lambda^{-1} \dfrac{P_2(s_1 - S_r r)}{\left\| P_2(s_1 - S_r r) \right\| + \delta}, & \text{если} \quad \left\| P_2(s_1 - S_r r) \right\| \neq 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

где δ – некоторый положительный параметр, определяющий интервал аппроксимации.

Проведем синтез скользящего управления на элементарном этапе полета, который соответствует следующему высотно-скоростному режиму $H = 4000$м, $M = 0.4$. Максимальный угол отклонения руля направления ограничим 10 градусами, а угловую скорость привода 200 градусов / секунду. Величину амплитуды скользящего управления примем равной $\rho = 25$. В результате решения оптимизационной задачи на основе критерия (5) и метода роя были найдены следующие параметры поверхности скольжения:

$$N = \begin{bmatrix} -270{,}4669 & 2{,}6152 & -0{,}4552 \end{bmatrix}$$

Результаты моделирования переходных процессов с полученной поверхностью скольжения представлены на рис. 1.

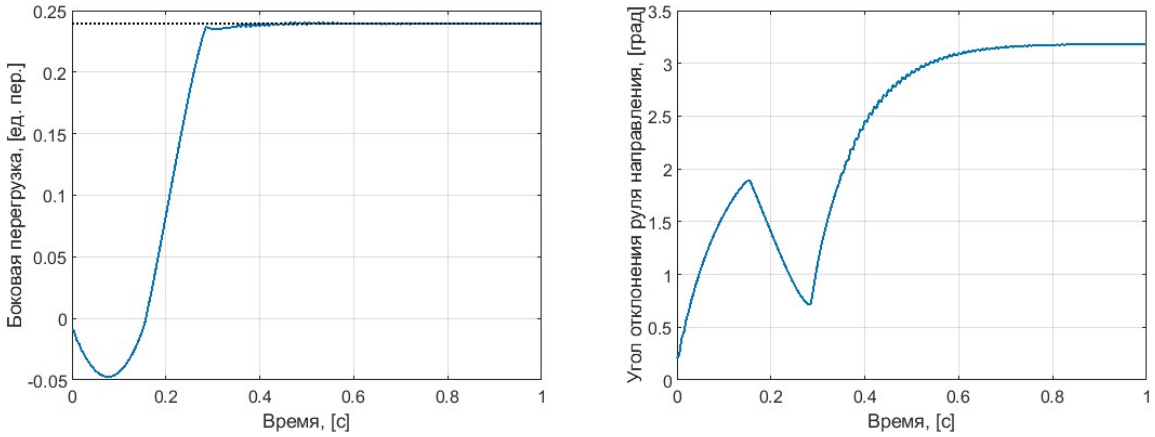


Рис. 1. Переходной процесс по боковой перегрузке (слева) и угол отклонения руля направления в процессе отработки(справа)

Согласно рисунку (1), объект управления с законом (4) и полученными параметрами поверхности скольжения обеспечивают устойчивость и управляемость рассмотренного объекта управления.

Таким образом, поиск параметров поверхности скольжения может быть осуществлен на основе решения задачи оптимизации. При этом в задаче могут быть учтены некоторые нелинейные ограничения без существенного усложнения решаемой задачи. Отдельным вопросом является условия асимптотической устойчивости замкнутого контура и обеспечения требуемого запаса устойчивости. В настоящей работе подобная тема не рассматривается, поскольку полагается, что соответствующий анализ может быть проведен путем численного исследования после проведения процедуры синтеза.

Библиографический список

1. Mousavi Y. et al. Sliding mode control of wind energy conversion systems: Trends and applications //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Т. 167. – С. 112734.

2. Zhu Z., Xia Y., Fu M. Adaptive sliding mode control for attitude stabilization with actuator saturation. IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2011. – Т. 58. – №. 10. – С. 4898-4907.
3. Matveev A. S. et al. Nonlinear sliding mode control of an unmanned agricultural tractor in the presence of sliding and control saturation //Robotics and Autonomous Systems. – 2013. – Т. 61. – №. 9. – С. 973-987.
4. C. Edwards and S. Spurgeon, Sliding mode control: theory and applications. Taylor & Francis, 1998.
5. Синтез систем автоматического управления методом модального управления / В. В. Григорьев, Н. В. Журавлева, Г. В. Лукьянова, К. А. Сергеев. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2007. – 108 с. – EDN ZAQZIP.
6. **Ефремов, А.В.** Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А.В. Ефремов, В.Ф. Захарченко, В.Н. Овчаренко, В.Л. Суханов, Ю.Ф. Шелюхин, А.С. Устинов. – М., Машиностроение, 2011. – 776 с.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОМОГАТЬ ЛЕГКО»

Сагин А. А.
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлена разработка приложения для волонтеров. Описаны методы разработки, разработана главная диаграмма прецедентов и функциональная декомпозиция диаграммы IDEF0, проведены расчеты и оценки ее эффективности. Полученные результаты могут быть использованы для разработки приложений схожей тематики.

Ключевые слова: информационная система, разработка приложения, помощь, помогать легко, диаграммы, импортозамещение.

В современном обществе разработка приложений помощи играет важную роль в решении социальных проблем и поддержке различных инициатив, так как многие компании и предприятия, участвующие в социальной и общественной жизни страны, поддерживают и спонсируют различные волонтерские проекты. Волонтерство способствует объединению коллектива, что позволяет реализовать производственные задачи и проекты, а также дает возможность развить лидерские качества работников и оценить их способность занимать руководящие должности.

Большинство крупных организаций, занимая такую активную позицию, стремится использовать эффективные и надежные отечественные приложения. Однако, несмотря на растущий интерес к разработке таких приложений, многие люди сталкиваются с трудностями в поиске подходящих проектов и возможностей для участия. В связи с этим разработка приложения становится актуальной задачей, способствующей упрощению процесса взаимодействия между волонтерами и некоммерческими организациями.

Существующие платформы для волонтеров часто не обеспечивают достаточной функциональности и удобства. Пользователи могут испытывать трудности с поиском проектов, соответствующих их интересам и навыкам. Кроме того, отсутствие эффективной системы коммуникации между волонтерами и организаторами мероприятий может привести к недопониманию и снижению мотивации участников. Поэтому создание приложения, которое объединяет все необходимые функции, является важным шагом к улучшению волонтерского опыта.

В ходе исследования было изучено существующие приложение для волонтеров, как Добро.РФ. Анализ показал, что имеются недостатки, включая сложный интерфейс, ограниченные возможности фильтрации проектов и недостаточную интеграцию с социальными сетями, нет развивающих материалов. Также были рассмотрены требования пользователей к функционалу приложения, включая возможность создания профиля, поиска проектов, управления временем и получения уведомлений.

На примере платформы «Помогать Легко» был разработан проект приложения для волонтеров. Основные функции приложения включают:

- система каталогов актуальных мероприятий;
- система профилей с возможностью регистрации/авторизации и оценки работы волонтера;
- система общения в приложении;
- система вебинаров для повышения квалификации и рейтинга волонтера;
- система хранения данных.

На рис.1 представлена главная диаграмма прецедентов.

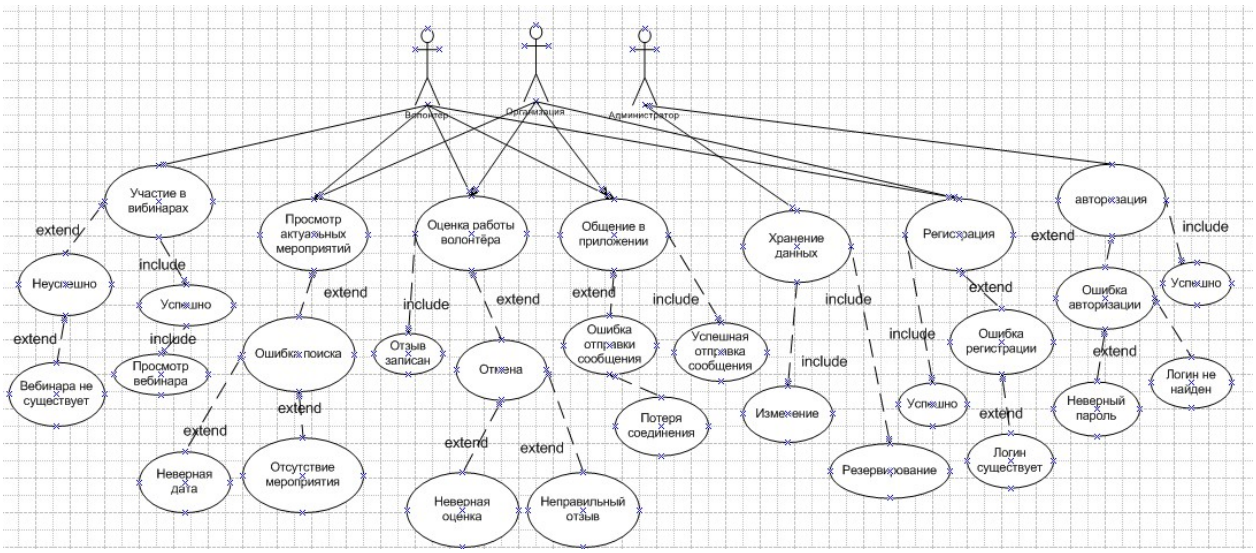


Рис. 1. Главная диаграмма прецедентов приложения

Диаграмма прецедентов является ключевым средством описания основных функций, которые будут выполняться информационной системой. Она содержит все прецеденты, которые описывают, как система будет взаимодействовать с внешними объектами, и какие действия будет выполнять. Таким образом, главная диаграмма прецедентов играет важную роль в проектировании и разработке системы.

В IDEF0 система представляется как совокупность взаимодействующих работ или функций. Такая чисто функциональная ориентация является принципиальной – функции системы анализируются независимо от объектов, которыми они оперируют. Это позволяет более четко смоделировать логику и взаимодействие процессов организации.

К приложению были предъявлены следующие требования:

- интерфейс – удобный и интуитивно понятный, обеспечивающий легкость навигации;
- скорость работы – время загрузки страниц не должно превышать 2 секунд;
- безопасность данных – защита личной информации пользователей с использованием современных методов шифрования;

- мобильная версия – приложение должно быть доступно как на мобильных устройствах, так и на десктопах.

На рис.2 представлена функциональная декомпозиция диаграммы IDEF0.

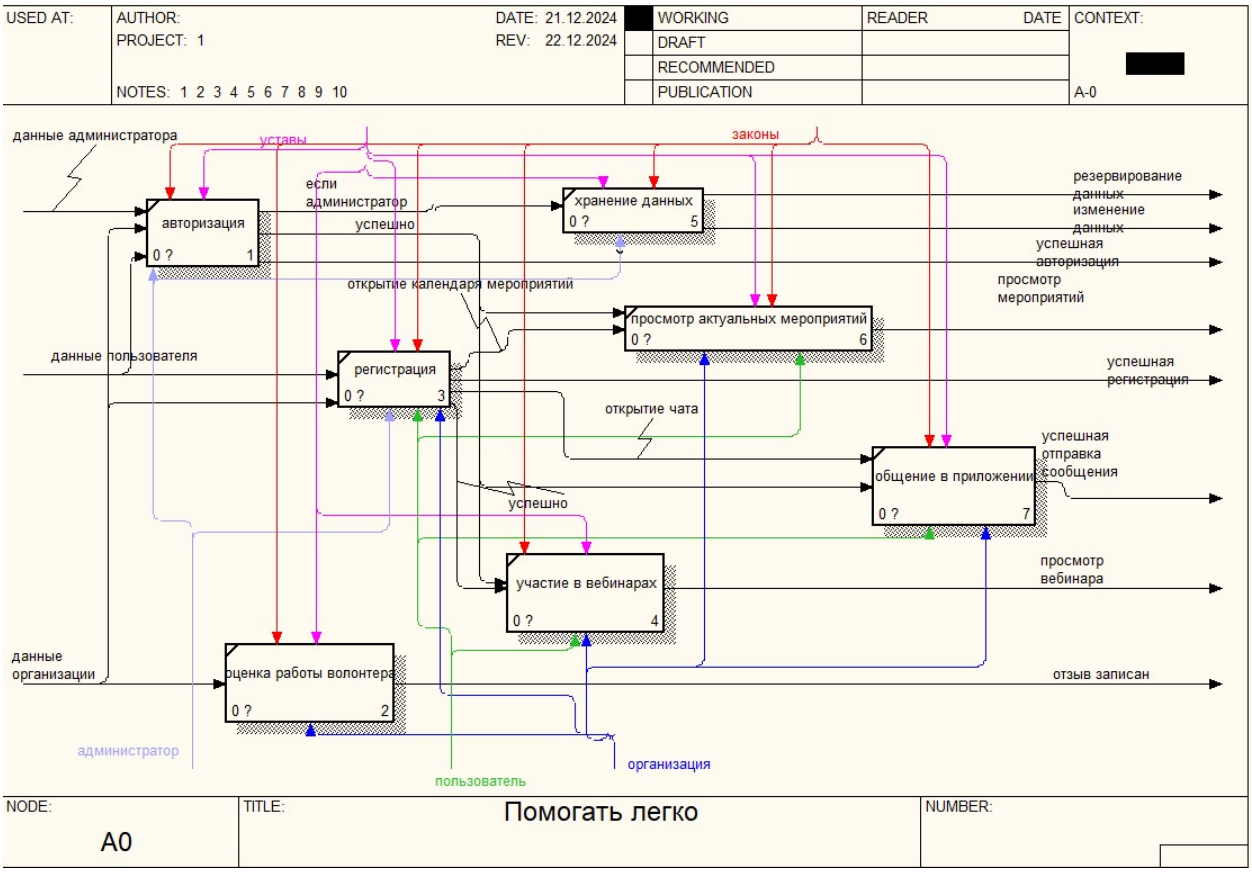


Рис. 2. Диаграмма процессов разрабатываемой системы

Общая функция разбивается более мелкие подфункции. Этот процесс называется функциональной декомпозицией. Затем каждая подфункция декомпозируется на мелкие. Таким образом, формируется диаграмма IDEF0.

Учитывая технические требования и проанализировав аналоги, были выявлены минимальные технические требования:

- android 7.0 (или выше), IOS 9.0(или выше);
- модули оперативной памяти объемом 2 Гб (или выше);
- графический процессор 700МГц (или выше);
- процессор 1.7ГГц (или выше);
- стабильное подключение к интернету.

Требования к серверу баз данных системы:

- 64- разрядный процессор intel xeone-2314 с тактовой частотой 2.8 ГГц;
- модули оперативной памяти типа DDR3 и объемом 32 ГБ;
- жесткий диск типа HDD емкостью 2 ТБ.

Разработанное приложение «Помогать Легко» обладает рядом преимуществ:

- упрощен поиск возможностей системы – пользователи могут быстро находить проекты, соответствующие их интересам;
- удобная коммуникация – встроенный мессенджер способствует взаимодействию между волонтерами и организаторами;
- сообщество – приложение создает платформу для обмена опытом и поддержки среди волонтеров.

В дальнейшем приложение планируется модернизировать, добавив новые функции, такие как интеграция с социальными сетями, возможность создания групповых проектов и системы поощрений для активных волонтеров. Также предполагается оптимизация качественных характеристик работы приложения за счет улучшения производительности и снижения затрат ресурсов на обслуживание.

Библиографический список

1. ***Баранов, С.Н***. Основы проектирования программного обеспечения/ С.Н. Баранов. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2010. - 320 с.
2. ***Горбунов, А.В.*** Разработка мобильных приложений на платформе Android / А.В. Горбунов. - М.: Питер, 2015. - 400 с.
3. ***Кузнецов, А.В.*** Основы проектирования пользовательского интерфейса / А.В. Кузнецов. - М.: Питер, 2013. - 256 с.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПК КОМПЛЕКТУЮЩИХ

М.И. Скрябин
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрена тема разработки интернет-магазина ПК комплектующих и его применение, обосновывается актуальность данного продукта, а также описаны этапы его разработки.

Ключевые слова: интернет-магазин, язык гипертекстовой разметки HTML, язык стилей CSS, язык программирования JavaScript, скриптовый язык программирования PHP, система управлений базами данных MySQL

Современные информационные технологии предоставляют огромные возможности для развития бизнеса, особенно в сфере электронной коммерции. Интернет-магазины стали неотъемлемой частью рынка, позволяя компаниям выходить на глобальный уровень и привлекать клиентов из разных уголков мира. В данной статье мы рассмотрим процесс создания интернет-магазина компьютерных комплектующих, начиная с анализа предметной области и заканчивая реализацией продукта.

Интернет – это всемирная система объединенных компьютерных сетей, которая предоставляет множество возможностей для бизнеса. С его помощью можно не только распространять информацию, но и продавать товары, оказывать услуги, проводить маркетинговые кампании и многое другое. Интернет-магазины стали популярным инструментом для привлечения клиентов, так как они позволяют пользователям удобно выбирать и заказывать товары, не выходя из дома.

Одной из ключевых особенностей интернета является его интерактивность. Пользователи могут мгновенно взаимодействовать с сайтом, выбирать товары, добавлять их в корзину и оформлять заказы. Это делает интернет-магазины эффективным инструментом для продаж, особенно в условиях высокой конкуренции.

Для создания успешного интернет-магазина важно учитывать принципы построения веб-страниц. Удачный сайт должен быть не только информативным, но и удобным для пользователей. Основные этапы создания веб-страницы включают:

Определение целей создания сайта. В нашем случае целью является создание интернет-магазина для продажи компьютерных комплектующих.

Определение целевой аудитории. Потенциальными клиентами являются пользователи, интересующиеся компьютерными комплектующими.

Разработка структуры сайта. Сайт должен включать главную страницу, страницу с товарами, корзину и страницу оформления заказа.

Разработка дизайна. Дизайн должен быть минималистичным и удобным для пользователей.

Оценка эффективности сайта. После запуска сайта необходимо анализировать его посещаемость и продажи, чтобы вносить улучшения.

Интернет-магазины имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными магазинами:

- круглосуточная работа, т. е. интернет-магазин работает 24 часа в сутки, 365 дней в году, без перерывов и выходных;
- глобальный охват – доступ к магазину может получить любой пользователь из любой точки мира;
- экономия на аренде и персонале, ведь нет необходимости арендовать торговые площади и нанимать большое количество персонала;
- удобство для клиентов – пользователи могут выбирать товары в удобное для них время, не испытывая давления со стороны продавцов;
- анонимность покупок – пользователи могут совершать покупки анонимно, что особенно важно для некоторых категорий товаров.

Однако у интернет-магазинов есть и недостатки:

- отсутствие возможности осмотреть товар – пользователь не может физически осмотреть товар перед покупкой, что может привести к недовольству;
- риск кибератак: любой интернет-магазин может быть подвержен атакам хакеров, которые могут украсть данные клиентов;
- зависимость от интернета – для работы интернет-магазина необходимо стабильное интернет-соединение.

Выбор технологий

Для создания интернет-магазина были выбраны следующие технологии, перечисленные далее.

XAMPP – это локальный сервер, который включает Apache, MySQL, PHP и Perl. XAMPP позволяет разрабатывать и тестировать веб-приложения на локальном компьютере. Он прост в установке и настройке, что делает его идеальным выбором для разработки и тестирования веб-приложений.

