

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)

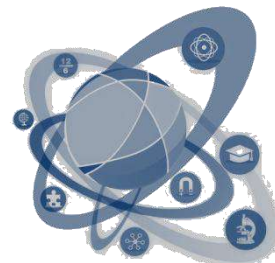
АРЗАМАССКАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННИКОВ И ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ

АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ г. АРЗАМАС

НАУКА МОЛОДЫХ

СБОРНИК ТРУДОВ

ХVII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ



© Нижегородский государствен-
ный технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2024

Нижний Новгород, 2024

УДК 338: 316: 34

ББК 65+60+67

Наука молодых: сборник статей по материалам XVI Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2024. – 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. – 100 экз.

Настоящий сборник включает в себя статьи студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей высших учебных заведений, руководителей и специалистов предприятий ОПК, основанные на докладах XVII Всероссийской научно-практической конференции «Наука молодых», прошедшей 20-21 ноября 2024 г. в г. Арзамасе. Среди авторов – ученые из городов Арзамас, Саратов, Казань, Муром, Кириши, Жуковский и др. Статьи охватывают научные направления, связанные с актуальными проблемами технических наук.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ответственный редактор – кандидат технических наук,
доцент М.В. Кангин,
ведущий инженер отдела ПР А.А. Чучкова,
специалист по связям с общественностью Е.Д. Филина,
кандидат технических наук, доцент А.А. Гуськов,
кандидат технических наук, доцент Н.М. Прис,
кандидат технических наук, доцент Н.В. Жидкова,
доктор физико-математических наук, профессор П.В. Пакшин,
кандидат экономических наук, доцент Е.Г. Моисеева,
кандидат физико-математических наук, доцент Т.Е. Эварт

Редактор О.В. Пугина

Электронное издание подготовлено ЦДОТ НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
компьютерная верстка С.А. Зубкова

ISBN 978-5-502-01862-3

Адрес издающей организации:

НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

<i>Алексеев М.В., Филина Е.Д., Чучкова А.А.</i> Исследование параметров печати литейных форм методом «Безмодельного производства форм» при изготовлении детали «Корпус»	6
<i>Барышев А.А.</i> Повышение эксплуатационных свойств натяжителя на примере модернизации детали «Основание»	10
<i>Безрукова С.Ю.</i> Использование средств имитационного моделирования для анализа подвижных полимерных объектов	15
<i>Бодрова Т.Н., Ильичев Н.О.</i> Модернизация конструкции детали «Вибратор» для обеспечения эксплуатационных параметров	22
<i>Лаптев А.Д., Егоркин О.В.</i> Опыт применения редукторов различного типа при проектировании роботов	27
<i>Подуздигов Р.Ю.</i> Разработка технологии нанесения коррозионностойкого покрытия на основе композиции «Экомет»	32
<i>Рыжов Д.Р., Кангин А.М., Логвинова А.А.</i> Разработка конструкции изделия «Экзоскелет» с использованием САПР-систем	37
<i>Усимова А.А., Щеглетов К.А., Лашкин В.В.</i> Оптимизация литниковой системы оснастки для литья пластмасс с целью повышения качества изделия. Часть 1. Обзор источников и постановка цели исследований	40
<i>Усимова А.А., Щеглетов К.А., Лашкин В.В.</i> Оптимизация литниковой системы оснастки для литья пластмасс с целью повышения качества изделия. Часть 2. Исследование процесса литья методом численного моделирования	44
<i>Щеглетов К.А.</i> Анализ способов обеспечения герметичности нагруженных подвижных цилиндрических соединений деталей	49

Секция 2. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

<i>Гущин К.О., Кечин Е.С.</i> Анализ вычислительных средств для решения задач навигации	53
<i>Ермократьева А.Д.</i> Исследование волоконно-оптических гироскопов для малогабаритной пилотажной системы	59
<i>Ермолин С.О.</i> Сравнительный анализ оптических каналов передачи данных и bluetooth	65
<i>Зубков Н.В.</i> Разработка автоматизированной расчётной модели роторной системы газотурбинного двигателя	71
<i>Лямин Е.А.</i> Исследование инфракрасного датчика температуры MLX90614	77
<i>Мельникова Я.О.</i> Модуль обработки данных системы оценки грузоподъемности транспортного средства	80
<i>Панкратов И.А., Куприн А.А.</i> Результаты статистического анализа производства зеркал для лазерного гироскопа ЛГ-2В 2023 г.	85
<i>Раков А.Ю., Сучкова К.С.</i> Способы повышения точности поплавкового гироскопа	90
<i>Шергин В.В.</i> Опыт применения миниатюрного магнитного энкодера для повышения точности позиционирования шагового двигателя	97

Секция 3. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

Базаркин М.Ю. Проектирование электронного блока управления отопительной системы автомобиля	103
Блохин С.Е. Проектирование модуля управления бесколлекторным электродвигателем	108
Бобченко М.А., Морозов Н.Д., Сычёв К.С. Сравнительный анализ характеристик сервоприводов для применения в исполнительных механизмах автотранспорта	112
Виноградов И.Д., Гуськова Ю.А. Анализ устройств подавления БПЛА и сценарии их применения	119
Гуськов Г.А., Вальков А.Н. Система мониторинга климатических параметров приусадебного участка	125
Дудоров М.А. Проектирование переносного бактерицидного рециркулятора	130
Клоков И.И., Раков А.Ю. Обеспечение электромагнитной совместимости авиационных информационно-измерительных систем	134
Костин М.Е. Разработка блока авиамодельного высотомера с цифровым индикатором	142
Кузель Е.М. Проектирование модуля доверенной загрузки виртуальной среды передачи данных	147
Малованов А.И. Исследование теплового режима и динамических характеристик конструкции печатного узла цифрового регулятора мощности	151
Мицура Н.В. Реализация блока управления шаговыми электродвигателями	156
Селезнев В.А. Разработка генератора питания гироскопического датчика угла	161
Силаев Е.В. Разработка печатного узла генератора управляющих импульсов	167
Сударев Е.В. Разработка блока системы сбора данных	173
Тюльтин И.Е., Тужилкин А.А., Червяков Д.А., Сычёв К.С. Сравнительный анализ типов направленных микрофонов	177
Юлина Е.А. Исследование теплового режима печатного узла усилителя обратной связи в системе имитационного моделирования ANSYS ICEPAK	183
Родимова М.А. Исследование магнитоэлектрического датчика момента компенсационного МЭМС акселерометра в программном комплексе ANSYS MAXWELL	187

Секция 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ

Андрянов И.А., Емельянов В.А. Разработка сценариев движения объекта..	193
Бочкарева М.Д. Возможный способ взаимной юстировки астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы	197
Бочков В.С. Уточнение навигационных параметров по измерениям оптической системы	203

<i>Кашаев Д.А.</i> Разработка пожарной охранной системы складов компании «Вкусный мир»	210
<i>Клочкова Е.В., Маркин И.Д.</i> Моделирование информационной системы контроля характеристик подвижного объекта в режиме реального времени ..	214
<i>Королев С.В., Филина Е.Д.</i> Разработка сайта для учреждения дополнительного образования	219
<i>Косенков А.С.</i> Разработка информационной системы учета электронной компонентной базы промышленного предприятия	224
<i>Маркин И.Д., Клочкова Е.В.</i> Разработка централизованной информационной системы управления доставками	229
<i>Маслов И.А.</i> Автоматизация функций, применяющихся при проверке блока акселерометра на поворотном стенде	233
<i>Писаревский Д.А., Прохоров М.М.</i> Проектирование цифрового блока дистанционно управляемой платформы	236
<i>Тихонов Н.А., Юнюшкин С.В.</i> Разработка информационной системы дошкольного образовательного учреждения	241
<i>Харитонов Л.С.</i> Разработка C++-библиотеки для визуализации данных из консольных приложений с помощью GNUPLOT	247
<i>Юнюшкин С.В., Тихонов Н.А.</i> Моделирование приложения заказа готовых блюд с возможностью онлайн-оплаты	251

Секция 5. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ

<i>Мякишева Е.Н.</i> Электронное учебное пособие по физике для студентов вузов: от теории к практике	256
<i>Скрябин М.И., Емельянов В.А.</i> Электронное учебное пособие по теме«Кратные интегралы».....	262
<i>Гуськов Г.А., Мясников Е.Д.</i> Разработка графического калькулятора	267
<i>Куклин А.Н., Гуськова Ю.А., Сысолятин Е.С.</i> Разработка развивающего проекта для детей с особенностями развития	272
<i>Самарин Д.А., Гуськов Г.А.</i> Цифровая образовательная платформа для изучения ARDUINO	277
<i>Серова Е.Р.</i> Командный тест по программированию в scilab как средство контроля знаний	281

Секция 1. ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕЧАТИ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ МЕТОДОМ БЕЗМОДЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ФОРМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛИ «КОРПУС»

М.В. Алексеев¹, Е.Д. Филина², А.А. Чучкова²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева

¹магистрант, e-mail: maks9011@yandex.ru

²студенты, e-mail: kattya.malynina@yandex.ru, chuchkova.A.A@yandex.ru

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Научный руководитель: Кангин М.В., к.т.н., доцент

В статье рассмотрен вопрос исследования влияния параметров печати методом безмодельного производства форм на свойства литейных форм.

Ключевые слова: 3D-модель; печать, литейные формы.

В настоящее время на машиностроительных предприятиях широко применяется получение литейных форм методом 3D-печати «Безмодельное производство форм».

Благодаря применению 3D-печати появляется возможность быстрого изменения конфигурации литниковой системы и самих литейных форм в процессе отработки технологии литья, при этом обеспечивается снижение веса отливок, уменьшение припуска на механическую обработку и повышение качества отливок.

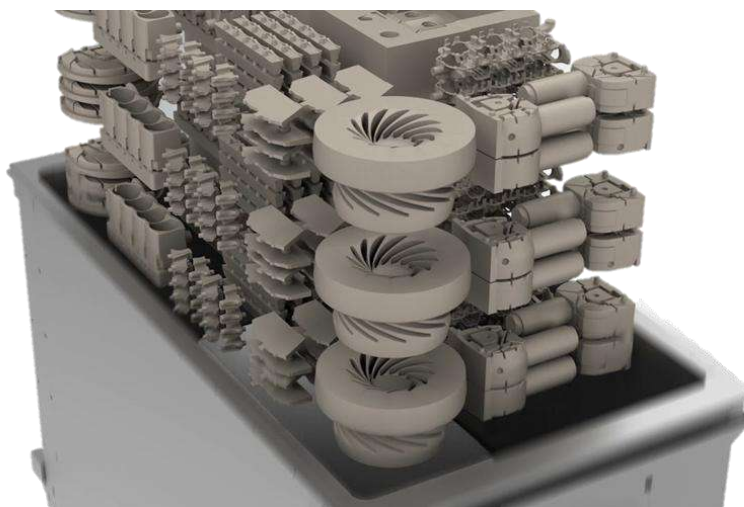


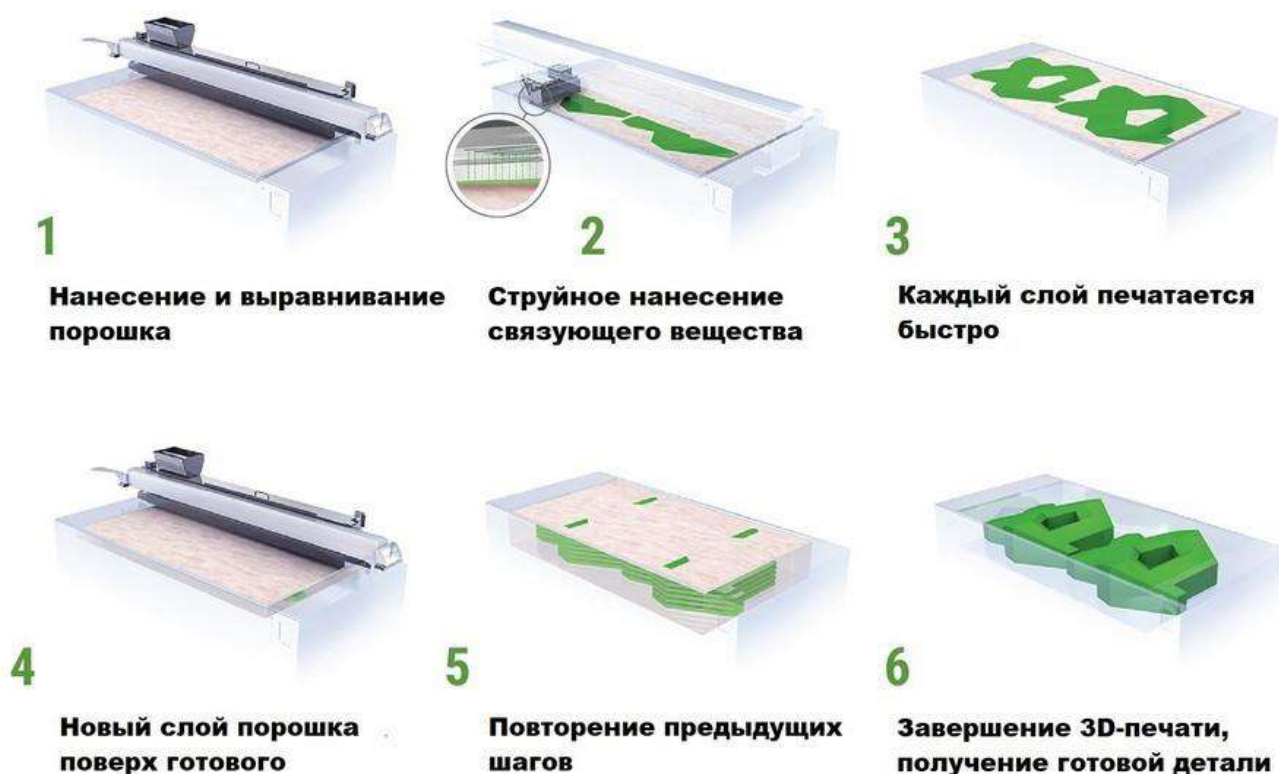
Рис. 1. Расположение форм в бункере принтера после завершения печати

Современные 3D-принтеры обеспечивают высокую скорость печати – до 125 л/час (20 с/слой), что позволяет использовать их в серийном производстве, также они обеспечивают точность печати в 300 микрометров и погрешность готовой отливки в пределах 0,3 мм. 3D-принтер позволяет использовать сырьё отечественного производства.

Также достоинством данной технологии является возможность повторного использования песка, который исполнял функцию поддержки, и отсутствие необходимости в складских помещениях для хранения оснастки. Все сказанное подчеркивает необходимость разработки технологических режимов печати литейных форм на 3D-принтере.

Принцип работы 3D-принтера

Печать песком начинается с того, что чистый песок наносится на дно бункера и выравнивается в тонкий слой. В 3D-печати используется специальная головка, которая наносит материал на песок в соответствии с моделью объекта, а песок, который не участвует в построении объекта, играет роль поддержки во время печати. Данный процесс повторяется слой за слоем до завершения печати.



Основные параметры печати

1. Одним из основных параметров печати является толщина слоя наносимого песка. Значение может быть задано от 0,3 мм до 1,0 мм. От него зависит

точность готовой отливки и длительность работы принтера – соответственно, чем меньше толщина слоя, тем точнее получается, но дольше длится печать.

2. Следующий параметр – это количество смолы, которое наносится на песок, варьируется от 50% до 100% и влияет на прочность готовых форм. При увеличении подачи смолы (70-80%) прочность форм на разрешении 300 dpi и толщине слоя 0,3 мм практически не меняется.

Объем связующей смолы можно регулировать, например, для изменения твердости стержней, чтобы они имели возможность саморазрушаться во время усадки для легкой очистки отливки от песка. Также объем веществ в смеси дает возможность получения форм для литья полимеров и металлов при более низких температурах. Это расширяет возможности 3D-принтера и позволяет использовать более широкий спектр материалов.

Также разные части формы могут быть отпечатаны с разным объемом связующего.

3. Температура в рабочей камере при печати песком влияет на термическое напряжение готовой формы. Высокая температура помогает снизить термическое напряжение, но слишком высокий нагрев негативно влияет на готовое изделие, которое может легко деформироваться. Если температура во время печати слишком низкая, а материал охлаждается слишком быстро, термическое напряжение увеличивается и также вызывает деформацию продукта [2].

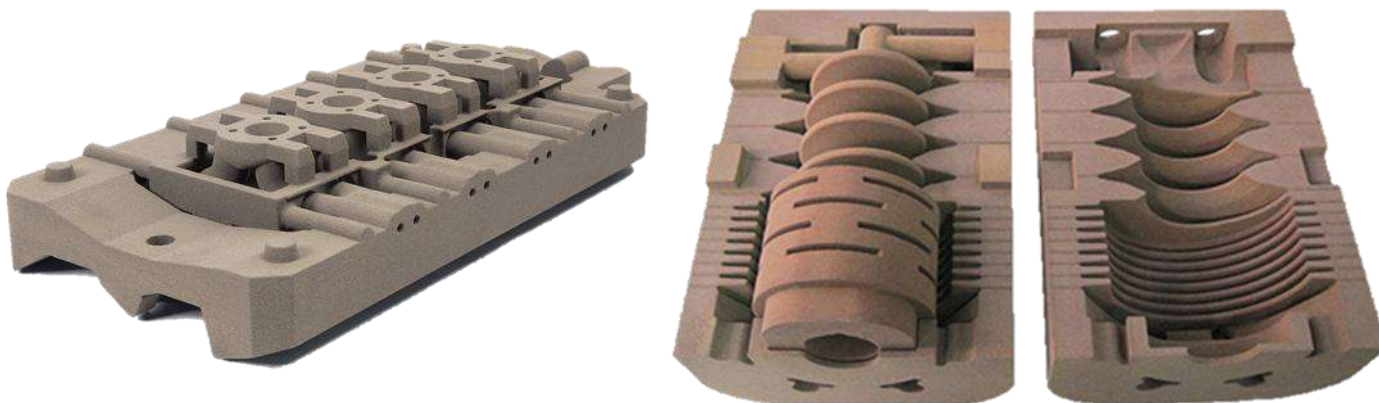


Рис. 2. Формы, напечатанные на 3D-принтере

Таким образом, использование 3D-принтера позволяет существенно упростить и ускорить процесс разработки конструкции и изготовления литейных форм.

Библиографический список

1. Бучельникова, Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : элек-

тронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 04.11.2024).

2. От чего зависит точность 3D-печати / ООО "ДВИГАТЕЛЬ ПРОГРЕССА" - URL: <https://lider-3d.ru/blog/stati/ot-chego-zavisit-tochnost-3d-pechati/> дата обращения: 04.11.2024).

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НАТЯЖИТЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЕТАЛИ «ОСНОВАНИЕ»

А.А. Барышев¹

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹магистр, Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: baryshev052@mail.ru
Научный руководитель: Архипова А.В., к.х.н., доцент, anne.arkhipova@mail.ru

В статье представлены результаты исследований эксплуатационных свойств натяжителя на примере модернизированной детали «Основание». Дан анализ причин появления эффекта трещинообразования. Проведен прочностной анализ зоны натяга базовой конструкции. Представлено обоснование изменения геометрии и технологии изготовления отверстий в конструкции. Приведены результаты расчета модернизированной детали «Основание».

Ключевые слова: контактная пара «Основание-Ось», натяжитель ремня, величина натяга, трещинообразование, программное обеспечение SolidSimulation, прочностной расчет, модернизация конструкции.

В рамках данного исследования определяется необходимый уровень натяга в контактной паре «Основание-Ось» для обеспечения необходимого уровня контактной силы, удерживающей изделие от раскрытия. Объектом исследования является изделие автомобильной промышленности «Натяжитель плоского ремня» (рис. 1, 2).

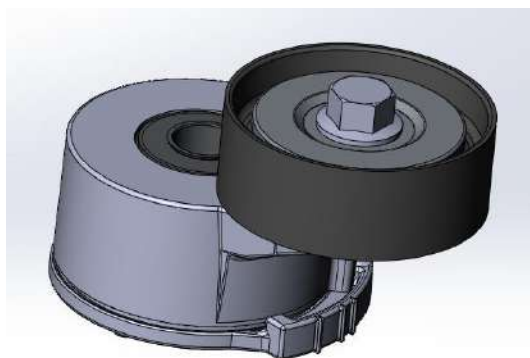


Рис. 1. Натяжитель ремня



Рис.2. Конструкция натяжителя в разнесенном виде

Проблемное место конструкции – место запрессовки детали «Ось» и детали «Основание». При сжатии пружины возникает усилие, стремящееся разнести половинки корпуса изделия, вырвать ось из места запрессовки в детали «Основание». В базовой конструкции появлялись трещины от излишнего натяга в зоне запрессовки. Появление трещин приводило к ослаблению места натяга и дальнейшему разрушению изделия под действием силы пружины. Слабая ве-

личина натяга в месте контакта деталей не приводила к надежной фиксации, что также приводило к разрушению.

Для проведения исследования было сгенерировано статическое исследование в программном обеспечении Solid Simulation. В результате выполнения расчета при исследовании базовой конструкции были получены следующие данные. Как видно по эпюре максимальные напряжения равны 8156,438 МПа, что существенно превышает пределы прочности и текучести материалов (рис. 3). Но необходимо отметить, что данные напряжения возникают локально. В детали «Основание» возникает напряжение 3096,248 МПа, что также превышает предел прочности материала детали (рис. 4).

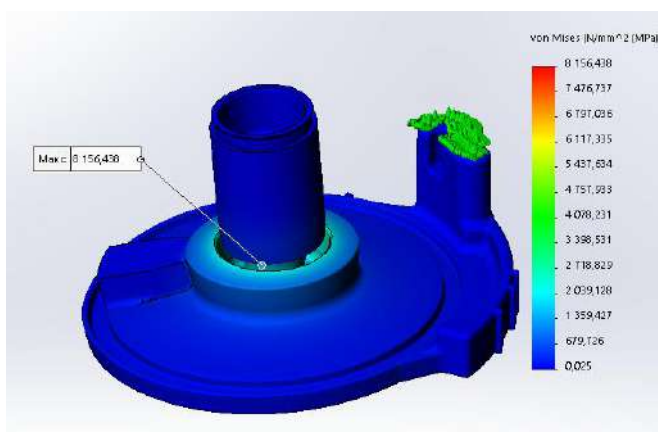


Рис. 3. Эпюра напряжений в глобальной постановке

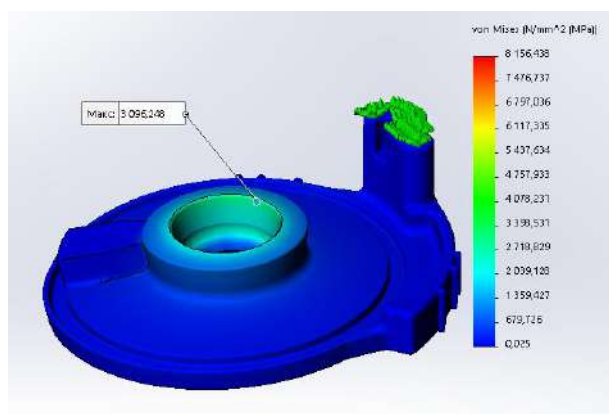


Рис. 4. Эпюра напряжений в глобальной постановке

Рассмотрим объем точек, которые могут быть подвержены разрушению (рис. 5). Напряжения превышают предел прочности 300 МПа. Как видно из эпюры, данный объем равен 7,96%, что существенно для данной конструкции. Именно на детали «Ось» возникает максимальное напряжение (рис. 6). Объем точек, превышающих предел прочности материала 412 МПа, равен 7,85%.

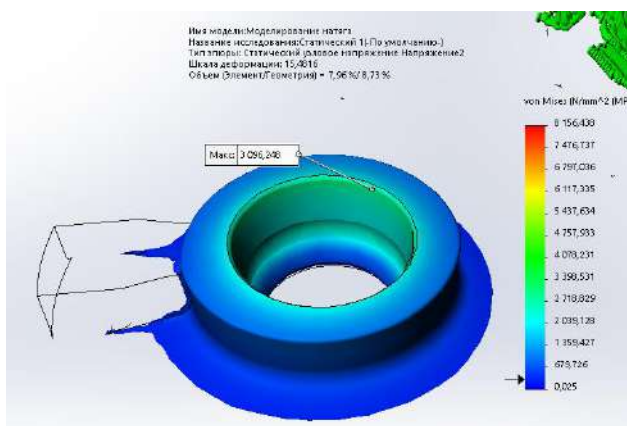


Рис. 5. Объем точек, подверженных разрушению

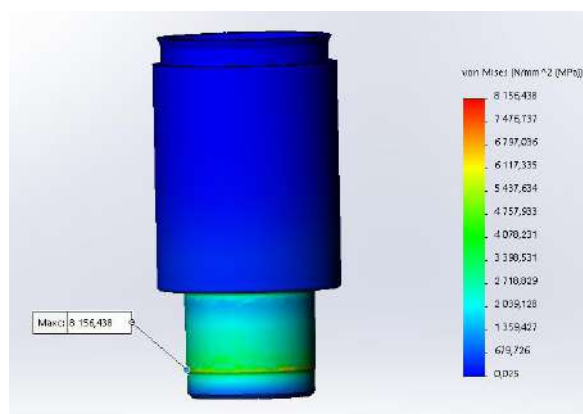


Рис. 6. Напряжения в детали «Ось»

Как видно из расчетов, в зоне контакта возникает усилие 13681 Н, что существенно превышает вызываемое пружиной усилие сжатия (рис. 7).

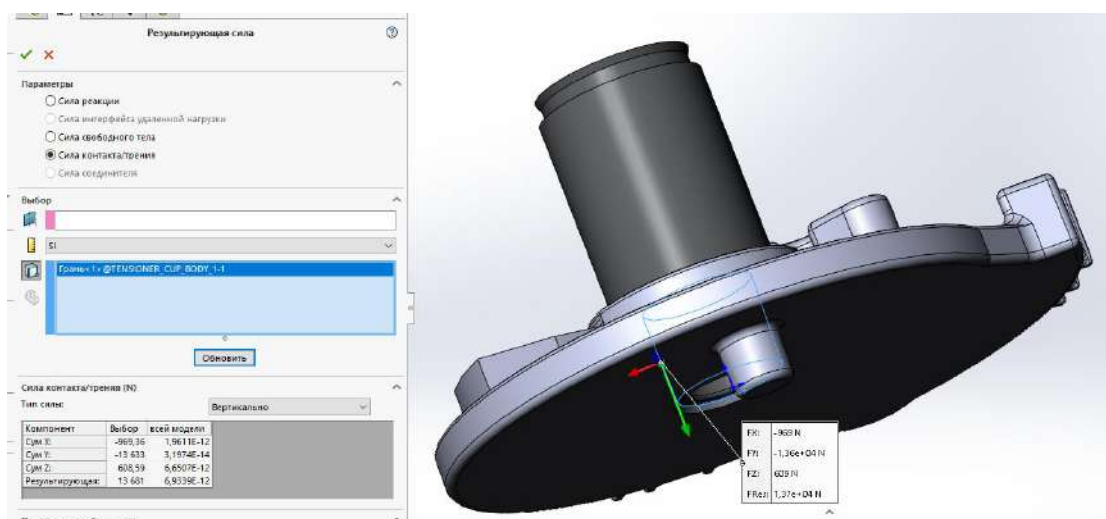


Рис. 7. Силы, возникающие в зоне контакта

Необходимо отметить параметры пружины, которая используется в конструкции (рис. 8). В рабочем состоянии пружина находится в сжатии до 25 мм, то есть сила, которую данная пружина обеспечивает, равна 1161 Н.

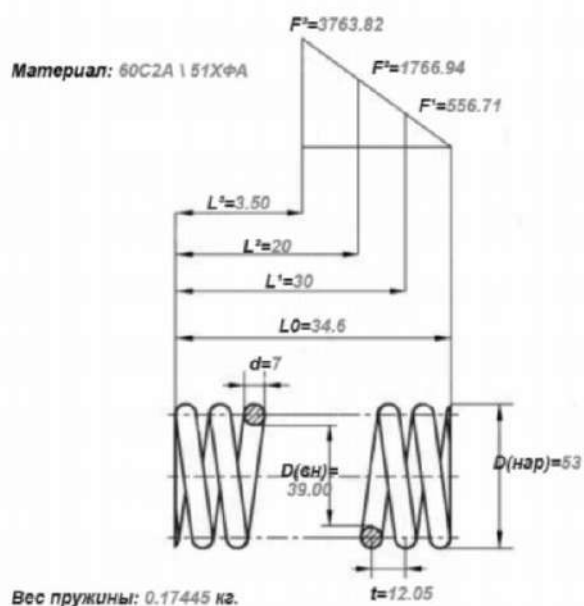


Рис. 8. Параметры пружины

Таким образом, если сравнить полученную в результате расчета силу с данными пружины, то можно сказать, что в конструкции используется излишний натяг и возможна оптимизация места соединения.

В результате проведения исследования базовой конструкции было определено, что в ней присутствует излишний натяг, вызывающие трещинообразо-

вание и как следствие разрушение изделия. Для удержания конструкции в рабочем состоянии требуется усилие в 2322 Н (с коэффициентом запаса 2), а сила в зоне контакта равна 13681 Н. Таким образом, требуется оптимизация величины натяга для снижения уровня трещинообразования и необходимого уровня работоспособности изделия.

Исследование модернизированной конструкции проводилось по указанной методике, но с измененными геометрическими параметрами. Материал деталей, способ закрепления, параметры контактирования, качество сетки аналогичны исследованию базовой конструкции натяжителя.

В результате расчета модернизированной конструкции были получены следующие данные. Величина напряжения равна 5996,609 МПа (в базовом варианте – 8156,438 МПа) (рис. 9). Произошло достаточное уменьшение величины возникающих контактных напряжений. Величина напряжения в детали «Основание» равна 1500,439 МПа (рис. 10). В базовом варианте – 3096,248 МПа, что превышает предел прочности материала детали

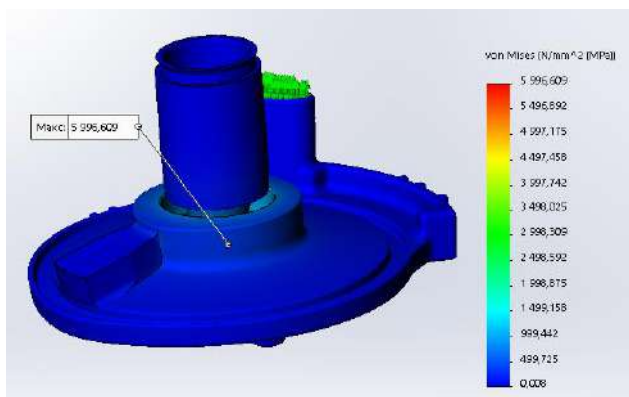


Рис. 9. Эпюра напряжений модернизированной конструкции

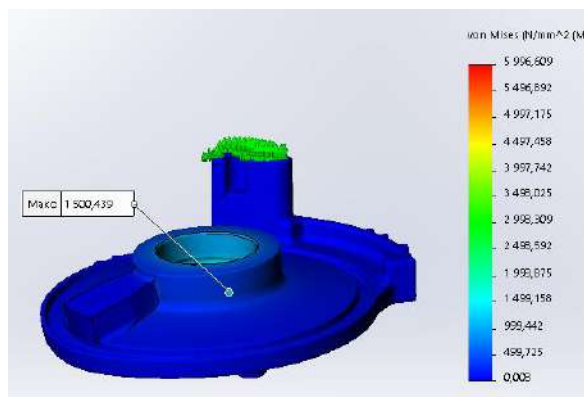


Рис. 10. Напряжения в детали «Основание»

Оптимизация детали коснулась и технологии получения отверстия. В базовой конструкции отверстие в детали «Основание» было цилиндрическим и имело диаметр 14,4 мм, в модернизированной конструкции отверстие стало конусным и изменяется от 14,57 мм до 14,77 мм. Предполагается, что данное отверстие будет получаться напрямую из пресс-формы для литья под давлением.

Модернизация конструкции детали «Основание» приведет к снижению процента брака от дефекта трещинообразования с 0,05 до 0,012% и повысит качество изделия «Натяжитель».

Библиографический список

1. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванова, В.А. Финогенов. – М.: Высшая школа, 2005. – 406 с.

2. Павленко, А.П. Аналитические и численные методы прочностного анализа и проектирование автомобильных конструкций: учебное пособие / А.П. Павленко, В.И. Никишин. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015.– 129 с.
3. ГОСТ Р ИСО 12046-2017 «Ремни приводные синхронные для автомобилей» / М.: Стандартинформ, 2017. – 12 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПОДВИЖНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

С.Ю. Безрукова^{1,2}

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,
Магистрант,

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

²АНО ДПО «Центр новых форм развития образования» структурное подразделение мобильный технопарк «Кванториум», заместитель руководителя
Россия, Нижегородская обл., городской округ ЗАТО город Саров,
ул. Парковая, д. 8;
e-mail: sb161@yandex.ru

Научный руководитель: Прис Н.М, к.т.н., доцент, pris@apingu.edu.ru

Статья показывает использование средств имитационного моделирования в программном обеспечении Solid Simulation для анализа защелки детали «Фиксатор». В представленном материале подробно рассматривается методика расчета на основе нелинейного анализа полимерных материалов.

Ключевые слова: фиксатор, защелка, нелинейный анализ, Solid Simulation.

Разработка деталей, изготовленных из полимерных материалов, ставит перед инженером-конструктором новые задачи, связанные с подвижными элементами деталей, такими как защелки, места перегиба и т.д.

Для анализа таких элементов необходимо использовать комплекс программ на основе деления исследуемой конструкции на конечные элементы. При проектировании и расчете полимерных деталей необходимо балансировать на грани прочности и жесткости детали, так как полимер имеет другие свойства по сравнению с обычным металлом.

В статье рассматривается деталь «Фиксатор» (рис. 1).

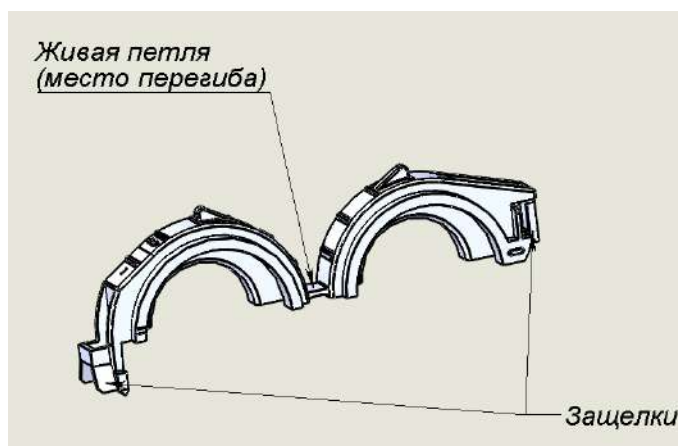


Рис. 1. Фиксатор с защелками и с «живой» петлей и защелкой

Для расчета поведения защелки в момент фиксации необходимо выполнить нелинейный анализ в программе Solid Simulation. Расчетная модель представлена на рис. 2.

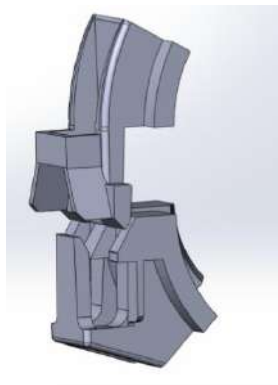


Рис. 2. Расчетная модель узла защелки для нелинейного анализа

Для учета нелинейного поведения конструкции в программном обеспечении Solid Simulation необходимо первоначально задать материалы деталей, входящих в исследуемую сборочную единицу (рис. 3) [1].

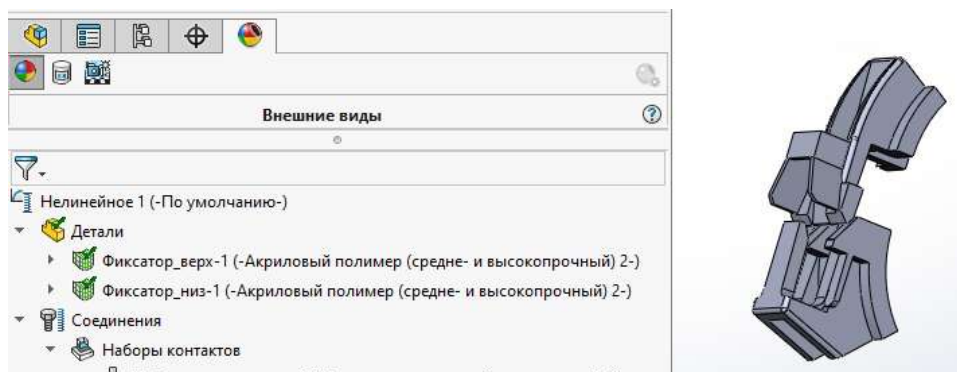


Рис. 3. Материал фиксатора (элемент защелок)

Далее необходимо задать поверхности жесткого закрепления. Будем считать, что нижняя часть фиксатора неподвижна (рис. 4).

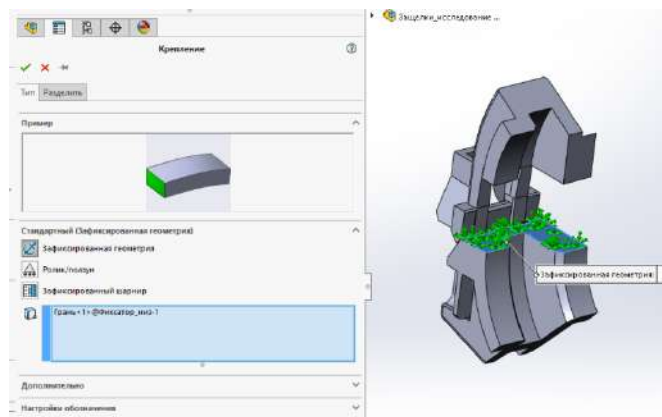


Рис. 4. Поверхности закрепления

Фиксация нижней части защелки также происходит по наклонной поверхности (рис. 5).

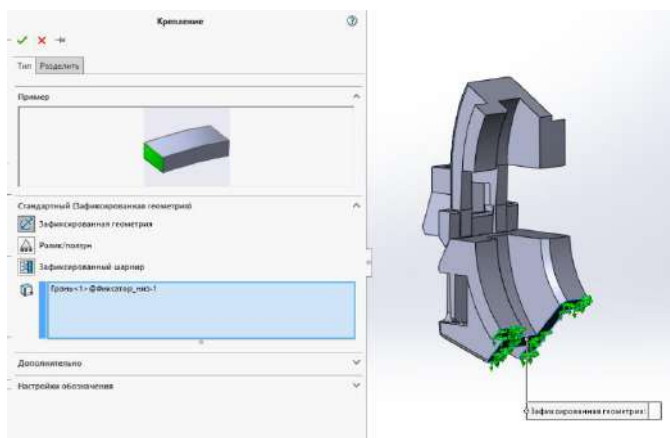


Рис. 5. Поверхности закрепления нижней части

Также необходимо задать крепление «Ролик/ползун» (рис. 6), которое моделирует то, что верхняя часть фиксатора будет скользить по данной поверхности [1].

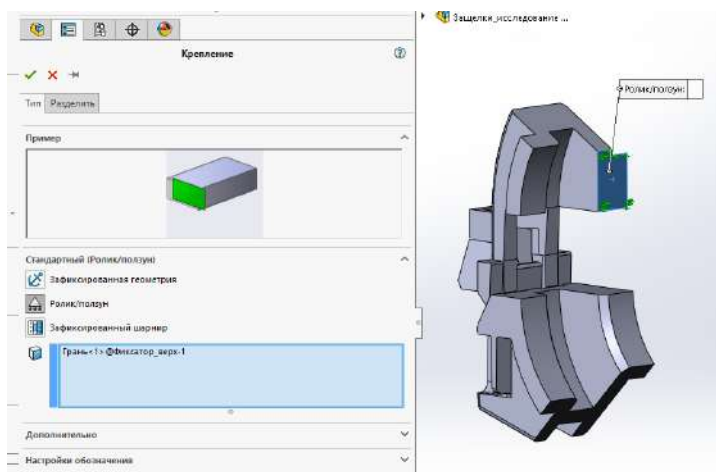


Рис. 6. Крепление «Ролик/ползун» первой поверхности

Также имеется вторая поверхность с аналогичным ограничением (рис. 7).

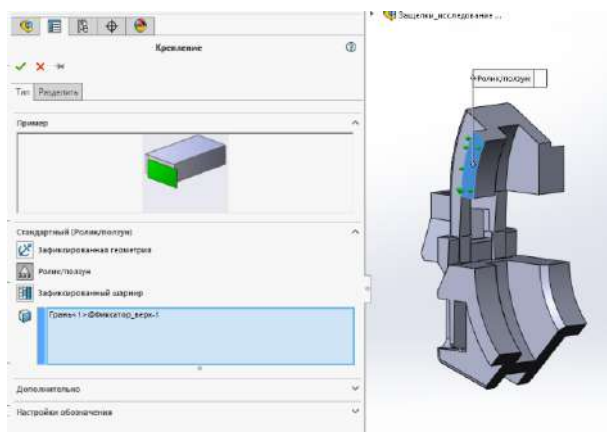


Рис. 7. Крепление «Ролик/ползун» второй поверхности

После указания поверхностей закрепления необходимо задать параметры, которые будут описывать процесс защелкивания. Процесс загрузки задается командой «Расширенные крепления на плоской поверхности» (рис. 8) [2].

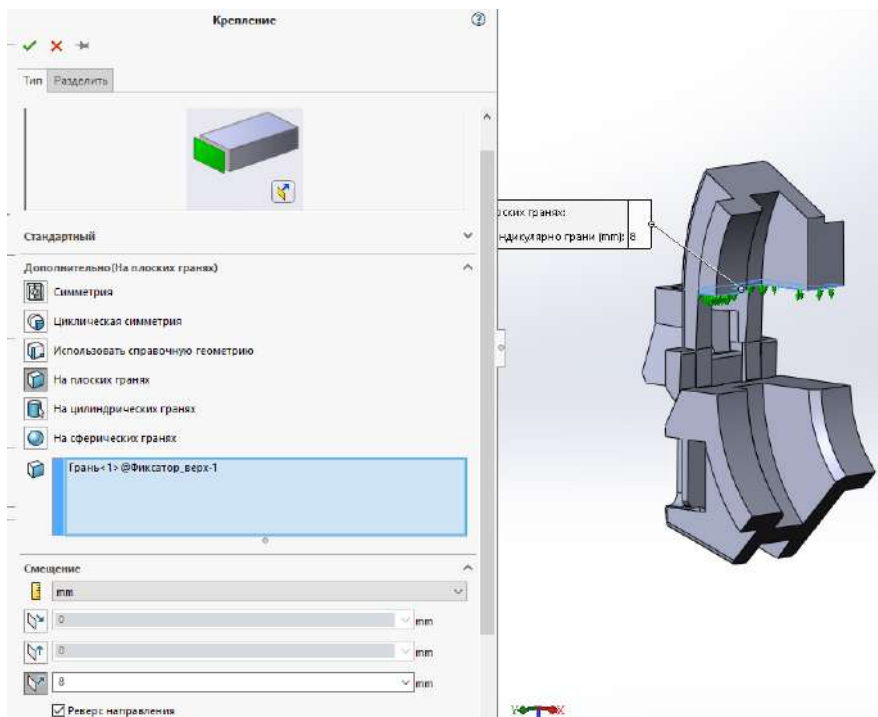


Рис. 8. Расширенное крепление на плоской поверхности

Данный параметр задает движение выбранной поверхности в нормальном направлении на величину 8 мм.

В проведении нелинейного анализа главным правилом является задание сопряжений между деталями. В данном случае задан контакт «Нет проникновения», подтверждающий деформацию одной детали об другую, но не взаимодействует с ней и не связана фиксацией. Моделирование контакта представлено на рис. 9.

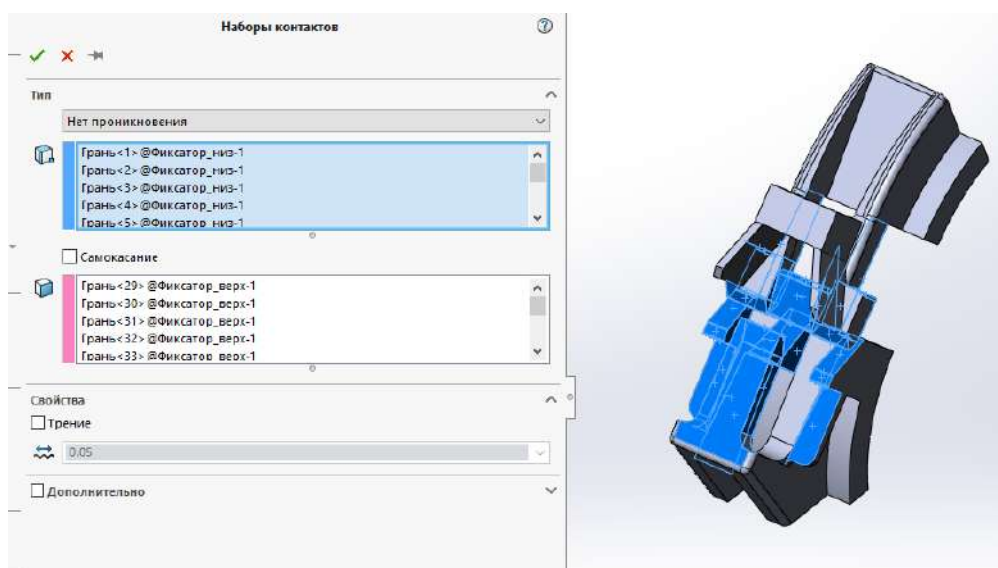


Рис. 9. Моделирование контакта между деталями

В ходе нелинейного анализа были получены следующие данные. Графическое изображение внутренних сил и напряжений представлены на рис. 10 (в критический момент защелкивания (на 12 шаге перемещения)).

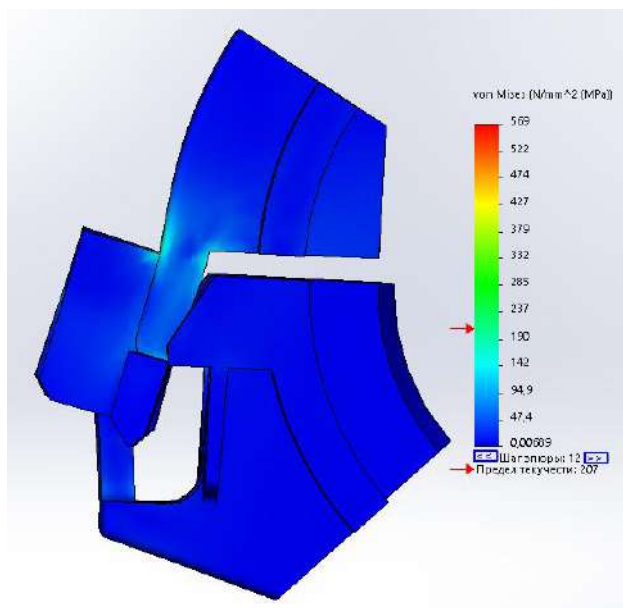


Рис. 10. Эпюра напряжений

На данном изображении видно, что максимальное напряжение равно 569 МПа, что несколько превышает предел текучести материала (по ГОСТ предел текучести равен 207 МПа). Посмотрим объем точек данного превышения (рис. 11) [2].

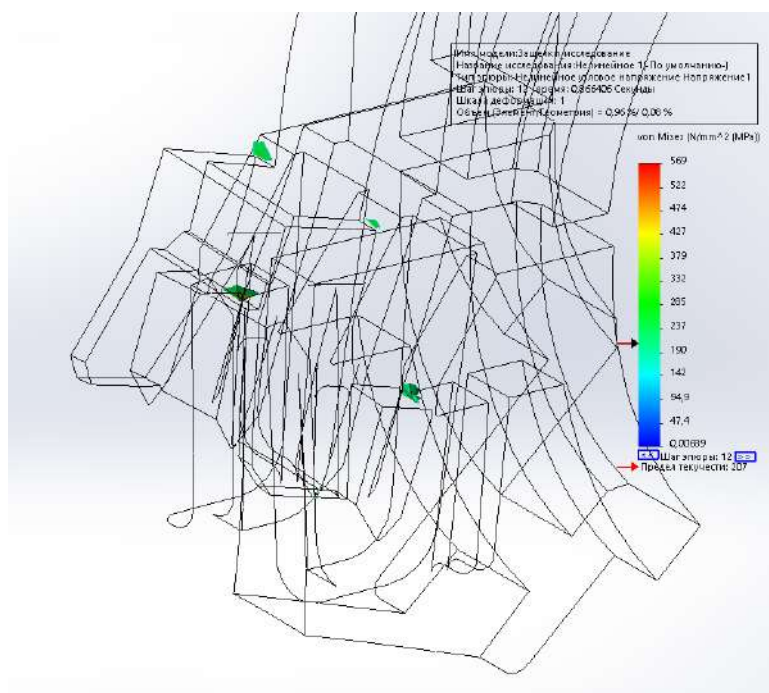


Рис. 11. Объем детали с напряжениями, превышающими предел текучести материала

Как видно по данному рисунку, объем этих точек ничтожно мал – около 0,08%. Эти точки будут безвозвратно деформированы. Для однократного защелкивания фиксатора такое явление допускается.

Определяем усилие, достигаемое рабочим при преодолении упругости плоских пружин. В ходе определения сил контакта/трения получены данные (рис. 12).

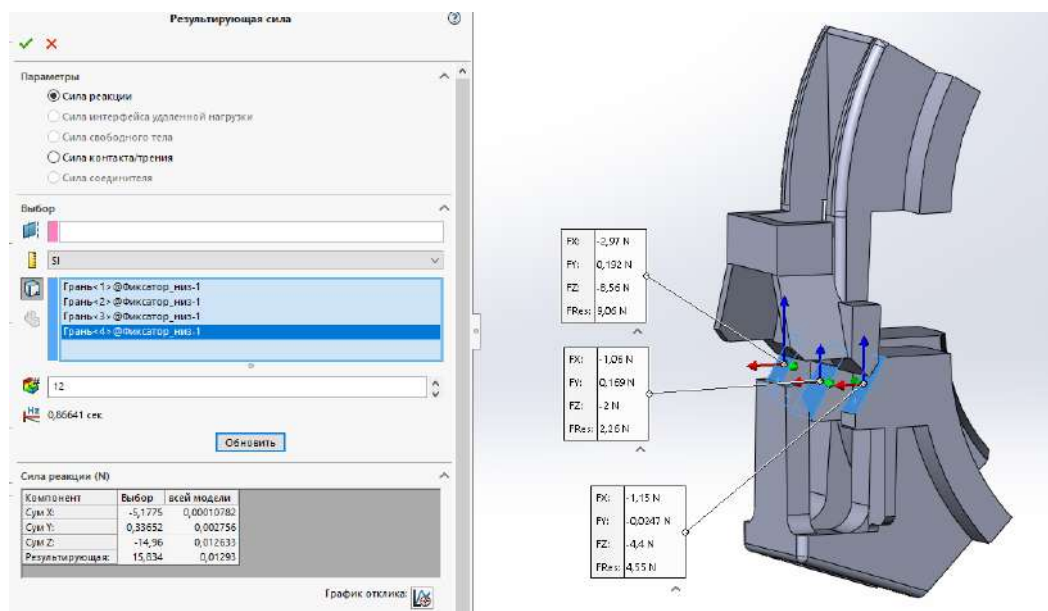


Рис. 12. Усилие при защелкивании

Как видно из рисунка, суммарная сила равна 15,87 Н (2,26Н+9,06Н+4,55Н). По итогам проведенного нелинейного анализа защелки было рассчитано необходимое усилие, которое должен достичь рабочий (15,87 Н), чтобы была произведена фиксация разработанным хомутом. Также было доказано, что конструкция защелки не разрушится, произойдет фиксация с незначительным деформированием точек объема материала.

Использование нелинейного анализа полимерных деталей в программном обеспечении Solid Simulation позволяет определить различные данные, необходимые как для анализа работоспособности детали при различных условиях, так и для сопоставления с различными параметрами эргономики.

Использование программного обеспечения современными конструкторами и инженерами на стадии разработки и проектирования полимерных деталей открывает безграничные возможности для оптимизации модернизации и творчества.

Библиографический список

1. Выполнение нелинейного анализа - 2023 - Справка по SOLIDWORKS: официальный сайт. — URL:

https://help.solidworks.com/2023/RUSSIAN/SolidWorks/cworks/c_Performing_Non_linear_Analysis.htm (дата обращения: 07.11.2024).

2. Маслова, Я.В. Использование нелинейного анализа для расчета плоских пружин станочных приспособлений // «СТУДЕНЧЕСКИЙ» Общество с ограниченной ответственностью "Сибирская академическая книга" (Новосибирск) - URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47491370> (дата обращения: 07.11.2024).

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ «ВИБРАТОР» ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Т.Н. Бодрова¹, Н.О. Ильичев²

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистр, Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: bodrik143@rambler.ru

²Экспериментальный машиностроительный завод имени В.М. Мясищева, инженер-конструктор

Россия, Московская обл., г. Жуковский; e-mail: parka_nikitos228lol@mail.ru
Научный руководитель: Рябикина Т.В., к.т.н., доцент, tanya.ryabikina@yandex.ru

В статье рассматривается влияние конструктивных элементов детали «Вибратор» на эксплуатационные параметры прибора. Представлены результаты моделирования в программном продукте Solid Works с модулем CAE Simulation и сравнительные характеристики результатов. Спроектирована рациональная конструкция вибратора для обеспечения заданных кинематических параметров и технологический процесс его изготовления.

Ключевые слова: моделирование, эксплуатационные параметры, торсион, вибратор, оптический стабилизатор, технология.

При разработке проектов изделий важным условием является не только обеспечение геометрических размеров и требований к точности исполнения допусков форм и расположения, но и гарантия получения заданных эксплуатационных показателей. Деталь «Вибратор» является частью изделия оптического стабилизатора. Его основными кинематическими параметрами являются угловая скорость вращения и частота колебаний. От них зависит быстродействие и точность всего прибора в целом.

Ранее в работе [4] выявлено, что для обеспечения синхронной работы оптического стабилизатора с источником генерации световых волн необходимо повышение величины угловой скорости крутильных колебаний. Малые скорости поворота приводят к увеличению ошибки захвата световых волн и десинхронизации работы.

Понятно, что изменение форм и размеров элементов деталей может оказать существенное влияние на эксплуатационные характеристики. Выполнять натурные испытания деталей приборов при различных геометрических исполнениях очень дорого для производства. Поэтому наиболее перспективным направлением исследований такого плана, является моделирование в программной среде Solid Works с CFT Simulation. Особенно удобным являются возможности сравнения деталей выполненных из различных материалов.

Деталь «Вибратор» является основной частью прибора и совершает крутильные колебания в плоскости вращения.

Влияние геометрических параметров торсиона на резонансную настройку устанавливали моделированием крутильных колебаний, которые совершает вибратор. Для построения адекватной модели сначала изготавливался макетный образец, и принцип его работы позволил оценить правильность построенного алгоритма для расчета. Исходными данными для расчета служили данные уже имеющихся конструктивных решений (рис.1). Параметры, которые должны быть обеспечены: частота рабочих колебаний от 600 до 800 Гц; угловая скорость колебаний ω не менее $400^\circ/\text{с}$; амплитуда угловых колебаний φ не менее $7'$ [3].

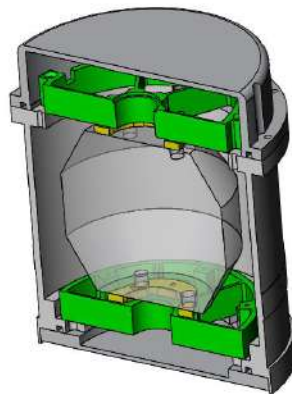


Рис. 1. Модель стабилизатора

Исследования выполнялись в несколько этапов: с изменением толщины торсиона, с изменением материала детали.

В расчетной модели материал детали принят ВТ6 ГОСТ 19807-91, характеристики позволяют применять его в приборах с большим интервалом температурного воздействия от 190 до 450°C . Конструкция детали и общий вид расчетной модели с учетом масс недостающих деталей представлены на рис. 2. Вибратор выступает в модели как два кольца, соединенные торсионами. При кручении наружное кольцо закручивается и раскручивается под действием крутящего момента.

Исследованиями следовало установить влияние размеров торсионов на прочность конструкции с одновременным обеспечением эксплуатационных параметров. Модель полностью повторяет инерционно-массовые характеристики прибора (рис. 2). Наружный размер промежуточного блока составил 70 мм.

Исследования выполнялись в программном продукте Solid Works с модулем CAE Simulation методом конечных элементов со следующими ограничениями: жесткое закрепление вибраторов за винтовые отверстия; демпфирование используется теоретическое. По рекомендациям разработчика программного продукта для определенного вида материала; перемещения, деформации рассчитываются с учётом трения в механической системе [1, 2].

При моделировании величина сетки конечных элементов принята равной половине толщины торсиона, рис. 3.

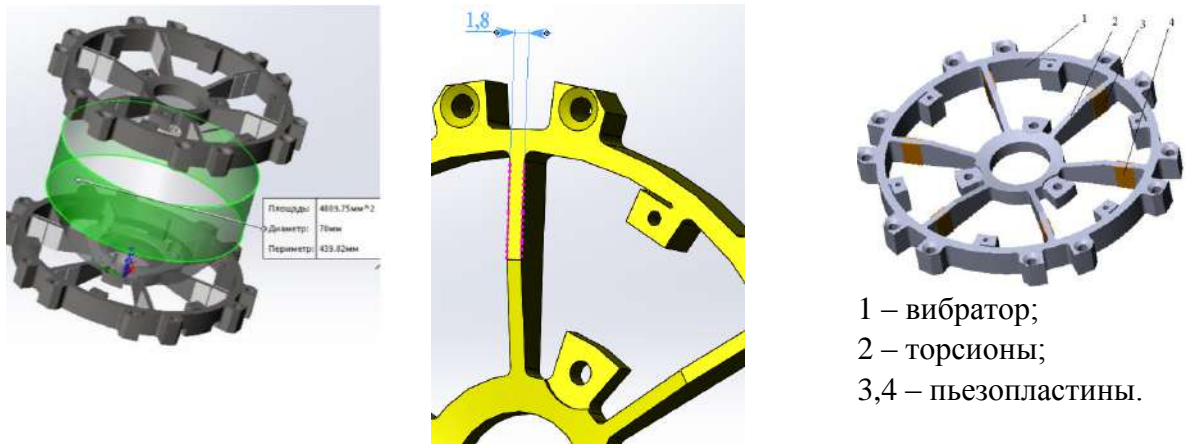


Рис. 2. Расчетная модель стабилизатора и модель детали «Вибратор»



Рис. 3. Подготовка модели

Изменение толщин торсионов варьировалось от 2 до 1,2 мм, крутящий момент для каждой модели был постоянный, величиной 0,35 Нм. Материал вибратора в моделях принимали ВТ6 и сталь 14Х17Н2. Сравнительные результаты представлены на рис. 3 и 4.

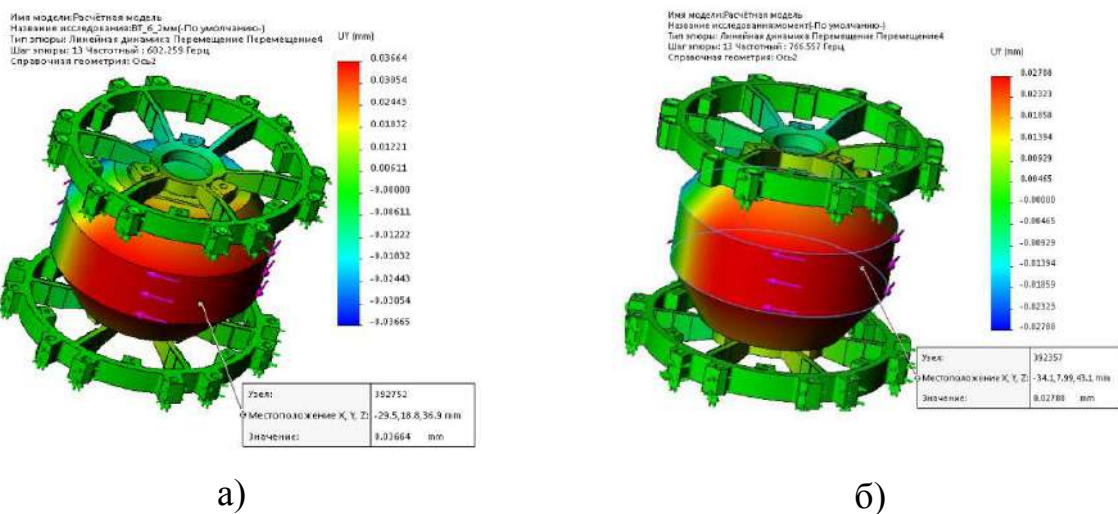


Рис.3. Диаграмма окружных перемещений титанового (а) и стального (б) вибратора с толщиной торсионов 2 мм

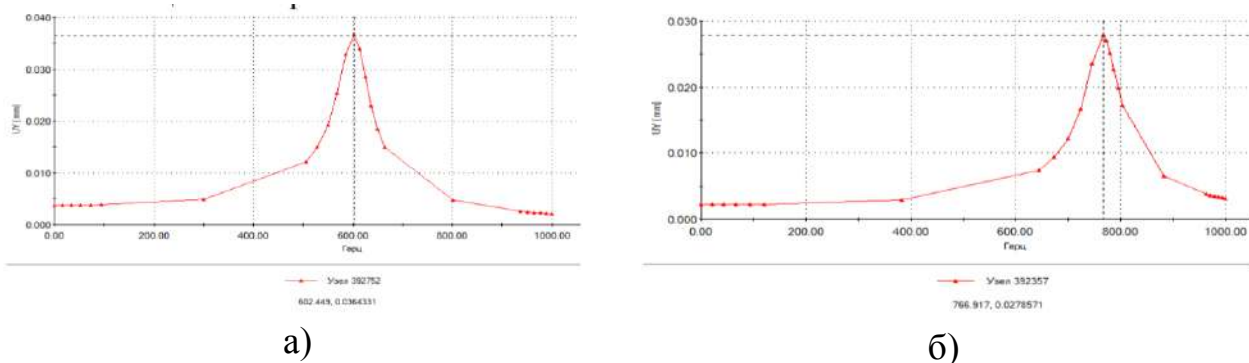


Рис. 4 АХЧ оптического стабилизатора в точке а) и б) рис.2, соответственно

Представленные диаграммы показали, что вибратор с толщиной торсиона 1,2 мм, принятый из стали 14X17H2, имеет более высокую частоту. Значение угловой скорости даже превышает заданное. В результате расчетов видно, что толщина торсионов прямо пропорционально оказывает влияние на значения угловой скорости и обратно пропорционально на значения собственной частоты, величины параметров представлены на графике (рис. 5).

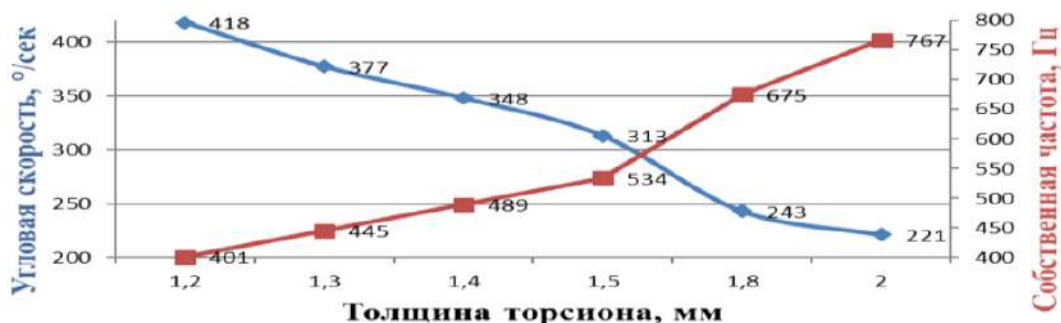


Рис. 5. Зависимость кинематических параметров вибратора от изменения геометрии торсиона вибратора

Результаты достигнутых кинематических параметров при различных геометрических характеристиках приведены в (табл.2).

Таблица 2

Результаты удовлетворительных кинематических параметров

Исполнение конструкции	Толщина торсиона, мм	Кинематические параметры		
		Резонансная частота, Гц	Угол поворота, '	Угловая скорость, °/сек
Макетный образец (ВТ6)	1,8	532	4,5	256
Модернизированная модель (14X17H2)	1,2	401	9,8	418

В ходе работы разработан технологический процесс изготовления детали «Вибратор», эскизы обработки представлены на рис. 6.

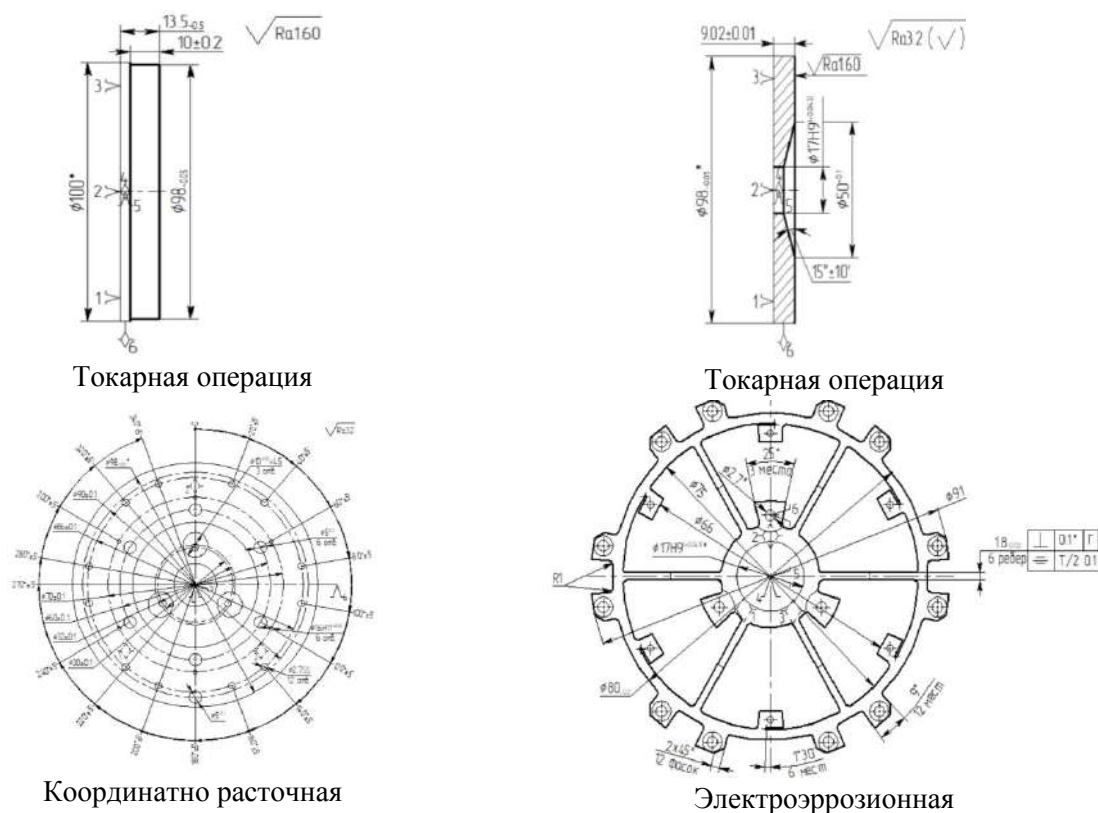


Рис. 6. Эскизы операций технологического процесса

В результате исследования определены конструктивные размеры для удовлетворения всех установленных для эксплуатации параметров. Обоснован выбор материала вибратора. Разработан технологический процесс ее изготовления.

Библиографический список

1. Алямовский, А.А. ABAQUS. Компьютерное моделирование инженерной практике / А.А. Алямовский. - СПб.: BHV, 2006. - 800 с.
2. Алямовский, А.А. Solid Works Simulation. Как решать практические задачи / А.А. Алямовский. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
3. Волкоморов С.В. Исследование амплитудночастотных характеристик виброподвеса лазерного гироскопа / Волкоморов С.В., Кветкин, Г.А. // Наука и образование МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008, №1, с. 22-27
4. Филюкова, Е.В. К вопросу рационализации геометрических параметров виброподвеса по кинематическим параметрам / Филюкова Е.В., Глебов В.В., Рябикина Т.В. // Наука молодых: сборник научных статей по материалам XII Всероссийской научно-практической конференции. – Электрон. дан. – Н. Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. – с.267-272

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РЕДУКТОРОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РОБОТОВ

А.Д. Лаптев¹, О.В. Егоркин²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,
¹студент, ²старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения»
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматривается практический опыт разработки различных типов редукторов для роботов, выполненных на FDM-принтере.

Ключевые слова: волновой редуктор, планетарный редуктор, робот.

Одной из тенденций современного развития человечества является повсеместная роботизация. При этом все большее признание получают проекты взаимодействия робота и человека [1], то позволяет существенно расширить сферу применения роботов [2].

Однако за информацией о применении искусственных нейронных сетей, новых систем управления и прочего в тени остается задача обеспечения эффективности перемещения одних элементов робота относительно других или задача эффективного применения редукторов в сочленениях роботов.

Теоретические работы показывают, что наибольшее применение в робототехнике получили редукторы с планетарной передачей, волновые редукторы.

В работе [3] нами ставилась задача проектирования макета промышленного робота для перемещения груза до 1 кг. Поэтому для описанных условий спроектируем и изготовим указанные типы редукторов. Критериями сравнения редукторов послужат: массогабаритные характеристики редукторов, крутящий момент и плавность хода.

Методом изготовления является 3D-печать на FDM принтере Anycubic i3 mega. Настройки принтера при печати всех элементов остаются постоянными. При печати используется PLA-пластик. Скорость печати 60 мм/с. Остальные параметры считаем стандартными по умолчанию.

Проектирование планетарного редуктора осуществлялось по методике [4]. Была выбрана схема редуктора 3к. При этом для уменьшения числа элементов и возможности соединения с последующими звеньями выходное колесо является корпусным элементом. Для его соосности с неподвижным корпусом в канавки на этих двух элементах устанавливаются шары диаметром 5 мм. Таким образом, происходит имитация подшипника, где корпус является наружным

кольцом, а колесо внутренним. 3D-модель планетарного редуктора приведена на рис. 1.

При описанных ранее настройках 3D-принтера печать всех элементов редуктора составила 32 часа. Масса собранного редуктора составила 29 гр, а габаритные размеры $\text{Ø}88 \times 27 \text{ мм}$. Для обеспечения плавности хода колеса смазаны силиконовой смазкой для пластиковых изделий. Изготовленный образец планетарного редуктора приведен на рис. 1.

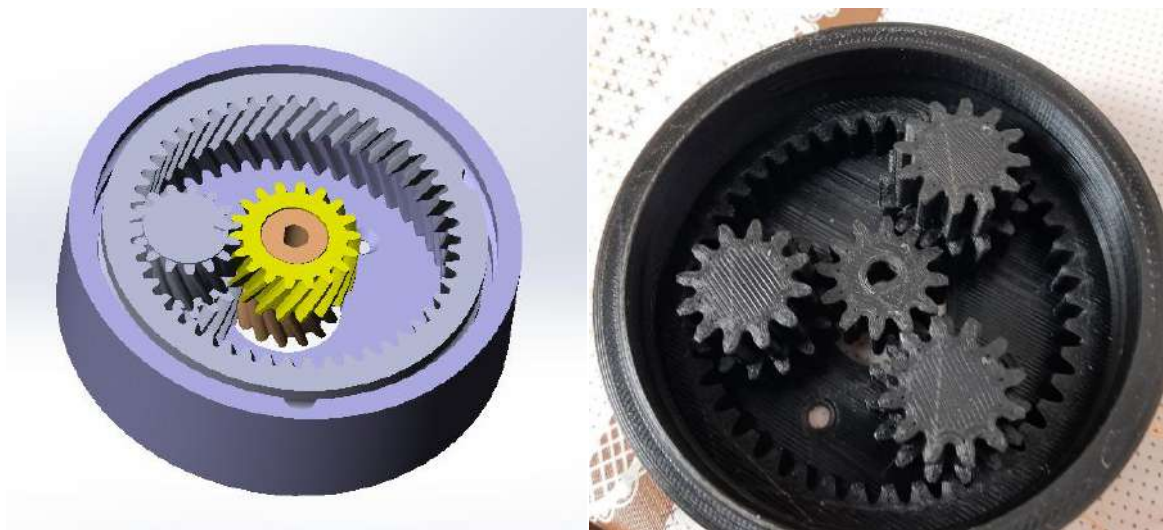


Рис. 1. 3D-модель и напечатанный вариант планетарного редуктора

Испытания редуктора показали, что редуктор обеспечивает требуемый крутящий момент в 76 Н/мм. Расположенный в горизонтальной плоскости редуктор работает без нареканий. Однако в процессе эксплуатации на макете робота основной проблемой является подклинивание элементов редуктора. По нашему мнению, на это влияет недостаточная точность изготавливаемых деталей (зубчатых колес), и смещения колеса из-за воздействия на него массы присоединяемых частей робота.

В качестве варианта волнового редуктора был спроектирован волновой редуктор с промежуточными телами качения. Это вид волнового редуктора, разработанный для повышения прочности и надежности при сохранении преимуществ стандартных волновых редукторов. В волновом редукторе с промежуточными телами качения используется дополнительный набор роликов (промежуточных тел качения), расположенных между гибким валом и внешним кольцом. 3D-модель волнового редуктора с промежуточными телами качения приведена на рис. 2.

Время печати всех элементов редуктора составила 39 ч. Масса собранного редуктора составила 39 гр, а габаритные размеры $\text{Ø}95 \times 33 \text{ мм}$.

Из всех рассматриваемых вариантов в данной статье данный редуктор имеет наибольшее количество покупных деталей. К ним относятся металлические шары, выступающие в виде промежуточных тел качения и подшипники. Именно поэтому данный редуктор имеет наибольший вес.

Трудность при производстве данного редуктора в отличие от планетарного возникает на этапе его проектирования. Необходимо заранее учесть диаметр используемых тел качения, так как этот параметр определит габаритные характеристики редуктора. Для проектирования венца был использован калькулятор, написанный на языке Python для точности производимых расчетов.

Аддитивное производства спроектированного редуктора не требует особых параметров для печати и последующей обработки. Напечатанные детали данного редуктора приведены на рис. 2.

Данный редуктор обеспечивает требуемый крутящий момент в 76 Н/мм. При эксплуатации на макете редуктор обеспечил наибольшую плавность хода и стабильность работы среди всех рассматриваемых схем редукторов. Воздействие на сепаратор соединяемых с ним частей робота не приводит к подклиниванию. Редуктор стабилен во всех положениях.

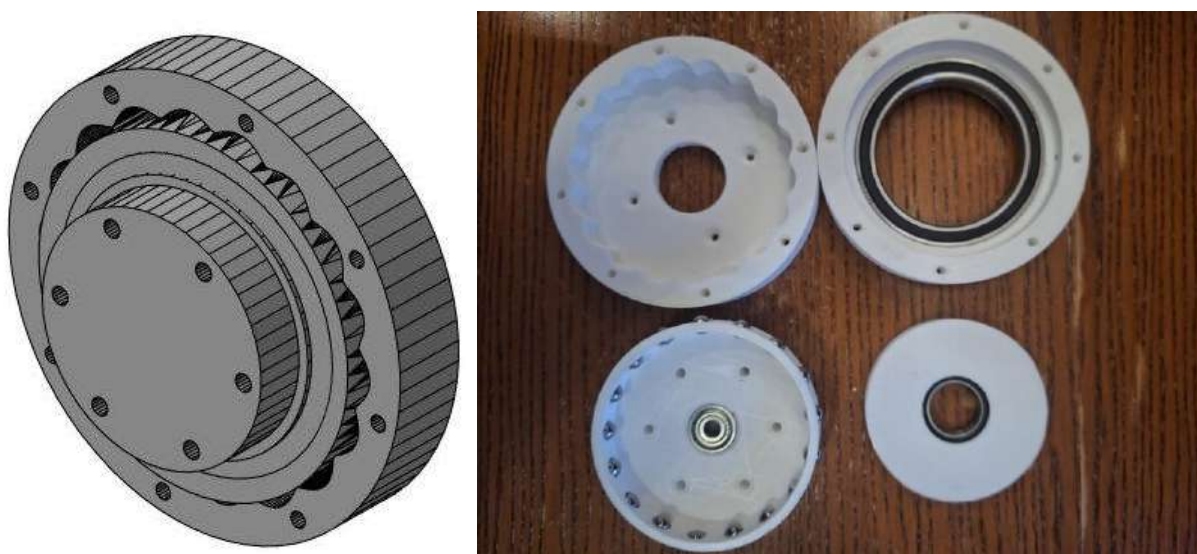


Рис. 2. 3D-модель и напечатанный вариант волнового редуктора

Другой конструкцией волнового редуктора является редуктор с гибким зубчатым элементом. Зубчатая шестерня выполняется из гибкого материала и расположена внутри корпуса. За счет своей гибкости она искажает форму под воздействием генератора волн. Деформация гибкого элемента обеспечивает его контакт с жестким колесом в двух противоположных точках по окружности. 3D-модель волнового редуктора с гибким зубчатым элементом приведена на рис. 3.

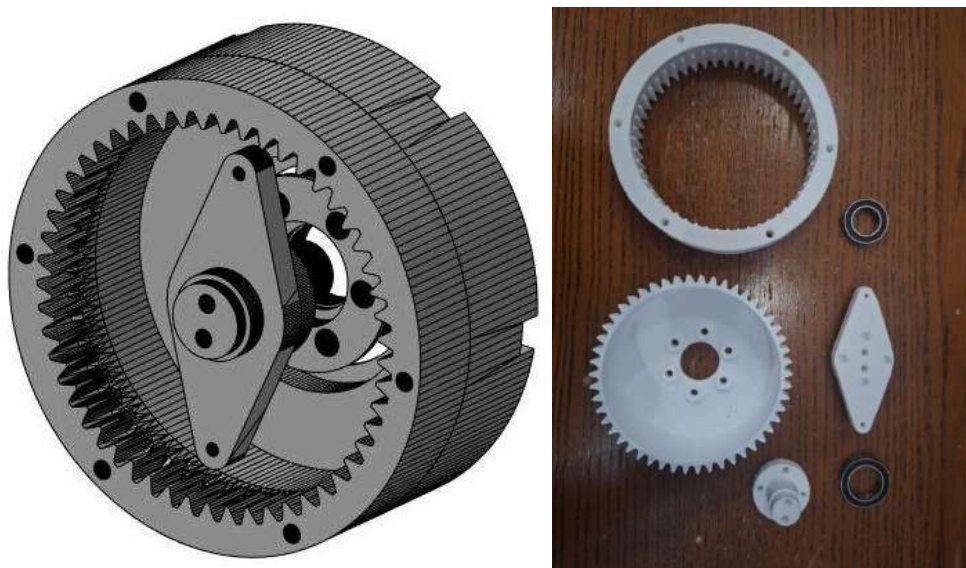


Рис. 3. 3D-модель и напечатанный вариант гармонического редуктора

При изготовлении данного редуктора для поставленной нами задачи было принято решение по изготовлению гибкого вала из PLA пластика с целью обеспечения одинаковости характеристик. В результате собранная модель не обеспечивала необходимого зацепления. Редуктор практически не вращался. Причиной является недостаточная податливость гибкого зубчатого колеса, т.е. PLA не обеспечивает требуемых свойств гибкого вала.

Время печати всех элементов данного редуктора составила 34,5 ч. Масса собранного редуктора составила 30 гр, а габаритные размеры $\text{Ø}91 \times 29$ мм.

При замене материала гибкого зубчатого колеса на PETG работоспособность редуктора обеспечивается. Необходимый крутящий момент в 76 Н/мм достигается. В собранном состоянии на промышленном роботе плавность несколько уступает ранее рассмотренному волновому редуктору с промежуточными телами качения. Подклинивания не наблюдается.

Выводы

Анализ рассмотренных вариантов конструкции показал, что для применения в макетах роботов, изготавливаемых методом FDM-печати, наиболее целесообразно применять вариант волнового редуктора с промежуточными телами качения. Несмотря на наибольшее время печати и массогабаритные параметры именно данный тип редуктора показал наибольшую работоспособность и плавность хода.

Библиографический список

1. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-5-robot-trends-2024>
2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667241322000209>

3. Лаптев, А. Д. Разработка конструкции и системы управления стационарного робота // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции / Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2023. – 1 электрон. диск (CD-ROM): зв., цв., 12 см. – Систем. требования: ПК с процессором 486; ОЗУ 8 Мб.; операц/ система Windows 95; CDROM дисковод; мышь. – Загл. с экрана. – 200 экз.
4. Планетарные передачи. Справочник. Под ред. докторов техн. наук В. Н. Кудрявцева и З. Н. Кирдяшева. Л., Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1977. . – 563 с.: ил
5. Янгулов, В. С. Детали машин. Волновые и винтовые механизмы и передачи : учебное пособие для вузов / В. С. Янгулов. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 183 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01593-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/537357> (дата обращения: 20.10.2024)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ «ЭКОМЕТ»

Р.Ю. Подуздинов¹

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹магистр, Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: romka.arzamas@mail.ru
Научный руководитель: Рябикина Т.В., к.т.н., доцент, tanya.ryabikina@yandex.ru

В статье представлены результаты исследований импортозамещающего компонента «Экомет» для нанесения покрытия Хим.Окс. Разработан технологический процесс позволяющий выполнять гальваническую обработку деталей, из Стали 45, с целью повышения коррозионной стойкости материала. Представлены подобранные концентрации компонента, схема выполнения операций в условиях цеха. Приведены токсикологические и экологические характеристики применяемых веществ.

Ключевые слова: защитные покрытия, коррозионная стойкость, импортозамещение, технология.

В настоящее время актуальной является проблема влияния коррозии на машины и аппараты, изготовленные из металлов и сплавов, при эксплуатации в природных или технологических средах.

Коррозия может привести к снижению прочности материала, потере эффективности оборудования и повышению расходов на его ремонт или замену.

При проектировании технологической оснастки большинство деталей приспособлений выполняется из конструкционной Стали 45 ГОСТ 1050-2013. Но в результате эксплуатации на оснастку оказывает воздействие агрессивная среда в виде смазочно-охлаждающих жидкостей, и она быстро приходит в негодность. На поверхности металла образуются очаги коррозии, они влияют на точность закрепления заготовок, на долговечность установочных элементов.

Применение более дорогостоящих коррозионностойких материалов приведет к значительному удорожанию технологического оснащения, это не всегда экономически оправдано.

Для борьбы с коррозией могут применяться защитные покрытия, лаки, антикоррозионные покрытия и изоляция. Также используются систематическое обслуживание и регулярные проверки состояния оснастки.

В качестве метода борьбы с коррозией рассматривается метод химического оксидирования стали. Это процесс формирования пассивной защитной пленки на поверхности металла путем контролируемой окислительной реакции.

Химическое оксидирование применяется для черных и цветных металлов и их сплавов. Позволяет придать деталям высокую твердость, износостойкость,

коррозионную стойкость, хорошие диэлектрические свойства, а также красивый декоративный вид.

Для обработки покрытия методом химического оксидирования допускается использование электролита, состоящего из раствора щелочи или кислоты, а также добавления специальных добавок, таких как соли, плавники, окислители и другие химические вещества.

Поиск композиции для холодного химического оксидирования ведется с 2009 г. Первые эксперименты выполнялись в ванне холодного оксидирования объемом 400 л; в ней применялась композиция «Chemeta F16» в количестве 155 кг. На образцы деталей наносили покрытие с применением данной композиции. В инструкции содержались только рекомендации по способам и режимам подготовки деталей под данное покрытие, предлагалось использовать для этого раствор муравьиной кислоты. Четко оговоренной концентрации для материалов не давалось. Композиция «Chemeta F16» является ноу-хау разработчика, и к нему не подошли типовые технологические схемы подготовки поверхности, установленные действующей отраслевой нормативной документацией, что и было установлено после опробования нескольких из них

Полученное химическое окисное покрытие обладало крайне слабой адгезией с основным металлом и имело большое количество аморфных порошков, легко стираемых с поверхности. Образцы невозможно направить на анализ в ЦЗЛ, т. к. покрытие сползало при прикосновении, таким образом, неудовлетворительные результаты показали невозможность применения этой композиции.

В 2010 г. произведена отработка технологического процесса холодного чернения стали с применением фирменной композиции «Инста-Блэк 333». В ходе исследований составлены экспериментальные ванны объемом по 20 л каждая: обезжиривания с использованием композиции «Е-Клин 110», ванны активации с использованием препарата «Е-Преп 258», холодного чернения с использованием композиции «Инста-Блэк 333 5X» и уплотнения с использованием пленкообразующей композиции «Е-Тек 510» в соответствии с требованиями ТУ 2499-102-32441906-08 на перечисленные препараты. В результате на образцах получено покрытие, по своим свойствам удовлетворяющее требованиям к покрытию ХимОкс на стали по внешнему виду и защитным свойствам, установленным ГОСТ, но вскоре данная композиция перестала привозиться в Россию.

Состав электролитов до внедрения отечественной композиции приведен в табл. 1.

В 2023 г. начинаются исследования с использованием отечественной композиции «ЭКОМЕТ». В табл.2 представлены показатели композиций для обработки поверхности металлов перед нанесением покрытий или с целью повышения коррозионной стойкости.

Таблица 1

Состав электролитов до внедрения

До внедрения		
Наименование операции	Состав электролита	Концентрация, г/дм ³
Ванна химического оксидирования	Натр едкий технический	550–700
	Натрий азотисто-кислый	200–250
Ванна наполнения покрытия в воде	Мыло хозяйственное 60	30–50

Таблица 2

Показатели композиций «ЭКОМЕТ»

Композиция	Внешний вид	Плотность, г/мл
502А	Бесцветная или слегка окрашенная жидкость, возможно образование осадка.	Не менее 1,02
502Б	Жидкость от голубоватого до синего цвета, возможно образование осадка	не менее 1,01
503	Белый или слегка окрашенный порошок, возможно образование комков и слеживание.	Для раствора, содержащего 100 г/л композиции, не менее 1,02

Химическое оксидирование производилось на сборочную единицу «Корпус» целиком (рис.1).

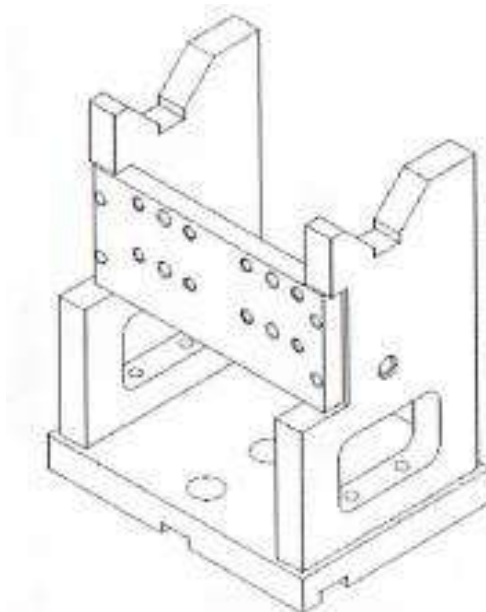


Рис. 1. Испытуемый образец

Выполненные эксперименты по определению состава электролита с отечественными составляющими для получения хорошего коррозионностойкого покрытия позволили установить схему технологического процесса, показанного

на рис.2, и состав применяемых электролитов после внедрения композиций «ЭКОМЕТ», представленный в табл.3.

Таблица 3

Состав электролитов после внедрения

После внедрения		
Наименование операции	Состав электролита	Концентрация, г/дм ³
Ванна химического оксидирования	Композиция ЭКОМЕТ-502 компонент А	48-52
	Композиция ЭКОМЕТ-502 компонент Б	48-52
Ванна закрепления	Композиция ЭКОМЕТ-503	95-105

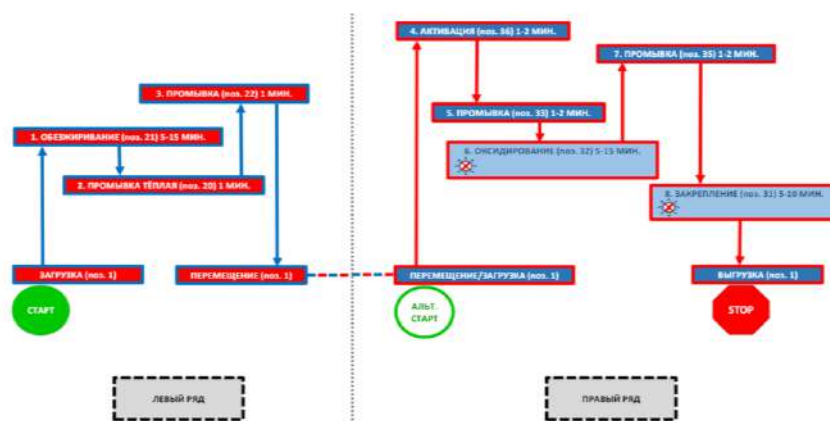


Рис. 2. Схема химического оксидирования

Токсикологические и экологические характеристики веществ представлены в табл. 4.

Таблица 4

Токсикологические и экологические характеристики композиций

Композиции «ЭКОМЕТ»	Наименование вещества	Воздух рабочей зоны			Водные объекты хозяйственно-питьевого водопользования		
		ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние	Класс опасности	ПДК, мг/л	Лимит. показатель вредности	Класс опасности
502А	Селенистая кислота	0,3/0,1 по SeO ₂	а	1	0,01 по Se	с. – т.	2
502Б	Медь	–	–	-	1	орг прив	3
	Медь сульфат	1,5/0,5 по Cu ₂₊	а	2	–	–	-
503	диНатрий силикат	–	–	-	30 по SiO ₃ 2–	с. – т.	2

Библиографический список

1. Румянцева, К. Е. Анतिकоррозионная 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. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В.; под ред. И.В. Семеновой. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.– 336с.
3. ТУ 2499-102-32441906-08. Композиции «Экомет» для химической и электрохимической обработки поверхности металлов и нанесения покрытий.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ «ЭКЗОСКЕЛЕТ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР-СИСТЕМ

Д.Р. Рыжов^{1,2}, А.М. Кангин³, А.А. Логвинова⁴

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева
e-mail: danya.ryzhov.1980@mail.ru

²АО АНПП «Темп-Авиа», инженер-конструктор

³Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент

⁴МГПУ им. И.М. Евсефьева, студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Научный руководитель: Глебов В.В., к.т.н., доцент

В данной статье рассмотрен вопрос разработки конструкции изделия «Экзоскелет» с использованием САД-системы КОМПАС-3D.

Ключевые слова: 3D-модель; экзоскелет; КОМПАС-3D.

В настоящий момент в различных сферах деятельности возможна работа, связанная с продолжительным нахождением в положении стоя. Такая работа вызывает усталость в мышцах ног и спины рабочего, что снижает производительность труда и сказывается на общем состоянии здоровья.

Решить эту проблему может использование экзоскелета. Экзоскелет – это носимая конструкция, которая одевается на тело человека и обеспечивает дополнительную поддержку и защиту опорно-двигательного аппарата.

При разработке конструкции экзоскелета необходимо учесть параметры, которые будут к нему предъявляться и определить основные функции.

Основные параметры:

- конструкция должна быть легкой (ее вес в сборе не должен превышать 7 кг);
- конструкция должна выдерживать вес человека до 100 кг;
- конструкция должна иметь возможность регулироваться по вылету для точной настройки под каждого человека.

Экзоскелет должен выполнять следующие функции:

- конструкция должна быть удобной при надевании ее на человека, то есть иметь быстросъемный крепеж;
- конструкция не должна сковывать движения человека;
- конструкция должна обеспечить фиксацию в положении сидя;
- конструкции должна помогать при подъеме человека с положения сидя.

В качестве основного материала конструкции будет использован алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-2019 для достижения ее легкости и прочности.

Седло будет выполнено из пластмассы. Крепежные элементы из нержавеющей стали.

Для визуального представления и дальнейших прочностных расчетов создается 3D-модель конструкции экзоскелета с помощью САД-системы КОМПАС-3D. Данная 3D-модель представлена на рис. 1.

Для лучшего представления конструкции экзоскелета его часть в разобранном состоянии представлена на рис. 2.



Рис. 1. 3D-модель экзоскелета

Конструкция экзоскелета состоит из следующих составных частей:

- крепление ступни (поз.1) – служит для удержания ступни при помощи системы ремней, соединенных с пластинами;
- труба с резиновым упором (поз. 2) – имеет отверстия для регулирования вылета;
- фиксатор положения вылета трубы (поз. 3, 12) – служит для фиксации и регулировки вылета.
- труба (поз. 4, 9) – служит для соединения составных частей конструкции;
- хомут (поз. 5, 8) – служит для удержания газового упора;
- шарнир (поз 6, 13) – служит для соединения верхней и нижней части конструкции и имеет возможность вращаться при помощи подшипника (поз. 7)
- седло с ремнем (поз. 10) – служит для крепления конструкции к бедру;

- труба с заглушкой (поз. 11) – служит для крепления седла, а также страховочной привязи;
- газовый упор (поз. 14) – служит для помощи при поднятии человека из положения сидя;
- фиксатор положения (поз. 15) – служит для предания необходимого положения конструкции и удержания человека в этом положении.

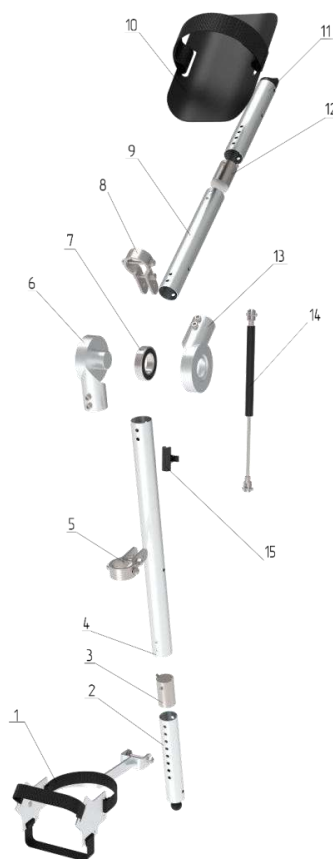


Рис. 2. Экзоскелет в разобранном состоянии

Таким образом, использование САПР-систем позволяет существенно упростить и ускорить процесс разработки конструкции экзоскелета. Созданная 3D-модель показывает, что конструкция соответствует всем предъявляемым параметрам и выполняет все заложенные функции.

Библиографический список

1. Бучельникова, Т.А. Основы 3D моделирования в программе Компас : учебно-методическое пособие / Бучельникова Т.А. — Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2021. — 60 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110161.html> (дата обращения: 04.11.2024).

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ОСНАСТКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПЛАСТМАСС С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ.

Часть 1. ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ И ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.А. Усимова¹, К.А. Щеглетов^{2,3}, В.В. Лашкин¹

^{1,2}Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹магистранты, ²аспирант

³АО АНПП «Темп-Авиа», инженер 3 категории

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: cu.vd@yandex.ru

Научный руководитель: Платонов А.В., к.т.н, доцент, platonov-alex-v@mail.ru

В статье рассмотрено преимущество применения метода конечных элементов для оптимизации и повышения качества деталей из термопластов, получаемых при помощи литья под давлением в специальных пресс-формах.

Ключевые слова: пресс-форма, литье под давлением, технологический процесс, литник.

Одними из основных параметров улучшения качества деталей, получаемых литьем под давлением, и уменьшения их трудоёмкости в последующих технологических операциях является правильность расположения литниковых систем и скорость усадки. Актуальным является применение методов конечного моделирования процесса литья с целью выявления возможных недостатков и скопления напряжения при усадке материала. Такой метод проектирования позволит сократить время на разработку, поскольку можно выявить слабые места в процессе изготовления деталей, и уменьшить производственные затраты.

Исследования в области обеспечения оптимальных параметров литья заготовок из термопластичного сополимера марки ABS-пластик StarexSD-0150 K2007, проводимые в АПИ НГТУ, подробно показаны в работах [1, 2]. Отмечается, что на практике очень редко удается достичь равномерного распределения температуры для деталей сложной геометрии. Причина заключается в распространенном традиционном методе изготовления оснастки, при котором ее термодинамические свойства играют для проектировщиков второстепенную роль.

Поддержание нужной температуры в пресс-форме посредством технологических отверстий и стандартного расположения каналов охлаждения с трудом удовлетворяют современные требования производства, в связи с этим в большинстве случаев результатом является увеличение снижения качества отливок и необоснованно длительное время охлаждения.

Исследования проводились в программе «MOLDFLOWINSIGHT». Конечный этап работы показан на рис. 1, где выявлялись сдвиговые напряжения в полимере на стенках каналов, при этом, стоит учесть, что максимальные величины сдвиговых напряжений в рассматриваемых зонах не должны превышать 0,3 Мпа.

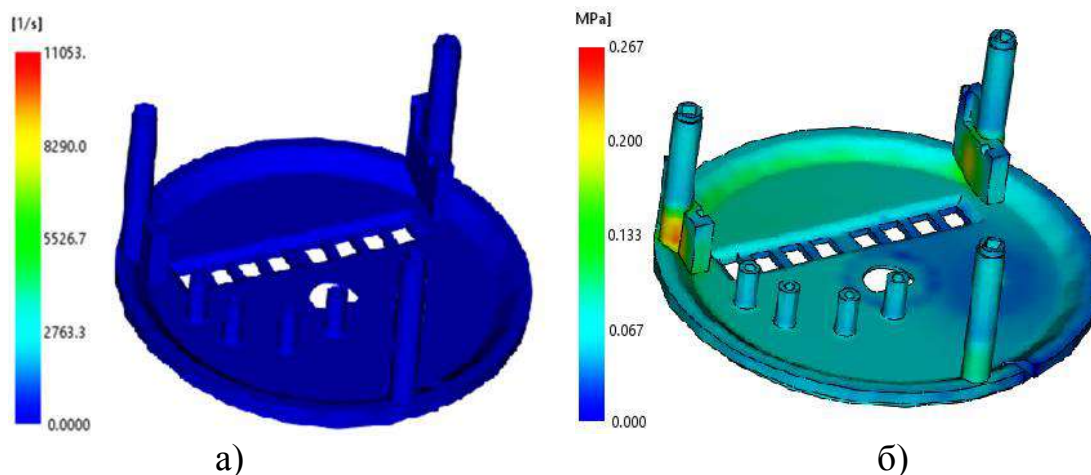


Рис. 1. Показатели сдвига пластика: а – скорость сдвига; б – напряжение сдвига

Так, проведенные исследования посредством метода конечных элементов позволили оптимизировать технологические параметры, а также выявили слабые места конструкции в процессе литья детали «Плата». В результате исследования технологического процесса получения отливки детали «Плата», были получены технологические параметры, влияющие на качество получаемой отливки. Назначены оптимальные параметры процесса литья, такие как: диаметр канала охлаждения равную $\varnothing 8$ мм, рабочая температура $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ с целью получения отливки высокого качества и определено фактическое время охлаждения литьевой формы равную 15 с. За счет увеличения давления впрыска материала устранен вид брака, как недолив. Выбран вариант одноконтурной системы литья, который исключил коробление в отливке на 23%.

Одна из методик компьютерного моделирования процессов литья под давлением с использованием методов конечных элементов показана в работе [3]. Представлена интерпретация результатов анализа, который может использоваться в качестве оценки условий литья, прогнозирования движения материала внутри формующей полости, определения расположения линий соединения потоков расплава, устранения проблем с заполнением за счет определения оптимальных мест впуска и других элементов и явлений еще до изготовления и испытания литьевой формы.

Целью нашей работы является применение методов конечных элементов оптимизация литниковой системы оснастки для литья деталей из термопластов с целью повышения эксплуатационных свойств изделия и уменьшения брака при проектировании.

При сборке изделия «Блок управления отопительной системой» наблюдается дефект в виде растрескивания защелки детали «Крышка блока», чертеж детали показан на рис. 2. Место разрушения защелки исследуемой детали показано на рис. 3. Для исключения данного дефекта необходимо провести анализ процесса литья с целью оптимизации расположения литниковой системы пресс-формы для изготовления детали «Крышка блока». Необходимо подобрать расположение литниковых питателей пресс-формы так, чтобы на защелках детали «Крышка блока» не образовывались линии спая полимера.

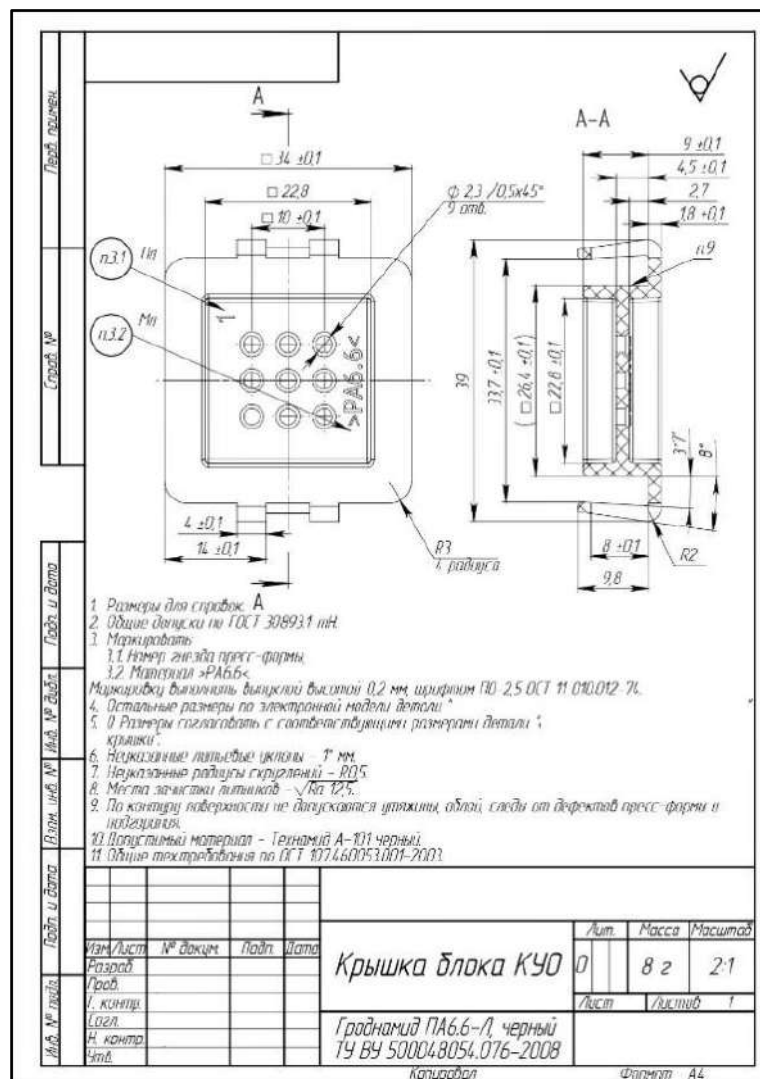


Рис. 2. Изображение чертежа детали «Крышка блока»

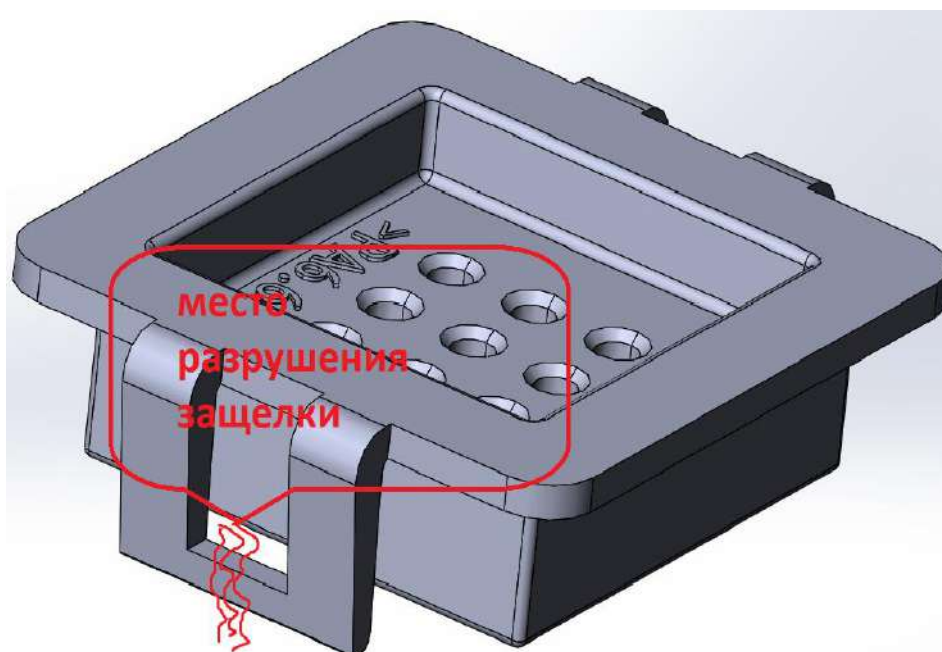


Рис. 3. Место разрушения защёлки детали «Крышка блока»

Библиографический список

1. Платонов, А. В. Оптимизация технологических параметров изготовления деталей (отливок) из термопластов с использованием программы «MOLDFLOW INSIGHT» / Платонов А. В. [и др.] // КШП. ОМД. № 8 – 2021. – С. 9-15.
2. Гришин, С. Н. Оптимизация технологии изготовления отливок из термопластов с использованием программы «MOLDFLOW INSIGHT» / Гришин С.Н. [и др.] // Будущее технической науки: Сборник материалов XX Всероссийской молодежной научно-технической конференции им. Р.Е. Алексева. – Нижний Новгород, 2021. - С. 123-124.
3. Курносов, В. В. Основы компьютерного моделирования процессов изготовления изделий из пластмасс литьем под давлением. Интерпретация результатов анализа: учебное пособие / В. В. Курносов, Ю. В. Перухин; под редакцией Т. Р. Дебердеева. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 136 с. — ISBN 978-5-7882-2209-7. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROF образование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/79453> (дата обращения: 13.11.2024).

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ОСНАСТКИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПЛАСТМАСС С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ. Часть 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛИТЬЯ МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Усимова¹, К.А. Щеглетов^{2,3}, В.В. Лашкин¹

^{1,2}Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹магистранты, ²аспирант

³АО АНПП «Темп-Авиа», инженер 3 категории

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: cu.vd@yandex.ru

Научный руководитель: Платонов А.В., к.т.н, доцент, platonov-alex-v@mail.ru

Статья является продолжением части 1. В данной статье рассмотрено применение метода конечного моделирования процесса литья в пресс-форму на примере детали «Крышка блока» изготавливаемой из термопласта АБС 2020-31-901 (черный) ТУ 2214-019-00203521-96 с целью оптимизации литниковой системы с целью уменьшения брака.

Ключевые слова: литье, пресс-форма, численное моделирование, SolidWorks Plastics, линия спая.

Предлагаемое исследование является продолжением предыдущего, показанного в части 1.

В результате анализа процесса получения детали «Крышка блока» с помощью литья в базовой конструкции пресс-формы и литниковой системы было показано, что в зоне защелок наблюдаются линии спая, которые приводят к разрушению защелки и снижают прочность соединения (рис.1).

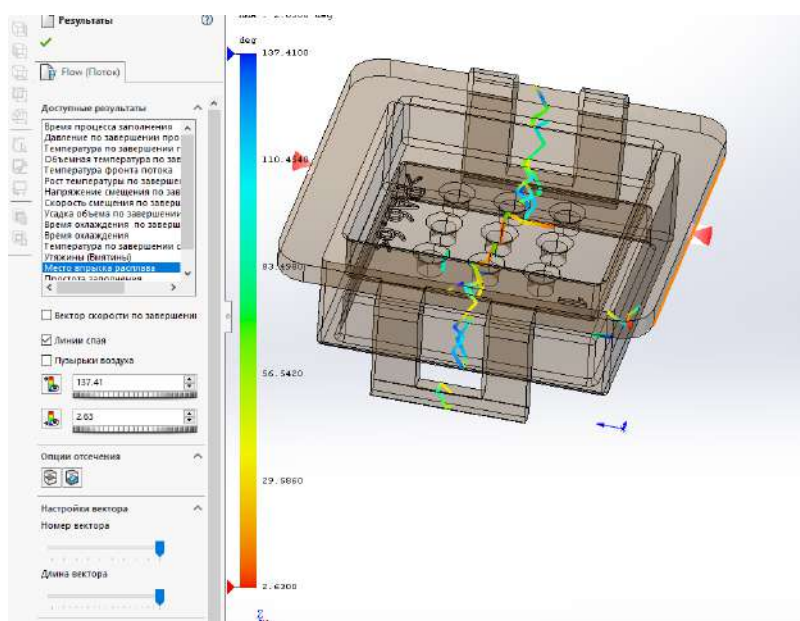


Рис. 1. Линии спая детали «Крышка блока» в базовой конструкции пресс-формы

В модернизированной конструкции пресс-формы предлагается осуществить перенос точек инъекции в другое месторасположение – в зону защелок (рис. 2).

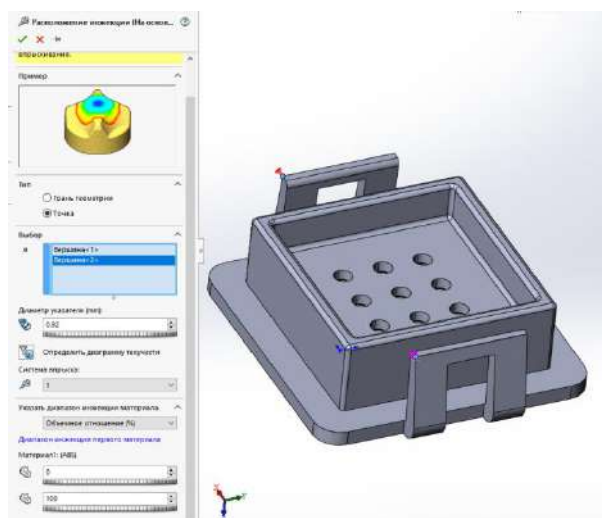


Рис. 2. Расположение точек инъекции в модернизированной конструкции пресс-формы

Выполним анализ литья в программе SolidWorks Plastics [1]

Смоделируем процесс литья и выявим величину утяжин в месте крепежных бобышек детали.

Для начала в среде SolidWorks Plastics откроем исследуемую деталь. Для этого экспортируем 3D-модель в формате *.step. и назначим материал исследуемой детали (рис. 3). В качестве основного материала детали используется пластик АБС 2020-31-901 (черный) ТУ 2214-019-00203521-96 [2].

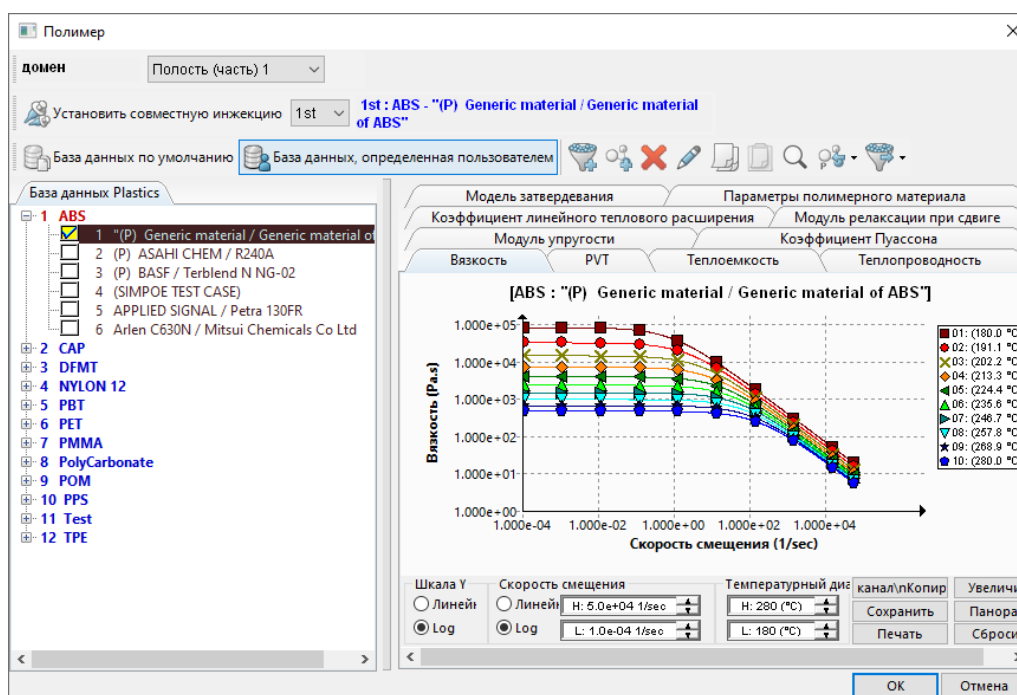


Рис. 3. Задание материала детали «Крышка блока»

Последующим этапом исследования является указание точек инъекции расплавленного материала в пресс-форме.

Для исследования литья в пресс-формах методом конечных элементов к программе SOLIDWORKS среды Plastics.

Одни из главных этапов расчета является генерация сетки конечных элементов (КЭ). Так, для детали «Крышка блока» была сгенерирована сетка (размер каждой ячейки равен 2 мм) с локальным уменьшением размера ячейки в зоне крепежных бобышек для более точного расчета. Сгенерированная сетка КЭ представлена на рис. 4.



Рис. 4. Сетка КЭ для исследования

После генерации сетки КЭ исследуемую модель запускают на расчет. Процесс решения литья полимера в пресс-форму показан на рис. 5.

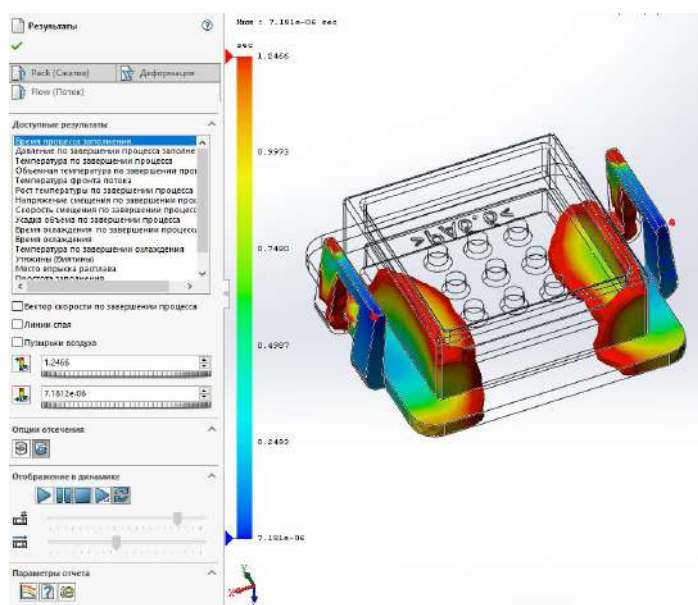


Рис. 5. Процесс решения исследования в программе Solid Works Plastics

В конце расчета были получены места расположения линий спая исследуемой детали «Крышка блока» (рис. 6).

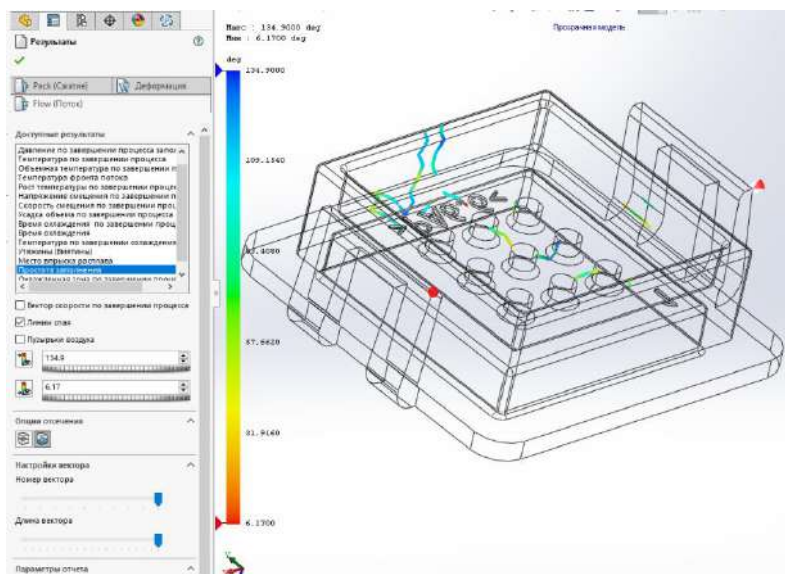


Рис. 6. Линий спая детали «Крышка блока» в модернизированной конструкции литниковой системы

Проведем сравнение линий спая в базовой и модернизированной конструкции пресс-формы (рис. 7).

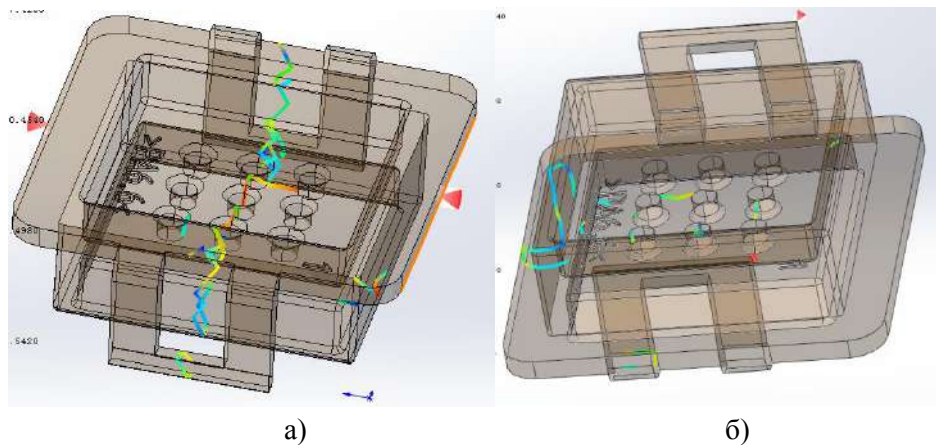


Рис. 7. Сравнение расположения линий спая в базовой (а) и модернизированной (б) конструкции литниковой системы

Как видно по рис. 6, линии спая переместились из зоны перемычки защелки, тем самым исключая возможность растрескивания в данной зоне. По результатам исследования детали «Крышка блока», проведенного в программе SOLIDWORKS Plastics, можно сказать, что модернизированная конструкция литниковой системы в части переноса точек инъекции в зону перемычек защелок детали «Крышка» блока» позволяет исключить возникновение линий спая в данной зоне и снизить процент брака деталей от разрушения защелок при закрытии изделия.