PHP – это скриптовый язык программирования, который используется для создания динамических веб-страниц. PHP поддерживает множество баз данных и имеет богатую функциональность, что делает его популярным выбором для разработки веб-приложений.

MySQL – это система управления базами данных, которая используется для хранения информации о товарах, заказах и пользователях. MySQL является надежной и быстрой системой, которая поддерживает транзакции и русскоязычные кодировки.

HTML/CSS – популярные языки разметки и стилей, которые используются для создания структуры и оформления веб-страниц. HTML обеспечивает структуру страницы, а CSS отвечает за ее внешний вид.

JavaScript – язык программирования, обеспечивающий интерактивное взаимодействие пользователя с элементами интернет-магазина.

Структура базы данных

База данных интернет-магазина была разработана с учетом всех необходимых требований. Она включает следующие таблицы, перечисленные далее.

Categories – содержит категории товаров (например, процессоры, видеокарты, оперативная память). Каждая категория имеет уникальный идентификатор и название.

Products – содержит информацию о товарах, включая название, цену, описание и изображение. Каждый товар связан с определенной категорией.

Orders – содержит информацию о заказах, включая имя клиента, email, адрес и общую стоимость. Каждый заказ имеет статус (например, "в ожидании", "выполнен").

Order_items – содержит информацию о товарах в заказе. Каждый элемент заказа связан с определенным заказом и товаром.

Разработка веб-интерфейса

Для создания интерфейса интернет-магазина были разработаны следующие страницы, перерчисленные далее.

Главная страница. На ней отображаются все товары, доступные в магазине. Пользователь может искать товары по названию и сортировать их по цене или названию. Страница включает фильтры по категориям и сортировку товаров.

Корзина. На этой странице отображаются товары, добавленные в корзину. Пользователь может удалить товары из корзины и перейти к оформлению заказа. Корзина сохраняет данные о выбранных товарах даже после перезагрузки страницы.

Оформление заказа – страница, где пользователь вводит свои данные (имя, email, адрес) и подтверждает заказ. После оформления заказа данные сохраняются в базе данных, а корзина очищается.

Разработка функционала

Для реализации функционала интернет-магазина были разработаны следующие функции:

- загрузка товаров и категорий, т. е. товары и категории загружаются из базы данных и отображаются на главной странице. Пользователь может выбирать категории и сортировать товары по различным параметрам;
- добавление товаров в корзину – пользователь может добавлять товары в корзину, которая хранится в сессии. Корзина сохраняет данные о выбранных товарах даже после перезагрузки страницы;
- оформление заказа. Пользователь может оформить заказ, введя свои данные. Заказ сохраняется в базе данных, а корзина очищается. После оформления заказа пользователь получает подтверждение на email.

Административная панель

Для управления интернет-магазином была разработана административная панель, которая позволяет добавлять и удалять товары, категории, а также управлять заказами. Она включает следующие функции:

- управление категориями – администратор может добавлять, редактировать и удалять категории товаров;
- управление товарами – администратор может добавлять, редактировать и удалять товары; для каждого товара можно указать название, цену, описание и изображение;
- управление заказами – администратор может просматривать заказы, изменять их статус и удалять.

Тестирование и запуск

После завершения разработки интернет-магазин был протестирован на локальном сервере XAMPP.

Были проверены все функции, включая блок категорий и фильтров (рис 1-2), добавление товаров в корзину (рис. 3-4), оформление заказов (рис. 5) и управление через административную панель (рис. 6-7).

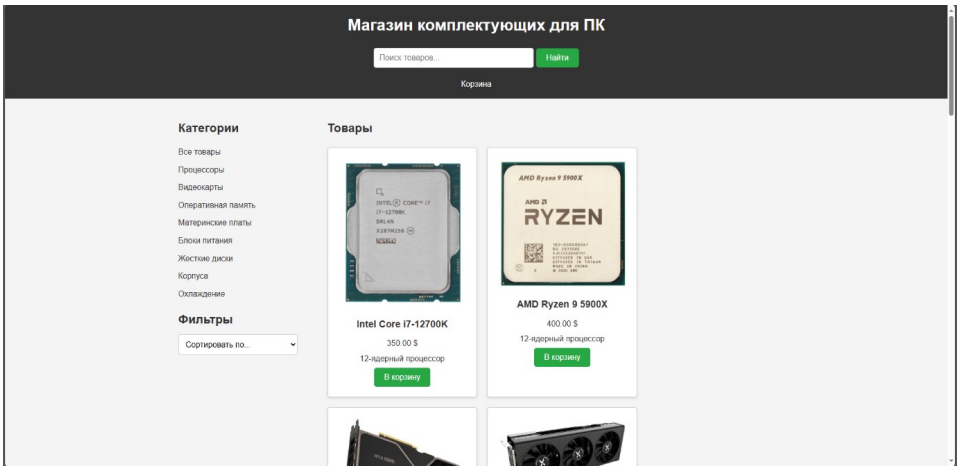


Рис. 1. Главная страница

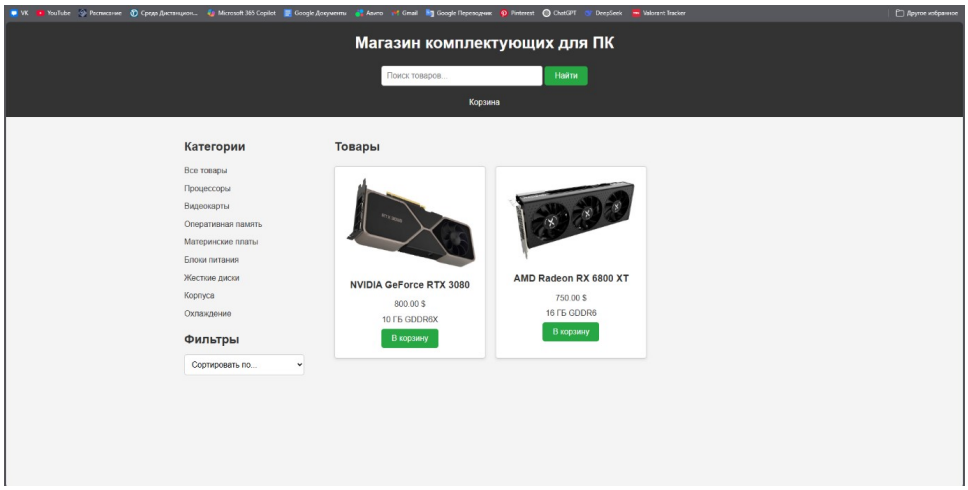


Рис. 2. Категории

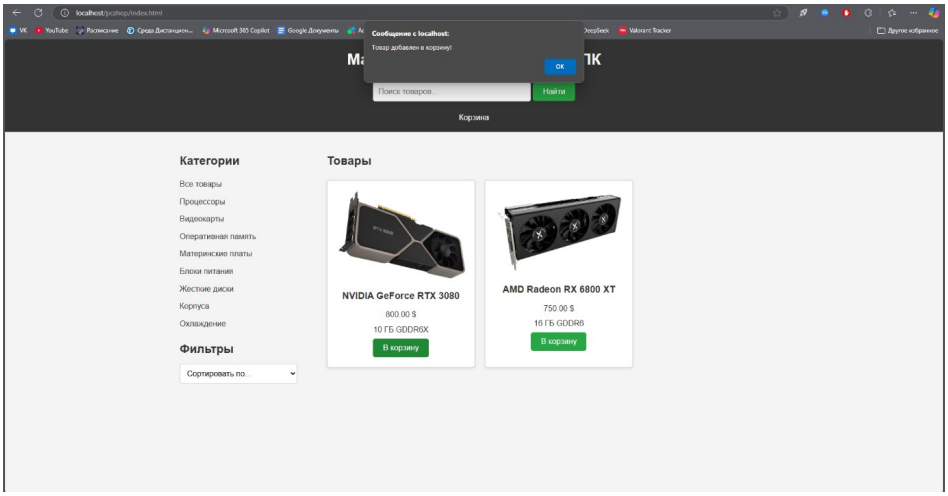


Рис. 3. Добавление товара в корзину

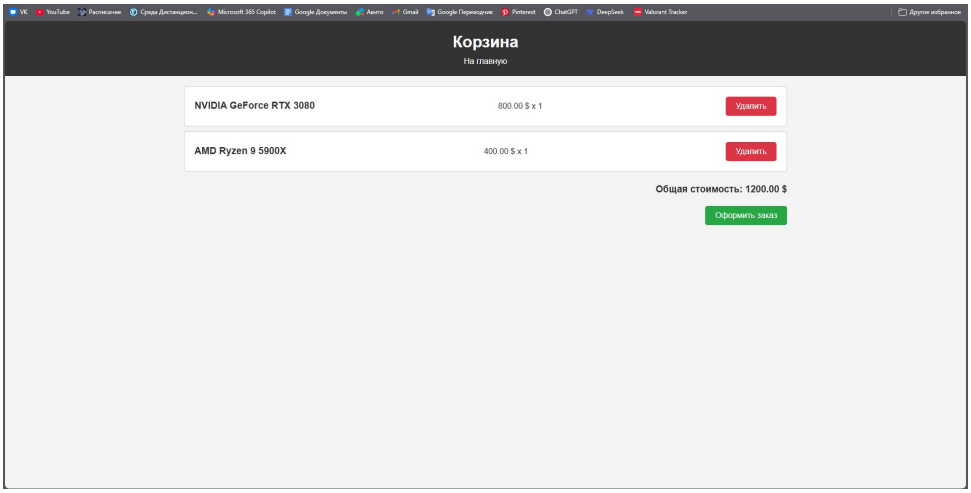


Рис. 4. Корзина

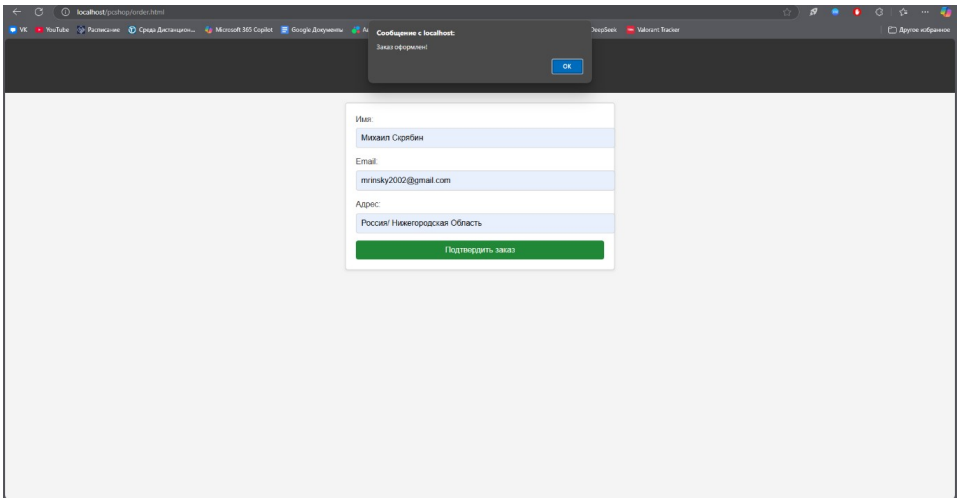


Рис. 5. Страница оформления заказа

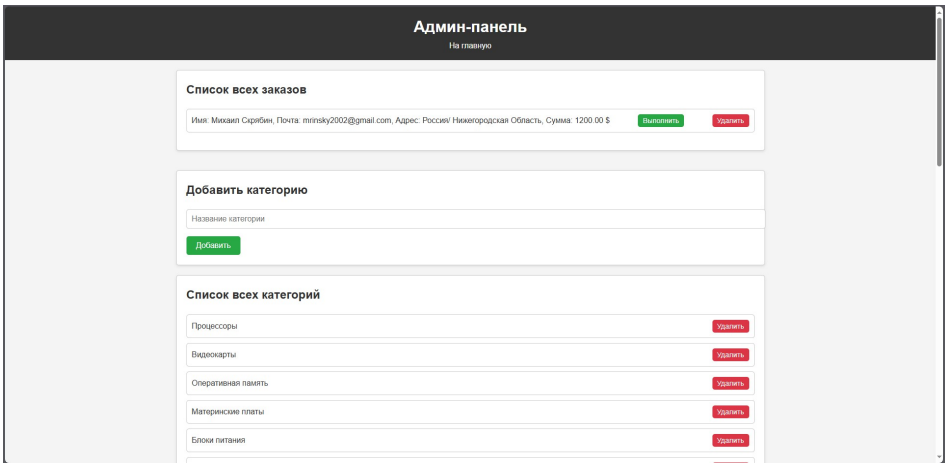


Рис. 6. Админ панель

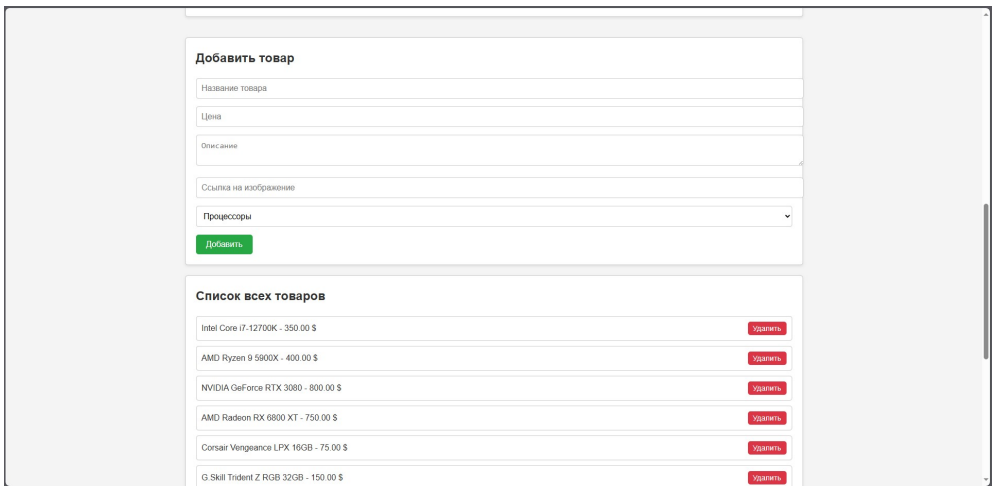


Рис. 7. Админ панель

После успешного тестирования магазин полностью готов к запуску на реальном хостинге.

В данной статье мы рассмотрели процесс создания интернет-магазина компьютерных комплектующих с использованием локального сервера XAMPP, PHP, MySQL и других технологий. Была разработана база данных, реализован веб-интерфейс и функционал для добавления товаров в корзину, оформления заказов и управления магазином через административную панель. Данный интернет-магазин может быть легко адаптирован под нужды любого бизнеса. В дальнейшем данный продукт будет только расширяться и улучшаться в своем функционале.

Библиографический список

1. Профессиональное PHP программирование [Текст] / Л.Аргерих, В.Чой, Д.Коггсхол и др. - 2-е изд. - СПб. ; М. : Символ-Плюс, 2003. - 1046 с.
2. ***Будилов, В.А.*** PHP 5 : экспресс-курс / В. Будилов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 240 с.
3. ***Квинт, И.*** HTML и CSS на 100% / И. Квинт ; И. Квинт. – Москва [и др.] : Питер, 2008. – 352 с. EDN QMSJPT.

4. ***Сейед, Т. А.*** Руководство по MySQL / Т. А. Сейед, Е. В. Хью. – Москва : Издательство «Русская редакция», 2007. – 544 с. EDN SDQUTD.
5. ***Флэнаган, Д.*** JavaScript. Полное руководство, 7-е изд. : Пер. с англ. – СПб. : ООО “Диалектика”, 2021. – 720 с .: ил.

МЕТОД OGM В ОПТИМИЗАЦИИ: ТЕОРИЯ, АЛГОРИТМ И ПРИМЕНЕНИЕ

Н.А. Столяров, Д.А. Сорокин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлен метод оптимизированного градиентного спуска (OGM), являющийся развитием классического метода. Рассмотрены теоретические основы метода, алгоритмическая схема и его практическое применение для минимизации ошибки траектории портального робота. Приведены результаты численных экспериментов, демонстрирующие ускоренную сходимость метода по сравнению с классическим градиентным спуском.

Ключевые слова: оптимизированный градиентный спуск, метод Нестерова, ускоренная сходимость, L-гладкие функции, численная оптимизация, робототехника, траектория, машинное обучение.

Методы оптимизации играют ключевую роль в решении задач численных вычислений и управления динамическими системами. Классический градиентный спуск часто обладает медленной сходимостью, особенно для задач высокой размерности. Ускоренные методы, основанные на идеях Нестерова, позволяют достичь сходимости порядка $O(1/k^2)$.

В данной работе представлен метод оптимизированного градиентного спуска (OGM) – развитие классического метода Нестерова, которое обеспечивает оптимальные константы в худшем случае для *L*-гладких выпуклых функций. Рассмотрены теоретические основы, алгоритмическая схема и практическое применение метода на примере минимизации ошибки по эталонной траектории.

Метод оптимизированного градиентного спуска (OGM) является дальнейшим развитием идей Нестерова. Он использует дополнительную информацию – аккумулированную сумму градиентов от начальной точки – для формирования более точного направления шага. Это приводит к улучшению констант в оценках сходимости, что особенно актуально для задач с большими размерностями.

В данной работе метод OGM используется для оптимизации движения портального робота, минимизируя ошибку траектории. Рассмотренный алгоритм приведtн ниже.

Метод OGM основан на идее ускорения с помощью двух последовательностей:

- основной последовательности x_k, обновляемой градиентным шагом;
- вспомогательной последовательности z_k, в которой аккумулируется информация о градиентах с начала оптимизации.

В каждой итерации вычисляется дополнительный параметр θ_k по рекуррентной формуле:

$$\theta_k = \frac{1 + \sqrt{4\theta_{k-1}^2 + 1}}{2}$$

При этом начальное значение $\theta_{-1} = 0$. Обновление точки происходит через взвешенную комбинацию текущего решения x_k и накопленного значения z_k:

$$y_k = \left(1 - \frac{1}{\theta_k}\right) x_k + \frac{1}{\theta_k} z_k$$

Далее выполняется стандартный градиентный шаг:

$$x_{k+1} = y_k - \frac{1}{L} \nabla f(y_k)$$

а переменная z_k обновляется с учётом накопленной суммы градиентов:

$$z_{k+1} = x_0 - \frac{2}{L} \sum_{i-0}^{k} \theta_{i+1} \nabla f(y_i)$$

Финальное приближение y_N вычисляется как:

$$y_N = \left(1 - \frac{1}{\theta_N}\right) x_N + \frac{1}{\theta_N} z_N$$

Таким образом, метод OGM достигает сходимости $O(1/k^2)$ с оптимальными константами для L-гладких выпуклых функций.

Метод OGM находит широкое применение в следующих областях:

- машинное обучение. Быстрая оптимизация параметров моделей и нейронных сетей благодаря ускоренной сходимости;
- робототехника. Оптимизация траекторий движения роботов, что позволяет сгладить управление и повысить точность следования эталонным траекториям;
- численные методы. Эффективное решение задач оптимизации в высокоразмерных пространствах, где классический градиентный спуск оказывается недостаточно быстрым.

Была осуществлена программная реализация метода OGM, результат которой представлен на рис. 1.