Библиографический список

1. SOLIDWORKS plastics – инструмент для симуляции литья. – URL: <https://procnc.ru/solidworks-plastics/> (дата обращения: 13.11.2024).
2. Сополимеры акрилонитрилбутадиенстирольные АБС. Технические условия. – URL: <http://www.1bm.ru/techdocs/kgs/tu/495/info/95580/> (дата обращения: 13.11.2024).

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ НАГРУЖЕННЫХ ПОДВИЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

К.А. Щеглетов^{1,2}

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, аспирант

²АО АНПП «Темп-Авиа», инженер 3 категории

Научный руководитель: Глебов В.В., к.т.н., доцент.

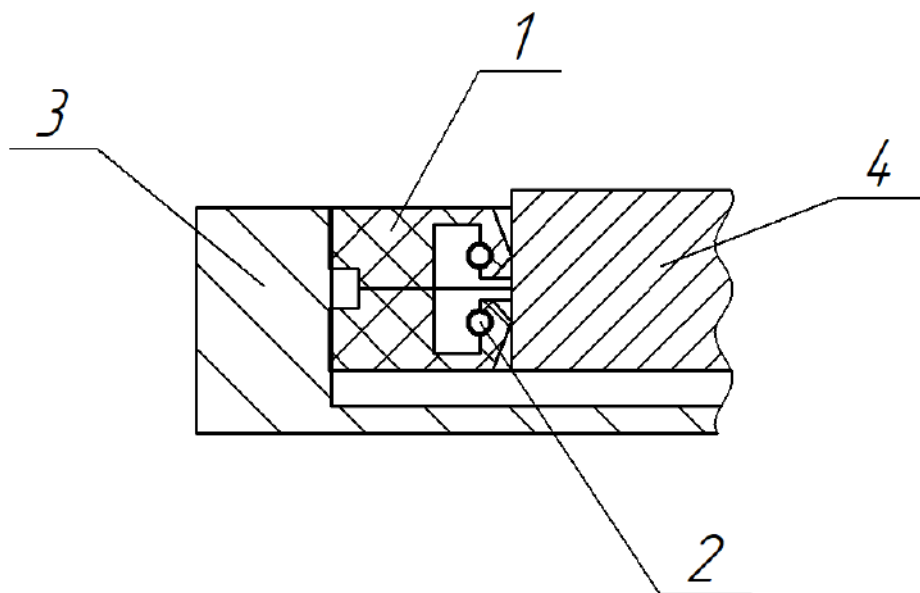
Целью работы является обзор методов обеспечения герметизации и износостойкости подвижных цилиндрических соединений. При этом предпочтительными способами и приняты фторопластовые антифрикционные покрытия, как замена традиционным методам (точные методы обработки деталей, взаимная подгонка, уплотнительные втулки). Для герметизации и увеличению износостойкости подвижного высоконагруженного соединения, находящегося в труднодоступном месте, рекомендована композиция ФБФ-74Д.

Ключевые слова: методы герметизации, фторопластовое покрытие; технические характеристики покрытий, уплотнения; технология нанесения покрытия.

Интенсивность изнашивания пар трения зависит от свойств материалов деталей, технологической подготовки поверхностей и их качества, а также от условий эксплуатации – нагрузки, температуры, смазки и пр. Многообразие возникающих в контактном слое изменений приводит к различным видам износа. Наиболее критическим является износ при трении без смазки. В таких условиях инженеры и ученые используют различные способы покрытия рабочих поверхностей пар трения. Однако, для каждого конкретного случая необходимо подобрать наиболее оптимальный способ, реализация которого может удовлетворить технические требования конкретного изделия. В данной статье выполнен анализ существующих способов снижения коэффициента трения, в том числе, с использованием фторопластового покрытия.

В работе [1] приведены примеры расчетов, характеризующих влияние различных факторов на герметичность цилиндрических соединений на примере гидравлических цилиндров. Показаны результаты исследований по напылению контактирующих поверхностей карбональным методом с использованием металлизации при термическом разложении и осаждении металлоорганических соединений. При этом получают однородные покрытия с высокой плотностью, пористые покрытия и порошковые материалы. Для нашего случая статья имеет полезный материал в части математического обоснования влияния различных факторов на герметическую плотность рассматриваемого контакта. В статье не рассматривались исследования герметизации с использованием полимерных покрытий.

В статье [2] рассмотрена возможность применения фторопластового покрытия, как технологического решения при необходимости герметизации труднодоступного подвижного соединения, находящегося под действием переменных статических и динамических нагрузок. Для герметизации и обеспечения плавного вращения деталей друг относительно друга применяют манжетные уплотнители (рис.1). В процессе эксплуатации из-за деформации формы манжетных уплотнителей и изнашивания в процессе трения от динамических нагрузок требуется их периодическая замена. Дополнительное применение смазки также не эффективно, поскольку со временем смазочные композиции выдавливаются из зоны скольжения или испаряются от воздействия температурных факторов. Применение фторопластовых втулок требует дополнительного крепления и увеличения габаритов соединения, что в некоторых случаях недопустимо. Поэтому повышение эксплуатационных характеристик за счет уменьшения износа является актуальной задачей.



Обозначение позиций: 1 – манжета; 2 – браслетная пружина;
3 – неподвижная деталь; 4 – подвижная деталь

Рис.1. Манжетное уплотнение подвижного соединения

В настоящее время в зависимости от технических требований к изделиям, в частности, к находящимся в них вращающимся соединениям, выбирают различные виды антифрикционных фторопластовых покрытий. Для уплотнения (герметизации) и увеличению износостойкости применяют фторопластовые порошок Ф-4МБ, суспензию Ф-4Д, композицию ФБФ-74Д. Такие покрытия также имеют высокую адгезию, устойчивость к климатическим факторам, низкий коэффициент трения и долговечность. Следует отметить, что фторопластовые покрытия являются экологичными, поскольку являются химическими и биоинертными, что предотвращает загрязнение акватории биоцидами [3], что является большим преимуществом при использовании. В зависимости от выбранно-

го фторопластового покрытия различают способ его нанесения. Для нанесения фторопластового покрытия порошком Ф-4МБ применяется схема, показанная на рис. 2.

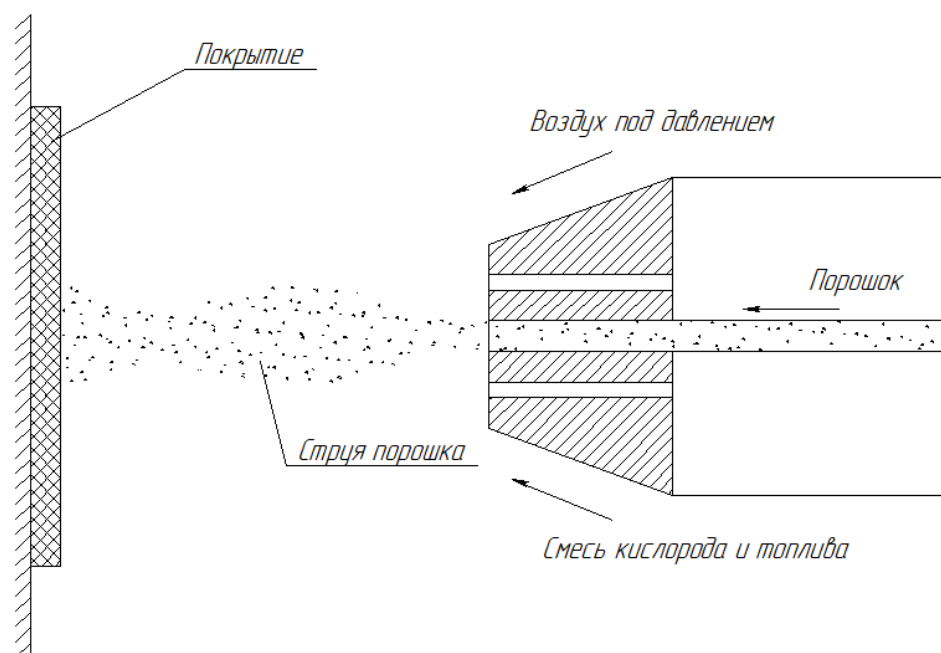


Рис.2. Способ нанесения фторопластового порошкового покрытия

Принцип напыления фторопластового порошка при газопламенном напылении следующий: в специальное сопло подается фторопластовый порошок. В момент вылета из сопла за считанные секунды порошок нагревается до температуры плавления и прилипает к подложке образуя поверхностный слой. Данный способ позволяет получить покрытие толщиной ≈ 90 мкм. При простоте использования данный метод обладает рядом недостатков, таких как неравномерность напыленного слоя, образование внутренних напряжений, которые могут привести к его отслоению. Стоит также отметить, что для улучшения сцепления порошка необходимо подготовить поверхностный слой подложки, увеличить шероховатость для лучшего сцепления или предварительно нагреть деталь.

Суспензия фторопласта Ф-4Д представляет собой жидкость молочно-белого цвета наносится путем окунания детали в ванную, пульверизатором или кистью. При однослойном покрытии толщина каждого слоя равняется 10-15 мкм, поэтому рекомендуется покрытие данным методом наносить несколькими слоями чтобы толщина покрытия составляла ≈ 100 мкм. [4] Недостатком такого метода является трудоемкость технологии нанесения, каждый слой требует сушки перед последующим покрытием, токсичность, поскольку выделяются пары растворителя в процессе сушки, неравномерность покрытия, требующая дополнительной обработки.

Процесс нанесения композиции ФБФ-74Д схож с нанесением суспензии Ф-4Д. Отличие состоит лишь в том, что предварительно подложку, на которую

наносится покрытие, подвергают пескоструйной или дробеструйной обработке для придания соответствующего поверхностного слоя детали. В конце нанесения слоев для придания покрытию конечных физико-механических свойств необходимо подложку прогревают в камере при температуре $\approx 155^{\circ}\text{C}$. Толщина одного слоя равняется от 10 мкм до 30 мкм, в зависимости от способа нанесения.

В статье [5] также показаны характеристики различных покрытий из фторопластов, наиболее подходящим для нашего случая является ФБФ-74Д. Комплексное покрытие на основе антифрикционной композиции ФБФ-74Д (ТУ 6-05-1617-88). Наносится на любые металлы, покрытие рекомендуется в качестве твердой смазки для трущихся поверхностей изделий и для защиты от атмосферной коррозии при длительном хранении. Коэффициент трения 0,06-0,1, число возвратно-поступательных ходов до появления задира составляет $20000 \div 25000$.

Для практического использования в условиях подготовки производства нового изделия целесообразно принять во внимание рекомендуемое в статье комплексное покрытие.

Библиографический список

1. Борисов, Г.А. Вестник. Технологические основы повышения ресурса штокового уплотнительного узла гидроцилиндра / Г. А. Борисов, Е. Е. Семенова, В. Ю. Чикунков // РГАТУ, №2 - 2010. С 44-50.

2. Гаврилова, В.С. Анализ факторов, влияющих на выбор поверхностного слоя материала сопряженных деталей пар трения / В.С. Гаврилова, С.А. Воронов. // Инженерный журнал: науки и инновации. №11 - 2015, С. 1-7.

3. Каблов, В.Ф. Экологически безопасные противообрастающие покрытия на основе фторопласта / В.Ф. Каблов, В.Е. Костин, Н.А. Соколова // Известия самарского научного центра Российской академии наук. № 1-8. С. 2129-2132.

4. Лакокраска Я [электронный ресурс] – Режим доступа: <https://lakokraska-ya.ru/suspenziya-f-4d-ftoroplastovaya> (дата обращения 06.11.2024).

5. Композиции покрытий из фторопласта. [электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.ftorpolymer.ru/pokr/pokr_kom.html (дата обращения 07.11.2024).

Секция 2. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

АНАЛИЗ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НАВИГАЦИИ

К.О. Гущин¹, Е.С. Кечин²

Арзамасский политехнический институт (филиал)

Нижегородского государственного технического университета

им. Р.Е. Алексеева, ¹магистрант, ²аспирант

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; schnizel228@yandex.ru, egorke-
chin@mail.ru

Научный руководитель: Гуськов А.А., к.т.н., доцент, guskov@apingtu.edu.ru

Рассмотрены различные типы вычислительных средств и их характеристики. Проанализированы подходы к созданию архитектур процессоров. Дано описание регистров памяти, интерфейсов микроконтроллеров с точки зрения скорости вычислений. Приведены рекомендации по выбору микроконтроллеров. Рассмотрена возможность применения программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), как альтернативы микроконтроллерам.

Ключевые слова: микроконтроллер, процессор, микропроцессор, архитектура, регистр, память, интерфейс; тактовая частота, программируемая логическая интегральная схема.

При разработке навигационных систем основной задачей является реализация алгоритмов обработки сигналов акселерометров и гироскопов. Информация, получаемая с датчиков, требует обработки согласно математическим моделям, включающим тригонометрические, матричные вычисления, а также решение систем линейных (а в некоторых случаях, нелинейных) алгебраических уравнений. Перечисленные операции должны осуществляться с быстродействием, позволяющим непрерывно принимать и обрабатывать входные данные с частотой в несколько килогерц. При этом накладываются определенные ограничения на энергопотребление и массогабаритные показатели, что влияет на выбор вычислительных устройств.

В настоящее время для решения задач обработки информации повсеместно применяются микроконтроллеры (МК), в основе которых лежит ядро, реализуемое с помощью различных типов архитектур: *CISC*, *RISC*, *MISC*, *VLIW*. Архитектура определяет аппаратную составляющую ядра, набор команд, которые могут использоваться при программировании и порядок их исполнения. Самыми распространёнными архитектурами являются *CISC* (*Complex Instruction Set Computer*) и *RISC* (*Reduced Instruction Set Computer*). Ключевое различие заключается в следующем: инструкции архитектуры *RISC* имеют стандартизированную длину, что позволяет выполнять их за один такт, в то время как инструкции, характерные для *CISC* могут иметь произвольную длину и большую слож-

ность. Поэтому изначально в рамках архитектуры *RISC* было возможно осуществлять конвейеризацию выполнения инструкций, что обеспечивало большую эффективность работы архитектуры в сравнении с *CISC*. Однако с момента появления в конце XX века архитектуры претерпели множество изменений и заимствований, что сделало их отчасти похожими. Например, в архитектуру *CISC* была добавлена концепция микроопераций, что позволило частично оптимизировать процесс исполнения инструкций. На данный момент при выборе вычислительного средства для информационно-измерительной системы, работающей на основе собственных программ, реализующих сложные алгоритмы, следует обращать внимание не на архитектуру МК, а на конкретные параметры, а также учитывать доступность и экономическую целесообразность. Стоит отметить, что самая распространенная архитектура *CISC* – *x64*, как и *x86* принадлежат компании *Intel*, выпускающей свои собственные процессоры, из-за чего конкуренцию ей составляет лишь компания *AMD*. Ситуация на рынке процессоров с популярной *RISC*-архитектурой *ARM* более благоприятна, так как одноименная компания не производит собственные процессоры, а занимается только проектированием, поэтому в мире существует большое количество корпораций, изготавливающих МК на основе ядер *ARM*, например, *Apple*, *Analog Device*, *Atmel*, *Samsung*, *ST Microelectronics*, *Texas Instruments*, *Nvidia* и др., а также российские компании «Миландр» и «Байкал электроникс» [1].

Вышеизложенное обосновывает то, что среди микроконтроллеров, в отличие от компьютерных процессоров, доминирует архитектура *ARM*, поэтому стоит рассмотреть именно их разработки. В табл. 1 представлены самые распространенные серии процессоров *ARM*.

Таблица 1

Процессоры *ARM*

Процессор <i>ARM</i>	Ядро	Удельная производительность за один такт (на ядро), <i>DMIPS</i> /МГц	Применение
<i>Cortex-A</i>	<i>Cortex-A5</i>	1,57	Используются в высокопроизводительной технике (смартфоны, планшеты)
	<i>Cortex-A7</i>	1,9	
	<i>Cortex-A15</i>	3,5	
<i>Cortex-R</i>	<i>Cortex-R5</i>	1,67	Используются в автомобилестроении, в жестких дисках, так как обладают высокой надежностью
	<i>Cortex-R7</i>	2,5	
<i>Cortex-M</i>	<i>Cortex-M0</i>	0,84	Применяются в большинстве микроконтроллеров для широкого потребления
	<i>Cortex-M3</i>	1,25	
	<i>Cortex-M4</i>	1,25	
	<i>Cortex-M7</i>	2,14	

Как видно из табл. 1, в МК используются процессоры серии *Cortex-M*, причем, чем больше индекс, тем выше производительность. Упомянутая величина *DMIPS* является результатом синтетического теста производительности

Dhrystone и характеризует количество операций в секунду. Тесты производительности не могут в полной мере проанализировать работу процессоров, так как имеют ограничения. Значение частоты в МГц характеризует тактовую частоту процессора, определяющую, сколько тактов выполняется за одну секунду. Частота процессора значительно влияет на его производительность, стоимость и энергопотребление, однако при избыточности вычислительной мощности её можно программно снизить, тем самым уменьшив затраты энергии, поэтому следует выбирать процессоры с запасом по частоте.

Другой важный параметр МК – разрядность регистров, т.е. максимальное число бит, которое может храниться в одном регистре. Регистр является быстрой памятью, куда записываются переменные в процессе выполнения программ, то есть от размера регистров зависит, сколько тактов понадобится на выполнение операции. Кроме того, использование регистров позволяет уменьшить время исполнения инструкций за счет сокращения количества обращений к более медленной памяти, к которой относят КЭШ и ОЗУ. Это особенно актуально для процессоров на *RISC*-архитектуре, так как они оперируют большим количеством простых инструкций, требующих больше памяти, чем длинные и сложные инструкции архитектуры *CISC*.

В настоящее время на рынке представлены МК разрядностью от 8 до 32 бит. Для сложных вычислений и работы с большими числами стоит выбирать разрядность 32 бита.

Кроме регистров МК использует оперативную (*SRAM*) и энергонезависимую память (*FLASH* и *EEPROM*). В *SRAM* записываются данные во время работы программы, в *FLASH* – хранится сама программа и данные, которые не требуют частой перезаписи, в *EEPROM* – настройки программы и важные данные. Процессор обращается к *SRAM* с тактовой частотой, на которой работает, поэтому в рамках МК память не влияет на скорость вычислений и стоит ориентироваться только на её объём. Если изначально при проектировании информационно-измерительных систем трудно точно оценить, сколько памяти может понадобиться, то при выборе следует ориентироваться на МК с возможностью подключения внешней памяти, в том числе *SRAM*, *FLASH* и *EEPROM*.

Также имеет значение выбор интерфейсов, используемых в МК. К самым часто встречающимся интерфейсам относятся *UART*, *SPI*, *I2C*, *CAN*, *USB*. Все они используются для связи МК с внешними устройствами, однако каждый интерфейс специфичен и имеет определенный сценарий использования. Через *USB* МК сопрягается с компьютером, что значительно упрощает процесс записи программы в память. Отладка работы устройства производится по интерфейсам *JTAG*, *SWD* и др. Для соединения и организации обмена данными нескольких внешних устройств используют *SPI*, *I2C*, *CAN*.

Датчики микроэлектромеханических систем (МЭМС) передают информацию, как правило, по интерфейсу *SPI* или *I2C*. С точки зрения простоты про-

граммирования и скорости обмена данными предпочтительнее выбирать интерфейс *SPI*. Большинство МК поддерживают универсальный асинхронный приемопередатчик (*UART*), сигнал которого при помощи внешних модулей-преобразователей можно конвертировать в сигналы других интерфейсов, однако при этом увеличивается число используемых электронных компонентов, поэтому стоит заранее определиться с требуемым функционалом МК и решаемыми задачами.

Выбирая МК, важно оценить степень поддержки продукта со стороны производителя, ведь помимо характеристик его немаловажным является наличие технической документации и средств отладки. На сайтах производителей должны быть приведены технические спецификации с описанием работы МК, примечания по применению, различные инструкции. Кроме того, программное сопровождение в виде среды разработки с приведенными в ней примерами облегчает использование устройства в собственных разработках. В качестве средства для отладки производитель может отдельно предоставлять специальные платы с установленными МК, по которым можно оценить функциональность устройства и создать макет.

Микроконтроллеры не являются единственно возможным вариантом вычислительного средства. Когда ставится задача реализации сложных вычислений с высокой производительностью, необходимо рассмотреть возможность применения программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). ПЛИС состоит из логических блоков, включающих в себя триггер для осуществления операций с сохранением состояния, логического элемента, программируемого под разные задачи и мультиплексоров, принимающих входные сигналы, задавая конфигурацию логического блока [2]. В каждом логическом блоке организованы ячейки памяти для хранения информации о его конфигурации. Логические блоки ПЛИС могут работать как независимо друг от друга, так и будучи связанными горизонтальными или вертикальными линиями связи или «матрицей переключателей». Совокупность используемых логических блоков образует цифровую схему, которую можно менять под конкретные задачи – это одно из преимуществ ПЛИС перед МК, имеющим жесткую логику работы, заложенную его архитектурой. Микроконтроллеры последовательно выполняет переданные ему инструкции, на что требуется большое количество тактов, в то время как ПЛИС, осуществляет одновременно и независимо множество логических операций, давая возможность сократить время решения аналогичной задачи до одного такта. Несмотря на огромное преимущество в производительности ПЛИС перед МК, их применение ограничено из-за сложности разработки цифровых схем и высокой стоимости.

Точность позиционирования объекта в пространстве зависит не только от погрешностей датчиков, но и от частоты обновления данных об угловой скорости или ускорении. Данный параметр также называют частотой дискретизации

или частотой выборки. Он определяет скорость преобразования аналоговых входных величин в цифровой сигнал. Частота дискретизации напрямую влияет на количество вычислительных операций за период времени, то есть чем больше частота, тем более мощное вычислительное устройство необходимо. Однако обычно частота решения навигационных задач ниже частоты дискретизации датчиков, что обусловлено недостатком вычислительной мощности. Например, малогабаритный инерциальный модуль производства АО «ПКК Миландр» проводит полное решение навигационной задачи с частотой 1000 Гц при частоте дискретизации датчиков 5000 Гц [3]. Значение частоты решения навигационной задачи находится в промежутке от нескольких десятков герц до нескольких килогерц и коррелирует с техническими характеристиками объекта, на котором используется навигационная система. Для летательных аппаратов она составляет 100-500 Гц, для высокоскоростных и маневренных объектов 2-3 кГц [2]. В табл. 2 приведена градация навигационных систем по частоте навигационных решений с указанием характеристик применяемых вычислительных устройств (ВУ).

Таблица 2

Применение вычислительных устройств в системах навигации летательных аппаратов с различной частотой решения навигационной задачи [5; 6]

Летательные аппараты	Частота навигационных решений, Гц	Применяемое ВУ	Характеристики ВУ
Малоскоростные (до 100 м/с)	100	Микроконтроллер	72 МГц, регистр 32 бита
Дозвуковые (до 300 м/с)	500	Микроконтроллер	216 МГц, регистр 32 бита
Сверхзвуковые (до 640 м/с)	1000	Несколько микроконтроллеров, обрабатывающих параллельно данные разных датчиков	240 МГц, регистр 32 бита
Высокоскоростные (более 640 м/с)	Более 1000	Несколько микроконтроллеров или ПЛИС	240 МГц, регистр 32 бита/ более 1000 логических блоков ПЛИС

Таким образом, производительность ВУ и его тип напрямую зависят от частоты решения навигационной задачи, скоростных и маневренных характеристик объекта, ориентация которого определяется. Для летательных аппаратов с дозвуковой скоростью возможно применение 32-битных МК с частотой от 72 МГц. При навигации объектов, движущихся со сверхзвуковой скоростью, может потребоваться использование нескольких МК с частотами 200 и более МГц или замена МК более производительным ВУ – ПЛИС.

Библиографический список

1. Резник, В.Г. Архитектура вычислительных комплексов. Тема 2. Архитектура процессоров: учебно-методическое пособие / Резник В.Г. – Томск, ТУСУР, 2018. – 108 с.
2. Легостаев, В.Л. Методы, алгоритмы и структура программно-технического комплекса: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, МИЭМ, 2011. – 20 с.
3. Техническое описание. Малогабаритный инерциальный навигационный модуль (версия 0.7). – АО «ПКК Миландр», 2022. – 83 с.
4. Певцов, Е.Ф. Проектирование цифровых схем на основе ПЛИС: методические указания / Певцов Е.Ф., Смирнов А.Н. – Москва, МИРЭА, 2006. – 32 стр.
5. Шипов, И.А. Реализация распределенных вычислений на отечественных микропроцессорных устройствах // Известия ЮФУ. Технические науки – 2022. – №1 (225). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-raspredeleennyh-vychisleniy-na-otechestvennyh-mikroprotsessornyh-ustroystvah> (дата обращения: 25.10.2024).
6. НПП «ГИРОНАВ»: Бесплатформенная инерциальная навигационная система бинс Н1: сайт. – URL:<https://gyronav.ru/ru/products/h1-series>(дата обращения: 25.10.2024).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ГИРОСКОПОВ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОЙ ПИЛОТАЖНОЙ СИСТЕМЫ

А.Д. Ермократьева^{1,2}

¹АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»,
инженер

²Арзамасский политехнический институт (филиал)
Нижегородского государственного технического университета
им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail:
ermokratevaaleksandra@gmail.com,

Научный руководитель: Улюшкин А.В., к.т.н., доцент, uav.apingtu@gmail.com

Представлены результаты исследований опытных образцов малогабаритных волоконно-оптических гироскопов: проведена лабораторная отработка датчиков (оценка нестабильности дрейфа нуля, оценка погрешности масштабного коэффициента). Предложен метод калибровки с увеличением разбиения полигонов трехмерной поверхности и их дальнейшая аппроксимация полиномом с двумя переменными для повышения точности характеристик датчиков.

Ключевые слова: летательный аппарат, волоконно-оптический гироскоп, точностные характеристики, калибровка, зависимость погрешности, масштабный коэффициент, аппроксимация, полином.

В настоящее время одними из самых распространённых типов гироскопических датчиков, применяемых в составе пилотажных приборов и систем летательных аппаратов (ЛА) и других подвижных объектов, являются оптические гироскопы: волоконно-оптические (ВОГ) или кольцевые лазерные (КЛГ). Принцип их действия заключается в том, что замкнутом контуре, создаваемом оптическим волокном (для ВОГ) или системой зеркал (для КЛГ) от одного источника света в противоположных направлениях распространяются два световых луча. При отсутствии движения гироскопа лучи проходят по всей длине контура и встречаются на фотодетекторе в одно и то же время, т.е. их разность фаз равна нулю. При наличии движения вокруг нормальной оси гироскопа поступление лучей на детектор неодинаковое, и по возникшей разности фаз определяется угловая скорость ω , которая ей прямо пропорциональна [3]. В зависимости от размеров оптического контура (длины волокна или сторон оптического чувствительного элемента), такие датчики обеспечивают погрешность измерения в диапазоне от 0,001 °/ч до 100 °/ч. Соответственно, их габариты и масса также кардинально различаются.

В настоящее время крайне востребованным направлением является создание компактных пилотажных систем для пилотируемых и беспилотных ЛА.

Изначально для обеспечения требований по массе и габаритам, в таких системах широко применялись микромеханические инерциальные модули ввиду существенных габаритов оптических гироскопов. Однако их низкая точность заставляет реализовывать практически постоянную спутниковую коррекцию, что лишает систему автономности, а в условиях отсутствия стабильного сигнала от спутника делает полностью невозможным применение таких систем. Поэтому важной задачей является поиск и исследование миниатюрных ВОГ, а также разработка решений по повышению их точности.

Изначально погрешность ВОГ, в большей степени, обуславливалась несовершенством компонентов конструкции, и в первую очередь – длиной и качеством волокна [2]. Впоследствии, деятельность разработчиков по снижению погрешности была направлена на улучшение характеристик источника света (суперлюминисцентного диода), фотодетектора, а также на способы намотки волокна в волоконной бухте (расположение витков, их пайка, термостабилизация и т.д.). На сегодняшний день возможности снижения погрешности ВОГ за счет изменения его конструкции изучены достаточно подробно, однако не в полной мере проработаны решения, обеспечивающие минимизацию в выходном сигнале датчика «паразитной» составляющей в виде случайной погрешности.

Из-за существенного влияния отрицательных температур на характеристики оптического волокна (оно мутнеет, из-за чего происходит запаздывание или потеря луча), у многих ВОГ нижний предел рабочей температуры ограничен значением « -40°C ». Кроме того, применяемые компоненты конструкции ВОГ также делают его восприимчивым к влиянию изменения температуры, поэтому при применении таких гироскопов в составе измерительных приборов и систем необходимо проводить «калибровку» – специальную технологическую процедуру, осуществляемую на этапе сборки системы, которая направлена на определение величины систематической составляющей погрешности датчика от температуры. При последующей эксплуатации системы, указанная величина учитывается в процессе проведения измерений.

Для определения величины систематической составляющей погрешности наиболее часто применяются математические модели, в которых учитываются зависимости нулевых сигналов и масштабных коэффициентов (МК) датчиков от температуры, а также нелинейности их МК. При проведении «калибровки» для каждого образца гироскопа определяются коэффициенты указанных величин, которые обычно хранятся в энергонезависимой памяти прибора или системы, и впоследствии используются для вычисления измеряемых значений [6].

В рамках поиска миниатюрных ВОГ были выбраны следующие датчики:
- *КТОГ-24* (Китай)

- МРОГ (ПАО «ПНППК», г. Пермь, РФ) [7]
- *GNGFA21AY300* (*GNAY «GUANXINGNAV»*, Китай).

Были получены опытные образцы указанных датчиков и начаты исследования их характеристик. В процессе исследований результаты сравнивались с характеристиками гироскопа ВГ091-300А одного из лидеров по производству ВОГ на отечественном рынке, ЗАО «Физоптика», г. Арзамас, РФ [1, 4].

В данной статье рассматриваются результаты исследования двух опытных образцов миниатюрного гироскопа *GNGFA21AY300*. Исследования производились на испытательной базе АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА», при этом применялись аттестованные средства измерения, прошедшие поверку (например, поворотная установка ИПП-902АМ.7, паспортизированная величина погрешности которой не превышает 0,25 %).

Обобщенная модель выходного сигнала ВОГ описывается следующей зависимостью [5, 6]:

$$\Delta\omega = K(t, \omega_d) \cdot \omega_d + \omega_0(t) + \omega_{\text{ЛУ}}(U), \quad (1)$$

где $K(t, \omega_d)$ – масштабный коэффициент, зависящий от температуры и действующей угловой скорости;

ω_d – действующая угловая скорость;

$\omega_0(t)$ – нулевой сигнал, зависящий от температуры;

$\omega_{\text{ЛУ}}(U)$ – составляющая выходного сигнала, вызванная действием линейных ускорений.

Соответственно, при проведении исследования необходимо определять погрешность МК и величину дрейфа выходного сигнала в состоянии покоя опытных образцов малогабаритного ВОГ, а впоследствии – величину дрейфа

Поэтому основными параметрами, оцениваемыми в процессе исследований, являлись погрешности МК и дрейф гироскопа (смещение выходного сигнала при отсутствии измеряемой угловой скорости) при различных постоянных температурах.

Измерение величины дрейфа выходного сигнала двух опытных образцов осуществлялось при стабильных «температурных полках»: минус 40 °С, в н.к.у, при плюс 60 °С. Время выдержки датчика на температуре (в выключенном состоянии) – 1 ч. Для получения более достоверной информации на каждой температуре проводилось по два измерения. Графики зависимостей выходного сигнала приведены на рис. 1.

Максимальная величина дрейфа выходных сигналов исследуемых опытных образцов малогабаритных ВОГ при стабильных температурах не превысила 150 °/ч.

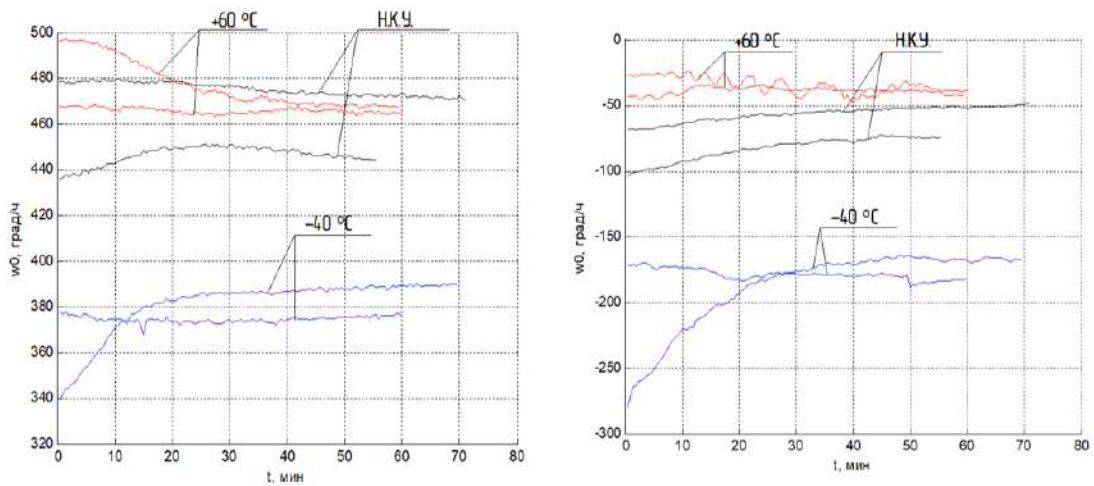


Рис. 1. Изменение дрейфа гироскопов на «температурных полках»

При измерении погрешностей МК двух образцов ВОГ, возникающих из-за влияния температуры, проводились замеры в диапазоне угловых скоростей от ± 10 °/с до ± 300 °/с при температурах минус 40 °С, минус 20 °С, 0 °С, плюс 60 °С и в Н.К.У. Результаты замеров приведены на рис. 2 (учитывая одинаковый характер изменения при вращении по часовой и против часовой стрелки, на рис. 2 представлены графики изменения при положительных значениях угловой скорости).

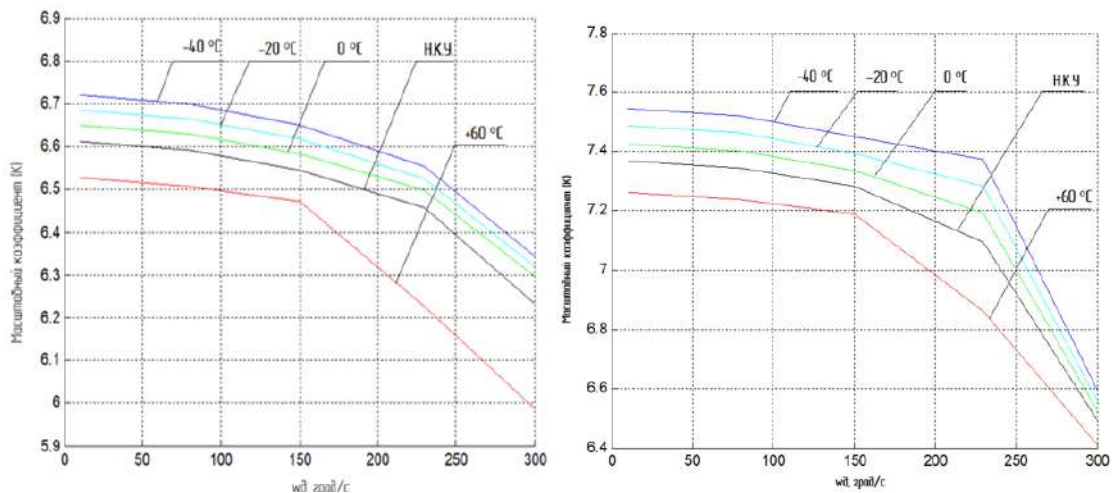


Рис. 2. График зависимости МК двух опытных образцов гироскопов GNGFA21AY300 от температуры и угловой скорости

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

- датчики имеют ярко выраженную зависимость нелинейности МК от температуры и угловой скорости;
- изменение МК в диапазоне рабочих температур составило 4 %.

Наиболее полно характер изменения зависимости МК от угловой скорости описывается полиномом пятой степени.

В связи с ярко выраженной зависимостью нелинейности МК от угловой скорости, использование одного полинома для описания зависимости выходного сигнала при разных величинах угловых скоростей не даст требуемого результата, поэтому было предложено использовать аппроксимацию через полином 5 порядка для каждого диапазона угловых скоростей для каждой температуры.

Через встроенные возможности программы *MATLAB* были определены полиномы, описывающие кривую МК на каждой температуре. На их основе была построена трехмерная поверхность, описанная полиномом, зависящим от двух переменных (температура и угловая скорость), представленная на рис. 3.

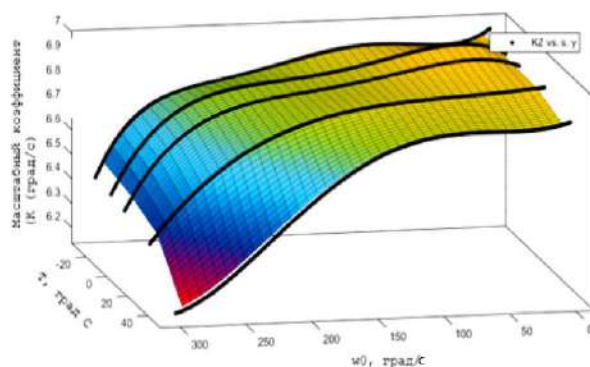


Рис. 3. Трехмерная модель поверхности изменения МК с температурной зависимостью

На рис. 4 приведена остаточная погрешность МК, полученная с использованием для калибровки полинома, зависящего от двух переменных.

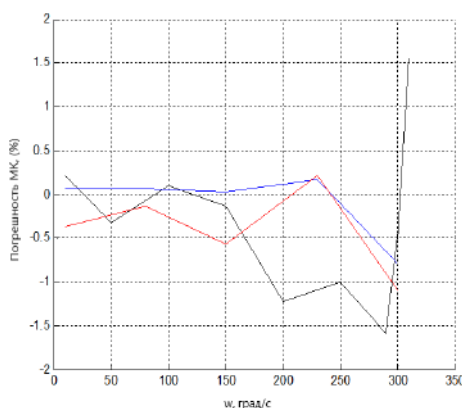


Рис. 4. График зависимости МК после поэтапной калибровки полиномом 5-й степени

Из представленного графика можно сделать вывод, что использование данного метода позволяет получить погрешность МК 0,5 % в диапазоне угловых скоростей от 10 °/с до 150 °/с, а в диапазоне угловых скоростей от 10 °/с до 300 °/с максимальная погрешность МК составляет 1,5 %

В дальнейшем целесообразно проводить более детальную калибровку, например, разбивать аппроксимирующую поверхность на множество малых

участков (полигонов) и каждый участок аппроксимировать отдельно («глубина» разбиения на участки будет уточняться), тем самым повышая точность калибровки. Очевидно, что данный процесс будет занимать значительно больше времени, но это необходимо для выработки оптимального подхода «точность-трудоемкость».

Проведенные исследования гироскопа *GNGFA21AY300* показали повторяемость точностных характеристик двух опытных образцов, а также возможность дальнейшего повышения точности систем, построенных с применением данных гироскопов, за счет применения предложенной методики калибровки.

Библиографический список

1. Гилёв, Д.Г. Влияние поляризационной невязимности и наведенного двулучепреломления в волокне на точностные параметры волоконно-оптического резонаторного гироскопа: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук – ПГНИУ, Пермь, 2023 - 115 с.

2. Горохов, С. Л. Волоконно-оптические гироскопы (Обзор) URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/volokonno-opticheskie-giroskopy-obzor-](https://cyberleninka.ru/article/n/volokonno-opticheskie-giroskopy-obzor) 7 с. (дата обращения 26.10.2024 г.)

3. Джашитов, В.Э. Общая и прикладная теория гироскопов с применением компьютерных технологий. Курс лекций. / Джашитов, В.Э., Панкратов В.М., Голиков А.В.; под общей редакцией академика РАН В.Г. Пешехонова. С.-Петербург: ГНЦ РФ ЦНИИ “Электроприбор”, 2008 – 154 с.

4. ЗАО «Физоптика»: официальный сайт - URL: <https://www.fizoptika.ru> (дата обращения 26.10.2024 г.)

5. Камерилова, Е.А. Инерциальный блок измерения параметров полета летательного аппарата / Камерилова Е.А., Лосев В.В. // Автоматика и электронное приборостроение (АЭП-2017). Материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции, посвященной 85-летию КНИТУ-КАИ. Сборник докладов. 2017.– С. 146-153

6. Маслов, И.С. Исследование инерциальных модулей для построения пилотажно-навигационных систем / Маслов И.С., Столяров В.Д. // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – №12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-inertsialnyh-moduley-dlya-postroeniya-pilotazhno-navigatsionnyh-sistem> (дата обращения 26.10.2024 г.)

7. ПАО «ПНППК»: официальный сайт - URL: <https://www.pnppk.ru> (дата обращения 26.10.2024 г.)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И BLUETOOTH

С.О. Ермолин¹

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистр
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: oleg68a51@gmail.com
Научный руководитель: Долгов А.Н., к.т.н., доцент, mirevm@mail.ru

В статье проводится анализ стандарта оптического канала передачи данных по ГОСТ Р МЭК 61107-2001 и современных беспроводных технологий, в частности Bluetooth Low Energy (BLE) 5.0. Рассматриваются характеристики оптического канала и его ограничения, связанные с необходимостью проводного подключения и физического контакта с приборами учета. Проанализированы различные беспроводные протоколы, включая Wi-Fi, ZigBee, LoRaWAN и несертифицированные решения, с точки зрения их применимости для замены оптического канала. Целью работы является сравнение оптического канала и Bluetooth, выделение их достоинств и недостатков с конкретными данными, анализ точки перехода с оптического канала на беспроводной, а также обоснование выбора модуля ESP32-S3-WROOM-1 для реализации данной задачи. Показано, что использование Bluetooth 5.0 и модуля ESP32-S3-WROOM-1 позволяет повысить эффективность и удобство систем сбора данных, сохраняя при этом преимущества оптического канала.

Ключевые слова: оптический канал, ГОСТ Р МЭК 61107-2001, Bluetooth, ESP32-S3-WROOM-1, беспроводная передача данных, приборы учета.

Системы сбора и передачи данных играют ключевую роль в коммунальном хозяйстве, энергетике и промышленности. В настоящее время многие приборы учета используют оптический канал передачи данных по стандарту ГОСТ Р МЭК 61107-2001 [1]. Однако необходимость проводного подключения к компьютеру или ноутбуку усложняет эксплуатацию таких систем. Возникает потребность в переходе на беспроводные технологии передачи данных, с сохранением физического контакта с прибором учета.

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа оптического канала передачи данных по стандарту ГОСТ Р МЭК 61107-2001 и современных беспроводных технологий (достоинства и недостатки, возможность перехода с оптического канала на беспроводной, обоснование выбора модуля *ESP32-S3-WROOM-1* (рис. 1) для реализации данной задачи).

Стандарт ГОСТ Р МЭК 61107-2001 [1] устанавливает требования к оптическому интерфейсу для обмена данными с приборами учета. Основные характеристики включают скорость передачи данных 300 или 9600 бит/с, дистанцию передачи не более 20 мм между оптическими портами, асинхронную полудуплексную связь и использование инфракрасного излучения в диапазоне длин

волн 800–1000 нм. Энергопотребление минимально, поскольку интерфейс активируется только при считывании данных, а устойчивость к помехам высокая благодаря оптической природе передачи.



Рис. 1. Модуль *ESP32-S3-WROOM-1*

Достоинствами оптического канала являются высокая устойчивость к электромагнитным помехам, безопасность передачи данных из-за трудности перехвата оптического сигнала, низкое энергопотребление (обычно менее 10 мА в активном режиме) и простота реализации. Однако имеются и недостатки: необходимость физического контакта с прибором учета, ограниченная скорость передачи данных (максимум 9600 бит/с), проводное подключение к ПК, что снижает мобильность и удобство эксплуатации, а также ограниченный диапазон длин волн, требующий точной настройки оптических элементов.

В качестве примера оптического устройства рассмотрим коммуникационный адаптер *КАО-USB* (рис. 2) [2], предназначенный для считывания данных через оптический интерфейс по ГОСТ Р МЭК 61107-2001. Он подключается к ПК через USB 2.0, поддерживает скорости передачи данных 300, 600, 1200, 2400, 4800 и 9600 бит/с и питается от USB-порта с потреблением менее 100 мА. Дальность связи составляет до 20 мм, а совместимость охватывает большинство счетчиков электроэнергии, воды и газа, соответствующих стандарту. Достоинства *КАО-USB* включают простоту использования, отсутствие необходимости во внешнем питании. Недостатками являются необходимость проводного подключения к ПК, требование физического контакта с прибором учета и ограниченная скорость передачи данных.



Рис. 2. Устройство считывающее оптическое КАО-USB

В ходе анализа беспроводных протоколов с учетом их преимуществ и ограничений были рассмотрены *Wi-Fi*, *ZigBee*, *LoRaWAN* и *Bluetooth Low Energy (BLE) 5.0*.

Wi-Fi (стандарт *IEEE 802.11n*) обладает высокой скоростью передачи данных, достигающей 600 Мбит/с, с радиусом действия в помещении до 70 м. К преимуществам можно отнести быструю передачу данных и широкую распространённость. Однако его высокий уровень энергопотребления (около 200-300 мА при передаче) делает *Wi-Fi* неподходящим для устройств с автономным питанием. Также среди недостатков можно выделить сложность настройки и возможные помехи в диапазоне 2,4 ГГц.

ZigBee (стандарт *IEEE 802.15.4*) характеризуется низким энергопотреблением (20-50 мА при передаче) и возможностью построения сетей с высокой плотностью узлов. К его преимуществам относятся энергоэффективность и поддержка *mesh*-сетей. Однако его применение ограничивается сложностью реализации сети и ограниченной совместимостью, а также необходимостью соблюдения стандартов *ZigBee Alliance*.

LoRaWAN отличается дальностью связи до 15 км в сельской местности и очень низким энергопотреблением (10-20 мА при передаче). Его преимуществами являются большая дальность действия и низкий расход энергии, тогда как необходимость базовых станций и соблюдение стандартов *LoRa Alliance* представляют собой ограничения.

Bluetooth Low Energy (BLE) 5.0 обеспечивает передачу данных на скорости до 2 Мбит/с и действует на расстоянии до 100 м. Энергопотребление при передаче данных составляет около 15 мА, а в режиме ожидания – менее 1 мА. Основные преимущества включают баланс между скоростью и энергопотреблением, широкую совместимость с мобильными устройствами, высокий уровень безопасности благодаря шифрованию с использованием *AES-CCM*

(128 бит), а также простоту интеграции за счет готовых модулей и документации. К недостаткам относятся ограниченный радиус действия по сравнению с *LoRaWAN* и возможные помехи в диапазоне 2,4 ГГц.

Нестандартные беспроводные протоколы, такие как проприетарные решения на частотах 433 МГц и 868 МГц, позволяют достичь дальности действия до 2 км при низком потреблении энергии (10-30 мА при передаче). Однако отсутствие стандартизации приводит к несовместимости между устройствами разных производителей, снижению уровня безопасности и возможным нарушениям требований по использованию частотного спектра.

Выбор *Bluetooth 5.0* оправдан: его скорость до 2 Мбит/с подходит для передачи данных счетчиков, а низкое энергопотребление (около 15 мА при передаче) делает его подходящим для устройств с батарейным питанием, обеспечивая продолжительное время работы. Радиус действия до 100 м предоставляет оператору мобильность и позволяет считывать данные без необходимости физической близости к компьютеру. Широкая совместимость с мобильными устройствами облегчает внедрение, а высокий уровень безопасности защищает данные. Сертификация по стандартам *Bluetooth SIG* обеспечивает совместимость и надежность, а наличие модулей, таких как *ESP32-S3-WROOM-1*, упрощает интеграцию.

Модуль *ESP32-S3-WROOM-1* поддерживает *BLE 5.0* и оснащен двухъядерным процессором *Xtensa® LX7* на частоте до 240 МГц. Имеет 512 КБ *SRAM* и поддерживает внешнюю *PSRAM* до 8 МБ, с беспроводными интерфейсами *Bluetooth 5.0 BLE* и *Wi-Fi 802.11 b/g/n*. Энергопотребление в режиме глубокого сна составляет менее 5 мкА, в режиме ожидания с активным *BLE* — около 10 мА, а при передаче по *BLE* — около 15 мА. Также имеются интерфейсы *UART*, *SPI*, *I2C*, *GPIO* и компактные размеры 18 мм × 19,2 мм. Сертифицирован в соответствии с требованиями *FCC*, *CE*, *SRRC*, *IC*, а также оснащен аппаратной поддержкой шифрования для защиты данных.

Достоинства модуля *ESP32-S3-WROOM-1* включают:

- поддержку *BLE 5.0*, что обеспечивает совместимость и высокую скорость передачи данных;
- высокую производительность благодаря двухъядерному процессору для обработки данных в реальном времени;
- энергоэффективность, что подходит для устройств с батарейным питанием;
- многофункциональность благодаря наличию множества интерфейсов;
- компактные размеры, что облегчает интеграцию в системы;
- широкую поддержку, включая документацию и сообщество разработчиков.

К недостаткам относятся необходимость в навыках программирования для разработки ПО и более высокая стоимость по сравнению с простыми модулями, которая оправдана дополнительными функциями.

Сравнение оптического канала и Bluetooth 5.0 показывает, что последний обеспечивает дальность действия до 100 м, более высокую скорость передачи данных до 2 Мбит/с, беспроводное подключение к мобильным устройствам и совместимость с широким спектром устройств. Преимущества оптического канала включают устойчивость к помехам и низкое энергопотребление (менее 10 мА), но его основные недостатки — ограниченная мобильность и низкая скорость передачи данных.

Переход с оптического канала на беспроводной осуществляется с помощью интеграции модуля *ESP32-S3-WROOM-1* в устройство для считывания данных. Физическое подключение к счетчику сохраняется, а данные передаются через *UART*-интерфейс. Модуль затем передает информацию по *Bluetooth* на мобильное устройство оператора для просмотра, сохранения или отправки на сервер.

Преимущества перехода включают:

- увеличение мобильности оператора, так как больше не требуется подключение к ПК;
- снижение затрат на оборудование за счет использования стандартных мобильных устройств вместо специализированных считывателей;
- повышение безопасности данных благодаря шифрованию и аутентификации.

Недостатки, такие как энергопотребление и помехи в диапазоне 2,4 ГГц, могут быть минимизированы настройками оборудования и использованием технологии *AFH* (адаптивная частотная скачкообразность).

Заключение. Проведен сравнительный анализ оптического канала и Bluetooth с выделением их достоинств и недостатков на основе конкретных данных. Предложен вариант решения на базе *Bluetooth 5.0* и модуля *ESP32-S3-WROOM-1* для реализации перехода на беспроводную передачу данных от приборов учета. Показано, что такое решение позволяет повысить эффективность и удобство систем сбора данных, сохраняя при этом преимущества оптического канала. Это способствует повышению эффективности систем учета и мониторинга, открывая новые возможности для автоматизации процессов в различных отраслях.

Библиографический список

1. ГОСТ Р МЭК 61107-2001. Обмен данными при считывании показаний счетчиков, тарификации и управлении нагрузкой. Прямой локальный обмен данными. – М.: Стандартинформ, 2001. – 58 с.

2. Коммуникационный адаптер КАО-USB// Техномер : сайт. – URL: <https://tehnomer.ru/services/dopolnitelnoe-oborudovanie/kommunikatsionnyu-adapter-kaou-usb/> (дата обращения: 21.10.2024).
3. ESP32-S3-WROOM-1 Datasheet// Espressif Systems : сайт. – URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-s3-wroom-1_datasheet_en.pdf (дата обращения: 10.10.2024).
4. Bluetooth SIG. Bluetooth Core Specification Version 5.0// Bluetooth Technology Website: сайт. – URL: <https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/> (дата обращения: 08.10.2024).
5. Digi-Key Electronics. Bluetooth 5.0: What's New and How It Compares. // Digi-Key Electronics: сайт. – URL: <https://www.digikey.com/en/articles/bluetooth-5-what-s-new-and-how-it-compares> (дата обращения: 05.10.2024).
6. Wi-Fi CERTIFIED™ Program. // Wi-Fi Alliance: сайт. – URL: <https://www.wi-fi.org/certification> (дата обращения: 09.10.2023).
7. ZigBee Alliance. ZigBee Specification. // Connectivity Standards Alliance: сайт. – URL: <https://zigbeealliance.org/> (дата обращения: 09.10.2024).
- LoRa Alliance. LoRaWAN® Specification. // LoRa Alliance: сайт. – URL: <https://lora-alliance.org/resource-hub/lorawan-specification/> (дата обращения: 11.10.2024).

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ РОТОРНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Н.В. Зубков

АО «Казанское моторостроительное производственное объединение»,
инженер-конструктор

Россия, Республика Татарстан, г. Казань; e-mail: slava.soko2016@yandex.ru

В статье представлены основные этапы разработки автоматизированной расчётной модели роторной системы газотурбинного двигателя для решения задач роторной динамики и вибрационного анализа на базе существующих CAD/CAE систем, интегрированных в единую расчётную цепочку.

Ключевые слова: автоматизация расчётов, газотурбинный двигатель, динамическая модель, CAE.

В настоящее время широкое развитие сферы цифровых технологий определяет тенденции развития многих сфер промышленности, в том числе двигателестроение. Газотурбинные двигатели (ГТД) являются технически сложными изделиями, требующими высокой точности производства, а также высокотехнологичных инструментов сопровождения на всех этапах жизненного цикла изделия.

Современная концепция проектирования, подготовки, а также сопровождения производства предполагает применение многофункциональных компьютерных систем, применяемых для решения различного рода задач [1]:

- объемное конструирование (*Computer-Aided Design, CAD*);
- инженерные расчеты (*Computer-Aided Engineering, CAE*);
- подготовку производственно-технологических процессов (*Computer-Aided Manufacturing, CAM*);
- управление инженерным проектом (*Product Data Management, PDM*).

Причем эффективность конкретной компьютерной системы, определяемая в рамках решения определенного рода задач, в конечном итоге может оказывать влияние на качество и себестоимость всего изделия в целом.

В статье представлены основные этапы разработки автоматизированной расчётной модели роторной системы газотурбинного двигателя на базе современных CAE-систем.

Как правило, решение сложных трудоемких инженерных задач для ГТД подразумевает применение различных расчётных программных CAE пакетов с заложенными вычислительными алгоритмами конкретного типа решателя.

На сегодняшний день интеграция данных программных пакетов в единую систему, применяемую для решения технически сложных, трудоемких инженерных расчётных задач является одним из актуальных направлений как двигателестроения, так и CAE в целом.

Автоматизированная расчётная модель роторной системы ГТД реализуется на базе четырёх программных пакетов с различными типами задач:

- *DynamicsR4* – роторная динамика, вибрационный анализ ГТД;
- *ANSYS* – проведение оценочных расчётов податливости опор ГТД методом конечных элементов на базе 3D моделей;
- *Matlab* – расчёт параметров упруго-демпферных опор;
- *pSeven* – интеграция программных пакетов в одну расчётную цепочку.

Первоначальный этап разработки геометрической модели роторной системы ГТД проводится в программном комплексе *DynamicsR4* в соответствии с данными проектной/конструкторской документации.

Алгоритм формирования компьютерной модели подразумевает собой разработку древа изделия, состоящего из субмоделей, которые описывают узловые элементы системы двигателя [2]. Формирование геометрии расчётной модели осуществляется в двумерной системе координат с помощью стандартных элементов программного обеспечения.

Модель включает в себя две вращающихся системы: ротор низкого давления (НД), ротор высокого давления (ВД), располагающихся на эквивалентных опорах. Структурированная по сборкам и подсистемам динамическая модель, с обозначением опор, подшипников и роторов представлена на рис. 1.

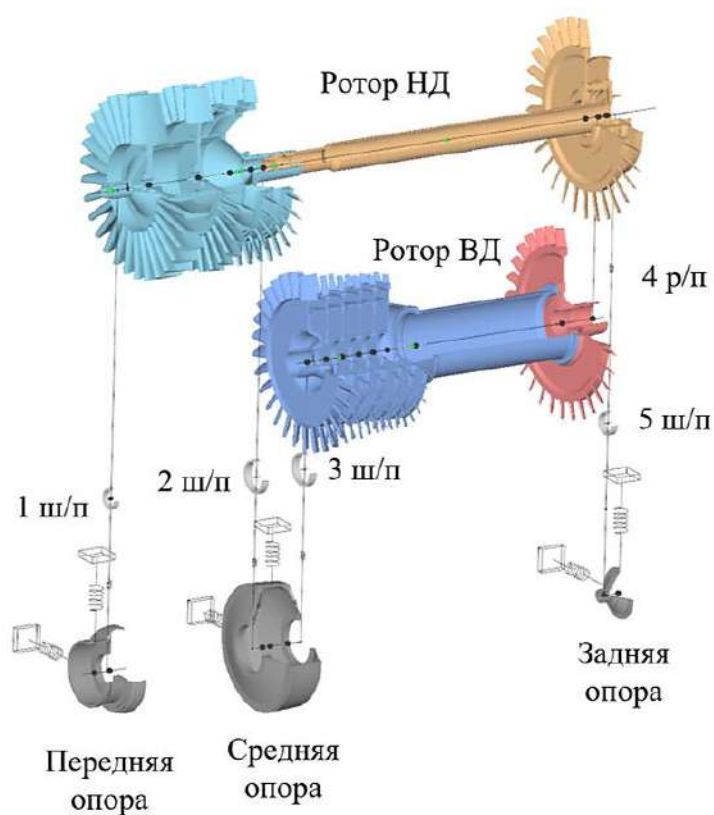


Рис. 1. Динамическая модель роторной системы ГТД

На втором этапе разработки автоматизированной расчётной модели проводится интеграция результатов оценки характеристик опор роторной системы

ГТД, полученных с помощью метода конечных элементов в программном обеспечении *ANSYS*.

Оценка основных характеристик проводится на базе *3D* моделей опор методом определения статической податливости элементов от единичных нагрузок, а также дополнительного оценочного расчёта коэффициента демпфирования упруго-демпферного пакета.

Пример результата расчета податливости корпусных опор для элементов статора с помощью метода конечных элементов представлен на рис. 2.