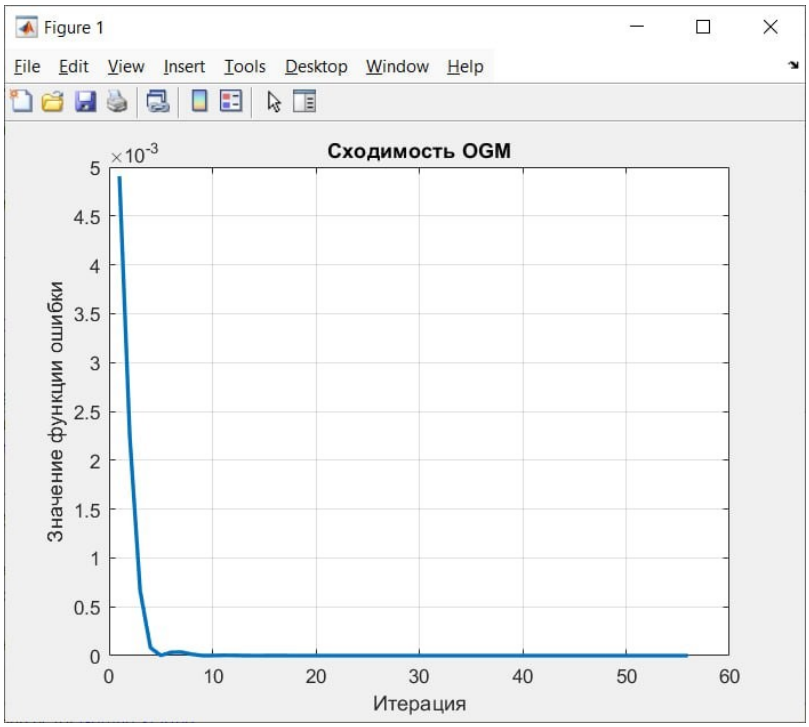


Рис. 1. Уменьшение ошибки методом OGM

График на рисунке демонстрирует, как уменьшается ошибка траектории с ростом числа итераций при использовании метода OGM:

- в начальный момент ошибка наибольшая, так как начальная точка далека от эталонной траектории;
- с каждой итерацией ошибка быстро падает благодаря ускоренной схеме OGM;
- уже после порядка 10-15 итераций значение ошибки становится практически незаметным, что свидетельствует о высокой эффективности метода.

Метод оптимизированного градиентного спуска (OGM) является мощным инструментом ускоренной оптимизации и часто превосходит классический градиентный спуск по скорости сходимости. Его широкое применение в задачах управления, машинного обучения и численного анализа делает данный подход перспективным направлением в вычислительной математике.

Библиографический список

1. ***Нестеров, Ю.*** Методы оптимизации и выпуклый анализ. – М.: Издательство МЦНМО, 2018. – 416 с.
2. ***Поляк, Б.Т.*** Введение в оптимизацию. – М.: Наука, 1983. – 304 с.
3. Kim, D., & Fessler, J. A. (2016). «Optimized first-order methods for smooth convex minimization». Mathematical Programming, 159(1-2), 81–107.
4. ***Гасников, А.В.*** Современные счетные методы оптимизации. Метод универсального градиентного понижения: Учебное пособие. М.: МФТИ, 2021.

МЕТОД ЧЕБЫШЁВА В ОПТИМИЗАЦИИ: ТЕОРИЯ, АЛГОРИТМ И ПРИМЕНЕНИЕ

Д. А. Сорокин, Н. А. Столяров
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В данной статье рассматривается метод Чебышёва, используемый для ускоренной оптимизации. Описывается его теоретическое обоснование, алгоритмическая реализация. Рассматриваются возможные варианты применения метода в задачах управления, включая оптимизацию траектории движения портального робота.

Ключевые слова: метод Чебышёва, оптимизация, градиентный спуск, численные методы, управление роботами, траектория движения, машинное обучение

Метод Чебышёва основан на работе русского математика Пафнутия Львовича Чебышёва (1821-1894), который внес значительный вклад в теорию приближений, интерполяцию и численные методы. Основной его заслугой стало изучение многочленов Чебышёва, которые обладают уникальными свойствами минимизации ошибки аппроксимации.

Первоначально многочлены Чебышёва использовались в теории чисел, полиномных приближениях функций и механике. Они нашли широкое применение в задачах наилучшего равномерного приближения, где необходимо минимизировать отклонение функции от ее аппроксимации. Впоследствии эти идеи стали основой для разработки эффективных численных методов, включая ускоренные алгоритмы оптимизации.

Метод Чебышёва, применяемый в оптимизации, связан с задачей ускорения сходимости итерационных процессов. Основной принцип заключается в выборе параметров итерационного процесса таким образом, чтобы минимизировать ошибку на каждом шаге, аналогично тому, как многочлены Чебышева минимизируют максимальное отклонение.

Методы оптимизации играют ключевую роль в численных вычислениях и управлении динамическими системами. Одним из распространённых методов является градиентный спуск, однако его сходимость может быть медленной. Метод Чебышёва позволяет значительно ускорить процесс за счёт более эффективного выбора параметров обновления.

Метод Чебышёва основан на использовании многочленов Чебышёва, которые минимизируют ошибку аппроксимации. В задачах оптимизации метод позволяет более точно оценивать направление движения к оптимальному решению.

С точки зрения физического моделирования метод Чебышёва можно интерпретировать как систему с динамической инерцией, где корректировка направления осуществляется на основе предсказанных изменений. Это эквива-

лентно использованию более точной модели поведения системы в пространстве параметров.

Метод Чебышёва нашел применение в различных областях, включая:

- оптимизацию в машинном обучении, где он используется для ускоренного обучения нейросетей.
- управление роботами, в частности для сглаживания и оптимизации траекторий движения.
- численные методы в вычислительной математике, включая решения систем линейных уравнений.

Существует несколько вариантов реализации метода Чебышёва:

- прямой метод – используется в задачах с фиксированными спектральными границами;
- адаптивный метод – динамически оценивает спектральные характеристики системы;
- гибридные методы – совмещают чебышёвскую оптимизацию с другими техниками, такими как метод сопряжённых градиентов.

В данной работе метод Чебышёва используется для оптимизации движения портального робота, минимизируя ошибку траектории. Рассмотренный алгоритм метода Чебышёва приведен ниже.

Пусть L и μ – соответственно верхняя и нижняя границы спектра матрицы A. Метод Чебышёва строится по следующей схеме:

1. Инициализация параметров: $\delta_1 = \frac{L-\mu}{L+\mu}$
2. Выполняем итерационный процесс:
   - На каждой итерации вычисляем градиент $\nabla f(y_k)$
   - Обновляем параметр δ_k:

$$\delta_{k+1} = \frac{1}{2\frac{L+\mu}{L-\mu} - \delta_k}$$

   - Вычисляем новое значение y:

$$y_{k+1} = y_k - \frac{4\delta_k}{L-\mu}\nabla f(y_k) + (1 - 2\delta_k\frac{L+\mu}{L-\mu})(y_k - y_{k-1})$$

Была осуществлена программная реализация метода Чебышёва, результат которой представлен на рис. 1.

График показывает, как уменьшается ошибка траектории с увеличением числа итераций:

- в начальный момент ошибка максимальна, так как движение робота не совпадает с эталонной траекторией;
- с каждой итерацией ошибка быстро уменьшается благодаря методу Чебышёва;
- после примерно 20 итераций ошибка практически исчезает, что демонстрирует высокую эффективность метода.

Метод Чебышёва представляет собой мощный инструмент для ускоренной оптимизации, позволяя быстрее находить решения по сравнению с классическим градиентным спуском. Его применение в задачах управления, машинного обучения и численного анализа делает его перспективным направлением в вычислительной математике.

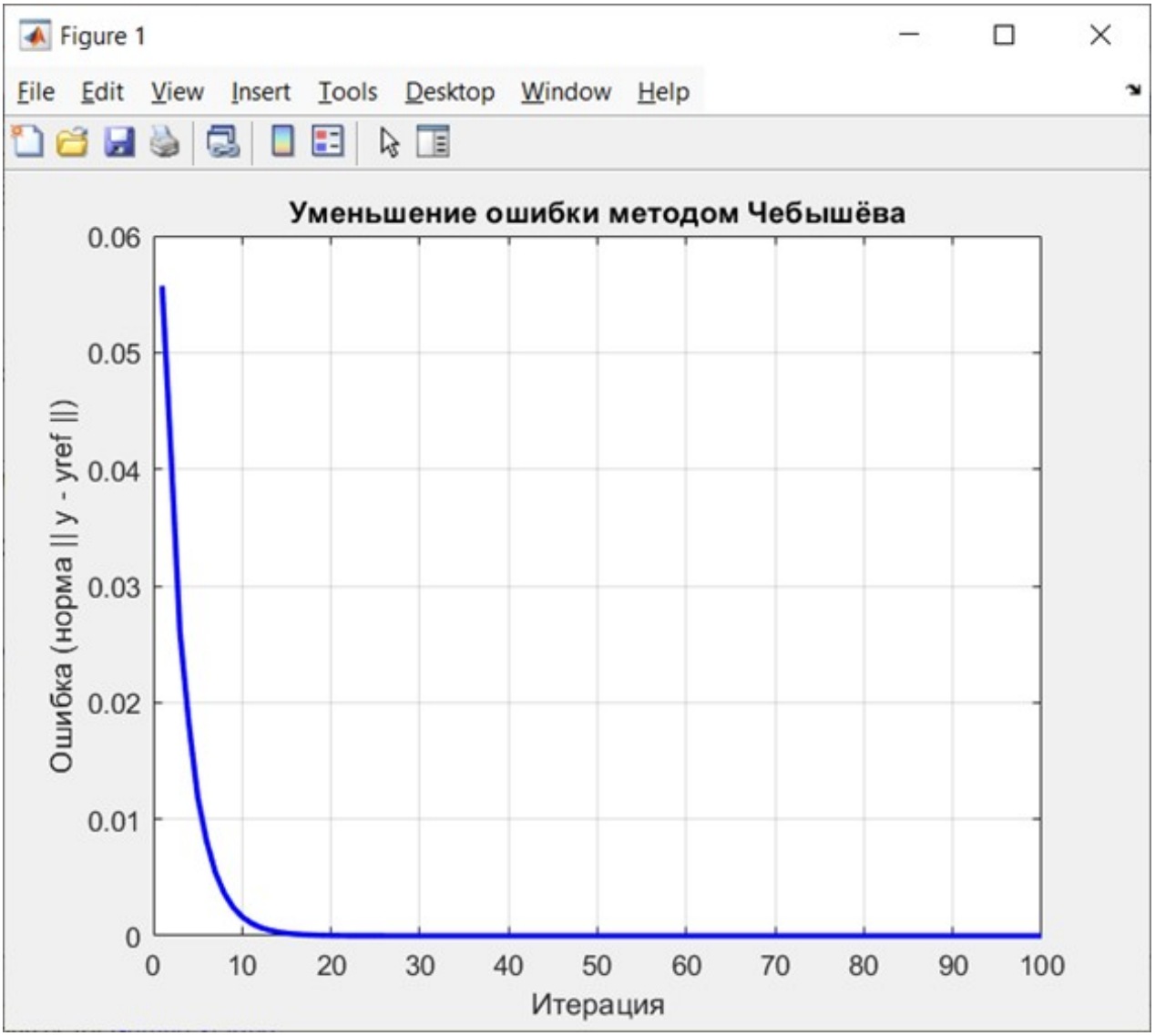


Рис. 1. Уменьшение ошибки методом Чебышёва

Библиографический список

1. ***Нестеров, Ю. Е.*** Методы выпуклой оптимизации. – М.: МЦНМО, 2018. – 416 с.
2. ***Чебышёв, П.Л.*** О наилучшем приближении функций // Математические труды. – СПб.: Императорская академия наук, 1859.
3. ***Поляк, Б. Т.*** Введение в оптимизацию. – М.: Наука, 1983. – 304 с.
4. ***Чебышёв, П. Л.*** Избранные труды. – М.: АН СССР, 1945. – 672 с.
5. ***Boyd, S., Vandenberghe, L.*** Convex Optimization. – Cambridge University Press, 2004. – 730 p.
6. ***Polyak B. T.*** Introduction to Optimization. – Optimization Software, Inc., 1987. – 380 p.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ARDUINO

Д.А. Самарин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

Статья посвящена реализации и результатам внедрения цифровой образовательной платформы для изучения возможностей разработки встраиваемых систем с использованием микроконтроллера Arduino. В работе представлены результаты разработки и внедрения платформы, которая успешно решает проблемы доступности обучения, интерактивности и создания сообщества пользователей. Описаны технические решения, использованные при реализации, и проанализированы результаты тестирования пользователей. Особое внимание уделено методологии разработки, архитектурным решениям и оценке эффективности внедрения платформы в образовательный процесс.

Ключевые слова: цифровая платформа, микроконтроллер Arduino, информационная система, образовательные технологии, интерактивное обучение.

В современном мире стремительного развития технологий и цифровой трансформации образования особую актуальность приобретает создание эффективных образовательных платформ, способных обеспечить качественное обучение техническим дисциплинам. Особенно важным становится развитие навыков программирования и работы с микроконтроллерами, которые являются основой для создания современных встраиваемых систем и интернета вещей (IoT). В этом контексте Arduino, как одна из самых популярных платформ для разработки, представляет собой идеальный инструмент для обучения основам программирования и электроники.

Актуальность разработки специализированной образовательной платформы для изучения Arduino обусловлена несколькими факторами. *Во-первых*, наблюдается значительный рост спроса на специалистов в области встраиваемых систем и IoT, в том числе и на крупных предприятиях промышленности. *Во-вторых*, традиционные методы обучения не всегда эффективны при изучении практических аспектов программирования микроконтроллеров. *В-третьих*, существует необходимость в создании единой среды, объединяющей теоретические знания и практические навыки.

Целью данной работы является разработка и внедрение цифровой образовательной платформы, которая позволит эффективно изучать программирование Arduino и создание встраиваемых систем. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- анализ существующих образовательных ресурсов и выявление их недостатков;
- разработка архитектуры платформы с учетом современных технологий;
- создание интерактивной системы обучения с практическими заданиями;
- реализация механизмов автоматической проверки решений;

- внедрение системы геймификации для повышения мотивации;
- разработка инструментов для создания сообщества пользователей;
- проведение тестирования и оценка эффективности платформы.

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к образовательным технологиям и платформам, которые позволяют изучать программирование и электронику. Разработанная и реализованная цифровая образовательная платформа успешно отвечает современным требованиям к обучению, предоставляя интерактивные и адаптивные образовательные ресурсы. Разработка платформы велась с учетом современных тенденций в образовании и потребностей целевой аудитории: студентов, программистов в области разработки IoT, работников предприятий.

Результаты опроса заинтересованных в данной проблемной области слушателей показали, что более 65% предпочитают изучать технические дисциплины в онлайн-формате. Разработанная платформа полностью соответствует этим предпочтениям, предлагая гибкий график обучения и доступ к разнообразным образовательным материалам. Особое внимание было уделено созданию удобного и интуитивно понятного интерфейса, что подтверждается результатами пользовательского тестирования.

Основные проблемы, которые были сформулированы в форме технического задания и успешно решены по итогам текущего этапа разработки:

- разработана и внедрена система интерактивного обучения Arduino с практическими заданиями;
- реализована система автоматической проверки практических заданий;
- разработан адаптивный интерфейс для удобного восприятия материала (рис.1);
- внедрена система геймификации для повышения мотивации учащихся;
- разработана система аналитики для отслеживания прогресса обучения;
- создано сообщество пользователей с возможностью обмена опытом.

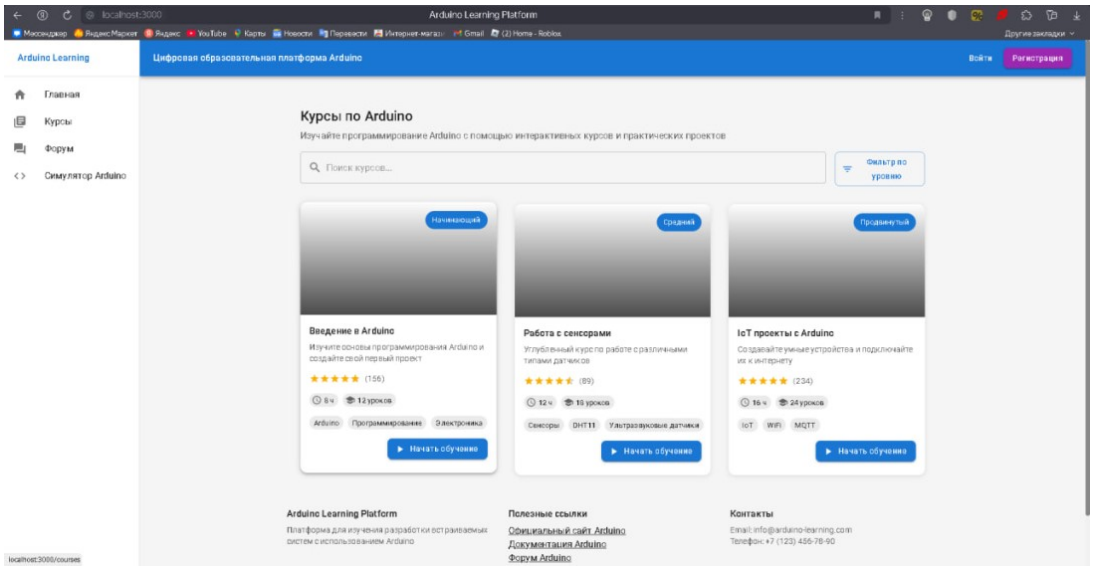


Рис 1. Страница доступных курсов

Техническая реализация платформы включает микросервисную архитектуру для масштабируемости, систему аутентификации и авторизации на основе JWT, базу данных MongoDB для хранения данных пользователей и курсов, современный веб-интерфейс на React.js с использованием Material-UI (рис.2), бэкенд на Node.js с использованием Express и TypeScript (рис.4), систему кэширования на Redis для оптимизации производительности, систему мониторинга и логирования на основе ELK Stack.

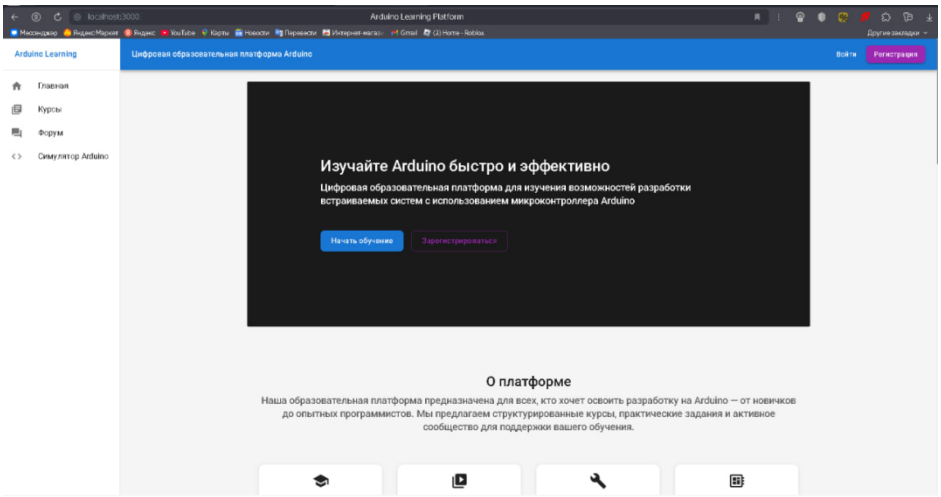


Рис 2. Начальная страница Arduino Learning Platform

База данных образовательной платформы (рис.3) содержит сведения о пользователях, позволяющие выполнять поэтапную реализацию проектов, мотивировать их к обучению и отслеживать прогресс, и данные, необходимые для реализации процесса обучения: Курсы, Уроки, Тесты и Проекты.