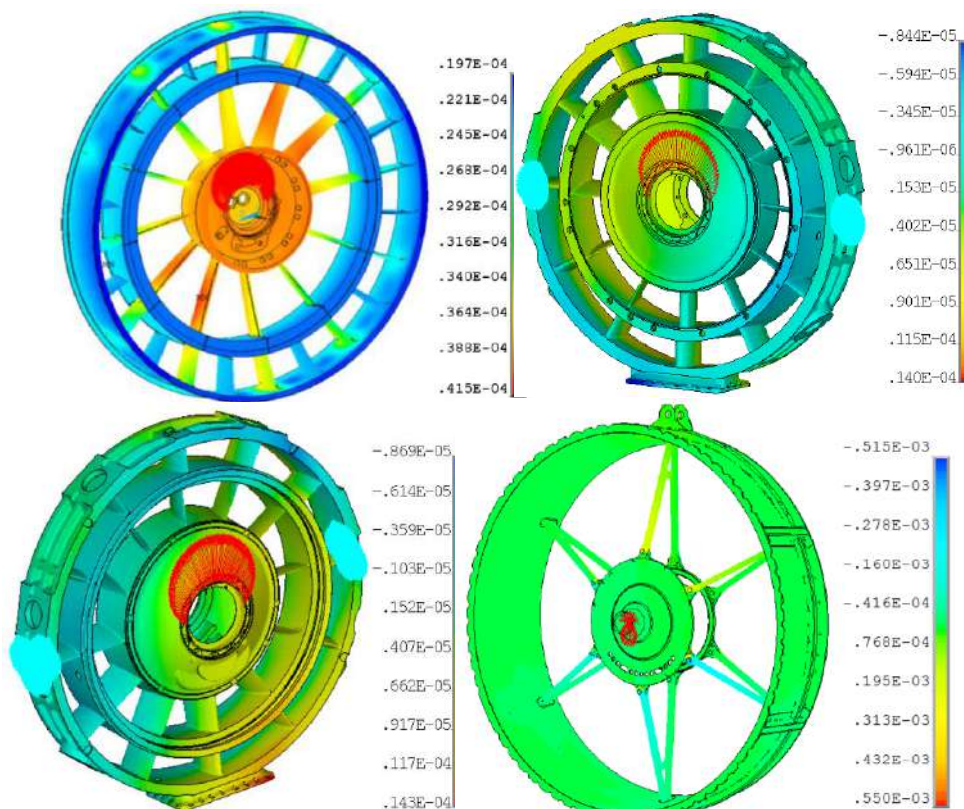


Рис. 2. Поле вертикальных перемещений опор ГТД при приложении к ней единичной силы [1]

Основным элементом упруго-демпферных опор ГТД является пакет гофрированных стальных лент (рис. 3), принцип работы которого заключается в том, что при вращении ротор прецессирует, в результате чего все гофры демпфера поочередно сминаются, тем самым вытесняя масло из внутренних полостей. Энергия колебаний системы затрачивается на работу сухого и вязкого трения.

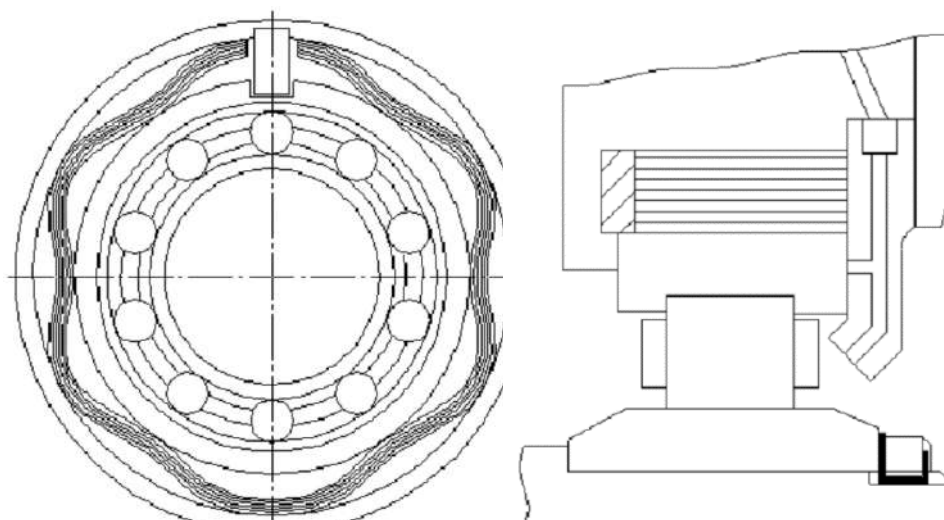


Рис. 3. Упруго-демпферный пакет

Расчётная оценка жесткости упруго-демпферного пакета c , а также рассеянной за цикл энергии ΔW проводится расчётным путем в программном комплексе *Matlab*, согласно известным аналитическим формулам [3], которые интегрируются в расчётную автоматизированную модель с переменными коэффициентами, описывающими параметры упруго-демпферного пакета:

$$\Delta W = 8 \frac{c_0 n}{2k + 1} \cdot \delta \cdot \mu \cdot \left(\frac{1}{\pi} + \frac{n^2}{4} \cdot \frac{f}{D} \right),$$

$$c = \frac{c_0 n}{2k + 1} \left[\frac{1}{2} + 2 \cdot \mu \cdot \frac{\delta}{\tilde{y}} \left(\frac{1}{\pi} + \frac{n^2}{4} \cdot \frac{f}{D} \right) \right],$$

где c_0 – жесткость одной гофры ленты;
 n – количество гофр в одной ленте;
 k – количество лент в пакете;
 δ – величина прижима гофр;
 μ – коэффициент трения;
 f – высота гофр;
 \tilde{y} – величина перемещения гофр;
 D – средний диаметр упруго-демпферного пакета.

Также оценка основных параметров упруго-демпферного пакета может быть проведена расчётным путём МКЭ в *ANSYS* для:

- c – расчётом статической податливости пакета от единичной нагрузки по аналогии с корпусными опорами;
- ΔW – расчётом энергии деформации в пакете при максимально допускаемых эксплуатационных нагрузках: частота вращения, дисбалансы ротора, соответствующие максимальному уровню вибрации на опорах.

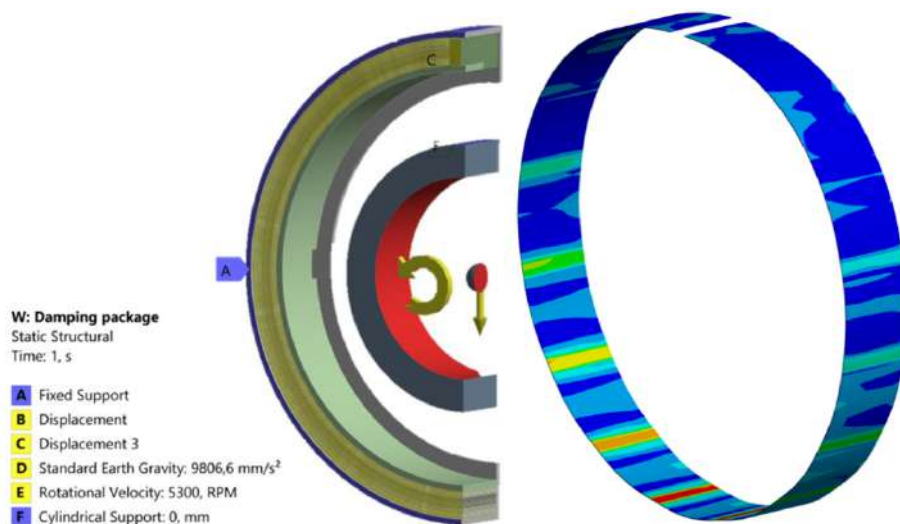


Рис. 4. Расчёт энергии деформации упругого пакета МКЭ

Полученные расчётные значения параметров опор импортируются в программный комплекс *DynamicsR4* и задаются в модели как коэффициенты матриц жесткости и демпфирования.

Визуализация структурной схемы автоматизированной расчётной модели, алгоритм работы которой описан ранее, в программном пакете *pSeven* представлена на рис. 5.

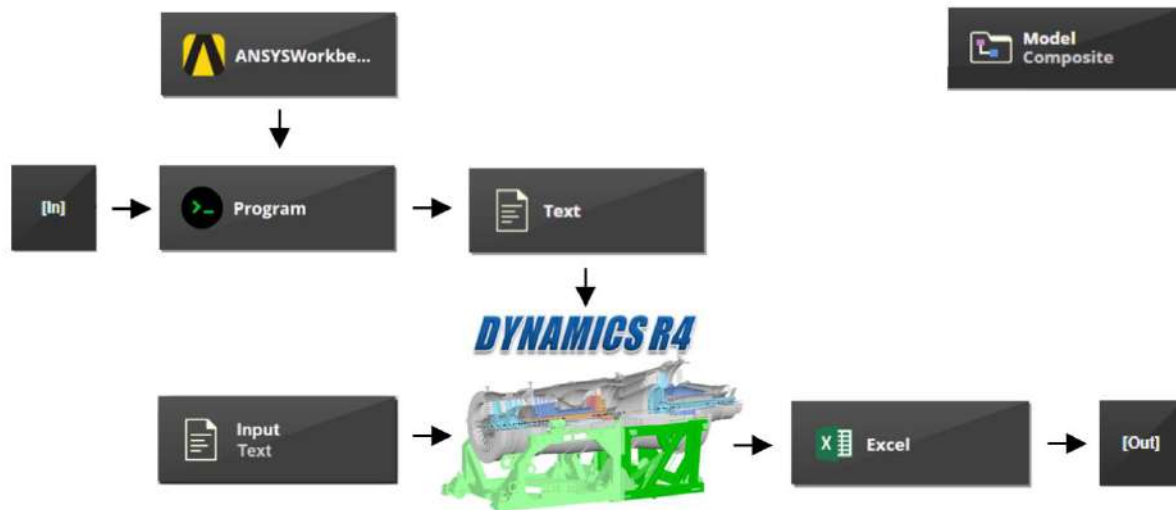


Рис. 5. Структурная схема автоматизированной расчётной модели роторной системы ГТД в pSeven

Таким образом, в рамках проведенной работы разработана автоматизированная расчётная модель роторной системы ГТД на базе существующих *CAD/CAE* систем, интегрированных в единую цепочку.

В зависимости от постановки задачи автоматизированная модель может уточняться дополнительными структурными блоками путём формирования но-

вых вычислительных цепочек с дополнительными уточняющими моделями (статорные детали ГТД), а также закладываемыми алгоритмами расчёта (модели оптимизации, параметризации).

Библиографический список

1. Лукинских, С. В. Компьютерное моделирование и инженерный анализ в конструкторско-технологической подготовке производства: учебное пособие / Лукинских С. В. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 168 с.
2. Леонтьев, М.К. Программная система для расчета и анализа роторной динамики турбомашин Dynamics R3.1. Свидетельство об отраслевой разработке №2716. Отраслевой фонд алгоритмов и программ. Государственный информационный центр информационных технологий. Министерство образования Российской Федерации.
3. Белоусов, А.И. Гидродинамические демпферы опор роторов турбомашин: учебное пособие / А.И. Белоусов, Д.К. Новиков, В.Б. Балякин. – Самара: Куйбышев. Авиац. Ин-б, 1991. – 95 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ MLX90614

Е.А. Лямин

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистр
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: evgenij.lyamin2001@mail.ru
Научный руководитель: Долгов А.Н., к.т.н., доцент, mirevm@mail.ru

Статья посвящена исследованию инфракрасного датчика температуры MLX90614. Для этого была разработана методика эксперимента, по выполнению которого были зафиксированы определенные значения температуры и построены необходимые характеристики. Сделан вывод о возможном применении данного датчика в разрабатываемом дистанционном термометре.

Ключевые слова: инфракрасный датчик температур MLX90614, инфракрасное излучение, эксперимент, графики, выводы.

Объект исследования: инфракрасный датчик температуры *MLX90614*.

Оборудование: камера тепла-холода, алюминиевый цилиндр (окрашенный), термометр с выносным чувствительным элементом (покупной).

Цель эксперимента: исследовать инфракрасный датчик температуры *MLX90614* на соответствие паспортным данным.

Методика эксперимента:

1. Снять зависимость показаний датчика температуры от температуры алюминиевого цилиндра;
2. Анализ полученных результатов, построение графиков.

Описание эксперимента: Для реализации эксперимента был подготовлен алюминиевый цилиндр диаметром 100 мм и толщиной 10 мм. Цилиндр предварительно был окрашен с одной стороны фасадной краской. С другой стороны с помощью термоленты и алюминиевого скотча крепится чувствительный элемент покупного термометра (рис. 1).



Рис. 1. Алюминиевый цилиндр с приклеенным ЧЭ покупного термометра

Далее цилиндр устанавливается в камеру тепла-холода. Данная установка позволяет выставить нужное значение температуры в заранее определенном интервале, а именно от минус 40°C до + 40°C (шаг составляет 10°C). При достижении нужной температуры на покупном термометре, цилиндр извлекается из камеры и измеряется с помощью ИК-датчика *MLX90614*. Эксперимент составляет три замера по восемь значений температуры в каждом.

Технические характеристики покупного термометра:

- диапазон измерения температуры от минус 50°C до + 120°C;
- погрешность измерений температуры $\pm 1^\circ\text{C}$;
- разрешающая способность 0,1°C;
- частота измерений 2 раза в секунду;
- источник питания: AG13 1,5В;
- размеры, мм: 48x29x13мм.

Результаты эксперимента размещены в табл. 1:

Таблица 1

Результаты эксперимента по исследованию статической характеристики ИК-датчика *MLX90614*

Заданная температура, °C	Измеренная тем-ра, °C			Погрешность, °C		
	1 замер	2 замер	3 замер	1 замер	2 замер	3 замер
40	38,6	38,8	39	1,4	1,2	1
30	29,6	29,3	29,5	0,4	0,7	0,5
20	20,5	20,1	20,2	-0,5	-0,1	-0,2
10	11,6	11,1	11,3	-1,6	-1,1	-1,3
0	1,3	1,4	1,5	-1,3	-1,4	-1,5
-10	-7,9	-7,3	-7,5	-2,1	-2,7	-2,5
-20	-18,1	-18,1	-18,3	-1,9	-1,9	-1,7
-30	-25,3	-24,8	-25	-4,7	-5,2	-5
-40	-33,6	-33,5	-33,8	-6,4	-6,5	-6,2

На основе полученных данных была построена зависимость между показаниями исследуемого датчика и температурой алюминиевого цилиндра, а также график погрешности (рис. 2, 3).

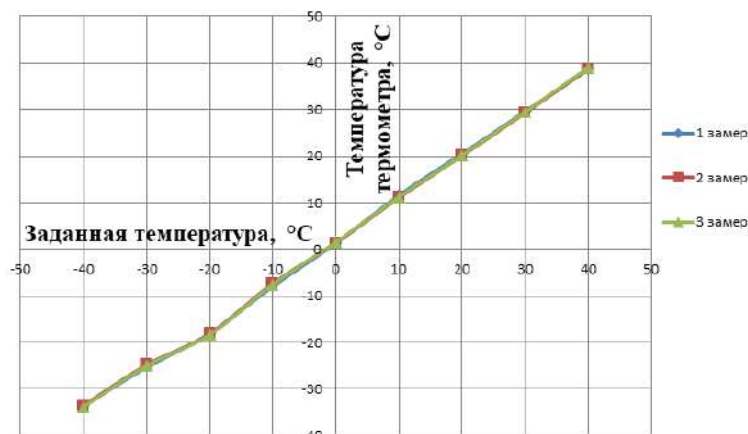


Рис. 2. Значение температуры с ИК-датчика *MLX90614*

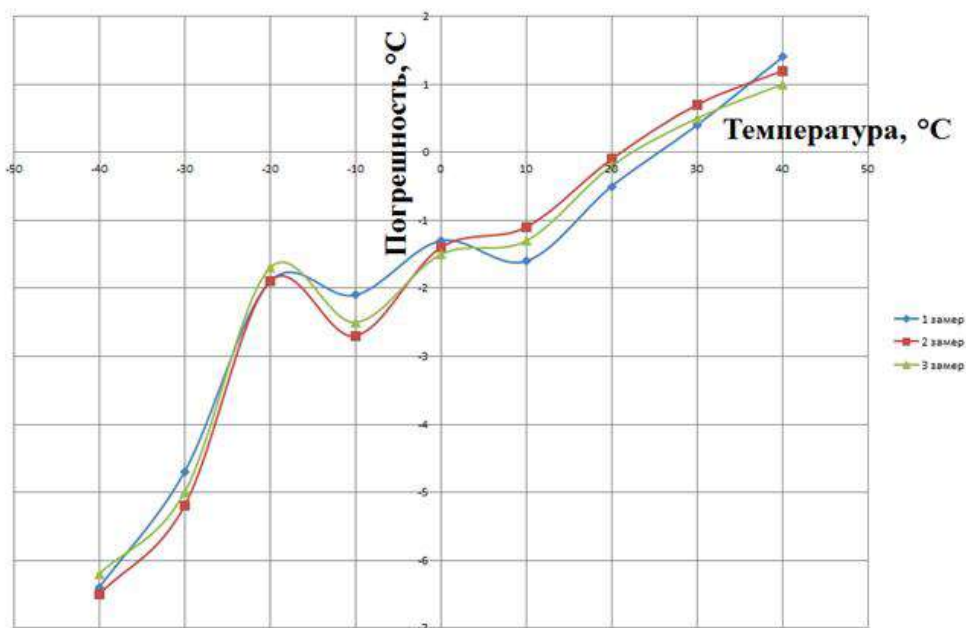


Рис. 3. Пгрешность измерения

Вывод: график значений температуры имеет линейный характер. Точность инфракрасного датчика температуры *MLX90614* больше в положительном интервале температур, что совпадает с информацией, указанной в паспорте данной модели. В ходе эксперимента серьезных отклонений по температуре не наблюдается. Максимальная погрешность составляет $6,5^{\circ}\text{C}$ при температуре минус 40°C . Полученные значения погрешности обуславливаются тем, что температура алюминиевого цилиндра определяется по чувствительному элементу покупного термометра, при этом температура самого цилиндра не успевает достигнуть выставленного значения, также стоит отметить, что большая погрешность на низких температурах складывается из-за образующегося инея на цилиндре. На основании сказанного ранее можно говорить о том, что применение инфракрасного датчика температуры *MLX90614* допускается в разработке дистанционного термометра.

1. Техническое описание для *MLX90614*// *Melexis*: сайт. – URL: <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>(дата обращения: 21.10.2024).

МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Я.О. Мельникова

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент,
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: molkova.yana.molkova@gmail.com

Научный руководитель: Карасева Т.В., к.т.н., доцент, aru@apingu.edu.ru

Рассматриваются аппаратная и информационная компоненты системы взвешивания груза. Определены основные элементы системы взвешивания. Представлены основные функциональные узлы вычислителя и алгоритм анализа данных.

Ключевые слова: система взвешивания, контроль веса, транспортное средство

Системы взвешивания играют важную роль в нашем мире. Они позволяют с достаточной точностью измерять вес грузов, что помогает операторам грузоподъемных транспортных средств эффективно оптимизировать свою работу и минимизировать ошибки при погрузке и разгрузке материалов.

Индивидуальные системы взвешивания представляют собой комплекс устройств, предназначенных для измерения массы объектов с высокой степенью точности. Они могут варьироваться от простых механических весов до сложных электронных систем, способных автоматически обрабатывать и анализировать данные. Механические весы не всегда удобны в использовании. В настоящее время разработка индивидуальных систем контроля веса становится перспективным направлением.

Эти системы интегрируются с пневматическими или гидравлическими системами автомобиля с помощью специальных датчиков. Они способны не только определять вес груза, но и подстраиваться под текущие условия на дороге (скорость и условия движения, давление в системе, температура), что помогает улучшить управляемость, устойчивость и безопасность вождения. Кроме того, такие системы также могут повысить комфорт пассажиров и увеличить срок службы автомобиля. Основные элементы системы взвешивания показаны на рис. 1.

Основными типами датчиков для определения нагрузки на оси транспортных средств являются тензорезистивные преобразователи, реагирующие на деформацию или механические напряжения, и пневмопреобразователи, использующие давление в шинах для создания воздушного потока. Они устанавливаются на подвеску автомобиля и фиксируют нагрузку, создаваемую грузом, преобразуя механическое воздействие в электрические сигналы, которые впоследствии обрабатываются системой.

Модуль обработки данных обеспечивает связь между датчиками первич-

ной информации и монитором. Он принимает данные с датчиков, рассчитывает общий вес или нагрузку на каждую ось, и, в зависимости от установленной конфигурации, может проводить дополнительные вычисления, например, по сравнению с максимально допустимым весом.

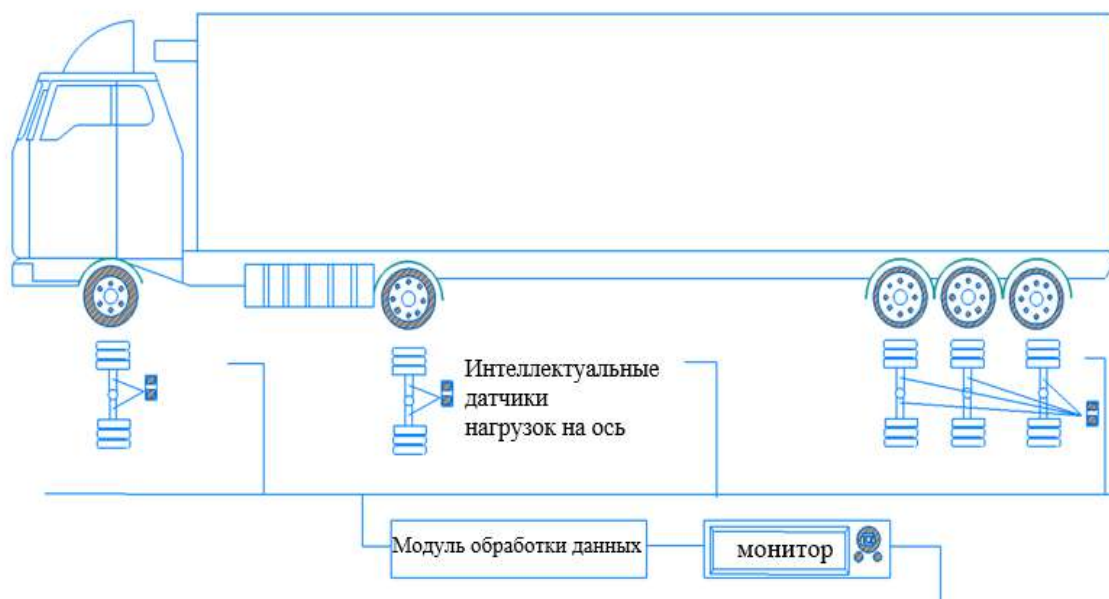


Рис. 1. Схема расположения элементов индивидуальной системы взвешивания

В большинстве случаев для такого модуля используется сигма-дельта аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который гарантирует высокую точность, преобразовывает аналоговые сигналы в цифровые, минимизирует шум и обеспечивает надежную обработку данных.

Для корректной работы датчиков и монитора, АЦП должен соответствовать определенным требованиям:

- высокое разрешение (не менее 24 бит);
- помехоустойчивость;
- широкий температурный диапазон (-40+80°C);
- иметь встроенный усилитель;
- стандартный интерфейс;
- уровень входного сигнала +5В.

После проведения анализа было установлено, что АЦП модели AD7799 соответствует указанным требованиям (производитель Analog Devices). Его высокое разрешение (24 бит) гарантирует точные измерения даже при низких уровнях сигнала. Датчики, как правило, выдают напряжение +3...+5 В на выходе, поэтому в своей архитектуре АЦП имеет усилитель с достаточно широким диапазоном от 2.7 В до 5.25 В, что позволяет эффективно усилить сигнал.

Данная модель поддерживает температурный диапазон от -40 до +150°C, что обеспечивает надежную работу в различных условиях, предотвращая сбои и неточности измерений. Модель AD7799 имеет SPI интерфейс, который гарантирует более высокую скорость передачи данных по сравнению с другими ин-

терфейсами. Интерфейс SPI относительно прост в реализации АЦП, так как требуется меньше аппаратных компонентов и кода для его настройки и работы.

Эта модель АЦП, схема подключения которой представлена на рисунке 2, имеет компактный размер, низкое энергопотребление и низкий уровень шумов. Кроме того, важным преимуществом АЦП AD7799 является наличие встроенной термокомпенсации. Тем не менее, поскольку чаще в индивидуальных системах взвешивания используются тензодатчики (включаемые, например, в полный дифференциальный мост R1-R4 – см. рис. 2), в которых может быть предусмотрена компенсация температуры (на транзисторе VT1 и резисторах R5, R6), поэтому из схемы подключения её можно исключить.

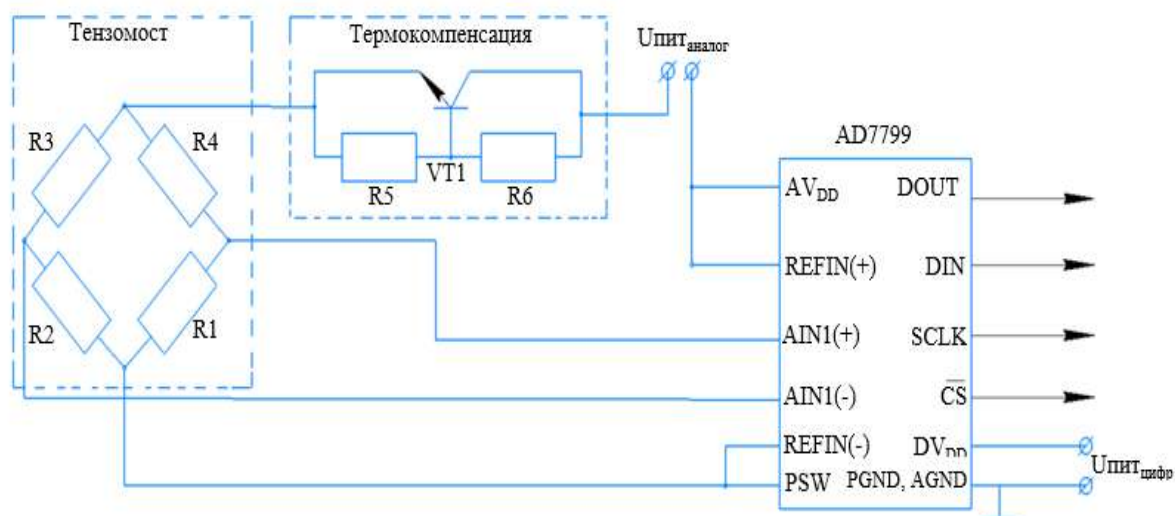


Рис. 2. Схема подключения АЦП AD7799

Входы DV_{DD} и AV_{DD} подключаются к источнику питания (обычно +5V или +3.3V), PGND и AGND должны быть соединены с общей землей системы. Сенсоры (тензодатчики) подключаются к входу AIN1 для дифференциального измерения, и устанавливается правильная полярность подключения сенсора, чтобы избежать искажений. Спецификации интерфейса SPI: SCLK (тактовый сигнал) и CS (сигнал выбора устройства). Эти линии подключаются к микроконтроллеру для передачи данных. Резисторы и конденсаторы могут потребоваться для фильтрации шумов и стабилизации напряжений в некоторых схемах. Добавление фильтров может улучшить работу системы, особенно в условиях высокой электромагнитной активности.

После включения АЦП, сигналы от датчиков поступают на входы AD7799, который проводит аналого-цифровое преобразование, создавая цифровой сигнал, пропорциональный нагрузке. Числовое значение передается в микроконтроллер через интерфейс SPI для дальнейшей обработки с реализацией алгоритмов, позволяющих фильтровать и анализировать данные для повышения точности измерений. На основе полученных данных система может контролировать состояние автомобиля, предупреждать о перегрузках и выполнять корректировки для оптимизации работы.

Алгоритм программы АЦП представлен на рис. 3.

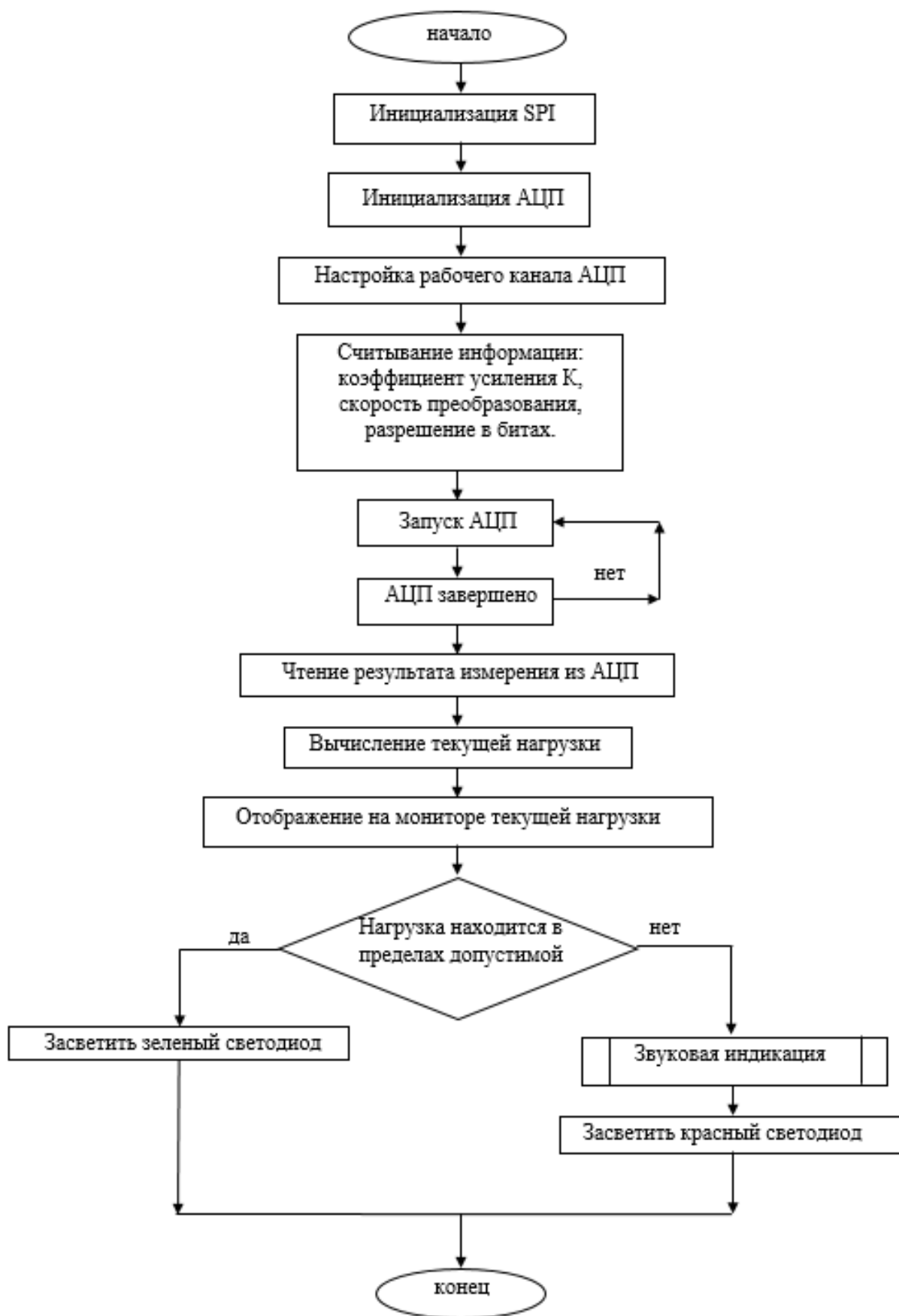


Рис. 3. Алгоритм программы АЦП

После того как вычислитель в системе проанализирует все данные и сде-

лает необходимые расчеты, он передает полученные результаты на монитор. Монитор является устройством ввода/вывода, с помощью которого пользователь может видеть результаты вычислений, информацию о состоянии груза, а также данные о текущем положении и работе оборудования.

Таким образом, модуль обработки измерительной информации о грузоподъемности автотранспортных средств позволяет обеспечить связь между датчиками и может быть подключен к различным видам мониторов. Представленный алгоритм работы аналого-цифровых преобразователей, который используется в создании системы взвешивания, обеспечивает необходимую надежность и высокое качество сигнала.

Библиографический список

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем: А98 Кн. 2. Пер. с франц./ Аш Ж., Андре П., Фулетье Ж., Шарне Э., Шон Ж. - М.:Мир, 1992.-424 с.
2. Найман, И.Д. Разработка автоматизированной системы погрузки автомобиля с контролем нагрузки на ось// Молодежный научный форум: XII Вузovская научно-исследовательская конференция. – Москва, 2020. – С. 109-112.
3. Молькова Я. О. Оценка грузоподъемности транспортного средства: Наука молодых: сборник статей по материалам XVI Всероссийской научно-практической конференции / Электрон.дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2024.

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРКАЛ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА ЛГ-2В 2023 ГОДУ

И.А. Панкратов¹, А.А. Курпин²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹магистр

²АО АНПП «ТЕМП-АВИА», ведущий инженер

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail:ilpankratov@gmail.com, pisatel-90@mail.ru

Научный руководитель: В.И. Поздьяев, к.т.н., доцент, vpozdyayev@inbox.ru

Представлен статистический анализ результатов изготовления зеркал для лазерного гироскопа ЛГ-2 (ТКЛ) в 2023 году, выявивший значительное снижение доли зеркал первого сорта и увеличение доли третьего сорта, а также корреляцию между сортностью зеркал и параметрами генераторов, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований для улучшения качества продукции

Ключевые слова: зеркала, лазерный гироскоп, ЛГ-2, сортность, качество, производственный процесс, корреляция, генераторы, зона захвата.

Производство подложек зеркал для лазерного гироскопа ЛГ-2 в 2023 году стало продолжением успешной работы, проведенной в 2022 году [1]. Проведен статистический анализ результатов изготовления зеркал за 2023 год, включая выход по сортности и годные изделия после полирования, а также корреляцию с параметрами генераторов.

Выход по сортности

Результаты, полученные в 2023 г. демонстрируют значительные изменения в выходе зеркал по сортности по сравнению с 2022 г. Эти изменения имеют особое значение для оценки качества производимой продукции и могут оказывать непосредственное влияние на характеристики лазерных гироскопов, в которых используются эти зеркала.

На рис. 1 представлено распределение количества зеркал по сортности. В 2022 г. доля зеркал первого сорта составляла около 40%, что свидетельствовало о высоком уровне качества и стабильности производственных процессов. Это также указывает на успешное применение технологий и материалов, обеспечивающих высокие стандарты качества.

Однако в 2023 г. ситуация изменилась кардинальным образом. Доля зеркал первого сорта сократилась до 7%, что является резким снижением и вызывает серьезные опасения относительно качества продукции. В то же время доля зеркал третьего сорта возросла до 30%. Это изменение подчеркивает наличие обратной пропорции в распределении количества зеркал по сортам между двумя годами. В частности, увеличение доли зеркал третьего сорта на фоне

снижения доли первого сорта указывает на ухудшение качества производимых зеркал.

Визуализация (рис. 1) наглядно демонстрирует изменение в выходе зеркал, что указывает на необходимость анализа причин столь резкого изменения в качестве продукции [2].

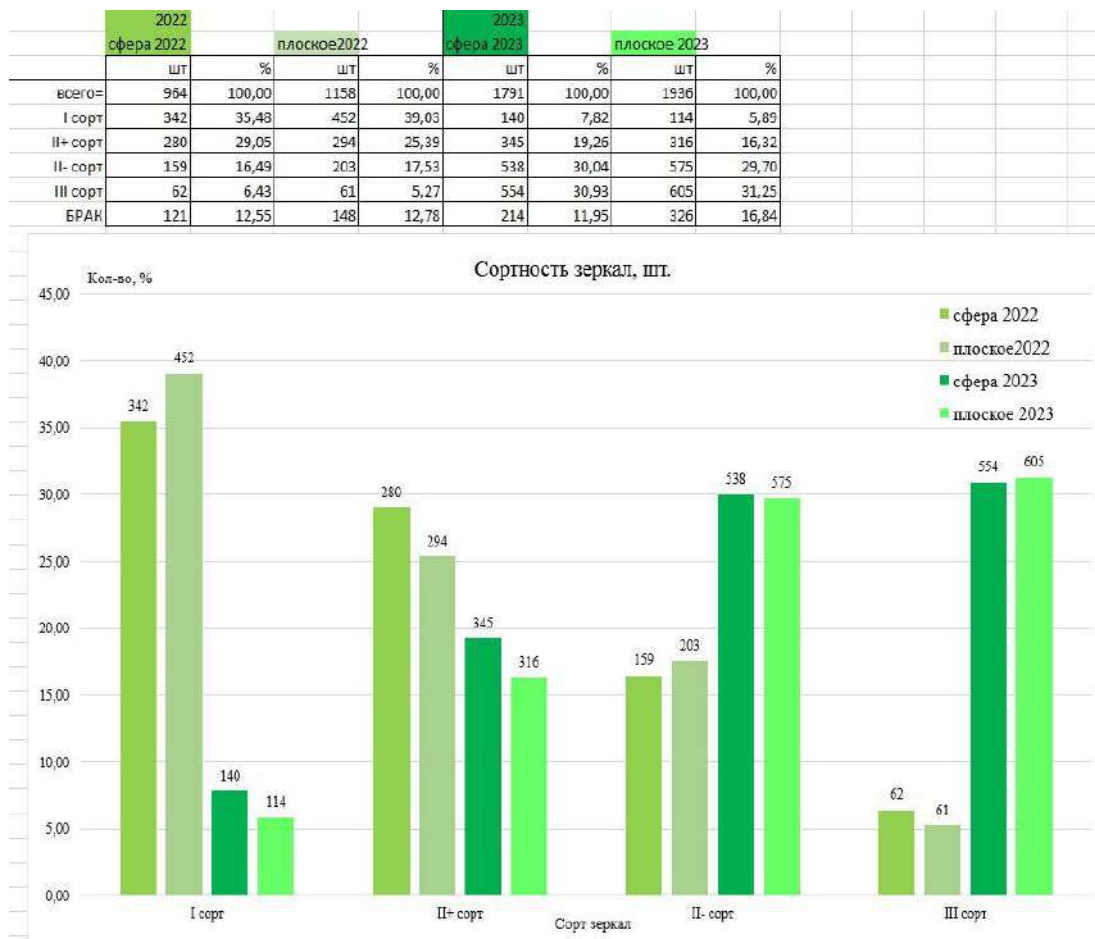


Рис. 1. График распределения количества зеркал по сортности

Корреляция с параметрами генератора

В процессе анализа зависимости между сортностью зеркал и параметрами генераторов, особое внимание было уделено зоне захвата, которая является ключевым параметром, влияющим на точностные характеристики лазерного гироскопа [3]. Зона захвата определяет диапазон угловых скоростей, в которых гироскоп может эффективно функционировать, и, следовательно, напрямую влияет на его производительность и точность.

Зависимость от зоны захвата

Анализ зависимости между сортностью зеркал и параметрами генераторов также показывает интересные результаты. На рис. 2 представлен график распределения количества генераторов по зоне захвата. В данных за 2023 г. наблюдается прямая зависимость между генераторами с зоной захвата до $0,3^\circ/\text{с}$ и сортностью зеркал [4]. Это означает, что увеличение доли зеркал третьего сорта

связано с ухудшением характеристик генераторов, которые имеют более низкие показатели по зоне захвата.

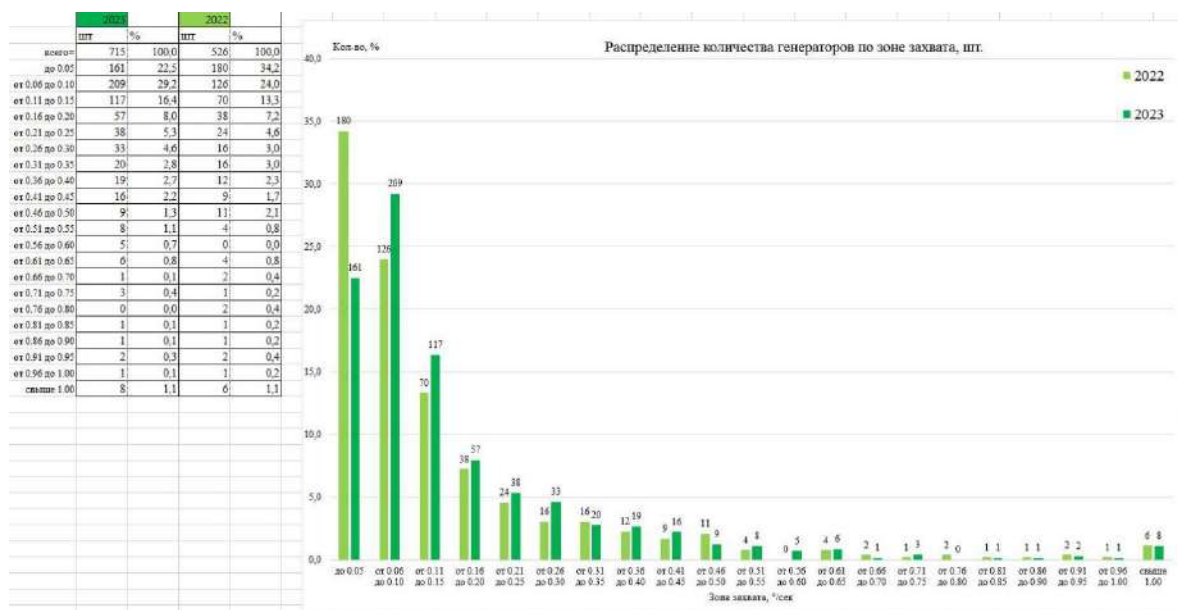


Рис. 2. График распределения количества генераторов по зоне захвата

Обратная пропорция

В ходе анализа данных 2023 г. была выявлена интересная закономерность, касающаяся зависимости сортности зеркал от характеристик генераторов. В частности, для генераторов с низкой зоной захвата (до 0,3°/с) была установлена прямая зависимость между сортностью зеркал и их качественными характеристиками. Однако для генераторов с высокой зоной захвата (более 0,3°/с) такой зависимости не наблюдается, что указывает на наличие обратной пропорции. На рис. 3 представлено распределение генераторов по зоне захвата по годам, что позволяет увидеть динамику изменения параметров генераторов и их корреляцию с выходом зеркал.

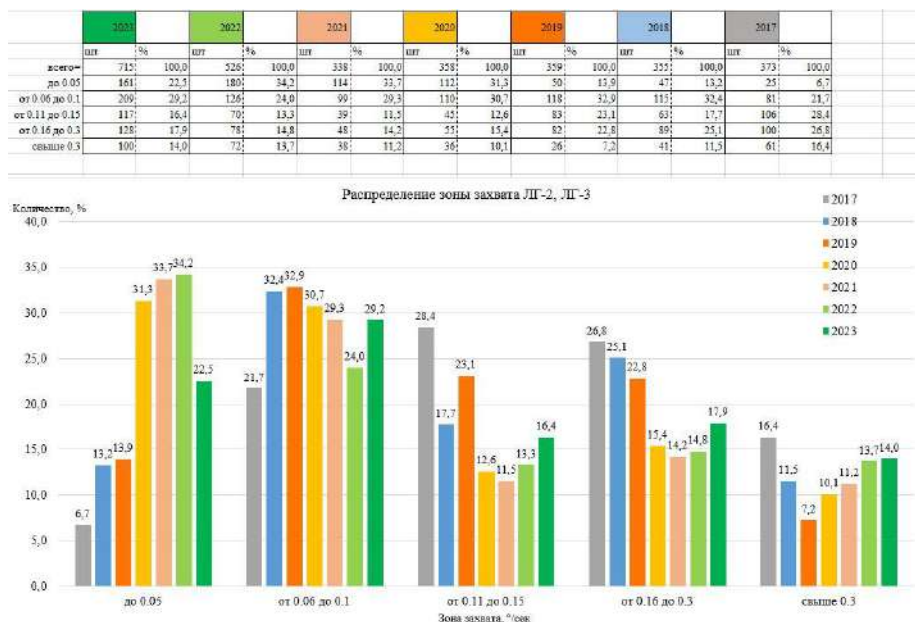


Рис. 3. График распределения количества генераторов по зоне захвата по годам

Характеристика генераторов с низкой зоной захвата

Генераторы с низкой зоной захвата, как правило, эффективно работают в более узком диапазоне угловых скоростей. Это ограничение можно объяснить их конструктивными особенностями и используемыми технологиями. Качество зеркал в этих генераторах имеет решающее значение, поскольку даже незначительные отклонения могут существенно повлиять на производительность. Поэтому ухудшение качества зеркал приводит к снижению эффективности гироскопов, что подтверждается наблюдаемыми данными.

Генераторы с высокой зоной захвата

В отличие от генераторов с низкой зоной захвата, генераторы с высокой зоной захвата способны функционировать в более широком диапазоне угловых скоростей. Эта способность может быть связана с их более совершенными конструкциями и технологиями, которые позволяют им компенсировать возможные недостатки в качестве подложек зеркал. В результате, даже при увеличении доли зеркал третьего сорта, характеристики таких генераторов остаются стабильными, что указывает на то, что сортность зеркал не оказывает значительного влияния на производительность гироскопов в данном случае.

Причины обратной пропорции

Эта обратная зависимость может быть объяснена несколькими факторами, перечисленными далее.

1. Конструктивные особенности генераторов: генераторы с высокой зоной захвата могут иметь более продвинутые механизмы, которые позволяют им адаптироваться к изменениям в качестве зеркал. Это может включать использование точных систем управления и компенсации, которые уменьшают влияние проблем с качеством.

2. Технологические процессы: вероятно, что в производстве генераторов с высокой зоной захвата используются более современные и надежные технологии, которые обеспечивают лучшую защиту от негативных факторов, связанных с качеством зеркал.

3. Компенсация недостатков: генераторы с высокой зоной захвата могут быть спроектированы таким образом, чтобы компенсировать недостатки в качестве зеркал, что позволяет им сохранять высокую производительность даже при использовании менее качественных подложек.

Заключение

Результаты статистического анализа за 2023 г. подчеркивают важность постоянного мониторинга и оптимизации технологических процессов в производстве подложек зеркал для лазерного гироскопа. Снижение доли зеркал первого сорта и увеличение доли третьего сорта требуют внимательного анализа производственных этапов и выявления причин ухудшения качества продукции. Успехи 2022 г. в области технологий изготовления должны быть дополнены новыми инициативами по оптимизации процессов, что позволит улучшить

сортность зеркал и, соответственно, характеристики гироскопов. В дальнейшем необходимо сосредоточиться на анализе причин изменений в выходе по сортности, а также на изучении взаимосвязей между характеристиками зеркал и параметрами генераторов. Рекомендуется провести дополнительные тестирования и анализы, чтобы выявить факторы, способствующие ухудшению качества зеркал, и разработать стратегию для улучшения производственного процесса. Все это позволит повысить общую эффективность производства и гарантировать высокое качество конечного продукта.

Библиографический список

1. Иванов, И.И. Анализ производственных процессов в производстве подложек зеркал для лазерных гироскопов / Иванов И.И., Петров П.П. – М.: Издательство Наука, 2022. – 150 с.
2. Федоров, Ф.Ф. Оптические материалы и их применение в лазерной технике / Федоров Ф.Ф. – Екатеринбург: Издательство Урал, 2020. – 180 с.
3. Ковалев, К.К. Визуализация данных в научных исследованиях / Ковалев К.К. – Казань: Издательство Казанского университета, 2022. – 90 с.
4. Тихонов, Т.Т. Применение лазерных гироскопов в навигационных системах / Тихонов Т.Т. – Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2023. – 160 с.
5. Григорьев, Г.Г. Зависимость параметров генераторов от качества оптических элементов / Григорьев Г.Г. – Владивосток: Издательство ДВФУ, 2023. – 110 с.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОПЛАВКОВОГО ГИРОСКОПА

А.Ю. Раков¹, К.С. Сучкова²

¹ Саратовское высшее артиллерийское командное училище, преподаватель

² Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: rashfordr@yandex.ru, zueva-kseniya@mail.ru

Научный руководитель: А.А. Гуськов, к.т.н., доцент, guskov@apingt.u.edu.ru

В представленном материале приведен обзор подходов улучшения характеристик поплавковых гироскопов. Проведен анализ схемы построения и конструкции поплавковых гироскопов, проанализированы наиболее значительные внешние и внутренние воздействия, влияющие на точность измерения поплавкового гироскопа. В качестве возможного метода повышения точности предложена полуавтоматическая балансировка в жидкости.

Ключевые слова: поплавковый гироскоп, повышение точности, балансировка гироскопа в жидкости.

Начиная с 2000-х годов XX в. и до 2014 г. отечественная промышленность активно внедряла и использовала зарубежные продукцию и технологии, разработать и освоить которые собственными силами было значительно дороже, чем приобрести. В 2014 г. с введением первых санкционных ограничений ситуация начала меняться, однако многие отрасли производства надеялись на восстановление отношений с иностранными поставщиками. И лишь в 2022 г. пришло окончательное осознание всей глубины проблемы: иностранные технологии и комплектующие во многих сферах производства настолько глубоко интегрированы, что для их замены потребуются колоссальные ресурсы. И найти такие ресурсы предстояло в самые кратчайшие сроки: от этого зависела обороноспособность страны, её технологическая независимость, да и весь суверенитет как самостоятельного государства.

Особенно сложной оказалась ситуация для авиационной промышленности: многие комплектующие для информационно-измерительных систем и систем управления летательных аппаратов (ЛА) оказались недоступны. Например, практически полностью исчезли применяемые микромеханические датчики и модули на их основе (прецизионные и среднего класса точности), преобразующие микросхемы, вычислительные микроконтроллеры и т.д., что сделало крайне затруднительным разработку и изготовление приборов и систем для позиционирования подвижных объектов в пространстве.

В то же время в несколько раз возросла потребность в таких устройствах для нужд специальной военной операции: ремонт и модернизация пилотируемых ЛА (самолетов и вертолетов), кратно возросшая потребность в беспилот-

ных ЛА, и, в первую очередь, беспилотных управляемых ЛА с реактивным двигателем.

Одновременно с этим, правительством РФ и лично президентом была поставлена задача по развитию гражданского авиапрома для обеспечения связанности удаленных уголков нашей страны в условиях прекращения поставок гражданских самолетов и вертолетов и существенно увеличившихся сроков приобретения комплектующих.

Все это делает разработку доступных для комплектации и массового производства, относительно дешевых, и, в то же время, обеспечивающих необходимый уровень точности и надёжности, устройств для определения положения ЛА в пространстве крайне актуальной. Поэтому целесообразно вновь обратиться к подходу совершенствования электромеханических датчиков и приборов, до недавнего времени позиционирующихся как «устаревшие» по сравнению с теми же микромеханическими устройствами: платформенные инерциальные гироскопы и курсовертикали, барометрические измерители на основе anerоидов и мембран, карданные магнитные компаса и т.д. Перечисленные измерительные устройства имеют существенные ограничения по возможности взаимодействия с другими устройствами в составе пилотажно-навигационных комплексов ЛА, однако обеспечивают автономность измерения.

Платформенными называют инерциальные приборы и системы, в которых акселерометры или гироскопы установлены на специальном механически подвижном приспособлении – платформе (рамке), стабилизирующей датчики относительно окружающего пространства [6]. Наиболее часто в составе таких систем используются электромеханические астатические и поплавковые гироскопы.

Поплавковый гироскоп (ПГ) - датчик, в корпусе которого взвешен в вязкой жидкости герметичный поплавок, содержащий быстровращающийся ротор (гиродвигатель). Связь поплавка с корпусом осуществляется через жидкость и через упругий элемент. Корпус датчика закреплен на подвижном объекте. Взвешивание поплавка в вязкой жидкости позволяет минимизировать сухое трение в опорах подвеса, повышает вибро- и ударостойкость датчика [4].

Принцип действия ПГ имеет сходства с принципом действия астатического гироскопа (из-за быстровращающегося ротора), а его конструкция достаточно отработана [4]. На рис. 1 изображена наиболее распространенная схема реализации двухстепенного ПГ [4], а габаритные размеры и внешний вид серийно изготавливаемых ПГ приведен на рис. 2.

Если проводить сравнение с астатическим гироскопом, то поплавковая камера в ПГ является подобием внутренней рамки карданового подвеса. Соответственно, ее поворот относительно корпуса преобразуется датчиком угла в выходной сигнал [8]. Угловая скорость вращения ротора внутри поплавковой камеры составляет от 30 000 до 60 000 оборотов в минуту (для сравнения, ско-

рость вращения ротора астатического гироскопа составляет от 4000 до 30 000 оборотов в минуту).

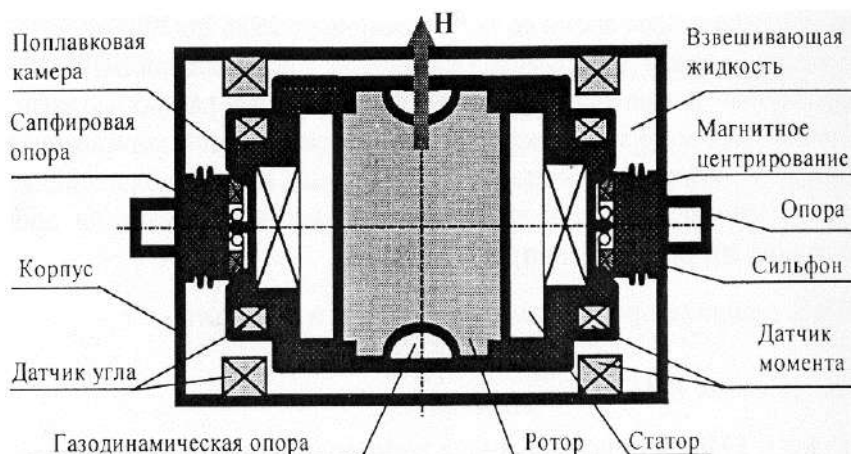


Рис. 1. Схема двухстепенного ПГ

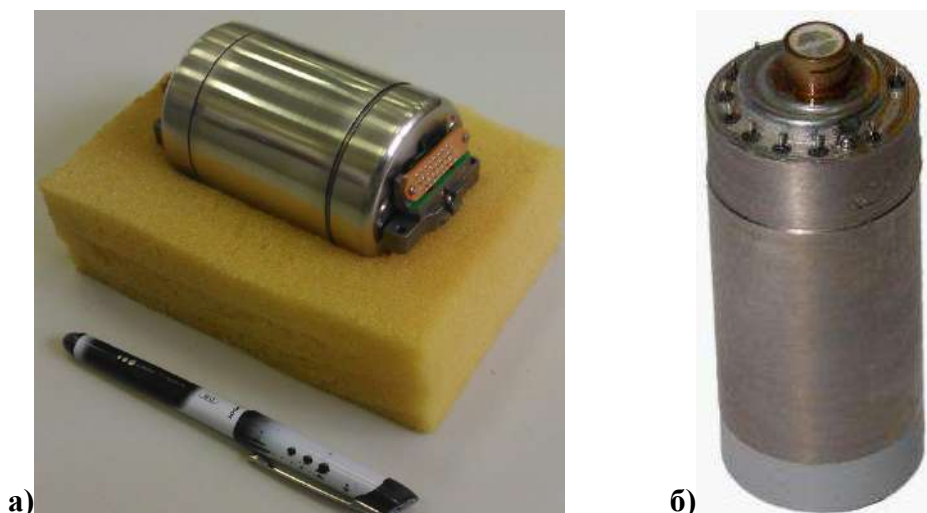


Рис. 2. Внешний вид серийно изготавливаемых ПГ: а) КИНД99-003 (НИИ ПМ им. ак. В.И. Кузнецова); б) ДУС-300ТМ (АО «АПЗ»)

ПГ применяются в гиросtabilизаторах ЛА, которые имеют небольшие углы отклонения относительно основной траектории (беспилотные ЛА с реактивным двигателем) или гироскопических измерителях вектора угловой скорости ЛА, когда диапазон измеряемой угловой скорости также достаточно мал (до $10^\circ/\text{с}$).

Основной составляющей дрейфа выходного сигнала интегрирующего ПГ изменение удельного демпфирующего момента, который во многом зависит от вязкости поддерживающей жидкости. Обычно используются «тяжелые» жидкости с плотностью от $1,9$ до $2,4 \text{ г/см}^3$. Вязкость таких жидкостей зависит от температуры: идеальным значение рабочей температуры является

плюс $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. При такой температуре вязкость жидкости становится практически неизменной [5].

Дополнительные сложности может вызывать необходимость обеспечения герметичность при замене жидкости: не допускается наличие растворенного воздуха, для жидкости должна быть обеспечена химическая стабильность и т.д.

Именно разработке методов и средств терморегулирования ПГ посвящено большинство исследований [1, 2], несмотря на то, что поплавковые гироскопы во многих источниках относят к «датчикам малой и средней чувствительности к температурным воздействиям» [4]. Одним из самых распространенных подходов поддержания постоянства температуры ПГ являются различные автоматические регуляторы температуры [7].

Однако существенную погрешность в выходной сигнал датчика вносят также «механические факторы» – точность балансировки гиروزла, механическая прочность опор, возникновение «паразитных» моментов трения в опорах и т. д.

Наибольшее распространение в ПГ получили «каменные» опоры, выполненные из корундовой (сапфировой) керамики – кристаллической модификации оксида алюминия (Al_2O_3), обладающей высокими механическими и тепловыми свойствами (существенным пределом прочности на сжатие и высокой теплопроводностью) [8].

Большинство разработчиков и изготовителей для балансировки гиروزлов ПГ применяют аэродинамическую балансировку (в воздухе) или балансировку непосредственно в жидкости. В обоих случаях используется метод ручного перемещения балансировочных грузов с последовательной выставкой оси гиروزла в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Однако указанные методы обладают существенными недостатками, главные из которых – существенная сложность проведения процесса балансировки и его относительно невысокая точность вследствие возможного проявления погрешности оператора (исполнителя), вызванной осуществление только визуального контроля.

Возможным решением обозначенной проблемы, позволяющим снизить указанную «операторную погрешность» и упростить балансировку ПГ, может стать внедрение его полуавтоматической балансировки, при этом, сам гиروزел будет размещаться в жидкости.

Для этого гиروزел необходимо установить в герметичной полости специального кронштейна (ванной) на технологических подставках (опорах), которая впоследствии будет заполняться специальной жидкостью. Для установки гиروزла на опорах его предварительно необходимо закрепить в технологическом корпусе (содержащем многополюсный постоянный магнит магнитоэлектрического моментного преобразователя), а для съема сигнала установить на него технологический статор датчика угла.

Съем информации с технологического датчика угла позволяет реализовать автоматизацию процесса балансировки: напряжение, формируемое датчиком угла, а точнее – его сигнальной обмоткой, поступает на усилитель обратной связи. Величина данного напряжения пропорциональное углу поворота гиросузы, который, в свою очередь, зависит от величины и знака момента остаточной несбалансированности. С выхода усилителя обратной связи аналоговый сигнал (напряжение) подаётся на датчик момента. Схема установки приведена на рис. 3.

Автоматический генератор, задействованный в установке, будет обеспечивать максимально возможное увеличение чувствительности к небалансу при функционировании гиросузы на частотах резонанса. Датчик угла гальванически не связан датчиком момента, реализующим контур отрицательной обратной связи. Поэтому гиросуза колеблется относительно оси подвеса, что приводит к уменьшению трение в опорах: за счет такого «раскачивания» балансируемого гиросузы на частоте собственного резонанса, происходит компенсация моментов вязкого трения в подвесах диссипативными силами (моментами) колеблющегося гиросузы, т. е. силами, уменьшающими механическую энергию колебательной системы за счет её преобразования, в данном случае, в тепловую энергию.