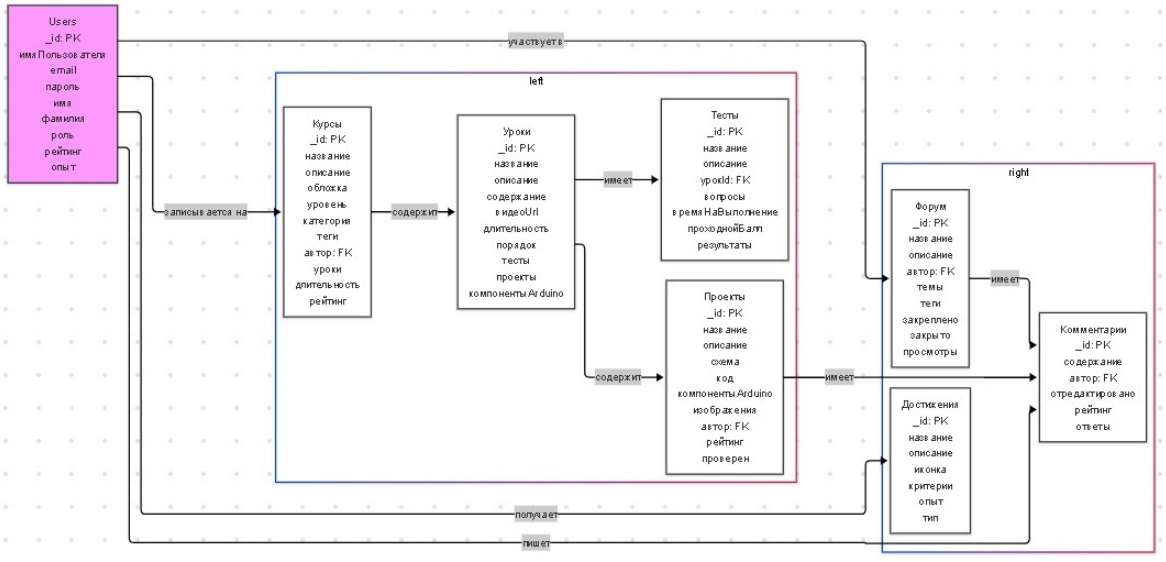


Рис 3. Схема базы данных

Схема развертывания платформы представлена на рис. 4, где можно получить обобщенное представление о взаимодействии реализованных блоков при выполнении функциональных требований и их размещении на компьютере пользователя и серверах.

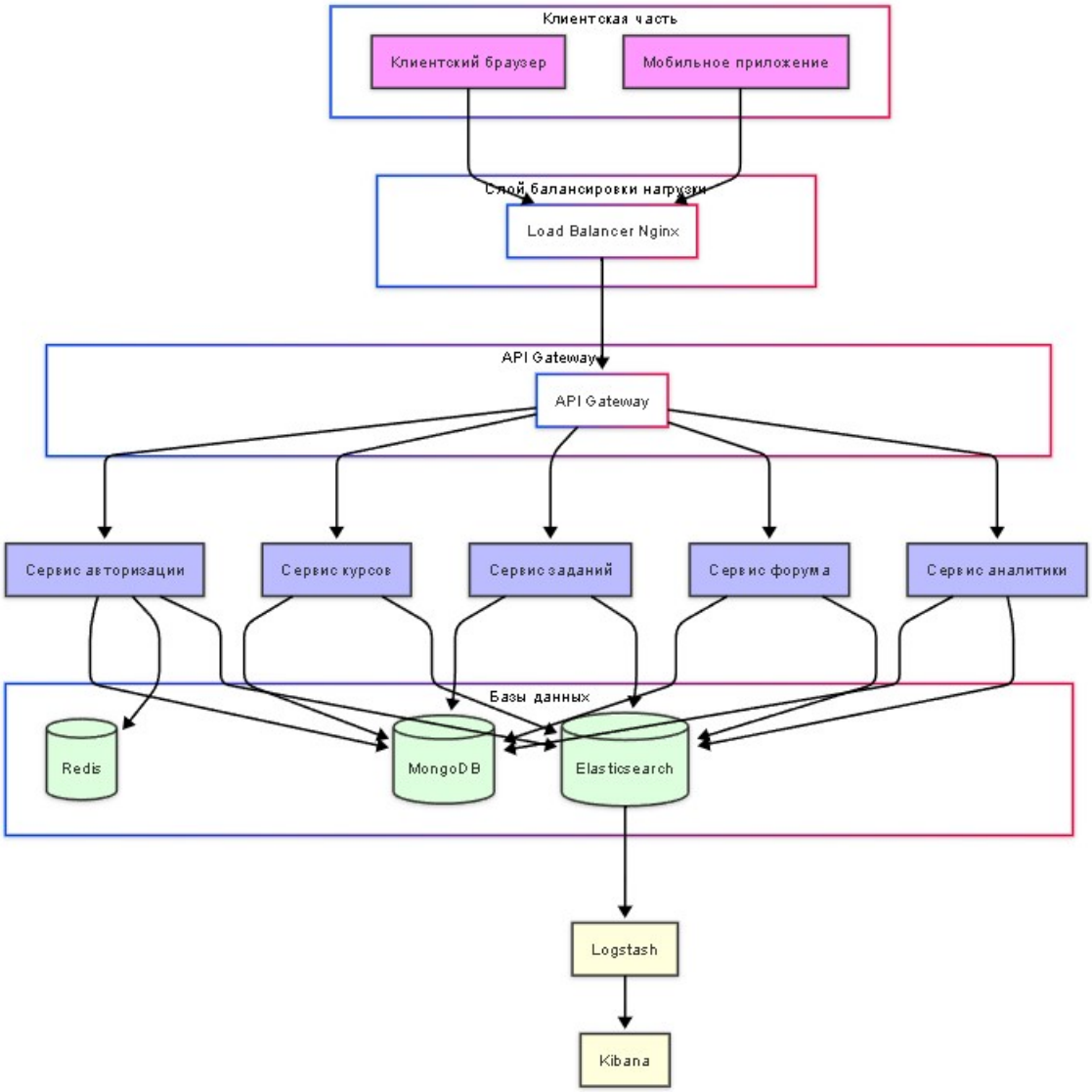


Рис 4. Диаграмма развертывания

Функции реализованной платформы сведены в следующие модули:
- интерактивные курсы с теорией и практикой (рис.5, *а*);
- личный кабинет пользователя с отслеживанием прогресса (рис.5, *б*);
- система поддержки проектов и форум для общения (рис.5, *в*);
- система достижений и рейтингов (рис.5, *г*).

Результаты тестирования образовательной платформы показали, что при использовании образовательной платформы происходит снижение времени на освоение базовых концепций на 30%, увеличение количества успешно завершенных проектов на 60%, повышение мотивации к обучению у 85% студентов.

Пользователи активно применяют разработанную платформу для реализации собственных проектов – зарегистрировано участие в сообществе более 1000 активных пользователей. По результатам использования курс Arduino получил положительные отзывы от 95% пользователей.

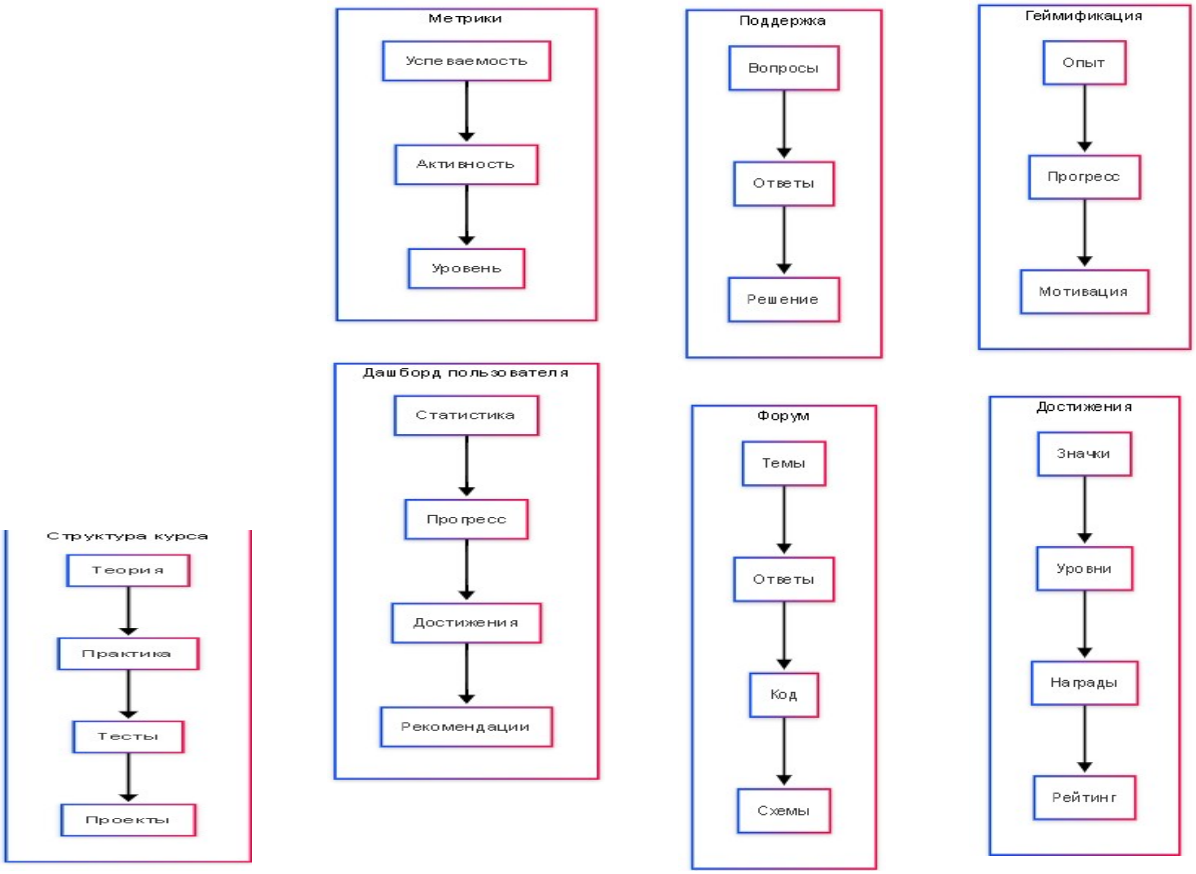


Рис 5. Функции разработанной образовательной платформы

Платформа успешно внедрена и используется в образовательном процессе. Реализованы все запланированные функции, что подтверждается результатами тестирования и отзывами пользователей. Система продолжает развиваться, добавляются новые курсы и функциональность. В планах дальнейшего развития:

- интеграция с дополнительными образовательными платформами;
- расширение базы практических заданий;
- внедрение системы искусственного интеллекта для персонализации обучения;
- интеграция с системами дистанционного обучения;
- разработка симуляции работы электронной схемы Arduino.

Библиографический список

1. ***Башмаков, А.И.*** Разработка компьютерных учебников и обучающих систем/ А.И.Башмаков, И.А. Башмаков. - М.: Филинъ, 2003. - 616 с.

2. ***Каменева, Т. Н.*** Разработка электронного учебника как компонента информационного образовательного пространства / Т. Н. Каменева // Образовательные технологии и общество. – 2012. – Т. 15, № 3. – С. 464-477. – EDN PCGHCR.
3. **Сайт компании Arduino** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.arduino.cc / (дата обращения: 22.10.2024).
4. **Сайт All-Arduino** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://all-arduino.ru/ (дата обращения: 20.10.2024).
5. ***Иванов, И.П.*** Современные подходы к разработке образовательных платформ // Информационные технологии в образовании. - 2023. - №2. - С. 45-52.
6. ***Петров, С.В.*** Эффективность использования цифровых образовательных ресурсов в техническом образовании // Вестник высшей школы. - 2023. - №3. - С. 78-85.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ СО СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Н.Е. Хабузов, А.Н. Долгов
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В данной статье описывается архитектура системы, включающая счетчики, модуль LoRa, LoRa-шлюз и программное обеспечение для обработки данных. Основные этапы работы системы – сбор, преобразование, передача и анализ данных. Алгоритм направлен на минимизацию ошибок измерений, быструю обработку данных и интеграцию с различными моделями счётчиков.

Ключевые слова: электроэнергия, модуль LoRa, алгоритм, данные, анализ, преобразование, передача данных, система сбора, алгоритм

Современный мир характеризуется растущим потреблением электроэнергии, что связано с развитием промышленности, бытовой техники и информационных технологий. Эффективное управление энергией является важным как с экономической, так и с экологической точек зрения. Нерациональное энергопотребление ведет к увеличению затрат, росту выбросов парниковых газов и истощению природных ресурсов.

Целью работы является разработка системы сбора и обработки данных, поступающих со счетчиков электроэнергии. В основе системы лежит модуль LoRa, обеспечивающий беспроводную передачу данных на компьютер. Данный модуль позволяет осуществлять точный и надежный мониторинг энергопотребления. Детальный мониторинг потребления позволяет выявить и устранить неэффективные использования электроэнергии, что приводит к значительной экономии.

Новые типы счетчиков с функциями беспроводной связи позволяют передавать данные в реальном времени. Это, в свою очередь, требует разработки специализированных алгоритмов для обработки поступающей информации. Преобразованные данные позволяют проводить детальный анализ потребления, выявлять максимальные нагрузки и оптимизировать работу оборудования, что снижает затраты на электроэнергию. Анализ данных может использоваться для прогнозирования потребления энергии, что повышает эффективность управления энергетическими сетями и помогает избежать нештатных ситуаций. Интеграция данных со счетчиков в системы автоматизации зданий (Smart Home) позволяет потребителям контролировать и регулировать расход энергии, а это в свою очередь, способствует росту комфорта и рациональному использованию ресурсов [1].

Настоящее исследование направлено на разработку алгоритма преобразования данных со счетчиков электроэнергии, который обеспечивает улучшенный контроль и анализ энергопотребления.

Ключевая задача заключается в разработке алгоритма, который позволяет обрабатывать данные со счетчиков в режиме реального времени. Система должна оперативно реагировать на изменения в энергопотреблении, например, при возникновении предельных нагрузок или аварийных ситуаций. Мгновенная реакция важна для предотвращения перегрузок и сбоев в энергосистеме. Пользователи смогут отслеживать потребление энергии в режиме реального времени.

Для эффективной обработки данных необходимо тщательно продумать программный код и учесть некоторые нюансы. Алгоритм будет способен выявлять максимальное и минимальное значения, количество импульсов, среднее значение, а также аномалии в данных. Результат в конечном итоге поможет упростить процесс дальнейшего анализа и построения моделей прогнозирования. Например, можно будет быстро идентифицировать тенденции и сезонные колебания в потреблении.

Разработка алгоритма обеспечит возможность интеграции данных из разных источников. Такой алгоритм преобразовывает данные из различных форматов в унифицированный формат. Это существенно упростит работу аналитических систем и обеспечит совместимость с различными платформами.

Предлагается следующая архитектура системы, включающая следующие основные компоненты:

Счетчик электроэнергии. Стандартный электронный счетчик, оснащённый интерфейсом для подключения модуля LoRa. В данном случае, предполагается наличие оптопары или другого интерфейса для съема импульсов со счётчика.

Модуль LoRa – это беспроводной модуль связи, использующий технологию LoRaWAN для передачи данных на большие расстояния с низким энергопотреблением. Основан на методах расширения спектра модуляции, полученных из технологии частно-модулированного расширения спектра (CSS). Он принимает информацию от системы сбора данных со счётчика, кодирует и модулирует их в радиосигнал и передает на LoRa-шлюз. Выбор конкретного модуля зависит от требований к дальности связи, энергопотреблению, пропускной способности и другим параметрам. Необходимо учитывать совместимость модуля с выбранным протоколом LoRaWAN (например, LoRaWAN Class A, B, или C).

LoRa-шлюз – это устройство, обеспечивающее связь между модулями LoRa и сетью Интернет (или локальной сетью). Шлюз принимает радиосигналы от модулей LoRa, декодирует их и отправляет данные через Ethernet или Wi-Fi на сервер или компьютер. Шлюз обычно имеет несколько антенн для повышения приёма сигнала. Важен выбор шлюза, совместимого с используемыми модулями LoRa.

Персональный компьютер или сервер, на котором установлено программное обеспечение для приема, обработки и хранения данных. Он должен иметь сетевой интерфейс (Ethernet или Wi-Fi) для связи с LoRa-шлюзом. Выбор

компьютера зависит от объёма обрабатываемых данных и требуемой скорости обработки.

Программное обеспечение (C++). Программа, написанная на языке C++, которая обрабатывает принимаемые данные. Она выполняет функции приема данных с LoRa-шлюза, обработки данных согласно разработанному алгоритму, подсчета импульсов, вычисления потребления энергии (кВт·ч), вычисления мощности, записи данных в файл, дополнительной обработки (анализ, визуализация и т.д.) [2].

Блок-схема предложенной архитектуры представлена на рис. 1.

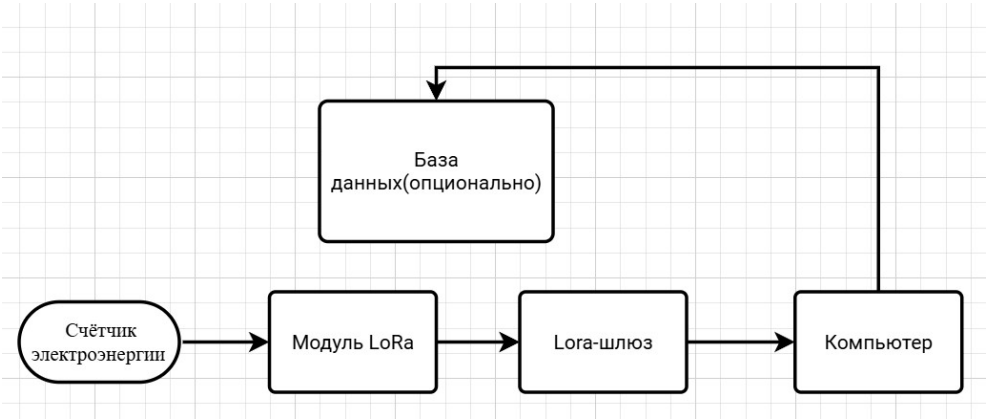


Рис.1 Блок-схема системы

Принцип работы системы включает следующие, названные далее этапы.

Сбор данных со счетчиков. Система сбора данных непрерывно отслеживает импульсы, генерируемые счетчиком. Метод считывания зависит от типа интерфейса (оптопара, сухой контакт, цифровой интерфейс). Оптопара преобразует световые импульсы от счетчика в электрические, которые затем подсчитываются микроконтроллером. Сухой контакт – микроконтроллер детектирует замыкание/размыкание сухого контакта, сигнализирующего о прохождении определённого количества энергии. Цифровой интерфейс – микроконтроллер (или компьютер напрямую) читает цифровые данные от счетчика по выбранному интерфейсу (RS-485, M-Bus, Modbus и др.). RS-485 – это стандарт двухпроводной дифференциальной передачи данных. Обеспечивает обмен информацией между несколькими устройствами по одной двухпроводной линии связи в полудуплексном режиме. RS-485 обеспечивает передачу данных со скоростью до 10 Мбит/с. Максимальная дальность зависит от скорости: при скорости 10 Мбит/с максимальная длина линии – 120 м, при скорости 100 кбит/с – 1200 м. M-Bus (Meter-Bus) – стандарт физического уровня для полевой шины на основе асинхронного интерфейса. Также под этим названием понимают коммуникационный протокол, используемый для связи устройств по этой шине. Преимущественно применяется для приборов учета электрической энергии (электросчетчики), тепловой энергии (теплосчётчики), расходомеров воды и газа.

Данные передаются на компьютер (сервер) напрямую или через концентраторы шины M-Bus, а также усилители-повторители сигнала.

Преобразование данных. Считанные импульсы преобразуются в цифровое представление, например, в виде количества импульсов за определенный интервал времени (например, 1 секунда). Значения напряжения и тока могут быть получены, если счётчик предоставляет доступ к этим параметрам через интерфейс.

Передача данных через LoRa. Преобразованные данные передаются на модуль LoRa. Он, в свою очередь, кодирует данные и передает их на LoRa-шлюз. В процессе передачи используется протокол LoRaWAN, обеспечивающий надёжность и дальность связи [3].

Прием данных шлюзом. Шлюз оснащён концентратором LoRa, который позволяет ему принимать радиочастотные сигналы, посылаемые устройствами LoRaWAN. Эти сигналы преобразуются в сигнал, совместимый с сервером, например Wi-Fi, для отправки данных в облако.

Обработка данных на компьютере. C++ широко используется для разработки программного обеспечения, являясь одним из самых популярных языков. Он сочетает в себе скорость, контроль над памятью и объектно-ориентированное программирование. В табл. 1 перечислены плюсы и минусы языка программирования C++.

Таблица 1

Плюсы и минусы C++

Плюсы	Минусы
▪ Высокая производительность, потому что он не накладывает никакой избыточной нагрузки на программу, не использующую какие-либо возможности. ▪ Поддержка множества стилей программирования (процедурное программирование, абстракцию данных, объектно-ориентированное программирование и обобщенное программирование). Поэтому разработчик может сам выбрать, в каком стиле ему писать программу.	▪ Трудности с памятью. В C++ нужно самостоятельно управлять памятью, что может быть сложно для новичков. Например, нужно вручную выделять и освобождать память, чтобы избежать ошибок, таких как утечка памяти. ▪ Сложный синтаксис. C++ имеет много сложных конструкций, таких как указатели, ссылки и перегрузка операторов, которые могут запутать по началу. Понимание всех этих аспектов требует времени и опыта. ▪ Долгая компиляция. Процесс компиляции в C++ может занять много времени, особенно в больших проектах. Это может быть неудобно, если нужно часто вносить изменения в код и проверять результаты.

Программа на C++ принимает данные от LoRa-шлюза. Алгоритм обработки изображен на рис. 2 и включает:

- разбор пакета данных. Извлекает полезные данные из полученного пакета;
- подсчет импульсов (или обработка цифровых данных). Определяет общее количество импульсов (или использует полученные цифровые данные) за интервал времени;

- вычисление потребления энергии (кВт·ч). Использует коэффициент пересчёта импульсов в кВт·ч, указанный в документации на счётчик. Для цифрового интерфейса используется информация о потребленной энергии;
- вычисление мощности (кВт). Определяет мгновенную, (изменение энергии за короткий интервал времени), среднюю, максимальную и минимальную мощности за определенный период;
- запись данных в файл. Записывает обработанные данные в текстовый файл (CSV, JSON, TXT и др.) в выбранном формате, включая временную метку, количество импульсов, потребление энергии, мощность, и другую необходимую информацию;
- дополнительная обработка. Выполняет дополнительный анализ данных, выявление аномалий, построение графиков, создание отчетов и другие действия [3].

Хранение данных. Обработанные данные могут быть сохранены в базе данных для дальнейшего анализа и использования.

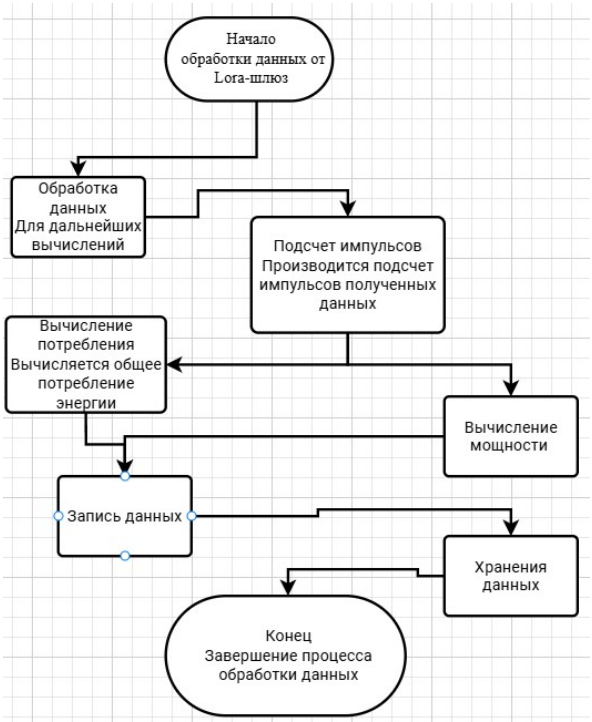


Рис. 2. Блок-схема алгоритма обработки данных

Разработка алгоритма направлена на достижение нескольких ключевых результатов.

Система будет снижать погрешность измерений за счет применения современных фильтров и коррекционных алгоритмов, а также будет включать процедуры калибровки для точной адаптации к рабочим условиям и особенностям счетчиков. Благодаря этому обработка данных будет осуществляться в режиме реального времени, предоставляя пользователям актуальные сведения о потреблении энергии.

Для удобства анализа данных будет создан механизм генерации отчетов в удобном формате. Система будет совместима с различными моделями счетчиков, что обеспечит ее универсальность. Простота добавления новых счетчиков без существенных временных и ресурсных затрат позволит гибко масштабировать систему.

Интерфейс будет интуитивно понятным, что упростит доступ к информации и основным функциям. Будут предоставлены обучающие материалы для быстрого освоения системы. Все данные будут защищены современными методами шифрования, а регулярные аудиты безопасности помогут выявить и устранить потенциальные угрозы.

Библиографический список

1. ***Москаленко, И. В.*** Оптимизация управления потреблением энергоресурсов на промышленном предприятии / И. В. Москаленко, А. М. Кумаритов, О. И. Хузмиева ; Москаленко И. В., Кумаритов А. М., Хузмиева О. И. – Владикавказ : [б. и.], 2006. – 151 с.

2. ***Столер, Д.В.*** Программирование однокристальных микроконтроллеров на C/C++. Часть 1: Порты ввода/вывода, прерывания и таймеры/счетчики, Минск, 2023 – 155 с.

3. Цифровая подстанция. Подходы к реализации / А. Данилин, Т. Горелик, О. Кириенко, Н. Дони // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2012. – № 3(12). – С. 96-99. – EDN PJDGBP.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РЕЖИМА ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА-СИМУЛЯТОРА

Л.С. Харитонов, Я.А. Раскаткин, А.Ф. Глухова
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассматривается разработка алгоритма обучающего режима для виртуального тренажера-симулятора промышленного оборудования. Обучающий режим представляет собой последовательность инструкций, некоторые из которых требуют обратной связи от пользователя. Рассматривается создание гибкой и адаптивной архитектуры, основанной на комбинации машины состояний и двусвязного списка, что упрощает создание новых обучающих сценариев. Приводится реализация алгоритма в виртуальном тренажере-симуляторе металлорежущих станков «Эсиман» на платформе Unity. Статья может быть полезна разработчикам обучающих тренажеров и симуляторов.

Ключевые слова: тренажер, симулятор, виртуальная реальность, режим обучения, машина состояний, иммерсивные технологии, Unity, геймификация, иммерсивное обучение.

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям) по Договору № 19152ГУ/2023 от 4 марта 2024 года в рамках НИР по программе «УМНИК».

Иммерсивное обучение, или обучение с использованием тренажеров и симуляторов виртуальной реальности, активно внедряется в различных сферах: от школьного образования и профориентации до профессиональной подготовки, высшего образования и обучения на предприятиях. Так, симуляторы широко применяются для обучения работе с промышленным оборудованием (машиностроительным, нефтегазовым, железнодорожным, такелажным и др.).

Виртуальные симуляторы помогают устранить некоторые недостатки традиционных подходов к обучению: использование реального оборудования может оказаться дорогим и опасным, а применение экранных симуляторов не создаёт достаточный уровень реалистичности и погружения. Виртуальные тренажеры объединяют преимущества обоих подходов, обеспечивая безопасность, доступность, реалистичный опыт, расширение восприятия мира, индивидуальный подход и геймификацию.

Виртуальный тренажёр-симулятор позволяет пользователям получить реалистичный опыт в безопасной среде, где можно осваивать практически любые навыки, воссоздавать различные ситуации, многократно повторять обучающие упражнения, тренироваться на любом виртуальном оборудовании и закреплять оптимальные стратегии поведения. Подробно о преимуществах и перспективах использования виртуальных тренажеров и симуляторов в обучении описывается в статьях [2; 3; 4].

Важной составляющей виртуального тренажера-симулятора является обучающий режим, который может быть реализован по-разному. В рамках дан-

ной статьи рассматривается создание алгоритма для обучающего режима, представляющего собой последовательность инструкций, на некоторые из которых требуется обратная связь от пользователя. Примерами использования такого алгоритма может быть предварительное знакомство, изучение требований техники безопасности и отработка определённых последовательностей действий. Режим должен обладать гибкой и адаптируемой архитектурой, обеспечивающей быстрое создание и модификацию обучающих сценариев.

Актуальность темы обусловлена недостатком гибких алгоритмов для реализации обучения с помощью виртуальных тренажеров и симуляторов, несмотря на активное развитие этого направления.

Целью работы является разработка гибкого и адаптивного алгоритма обучающего режима для виртуального тренажера-симулятора.

Пусть обучающий режим представляет собой последовательность инструкций, на некоторые из которых пользователь должен дать обратную связь (напр., надеть виртуальные средства защиты, включить или выключить виртуальное оборудование). Каждая инструкция может содержать сопровождающий аудиоклип, всплывающую справочную выноску с текстом, подсветку границ объекта для дополнительного привлечения внимания, стрелку, подсказывающую механизм взаимодействия с данным элементом и т. д.

Для построения архитектуры режима обучения был использован конечный автомат или машина состояний (англ. *finite state machine*, FSM) – математическая модель, используемая для описания поведения системы в терминах состояний и переходов между ними, происходящих в ответ на некоторые входные данные. В любой момент времени FSM может находиться только в одном из конечного набора состояний.

При включении режима, перед его непосредственным началом, при необходимости выполняется подготовка сцены: активируются, деактивируются или перемещаются на нужные позиции объекты, участвующие в режиме.

Состояния представляют собственно обучающие инструкции. Каждое состояние имеет три основные точки [1]: *Enter* (выполняется при входе в состояние), *Update* (выполняется в состоянии в цикле), *Exit* (выполняется при выходе из состояния, перед запуском нового).

При входе в состояние происходит озвучивание сопровождающей аудиоинструкции, а также акцентирование внимания пользователя на каждом элементе, участвующем в режиме – подсветка границ, появление выноски с названием, анимированная стрелка. Состояние подписывается на событие обратной связи от объекта на сцене, с которым пользователь должен совершить взаимодействие, используя паттерн «Наблюдатель». При выходе из состояния происходят обратные действия. Иными словами, на входе происходит активация объектов состояния, а на выходе – их обратная деактивация.

Переход далее от одной обучающей инструкции к следующей может инициировать либо событие со сцены (триггер обратной связи), либо автоматический переход к следующему состоянию (напр., по завершении текущей инст-

рукции, если никакие события со сцены не ожидаются). Необходимо также обеспечить пользователю возможность вручную повторить текущую инструкцию, перейти назад или далее, начать режим с начала, а также выйти из режима. Скриншот виртуальной панели управления режимом представлен на рис. 1.

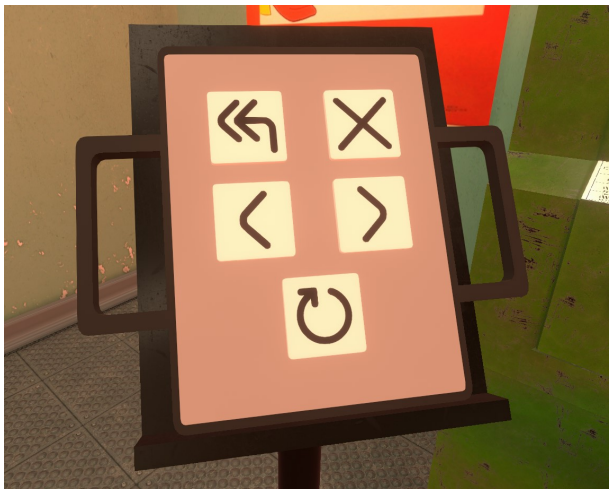


Рис. 1. Панель управления режимом

Машину состояний можно построить следующим образом. *Во-первых*, в данном случае все состояния являются однотипными: на входе происходит активация определенных объектов, а на выходе – их обратная деактивация. *Во-вторых*, поскольку режимы представляют собой линейные цепочки инструкций, для автоматического определения множества переходов удобно организовать состояния в виде двусвязного списка, чтобы FSM автоматически определяла следующее или предыдущее состояние, зная текущее. Каждое состояние будет иметь ссылку на самого себя, первое, предыдущее и следующее состояние для осуществления соответствующих переходов (рис. 2).

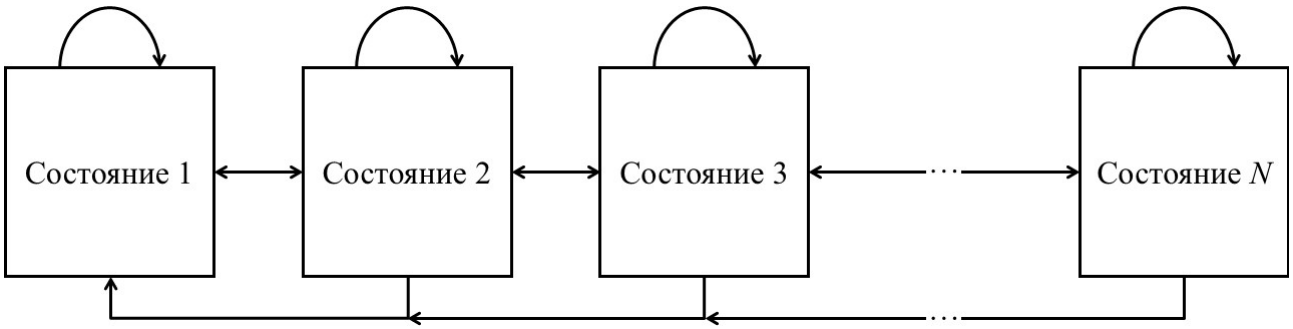


Рис. 2. Схема состояний и переходов обучающего режима

Таким образом, при проектировании обучающего режима необходимо только определить и расположить в правильном порядке состояния-инструкции, а все переходы будут определены автоматически. Создание обучающего режима с такой архитектурой сводится лишь к инициализации переменных – нет необходимости для каждого конкретного обучающего режима

создавать отдельный программный скрипт. Это значительно ускоряет разработку новых обучающих режимов.

Данный алгоритм реализован в виртуальном тренажере-симуляторе металлорежущих станков «Эсиман» [5]. Этот проект выполнялся на движке Unity, но описанные выше подходы можно также реализовать на других платформах, таких как Unreal Engine, Godot, Unigine и др.

Благодаря механизму сериализации можно создать класс, представляющий данные состояния, и затем использовать его непосредственно в редакторе Unity через окно инспектора (*Inspector*). В список состояний можно добавлять или удалять любое количество обучающих инструкций, а также легко изменять их порядок путем перетаскивания элементов списка. На рис. 3 представлен фрагмент окна инспектора Unity с примером инициализации режима обучения для токарного станка.

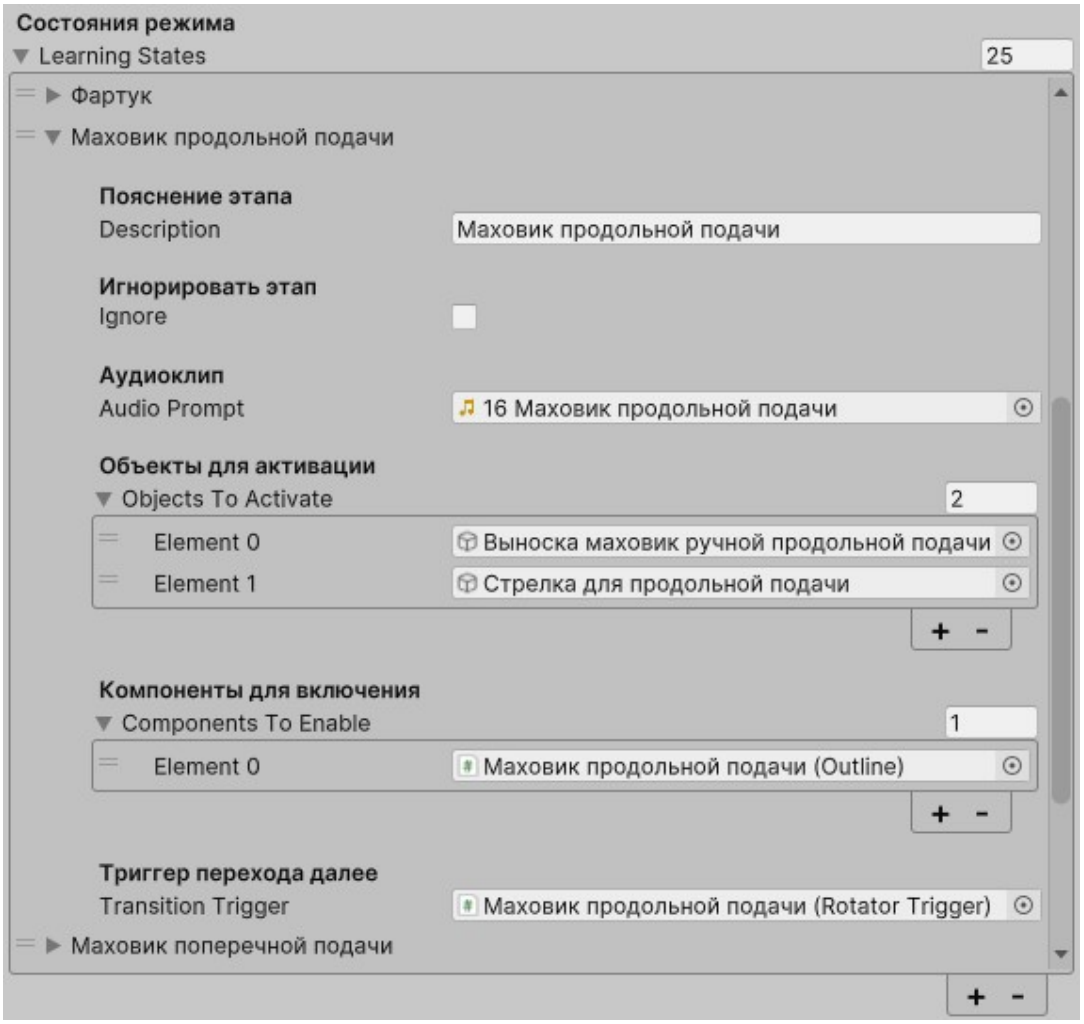


Рис. 3. Пример инициализации обучающего состояния в окне инспектора

Скриншот интерактивного ознакомления с элементами токарного станка представлен на рис. 4.