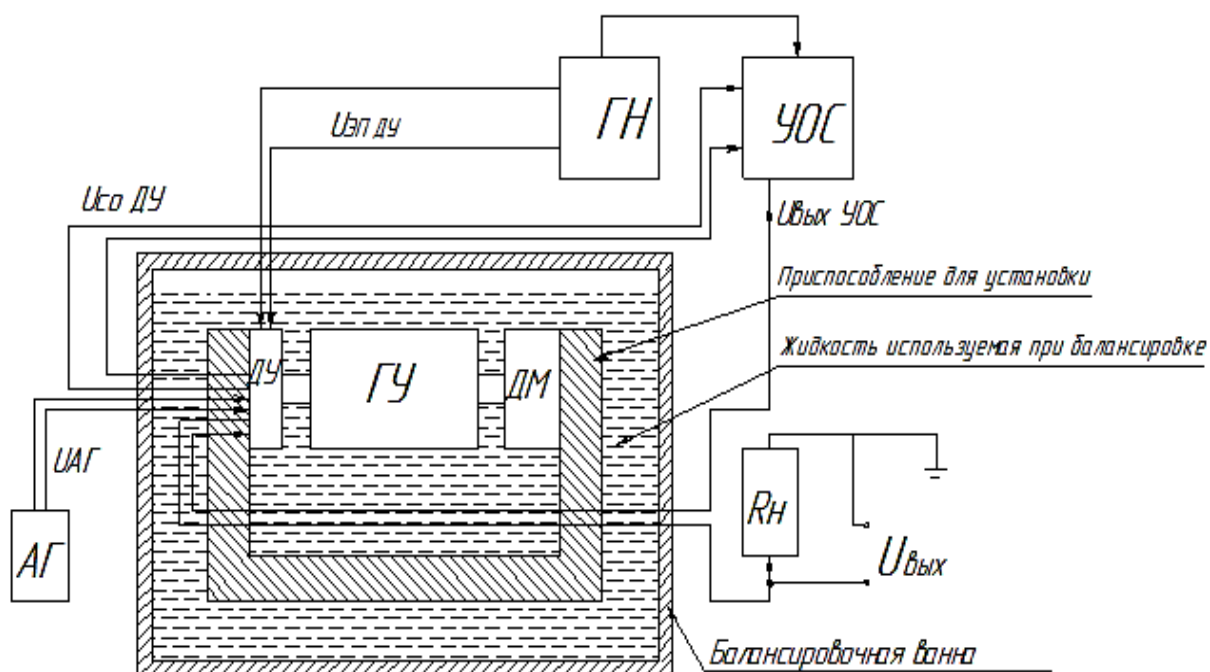


Рис. 3. Схема установки для проведения полуавтоматической балансировки гиросузы: ГН – генератор; УОС – усилитель обратной связи; АГ – автогенератор; ГУ – балансируемый гиросуза; ДУ – датчик угла; ДМ – датчик момента; R_n – резистор нагрузки

Зависимость частоты колебания гиросузы относительно его оси можно представить следующим выражением [3]:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l – плечо сил небаланса.

В процессе балансировки плечо l уменьшается, соответственно, уменьшается значение частоты резонанса. Оператору необходимо периодически контролировать значение текущей величины небаланса, в результате чего осуществляется автокорректировка резонансной частоты.

Предлагаемый способ представляется научно обоснованным, и в ближайшее время планируется его практическая апробация в лабораторных условиях предприятия, занимающегося разработкой и производством ПГ.

Библиографический список

1. Бордачев, Д. А. Экспериментальные исследования системы термостатирования прецизионного гироскопического измерителя вектора угловой скорости/ Д.А. Бордачев, И.Е. Шустов, В.П. Подчезерцев// Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». – 2017. – №1 (112). – [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye-issledovaniya-sistemy-termostatirovaniya-pretsizionnogo-giroskopicheskogo-izmeritelya-vektora-uglovooy-skorosti> (дата обращения: 22.10.2024).
2. Громов, Д.С. Тепловой режим двухстепенного поплавкового гироскопа // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – №3 (79). – [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovoy-rezhim-dvuhstepennogo-poplavkovogo-giroskopa> (дата обращения: 22.10.2024).
3. Гуськов, А. А. Способ и устройство прецизионной балансировки гиروزлов поплавковых датчиков угловой скорости/ А. А. Гуськов, С. С. Дядин, К. С. Зуева// Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции, Арзамас, 11–12 апреля 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2023. – С. 178-182.
4. Джашитов, В.Э. Общая и прикладная теория гироскопов с применением компьютерных технологий. Курс лекций / Джашитов В.Э., Панкратов В.М., Голиков А.В. – С.- Петербург: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2008.
5. Матвеев, В.А. Гироскоп – это просто / Матвеев В.А. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 191 с.
6. Матвеев, В.В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / Матвеев В.В., Распопов В.Я. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.

7. Петрищев, В.Ф. Элементы теории гироскопа и его применение для управления космическими аппаратами: учебное пособие / Петрищев В.Ф. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 2004. – 68 с.

8. Юльметова, О.С. Специальные технологии изготовления прецизионных узлов и элементов гироскопических приборов: учебное пособие / Юльметова О.С., Щербак А.Г., Челпанов И.Б. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – [Электронный ресурс] URL:<https://books.ifmo.ru/file/pdf/2240.pdf> (дата обращения: 22.10.2024).

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МИНИАТЮРНОГО МАГНИТНОГО ЭНКОДЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

В.В. Шергин

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.Алексеева, студент
Россия, Нижегородская область, г. Арзамас; e-mail: vad.shergin@yandex.ru
Научный руководитель: С.И. Гайнов, старший преподаватель, serazhsoft@gmail.com

Предложен способ повышения точности управления шаговыми электродвигателями путем применения модуля цифрового магнитного энкодера, обеспечивающего формирование информационного сигнала обратной связи по положению вала. Рассмотрена структурная схема управления положением вала по результату ошибки между входным сигналом установки угла и выходным сигналом истинного положения вала от энкодера. Выбраны элементы и узлы опытной макетной конструкции (двигатель, драйвер двигателя, контроллер). Предложен способ размещения датчика энкодера с применением разработанного крепежного приспособления, изготавливаемого методом 3d печати. Разработана экспериментальная макетная схема, обеспечивающая позиционирование вала шагового двигателя, как в режиме прямого управления, так и автоматического регулирования по ошибке. Проведен анализ результатов позиционирования двигателя с применением энкодера.

Ключевые слова: шаговый электродвигатель, магнитный цифровой энкодер, управление положением вала шагового двигателя, управление положением по сигналу обратной связи, программирование управления шагового двигателя с датчиком угла.

Повсеместное применение шаговых электродвигателей в системах позиционирования для автоматизированных и роботизированных механизмов, в условиях возрастающих требований по скорости и производительности работы, постоянно предъявляет возрастающие требования по точности работы шаговых двигателей. Погрешность работы механизмов с шаговым двигателем определяется ошибкой позиционирования вала и обусловлена рядом причин:

- 1) конструктивные неточности двигателя, обусловленные допусками изготовления зубчатых элементов роторов;
- 2) программно-аппаратные ошибки (пропуски бит кода управления, ошибки сигналов в драйвере управления обмотками двигателя);
- 3) наличие противодействующего момента на валу из-за инерционных свойств в приводе исполнительного механизма.

Решить проблему уменьшения ошибки позиционирования системы, содержащей шаговые двигатели, можно путем применения дорогостоящих двигателей прецизионного класса. Такой подход зачастую вызывает необходимость значительной переработки кода программ управления, а иногда и схемотехники устройства. Таким образом, вопрос повышения точности работы систем на ша-

говых двигателях малой точности с минимальными программными и конструктивными изменениями является актуальной задачей.

Множество современных схем управления шаговыми двигателями построены преимущественно по «прямой» схеме, при которой текущее состояние положения вала двигателя контролируется только процессором управления на основе команд, выполненных им ранее и хранящихся в памяти. При этом истинное текущее положение вала не отслеживается. Для двигателей, работающих в качестве приводов винтовых пар, погрешность, ограниченная разрешающей способностью шага вала ($\Delta_{\text{ш}}$), по сравнению со значительным числом полных оборотов двигателя (n), в целом может оставаться пренебрежительно

малой $\delta = \frac{\Delta_{\text{ш}}}{360 \times n}$. Но для правильной работы такой системы перед каждым

циклом функционирования необходима калибровка начального положения вала. Например, в различных моделях станков с ЧПУ (включая 3D принтеры) происходит процесс «парковки» рабочего органа, при котором двигатели вращаются и перемещают рабочие органы до срабатывания концевых выключателей. При этом текущие положения валов, в момент срабатывания концевых выключателей обнуляются, и ошибка сбрасывается процессором. Однако для двигателей, работающих с приводом на прямом валу, рабочий ход зачастую ограничивается одним оборотом. В результате не учитываемая погрешность текущей позиции вала возрастает: $\delta_{\text{д}} = \Delta_{\text{ш}}/360$. При длительной работе ошибка в циклах перемещения накапливается, поэтому в таких системах пренебрежение погрешностью позиционирования недопустимо.

Из теории автоматического управления известен принцип регулирования по ошибке, при которой управление динамическим объектом происходит на основе состояния выходного сигнала [1, с. 258]. В нашем случае это текущее положение вала, определяемое дополнительным измерительным преобразователем (датчиком угла на валу двигателя) (рис.1).

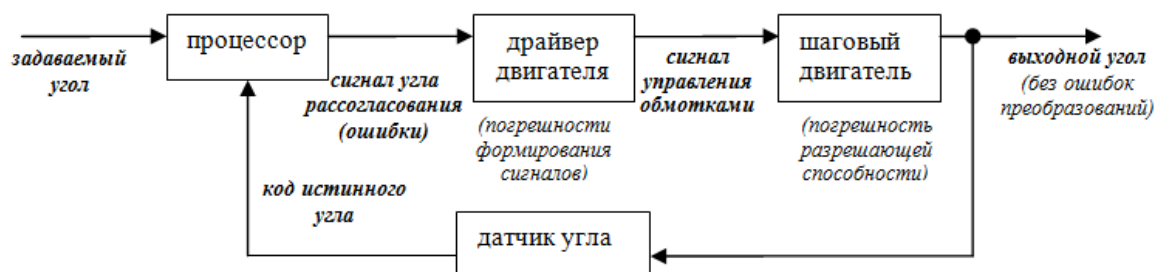


Рис.1. Структурная схема управления положением вала шарового двигателя при регулировании по ошибке

Сигнал управления формируется как разность заданного и текущего положений вала двигателя (ошибка рассогласования). Ошибка рассогласования при этом непрерывно нивелируется при любом значении входного сигнала управления (заданном значении угла положения вала). Погрешность позиционирования вала при данной схеме управления определяется точностью датчика угла $\delta = \delta_{\text{ДУ}}$, которая в свою очередь значительно ниже погрешности, формируемой разрешающей способностью двигателя $\delta_{\text{ДУ}} \ll \delta_{\text{Д}}$.

В настоящее время перспективными датчиками, подходящими для решения данной задачи, являются микроэлектронные магнитные энкодеры, основанные на принципе регистрации положения магнитных силовых линий цилиндрического магнита с помощью матрицы микроминиатюрных элементов Холла. Современные магнитные энкодеры, помимо матрицы элементов Холла, включают в себя также АЦП, вычислитель угла, преобразователь интерфейса I²C, и могут обеспечивать точность измерения с погрешностью в пределах 0,005...0,05%.

Для исследования технической возможности повышения точности позиционирования шагового двигателя с помощью магнитного энкодера, в работе применен миниатюрный магнитный энкодер угла марки AS5600 (компании *Ams-Osram AG*) (рис. 2).

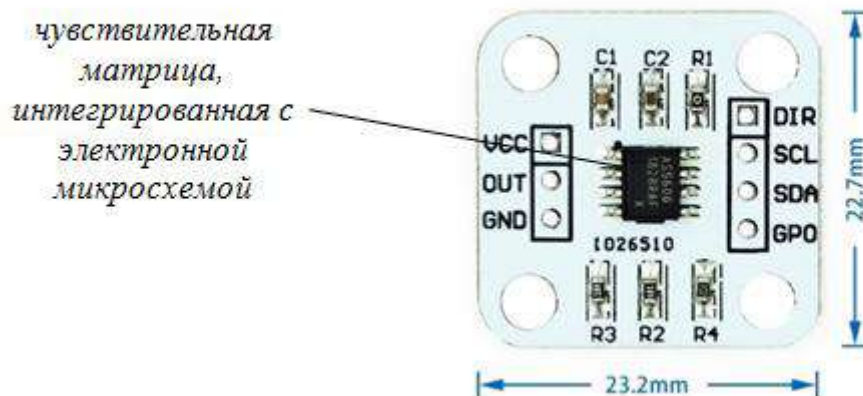


Рис.2. Модульная плата магнитного энкодера AS5600

Данный датчик формирует сигнал углового положения в виде цифрового 12-ти разрядного кода (в интерфейсе I²C). Таким образом, максимальная разрешающая способность (на полный оборот), с учетом разрядности выходного кода, равна $\Delta_{\text{ДУ}} = \frac{360}{2^{12}} \approx 0,0879$ углового градуса. В результате, относительная

приведенная погрешность позиционирования составит

$$\delta_{\text{ДУ}} = \frac{\Delta_{\text{ДУ}}}{360} 100\% = 0,024\% .$$

Для наблюдения эффекта повышения точности позиционирования с датчиком и без него, в качестве объекта испытания принят двигатель марки *NEMA17* модели *17HS3430* (рис. 3, а) (с меньшей разрешающей способностью, равной $\Delta_{\text{д}} = 1,8$ углового градуса). Управление обмотками двигателя, по командам контроллера, осуществляет аппаратно совместимый драйвер А4988 (рис. 3, б). Драйвер обеспечивает возможность аппаратной установки разрешающей способности мотора $\Delta_{\text{д}}$, путем коммутации переключателей на шилд-плате расширения *DRV8825* (рис. 3, б) в соотношениях 1:1, 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 от базового шага. На данных режимах, погрешности позиционирования двигателя, в пределах оборота, составят соответственно 0,5%; 0,25%; 0,125%; 0,063%; 0,031%. Заметим, что даже на самом минимальном шаге погрешность позиционирования двигателя (0,031%) почти на треть превышает погрешность позиционирования по датчику (0,024%).

Для управления работой системы драйвер – двигатель – энкодер, мониторинга параметров и обмена данными с ПК применен отладочный микропроцессорный модуль *ESP-32*, совместимый с датчиками формата *I²C* и средой программной разработки *ArduinoIDE* (рис. 3, в).



Рис. 3. Элементы стенда управления шаговым двигателем: а) шаговый мотор NEMA17 модели 17HS3430, б) драйвер А4988 на шилд-плате расширения DRV8825, в) отладочный микропроцессорный модуль ESP-32

Датчик комплектуется миниатюрным ниодимовым магнитом, размещаемым непосредственно на выходном валу шагового двигателя. Конструкция модульной платы позволяет закрепить модуль датчика непосредственно на корпусе двигателя любой мощности с помощью крепежной крышки (соответствующей крепежными отверстиями межгосударственному стандарту *ГОСТ IEC/TS 60034-20-1-2013*). Конструкция разработанного крепежного приспособления для примененного в макетной схеме двигателя приведена на рис. 4.



Рис.4. Крепежное приспособление с модулем энкодера

Для экспериментальных исследований собран макетный стенд, представленный на рис. 5, на котором выполнена серия из двух опытов. В обоих случаях коммутация соединений не производилась, а переключение режимов управления осуществлялось только программно.

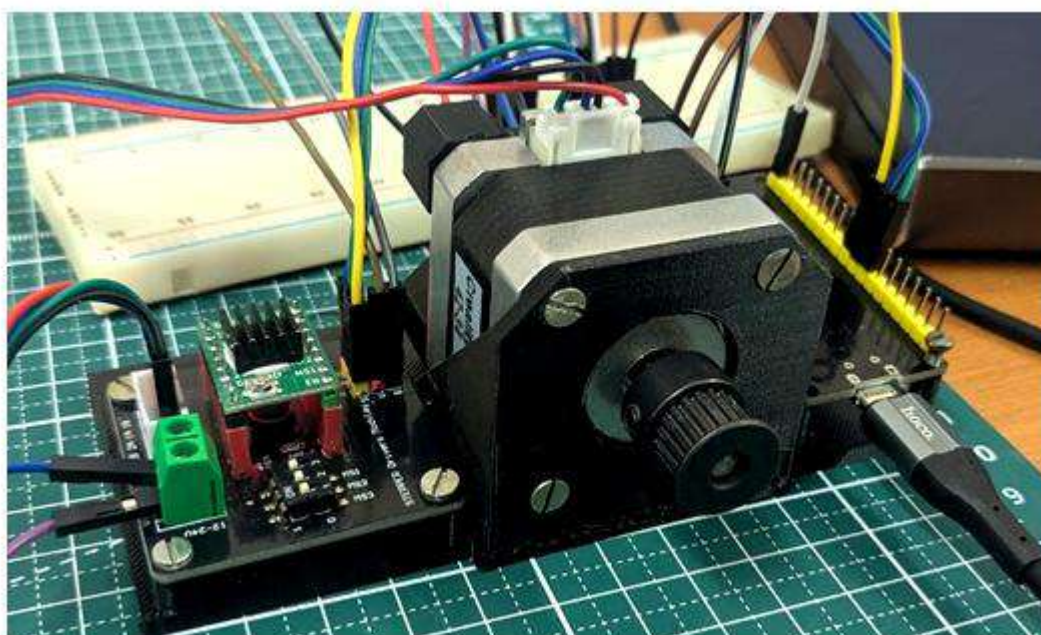


Рис.5. Внешний вид макетного стенда

В первом опыте выполнялось управление положением шагового двигателя по «прямой» схеме управления, т.е. магнитный энкодер использовался только как датчик отображения текущего угла (сигнал с него не использовался для управления по ошибке).

Во втором опыте выполнялось управление положением в схеме «по ошибке». Программа управления на основе заданного значения угла и сигнала

энкодера вычисляла ошибку положения и производила коррекцию, автоматически минимизируя рассогласование. Следует отметить, что в данном опыте переключение режима шага производилось не автоматически, а вручную для удобства наблюдений процесса коррекции.

По результатам экспериментов сделаны следующие выводы.

1. Применение магнитного энкодера в системе управления шаговым двигателем обеспечивает возможность автоматического отслеживания начального «нулевого» положения вала, без дополнительных калибровок. Начальная выставка нуля необходима только при первоначальном включении (при этом дальнейшая вероятность смещения модуля или магнита должны быть исключены).

2. Снижение погрешности позиционирования с применением энкодера в значительной степени зависит от режима текущего шага. При большом шаге высокая точность энкодера практически не проявляется из-за малой разрешающей способности двигателя. При этом наблюдаются «перескакивания» целевого положения (с нулевой погрешностью), что проявляется в ощутимой непрерывной вибрации вала. Данная проблема решается, либо аппаратным методом (уменьшением шага до минимального), либо программно (округлением значения ошибки рассогласования). Наиболее предпочтительно динамическое переключение шага, как функции от значения ошибки (уменьшение шага с уменьшением ошибки рассогласования).

3. При воздействии внешнего вращающего момента на вал система автоматически отработывает ошибку, возвращая вал в исходное положение.

1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / Бесекерский В.А., Попов Е.П. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2004. – 742 с.

Секция 3. РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

М.Ю. Базаркин

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

e-mail: 89082339505@mail.ru

Научный руководитель: В.И. Слащев, кандидат наук., доцент

Описана разработка электронного блока управления отопительной системой автомобиля. Проанализирован рынок подобных устройств, рассмотрены методы запуска двигателя в холодное время года. Приведена схема электрическая принципиальная, основой которой является микроконтроллер. Оценена перспектива развития проекта.

Ключевые слова: печатная плата, управление отопителем, система кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства микроконтроллер.

В климатических условиях на территории Российской Федерации от Курильских островов до Калининграда работа системы отопления автомобильного актуальна две трети года.

Эксплуатация автотранспортного средства (АТС) в холодный период года, имеет трудности с подогревом двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Чтобы сохранить АТС в рабочем состоянии в зимнюю погоду, проводят изменения параметров запуска ДВС.

Для этого необходимо сменить способ подогрева ДВС в АТС холодный период на более экономичный, который ДВС причинит меньше вреда.

Изучение предметной области и патентных изобретений [1,3] показало, что используемая система управления отопителем в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства является несовершенной.

Проведенный анализ процессов управления отопителем [2,4] в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства позволил выявить следующие общие для всех устройств недостатки:

- высокая стоимость;
- большое потребление электроэнергии;
- относительный большой расход топлива;
- сильный нагрев устройства в связи с потребляемой мощностью;
- не возможность использования готовых узлов и компонентов.

В данной статье на рис. 1 представлена схема структурная принципиальная блока управления отопительной системой автомобиля.

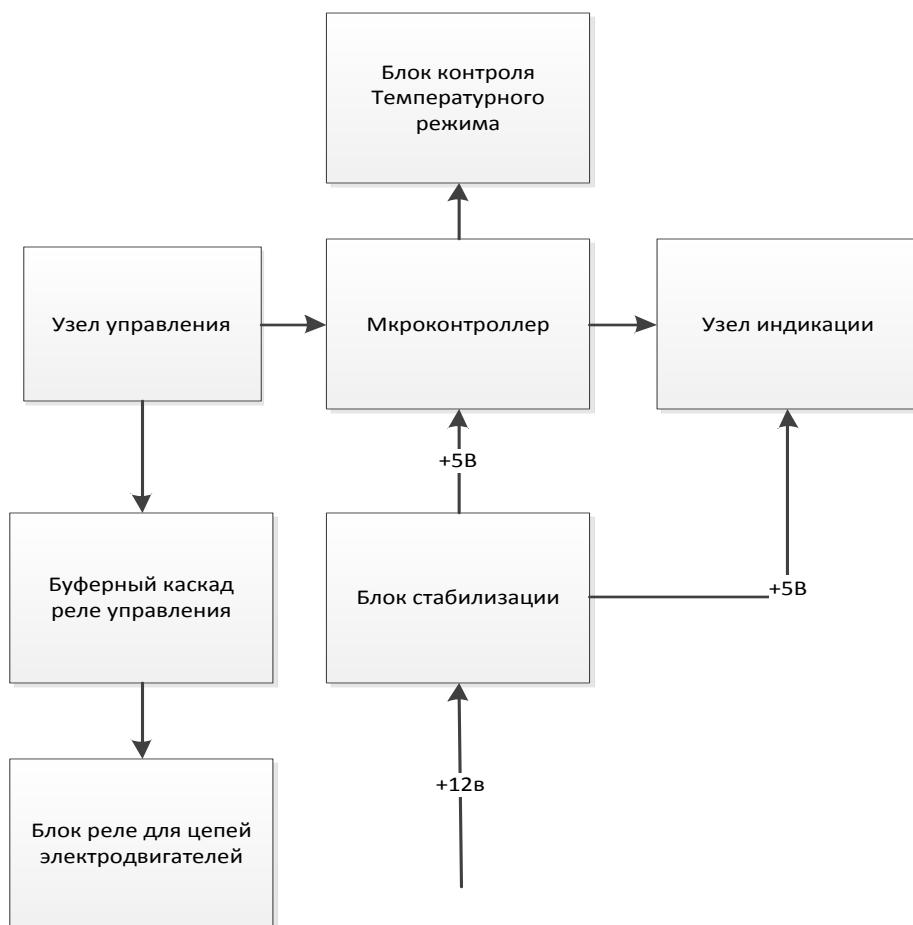


Рис. 1. Схема структурная электрическая блока управления отопительной системой автомобиля

Особенностью проектируемой схемы является то, что управление отопительной системой автомобиля будет осуществляться микроконтроллером, на основе которого реализован «Блок обработки и хранения информации».

Данный блок представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для преобразования аналоговых сигналов в программный код команды, а также для решения следующих задачи:

- позволяет осуществлять управление всеми процессами в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства.
- генерирует сигналы в зависимости от поступающей на него информации с датчика;
- подает тактовые импульсы на цифровые входы;
- осуществляет хранения программного кода в собственной памяти;
- осуществляет сравнение текущих электрических значений с опорными;

- изменяет непрерывные колебания в прерывные заданного расширения – осуществляет гипнотизирование последовательности бит в последовательность электрических составляющих при передаче данных и дегипнотизирование при их получении;
- обеспечивает синхронизацию сигналов с различными временными параметрами на нескольких каналах;
- при выявлении ошибок выдавать диагностическую информацию и отключает питание блока управления отопителем в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства.

Процесс функционирования блока управления отопителем в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства (рисунок 1) выполняется в следующей последовательности:

Во время запуска двигателя автомобиля реле питания переключает питание на блок управления отопителем и на приборной панели управления активируются кнопки управления температурным режимом салона транспортного средства.

С помощью кнопок на панели управления, водитель задает желаемую температуру.

Блок контроля температурного режима контролирует температуру в салоне транспортного средства, давление охлаждающей жидкости и другие параметры системы отопления.

Микроконтроллер обрабатывает данные от датчиков и согласовывает работу всех элементов системы отопления, чтобы достигнуть заданной температуры.

Микроконтроллер также обеспечивает работу обогревателя, который нагревает воздух, проходящий через отопитель, и контролирует скорость вращения вентилятора, который выдувает воздух через отопитель на панели управления в салон автомобиля.

Клапан блока температурного режима управляет расходом охлаждающей жидкости, поступающей в обогреватель, а когда достигается заданная температура, микроконтроллер выключает обогреватель и вентилятор.

Если температура в салоне транспортного средства опускается ниже заданного уровня, блок управления отопителем снова включает обогреватель и вентилятор, возвращая температуру в салоне к заданному уровню.

Когда водитель выключает зажигание, буферный каскад реле управления выключает питание блок управления отопителем в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства, и он перестает работать.

Проектируемое электронное устройство управления отопителем в системе кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства, представленное на рис. 2, позволяет регулировать температуру теплого воздуха в салоне автомобиля в диапазоне от 16С° до 30С°, и выходящего из отопителя теплого

воздуха в диапазоне от 25 °С до максимальной 80...100°С, кроме того, сила потребляемого тока не превышает 2,5...3 А.

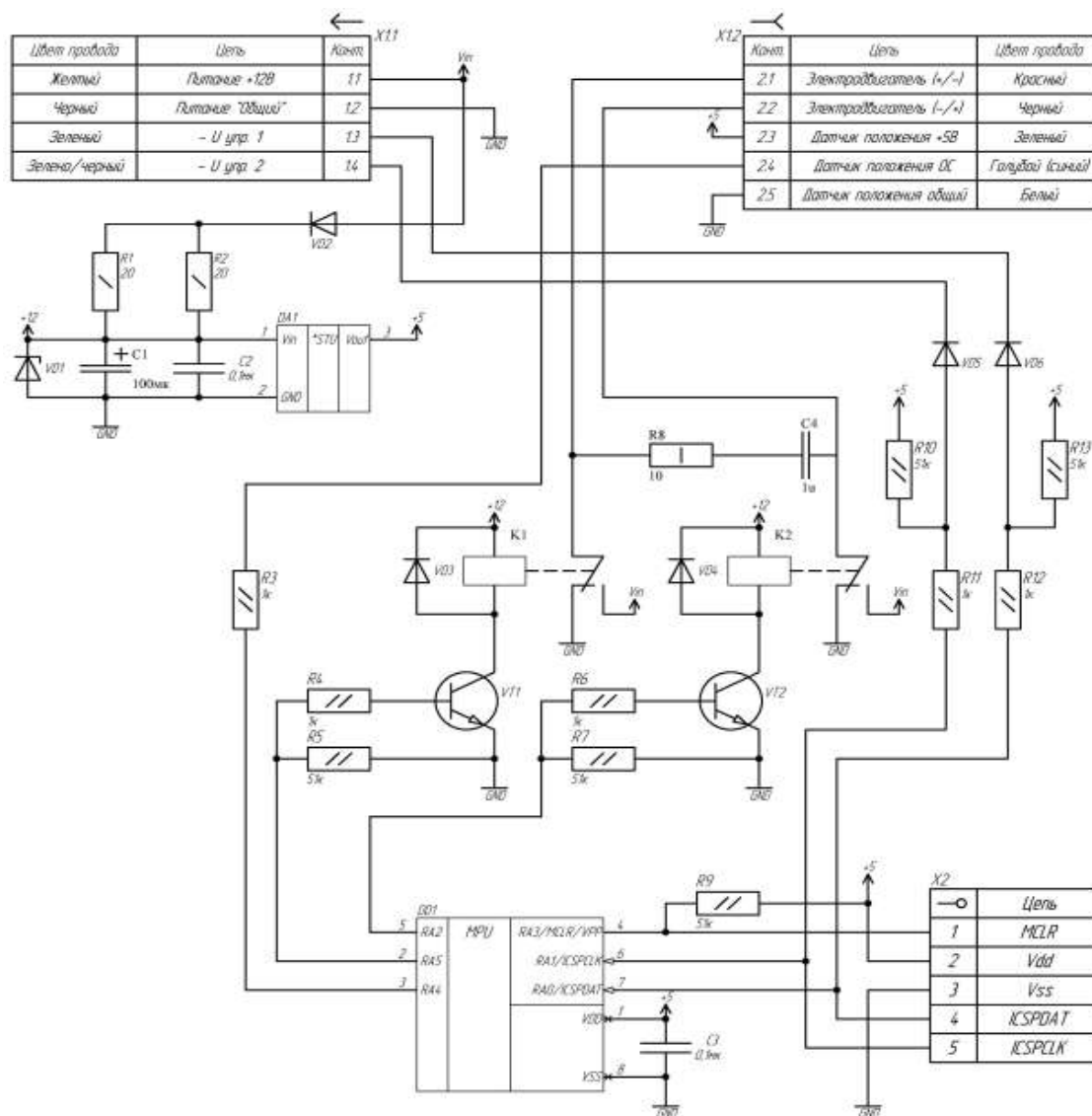


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема блока управления отопительной системой автомобиля

Схема построена на основе однокристалльной электронной вычислительной машины (ОЭВМ) нарисованной на изображении как DD1 вставленной в розетку для извлечения при программировании. Работу ОЭВМ организует встроенный преобразователь с частотой 4 МГц.

Выходы ОЭВМ DD1 используются для:

- MCLR – вход сброса микроконтроллера / вход напряжения программирования;
- VDD – питание транзисторов;
- VSS – GND (земля);
- ICSPDAT – передача данных;
- ICSPCLK – тактовый импульс.

Вместо измерителя положения ДВС заслонки отопителя введены приборы конечных положений работа, которых строится на принципе увеличения тока ДВС при заклинивании.

Изменение градусов производится по данным выносного измерителя положений путем перемещения задвижки путем давления на контакты «+», «-».

Привод вентилятора использует упорядоченное движение частиц, которые являются носителями электрического заряда до 16 А, он управляется ШИМ, посредством мощного полевого транзистора VT1 через порт RA2, RA5 и реле K1, K2.

Порт RA4 подключен к датчику положения, что позволяет контролировать температурный режим.

Линейный регулятор напряжения DA1 из 12В вырабатывает 5В для питания микроконтроллера MPU.

Библиографический список

1. Гаврильева, Е.В. Электроника автомобиля: устройство, диагностика и обслуживание / Гаврильева Е.В., Панков О.Г. – Издательство БХВ-Петербург, 2017 г.
2. Жуков, М.В. Автомобильная электроника. Устройство и обслуживание / Жуков М.В. – Издательство Транспорт, 2019 г.
3. Клаус, А. С++: специальный справочник / Клаус А. – М.: СПб: Питер, 2003.
4. Корженевич, А.В. Электроника автомобилей в вопросах и ответах / Корженевич А.В. – Издательство Техника, 2020 г.
5. Ракелев, С. Ю. Оборудование автомобилей / Ракелев С.Ю. – Издательство Питер, 2017 г.
6. Яковенко, А.О. Электронная схемотехника автомобильных систем. Учебное пособие / Яковенко А.О. – Издательство Горячая линия - Телеком, 2018 г.
7. Оджаров, А.А. Электротехнические системы автомобиля. Учебник для средних профессиональных учебных заведений автомобильного профиля / Оджаров А.А. – Издательство Аристей, 2018 г.
8. Николаев, Г.П. Блоки управления автомобиля. Конструкции, техническое обслуживание, ремонт / Николаев Г.П. – Издательство Транспорт, 2019 г.
9. Резник, Л.Я. Автодиагностика. Электронные системы автомобиля. Учебник / Резник Л.Я. – Издательство ГУ МВД России, 2017 г.
10. Карпов, Б. Руководство по ремонту и обслуживанию автомобилей / Карпов Б. – Издательство Транспорт, 2020 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

С.Е. Блохин

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
e-mail: bg131166@yandex.ru
Научный руководитель: Слащев В.И., к.т.н., доцент,
e-mail: kitres@apingu.edu.ru

Описывается процесс проектирования модуля управления бесколлекторным электродвигателем. Рассмотрены варианты управления бесколлекторным электродвигателем, выбран наиболее подходящий. Разработана схема электрическая принципиальная и конструкция модуля управления.

Ключевые слова: бесколлекторный электродвигатель, модуль управления, бездатчиковый метод управления, печатный узел.

В контексте современного технологического развития инновации в сфере электродвигателей играют критически важную роль в обеспечении эффективной и надёжной работы широкого спектра устройств и механизмов. Среди таких инноваций особое внимание привлекают бесколлекторные электродвигатели (БЭ) постоянного тока (BLDC моторы), которые, благодаря своей уникальной конструкции и принципам функционирования, предоставляют ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными коллекторными двигателями.

Для начала следует рассмотреть принципы работы и управления БЭ. Как известно на сегодняшний день в сфере электрических двигателей можно выделить два основных типа: коллекторные и бесколлекторные моторы. В первом случае для переключения обмоток и создания необходимого момента на выходном валу используется специальный узел – коллектор. Где применяется скользящий контакт между питающим напряжением и обмотками ротора. В бесколлекторных двигателях процесс коммутации тока в обмотках статора управляется электронными средствами.

Для БЭ требуется специализированный модуль управления (МУ), который в нужный момент времени осуществляет переключение обмоток электродвигателя, создавая момент на выходном валу, тем самым заставляя его вращаться. При этом МУ должен контролировать положение выходного вала электродвигателя для создания нужного момента. Для этого могут использоваться датчики положения (ДП) или обратная электродвижущая сила (ЭДС), возникающая в неподключенных обмотках.

Применение ДП характерно для низкооборотистых (тяговых) электродвигателей, где требуется высокий пусковой момент или точное позиционирование. Управление без датчиков используется в устройствах, таких как вентиляторы, насосы и бытовая техника, где пусковой момент относительно стабилен и не требуется точное позиционирование.

В данной работе ставится задача по проектированию устройства управления БЭ с бездатчиковым методом определения положения выходного вала с помощью обратной ЭДС.

Управление трехфазным бесколлекторным электродвигателем в таком случае будет осуществляться следующим образом (рис. 1). Для создания момента на выходном валу БЭ на одну фазу двигателя подается напряжение питания, другая фаза подключается к общему проводу, третья – остается не подключенной. Процесс определения положения ротора осуществляется за счет измерения обратной ЭДС неподключенной обмотки. Так при вращении магнитное поле ротора создает в свободной обмотке ЭДС, которая изменяется по мере вращения ротора. По изменению данного напряжения можно определить количество оборотов и угол поворота выходного вала двигателя. Наиболее оптимальным определением данного события является контроль прохождения ЭДС свободной обмотки через ноль, поскольку такая нулевая ЭДС всегда возникает между двумя коммутациями фаз. После детектирования пересечения система управления должна выдержать паузу и включить следующую пару фаз электродвигателя.

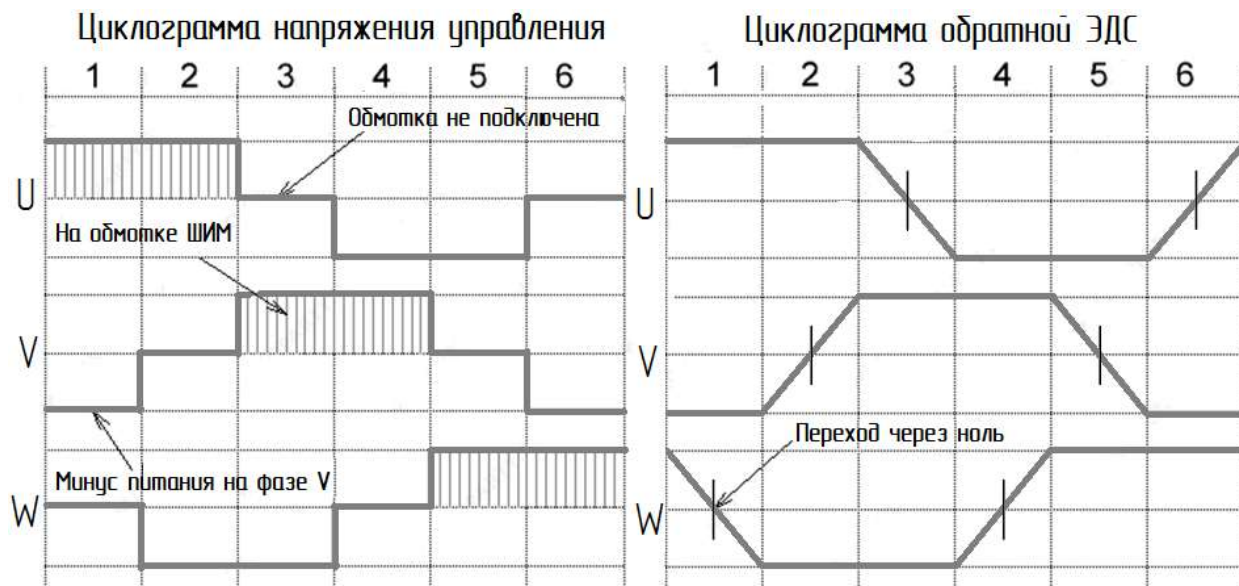


Рис. 1. Циклограммы напряжения и ЭДС на обмотках бесколлекторного электродвигателя

Учитывая все основные требования и алгоритмы работы, был разработан окончательный вариант схемы электрической принципиальной модуля управления БЭ (рис. 2).

Основным элементом схемы является микроконтроллер D1. Микроконтроллер формирует три канала с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ-канала) для управления верхними и нижними ключами. Внешнее управление скоростью и направлением вращения осуществляется с помощью потенциометра RP1, подключенного к АЦП микроконтроллера.

В табл. 1 представлены состояния сигналов управления драйверами верхних и нижних ключей трех фаз. Коды реализуют вращение ротора по и против часовой стрелки.

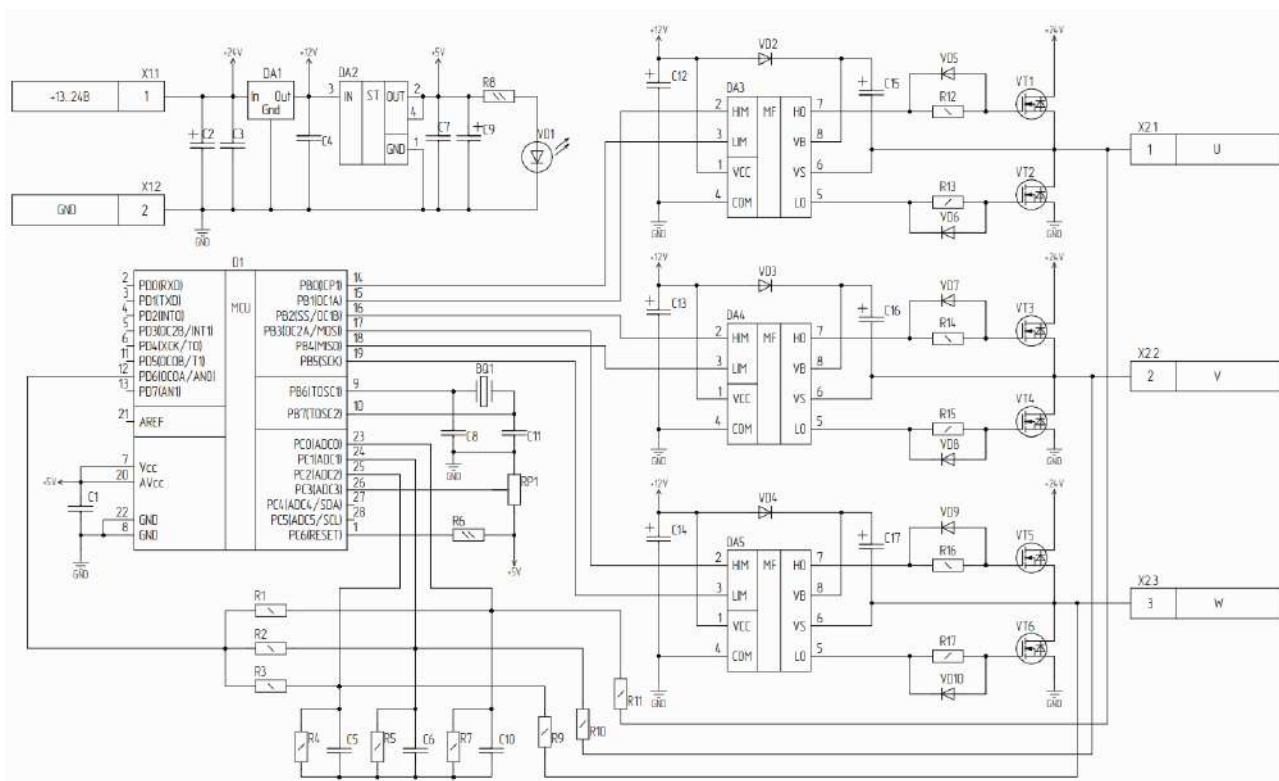


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная модуля управления бесколлекторным электродвигателем

Таблица 1

Таблица состояния сигнала, подаваемого на входы драйвера верхних и нижних ключей

Шаг	Вращение по часовой стрелки						Вращение против часовой стрелки					
	UH	UL	VH	VL	WH	WL	UH	UL	VH	VL	WH	WL
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
4	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0

Питание модуля управления может варьироваться в диапазоне от 13 В до 24 В в зависимости от напряжения питания используемого электродвигателя. Для нормальной работы драйверов DA3-DA5, а также выходных ключей на

МОП-транзисторах с помощью стабилизатора DA1 формируем напряжение +12 В. Для цифровой части схемы формируем напряжение +5 В с помощью стабилизатора DA2.

На следующем этапе работы с помощью системы автоматизированного проектирования Altium Designer была разработана печатная плата устройства управления (рис. 3).

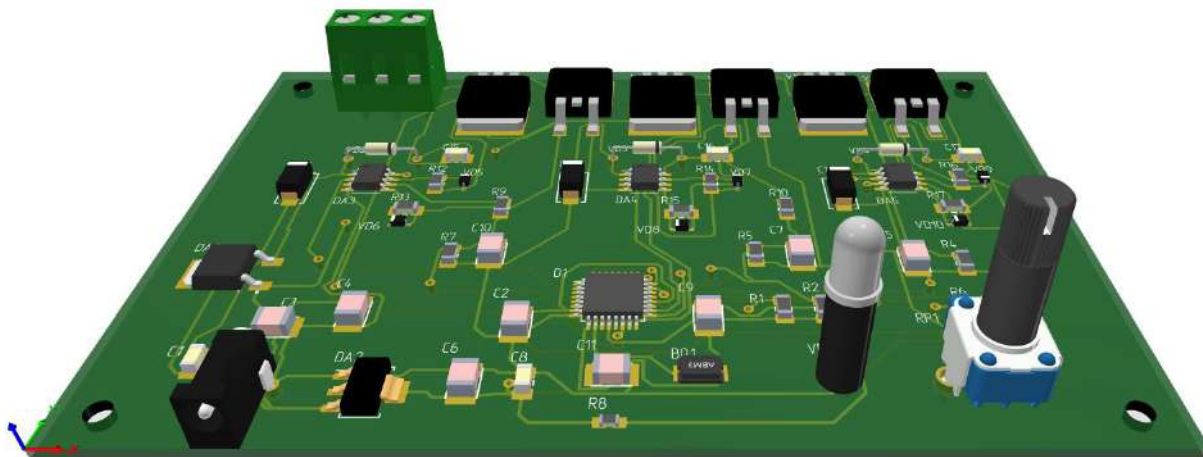


Рис. 3. Модель печатного узла модуля управления бесколлекторным электродвигателем

Конструкция печатного узла представляет собой законченный функциональный узел с необходимыми разъемами, индикацией и органами управления. Для снижения габаритов и повышения технологичности конструкции устройства управления корпуса радиоэлементов выбраны в большей степени поверхностного монтажа.

Библиографический список

1. Муромцев, Д.Ю. Конструирование узлов и устройств электронных средств: Учебное пособие / Муромцев Д.Ю., Тюрин И.В., Белоусов О.А. - Ростов на Дону: Феникс, 2013. - 540 с.: ил.
2. Пирогова, Е.В. Проектирование и технология печатных плат: учебник / Е.В. Пирогова. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005.
3. Лопаткин, А. Проектирование печатных плат в AltiumDesigner / Лопаткин А. – ДМК Пресс, 2016. – 400 с.
4. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / Анучин А.С. – М: Издательский дом МЭИ, 2015г. – 373 с.: ил.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СЕРВОПРИВОДОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМАХ АВТОТРАНСПОРТА

М.А. Бобченко¹, Н.Д. Морозов², К.С. Сычёв³

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹студент,
²студент, ³ассистент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

email: mihailbobcenko@gmail.com;

nm13573487@gmail.com; kir12.2000@yandex.ru

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор,

kitres@apingtu.edu.ru

Представлен сравнительный анализ характеристик сервоприводов, применяемых в исполнительных механизмах узлов автотранспорта. Рассматриваются ключевые параметры различных моделей, таких как крутящий момент, скорость отклика, рабочее напряжение и диапазон рабочих температур. Рассмотрен принцип работы сервопривода. Произведен обзор конкретных моделей.

Ключевые слова: сервоприводы, исполнительные механизмы, узлы автотранспорта, крутящий момент, автотранспортные системы.

Сервоприводы играют ключевую роль в современных автоматизированных системах и робототехнике, обеспечивая точное управление движением и позиционированием. Эти устройства преобразуют электрические сигналы в механическое движение, что позволяет им выполнять широкий спектр задач – от управления положением в промышленных машинах до обеспечения плавности движения в роботах.

На рынке доступны несколько типов сервоприводов, различающихся по конструкции, характеристикам и применению. Рассмотрим их основные виды [1].

1. Электромеханические сервоприводы – используют электродвигатели для приведения в действие механической системы. Популярны благодаря высокой точности управления и эффективности.

2. Электрогидравлические сервоприводы – сочетают в себе электродвигатель и гидравлическую систему. Преимущества включают большую мощность и плавность работы, однако они более сложные и требуют регулярного технического обслуживания.

3. Электропневматические сервоприводы – используют пневматические компоненты для создания механического движения, что делает их легкими и доступными для многих задач, однако их точность ниже по сравнению с электромеханическими аналогами.

В данной статье приводится сравнительный анализ характеристик различных моделей электромеханических сервоприводов, для применения в составе исполнительных механизмов автомобиля.

Основными компонентами электромеханического сервопривода являются (рис. 1)[2]:

- 1) электродвигатель – основной элемент, который преобразует электрическую энергию в механическую. Чаще всего используются бесщеточные или щеточные двигатели;
- 2) передаточный механизм – система шестерен или ремней, которая передает вращение от двигателя к выходному валу, увеличивая крутящий момент или изменяя скорость;
- 3) датчик положения – устройство, которое отслеживает текущее положение выходного вала. Это может быть потенциометр, энкодер или другой тип датчика;
- 4) контроллер – электронный блок, который обрабатывает сигналы от датчика и управляет работой электродвигателя, обеспечивая точное позиционирование.

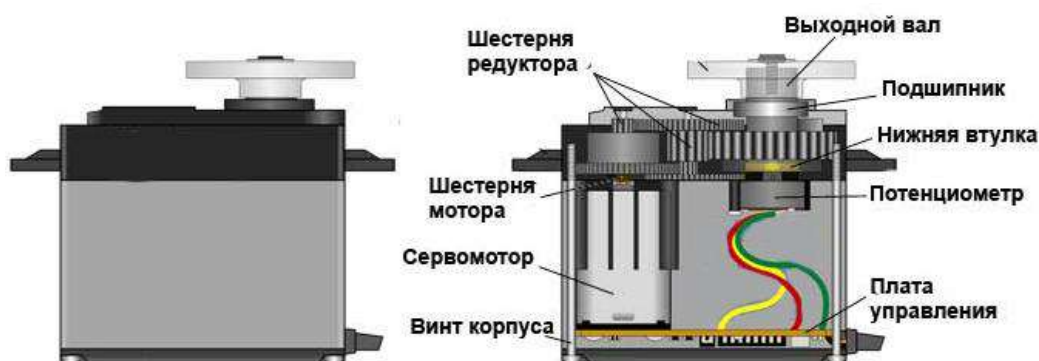


Рис.1. Схема электромеханического сервопривода

Принцип работы сервопривода основан на системе обратной связи. Контроллер сервопривода получает данные от датчика обратной связи и сравнивает текущее положение или скорость с заданным значением. Если значения не совпадают, контроллер корректирует движение, увеличивая или уменьшая мощность на двигателе. Этот процесс происходит очень быстро, что позволяет сервоприводу достигать высокой точности.

Сервоприводы находят применение в самых различных устройствах, от простых игрушек до сложных промышленных роботов, благодаря своей способности обеспечивать точное и надежное управление движением.

Перечислим основные характеристики сервопривода.

1. Крутящий момент измеряется в ньютон-метрах (Н·м). Определяет силу вращения, создаваемую на выходе привода. Большой крутящий момент позволяет сервоприводу перемещать более тяжелые или тугие механизмы. Это важ-

ный параметр для выбора сервоприводов в системах с высокими требованиями к усилию, таких как приводы рулевого управления или тормозных систем.

2. Угол поворота показывает, на какой угол или линейное расстояние может перемещаться выходной вал или шток сервопривода. В некоторых случаях требуется полный поворот на 360° , а в других – ограниченный угол (например, 180°). Этот параметр особенно важен для выбора сервоприводов, управляемых с обратной связью по положению.

3. Скорость (оборотов в минуту, об/мин) определяет, с какой скоростью сервопривод может выполнять движения. Скорость важна для приложений, требующих быстрого отклика, таких как робототехника и автоматизированные производственные линии. Скорость привода зависит от сочетания скорости вращения двигателя и передаточного числа редуктора.

4. Тип обратной связи. Тип и качество датчиков обратной связи определяют точность отслеживания положения, скорости и ускорения. Сервоприводы могут использовать различные типы датчиков, включая энкодеры и потенциометры, которые помогают контроллеру точно определять текущее положение или скорость.

5. Диапазон рабочих температур: важно для оценки того, может ли сервопривод работать в условиях повышенной или пониженной температуры, особенно в автомобилестроении и промышленности. Сервоприводы должны быть устойчивы к перегреву при интенсивной работе и работать в условиях низких температур, если это необходимо.

6. Тип и материалы редуктора. Редуктор сервопривода в зависимости от мощности и надежности могут быть сделаны из разных материалов [3]. Необходимо выбирать требуемый тип исходя из условий эксплуатации.

В ходе анализа модельного ряда электромеханических сервоприводов для сравнения было выделено несколько устройств, перечисленных далее.

1. DS3225: Сервопривод с крутящим моментом до $25 \text{ кг}\cdot\text{см}$ при напряжении $6,8 \text{ В}$, что делает его подходящим для управления тяжелыми механизмами, особенно в радиоуправляемых моделях и робототехнике. Рабочее напряжение DS3225 составляет $4,8\text{-}6,8 \text{ В}$, что позволяет использовать его с разными источниками питания, а скорость поворота $0,15\text{сек}/60^\circ$ при $6,8 \text{ В}$ обеспечивает быструю реакцию на команды и высокую точность. Корпус и зубчатая передача выполнены из металла с защитой от влаги и пыли по стандарту IP66, что придает ему высокую надежность и долговечность, особенно под высокими нагрузками. Сервопривод поддерживает угол поворота до 270° , что достаточно для большинства стандартных применений. Диапазон рабочих температур составляет от -20°C до $+60^\circ\text{C}$. Этот температурный диапазон делает его пригодным для использования в большинстве условий окружающей среды, однако для экстремально высоких или низких температур могут потребоваться дополнительные меры для защиты и охлаждения (рис.2).



Рис. 2. Электромеханический сервопривод DS3225

2. DSSERVO DS3230: Крутящий момент создаваемый данным сервоприводом составляет 30 кг·см при напряжении 6,8 В. Рабочее напряжение составляет 4,8-6,8 В, что позволяет подключать его к различным контроллерам и источникам питания. Скорость поворота 0,2 сек/60° при 5В. Корпус и зубчатая передача выполнены из металла с защитой от воды и пыли по стандарту IP66, делая привод устойчивым к внешним воздействиям и перегреву при интенсивной эксплуатации. Угол поворота до 180°. Диапазон рабочих температур от -20°C до +60°C позволяет использовать его в большинстве условий (рис.3).



Рис. 3. Электромеханический сервопривод DSSERVO DS3230

3. RDS3235: Данный сервопривод обладает крутящим моментом до 35 кг·см при напряжении 7,4 В, разработанный для работы с тяжелыми нагрузками. Рабочий диапазон напряжений от 6,0 до 8,4 В. Скорость поворота составляет 0,13 сек/60° при 7,4 В. Металлический корпус и передача делают долговечным, особенно под интенсивными нагрузками, а угол поворота до 270° подходит для большинства задач. Цифровое управление с микроконтроллером обеспечивает стабильное выполнение команд с минимальной погрешностью. Диапазон рабочих температур от -20°C до +60°C делает его пригодным для применения в самых разных условиях (рис.4).



Рис. 4. Электромеханический сервопривод RDS3235

4. Power HDWH-40KG. Сервопривод, обладающий крутящим моментом до 40 кг·см при напряжении 6,0 В. Рабочее напряжение сервопривода варьируется от 4,8 до 6,6 В, что позволяет использовать его с различными источниками питания. Скорость поворота составляет 0,17 сек/60° при 6,0 В. Корпус и зубчатая передача из металла увеличивают надежность и долговечность. Угол поворота до 180° обеспечивает гибкость в выполнении различных операций, а диапазон рабочих температур от -20°C до +60°C делает его пригодным для использования в разнообразных условиях (рис.5).



Рис. 5. Электромеханический сервопривод Power HD WH-40KG

5. Power HD WH-80KG. Высокомомментный цифровой сервопривод, специально разработанный для работы с тяжелыми нагрузками, обладающий крутящим моментом до 80 кг·см при напряжении 7,4 В. Рабочее напряжение сервопривода варьируется от 6,0 до 8,4 В. Скорость поворота составляет 0,17 с/60° при 7,4 В, обеспечивая быструю реакцию на команды. Корпус и зубчатая передача выполнены из металла с защитой от влаги и пыли по стандарту IP66. Угол поворота до 270° позволяет выполнять широкий спектр операций, а диапазон рабочих температур от -20°C до +60°C делает его пригодным для ис-

пользования в различных условиях. Подходит для высоконагруженных узлов и агрегатов (рис.6).



Рис.6. Электромеханический сервопривод Power HD WH-80KG

Характеристики рассмотренных моделей сервоприводов представлены в табл. 1.

Выбор подходящего сервопривода критически важен для повышения производительности и надежности автотранспортных систем. Он должен учитывать специфику применения, условия эксплуатации и технические требования к интеграции в существующие механизмы. Учитывая разнообразие задач, стоящих перед современными транспортными средствами, правильный выбор сервопривода может значительно улучшить функциональность, эффективность и безопасность узлов автотранспорта, способствуя повышению их конкурентоспособности на рынке.

Таблица 1

Характеристики моделей сервоприводов

Модель	Крутящий момент (кг·см)	Угол поворота	Скорость (сек/60°)	Диапазон рабочих температур (°C)	Рабочее напряжение (В)	Тип редуктора
DS3225	25	270°	0,15	-20 до +60	4,8-6,8	Металлический, защита по IP66
DSSERVO DS3230	30	180°	0,2	-20 до +60	4,8-6,8	Металлический, защита по IP66
RDS3235	35	270°	0,13	-20 до +60	5-8,4	Металлический
Power HD WH-40KG	40	180°	0,17	-20 до +60	6-8	Металлический, защита по IP66
RDS5180	80	270°	0,20	-20 до +60	6-8,4	Металлический

Исходя из анализа характеристик представленных моделей можно сделать вывод, что бортовая энергосистема легкового автомобиля без особых до-

работок даёт возможность интеграции рассмотренных устройств в узлы и исполнительные механизмы транспортного средства.

Библиографический список

1. Макиенко, И.Н. Исполнительные механизмы в системах регулирования. Сервоприводы. Следящий привод: научно-вспомогательный список литературы / сост.: Макиенко И. Н.; Севастопольский гос. ун-т. – Севастополь, 2015. – 44 с.

2. Сервопривод для радиоуправляемых авиамodelей Savox SH-0257MG. - Москва: РГГУ, 2022. – 199с.

3. Булгаков, А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Серия «Библиотека инженера» / Булгаков А. Г., Воробьев В. А. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 488 с.: ил.

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ПОДАВЛЕНИЯ БПЛА И СЦЕНАРИИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

И.Д. Виноградов¹, Ю.А. Гуськова²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹студент, ²ст.преподаватель

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
email:ivan.vinogradov.main@gmail.com;julia.guskova7@yandex.ru;

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор,
kitres@apingtu.edu.ru

В статье проведен анализ устройств подавления БПЛА с последующим определением сценариев их применения как в полевых условиях, так и в населенных пунктах. Также были определены оптимальные требования к устройству подавления БПЛА с целью потенциальной разработки более усовершенствованного устройства подавления БПЛА для гражданского населения с учетом городских систем оповещения.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, сравнение устройств, устройство подавления БПЛА.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали неотъемлемой частью современного мира. Однако их широкое распространение может приносить потенциальные угрозы для информационной безопасности и конфиденциальности. Все чаще появляется информация об использовании БПЛА злоумышленниками, что влечет за собой не только порчу имущества, но и физический вред человеку.

В данной статье будет проведен анализ существующих устройств подавления БПЛА. Сначала будут рассмотрены технические характеристики устройств. Затем будут учтены особенности применения таких устройств на практике с целью определения оптимальных требований к разработке более усовершенствованного устройства для гражданских пунктов с учетом городских систем оповещения населения.

Устройства подавления БПЛА – такие устройства, которые могут обеспечить полное прекращение работы беспилотных устройств. Как правило, они имеют разную мощность, а также отличаются друг от друга конструкцией и функциональностью [1]. Такое устройство работает на тех же частотах, что и БПЛА. Оно заглушает передачу данных и создает помехи между БПЛА и пультом управления, после чего летательный аппарат перестает ориентироваться в пространстве и приземляется на землю.

Для подавления БПЛА в устройствах используются распространенные частотные диапазоны GPS, ГЛОНАСС, Wi-Fi, Bluetooth и т.п. [2, 4]

Разделение частот на различные диапазоны необходимо для того, чтобы избежать помех в сотовой сети, голосовых звонках, городских системах оповещения, промышленных системах и других областях.

Такие устройства работают от питания сети или от аккумулятора в беспроводном режиме. Также они просты в эксплуатации и имеют интуитивно понятный интерфейс. Кроме того, они не требуют отдельно выделенный сервер и могут быть совмещены со многими системами безопасности.

При использовании таких устройств необходимо знать, что законодательство РФ обязывает зарегистрировать устройство в государственной комиссии по радиочастотам, иначе за его использование предусмотрен штраф и конфискация оборудования [1].

При разработке и выборе такого устройства необходимо учитывать определенный ряд таких характеристик, как максимальный радиус подавления, количество диапазонов подавления, мощность устройства и т.п.