Рис. 4. Скриншот работы обучающего режима для токарного станка

Таким образом, разработан гибкий и адаптивный алгоритм обучающего режима для виртуального тренажера-симулятора. В его основе находится машина состояний, проходящаяся по двусвязному списку инструкций. Такая архитектура значительно ускоряет создание и модификацию обучающих режимов, поскольку для их разработки не требуется непосредственное написание кода.

В будущем планируется разработка алгоритма, в котором последовательность действий может быть адаптивной: возможны различные варианты развития событий в зависимости от ситуации и действий пользователя. Такой алгоритм будет более подходящим для проверочного режима.

Библиографический список

1. ***Pêcheux, M.*** Boost your Unity/C#: AI Programming. – Independently published, 2023. – 276 p.

2. ***Гергоков, А.А.*** Преимущества и недостатки использования технологии виртуальной реальности в образовательной среде / А. А. Гергоков // Педагогический журнал. – 2023. – Т. 13, № 11-1. – С. 189-194. – DOI 10.34670/AR.2023.53.74.025

3. ***Дозорцев, В.М.*** Технологии виртуальной реальности в обучении операторов технологических процессов / В. М. Дозорцев // Автоматизация в промышленности. – 2018. – № 6. – С. 42-50.

4. ***Курзаева, Л.В.*** К вопросу о разработке иммерсивных средств обучения для системы профессионального образования / Л. В. Курзаева, Р. Корнев, А. К. Спиридонов, М. И. Егоров, А. А. Макеев // Мир науки. Педагогика и психология. – 2023. – Т. 11. – № 4. – URL: https://mir-nauki.com/PDF/10PDMN423.pdf

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025613960 Российская Федерация. Виртуальный тренажер-симулятор металлорежущих станков «Эсиман» версии 1: заявл. 06.02.2025: опубл. 18.02.2025 / Л. С. Харитонов, Я. А. Раскаткин, Т. Е. Эварт.

КОНКУРС ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОКУЛЬТУРНОГО VR-ПРОСТРАНСТВА «ИСТОКИ»

М.А. Кожевяткина, С.М. Зотов, Я.А. Раскаткин, В.В. Шергин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрено создание технокультурного *VR*-пространства как инструмента популяризации технического и культурного наследия среди молодежи. Отображены этапы перехода от музейного экспоната к виртуальной модели. Предложена разработанная поворотная установка для оптимизации технологического процесса. Виртуальный музей объединит экспонаты технического музея АПИ НГТУ и Арзамасского историко-художественного музея, предоставляя новый формат образовательного взаимодействия.

***Ключевые слова*:** виртуальная реальность, технический музей, культурное наследие, цифровое образование, профориентация.

В современном мире большое внимание уделяется новым технологиям и цифровому образованию. Многие методы обучения устарели, а значит, стали менее эффективными. Существует необходимость внедрения в образовательный процесс новых технологий, которые позволят стереть разницу между поколениями, так как большинство преподавателей предпочитают устаревшие способы обучения и проверки знаний, в то время как современная молодежь требует новых подходов.

Соответственно, современное общество также сталкивается с рядом проблем, связанных с сохранением культурного наследия, в том числе технического, и формирования юношеского интереса к патриотизму, истории и культуре собственной страны. Согласно отчету Росстата, количество посетителей музея в 2020 году сократилось на 30% по сравнению с предыдущим годом, а с 2021 года снижение продолжается, в основном за счет развития цифровых технологий и изменения общественного интереса аудитории [1].

Современные молодежные направления показывают, что молодые люди все больше предпочитают взаимодействовать с виртуальными и цифровыми платформами [2]. Это не ограничивается только социальной сетью, но также включает образовательные и культурные проекты. В результате все большее количество культурных и образовательных учреждений переходит в цифровую среду. Виртуальные экскурсии становятся популярным инструментом для вовлечения молодежи, поскольку они обеспечивают доступность контента без необходимости физического присутствия, что особенно важно для удаленных регионов.

Сохранение культурного и технического наследия является важной задачей, так как с каждым годом все больше уникальных объектов теряется из-за

недостаточной популяризации и вовлеченности молодежи. В том числе, современные технические достижения и достижения в области науки и культуры остаются за пределами интересов людей. Для эффективного сохранения культурного наследия необходимо использовать новейшие технологии, которые позволяют не только сохранить объекты, но и сделать их доступными для широкой аудитории, особенно для молодежи.

Создание *VR*-пространства, объединяющего культурное и техническое наследие региона, позволит повысить интерес молодежи к инженерным и научным специальностям. Доступ к инновационным образовательным инструментам поможет формировать новые компетенции, востребованные в высокотехнологичных отраслях, таких как машиностроение, приборостроение и оборонные технологии.

Кроме того, проект способствует развитию цифровой экономики и внедрению передовых технологий в образовательный процесс. Это соответствует стратегическим целям России по цифровизации промышленности и образования, а также развитию наукоемких отраслей [3]. Масштабируемость проекта позволяет применять его не только в Арзамасе, но и в других городах России, поддерживая общенациональную программу технологического развития.

В прошлом году командой студентов АПИ НГТУ был создан виртуальный музей «Истоки». Проект реализован с использованием нескольких технических направлений: фотограмметрии, компьютерного моделирования, программирования и экспериментального исследования.

На первом этапе были выбраны музейные экспонаты, которые используются для создания 3Д-моделей. На рис. 1 приведен пример реального музейного экспоната. Экспонат был подготовлен к съёмке, включая установку на поворотную платформу и обеспечение равномерного освещения для получения качественных изображений.



Рис. 1. Музейный экспонат

Для создания качественных 3Д-моделей была использована технология фотограмметрии, в рамках которой можно выделить два ключевых этапа:

– получение качественных снимков сканируемого объекта со всех ракурсов;

– программная обработка полученных снимков.

Снимки являются источником информации об объекте. Поэтому этап фотографирования крайне важен для получения приемлемого результата. Для достижения этой цели была разработана поворотная установка, синхронизированная с цифровым фотоаппаратом, что позволяет минимизировать человеческий фактор, а также позволяет производить съемку на больших выдержках и высоких показателях светочувствительности камеры (рис. 2).



Рис. 2. Установка объекта для получения фотографий

На рис. 3 представлена принципиальная электрическая схема установки.

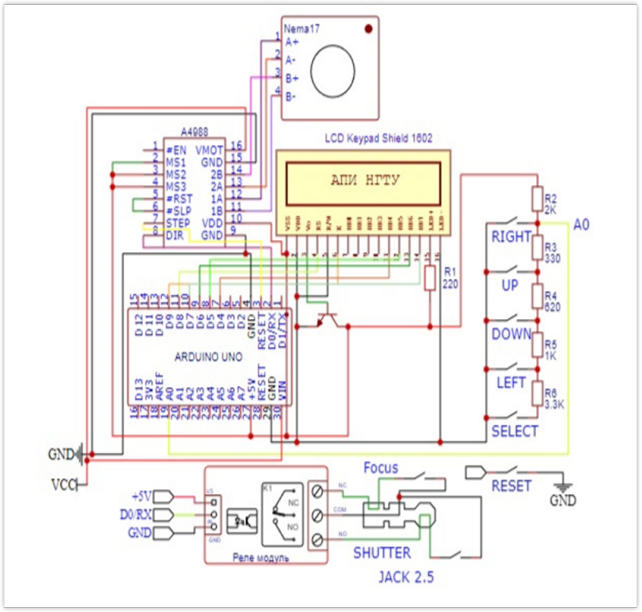


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема установки [4]

Выбор компонентов для поворотной установки сделан на основе их надежности, точности и удобства в использовании. Шаговый двигатель 17*HS*4401 обеспечивает необходимую мощность и точность для перемещения стола, а *Arduino UNO* предоставляет гибкость и простоту управления. В совокупности, эти компоненты позволяют создать эффективную и удобную систему для фотограмметрии, обеспечивая высокое качество получаемых 3Д-моделей.

Второй этап – обработка фотографий.

После получения исходных изображений, их необходимо загрузить в специальное программное обеспечение – *Agisoft Metashape*, с помощью которого множество фотографий преобразуется в облако точек, стремящихся повторить геометрию объекта (рис. 4).

На базе полученного облака точек строится полигональная модель и текстура.

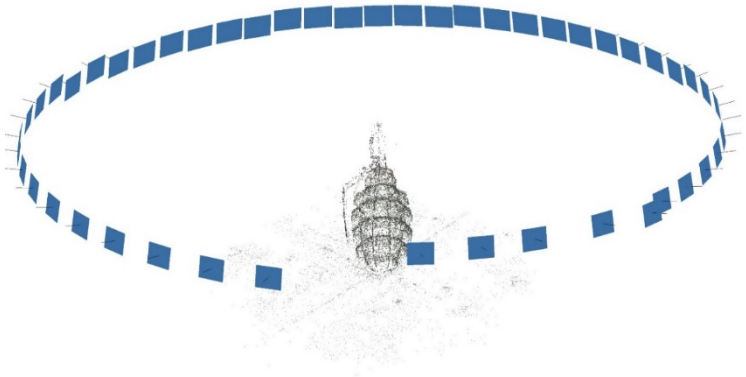


Рис. 4. Облако точек

Третий этап – интеграция в виртуальную среду.

На данном шаге полученные 3Д-модели интегрируются в виртуальную среду с помощью платформы *Unity*.

Четвертый этап – создание сцены, на которой размещаются 3Д-модели, добавляется освещение и интерактивные элементы.

Пятый этап – разработка интерфейса взаимодействия, позволяющего пользователям легко перемещаться по виртуальному музею и взаимодействовать с экспонатами.

В процессе обучения в политехническом вузе также возникла идея создания технического виртуального музея на основе реального музея АПИ НГТУ. Работа над данным музеем уже начата.

На данный момент с помощью ПО *Blender* удалось улучшить качество моделей, внедряемых в виртуальную среду. На рис. 5-6 продемонстрирована разница между исходным вариантом экспоната в виртуальном музее и его оптимизированным вариантом, а также разница в оформлении пространства вир-

туального музея. В дальнейшем планируется оптимизация технического процесса создания моделей с помощью лазерного сканирования.

Виртуальный музей – это отличный инструмент для создания удобных и современных условий изучения культуры и техники с помощью современных технологий, а также один из способов поддержки «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» [5].

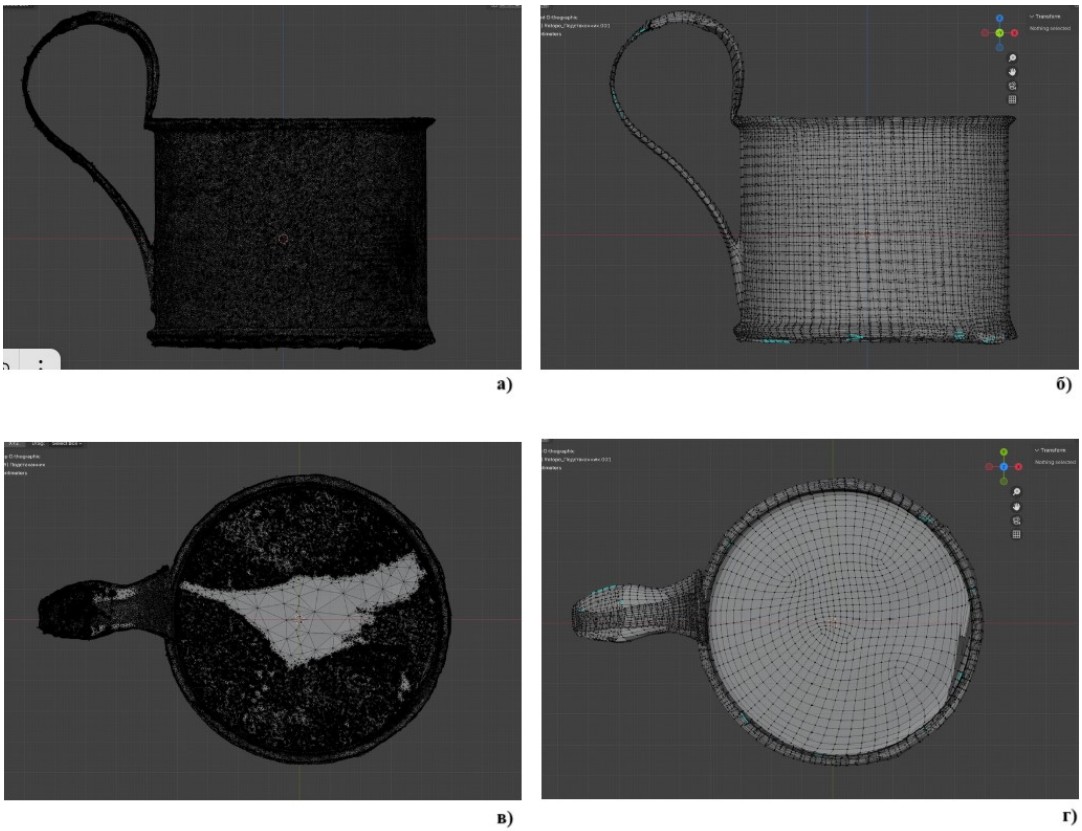


Рис. 5 Оптимизация 3Д-модели музейного экспоната:
а) исходный вариант, вид сбоку, б) оптимизированная модель, вид сбоку,
в) исходный вариант, вид снизу, г) оптимизированная модель, вид снизу

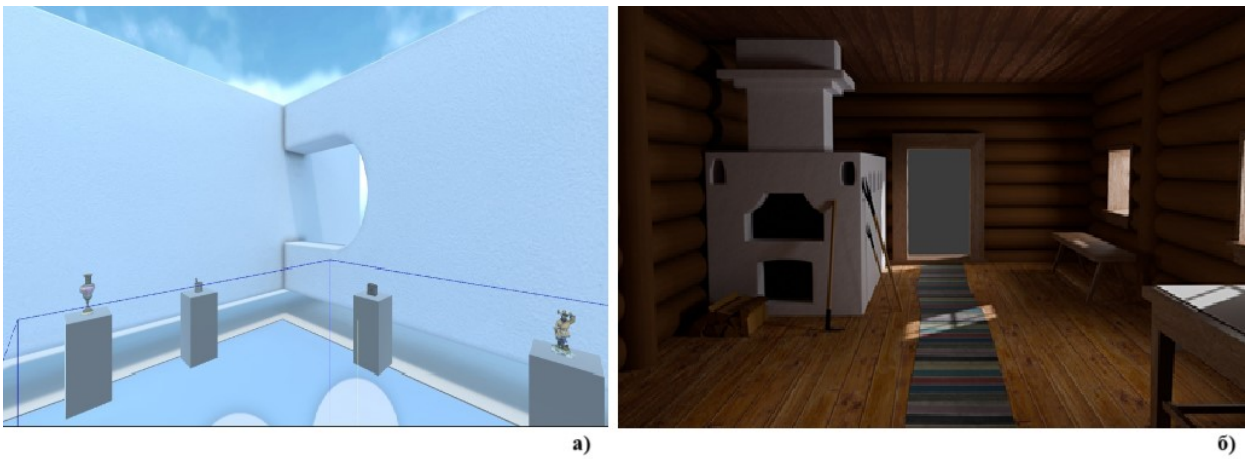


Рис. 6. Изменение пространства виртуального музея
а) исходная отрисовка пространства, б) новый вариант пространства музея

Библиографический список

1. Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области: офиц. сайт. – URL: https://77.rosstat.gov.ru/folder/70759/document/201782 (дата обращения: 10.03.2025).
2. Публикация РБК «Культура в «цифре»: офиц. сайт. – URL: https://plus.rbc.ru/specials/kultura-v-cifre (дата обращения: 23.03.2025).
3. Официальный сайт Правительства Российской Федерации: офиц. сайт. – URL: http://government.ru/news/43743/ (дата обращения: 23.03.2025).
4. ***Лазарев, А.Е.*** Разработка поворотной установки с синхронизацией фотоаппарата для фотограмметрии/ А.Е. Лазарев, Е.С. Кечин, Д.А. Захарова, А.В. Улюшкин, В.В. Шергин // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации. – Нижний Новгород, 2024. С. 262-265.
5. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203: офиц. сайт. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919 (дата обращения: 23.03.2025).
6. ***Кузнецова, Е.В.*** Технокультурные пространства: интеграция технологий в культуру // Технологии и общество, 2021, №7, с. 34-42.

РАЗРАБОТКА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ С УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТЬЮ

А.Н. Куклин, Ю.А. Гуськова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрен развивающий проект, направленный на всестороннее развитие детей с умственной отсталостью. Рассмотрена концепция приложения, функционал и реализация проекта.

***Ключевые слова*:** инклюзивное образование, коррекционная педагогика, цифровые технологии, игровые методики, школа для ребят от веселых зверят.

В соответствии с МКБ-10 (международной классификацией болезней десятого пересмотра), умственная отсталость (УО) рассматривается как состояние, связанное с задержкой или неполным развитием психических функций. Основными признаками этого состояния являются нарушения в когнитивной сфере, которые проявляются в процессе взросления и влияют на общий уровень интеллекта, включая речевые, моторные и социальные навыки. Согласно МКБ-10, умственная отсталость делится на 4 основные степени – легкая, умеренная, тяжелая и глубокая [1].

На данный момент в образовательной сфере активно применяются игровые технологии. На смену традиционным игровым методикам приходят компьютерные программы, направленные на всестороннее развитие детей с умственной отсталостью. Активное внедрение компьютерных игр в коррекционной педагогике обусловлено тем, что они являются эффективным средством обучения. Игровая форма стимулирует развитие детей благодаря красочности, интерактивности и звуковому сопровождению. В результате ряда исследований было выявлено, что дети лучше усваивают материал в наглядной и звуковой форме [2].

В каждом специализированном учреждении для обучения детей с УО применяются различные методики. Часто педагогами-дефектологами разрабатываются свои методики. Таким образом, в ГБУ «Арзамасский ДСОД "Маяк"» используют альбомы с фотографиями, где дети учатся узнавать себя и других людей, запоминают информацию о месте, в котором они были. Систематические повторения очень важны, т.к. дети с интеллектуальными нарушениями с трудом запоминают новую информацию. Использование альбомов в бумажной версии имеет ряд недостатков. Во-первых, штат педагогов часто ограничен и детям приходится ждать своей очереди, что очень неэффективно. Во-вторых, фотографии, как физический материал, изнашиваются и могут быть случайно повреждены.