Для сравнения были выбраны следующие модели устройств подавления БПЛА (табл. 1) и составлены графики (рис. 1).

Таблица 1

Сравнение устройств подавления БПЛА

Модель	«Гарпия Про140W»	«Терминатор 300-16x101»	«Терминатор 250-12x64»	«Терминатор 200-8x42»
Количество каналов подавления	6	16	12	8
Дальность подавления, м	до 2000	до 300	до 250	до 200
Мощность, Вт	140	101	64	42
Используемые каналы подавления	RC433/868, Wi-Fi, GPSL1/ГЛОНАСС L1, GPSL2-L5	CDMA, GSM, 3G, Wi-Fi, BT, GPS L1/L2, ГЛОНАСС L2/L3, 4G, LTE	GSM, 3G, Wi-Fi, BT, UHF, VHF, DCS, 4G, LTE-4G-1, LTE; GPS L1-L5	LTE Band 31, DCS, Wi-Fi, BT, DCS, GSM, 3G, 4G, LTE
Беспроводной режим работы	есть (40-60 минут)	нет	нет	нет
Цена, руб	114.999	95.600	60.200	48.600

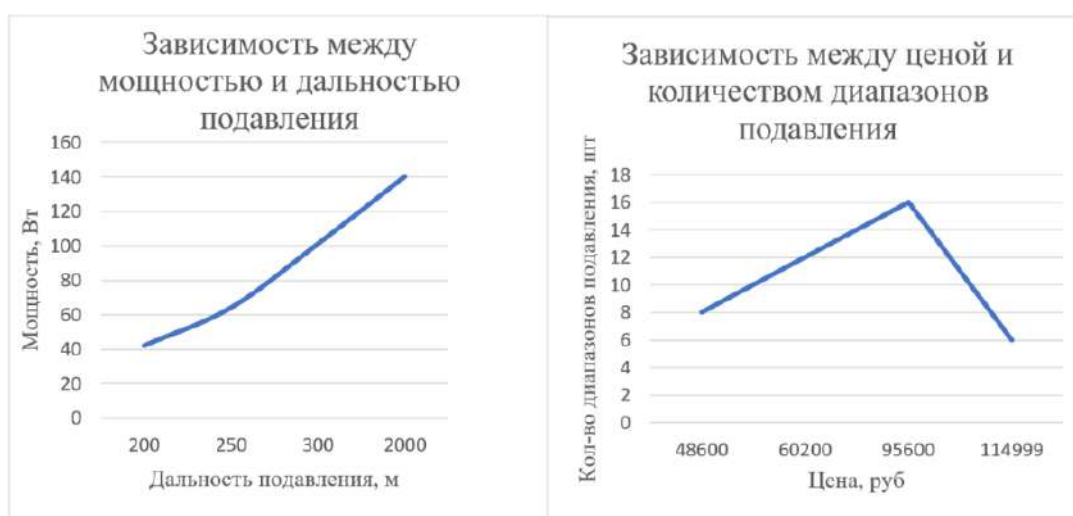


Рис. 1. Зависимость между мощностью и дальностью подавления (слева) и зависимость между ценой и количеством диапазонов подавления (справа)

На графике слева можно заметить, что с повышением мощности устройства растет дальность подавления. Данная зависимость подтверждает влияние мощности устройства на дистанцию подавления БПЛА.

На графике справа видно, что модель с самой высокой стоимостью имеет меньше всего частот подавления. Это обусловлено тем, что данное устройство имеет большую мощность и дальность подавления из всех рассматриваемых устройств. Также рассматриваемое устройство имеет беспроводной режим работы и является переносным устройством.

Устройство подавления «Гарпия Про 140W» имеет форму в виде ружья, так как подразумевается его использование как в полевых условиях, так и в населенных пунктах. Встроенных шести каналов полностью хватает для подавления всех возможных БПЛА на расстоянии (рис. 2).



Рис. 2. Каналы подавления частот на устройстве «Гарпия Про 140W»

Глушитель выполнен в виде автомата, что позволяет его удобно использовать одному оператору. В корпусе устройства находится встроенная направленная антенна с высоким коэффициентом усиления. Угол направленности антенны составляет 45 градусов, а дальность подавления можно настроить от 500 до 2000 м.

Для того чтобы таким устройством подавить БПЛА, необходимо прицелиться в него и «выстрелить», после чего летательный аппарат теряет геолокацию и связь с управляющим. Затем БПЛА медленно опускается на землю (рис. 3).

Для использования подобного устройства в населенном пункте необходимо выбрать оптимальную зону, в которой будет размещено ружье. Самое главное, чтобы соседние дома и радиовышки не перекрывали внешний обзор, так как понижается вероятность отследить БПЛА. Также нужно учесть, что такое

устройство требует непосредственного участия человека для его активации, поэтому необходимо патрулировать данную местность составом в 2-3 человека с возможностью периодической замены патрульного.

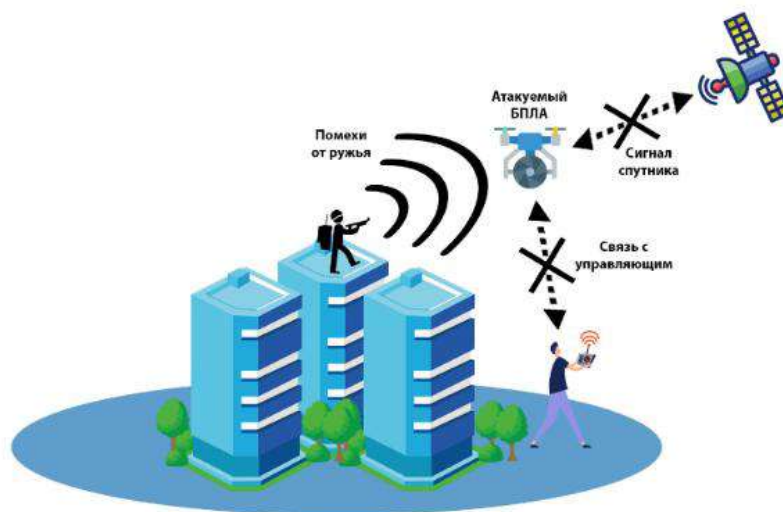


Рис. 3. Принцип работы устройства «Гарпия Про 140W»

Мультичастотные устройства подавления стационарного типа серии «Терминатор» предназначены для блокировки множества стандартов беспроводной связи. Обширный набор частот позволяет заблокировать практически любое современное техническое средство, осуществляющее радиочастотную передачу данных, в том числе и БПЛА.

Подобные устройства можно активировать и настроить помощью пульта дистанционного управления, а питание осуществляется от сети 220В (рис. 4).



Рис. 4. Комплектация устройства подавления БПЛА «Терминатор 300-16x101»

После подключения и настройки устройства в заданном радиусе создаются помехи частот. Если летательный аппарат попадет в данную зону, то он также потеряет связь с управляющим и геолокацией. После этого БПЛА падает или медленно опускается на землю (рис. 5).

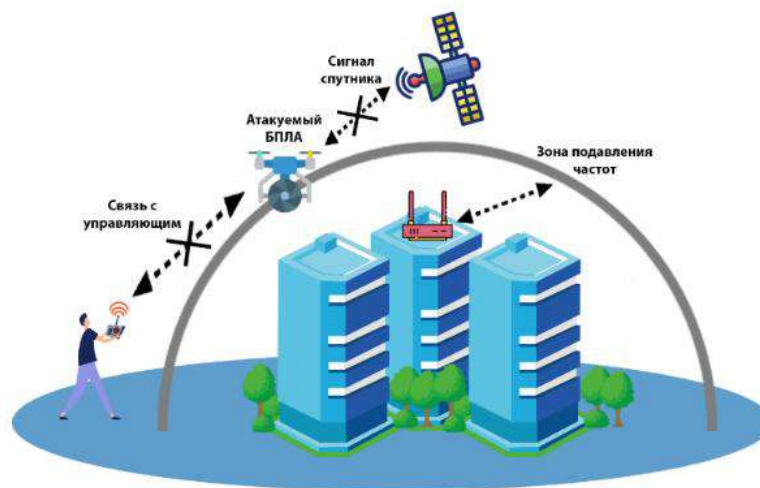


Рис. 5. Принцип работы устройств серии «Терминатор»

Такое устройство необходимо устанавливать внутри помещения, так как оно требует постоянного подключения к сети.

Преимуществом подобных устройств является возможность подавить частоты в конкретной локальной зоне. Также они не требуют непосредственного участия человека.

Недостатками могут являться небольшая дальность подавления и создание помех для сетей и городских систем оповещения близлежащих домов.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что портативное устройство может использоваться как в полевых условиях, так и в населенных пунктах. Стационарные решения лучше подходят для локальных зон, где зачастую не требуется сотовая связь и активный выход в сеть Интернет. Портативное устройство действует направленным методом и зачастую не вызывает лишних помех у других устройств. Особенно это актуально для городских систем оповещения населения, которые могут работать на частотах «Си-Би», FM-радио, LPD и PMR[1].

Поэтому для разработки нового устройства подавления БПЛА необходимо, чтобы оно не воздействовало на городские системы оповещения и имело возможность без участия человека наводиться на летательный аппарат. Также оптимальное количество каналов подавления должно составлять не менее 6, а дальность подавления – от 500 м и более.

Библиографический список

1. Диапазоны частот гражданской радиосвязи: официальный сайт – URL: <https://www.realradio.su/content/stati-i-obzory/diapazon-y-radiochastot-grazhdansko-y-radiosvyazi/> (дата обращения: 20.10.2024).
2. Какие существуют дроны и на каких частотах они работают: сайт – URL: <https://podavitel.ru/na-kakikh-chastotakh-rabotayut-kvadrokoptyery-i-drony.html> (дата обращения: 15.10.2024).
3. Подавители дронов: сайт – URL: <https://djistor.ru/catalog/Podaviteli-dronov> (дата обращения: 15.10.2024).
4. Радиочастоты: сайт – URL: <https://radio23.ru/radiochastoty/> (дата обращения: 20.10.2024).

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИУСАДЕБНОГО УЧАСТКА

Г.А. Гуськов¹, А.Н. Вальков²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹студент, ²студент;

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

e-mail: grigu001@mail.ru, valckov.andrej2017@yandex.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., zhidkova-arz@yandex.ru

Статья посвящена разработке системы мониторинга климатических параметров, для применения на дачных участках и в небольших теплицах. Разрабатываемая система позволит контролировать основные климатические параметры, такие как температура и влажность воздуха, влажность почвы, обеспечивая оптимальные условия для выращивания растений. Предполагаемая область применения разрабатываемой системы – небольшие частные хозяйства, приусадебные, дачные участки. Система проста в установке и эксплуатации, не требует специальных навыков в обслуживании и представляет собой альтернативу дорогостоящим промышленным решениям, которые обычно ориентированы на крупные теплицы и агропромышленные хозяйства.

Ключевые слова: система мониторинга, климатические параметры, приусадебный участок.

В настоящее время наблюдается интерес к современным технологиям в сельском хозяйстве и садоводстве. Эти технологии помогают управлять климатическими условиями и ресурсами более эффективно, что особенно актуально в условиях растущей нагрузки на экосистемы и ограниченных водных и энергетических ресурсов. В то время как крупные агропромышленные комплексы уже активно используют высокотехнологичные системы мониторинга для обеспечения оптимального роста растений, мелкие хозяйства и частные дачные участки зачастую остаются вне этих процессов. Готовые промышленные решения, ориентированные на профессиональное использование в крупных теплицах, обычно имеют высокую стоимость и сложны в эксплуатации, что делает их недоступными для владельцев небольших садовых и тепличных хозяйств.

Проектируемая система мониторинга параметров предназначена для непрерывного дистанционного наблюдения за климатическими условиями на участке, что особенно полезно для владельцев дач и садов, которые не могут находиться там постоянно. Благодаря возможности удаленного контроля и передачи данных в реальном времени пользователи системы могут отслеживать параметры воздуха и почвы и оперативно реагировать на изменения микроклимата, создавая оптимальные условия для роста растений.

Функциональная схема разрабатываемой системы представлена на рис.1.

Система состоит из измерительных модулей, каждый из которых снабжен радиопередатчиком и приемного устройства. Количество измерительных модулей и их функциональный состав могут варьироваться в зависимости от решаемых задач мониторинга.

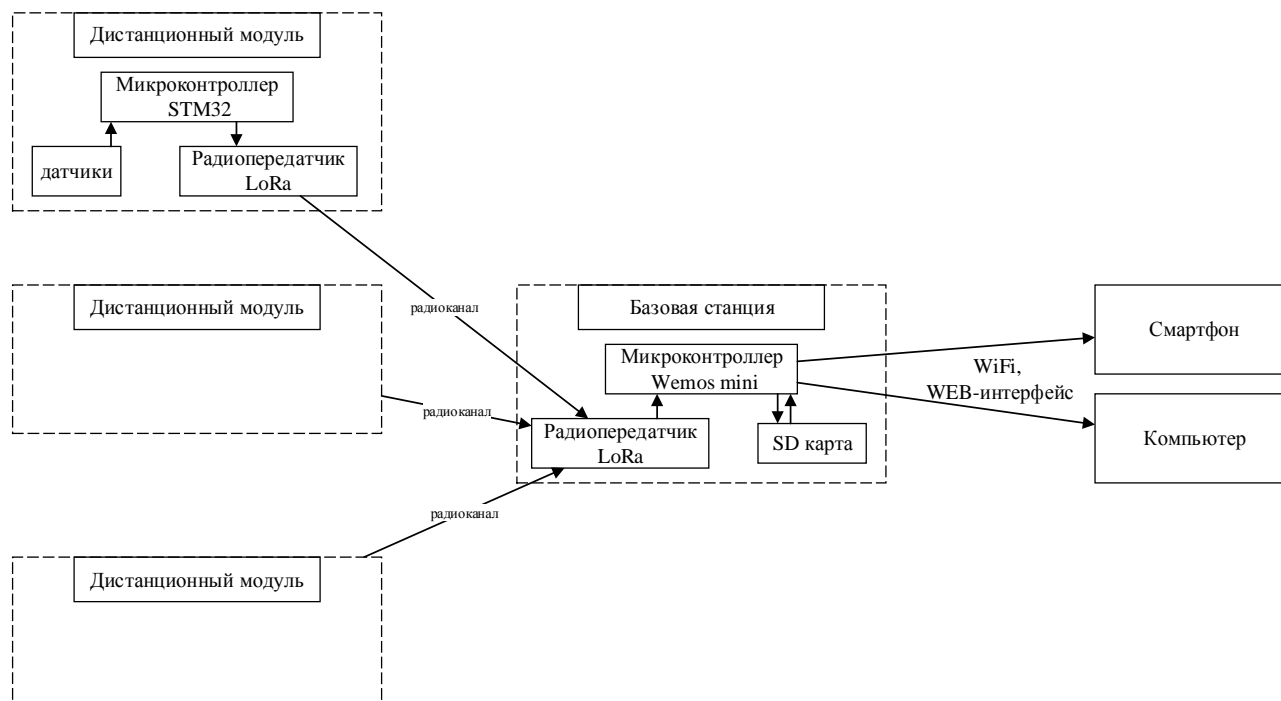


Рис. 1. Функциональная схема системы

В системе передача данных между измерительными блоками и приемным устройством осуществляется по радиосвязи с использованием модулей LoRa (Long Range). Микроконтроллер приемного устройства получает данные и записывает их на SD-карту. Он также оснащен антенной WiFi, что позволяет создать WEB-интерфейс для удобного просмотра сохраненных данных на смартфоне или ПК.

Дистанционный измерительный модуль предназначен для измерения климатических параметров (температуры и влажности воздуха, влажности почвы и других) в конкретной точке приусадебного участка (например, в парнике, теплице или в открытом грунте).

Функциональная схема модуля представлена на рис.2. На рис. 2. отмечены следующие функциональные блоки: 1 – радиомодуль LoRa, 2 – микроконтроллер STM32, 3 – солнечная батарея, 4 – плата защиты и зарядки аккумулятора, 5 – аккумулятор, 6 – датчик температуры и влажности воздуха, 7 – датчик влажности почвы.

Модуль включает в себя датчики измеряемых величин, микроконтроллер для обработки показаний датчиков и подготовки данных к отправке, радиомодуль LoRa для передачи информации на базовую станцию. Питание элементов модуля обеспечивается от аккумуляторных батарей. Кроме того, модуль допол-

нительно снабжен солнечными батареями для подзарядки аккумуляторов и увеличения времени работы.

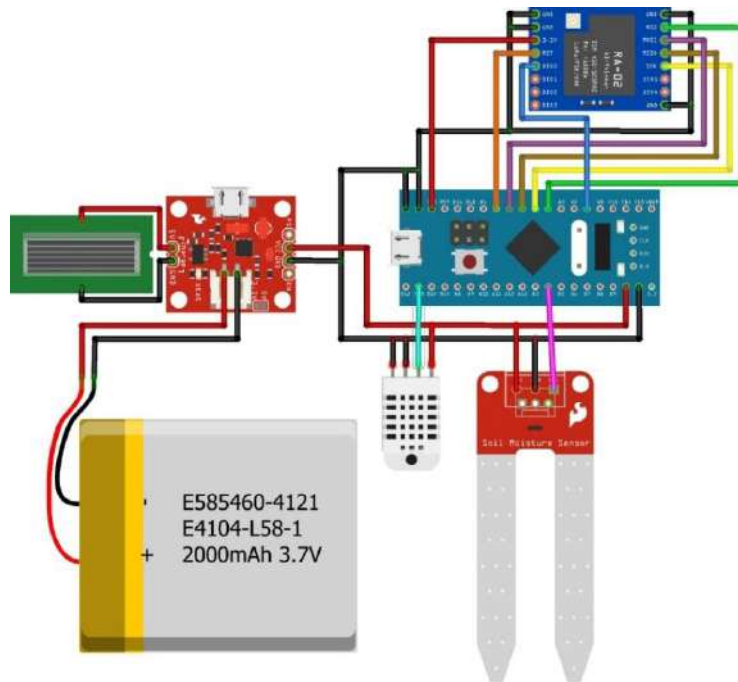


Рис. 2. Схема дистанционного модуля

Приемное устройство, или базовая станция, предназначено для приема и сохранения информации, переданной дистанционными модулями [1].
Функциональная схема базовой станции представлена на рис.3.

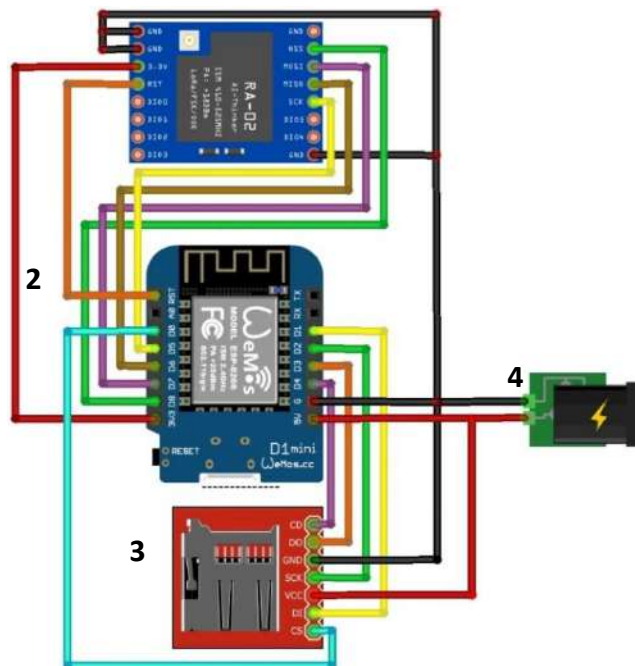


Рис. 3. Схема приемного устройства

На рис. 3. отмечены следующие элементы: 1 – радиомодуль LoRa, 2 – микроконтроллер Wemos mini, 3 – модуль SD-карты, 4 – гнездо питания.

Устройство состоит из SD-карты, радиомодуля LoRa для приема информации от дистанционных модулей, микроконтроллера для обработки принятых данных и сохранения их на SD-карту. Также микроконтроллер Wemos mini позволяет сделать удобный просмотр данных через WEB-интерфейс.

Для формирования системы мониторинга климатических параметров приусадебного участка потребуются приведенные ниже компоненты в составе дистанционного модуля и базовой станции [2].

Дистанционный модуль включает:

- аккумулятор;
- плату защиты и зарядки аккумулятора;
- аккумуляторные отсеки;
- микроконтроллер STM32;
- датчик температуры и влажности воздуха;
- датчик влажности почвы;
- солнечную батарею;
- радиопередатчик LoRa.

Базовая станция состоит из:

- микроконтроллера Wemos mini;
- радиопередатчика LoRa;
- модуля SD-карты.

Проектируемый прибор для мониторинга состояния воздуха и почвы ориентирован на точный сбор данных о ключевых экологических параметрах. Эта система содержит модули, которые измеряют температуру, влажность воздуха и почвы, помогая комплексно отслеживать микроклимат. Благодаря возможности перепрограммировать управляющий код, система позволяет гибко настраивать параметры мониторинга, включая частоту замеров и пороговые значения для сигналов оповещения.

Конструкция устройства учитывает современные технологии создания и использования микроконтроллеров и возможности беспроводной связи, что позволяет спроектировать автономные малогабаритные решения. Микроконтроллер, датчики и модули для передачи данных в составе системы обеспечивают бесперебойный сбор, обработку и отправку информации с удаленных участков.

В перспективе систему планируется доработать, добавив функции автоматического управления микроклиматом, что позволит ей самостоятельно поддерживать оптимальные условия на участке. Например, данные с датчиков могут использоваться для автоматического запуска полива или регулировки температуры. Кроме того, предполагается интеграция системы с мобильным приложением, что даст возможность пользователям дистанционного управления настройками мониторинга и получения актуальной информации по климатическим параметрам приусадебного участка через смартфон.

Библиографический список

1. Баранова, А.В. Электроника: учебное пособие / Баранова А.В., Обухов В.И., Ямпурин Н.П. – М.: Академия, 2011. – 240 с.
2. Сайт компании STMicroelectronics. Микроконтроллер STM32 [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors.html>. - (дата обращения: 21.10.2024).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСНОГО БАКТЕРИЦИДНОГО РЕЦИРКУЛЯТОРА

*М.А. Дудоров*¹

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,¹ магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
e-mail: dudurov.maks@mail.ru

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Научный руководитель: Н.П. Ямпурин, профессор, д.т.н каф.КиТ РЭС

В статье рассматриваются проблемы создания компактных и автономных бактерицидных рециркуляторов воздуха. Их возможно использовать как в закрытых помещениях, так и на открытом воздухе, в том числе в общественном транспорте. Также допускается их использование в присутствии людей и животных без нанесения вреда их здоровью.

Ключевые слова: рециркуляторы, радиокомпоненты, непрерывно-дискретное цифровое устройство

До 2020 г. рециркуляторы в основном использовались только в помещениях, в которых наблюдался повышенный риск распространения возбудителей инфекционных заболеваний, а также в лечебно-профилактических учреждениях [1]. Учитывая последствия недавно прошедшей пандемии коронавируса, и в целях предотвращения заражения общества в таких глобальных масштабах, как при COVID, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека выпустила указ от 21 апреля 2020 г. № 02/7495-2020-32 (далее по тексту – Указ). Пунктом 2.8 данного Указа регламентируется обязательная установка бактерицидных рециркуляторов воздуха в местах массового скопления людей для поддержания необходимого уровня микробной обсемененности воздуха, что особенно актуально в случаях высокой степени риска распространения заболеваний, передающихся воздушно-капельным путём.

В связи с тем, что существующие модели рециркуляторов не предусмотрены для установки в закрытых помещениях, а также в общественном транспорте, в том числе в такси, из-за их стационарности, проблема разработки универсальных для размещения рециркуляторов приобретала всё большую актуальность [2].

В сложившихся условиях разработка портативного бактерицидного рециркулятора воздуха, более пригодного для использования, в виду уменьшения его размеров и массы, с рациональным потреблением мощности, позволит не только обеспечить выполнение требований Указа, но и сделать доступнее для людей возможность обезопасить себя в период роста заболеваемости вирусными инфекциями.

В период пандемии регистрировались патентные изобретения (RU125471U1, от 10.03.2013 г., RU 203330 U1, от 31.03.2021 г., RU2759169C от 06.08.2021 г.), по результатам анализа которых, а также с учётом исследования специальной литературы [1,4,5,6], определён ряд существенных несовершенств. Например, существующие рециркуляторы:

- могут оказывать вредное воздействие прямым ультрафиолетовым излучением, что может привести к ожогам разной степени глаз и кожи, спровоцировать преждевременное старение кожи и вызвать рак кожи;
- не предусмотрены для работы в присутствии живых существ;
- не имеют системы дистанционного управления работой;
- имеют массу более 3 кг и габариты, не позволяющие устанавливать их в общественном транспорте;
- являются стационарными устройствами, которые питаются от бытовой сети 220 В 50Гц;
- имеют пластиковый корпус, что не обеспечивает антивандальную защиту;
- не имеют защитную функцию отключения на случай возникновения неисправности [3].

Проектируемый рециркулятор оснащён системой управления, он способен осуществлять цифровую обработку сигналов, иметь модуль памяти, аппаратные и программные интерфейсы и программный код, что позволяет позиционировать его как непрерывно-дискретное цифровое устройство. Прибор использует различные виды сигналов, получаемых в результате аналого-цифрового преобразования, непрерывного по времени амплитуды сигнала, что обеспечивает надёжное хранение информации и высокую степень помехоустойчивости (цифровые системы не восприимчивы к шуму и помехам).

Структурная электрическая схема разрабатываемого переносного рециркулятора представлена на рис. 1.

Назначение значимых компонентов, содержащихся в предлагаемой модели рециркулятора, заключается в следующем:

- цифровое табло отображает время работы лампы;
- трансформатор повышает напряжение для питания лампы;
- блок датчиков обеспечивает контроль освещенности.

Устройство планируется к реализации на базе микроконтроллера (МК), предназначенного для выполнения следующих основных функций:

- проведение постоянного мониторинга датчиков освещения;
- обеспечение точного отсчёта (фиксации) времени;
- генерирование ШИМ сигнала;
- вывод контрольной информации на цифровое табло.

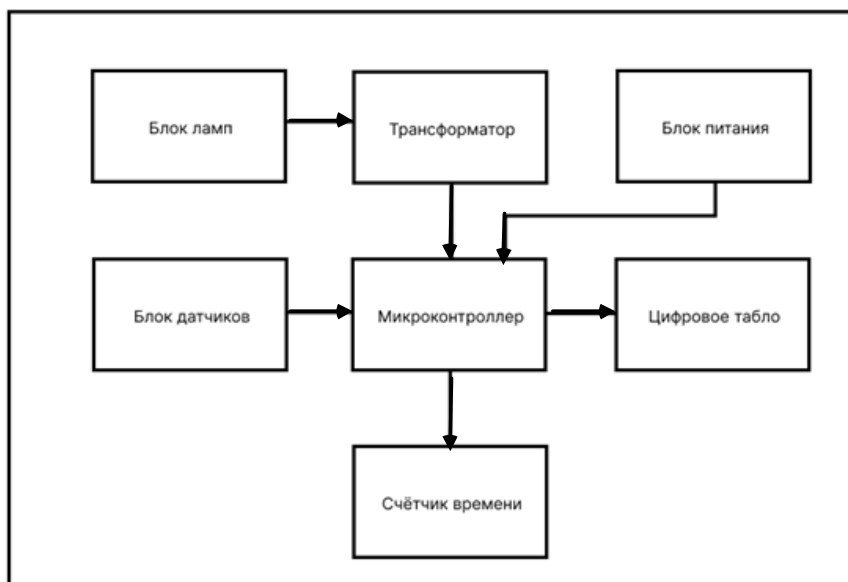


Рис. 1. Структурная схема рециркулятора

Функциональная схема цифрового контура управления на МК представлена на рис.2.

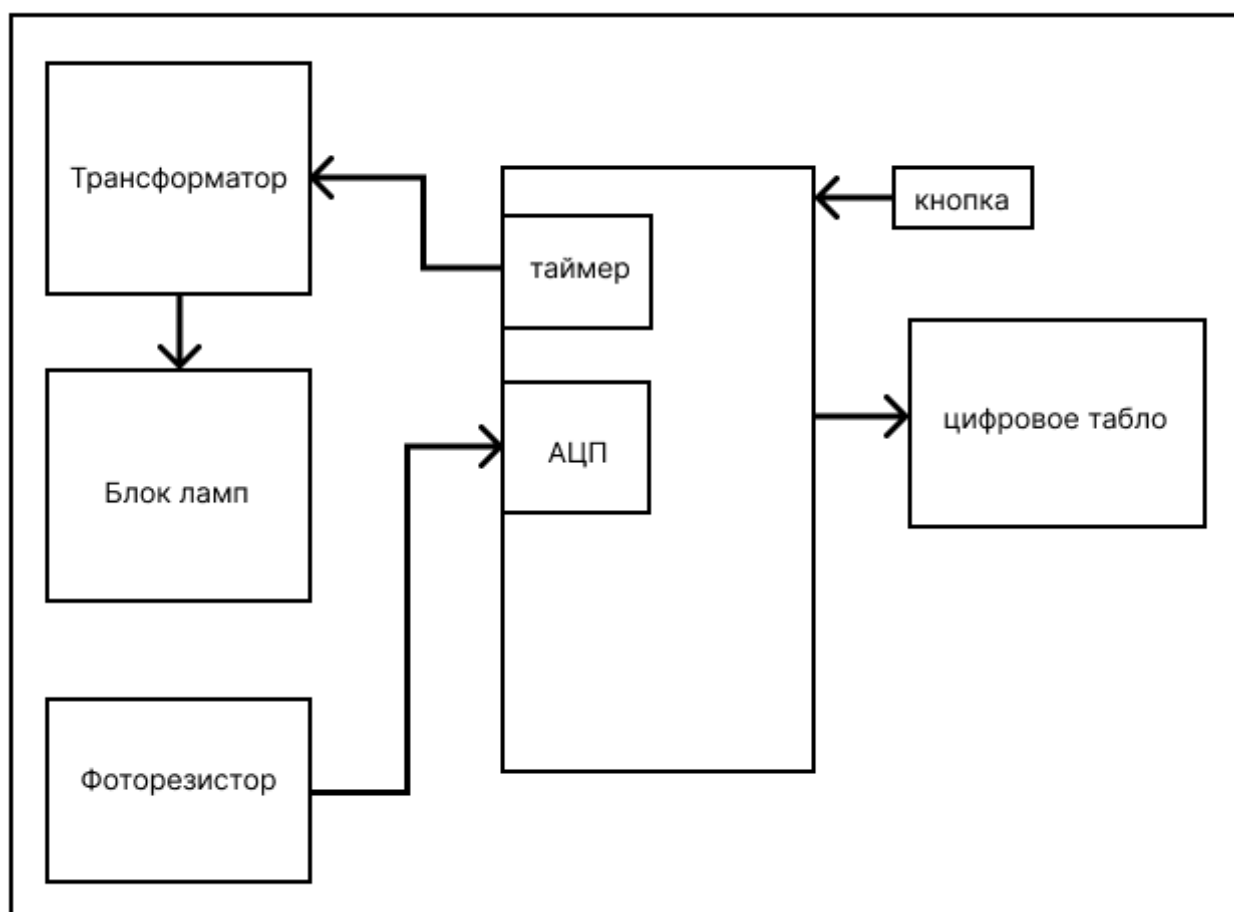


Рис. 2. Функциональная схема предлагаемого рециркулятора

Существующие открытые лампы для обеззараживания воздуха ультрафиолетовым излучением в помещении, используемые в рециркуляторах, не предполагаются для использования в присутствии людей.

В проектируемом рециркуляторе предложены для использования закрытые лампы. Они безопасны для человека и животных. И рециркулятор с закрытыми лампами позволит людям при необходимости находиться в обеззараживаемом помещении. Такие устройства имеют минимальный уровень шума в процессе эксплуатации и для бесперебойной работы требуют лишь своевременной (ежегодной) замены УФ-лампы.

Генерация ШИМ сигнала с частотами 52 кГц и 32 кГц позволяет управлять яркостью света УФ-ламп, поддерживать на заданном уровне выходные параметры и при необходимости регулировать их. Такое регулирование позволит снизить потери мощности на переключение в электронных ключах, благодаря чему КПД системы регулирования получается очень высоким.

Реализация алгоритма экстренного отключения питания лампы и реализация алгоритма сброса счётчика наработки лампы по нажатию кнопки позволят контролировать процесс наработки УФ лампы на отказ, чем повысит надежность работы устройства.

Библиографический список

1. Руководство Р 3.5.1904—04. Использование у-ф бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях: дата введения 04-03-2004 / Министерство здравоохранения Российской Федерации
2. Солимов, Н. Устройство защитное на мк Attiny2313/ Н. Салимов - Радио, №4, 2011. - С. 36-38.
3. Леухин, В. Н. Основы конструирования и технологии производства РЭС: Учебное пособие / Под ред. В. Н. Леухина. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006.-344 с.
4. Официальный сайт ПАО «Завод им. Г.И. Петровского» [Электронный ресурс]. - URL: https://www.petrovsky.nnov.ru/catalogritsidnyiy_avtomobilnyiy_rvb_m.html- (дата обращения: 21.10.2024).
5. Сайт медицинского оборудования Armed [Электронный ресурс]. - URL: <https://armed.ru/product/recirkulator-2-115-mt-metall-s-tajmerom-armed/> - (дата обращения: 21.10.2024).
6. Бактерицидный облучатель [Электронный ресурс]. - URL: <https://foodandhealth.ru/medodezhda-i-pribory/baktericidniy-obluchatel/>- (дата обращения: 21.10.2024).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ АВИАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

И.И. Клоков¹, А.Ю. Раков²

¹АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»
инженер 3 кат.;

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Кирова, д.26
e-mail: klokoff.ilya@mail.ru

²Саратовское высшее артиллерийское командное училище,
преподаватель;

Россия, Саратовская обл., г. Саратов
Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор, ki-
tres@apingu.edu.ru

Рассматривается техническая сторона разработки авиационных информационно-измерительных систем и их электромагнитная совместимость (ЭМС): сформулирован ряд проблемных вопросов, предложены теоретические и практические подходы к обеспечению ЭМС в соответствии с заданными требованиями.

Ключевые слова: авионика, информационно-измерительная система, электромагнитное поле, электромагнитная совместимость, моделирование, ЭМП-фильтр, TVS-диод.

Тенденция развития авионики пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов (ЛА) в последние годы сложилась таким образом, что в составе пилотажно-навигационных комплексов сведено к минимуму применение электромеханических приборов. Это связано с их массогабаритными характеристиками, трудоемкостью изготовления и ограниченностью взаимодействия со смежными системами.

Им на смену пришли современные интеллектуальные информационно-измерительные системы различных физических принципов действия, которые строятся с применением модульного подхода конструирования электроники на основе высокопроизводительных микроконтроллеров и обладают возможностью информационного обмена с различными измерительными и управляющими системами ЛА по различным цифровым интерфейсам передачи данных. Достоинства таких систем по сравнению с электромеханическими очевидны: уменьшение массы и габаритов за счет компактной компоновки электронных модулей и применения электронных компонентов поверхностного монтажа и бескорпусных элементов, расширение функциональных возможностей, эргономичность и т.д.

В то же время, указанные системы в значительно большей степени подвержены целому ряду внешних воздействий, и, в первую очередь, электромагнитного поля (ЭМП), а также сами генерируют помехи, способные негативно влиять на работу других приборов и систем ЛА.

ЭМП представляет собой совокупность электрического (создаваемого электрически заряженными частицами) и магнитного (образующегося при движении электрических зарядов по проводнику) полей, способных, при определенных условиях, порождать друг друга [5]. Известен целый ряд случаев негативного влияния как по восприимчивости, так и по излучению ЭМП различными авиационными системами.

Однако тенденции развития авиационных систем складываются таким образом, что уровень интеграции и миниатюризации электроники будет только расти, а отечественный истребитель шестого поколения вообще планируется оснастить «электромагнитной» пушкой [1]. Очевидно, что у противников нашей страны аналогичные технологии также развиваются. Поэтому разработчикам авиационных информационно-измерительных систем придется решать вопросы [8], перечисленные далее.

1. Обеспечение стабильных величин токов и напряжений, необходимых для исправной работы микроконтроллеров в составе информационно-измерительных систем, вне зависимости от номинально действующих в самолётных цепях в конкретный момент времени.

2. Размещение мощных источников и потребителей электрической энергии в малых объемах (увеличение плотности размещения электронных компонентов в составе печатных плат и модулей электроники);

3. Жесткие требования по ограничению массы электромагнитных экранов и защитных устройств, ограничивающих уровень электромагнитных наводок в бортовых электрических цепях.

4. Разработка схемотехнических решений, позволяющих фильтровать и подавлять помехи по проводам входного электропитания в целях обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) на борту ЛА.

Разработка авиационной техники, устойчивой к воздействию ЭМС, позволит обеспечить безопасность граждан и грузов при её внедрении в объекты гражданской авиации, а также будет способствовать повышению обороноспособности нашей страны при её применении в ЛА военного назначения.

Для систем военного назначения уровни восприимчивости к ЭМП и методы их контроля регламентируются ГОСТ РВ 6601-001-2008, уровни создаваемых (генерируемых) системой ЭМП – ГОСТ РВ 6601-002-2008.

Для гражданской авиации руководящим документом при проведении испытаний являются Квалификационные требования КТ-160G/14G. Наиболее критическими испытаниями для изделий, устанавливаемых внутри фюзеляжа ЛА, является восприимчивость к помехам звуковых частот по проводам питания (раздел 18.0), к помехам индукции (раздел 19.0), радиочастотным помехам (раздел 20.0), восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией (раздел 22.0), а также генерация радиочастотной энергии (раздел 21.0).

Чтобы определить устойчивость системы к воздействию ЭМП, существует два подхода: натурное моделирование (испытания опытного образца в лабораторных условиях, максимально приближенных к реальным) и математическое моделирование (исследование электронной модели модуля электроники или всей системы целиком в специальной программной среде).

Сегодня на рынке представлены следующие программные инструменты отечественной разработки: *TALGAT* (г. Томск, ТУСУР) [14], *Engee* (КПМ «Ритм», участник проекта «Сколково») [13], АСОНИКА-ЭМС (г. Ковров, НИИ «Асоника») [11], *EMC Planner* (г. Новосибирск, ООО «ЦТТ») [12]. Большую популярность во всем мире приобрел программный продукт *CSTStudioSuite* французской компании «*Dassault Systemes*», охватывающий широкий спектр задач электродинамики, вплоть до расчета заряженных частиц [4].

Несомненными достоинствами математического моделирования являются сокращение материальных и временных затрат на проведение испытаний, а также небольшое число вовлеченных в процесс специалистов (вплоть до одного человека). Однако использование такого подхода требует тщательной проработки требований технического задания и «тонкой» настройки выбранного программного инструмента. Зато грамотно проведенные расчеты позволят сократить ошибки на стадии производства, которые часто оборачиваются необходимостью полной переработки конструкции уже изготавливаемого изделия [10, 11].

В свою очередь, главным достоинством натурального моделирования является достоверность полученных результатов испытаний. Благоразумно проведение как минимум одного полного цикла испытаний, ведь даже при строгом соблюдении всех правил разработки, вероятность соответствия изделия требованиям по ЭМС составляет не более 80 % [10]. К тому же, для получения сертификата годности комплектующего изделия, необходимо проводить натурные испытания на базе лабораторий, аккредитованных Росавиацией (для гражданской авиации) или соответствующими службами ВП МО РФ (для военной продукции).

Испытания системы на восприимчивость и генерацию ЭМП требуют применения специализированного оборудования – источники питания, эквиваленты сети, генераторы частот, вольтметры, осциллографы, усилители мощности и т. д. Для некоторых испытаний необходимо наличие реверберационной камеры – это экранированное помещение, внутри которого размещены передающая антенна, измерительный датчик и тюнер (устройство, рассеивающее электромагнитные волны). Принцип работы камеры основан на многократных отражениях падающей электромагнитной волны, генерирующей высокую напряженность поля за счет усиливающей интерференции (эффект резонанса), в результате чего образуются стоячие волны, которые «перемешиваются» тюнером с целью получения однородного ЭМП по всему объему камеры.

Для успешного прохождения испытания на генерацию кондуктивных радиочастотных помех в линиях электропитания и соединительных кабелях (раздел 21.4 КТ-160G/14G), помехи в диапазоне от 150 кГц до 152 МГц не должны превышать величин, установленных для выбранной категории оборудования. Категория устанавливается в зависимости от местоположения и расстояния между изделием и бортовыми антеннами. Суть испытания заключается в определении предельного уровня генерируемых помех изделием, во избежание негативного влияния на бортовые приемники на их рабочих частотах. Для решения данной задачи предложено включить в электрическую схему на вход линий электропитания два последовательно включенных фильтра, каждый из которых состоит из магнитосвязанного двухобмоточного дросселя и специальных помехоподавляющих конденсаторов, способных выдерживать всплески напряжения до нескольких киловольт. Ближний к сети фильтр будет являться дифференциальным, а последующий синфазным, разница заключается лишь в расположении начала и конца обмоток. Токи дифференциальных помех протекают в фазе и нейтрали в разных направлениях, а токи синфазных помех – в одном направлении, замыкаясь через корпус или землю. В результате магнитные потоки в обоих дросселях, создаваемые двумя обмотками, складываются и индуктивность дросселей возрастает. Таким образом, получается пассивный ЭМП-фильтр дифференциальных и синфазных помех в требуемом диапазоне частот. Стоит принимать во внимание то, что ЭМП-фильтр будет выполнять свою функцию так, как рассчитано, если его выходной импеданс будет существенно меньше входного импеданса импульсного преобразователя напряжения (вторичного источника электропитания). Иначе это может значительно отразиться на характеристиках ЭМП-фильтра, подключенного ко входу преобразователя, что, в свою очередь также может повлиять на работу самого преобразователя [7].

Чтобы повысить эффективность, ЭМП-фильтр следует устанавливать в отдельном экранированном корпусе для минимизации излучаемых радиоволн. При этом необходимо располагать его максимально близко к входным клеммам источника питания (или контактам присоединительного разъема изделия), и реализовывать соединение (монтаж) проводом с максимально большим сечением жилы при минимальной длине [9].

Другой задачей, которую необходимо решить, является оценка системы по излучению радиочастотных помех в диапазоне от 100 до 6000 МГц (раздел 21.5 КТ-160G/14G). Вопрос заключается в должном экранировании частей наружной оболочки (например, корпуса, основания и крышки) и их взаимного соединения, таким образом, чтобы создавалось перекрытие, препятствующее прохождению волны в отверстиях и щелях. В лабораторных условиях, с целью сокращения времени, стоимости испытаний и уменьшения доработок изделия в будущем, предлагается до начала натурных испытаний использовать недорогой

компактный анализатор спектра, например *tiny SA ULTRA* (Китай) (рис. 1), который может регистрировать сигналы в диапазоне частот от 0,1 МГц до 6 ГГц.

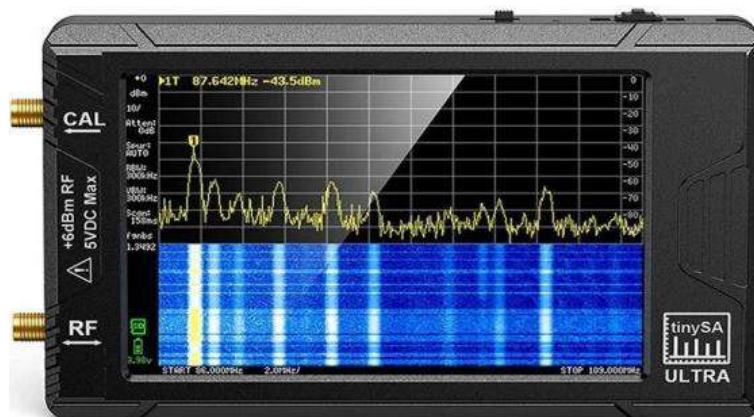


Рис. 1. Анализатор спектра *tiny SA ULTRA*

Одним из самых опасных внешних факторов является воздействие молнии. Для рассматриваемых информационно-измерительных систем чаще всего применимо испытание на восприимчивость к переходным процессам, вызванным молнией (раздел 22.0 КТ-160G/14G) из-за их зонального расположения в ЛА (например, в фюзеляже), вместо испытания на прямое воздействие молнии (раздел 23.0 КТ-160G/14G). Известно, что удары молнии отличаются высокой скоростью нарастания тока, поэтому их воздействие даже на удалении создает магнитное поле, генерирующее импульсы опасной величины в окружающих проводниках. Для защиты технических средств от воздействия кратковременных всплесков напряжения применяются устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). К ним относят различные разрядники, оксидно-цинковые резисторы (варисторы) и полупроводниковые ограничители напряжения [3]. Физический принцип работы УЗИП заключается в отводе наведенной энергии в землю, не допуская больших перенапряжений. Широкое применение получили полупроводниковые ограничители напряжения – супрессоры, также называемые TVS-диоды (*Transient Voltage Supression*) и сборки на их основе. Их используют в цепях с наиболее чувствительными электронными компонентами (например, микроконтроллерами).

Схематично принцип работы TVS-диода (рис. 2). В нормальных условиях TVS-диод не оказывает влияния на работу схемы и представляет собой разомкнутую цепь. При возникновении импульсных перенапряжений, напряжение понижается до нормального уровня, а ток опасной величины протекает через TVS-диод на землю [6].

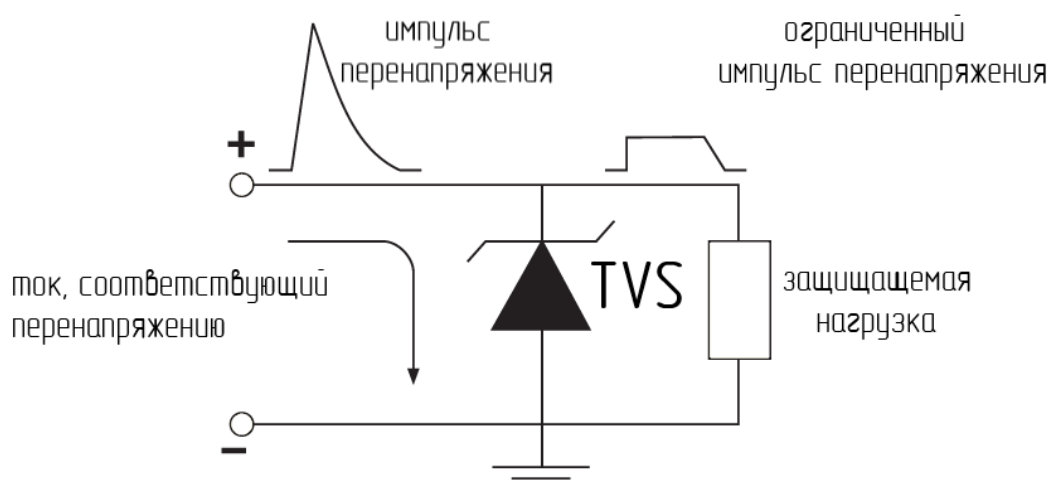


Рис. 2. Принцип работы TVS-диода

Существуют TVS-диоды различных серий, отличающиеся основными характеристиками в зависимости от цели их использования. В цепях, защищаемых от воздействия молнии, рекомендуется применять TVS-диоды специальных серий, способные поглощать импульсы перенапряжения мощностью до 2500 Вт, и имеющие минимальную разницу между рабочим напряжением и напряжением ограничения, а также обладающие низким собственным током утечки (от 0,1 мкА) [2].

Разработка авиационных информационно-измерительных систем устойчивых к воздействию ЭМП – это сложный и трудоемкий процесс, требующий применения комплексного подхода проектирования. Основными начальными этапами, которые могут найти применение в большинстве вновь разрабатываемых систем как гражданского, так и военного назначения ввиду своей эффективности и минимизации затрачиваемого времени, можно назвать следующие:

- оценка генерируемых помех с помощью специальных программных инструментов (на этапе моделирования) или с помощью «карманного» анализатора спектра (на этапе отработки макета или опытного образца) и, при необходимости, доработка внешней оболочки системы, которая обеспечивает должное экранирование сочленяемых элементов;
- разработка и реализация в конструкции изделия ЭМП-фильтра (целесообразнее проводить разработку собственного фильтра под конструктивные особенности корпуса конкретного изделия);
- проведение анализа рынка, выбора и внедрения в конструкцию изделия TVS-диодов, с учетом требований по мощности, габаритным размерам и удобству монтажа;
- проведение предварительной натурной отработки перед проведением официальных испытаний конструкции на базе испытательных лабораторий, аккредитованных Росавиацией.

Библиографический список

1. Атакует ЭМИ: на что будет способен самолет 6-го поколения с электромагнитной пушкой// Медиагруппа «Звезда»: официальный сайт. – 2016. – URL: <https://tvzvezda.ru/news/201607140758-9kgx.htm> (дата обращения: 26.10.2024).
2. Верхулевский, К. Защитные TVS-устройства компании Semtech: разнообразие выбора // Компоненты и технологии. – 2017. – №3. – С. 25-30.
3. Зоричев, А.Л. Особенности выборы, эксплуатации и контроля технического состояния устройств защиты от импульсных перенапряжений / А.Л. Зоричев // Элек.ру: официальный сайт. – 2007. – URL: <https://www.elec.ru/publications/promyshlennoe-oborudovanie/92/> (дата обращения: 26.10.2024).
4. Имитационное моделирование электромагнитной совместимости// DassaultSystemes: официальный сайт. – 2024. – URL: <https://www.3ds.com/ru/produkry-i-uslugi/simulia/produkty/ehlektromagnitnoe-modelirovanie/prilozhenija-dlja-ehms/> (дата обращения: 26.10.2024).
5. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы / Иродов И. Е. – 9-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 319 с.
6. Кадуков, А. TVS-диоды – полупроводниковые приборы для ограничения опасных перенапряжений электронных цепях // Компоненты и технологии. – 2001. – №1.
7. Крошин Е. ЭМП-фильтры и сглаживающие фильтры для импульсных преобразователей // Е. Крошин // Электронные компоненты. – 2018. – №1. – С. 84-87.
8. Петряков, Е.Ю. Актуальные проблемы обеспечения устойчивости критического бортового оборудования к ЭМИ на этапе ОКР // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 16. – 2014. – №1(5). – С. 1540-1544.
9. Рентюк, В. Фильтры электромагнитных помех компании Cosel: японское качество и надежность, проверенные временем. Часть 1. Зачем нужны фильтры ЭМП, почему лучше купить, а не делать самим, как их выбирать и у кого приобретать / В. Рентюк, Г. Штрапенин // Компоненты и технологии. – 2021. – №1. – С. 44-48.
10. Уильямс, Т. ЭМС для разработчиков продукции / Уильямс Т. – М.: Издательский дом «Технологии», 2003. – 540 с.
11. Шалумов, А.С. Электромагнитная совместимость РЭС (АСОНИКА-ЭМС). Расчет эффективности экранирования электрического и магнитного поля / А.С. Петряков, О.Е. Куликов // АСОНИКА: официальный сайт. – 2024. – URL: <https://asonika-online.ru/products/asonika-ems/> (дата обращения: 26.10.2024).

12. EMCPlanner 1.1. Расчет ЭМС РЭС в локальной группировке // Центр телекоммуникационных технологий: официальный сайт. – 2024. – URL: <https://www.ctt-group.ru/emc-planner> (дата обращения: 26.10.2024).

13. Engee: официальный сайт. – URL: <https://start.engee.com/> (дата обращения: 26.10.2024).

14. TALGAT: официальный сайт. – URL: <https://talgat.org/talgat-software/> (дата обращения: 26.10.2024).

РАЗРАБОТКА БЛОКА АВИАМОДЕЛЬНОГО ВЫСОТОМЕРА С ЦИФРОВЫМ ИНДИКАТОРОМ

М.Е. Костин

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
e-mail: kostinmihail537@gmail.com
Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., доцент,
e-mail: zhidkova-arz@yandex.ru

В статье рассмотрены основные моменты разработки авиамодельного высотомера с цифровым индикатором, описан принцип работы устройства, приведена электрическая функциональная и принципиальная схемы, 3D модель печатного узла.

Ключевые слова: высотомер, авиамодель, проектирование, печатный узел.

Высотомер позволяет измерить значение высоты, на котором находится авиамодель с помощью замера атмосферного давления, путем преобразования полученных данных в цифровые значения и выводом их на индикаторы.

Наибольшее применение в настоящее время нашли барометрические высотомеры, но и они имеют недостатки. Функциональные возможности ограничены измерением высоты в данный момент времени, а для фиксации результата измерения необходим оператор, который должен наблюдать за показаниями индикаторов в момент измерения. Этот факт значительно затрудняет использование подобного рода устройства на борту малоразмерных беспилотных летательных аппаратов.

Также существуют модели барометрических высотомеров, разработанные на основе микроконтроллера. В этих устройствах данные о высоте полета заносятся в память микроконтроллера автоматически, а после приземления модели полученную информацию обрабатывает компьютер. Но стоимость таких моделей в разы выше, и требует более сложного технического оснащения.

Следовательно, возникает необходимость разработки блока авиамодельного высотомера, удовлетворяющего техническим требованиям и заданным функциям.

Основные технические требования:

- мощность, потребляемая блоком, $P_n = 1$ Вт;
- максимальные габаритные размеры корпуса 0,134x0,134x0,056 м;
- масса не должна превышать 0,15 кг;
- максимальная температура окружающей среды $t_{cp.max} = 14$ °С;
- минимальное давление окружающей среды $H_{c.min} = 100$ мм рт. ст.

Так как устройство должно иметь небольшие габаритные размеры, небольшую массу, устойчивость к внешним факторам, низкую себестоимость, то необходим поиск новых конструкторских решений в области проектирования высотомеров, для этого следует решить такие задачи, как:

- разработка электрической функциональной и принципиальной схемы высотомера;
- подбор элементной базы отечественного производства;
- разработка печатного узла высотомера.

Аналогом устройства является высотомер, представленный в [1].

На основании анализа технических требований и аналога было разработано устройство, структурная схема которого представлена на рис.1.

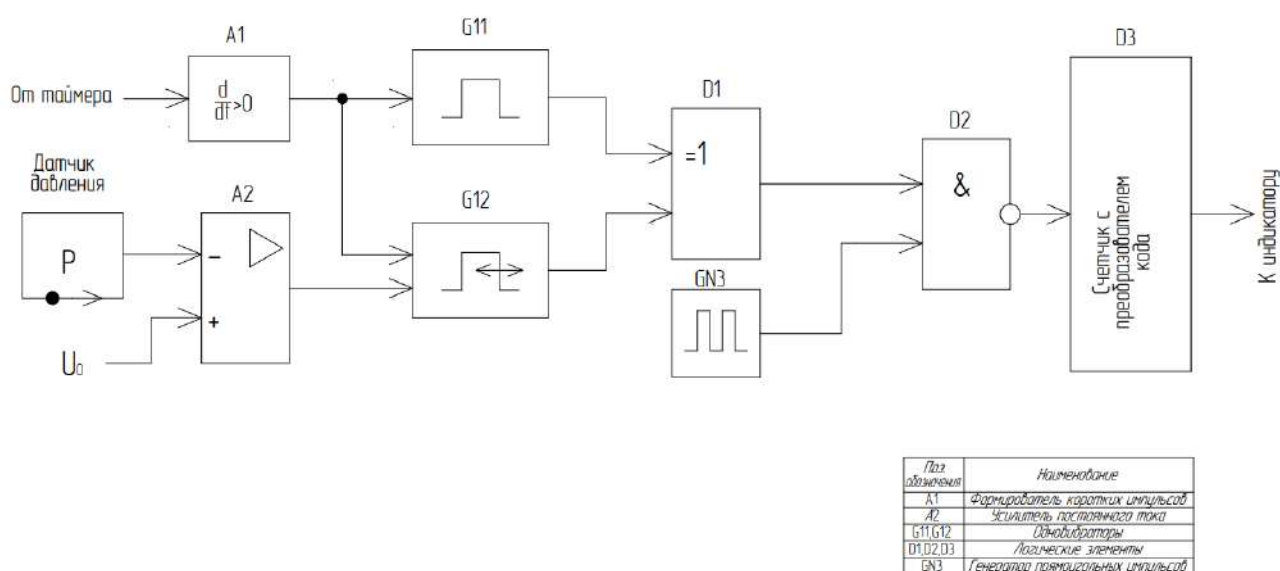


Рис. 1.Схема электрическая функциональная блока авиамодельного высотомера

Блок авиамодельного высотомера состоит из следующих функциональных блоков:

- формирователь коротких импульсов (A1);
- усилитель постоянного тока (A2);
- одновибраторы (G11, G12);
- генератор прямоугольных импульсов (GN3);
- логические элементы (D1, D2, D3);
- датчик давления (P).

Схема электрическая принципиальная представлена на рис.2.

Датчик абсолютного атмосферного давления В1 MPX4115А один из основных компонентов для работы устройства, включён по типовой схеме, пита-

ется напряжением +5 В.

Выходной сигнал датчика давления – напряжение, пропорциональное текущему атмосферному давлению на высоте подъёма модели. Оно поступает на вход УПТ А2.

Выходное напряжение УПТ приложено к управляющему входу одновибратора G12, от которого зависит длительность прямоугольного импульса. На выходе А1 формируется короткий импульс низкого логического уровня. Этот импульс запускает одновибраторы G11 и G12.

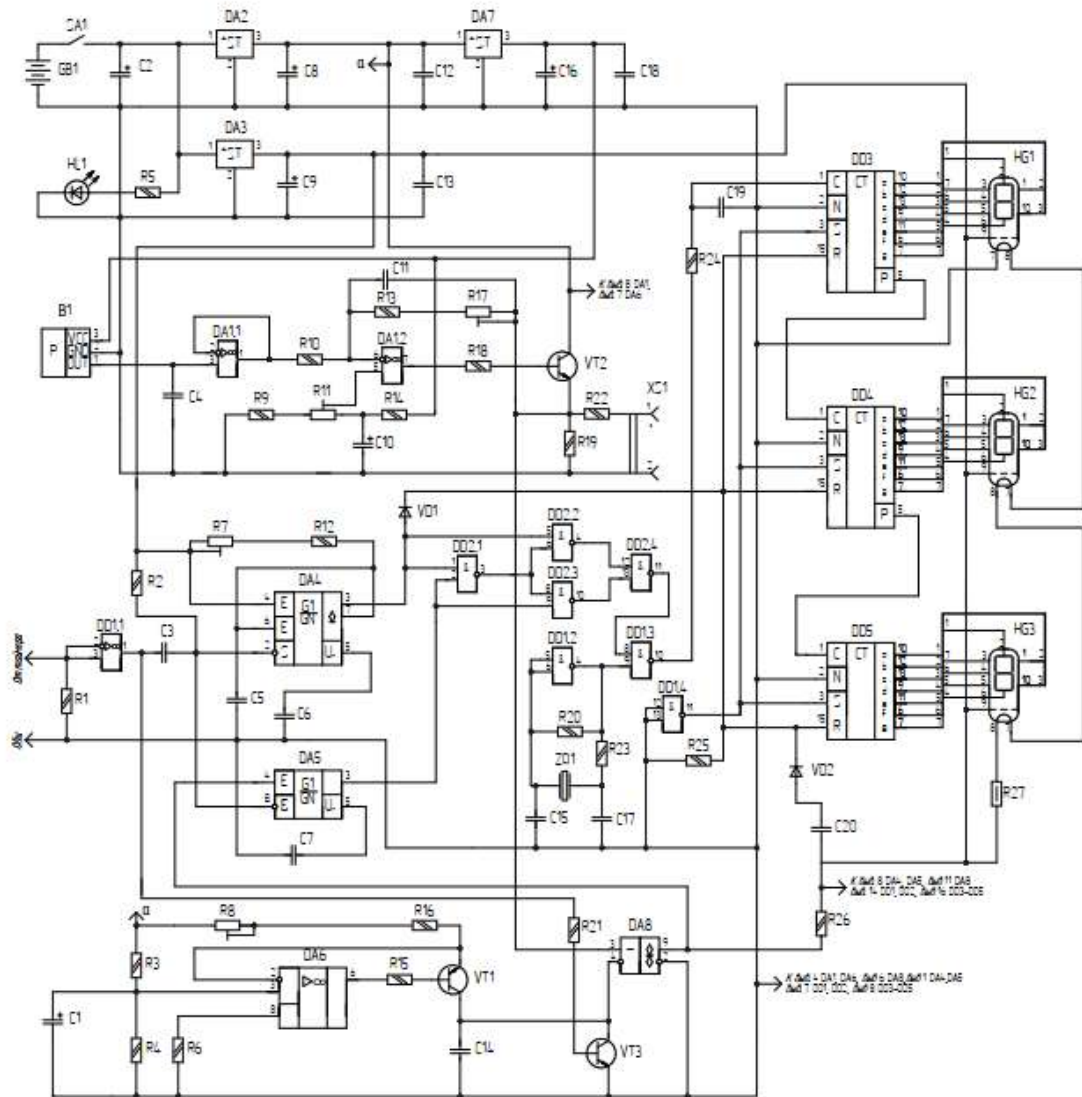


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная блока авиамодельного высотомера

Импульс с одновибраторов поступает на вход логического элемента D2, разрешая прохождение на вход счётчика прямоугольных импульсов, вырабатываемых генератором GN3.

Счётчик D3 преобразует это число в код, подаваемый на цифровой индикатор, который станет показывать высоту, достигнутую авиамodelью в момент срабатывания таймера.

Интегрирующая цепь R24C19 подавляет помехи на элементе D2, что способствует стабильной работе.

Интегральный стабилизатор напряжения DA2 со сглаживающими конденсаторами C8 и C12 обеспечивает питание УПТ напряжением +9 В.

Питание устройства осуществляется от сборки из трех аккумуляторов с суммарным напряжением 11,1В.

Индикатор высоты состоит из трёх вакуумных люминесцентных индикаторов ИВ-3А (HG1-HG3), достоинства которых – миниатюрность, экономичность и небольшая масса, а также возможность непосредственного подключения анодов-элементов к соответствующим выходам микросхем DD3-DD5 структуры КМОП.

На рис. 3 изображена 3D-модель печатного узла блока авиамodelьного высотомера [2].

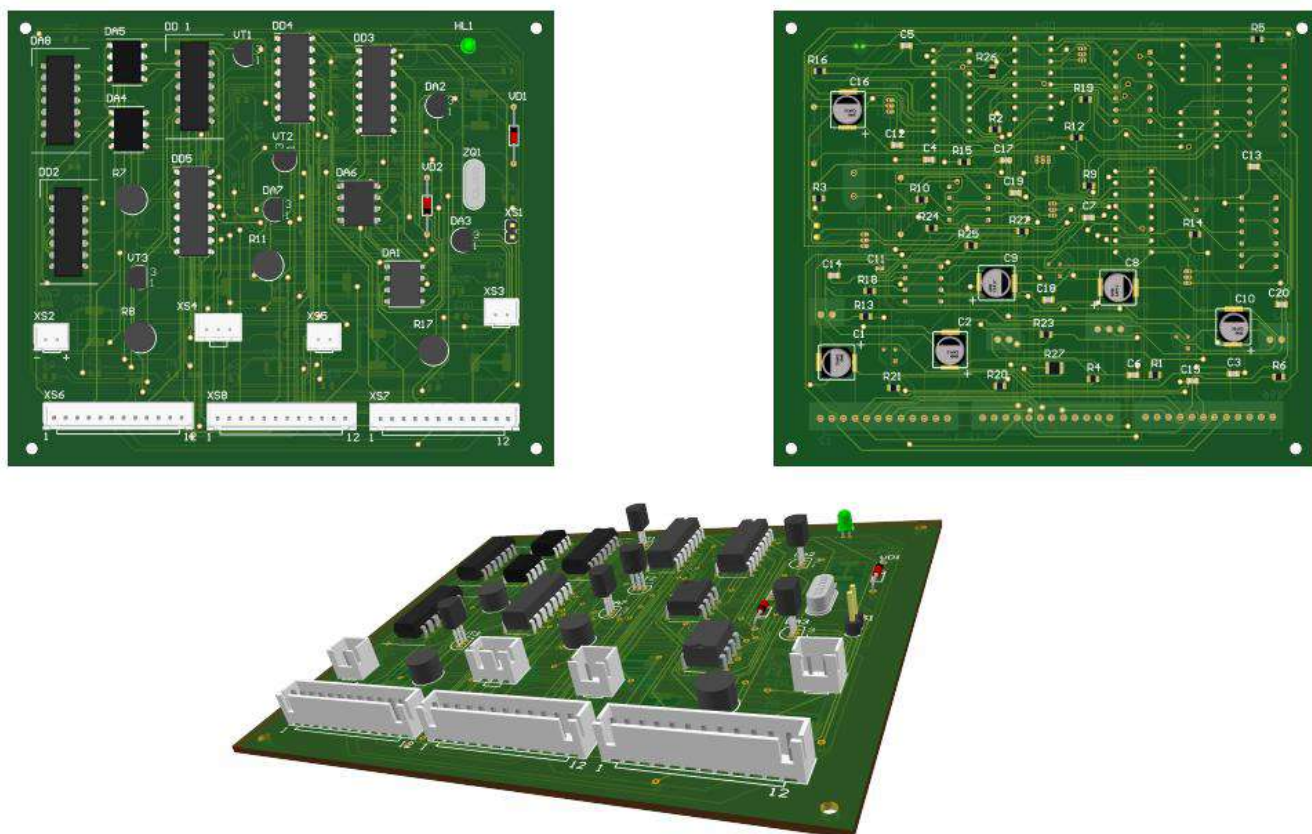


Рис. 3. 3D-модель печатного узла блока

Печатная плата – двусторонняя, материал фольгированный стеклотекстолит СТФ-2-35-1,5. Изготовлена базовым комбинированным позитивным методом. Класс точности 3. Примерная масса печатного узла составляет 65 г.

Преимуществами данного устройства являются небольшие размеры, высо-

кая надежность при простоте изготовления, низкая масса и доступность используемых материалов.

Библиографический список

1. Ильин, О. П. Авиамодельный высотомер с цифровым индикатором // Радио. - 2020. - № 6. - С. 38-40 : 2 схемы. - Библиогр. в сносках (3 назв.).
2. Борисов, В.Ф. Проектирование РЭС: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, М.Ф. Митюшин, А.Н. Шишков, Ю.В. Чайка. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008.- 96 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ДОВЕРЕННОЙ ЗАГРУЗКИ ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Е.М. Кужель

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
e-mail: kuzhelenok@mail.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В. к.т.н., доцент, zhidkova-arz@yandex.ru

В статье представлены варианты структурного построения средств загрузки программных модулей, на их основе предложено универсальное средство безопасной загрузки, обеспечивающее надежное функционирование автоматизированных систем управления.

Проанализирован рынок подобных устройств, приведена схема электрическая принципиальная, основой которой является микроконтроллер. Оценена перспектива развития проекта.

Ключевые слова: печатная плата, управление отопителем, система кондиционирования и вентиляции салона транспортного средства, микроконтроллер

Охрана сведений (ОС) является основополагающим элементом в современном мире, где технологии играют все большую роль. Целесообразно осознавать, что несанкционированная передача (НСП) интимных сведений (ИС) может привести как к трагедии отдельных лиц, так и сообщества людей, подразделений, предприятий среднего и малого бизнеса, государственных структур.

Поэтому ОС должна быть главной целью для всех, кто имеет дело с ИС. При НСП данных важно не только принимать меры по ОС, но и постоянно улучшать их качество, учитывая развитие новых технологий. Только так можно обеспечить безопасность ИС и всей информационной платформы.

В настоящее время для защиты информации применяются как программные, так и аппаратные средства.

Программные узлы (ПУ) ОС состоят из пакета прикладных продуктов (ППП) для идентификации получателей сведений, контроля санкционированного доступа и НСП, шифрования ИС, переноса остаточной ИС в виртуальную корзину и другие. ПУ для ОС имеют следующие приоритеты – эластичность, изворотливость, долговечность, несложность монтажа, возможность к изменению и росту, но качество защиты данных не всегда отвечает требованиям пользователей.

Ошибки в настройках ПУ в системе ОС19 июля 2024 г., запущенные нарушениями изменений ПУ в ИС, произведённых фирмой Crowd Strike, по оценкам предприятия Microsoft, коснулся 8 500 000 автоматизированных рабочих мест на базе электронно-вычислительных машин (АРМЭВМ). Многие из ПУ

были ИС, используемыми в ОС службах ППП. Среди затронутых производств оказались транспорт, кредитные организации, культурно-развлекательные телеканалы, структуры здравоохранения. Также пострадали структуры МЧС, правительственные структуры и подразделения служб, таких как номера скорой помощи и веб-сайты.

Аппаратные средства защиты обеспечивают санкционированный доступ к информации на критически важных объектах, среди которых особое место занимают государственная и банковская тайна, персональные данные.

Статус защиты этой информации определяется законами, нормативными актами РФ, а также рекомендациями ФСТЭК РФ, где определены правила выбора защиты аппаратных и программных средств.

Изучение предметной области, патентных изобретений и нормативных актов по защите информации РФ показало, что используемые методы защиты данных не обеспечивают фидуциарную загрузку условных машин в ирреальных средах.

Кроме того, реализация ОС в виде отдельного модуля на отдельной печатной плате позволяет отдать руководство другим периферийным устройствам (ПФУ) как на физическом уровне, так и на уровне ППП способами, минуя данное аппаратное устройство защиты при наличии доступа к аппаратной части информационной системы.

Особенностью проектируемого аппаратного программируемого модуля доверенной загрузки (АПМДЗ) виртуальной среды передачи данных является то, что он решает поставленные задачи:

1. На защищаемом АРМЭВМ:

- однозначное определение пользователя в системе, установка подлинности пользователя или устройства, которое пытается получить доступ к ресурсу или сервису при запуске на АРМ с использованием ЭВМ или ПФУ;
- фиксация случаев доступа к АРМ, ЭВМ или ПФУ в виртуальной книге событий;
- запрет на активации АРМ на ЭВМ при НСД;
- администрирование загрузкой ППП, модульная охрана от несанкционированной загрузки программной платформы с ПФУ-носителей;
- учет полноты загружаемой ППП и установленной на АРМЭВМ программной среды;
- непрерывно-волновая система предупреждения АПМДЗ и случаев посещения;
- администрирование запретов открытия оболочки АРМЭВМ.

2. При использовании дистанционного администрирования:

- осуществление дистанционного администрирования по локальной вычислительной сети (ЛВС) с АРМ или сервера, прием и передача с помощью шаблонов, которые определяют совокупность действий в системе пользователей;
- разделение и надзор доступа пользователей к ПФУ, АРМ с ЭВМ и техническим средствам информатизации (ТСИ) ЛВС и их аппаратным ресурсам, разрешение и запрет пользователя на конкретном ПФУ, АРМ, ЭВМ, ТСИ.

3. При использовании с другими средствами ОС:

- ввод блок-схем шифрования и ключевых данных в узлы изменённой ОС.

Для автоматизации процесса управления защитой информации будет использоваться схема, в состав которой входит шифропроцессор, реализованный на микроконтроллере.

Структурная схема АПМДЗ представлена на рис. 1.

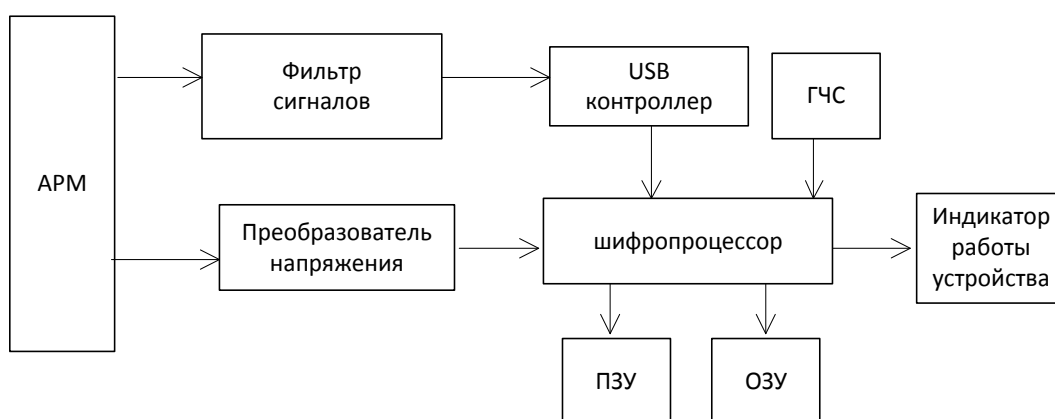


Рис. 1. Структура АПМДЗ в воображаемой среде

АПМДЗ воображаемой среды осуществляет изменение сведений в режиме 12 Мбит/с на тридцати двух битовой микросхеме.

Шифропроцессор связан с автоматизированным рабочим местом клиента виртуальной среды передачи данных через интерфейс USB.

Фильтр сигналов в данной схеме предназначен для предотвращения влияния высокочастотных помех на АПМДЗ из линии связи.

Показатель работы устройства будет подавать световые сигналы о имеющемся электропитании на узле и световой сигнал о его правильном функционировании, так как подачу электрических сигналов потребления АПМДЗ будет обеспечиваться по шине USB.

Преобразователь случайных символов, представленный на рис. 1 как ГЧС, используется для изменения периодических ключей доступа.

Статический узел хранения бит, представленный на схеме как ПЗУ, является памятью, не требующей питания, типа EEPROM, которая используется для хранения спецключей.

Преобразователь напряжения обеспечивает стабилизацию и преобразование полученного от USB версии 3.1 напряжения 20 В в напряжение 5В 32-разрядного микроконтроллера.

В данной статье был проведен обзор современных способов защиты информации, используемых на предприятиях закрытого типа, выявлены основные их преимущества и недостатки. Была представлена структурная схема проектируемого модуля доверенной загрузки виртуальной среды передачи данных.

Сущностью создаваемой АПМДЗ изделия можно считать:

- расширяемость, которая позволяет изменять функции АПМДЗ, не меняя электротехнических характеристик (ЭТХ);
- в строении создаваемого АПМДЗ изделия включена возможность добавления новых задач.

Из-за незначительных материальных затрат и легкости регулировки и содержания при использовании создаваемый АПМДЗ необходим на предприятиях и в организациях, которые имеют защиту данных в виртуальных системах обмена данными на предприятиях.

Библиографический список

1. Микитин, Е. «Всегда ли на замке? Как обезьянничать компьютер модулем доверенной загрузки» / Е. Микитин, В. Храмо. <http://samag.ru/archive/article/1068>.

2. «Охрана санкционированного доступа к данным». Терминалы и определения. Руководящий документ. Гостехкомиссия России. Москва. Военное издательство, 1992 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИИ ПЕЧАТНОГО УЗЛА ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА МОЩНОСТИ

А.И. Малованов

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
e-mail: malovanova75@bk.ru

Научный руководитель: Свердлов Р.В., к.т.н., доцент, kitres@apingtu.edu.ru

В статье представлено решение задач по анализу тепловых режимов цифрового регулятора мощности и моделирование собственной частоты колебаний печатного узла с помощью современных программных средств инженерного анализа. Проведена постановка задачи, выбрано программное обеспечение для ее решения, описан процесс и представлены полученные результаты.

Ключевые слова: цифровой регулятор мощности, печатный узел, анализ теплового режима блока, расчет собственной частоты печатного узла.

При проектировании современной радиоэлектронной аппаратуры, включающей в себя печатные узлы (ПУ) с большим количеством радиоэлементов, возникают задачи, требующие решения и предварительного исследования еще на этапе разработки. К таким задачам можно отнести анализ тепловых режимов ПУ, обеспечение эффективного теплоотвода рассеиваемой мощности от ЭРИ и выполнение условий стойкости ПУ к внешним механическим воздействиям [1].

В настоящей работе проводится исследование теплового режима ПУ, а также расчет собственной частоты колебаний ПУ цифрового регулятора мощности (ЦРМ) с помощью современных средств автоматизированного проектирования (САПР).

Модель печатного узла ЦРМ представлена на рис. 1.

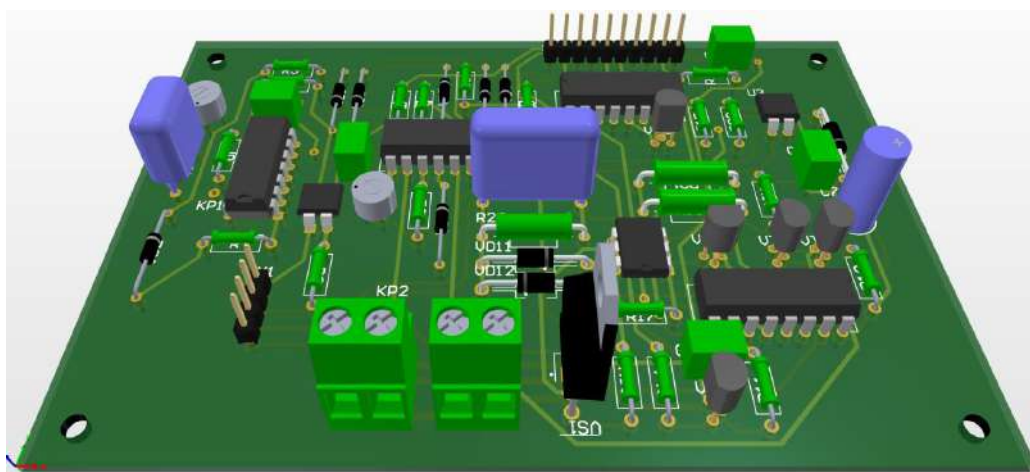


Рис. 1. Модель печатного узла цифрового регулятора мощности

ЦРМ предназначен для управления мощностью на нагрузке в сети переменного тока 220 В. ЦРМ может иметь широкое применение в быту, позволяя точно настраивать параметры электропитания, такие как яркость освещения, скорость вращения электродвигателей и температуру нагревательных элементов.

В качестве систем инженерного анализа для решения задач механики и расчета тепловых режимов устройств были рассмотрены системы моделирования: ANSYS, SolidWorks Simulation, АСОНИКА, T-flex Анализ, КОМПАС-3D (АРМ FEM). При выборе основной упор был сделан на возможности программы, которые можно использовать для расчета конструкции радиоэлектронных компонентов, печатных узлов и блоков радиоэлектронной аппаратуры.

Для проведения анализа теплового режима ЦРМ была выбрана система ANSYS. Данное программное обеспечение включает в себя пакет для исследования температурных режимов ПУ AnsysIcepak. Он используется для оценки теплового режима различных электронных устройств, включая интегральные микросхемы, печатные платы, электронные блоки и другие компоненты электроники.

К основным возможностям Ansys IcePak можно отнести возможность проведения теплового анализа РЭА, возможность импорта геометрии из сторонних ECAD- и MCAD-систем, моделирование систем охлаждения одиночных или смонтированных в стойку печатных плат с учётом рассеиваемой мощности компонентов и резистивных потерь, тепловой анализ интегральных микросхем. Ansys IcePak интегрирован в общую расчётную среду Ansys Workbench, что позволяет выполнять связанные расчёты электроники с учётом всех электрических, тепловых и механических требований.

В качестве САПР для расчета собственной частоты спроектированного печатного узла выбираем интегрированную в КОМПАС 3D систему АРМ FEM. АРМ FEM. Программа позволяет проводить оценку прочности деталей и сборок. Система является отечественной разработкой [3], имеет русский язык интерфейса.

В техническом задании на разработку данного ЦРМ указаны внешние воздействующие факторы, при которых должна быть обеспечена стабильная работа устройства: температура окружающей среды от +1 °С до +40 °С, относительной влажностью не более 80 % и вибрационные нагрузки в диапазоне частот от 5 до 80 Гц. Эти данные будут служить входными параметрами для построения модели. На основании заданных условий эксплуатации была выбрана элементная база, удовлетворяющая всем вышеперечисленным требованиям [2]. Наименьшей максимальной рабочей температурой обладают оптроны МОС3063, PS2502 NEC – 80 °С. Эта температура также является входным параметром модели: максимальная допустимая температура перегрева конструкции.

На первом этапе было проведено исследование теплового режима разработанного ПУ. Модель конструкции ПУ импортирована в Ansys Icerak. В модели заданы граничные условия, выбраны необходимые материалы и заданы рассеиваемые мощности компонентов.

Результат моделирования в виде распределения температурных полей по ПУ (ри. 2). Температура окружающей среды взята максимальная рабочая – 40 °С, теплообмен принимаем конвективный. На модели видно, что максимальная температура возникает в зоне тиристора VS1 и резисторов R15, R21 и составляет порядка 51,3 °С.

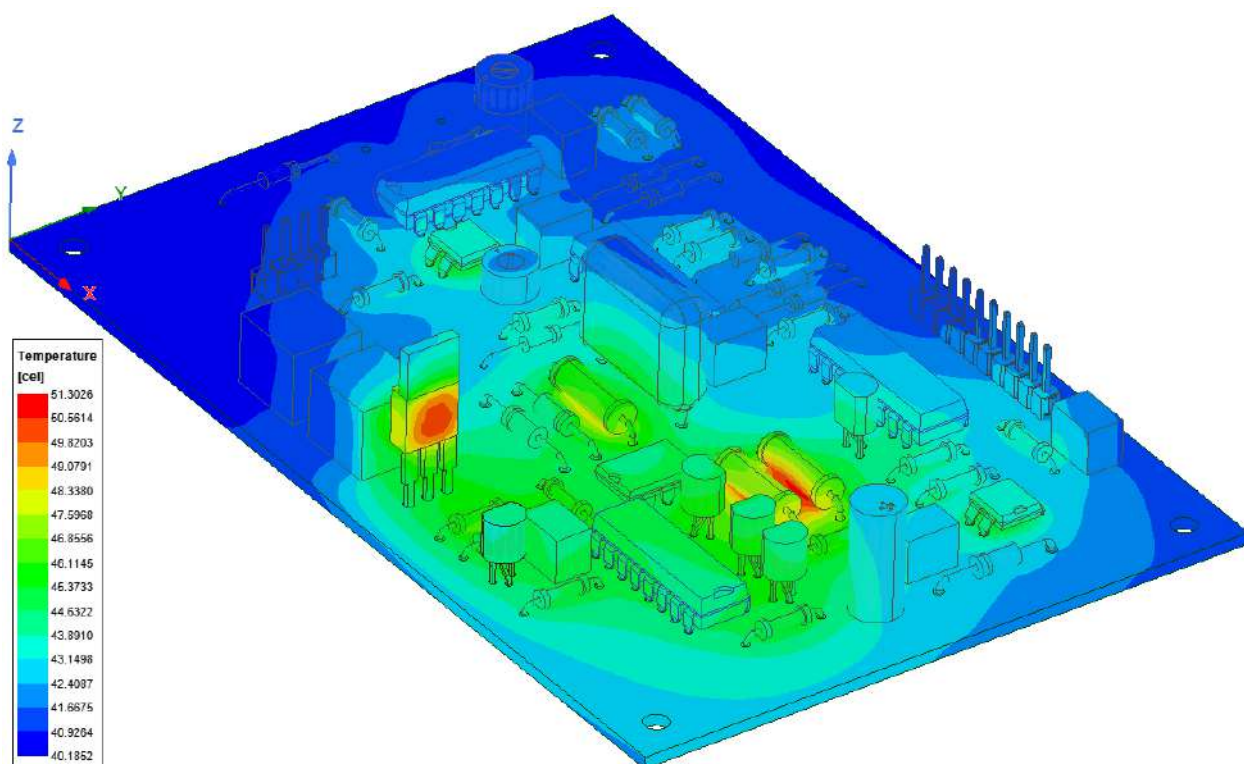


Рис. 2. Распределение температурных полей по модели ЦРМ

Полученные результаты позволили оценить тепловой режим устройства и убедиться в отсутствии необходимости проведения корректировок конструкции, так как в соответствии с заданием допустимый перегрев конструкции ПУ не должен превышать 80 °С.

Далее было проведено моделирование конструкции ЦРМ для определения собственных частот колебаний ПУ. Согласно ТЗ, необходимо исключить резонансные частоты в диапазоне от 5 до 80 Гц.

Анализ ПУ в системе АРМ FEM был выполнен в следующем порядке.

1. Выполнена подготовка модели: 3D-модель из Altium Designer экспортирована в систему КОМПАС-3D.
2. Для каждого компонента модели заданы свойства материалов, такие как плотность, модуль упругости и коэффициент Пуассона.

3. Сгенерирована конечно-элементная сетка.

4. Заданы нагрузки и граничные условия, действующие на ПУ, такие как вес компонентов, тепловые нагрузки и механические воздействия, необходимые закрепления печатной платы рассчитываемого узла.

5. Выполнение расчёта и анализ результатов.

Полученные результаты (рис. 3).

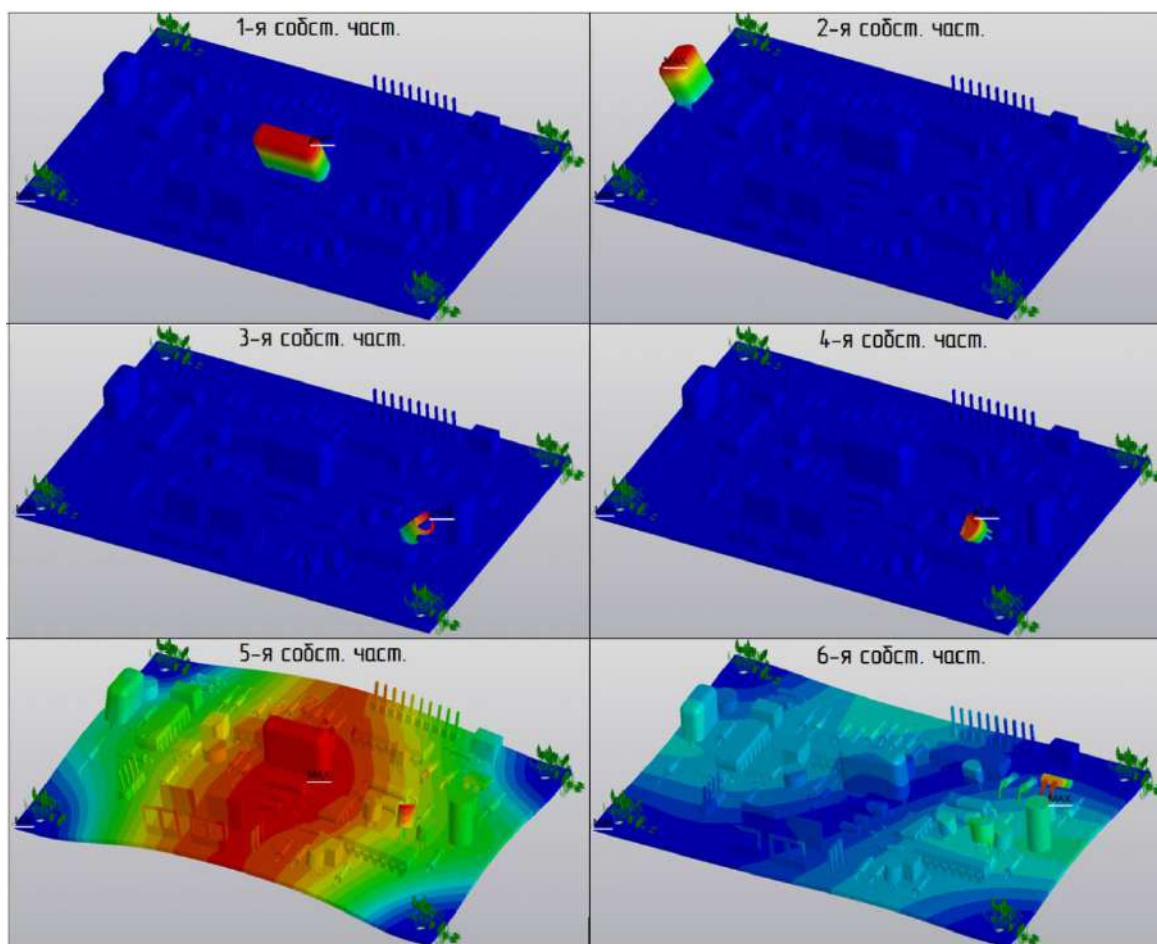


Рис. 3. Результаты анализа собственной частоты печатного узла

Согласно результатам моделирования, первая собственная частота ПУ составляет 535 Гц, вторая – 582 Гц, третья – 594 Гц, четвертая – 617 Гц, пятая – 816 Гц, шестая – 1606 Гц. Итак, собственные частоты ПУ значительно превышают заданную вибрацию 80 Гц, что полностью удовлетворяет техническому заданию.

Библиографический список

1. Муромцев, Д.Ю. Компьютерные технологии для расчёта тепловых режимов и механических воздействий : учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 88 с.

2. Ямпурин, Н.П. Основы надёжности электронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.П. Ямпурин, А.В. Баранова; под ред. Н.П. Ямпурин. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 240 с.

3. АРМ FEM. Система прочностного анализа для КОМПАС-3D : руководство пользователя. - Научно-технический центр «Автоматизированное Проектирование Машин». – Королев, 2014. – 26 с

РЕАЛИЗАЦИЯ БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯМИ

Н.В. Мицура

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
e-mail: kuznavik@mail.ru

Научный руководитель: Шаров В.А., к.т.н., доцент, e-mail: vasharov@mail.ru

В статье предложен вариант реализации блока управления биполярным шаговым электродвигателем. Представлена структурная схема и схема электрическая блока. Разработан алгоритм работы блока управления шаговым двигателем. Разработана конструкция печатного узла блока управления шаговым двигателем и представлена ее детализированная трехмерная модель.

Ключевые слова: блок управления; шаговый электродвигатель; устройство управления; драйвер; управляющий микроконтроллер.

Шаговые двигатели (ШД) применяются в широком спектре областей: от бытового до специального промышленного оборудования. Это обусловлено способностью данных двигателей работать в широком диапазоне нагрузок на выходном валу при отсутствии строгой необходимости наличия обратной связи по положению, а высокая надежность и простота управления делают их идеальным выбором для множества задач, где требуется точное позиционирование и контроль интенсивности вращения. Однако для четкой и правильной работы шаговых электродвигателей требуется использование специализированной системы управления.

Такие системы зачастую состоят из управляющего контроллера и выходных драйверов. Управляющий контроллер принимает информацию от внешнего устройства (ЭВМ, оператор и др.), проводит ее анализ, обработку и выдает управляющие сигналы на драйверы. Драйверы преобразуют полученные сигналы в сигналы пригодные для управления исполнительным механизмом (шаговым двигателем).

В данной работе ставится задача проектирования блока управления(БУ) ШД, предназначенного для функционирования как в системах высокоточного позиционирования (робототехника, станки с числовым программным управлением) так в системах менее требовательных к точности, но с высоким уровнем надежности, такие как системы контроля доступа (электромеханические запорные механизмы, устройства открывания ворот и т.п.).

В качестве основы для проектирования БУ был выбран шаговый электродвигатель NEMA 23 с углом шага $1,8^\circ$, погрешностью 5%, сопротивлением фазы 1,4 Ом, индуктивностью 2,2 мГн и током обмоток 2 А. Выбранный электро-

двигатель является гибридным, так как поддерживает несколько вариантов управления. В нашем случае оптимальным является биполярный метод.

Структурная схема БУ (рис. 1) построена по классической схеме. Микроконтроллер по интерфейсу USB принимает информацию от внешнего управляющего устройства, анализирует полученные данные и преобразует в последовательность команд для управления четырьмя идентичными каналами [1]. На каждый из драйверов поступают два сигнала от микроконтроллера, соответствующие сигналу шага (один импульс равен одному шагу) и сигналу направления вращения. Данные сигналы преобразуются драйвером в необходимый потенциал, необходимый для работы H-моста на полевых транзисторах. В свою очередь H-мост формирует необходимый уровень тока в обмотках шагового двигателя, что заставляет его совершать один шаг на регламентируемый угол поворота.

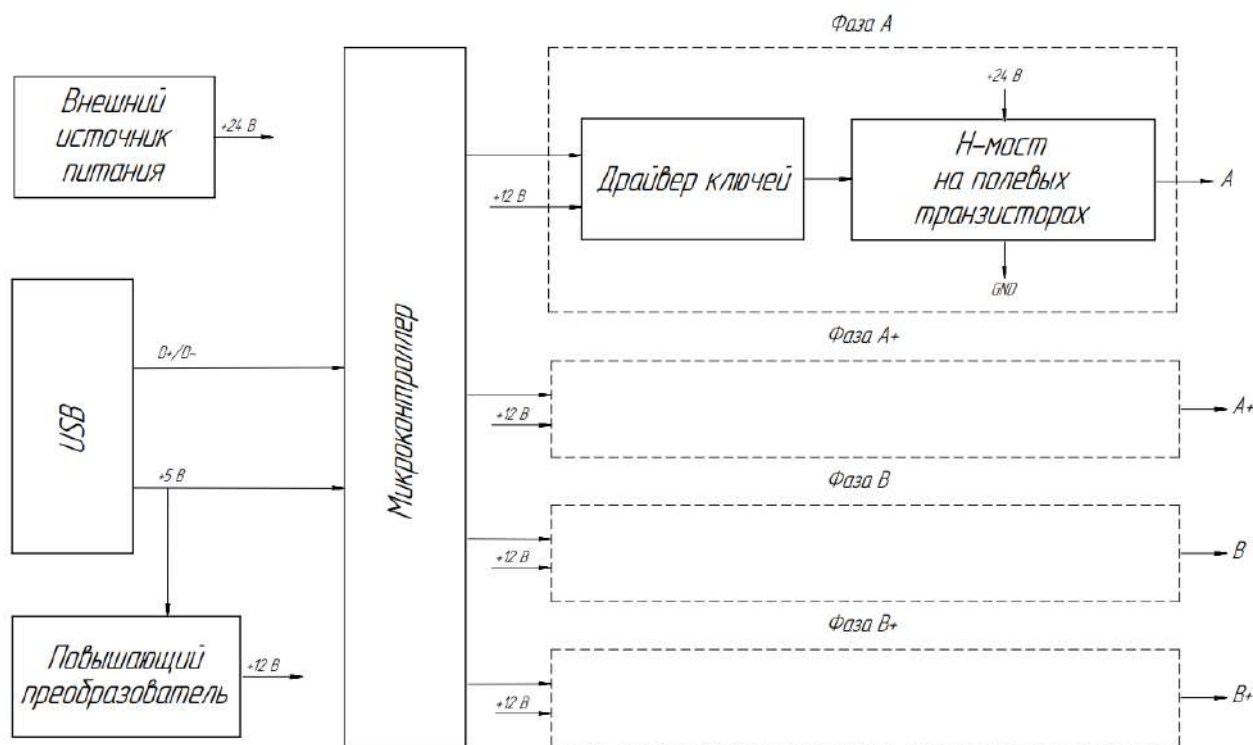


Рис. 1. Структурная схема блока управления шаговыми двигателями

Схема БУ биполярным ШД представлена на рис. 2. В качестве микроконтроллера используется микросхема AVR ATmega16A (DD1). Характеристики микроконтроллера в полной мере позволяют использовать его в составе БУ ШД. Внешнее управление БУ ШД организовано по протоколу USB. Цифровые управляющие сигналы (комбинации) формируются микроконтроллером DD1 на выходах PB0, PB1, PB2, PB3. Данные сигналы поступают на драйверы затворов DA2-DA5. Каждый драйвер в отдельности служит для поочередного включения и выключения пары выходных МОП-транзисторов IRF540N. [2; 3]

Резисторы R4-R19 и диоды VD7-VD14, подключенные к затворам, необходимы для нормальной работы транзисторов (небольшое замедление при открытии и более быстрого закрытия). Обвязка драйверов в виде конденсаторов C7-C14 и диодов VD3-VD6 регламентируется типовой схемой включения данных микросхем.

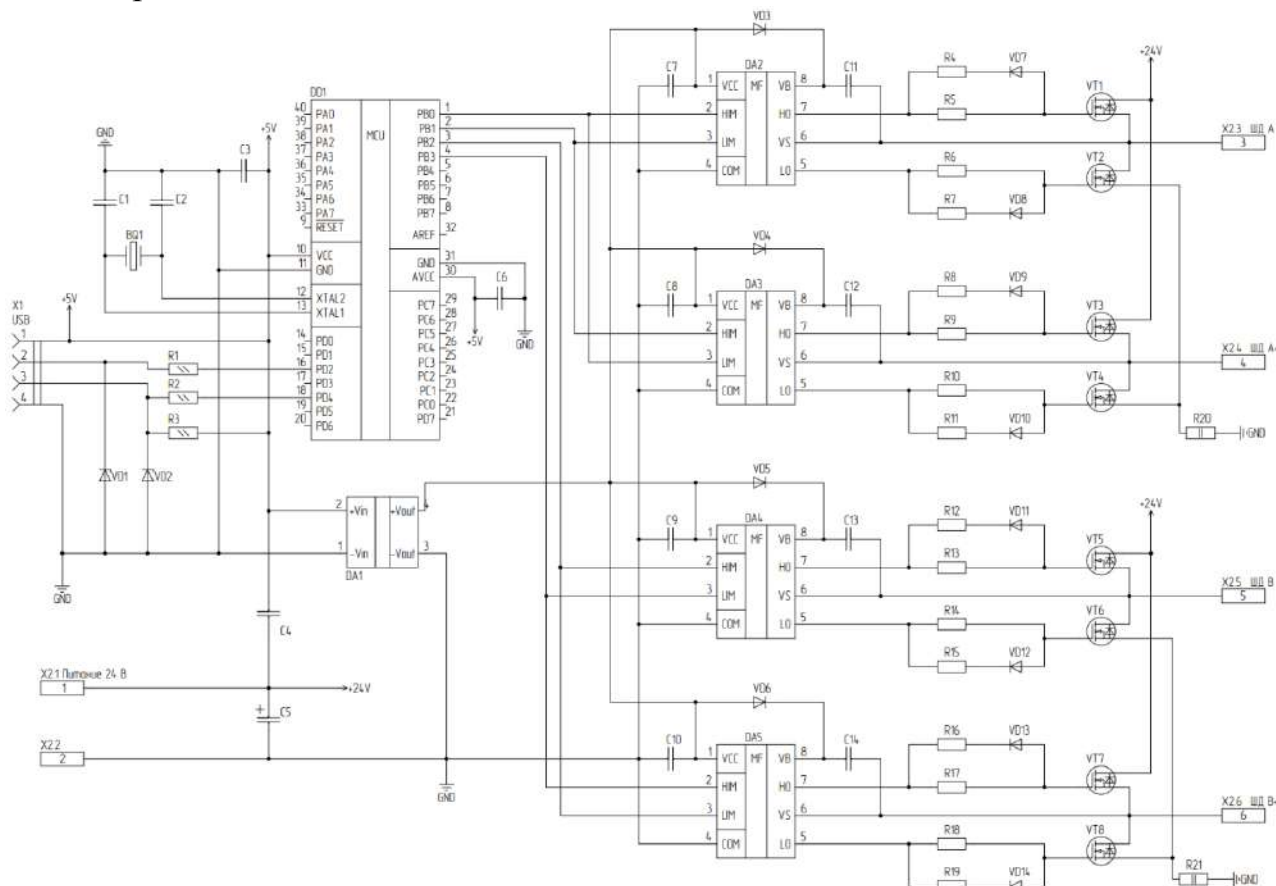


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная блока управления шаговыми двигателями

Каждая обмотка ШД подключается к своей схеме Н-моста, реализованной на транзисторах VT1-VT4 и VT5-VT8. Для выходов микроконтроллера DD1 (PB0-PB3) регламентировано пять вариантов выходных комбинаций: 0000, 1010, 0110, 0101 и 1001. Перебор этих комбинаций приводит к вращению ротора двигателя. Если подать на эти контакты другие значения, произойдет короткое замыкание моста.

Резисторы R20, R21 ограничивают максимальный ток в каскаде транзисторного Н-моста. Питание схемы осуществляется от внешнего блока питания напряжением 24 В и номинальным током не менее 3 А.

Для разработки управляющей программы микроконтроллера AVR ATmega16A был выбран программный пакет WinAVR. Он предоставляет более широкие возможности для настройки и оптимизации кода. Программы, написанные с помощью WinAVR, являются более оптимизированными и занимают меньший объем памяти микроконтроллера.

Программа для микроконтроллера разрабатывалась на языке С. Алгоритм программы представлен на рис. 3. Данный алгоритм реализует управление скоростью вращения ротора ШД и контроль над количеством шагов ротора.

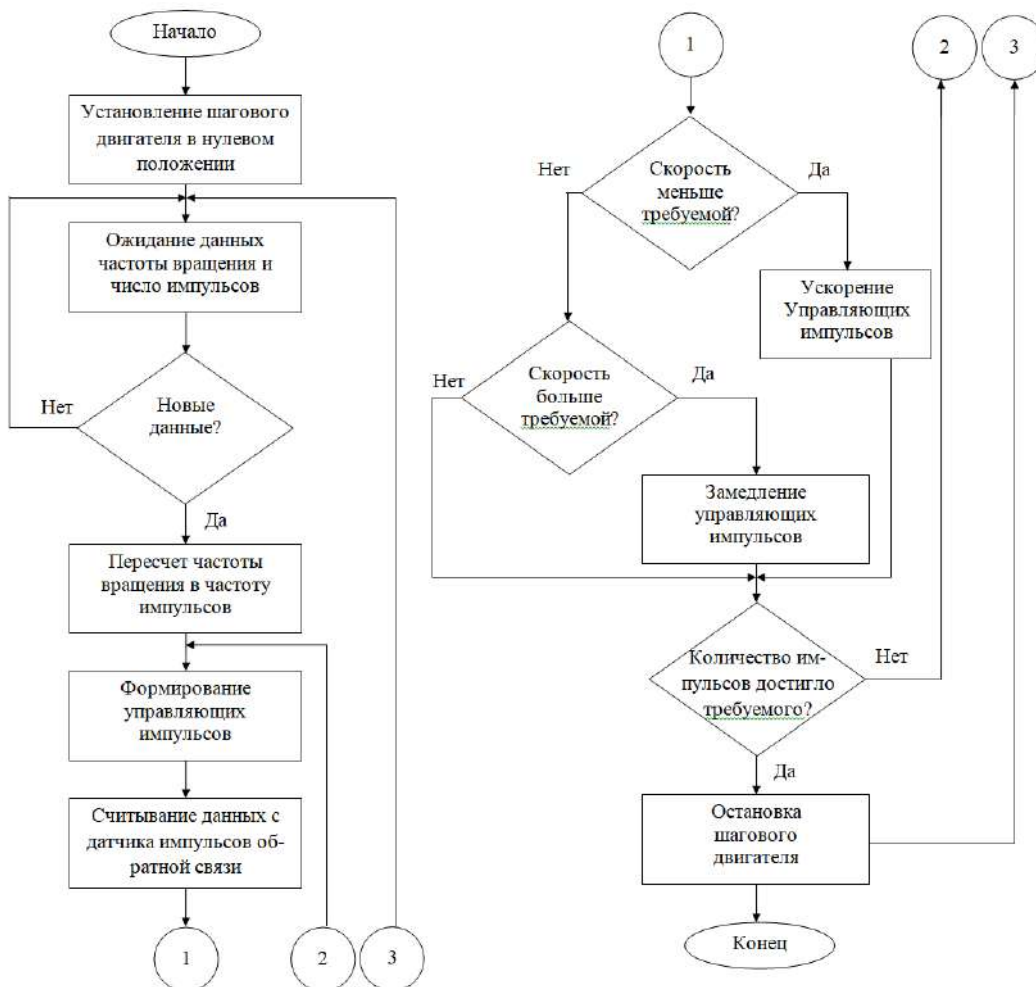


Рис. 3. Алгоритм работы блока управления шагового двигателя

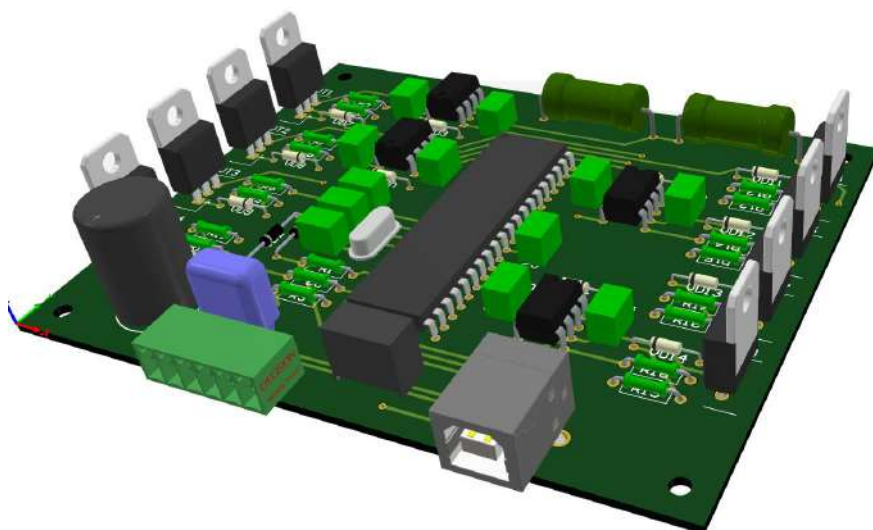


Рис. 4. Печатный узел блока управления шаговыми электродвигателями

Конструкция печатного узла (ПУ) БУ шаговыми электродвигателями представлена на рис. 4. Основанием является стеклотекстолит фольгированный толщиной 1,5 мм. Учитывая отсутствие жестких требований к плотности компоновки, монтаж радиоэлементов использован полностью выводной.

Конструкция разработанного блока управления компактна. ПУ в полной мере соответствует всем предъявляемым требованиям по вибро- и ударопрочности, а также допустимому диапазону рабочих температур.

Разработанный блок является платформой для дальнейших исследований возможностей применения шаговых электродвигателей в области точного позиционирования рулевых поверхностей и элементов роботизированных устройств.

Библиографический список

1. Ключев, В.И., Теория электропривода: Учеб. для вузов / Ключев В.И. – 2-е изд. Перераб. И доп. – М: Энергоатомиздат. 2001. – 704 с.

2. Добронравов, О.Е. Основы автоматизированного регулирования, автоматы и системы управления летательных аппаратов / Добронравов О.Е., Кириленко Ю.И. – М.: «Машиностроение», 1965. – 451 с.

3. Чиликин, М.Г. Теория автоматизированного электропривода: учеб. пособие для вузов / Чиликин М.Г., Ключаев В.И., Сандлер А.С. – М: Энергия, 1979. – 616 с

РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ПИТАНИЯ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ДАТЧИКА УГЛА

В.А. Селезнев^{1,2}

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

²АО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА»
инженер;

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Кирова, д.26
e-mail: avav20@mail.ru

Научный руководитель: Шаров В.А., к.т.н., e-mail: vasharov@mail.ru

Представлены результаты работы над созданием генератора питания гироскопического датчика угла: электрические схемы функциональная и принципиальная. Дано описание работы представленных схем и основных узлов: стабилизатора амплитуды, фильтра нижних частот второго порядка и усилителя мощности.

Ключевые слова: гироскопический датчик угла, генератор, напряжения.

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 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 была разработан печатный узел(ПУ) преобразователя сигналов (далее ПС). Схема электрическая функциональная (рис. 1), принципиальная (рис. 2.).

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).

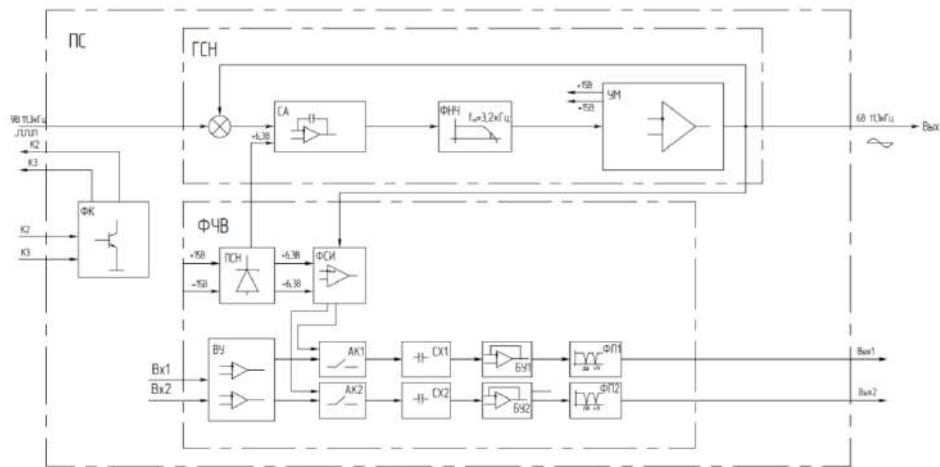


Рис. 1. Схема электрическая функциональная ПУ ПС

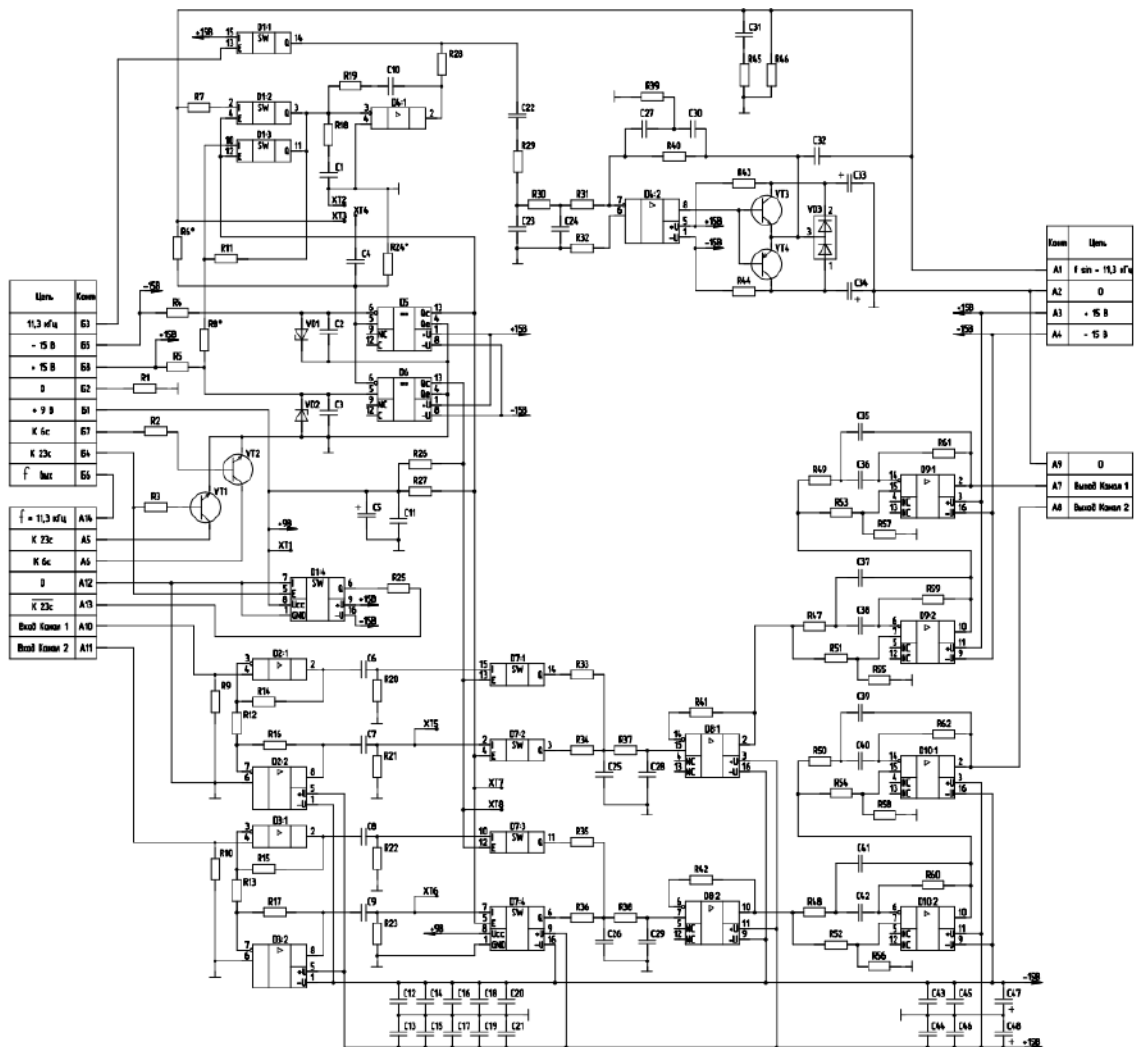


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная ПУ ПС

Для разработки ПС были учтены следующие параметры гироскопического датчика угла и питающих напряжений:

- питание ПС осуществляется от бортовой сети $\pm 15В$;

- напряжение питания датчиков угла 6,3 В (действующее значение);
- частота питающего напряжения датчиков угла 11,3 кГц.

Рассмотрим подробнее генератор синусоидального напряжения (ГСН рис.3, рис. 4).

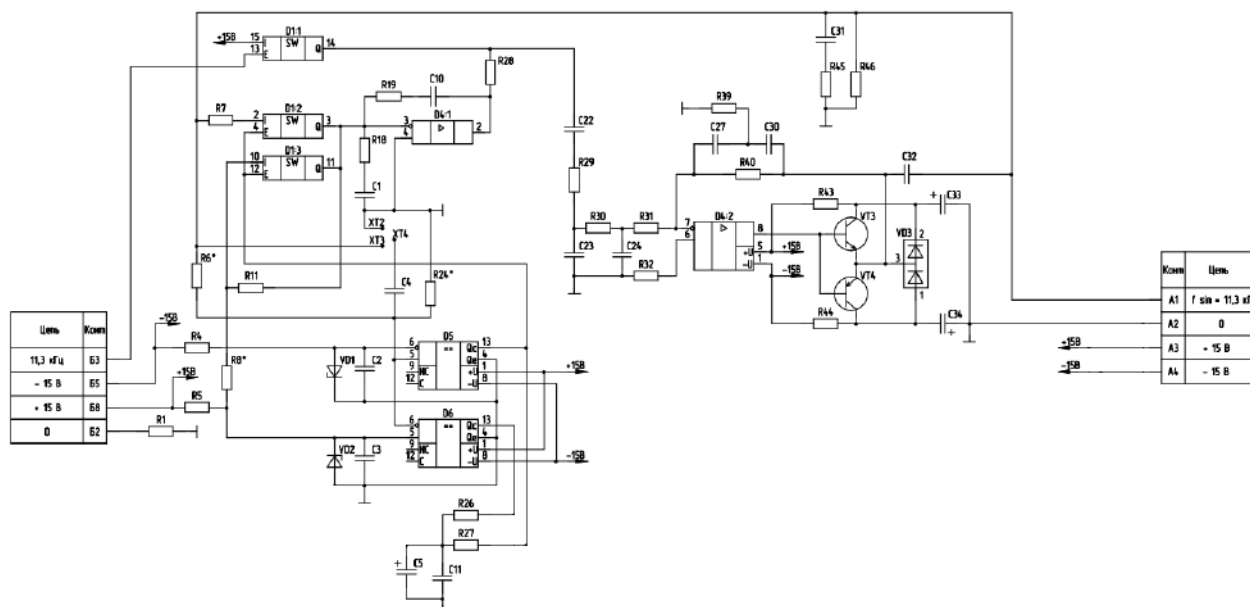


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная ГСН

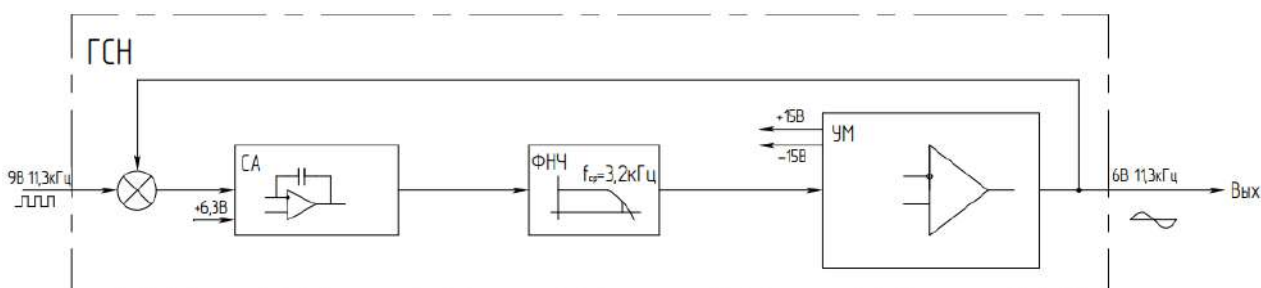


Рис. 4. Функциональная схема ГСН

Генератор питания датчиков угла содержит фильтр нижних частот (ФНЧ) второго порядка на элементах C23, C24, R29...R31(рис. 5), который служит для формирования синусоидального напряжения из прямоугольного с выхода электронного ключа D1:1 частотой 11,3 кГц (вывод 14; подается через разделительный конденсатор C22). Схема на элементах D1:1, D4:1, R19, C10, R28 представляет собой формирователь прямоугольного напряжения с регулируемой амплитудой, за счет изменения выходного напряжения интегратора D4:1 (рис. 6). Интегратор D4:1 выполняет функцию стабилизатора амплитуды.