Путем опроса педагогов было выявлено, что существует необходимость в приложении, где можно было бы хранить фотографии, а дети могли бы просматривать их и проходить несложные, но интересные задания. Тем самым, на-

грузка на педагогов уменьшается, одновременно может заниматься любое количество детей.

Специальные учреждения, где обучаются и воспитываются дети с УО, адаптируют их к будущей самостоятельной жизни. Дети учатся готовить и совершать покупки в магазинах. Особенность обучения детей с УО заключается в том, что они должны четко знать, как выглядят те или иные вещи. Должен быть четкий план как выполнять определенные действия, например, приготовление пищи или уборка. Для этого применяются графические схемы. Однако они имеют существенный недостаток – отсутствие интерактивности. У детей нет возможности посмотреть, как выполнить какое-то действие.

Вследствие описанных выше проблем предлагается развивающий проект под названием «Школа для ребят от веселых зверят», направленный на всестороннее развитие детей с умственной отсталостью. Приложение разрабатывается с учетом требований, которые предъявили педагоги-дефектологи и психологи из ГБУ «Арзамасский ДСОД "Маяк"». Далее будут рассмотрены возможности приложения, а также его техническая реализация.

Проект предлагает два варианта использования – домашнее и в образовательных учреждениях. Данный параметр отвечает за то, какой функционал будет предоставляться пользователю. В домашнем использовании нет лишнего функционала, упор делается на индивидуальное использование. Для организаций же предлагаются следующие возможности:

– создание аккаунтов педагогов и детей с целью отслеживания статистики;

– создание учебных групп;

– формирование отчетов по различным параметрам и другие функции, которые упрощают работу в организациях.

Рассмотрим модуль «интерактивный альбом». Модуль разработан для просмотра фотографий и прохождения викторин, которые позволят ребенку запоминать информацию о местах, в которых он побывал. Один из вариантов использования приложения представлен на рис. 1.

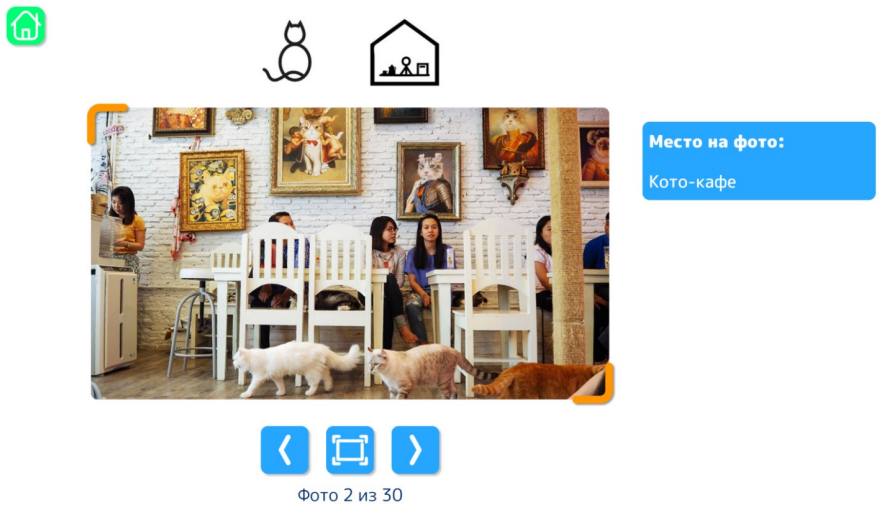


Рис. 1. Интерфейс раздела «Просмотр фото без заданий»

Этот раздел предназначен для изучения мест, здесь нет викторин, которые необходимо проходить. Ребенок в свободном формате может рассматривать фотографии.

Разработка приложения сопровождается активным общением с педагогами и психологами, вследствие чего приложение удовлетворяет всем пожеланиям сотрудников коррекционных учреждений и имеет широкую функциональность (рассматривается со стороны администратора и клиента).

Удобный инструмент для организации и взаимодействия с цифровыми альбомами. Пользователь может сортировать альбомы по месту или человеку, просматривать их в хронологическом порядке, проходить познавательные викторины, изучать информацию о местах и просматривать фото и видео на большом экране. Викторины включают задания на узнавание себя и других на фотографиях, определение мест и их функций.

Функционал панели администратора позволяет создавать, редактировать и удалять альбомы. При создании альбома можно добавить описание, фотографии, отметить людей на снимках, указать название и описание мест. Дополнительно можно загружать видео-примеры, а система автоматически устанавливает дату альбома по первой загруженной фотографии.

В системе уделено особое внимание альтернативным методам коммуникации, чтобы обеспечить комфортное взаимодействие для детей с различными когнитивными и речевыми нарушениями. Осуществлен следующий функционал:

– озвучивание интерфейса. Все кнопки в приложении могут сопровождаться голосовым озвучиванием. Это позволяет детям с УО легче ориентироваться в меню и выполнять задания. Озвучивание активируется автоматически или по нажатию, что делает взаимодействие более интуитивным.

– использование символов Макатон и ARASAAC. Для упрощения восприятия информации к фотографиям можно прикреплять символы Макатон или ARASAAC.

Макатон – это система альтернативной коммуникации, включающая жесты, пиктограммы и слова. Она помогает детям с УО понимать и выражать свои мысли.

ARASAAC – коллекция визуальных символов, используемых для общения, обучения и поддержки детей с УО. Они помогают ассоциировать слова с изображениями, облегчая понимание.

Разработаны четыре варианта взаимодействия с альбомами:

– «Отметь себя на фотографии» – на изображении у каждого человека появляется кнопка. Ребенку нужно выбрать правильную.

– «Кто изображен на фото?» – показывается фотография, а справа – варианты ответов.

– «Какое место изображено на фотографии?» – ребенок выбирает правильный ответ о месте, изображенном на снимке.

– «Просмотр фото без заданий» – предлагается просмотр фото без выполнения заданий.

Для хранения фотоприложение предоставляет свой сервер, следовательно, пользователи всегда будут иметь доступ к своим фотографиям, даже если сменят устройство. Фотографии привязываются к аккаунту, с которого был выполнен вход. Каждый пользователь может организовывать хранение файлов так, как ему это удобно. Например, можно распределять файлы по директориям или же хранить все файлы в одном месте. Фотографии кэшируются на устройстве, следовательно, приложением можно пользоваться без доступа к Интернету. Каждый пользователь имеет доступ только к своим файлам, так как коренная директория привязывается к UUID пользователя. На рисунке 2 изображена структура базы данных, в которых хранятся альбомы. Впоследствии, с клиента на сервер отправляется http-запрос, который по UUID пользователя проводит рекурсивный поиск файлов и директорий и возвращает его клиенту. На клиенте выполняется скрипт, который пытается найти изображения в кэше. Если файла нет в кэше, он скачивается с сервера [3].

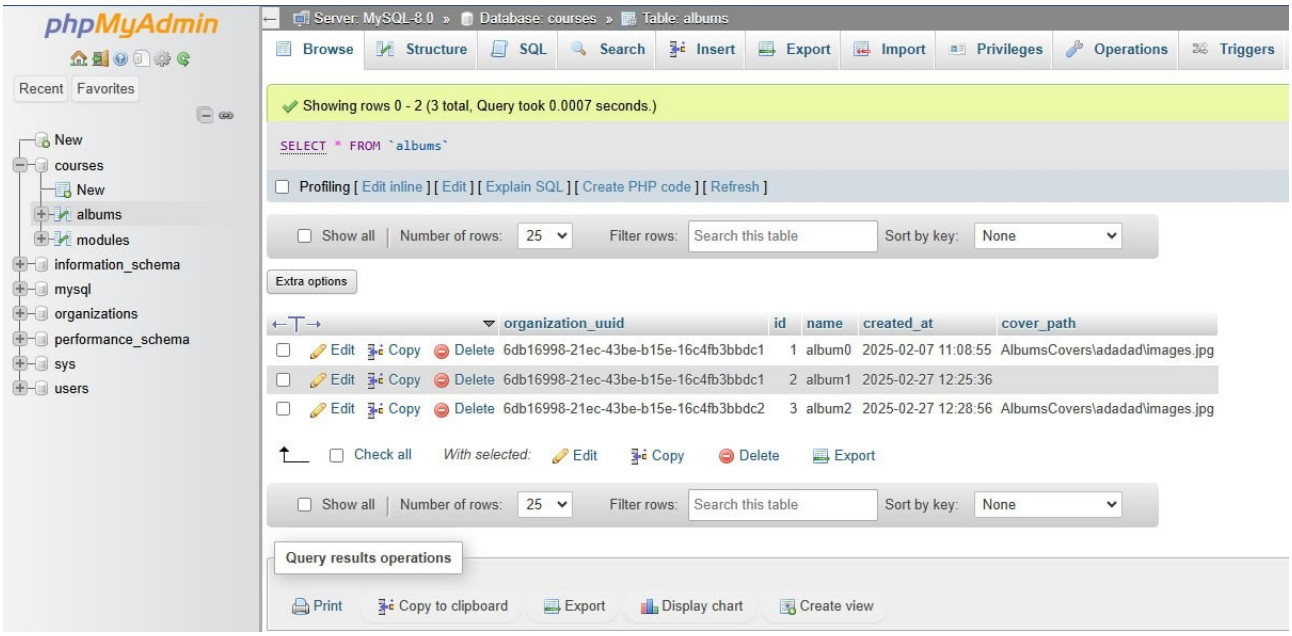


Рис. 2. Структура базы данных альбомов

Таким образом, в данной статье представлен проект «Школа для ребят от веселых зверят», направленный на всестороннее развитие детей с УО посредством интеграции цифровых технологий и игровых методик. Анализ существующих подходов выявил ключевые проблемы традиционных методов коррекционного обучения, среди которых ограниченность педагогических ресурсов, недостаточная интерактивность учебных материалов и сложность формирования устойчивых навыков у детей с особенностями развития.

Разрабатываемое приложение предлагает актуальные решения в области инклюзивного образования за счет использования цифровых альбомов, обу-

чающих курсов и интерактивных инструментов, направленных на формирование бытовых, когнитивных и социальных навыков у детей с УО. Интеграция альтернативных методов коммуникации, таких как символы Макатон и ARASAAC, а также адаптивная система настроек обеспечивают индивидуальный подход, что особенно важно в работе с детьми, имеющими различные формы когнитивных нарушений. Дополнительные технические возможности, такие как серверное хранение данных и кэширование, повышают доступность образовательных материалов и делают систему удобной для применения в образовательных учреждениях и домашних условиях.

Важную роль в реализации данного проекта играют организации, предоставляющие цифровые образовательные ресурсы и технологии. Их участие обеспечивает техническую поддержку, разработку и обновление контента, а также интеграцию инновационных решений в образовательный процесс, что способствует повышению эффективности обучения и адаптации детей с особыми образовательными потребностями.

Проект «Школа для ребят от веселых зверят» представляет собой социально значимую инициативу, направленную на поддержку социально незащищенных слоев населения, включая детей с особыми образовательными потребностями и их сопровождающих – педагогов, психологов, родителей. Его реализация способствует повышению качества образовательного процесса, социальной адаптации детей и снижению нагрузки на педагогов. Дальнейшие исследования и внедрение проекта в образовательную практику позволят разработать систему, полностью удовлетворяющую стандартам образования и воспитания детей с умственной отсталостью.

Библиографический список

1. ***Выготский, Л. С***. Психология / Л. С. Выготский. – М.: Апрель пресс: ЭксмоПресс, 2000. – 1008 с.

2. ***Алиева, А. Р.*** Геймификация как инновационный метод и мотиватор в обучении иностранному языку / А. Р. Алиева, Э. К. Дылдаева, Э. Д. Ахметова // Мир педагогики и психологии. – 2024. – № 3(92). – С. 30-34. – EDN VQMNLH.

3. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C# / Пер. с англ. И. Рузмайкиной. – СПб.: Питер, 2016. – 336 с.: ил. – (Серия «Для профессионалов»)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ РАДИОМОДУЛЯ LORA

Г.А. Гуськов
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье представлено решение для создания недорогой и простой системы мониторинга климатических параметров на приусадебном участке. Система использует датчик DHT11 для измерения температуры и влажности воздуха, а данные передаются по технологии LoRa на базовую станцию, реализованную на платформе NodeMCU v3. Приведены примеры кода, демонстрирующие основные этапы работы, как дистанционного модуля, так и базовой станции, что обеспечивает надежную и стабильную передачу информации в режиме реального времени. Разработка направлена на обеспечение оперативного контроля микроклимата на небольших участках без необходимости в сложном обслуживании или наличии специальных знаний.

Ключевые слова: система мониторинга, климатические параметры, микроконтроллер, LoRa, режим реального времени, приусадебный участок.

В современном мире актуально использование интеллектуальных систем, способных упростить повседневные задачи и сделать жизнь комфортнее, в том числе необходимость автоматизации контроля микроклимата на дачных участках становится всё более очевидной. Владельцы участков нуждаются в оперативном способе получения информации о климатических параметрах, чтобы быстро реагировать на изменения погодных условий и создавать благоприятную среду для растений. Использование недорогих компонентов, таких как датчик DHT11 и радиомодуль LoRa, позволяет создать простую в установке систему мониторинга, которая работает удалённо и не требует постоянного присутствия пользователя.

Разработка системы мониторинга климатических параметров для приусадебного участка основывается на использовании современных модулей связи и датчиков. Основная идея заключается в том, чтобы измерять температуру и влажность воздуха с помощью датчика DHT11, а затем передавать полученные данные по радиоканалу с использованием технологии LoRa. Система состоит из двух основных частей – дистанционного модуля, расположенного непосредственно на участке, и базовой станции, которая принимает данные и выводит их на монитор порта.

Дистанционный модуль реализован с использованием микроконтроллера STM32, к которому подключён датчик температуры и влажности DHT11. Питание модуля осуществляется от двух аккумуляторов 18650, также можно подключить небольшую солнечную панель для увеличения времени работы.

Макет дистанционного модуля представлен на рис.1.

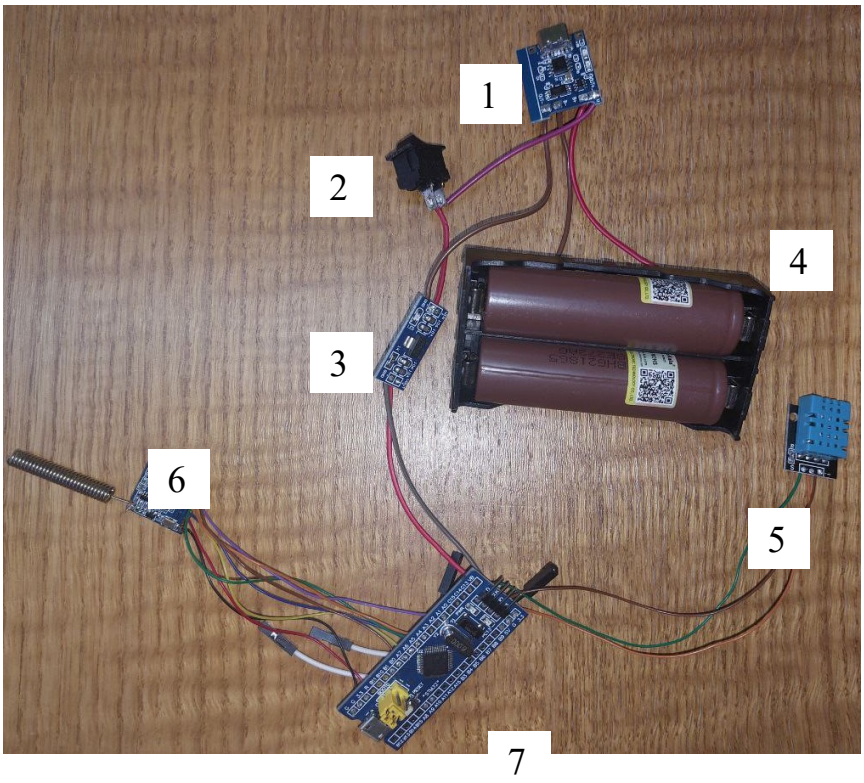


Рис. 1. Макет дистанционного модуля:
1 - плата защиты и зарядки аккумуляторов, *2* - выключатель,
3 - плата стабилизатора на 3.3В, *4* - блок аккумуляторов, *5* - датчик температуры и влажности воздуха DHT11, *6* - радиомодуль LoRa SX1278, *7* - микроконтроллер STM32

Микроконтроллер считывает данные и формирует в виде текстового сообщения, которое далее передается через радиомодуль SX1278 по технологии LoRa. Приведенный на рис. 2 фрагмент кода выполняемой микроконтроллером программы демонстрирует основные этапы работы данного модуля. В основном цикле, производится считывание температуры и влажности, после чего данные упаковываются в пакет для передачи по LoRa. Такой подход позволяет обеспечить регулярное обновление информации с участка, что является важным для оперативного контроля микроклимата.

```
15   float h = dht.readHumidity(); //Измеряем влажность
16   float t = dht.readTemperature(); //Измеряем температуру
17
18   LoRa.beginPacket(); //Отправляем данные
19   LoRa.print(t);
20   LoRa.print("$");
21   LoRa.print(h);
22   LoRa.print("$");
23   LoRa.endPacket();
24
25   delay(60000); //Задержка до следующего измерения
```

Рис. 2. Фрагмент кода программы дистанционного модуля

Базовая станция принимает сигналы от дистанционного модуля и обрабатывает полученную информацию. Для реализации этого функционала используется микроконтроллер NodeMCU v3 на базе ESP8266.

Макет базовой станции представлен на рис.3.

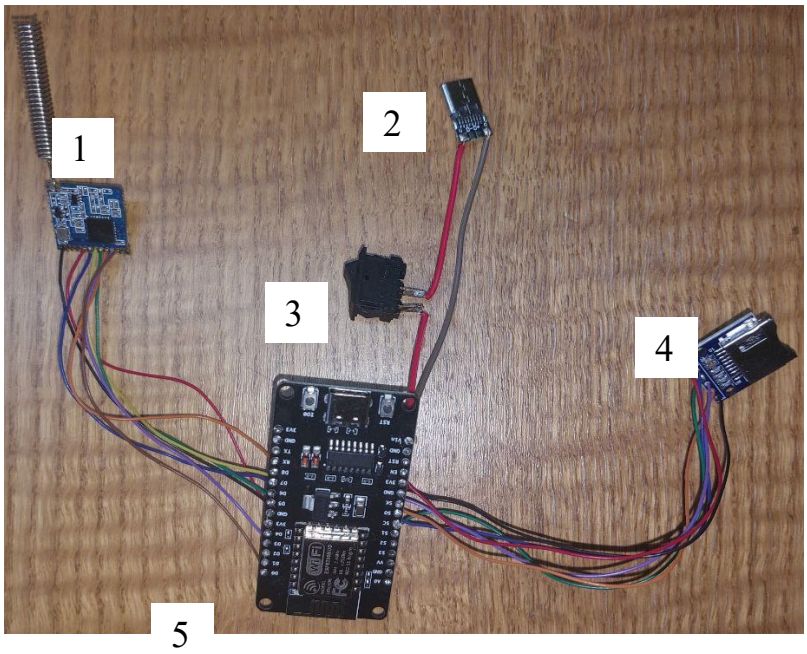


Рис. 3. Макет базовой станции:
1 - радиомодуль LoRa SX1278, *2* - разъем питания USB Type-C, *3* - выключатель, *4* - модуль microSD карты, *5* – плата NodeMCU v3 на базе микропроцессора ESP8266

Программа базовой станции настраивает радиомодуль LoRa в режиме приёма (рис.4). При наличии входящего пакета данные считываются и выводятся в последовательный порт, что позволяет в режиме реального времени отслеживать изменения климатических параметров на участке.

```
int packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) { //Если данные получены
  while (LoRa.available()) {
    Serial.print("Температура: ");
    char let = LoRa.read(); //Читаем посимвольно
    while(let != '$') { //Знак «$» используется как разделитель
      Serial.print(let);
      let = LoRa.read();
    }
    Serial.print("\nВлажность: ");
    let = LoRa.read();
    while(let != '$') {
      Serial.print(let);
      let = LoRa.read();
    }
    Serial.print("\n");
  }
}
```

Рис. 4. Фрагмент кода программы базовой станции

На рис. 5 монитора порта дистанционного модуля представлена информация, переданная через радиоканал LoRa и обработанная базовой станцией. В окне монитора видны строки с данными, содержащими показания температуры и влажности воздуха в реальном времени.

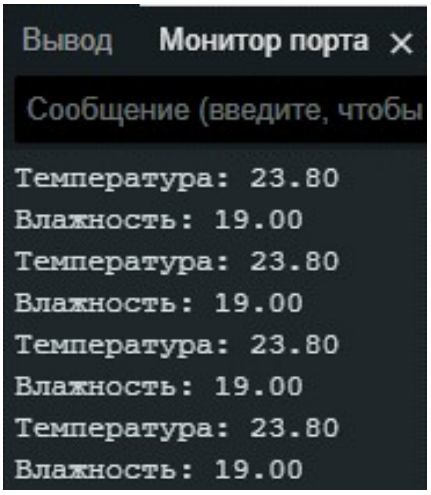


Рис. 5. Результат работы

При выводе указывается температура в градусах Цельсия и относительная влажность воздуха в процентах. Эти данные позволяют в режиме реального времени следить за изменениями климатических параметров, а также убедиться в корректности работы системы.

В ближайшее время планируется реализовать веб-интерфейс, который позволит просматривать данные с датчиков на мобильном устройстве или компьютере в локальной сети через браузер. Интерфейс будет интуитивно понятным и адаптивным, предоставляя пользователям возможность не только наблюдать за текущими показателями температуры и влажности, но и получать доступ к истории измерений. Это позволит анализировать изменения микроклимата на участке в динамике и принимать решения для создания оптимальных условий для растений.

Главным преимуществом предложенного решения является его простота, низкая стоимость и возможность адаптации под различные задачи. Такая система особенно актуальна для владельцев дачных участков, которые не имеют возможности постоянно находиться на месте, но хотят отслеживать условия выращивания растений и принимать своевременные меры при отклонении параметров от нормы.

Кроме того, система легко масштабируется и может быть расширена за счёт дополнительных измерительных модулей. Это делает её универсальной и гибкой платформой для развития в будущем. Например, можно подключить датчики влажности почвы, освещённости или давления.

Таким образом, разработанная система представляет собой практичное решение для частных пользователей, объединяющее в себе простоту,

надёжность и потенциал для дальнейшего развития. Она может стать основой для создания более сложных систем автоматизированного контроля микроклимата в садово-огородных хозяйствах.

Библиографический список

1. ***Баранова, А.В.*** Электроника: учебное пособие/ А.В. Баранова, В.И. Обухов, Н.П. Ямпурин. – М.: Академия, 2011. – 240 с.
2. **Сайт AlexGyver**. Уроки Arduino и робототехники. ESP8266. Начало работы, особенности [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://alexgyver.ru/lessons/esp8266/ (дата обращения: 15.03.2025).
2. **Сайт How to electronics**. Interfacing LoRa SX1278 with STM32 – Sender & Receiver [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://how2electronics.com/interfacing-lora-sx1278-stm32-sender-receiver/ (дата обращения: 15.03.2025).

МЕТОДЫ ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ И ВЕРИФИКАЦИИ ДАННЫХ В БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

А.О. Комаров, Д.С. Куравин, Т.В. Емельянова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, Арзамасский политехнический институт

В статье рассмотрены методы детерминированной синхронизации и верификации данных и применение их в беспилотных системах.

Ключевые слова: автономные системы, «гонки данных», методы детерминированной синхронизации, верификация, беспилотных системах реального времени

Развитие автономных систем – включая беспилотные автомобили и роботы – требует высокой надежности и предсказуемости программного обеспечения. Одной из ключевых проблем параллельного и распределённого программирования являются «гонки данных» – ошибки проектирования многопоточной системы или приложения, при которой работа системы или приложения зависит от того, в каком порядке выполняются части кода [1]. В системах реального времени подобные ошибки могут остаться незамеченными при тестировании и привести к фатальным сбоям при эксплуатации.

Автономные транспортные средства предъявляют высокие требования к вычислительным ресурсам и минимальной задержке по времени при обработке сенсорных данных и принятии решений. В современных автопилотах широко используются языки программирования Python и C++, каждый из которых обладает своими достоинствами и ограничениями. Настоящее исследование посвящено оценке эффективности языка программирования Python в системах автопилота для городского транспорта, а также обоснованию использования языка программирования C++ в критически чувствительных к задержкам местам в системах управления, таких как беспилотных летательных аппаратах (БПЛА).

В условиях городского движения современные автопилоты допускают задержку обработки данных в пределах 50-100 миллисекунд. Среднее время реакции человека на дорожную опасность составляет от 0.7 секунд до 1.5 секунд, что может привести к задержке торможения или манёвра автомобиля на 3-8 метров при скорости 60 км/ч [2]. Системы, написанные на языке программирования Python с аппаратным ускорением (например, через TensorRT), способны обрабатывать данные сенсоров и принимать решения в пределах 50-100 мс, что сокращает тормозной путь до 0,8-1,6 метров [3].

Система программирования Python демонстрирует высокую эффективность благодаря тесной интеграции с оптимизированными библиотеками языка программирования C++, такими как OpenCV и TensorRT, ускоряющими обработку изображений и нейросетевые вычисления. Кроме того, язык программирования Python удобен для реализации логики маршрутизации и принятия ре-

шений, что делает его популярным решением для разработки городских автопилотов.

Тем не менее, существуют критические сценарии, в которых использование языка программирования Python оказывается нецелесообразным. В частности, при управлении БПЛА требуется минимальная задержка времени принятия решений, вплоть до единиц микросекунд. В таких условиях необходима строгая детерминированность исполнения кода, чего сложно добиться при использовании языка программирования Python из-за наличия глобальной блокировки интерпретатора (GIL) и нестабильных временных характеристик.

Система программирования C++ является стандартом в системах реального времени, поскольку предоставляет прямой доступ к аппаратуре, работает без сборщика мусора и обеспечивает строгое соблюдение временных ограничений при выполнении задач. В случае БПЛА, где необходимо поддерживать частоту управления в диапазоне 100–1000 Гц, задержки, возникающие при использовании языка программирования Python, могут привести к потере устойчивости аппарата и аварии.

Причины возникновения «гонок данных» в автономных системах

«Гонки данных» представляют собой серьёзную проблему в автономных системах способную привести к непредсказуемому и опасному поведению. Ключевые причины их возникновения, следующие [4].

- Недостаточная или отсутствующая синхронизация доступа к общим ресурсам.

Когда несколько потоков одновременно работают с одними и теми же переменными или структурами данных без надлежащей синхронизации, возникает неопределённость порядка выполнения инструкций, что приводит к «гонкам данных»

- Использование многопоточных библиотек без гарантии последовательности операций.

Многие библиотеки для параллельного программирования не обеспечивают строгий порядок выполнения операций. Это становится причиной ситуации, когда потоки параллельно изменяют состояние системы, что ведёт к возникновению «гонок данных»

- Асинхронная обработка данных с различных сенсоров.

Автономные системы, как правило, собирают информацию с разных источников (камеры, лидары, инерциальные датчики IMU), которые работают с разной частотой и задержками. Без чёткой синхронизации обработка этих асинхронных потоков данных может привести к их несогласованности и «гонкам данных»

- Ошибки интеграции программных компонентов разных производителей.

Сложность автономных систем заключается в интеграции многочисленных программных модулей, созданных разными командами и

производителями. Различия в подходах к управлению памятью и потоками часто становятся причиной «гонок данных».

- Особенности используемых языков программирования.

Некоторые языки программирования имеют ограничения, затрудняющие реализацию настоящей параллельности. Например, в Python глобальная блокировка интерпретатора (Global Interpreter Lock, GIL) значительно усложняет работу с многопоточностью, что повышает вероятность возникновения «гонок данных».

Методы детерминированной синхронизации в автопилотируемых системах

В системах автопилота необходимо синхронизировать данные, поступающие от различных сенсоров (камеры, лидара, IMU), чтобы избежать конфликтов и потери информации. Для обеспечения детерминированного поведения автономных систем применяются следующие методы:

- локальная синхронизация через детерминированные очереди событий (например, lock-free очереди с приоритетами);
- глобальное управление потоками через граф задач с временными ограничениями;
- реализация логических часов (Lamport timestamps) для упорядочивания событий;
- технические средства: реализация детерминизма на уровне операционной системы (например, RTOS с приоритетным планированием).

Приведём примеры на языке Python.

В методе локальной синхронизации через детерминированные очереди событий используется библиотека threading.Lock, которая может применяться для простых сценариев с небольшим числом потоков, однако блокирует выполнение других задач в ожидании освобождения ресурса.

```
import threading

class SteeringControl:
    def __init__(self):
        self.angle = 0
        self.lock = threading.Lock()

    def update_angle(self, new_angle):
        with self.lock:
            self.angle = new_angle
```

Примеры:

- Конфликт при записи управляющих сигналов: два потока одновременно изменяют целевой угол поворота руля (например, адаптивный круиз-контроль и система уклонения от препятствий).

Решение: Использование threading.Lock или threading.RLock для атомарной записи угла поворота.

- Состояние «гонки» в системе диагностики: одновременно записываемые и считываемые ошибки могут быть неполными или искажёнными.

Решение: Использование threading.Lock для защиты критического ресурса.

```
class ErrorLogger:
    def __init__(self):
        self.errors = []
        self.lock = threading.Lock()

    def log_error(self, error_code):
        with self.lock:
            self.errors.append(error_code)

    def get_errors(self):
        with self.lock:
            return list(self.errors)
```

При глобальном управлении потоками через граф задач с временными ограничениями используется метод применения очередей (queue.Queue), который обеспечивает безопасную передачу данных между потоками, однако увеличивает задержки из-за необходимости хранения промежуточных данных.

Пример:

- «Гонка данных» при обновлении карты маршрута: одновременное чтение и запись маршрута может привести к устаревшей или повреждённой карте.

Решение: Использование queue.Queue для согласованного обновления маршрута.

```
import queue

route_queue = queue.Queue()

def update_route(new_route):
    route_queue.put(new_route)

def get_latest_route():
    while not route_queue.empty():
        latest_route = route_queue.get()
    return latest_route
```

При реализации детерминизма на уровне операционных систем использу-

ется метод Callback Groups в среде ROS 2, позволяющий управлять выполнением колбэков сенсоров в автономных системах, предотвращая «гонки данных».

В среде ROS 2 данные от камеры и лидара могут быть синхронизированы с использованием групп колбэков.

Пример синхронизации камеры и лидара в ROS 2:

```
from rclpy.callback_groups import MutuallyExclusiveCallbackGroup

class SensorNode(Node):
    def __init__(self):
        super().__init__('sensor_node')

        # Группа колбэков для синхронизации
        self._group = MutuallyExclusiveCallbackGroup()

        # Подписки (будут выполняться последовательно)
        self.create_subscription(Image, '/camera', self._camera_cb, 10, call-
back_group=self._group)
        self.create_subscription(PointCloud2, '/lidar', self._lidar_cb, 10,
callback_group=self._group)

    def _camera_cb(self, msg):
        self._latest_image = msg  # Данные камеры

    def _lidar_cb(self, msg):
        self._latest_lidar = msg
        self._process_fusion()  # Только после получения обоих сенсо-
ров!

    def _process_fusion(self):
        if hasattr(self, '_latest_image'):
            fused_data = fuse(self._latest_image, self._latest_lidar)
            self._publish_result(fused_data)
```

Формальная верификация и анализ «гонок данных»

Для предотвращения и выявления «гонок данных» применяются различные формальные и аналитические методы, которые позволяют существенно повысить надежность и безопасность автономных систем.

Важную роль играет моделирование поведения системы на этапе проектирования с использованием языков формальной спецификации, таких как TLA+ [5] и Promela. Эти языки позволяют абстрактно описать систему и её поведение, выявить возможные состояния гонок данных ещё до этапа написания кода.

Также важен всесторонний анализ межпоточных зависимостей. В этом контексте применяется статический и динамический анализ при помощи специализированных инструментов. Инструменты такие как ThreadSanitizer и Helgrind проводят автоматизированную проверку кода, выявляя потенциальные «гонки данных» и ошибки синхронизации на ранних этапах разработки.

Эффективным методом обнаружения скрытых проблем является символическое исполнение [6]. Данный метод заключается в исследовании всех возможных путей выполнения программы при помощи символических переменных вместо конкретных значений, что помогает обнаруживать скрытые ошибки, включая «гонки данных», в условиях неопределённости исполнения.

Дополнительную информацию о поведении системы в условиях интенсивной нагрузки дают стресс-тесты с введением искусственных задержек и моделированием высокой нагрузки. Такие тесты выявляют проблемы синхронизации и «гонки данных», которые зачастую не обнаруживаются в обычных условиях эксплуатации.

Помимо указанных ранее методик, эффективность анализа «гонок данных» существенно возрастает при использовании формальной верификации с инструментами, такими как SPIN и NuSMV, позволяющими проводить автоматическое доказательство корректности многопоточного программного обеспечения. Дополнительно разрабатываются специализированные тестовые сценарии, которые моделируют ситуации конкуренции потоков и критические состояния в системе.

Применение современных инструментов визуализации и анализа потоков, таких как Intel VTune или Concurrency Visualizer, обеспечивает выявление не только гонок данных, но и проблем производительности и синхронизации. Комплексное использование указанных формальных, аналитических и тестовых методов позволяет значительно снизить риск возникновения «гонок данных», повысить надёжность и безопасность функционирования автономных систем.

Применение в беспилотных системах реального времени

В беспилотных системах (БПЛА, промышленные роботы и автономные транспортные средства) строгое соблюдение детерминизма является критическим требованием. Любые отклонения во временных характеристиках могут привести к сбоям, потере управления или аварийным ситуациям, что требует точного контроля выполнения задач и прогнозируемости работы всех подсистем. Для достижения необходимого уровня детерминизма применяются комплексные решения, включающие как аппаратные, так и программные средства. Одним из таких решений является использование платформы ROS2 [7] с поддержкой реального времени, интегрированной с технологией передачи данных Data Distribution Service (DDS). DDS обеспечивает надёжную, своевременную и предсказуемую коммуникацию между компонентами системы, минимизируя задержки и неопределенность в передаче критически важной информации. Другой важный подход заключается в точном распределении вычислительных задач по отдельным ядрам процессора с

заранее заданными приоритетами и чётким расписанием выполнения. Такой метод позволяет значительно снизить вариабельность временных характеристик выполнения задач, обеспечивая стабильность и высокую степень контроля над поведением системы.

Особую важность представляет аппаратная реализация наиболее критичных и чувствительных к задержкам алгоритмов на базе FPGA (Field Programmable Gate Arrays). Реализация алгоритмов непосредственно на аппаратном уровне посредством FPGA обеспечивает минимальные возможные задержки, высокую степень предсказуемости и существенно превосходит программные аналоги по скорости и надёжности работы.

Ещё одним способом обеспечения детерминизма являются операционные системы реального времени (RTOS). RTOS обеспечивают гарантированную и оперативную реакцию системы на внешние и внутренние события за счет эффективных механизмов управления задачами, прерываниями и планирования ресурсов. Использование RTOS актуально в критических системах, требующих высокой надежности и стабильности при изменяющихся внешних условиях и нагрузках.

Дополнительные подходы, такие как специализированные сетевые технологии с гарантированной задержкой (например, Time-Sensitive Networking, TSN), а также методы аппаратного ускорения вычислений (например, использование GPU), позволяют дополнительно повысить точность, производительность и надёжность функционирования автономных систем.

Комплексное использование указанных решений существенно повышает уровень детерминизма, надежности и общей безопасности современных беспилотных систем, обеспечивая их эффективное функционирование в условиях строгих требований к реальному времени.

Выводы

«Гонки данных» остаются серьёзным вызовом для разработчиков автономных систем. Применение методов детерминированной синхронизации и формальной верификации позволяет существенно снизить риск возникновения таких ошибок и повысить безопасность автономных систем. Python обладает рядом преимуществ перед C++ при разработке нейросетей и систем машинного обучения. К ним относятся простота и скорость разработки, широкий выбор библиотек (PyTorch, TensorFlow), а также гибкость и удобство модификации алгоритмов и моделей. Однако в системах, требующих минимальной задержки и максимального контроля, таких как БПЛА, предпочтительным остается C++. Не смотря на сложность разработки, скорость работы программы будет выше, что подходит для чувствительных к задержкам системам.

Наиболее перспективным подходом является комбинированное использование обоих языков, где Python решает задачи высокого уровня и машинного обучения, а C++ обеспечивает детерминированность и надежность критических компонентов.

Система программирования Python демонстрирует высокую эффективность в системах автопилота городских автомобилей благодаря быстродействию при обработке данных сенсоров и предсказуемости в принятии решений. Однако для систем, требующих минимальных задержек и строгой детерминированности выполнения кода, таких как БПЛА, предпочтительны остаётся язык программирования C++, обеспечивающий высокую производительность, точность временных характеристик и полный контроль над аппаратным обеспечением.

Библиографический список

1. **Lee, E. A.** The problem with threads //Computer. – 2006. – Т. 39. – №. 5. – С. 33-42.
2. **Green, M.** " How long does it take to stop?" Methodological analysis of driver perception-brake times //Transportation human factors. – 2000. – Т. 2. – №. 3. – С. 195-216.
3. **Fridman, L.** Human-centered autonomous vehicle systems: Principles of effective shared autonomy //arXiv preprint arXiv:1810.01835. – 2018.
4. Lu S. et al. Learning from mistakes: a comprehensive study on real world concurrency bug characteristics //Proceedings of the 13th international conference on Architectural support for programming languages and operating systems. – 2008. – С. 329-339.
5. **Merz, S.** The specification language TLA+ //Logics of specification languages. – 2008. – С. 401-451.
6. **Ibing, A**. Efficient data-race detection with dynamic symbolic execution // 2016 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS). – IEEE, 2016. – С. 1719-1726.
7. Maruyama Y., Kato S., Azumi T. Exploring the performance of ROS2 //Proceedings of the 13th international conference on embedded software. – 2016. – С. 1-10.