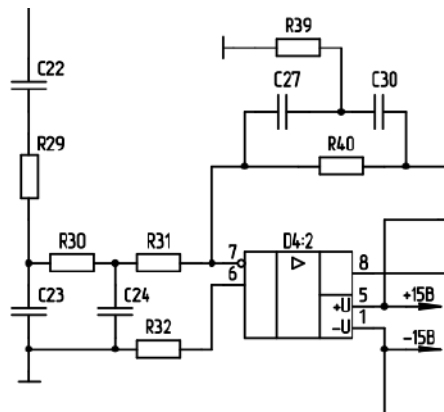


Рис. 5. Фильтр нижних частот второго порядка

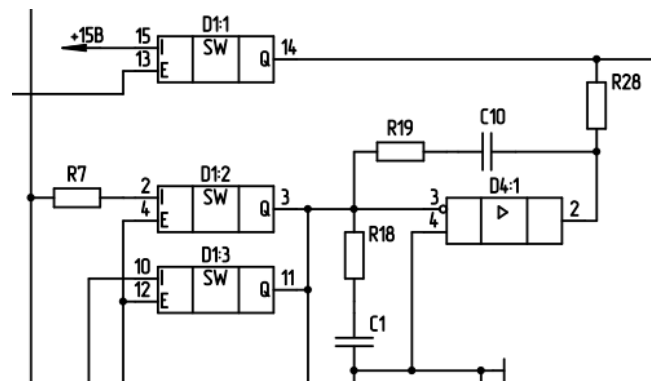


Рис. 6. Формирователь прямоугольного напряжения

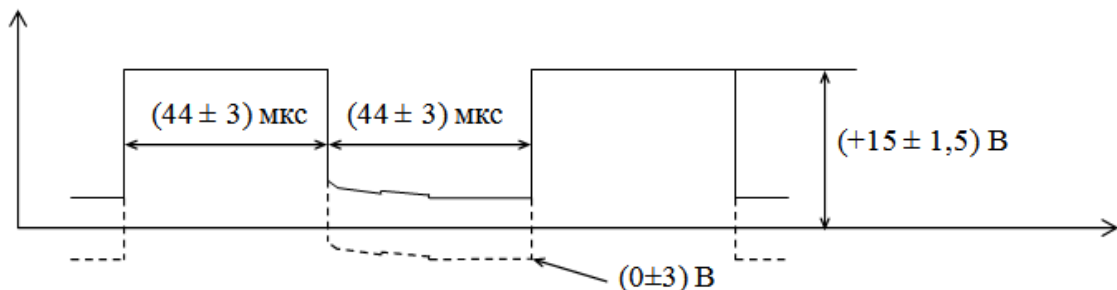


Рис. 7. Напряжение на выводе 14 микросхемы D1

Синусоидальное напряжение с выхода ФНЧ подается на вход усилителя мощности, выполненного на элементах D4.2, VT3, VT4, R32 (рис. 8); конденсатор C32 – для исключения постоянной составляющей на выходе усилителя. RC-цепь C27, C30, R39, R40 служит для дополнительной фильтрации синусоидального напряжения, C31, R45 – для компенсации индуктивной составляющей нагрузки. C33 и C34 совместно с резисторами R43, R44 – для фильтрации напряжения питания выходного каскада усилителя VT3, VT4 (резисторы R43 и R44 также служат для ограничения тока через указанные транзисторы при коротком замыкании в цепи нагрузки усилителя), набор диодов VD3 – для защиты

выходного каскада усилителя от напряжения самоиндукции при работе усилителя на индуктивную нагрузку. Сигнал на выходе микросхемы D4:2 (рис. 9).

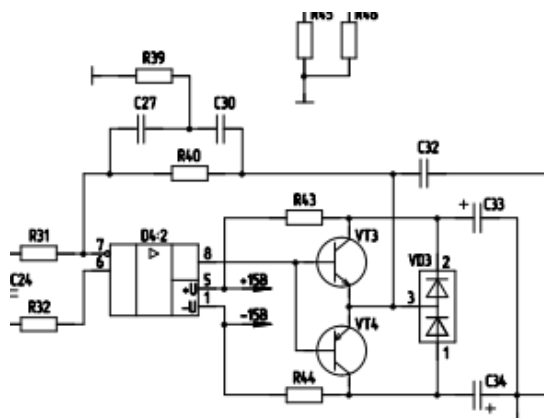


Рис. 8. Усилитель мощности

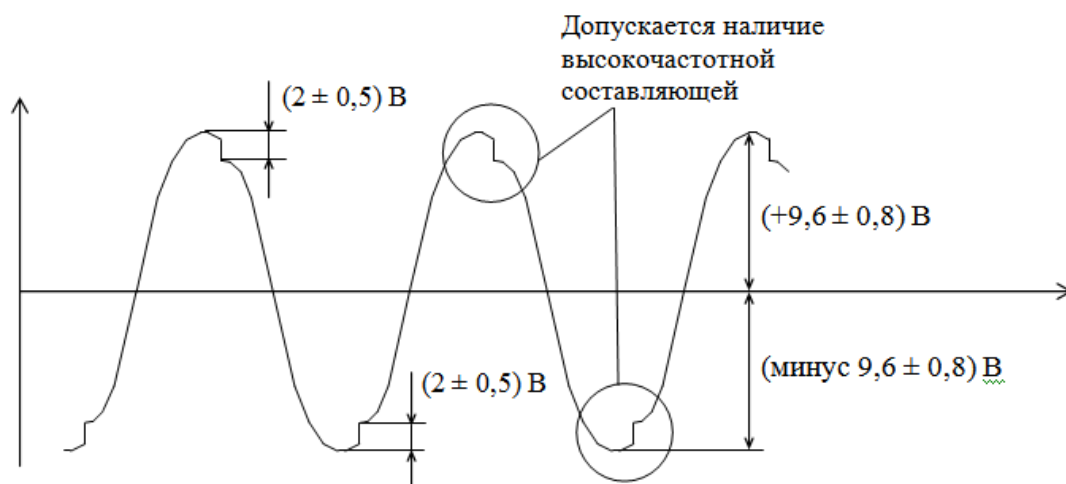


Рис. 9. Напряжение на выводе 8 микросхемы D4

Для стабилизации амплитуды выходного напряжения усилителя служит схема, состоящая из:

- интегратора на элементах D4:1, C10 (величина напряжения на его выходе определяет амплитуду прямоугольных импульсов на выводе 14 электронного ключа D1:1 с резистором R28 (ключ D1:1 управляется сигналом «11,3 кГц»);
- формирователя импульсов на элементах D5, D6, VD1, VD2, C2, C3, R4, R5, R26, R27, который из напряжения питания датчиков угла формирует импульсы (логический «0») при переходе этого напряжения через отрицательное амплитудное значение – D5 и положительное амплитудное значение – D6 (рис. 7);

- электронных ключей D1:2 и D1:3, которые при логическом «0» на выходе формирователя импульсов D5 подключают к входу интегратора разностное напряжение (разность сигналов « $f_{\sin}=11,3\text{кГц}$ » и опорного напряжения $+6,3\text{ В}$ с источника опорного напряжения R5, VD2; вычитаются с помощью резисторов R7 и R8*, при этом R8* служит для регулировки амплитуды напряжения " $f_{\sin}=11,3\text{кГц}$ ").

Выходное синусоидальное напряжение генератора амплитудой $(8,7\pm 1)\text{ В}$ и частотой $11,3\text{ кГц}$ подается на обмотку возбуждения датчиков угла гироскопа. Реализованная схема, позволяет стабилизировать амплитуду питающего датчика угла напряжения в широком диапазоне температур окружающей среды и при различных токах нагрузки на генератор. Кроме того, наличие отрицательной обратной связи и применение радиоэлементов повышенной стабильности позволяет получить синусоидальное напряжение с низкими нелинейными искажениями (ступенька, несимметричность сигнала и т.п.). Все перечисленные положительные характеристики схемы обеспечивают высокую точность информации об угловом положении объекта в пространстве, которая напрямую зависит от стабильности амплитуды и формы питающего напряжения.

Библиографический список

1. Пельпор, Д.С. Гироскопические системы: учебное пособие / Д. С. Пельпор — М.: Высшая школа, 1971. — 566 с.
2. Баранова, А.В. Электроника: учебное пособие / А. В. Баранова, В.И. Обухов, Н. П. Ямпурин. — М.: Академия, 2011. — 240 с.
3. Нефедов, А.В. Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: справочник / А.В. Нефедов. — М.: КУБК-а, 1987. — 608 с.

РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОГО УЗЛА ГЕНЕРАТОРА УПРАВЛЯЮЩИХ ИМПУЛЬСОВ

Е.В.Силаев^{1,2}

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

²АО «Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина»
инженер;

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. 50 Лет ВЛКСМ, д.8А
email:piyashova46@bk.ru;

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор,
kitres@apingu.edu.ru

Описана разработка печатного узла генератора управляющих импульсов: электрической принципиальной и структурной схем, конструкции устройства. Пояснена работа основных узлов на основе современной элементной базы: фильтра, оптронов обратной связи, задающего генератора, оптронных преобразователей верхнего и нижнего контура, усилителей по току верхнего и нижнего контура.

Ключевые слова: генератор управляющих импульсов, схемы, конструкция, работа узлов, оптодрайверы.

В настоящий момент в силовой электронике массовое распространение получили биполярные транзисторы с изолированным затвором. БТИЗ транзисторы используются в качестве мощного электронного ключа. Модуль включает в себя несколько таких транзисторов, а так же другие радиоэлементы.

БТИЗ-модули применяют в частотно-регулируемых приводах и в импульсных регуляторах тока. Кроме того, они часто применяются в источниках сварочного тока, в системах управления мощными электроприводами, которые устанавливаются, например, на электротранспорт: электровозы, трамваи, троллейбусы [2].

Для управления БТИЗ-модуля требуются оптодрайверы, которые, во-первых, формируют двухполярные импульсы с частотой в диапазоне от 20 до 50 кГц, во-вторых, с каскадом транзисторов обеспечивают необходимый ток затвора для модуля.

Используя прототип разрабатываемого устройства, представленный в [5], разработали электрическую структурную схему генератора управляющих импульсов (рис.1).

Фильтр в этом устройстве служит для сглаживания питания. Оптоны обратной связи нужны для ограничения снижения частоты генератора. Задающий генератор служит для обеспечения частотного регулирования биполярного транзистора с изолированным затвором. Оptronные преобразователи образуют

двухполярные импульсы для управления биполярным транзистором с изолированным затвором, так же они осуществляют гальваническую развязку между задающим генератором и БТИЗ-модулем, то есть служат изолятором. Усилители по току служат для усиления двухполярных импульсов по току, чьих мощностей хватает для быстрой перезарядки емкостей изолированного затвора и наоборот.



Рис.1. Структурная схема генератора управляющих импульсов

С использованием электрической структурной схемы устройства была разработана электрическая принципиальная схема генератора управляющих импульсов (рис.2).

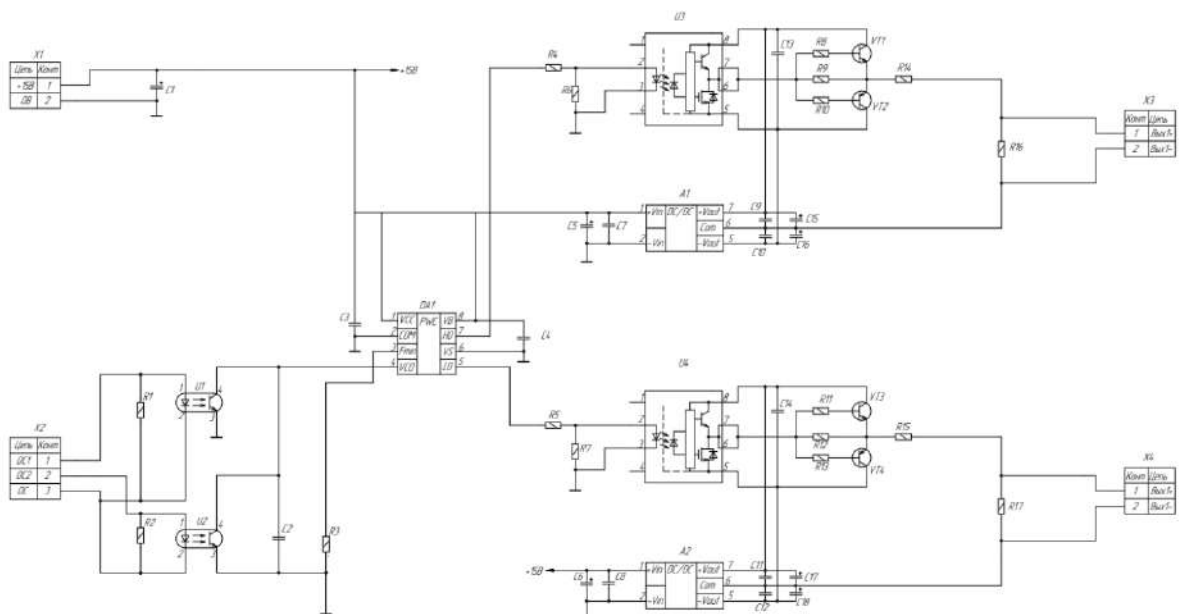


Рис.2. Электрическая принципиальная схема устройства

Сердцем устройства является микросхема DA1, имеющая большой диапазон частоты, необходимой для правильной работы БТИЗ-модуля. Частотный диапазон микросхемы регулируется сопротивлением резистора R3, а частота зависит от напряжения на конденсаторе C2. В микросхеме имеется встроенный источник питания с напряжением, равным 5В, заряжающим конденсатор C2. Чтобы частота не уменьшалась, используют фототранзисторные оптопары U1 и U2. Для того, чтобы не возникали ложные срабатывания на оптронах U1 и U2 ставят резисторы R1 и R2.

DC/DC преобразователи A1 и A2 преобразуют входное однополярное напряжение плюс 15 В в выходные двухполярные напряжения плюс 15 В и минус 8 В, питающие оптодрайверы затворов БТИЗ-модуля, собранные на элементах U3, R8...R10, R14, VT1, VT2 и U4, R11...R13, R15, VT3, VT4 предназначенные для образования больших импульсных токов, необходимых для своевременного переключения БТИЗ-модуля из закрытого состояния в открытое и наоборот. Конденсатор C2 разряжен, и микросхема DA1 работает на пиковой частоте диапазона, задаваемой резистором R3, равной 45 кГц. С выхода микросхемы DA1 на оптодрайверы U3 и U4 через резисторы R4 и R5 поступают импульсы. Эти импульсы превращаются в двухполярные импульсы с напряжением плюс 14/ минус 7 В, управляющие БТИЗ-модулем.

При проектировании печатного узла генератора управляющих импульсов были проведены расчеты его объема и массы. Этот расчет необходим для проверки выполнения требований к массогабаритным характеристикам изделия. При проектировании конструкции печатного узла использован материал учебных пособий [3,4], на основе чего был выбран двусторонний тип печатной платы, так как схема изделия генератора управляющих импульсов несложная. Поскольку плотность размещения проводников на двухсторонней плате небольшая, то это позволило на обратной стороне выполнить общий провод в виде полигона, применение которого существенно повысило механическую прочность платы и помехоустойчивость изделия. Учитывая, используемую в печатном узле элементную базу, выбираем третий класс точности печатной платы.

В ТЗ на изделие заданы следующие условия эксплуатации: диапазон рабочих температур от плюс 1 °С до плюс 35 °С, относительная влажность до 80% при температуре 25 °С. В данном случае следует выбрать вторую группу жесткости, ориентируясь на значение относительной влажности. Были проведены расчеты геометрических размеров проводящего рисунка, а именно: длина, ширина и толщина проводников, размеры контактных площадок и их расположение на плате, поскольку это обеспечивает надежность устройства с точки зрения способности проводников проводить необходимые напряжения и токи и не создавая паразитных эффектов. Так же был выбран материал печатной платы, для которого был проведен расчет показателей качества предлагаемых материалов.

Данные расчеты показали соответствие заданным требованиям, и следующим этапом идет разработка печатной платы. Имея полученные данные по размерам платы, проводникам, контактным площадкам и т.д., была проведена работа по проектированию печатной платы генератора управляющих импульсов, которая состояла из следующих этапов:

- расстановка электронных радиоэлементов по плате;
- трассировка проводников в соответствии с заданными требованиями.

На рис.3 представлена печатная плата генератора управляющих импульсов как со стороны установки радиоэлементов (вверху), так и с обратной стороны (внизу).

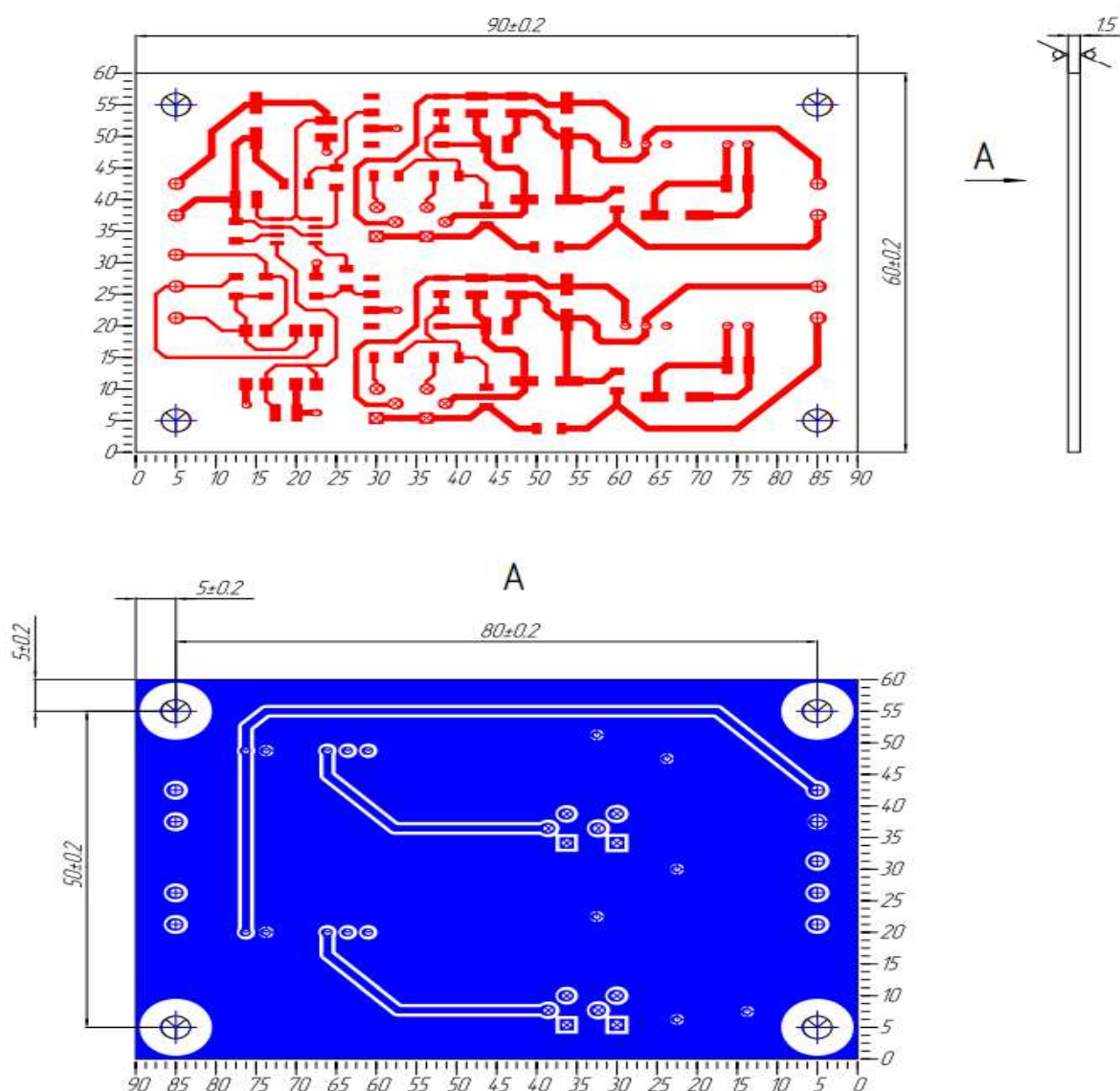


Рис. 3. Плата печатная

На рис.4 представлен сборочный чертеж печатного узла генератора управляющих импульсов.

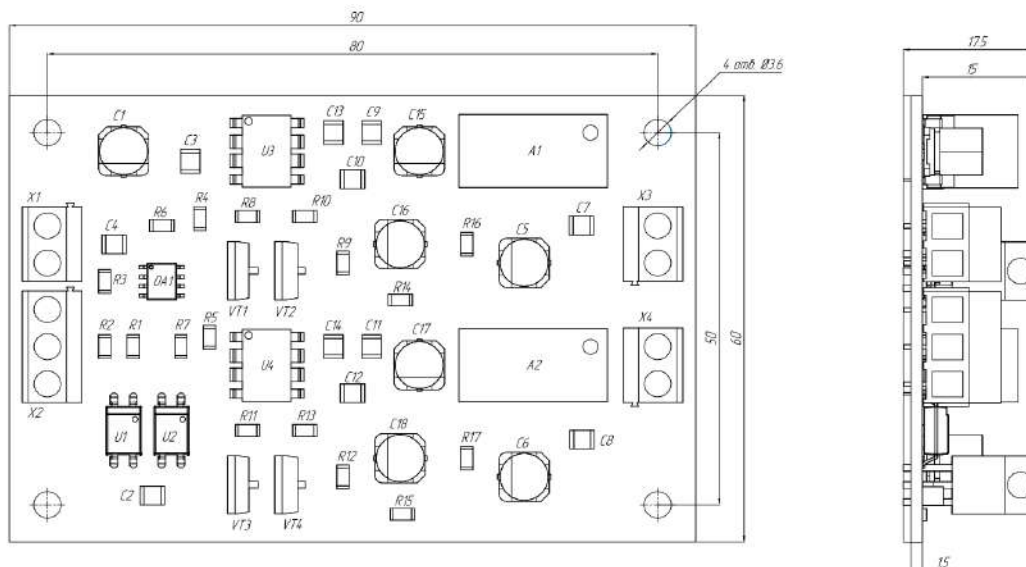


Рис. 4. Сборочный чертеж печатного узла генератора управляющих импульсов

На рис.5 представлена 3D-модель печатного узла генератора управляющих импульсов.

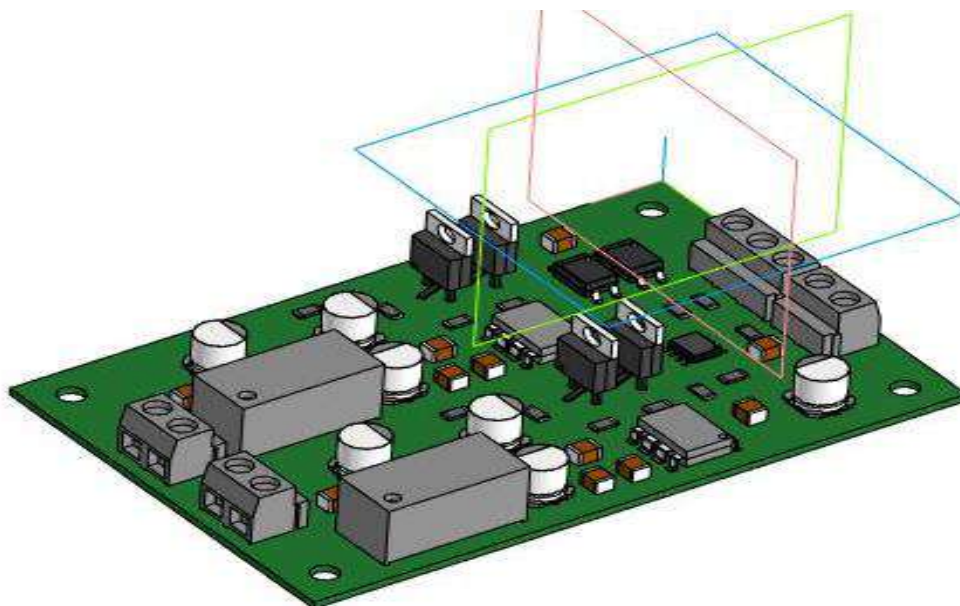


Рис. 5. 3D-модель печатного узла генератора управляющих импульсов

Библиографический список

1. Helpiks :[Электронный ресурс].URL: <https://helpiks.org/5-11182.html>. (Дата обращения 29.10.2024).

2. Goradio :[Электронный ресурс].URL: <https://go-radio.ru/igbt-transistor.html>. (Дата обращения 29.10.2024).

3. Баканов, Г.Б. Основы конструирования и технологии радиоэлектронных средств: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г.Б.Баканов, С.С.Соколов, В.Ю.Суходольский; под ред. И.Г.Мироненко. – Изд. центр "Академия", 2007.

4. Основы конструирования и технологии производства РЭС: Учебное пособие / Под ред. В. Н. Леухина. – Йошкар- Ола: МарГТУ, 2006.-344 с.

5. Савин, А. Установка индукционного нагрева [Текст] // Журнал Радио. – 2022. – №4. – С. 39-43.

РАЗРАБОТКА БЛОКА СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ

Е.В. Сударев

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

e-mail: eugenesudarevv@yandex.ru

Научный руководитель: Лазарева Е.И., старший преподаватель,
e-mail: lazareva_ekaterina87@mail.ru

В статье рассмотрены основные моменты разработки системы сбора данных, описан принцип работы устройства, приведена электрическая функциональная схема и 3D модель печатного узла.

Ключевые слова: сбор и анализ данных, аналого-цифровой преобразователь, сигнал.

Целью любого сбора данных является получение доказательств качества данных, что позволяет получить убедительные и надёжные ответы на вопросы, поставленные в ходе их анализа.

Сбор данных используется для решения конкретных задач в таких сферах, как бизнес, исследования, производство, медицина и многих других. Системы сбора данных также могут быть необходимы для разработки информационных систем принятия решений, получения ответов на исследовательские вопросы или стратегического планирования.

Появляется потребность сделать устройство, выполняющее все основные функции системы сбора данных, но при этом максимально уменьшить её стоимость, так как все имеющиеся аналоги очень дорогие.

Проектируемая система сбора данных является частью измерительного комплекса, автоматизированных производственных систем, а также систем, отвечающих за сбор, обработку, передачу и хранение информации.

Типовые системы сбора данных состоят из трех основных элементов – датчика, устройства формирования сигнала и аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

В этой статье представлена система сбора данных на основе модуля FX2LP – высокоскоростного периферийного контроллера, с помощью которого осуществляется связь с компьютером. Устройство позволяет оцифровывать сигналы и накапливать их отсчеты. Основой данного устройства является аналого-цифровой преобразователь, операционный усилитель и цифровой потенциометр. Связь с компьютером организована с помощью высокоскоростного периферийного контроллера USB на микросхеме CY7C68013A. Аналогом устройства является система сбора данных, представленная в [1].

Возникает необходимость разработки печатного узла системы сбора данных (ССД) преимущественно на отечественной элементной базе.

Выполненная ССД должна выполнять основную цель таких систем – автоматизацию процесса сбора информации для дальнейшего анализа и принятия решений.

Для разработки ССД были сформулированы следующие задачи:

- выполнить разработку электрической функциональной и принципиальной схем ССД;
- разработать печатный узел ССД.

Основные технические требования:

- эксплуатация при нормальных климатических условиях;
- габаритные размеры устройства не должны превышать 160x130x70 мм;
- масса устройства не должна превышать 0,5 кг.

На основании технических требований было разработано устройство, функциональная схема которого представлена на рис. 1.

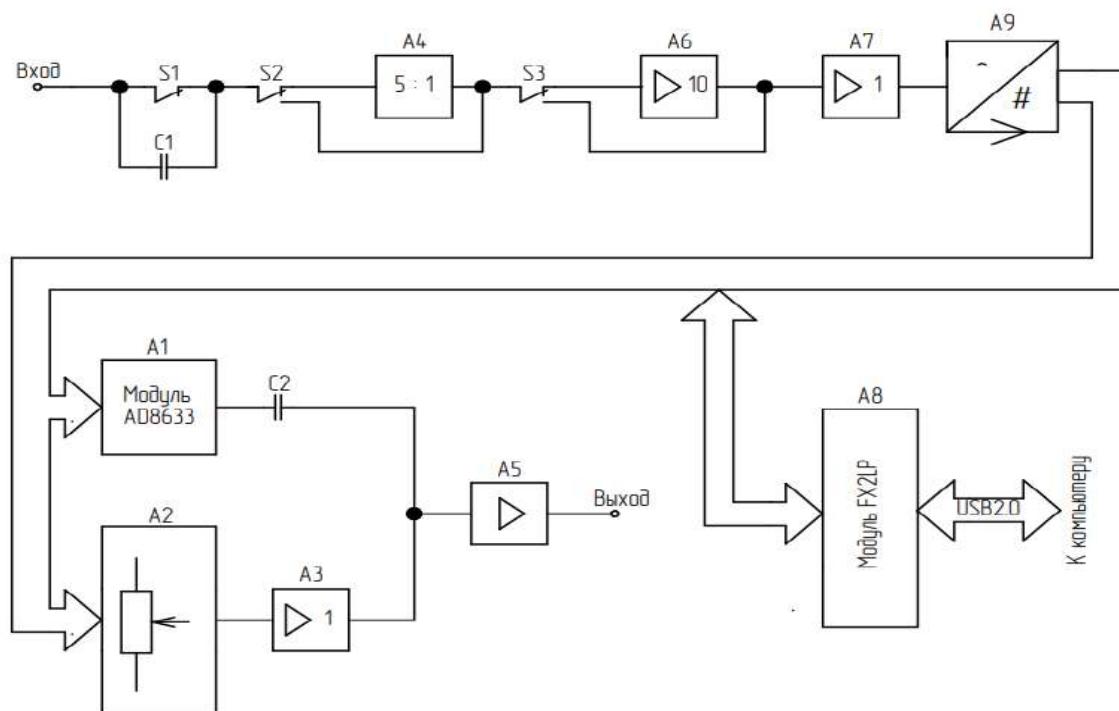


Рис. 1. Схема электрическая функциональная блока системы сбора данных

Разрабатываемое устройство состоит из:

- трех реле (S1-S3);
- 12-разрядного аналого-цифрового преобразователя ADS805E(A1);
- нескольких операционных усилителей (A3, A5, A6, A7);
- цифрового потенциометра (A2);
- аналогового усилителя;
- высокоскоростного приемопередатчика USB 2.0 (A8).

На рис. 2 представлена электрическая принципиальная схема системы сбора данных.

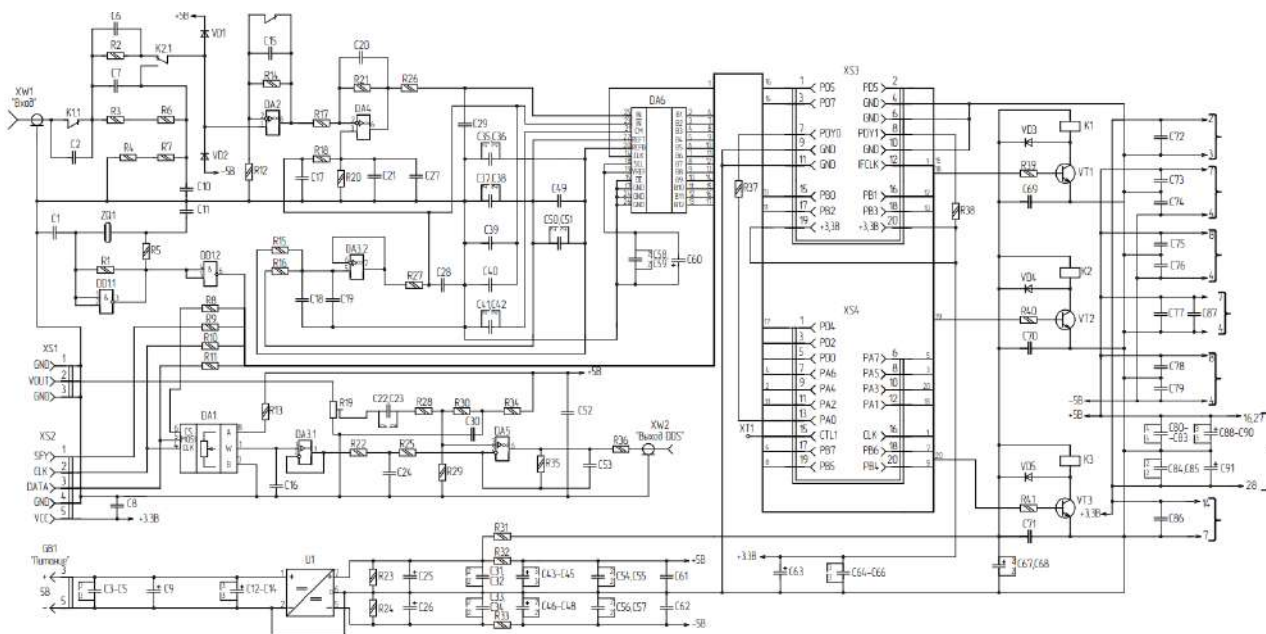


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная системы сбора данных

Входное напряжение питания подается от разъема USB. Затем сигнал проходит через аттенюатор и уменьшается до 16 МГц частоты от тактового генератора, реализованного на логических элементах. Сигнал проходит через 12-разрядный АЦП, параллельный выход которого соединён с портами микросхемы CY7C68013A.

В зависимости от состояния реле K1, аналоговый вход прибора может быть открытым или закрытым. Входной сигнал проходит через входной частотно-компенсированный делитель напряжения (аттенюатор) с коэффициентом деления 5:1 или 1:1, переключаемым с помощью реле K2. Искажения прямоугольного входного сигнала от аттенюатора минимальны, так как емкости конденсаторов С6, С7 и С10 подобраны с учетом этого. После аттенюатора сигнал поступает на операционный усилитель DA2 с большим входным сопротивлением и переключаемым с помощью реле K3 коэффициентом усиления (10 или 1). Реле K1-K3 реализованы на элементах G5V-1-DC5. Далее сигнал проходит через усилитель на операционный усилитель DA4, который инвертирует сигнал, а также добавляет к нему сформированное на операционном усилителе DA3.2 постоянное смещение, необходимое для правильной работы аналого-цифрового преобразователя. Этот усилитель нечувствителен к помехам по цепям питания, а также к пульсациям питающего напряжения.

Цифровой переменный резистор по команде микроконтроллера устанавливает необходимое постоянное смещение выходного сигнала цифрового канала. Напряжение смещения, которое проходит через буферный усилитель на операционный усилитель DA3.1, суммируется в операционном усилителе DA5

с переменным выходным напряжением модуля DDS, амплитуду которого регулируют подстроечным резистором R19. Резистор R36 обеспечивает выходное сопротивление канала DDS 50 Ом.

На рис. 3 изображена 3D-модель печатного узла системы сбора данных, выполненная с использованием программ Altium Designer [2].

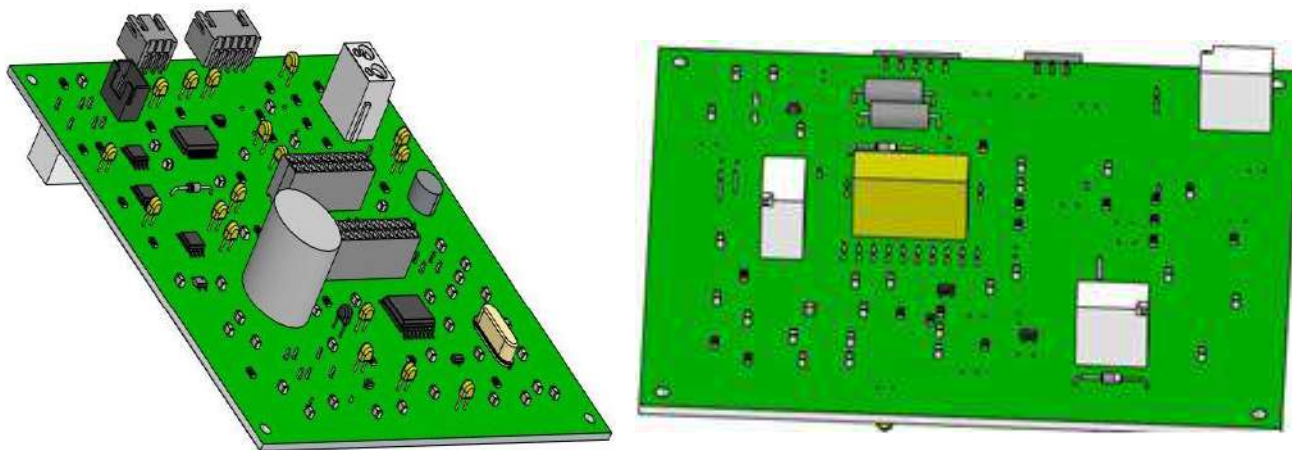


Рис. 3. 3D-модель печатного узла системы сбора данных

При проектировании печатного узла были проведены расчеты объема и массы печатного узла для проверки выполнения требований к массогабаритным показателям, заданным в техническом задании на разработку печатного узла.

Применен двухсторонний монтаж с использованием элементов поверхностного и выводного монтажа. Выбран третий класс точности печатной платы, поскольку печатная плата не имеет строгих требований и это удешевит её производство. В качестве материала печатной платы был выбран стеклотекстолит марки СТФ-2-35-1,5.

Конструкция печатного узла устройства сбора данных соответствует предъявляемым техническим требованиям. Элементная база соответствует заданным функциям и условиям эксплуатации. Устройство целесообразно поместить в пластиковый корпус с отверстиями под разъёмы. [3].

Библиографический список

1. Ангелов, Т. «Система сбора данных на базе модулей FX2LPи DDS-генератора // Радио, 202, №5 – с. 29-38.
2. Борисов, В.Ф. Проектирование РЭС: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.Ф. Борисов, А.А. Мухин, М.Ф. Митюшин, А.Н. Шишков, Ю.В. Чайка. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008.- 96 с.
3. Нефедов, А.В Интегральные микросхемы и их зарубежные аналоги: Справочник. Т.5. / А.В. Нефедов. - М.:КУБК-а,1987.-608 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ НАПРАВЛЕННЫХ МИКРОФОНОВ

И.Е. Тюльгин¹, А.А. Тужилкин², Д.А. Червяков³, К.С. Сычёв⁴

Арзамасский политехнический институт (филиал) НГТУ, г. Арзамас,
¹студент, ²студент, ³студент, ⁴ассистент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;
email: tulailya2018@gmail.com; moonex31@gmail.com; u_7dh@mail.ru;
kir12.2000@yandex.ru

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор,
kitres@apingtu.edu.ru

Представлен технический обзор различных типов направленных микрофонов: параболических, трубчатых, градиентных, фазированных акустических решеток. Рассматриваются принципы их работы, конструктивные особенности и возможности, которые они предоставляют для избирательной записи звука.

Ключевые слова: направленные микрофоны, параболические микрофоны, трубчатые микрофоны, градиентные микрофоны, фазированная решётка, акустический мониторинг.

Звук является важным элементом нашей повседневной жизни, и его качественная запись играет ключевую роль в различных областях. Направленные микрофоны, обладающие узкой диаграммой направленности и высокой чувствительностью, широко используются для захвата звука на значительных расстояниях от источника. Однако качество записи звука может значительно варьироваться в зависимости от расстояния до объекта звукозаписи.

Тем не менее, выбор оптимального микрофона для различных условий эксплуатации — будь то запись в студии или на открытом пространстве — остаётся сложной задачей, требующей тщательного анализа характеристик и возможностей каждого устройства. Задача усложняется тем, что разные модели микрофонов могут иметь уникальные особенности, влияющие на качество записи.

Говоря о направленных микрофонах, подразумевают прежде всего ситуации акустического контроля источников звуков на открытом воздухе, когда эффектом акустической реверберации можно пренебречь. Для таких ситуаций решающим фактором оказывается удаленность источника звука от направленного микрофона, что приводит к значительному ослаблению уровня контролируемого звукового поля.

Рассмотрим основные типы направленных микрофонов, их принципы действия, характеристики, преимущества и недостатки.

Основными характеристиками направленных микрофонов являются:

1) чувствительность – этот параметр зависит от конструкции и типа микрофона. Параболические микрофоны, как правило, имеют высокую чувствительность к звукам, приходящим с фронтальной стороны;

2) частотная характеристика – разные типы микрофонов могут иметь различные частотные диапазоны, что влияет на качество записи. Например, параболические микрофоны могут иметь подъем в сторону высоких частот;

3) направленность. Микрофоны могут быть однонаправленными, всенаправленными или двунаправленными, что определяет их чувствительность к звукам, поступающим из разных направлений [1].

Перечислим основные типы направленных микрофонов.

1. Параболические микрофоны.

Параболические микрофоны – это устройства для фокусировки звука с помощью параболического отражателя, позволяющие улавливать тихие звуки на значительном расстоянии. Принцип их работы основан на способности параболической формы концентрировать звуковые волны: когда звук попадает на параболическую поверхность, он отражается и направляется в фокус параболы, где располагается микрофон. Это обеспечивает сильное усиление слабых сигналов, делая возможной запись чёткого и разборчивого звука даже на значительном удалении от источника.

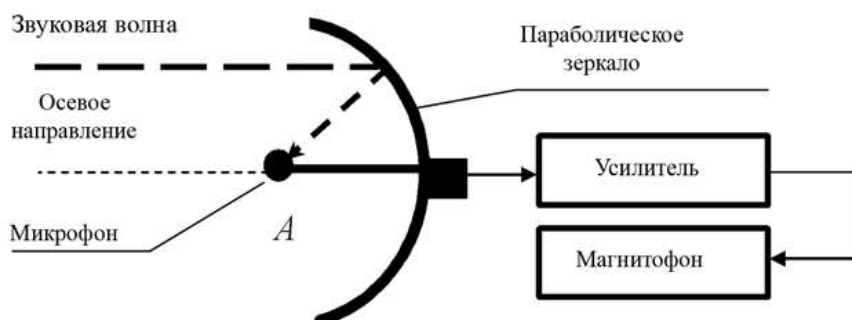


Рис. 1. Схема параболического направленного микрофона



Рис. 2. Параболический направленный микрофон

Основными преимуществами параболических микрофонов являются их способность к захвату звука на дальнем расстоянии, что делает их особенно полезными для записи природы или спортивных мероприятий, а также эффективное подавление боковых шумов – звуки, приходящие с боков и сзади, значительно ослабляются, что помогает минимизировать фоновый шум. Кроме того, параболический отражатель усиливает тихие звуки, что позволяет улавливать малейшие детали даже при большой дистанции.

Однако такие микрофоны имеют и свои недостатки. Они эффективны только для звука, идущего по оси параболы, поэтому любое смещение источника звука приводит к снижению качества записи. Кроме того, параболические микрофоны плохо подходят для низких частот, так как их конструкция наиболее эффективна для средних и высоких частот, а для работы на улице требуются ветрозащитные экраны, так как широкая параболическая тарелка чувствительна к шуму ветра и вибрациям.

2. Трубчатые микрофоны

Трубчатые микрофоны основаны на интерференции звуковых волн, проходящих через щели в трубчатом звуковом тракте. Данный тип микрофонов принимает звуковые волны, исходящие от источников, расположенных на продолжении осевой линии микрофона. Чувствительность к звуковым волнам снижается по мере смещения их источника с продолжения оси устройства. Основная цель трубчатого волновода – избирательно улавливать звук, поступающий с определённого направления, подавляя при этом шумы, приходящие сбоку и сзади.

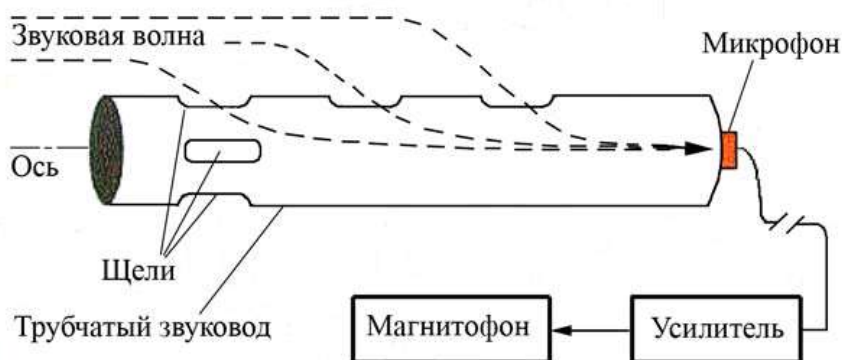


Рис. 3. Схема трубчатого направленного микрофона



Рис. 4. Трубчатый направленный микрофон

Главные преимущества микрофонов с трубчатым волноводом заключаются в высокой направленности: волновод позволяет фокусировать звук, проходящий с нужного направления, делая микрофоны идеальными для записи удалённых объектов и отсеивания посторонних шумов. Они также эффективно подавляют боковые и задние шумы, что делает их полезными в шумных условиях, например, на улице или в толпе, где важно захватить только нужный звук. К тому же эти микрофоны сохраняют качество записи звука на большом расстоянии, что позволяет записывать даже удалённые объекты, не теряя при этом чёткости звука. Это особенно важно при съёмках кино, где нужно уловить диалоги актёров, или при записи интервью на открытом воздухе.

Однако микрофоны с трубчатым волноводом имеют и свои недостатки. Узкая направленность ограничивает угол захвата звука, поэтому такие микрофоны требуют точного позиционирования относительно источника звука, даже малейшее отклонение может снизить качество записи. Длинные трубки также могут усиливать шум ветра, из-за чего требуется обязательное использование ветрозащитных экранов. В закрытых помещениях звук может отражаться от стен, что создаёт нежелательные артефакты и делает их менее эффективными в таких условиях. Кроме того, трубчатый волновод увеличивает габариты и вес микрофона, что может быть неудобно при мобильных съёмках [2].

3. Градиентные микрофоны

Градиентные микрофоны работают на основе измерения разности давления звуковых волн, которые попадают на их диафрагму с разных сторон, что обеспечивает направленную запись. Звуковая волна достигает обеих сторон диафрагмы с различной силой и фазой, что создаёт направленную диаграмму чувствительности. Градиентный микрофон особенно чувствителен к звукам, поступающим спереди, и подавляет звуки, приходящие с боков и сзади. Это происходит потому, что звуки, поступающие сбоку, достигают обеих сторон диафрагмы одновременно, нейтрализуя друг друга и тем самым подавляя нежелательные шумы.

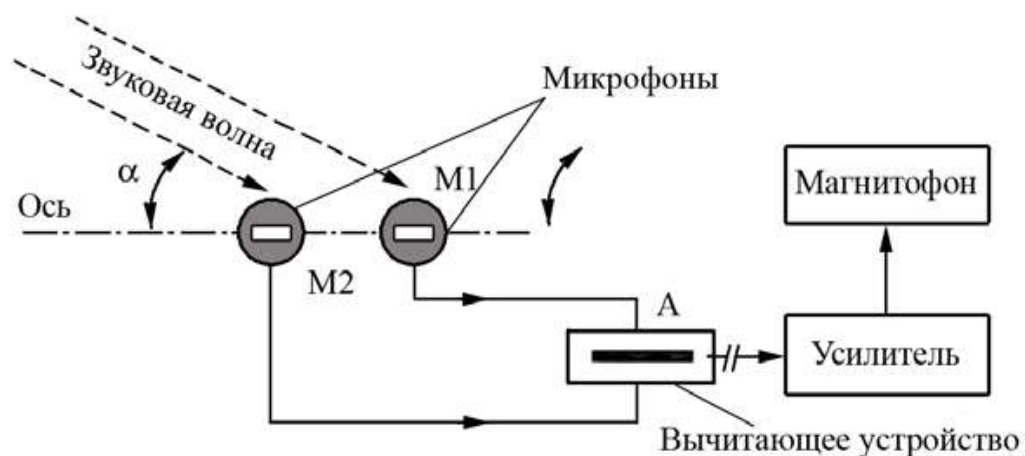


Рис. 5. Схема градиентного микрофона

Основные преимущества градиентных микрофонов включают высокую направленность, что делает их идеальными для записи речи, вокала или инструментов, когда важно захватить звук из конкретного источника и минимизировать фоновый шум. Они широко используются в студийной и сценической записи, а также в полевых условиях, благодаря эффективному подавлению посторонних звуков. Однако такие микрофоны более подвержены шумам ветра и реверберации, особенно на открытом воздухе, и требуют защитных экранов для качественной записи. Кроме того, направленные характеристики лучше всего работают на определённом расстоянии до источника звука, поэтому смещение микрофона или объекта записи может негативно сказаться на качестве звука.

В результате градиентные микрофоны хорошо подходят для направленной записи в контролируемых условиях, таких как студийные и концертные площадки, где важна чёткая, избирательная запись звука с подавлением фонового шума.

4. Плоские акустические фазированные решетки

Принцип работы данного типа устройств реализует идею одновременного приема звукового поля в дискретных точках некоторой плоскости, перпендикулярной к направлению на источник звука. В точках $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$, размещаются либо микрофоны, выходные сигналы которых суммируются электрически, либо, и чаще всего, открытые торцы звуководов, например трубки достаточно малого диаметра, которые обеспечивают синфазное сложение звуковых пален от источника в некотором акустическом сумматоре [3].

Решётка усиливает звук, приходящий из нужного направления, и минимизирует шумы с других сторон, благодаря синхронизации сигналов с учётом фазового сдвига. Когда звуковая волна достигает решётки, она проходит разное расстояние до каждого микрофона, создавая сдвиг фаз. Решётка компенсирует эти сдвиги для звука из выбранного направления, синхронизируя сигналы и тем самым усиливая целевой звук, одновременно подавляя шумы с других направлений. Такой подход позволяет динамически изменять направление «прослушивания» решётки, как бы «фокусируясь» на нужной точке в пространстве.

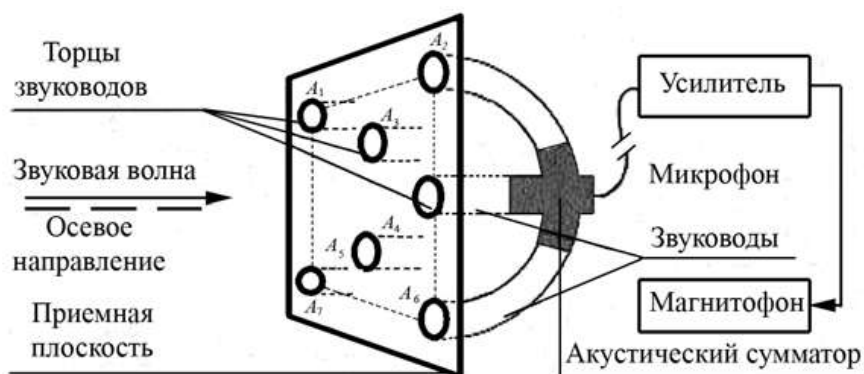


Рис. 6. Схема плоской фазированной акустической решетки

Основные преимущества плоской фазированной акустической решётки включают точную направленность, что позволяет усиливать звук из конкретной зоны, подавляя фоновые шумы, а также способность точно определять направление источника звука, что особенно полезно в робототехнике, системах навигации и акустических системах мониторинга. Современные решётки могут подключаться к программам для анализа звука, что позволяет гибко управлять характеристиками направленности и чувствительности устройства. Тем не менее, такие решётки требуют сложной обработки сигналов, значительной вычислительной мощности и точной калибровки, что увеличивает их стоимость. В закрытых помещениях их эффективность также может снижаться из-за отражения звука от стен.

Сравнительный анализ различных типов направленных микрофонов показывает, что каждый из них обладает уникальными характеристиками и оптимальными условиями для использования: кардиоидные и суперкардиоидные микрофоны подходят для записи речи и вокала в студийных условиях, благодаря их высокому качеству звука и эффективному подавлению бокового шума; параболические микрофоны обеспечивают превосходную дальность захвата, что делает их незаменимыми для работы на открытых площадках и при записи звуков природы; микрофоны с фазированной решёткой, в свою очередь, позволяют точно определять источник звука и обладают адаптивной направленностью, что полезно для сложных задач мониторинга и акустического анализа.

Библиографический список

1. Абалмазов, Э.И. Направленные микрофоны: мифы и реальность // Бюро научно-технической информации: сайт. –1999. –12июля. –URL: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=2&lvl=05.01.02>. (дата обращения: 15.10.2024).
2. Каторин, Ю.Ф. Большая энциклопедия промышленного шпионажа / Ю.Ф. Каторин [и др.] – СПб.: ООО «Издательство «Полигон», 2000. – 856 с.
3. Вахитов, Ш.Я. Динамические микрофоны / Ш. Я. Вахитов – М-во культуры Рос. Федерации. Гос. образоват. учреждение "С.-Петербур. гос. ун-т кино и телевидения". - СПб. : СПбГУКиТ, 2002. - 126 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПЕЧАТНОГО УЗЛА УСИЛИТЕЛЯ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ANSYS ICERACK

Е.А. Юлина

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского
государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;
e-mail: morozowa.k@yandex.ru

Научный руководитель: Шаров В.А., к.т.н., доцент, e-mail: vasharov@mail.ru

В статье представлены результаты анализа теплового режима конструкции печатного узла усилителя обратной связи динамически настраиваемого гироскопа. Описаны методы, применяемые при анализе. Представлена работа с программным пакетом для теплового моделирования.

Ключевые слова: система расчета температурного состояния электронных устройств, тепловой режим печатного узла; теплообмен; метод конечных элементов.

На сегодняшний день к процессу проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) предъявляются высокие требования к качеству и скорости выполняемых работ. Это связано с тем, что рынок радиоэлектроники постоянно развивается и, чтобы оставаться конкурентоспособными, компании должны быстро разрабатывать и внедрять новые продукты. Также современные системы автоматизированного проектирования (САПР) существенно сокращают время разработки и повышают качество продукции [1].

Одним из важных аспектов при проектировании современной РЭА является анализ теплового режима печатного узла (ПУ), тепловых характеристик отдельных компонентов и их взаимодействия друг с другом. Это позволяет определить оптимальные режимы работы устройств, предотвратить перегрев и обеспечить стабильную работу на протяжении всего срока эксплуатации.

Современные САПР предлагают широкий спектр инструментов для анализа и моделирования тепловых процессов. Они позволяют проводить виртуальное тестирование устройств, что значительно сокращает время и затраты на разработку.

Таким образом, анализ и оценка теплового режима являются неотъемлемой частью процесса проектирования РЭА. Правильный подход к решению этой задачи позволяет создавать надежные и эффективные устройства, отвечающие высоким требованиям современного рынка.

В данной работе решается задача по проектированию ПУ усилителя обратной связи (УОС) динамически настраиваемого гироскопа. Данный узел входит в состав системы измерения пространственного положения буровых

скважин. Область применения накладывает жесткие требования по стойкости к воздействию внешних температур, ударов и вибраций.

На основании схемы электрической принципиальной была разработана конструкция ПУ УОС (рис. 1) с размерами 40×160 мм.

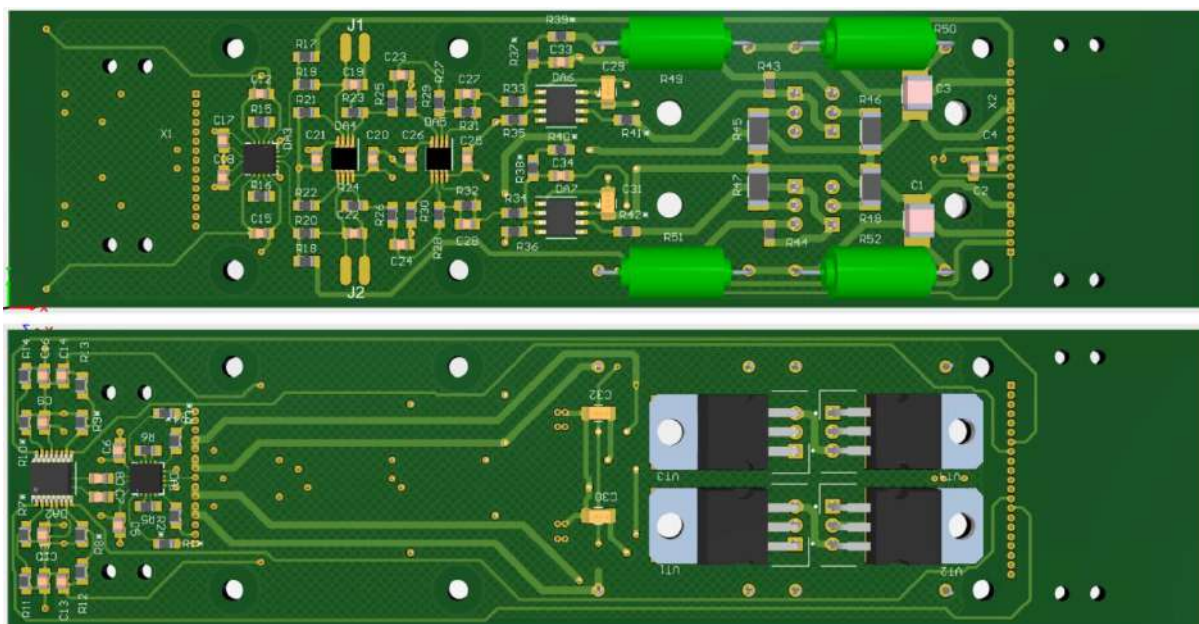


Рис. 1. 3D-модель конструкции ПУ УОС

Учитывая наличие в конструкции каскада мощных биполярных транзисторов VT1-VT4, на следующем этапе было проведено исследование теплового режима ПУ УОС с помощью передовой универсальной системы инженерного анализа и численного моделирования Ansys и встроенного пакета Ansys Icepak. Результаты моделирования при максимальной внешней температуре 100 °С представлены на рис. 2.

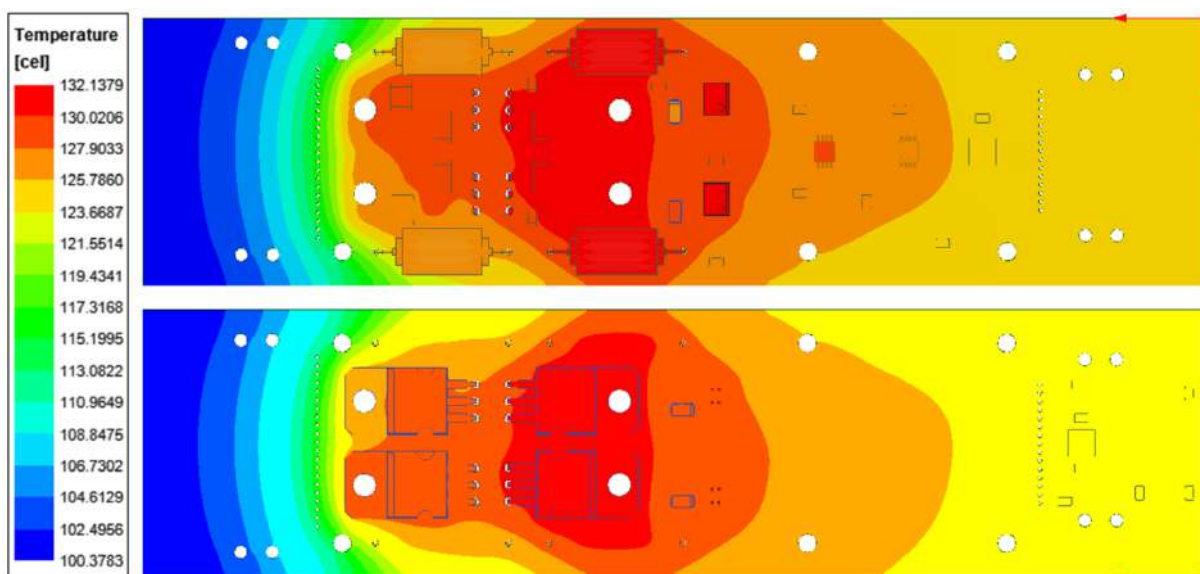


Рис. 2. Картина распределения температурных полей ПУ при 100 °С

В данном случае наблюдается перегрев конструкции. В частности нарушаются режимы эксплуатации транзисторов VT1-VT4, резисторов R49-R52, микросхем DA6, DA7, так как их максимальная рабочая температура не должна превышать 125 °С.

Перегрев конструкции идет за счет транзисторов VT1-VT4. Для снижения температуры на данных транзисторах и исключения их влияния на другие элементы конструкции было принято решение о перекомпоновки конструкции УОС. Учитывая, что УОС содержит два идентичных канала, конструкция устройства была разделена на два ПУ (рис. 3).

Такой вариант позволил вынести выходной каскад транзисторов за пределы ПУ для последующего закрепления его на несущую металлическую раму. Данная рама в свою очередь будет выступать теплоотводом для транзисторов VT1-VT4.

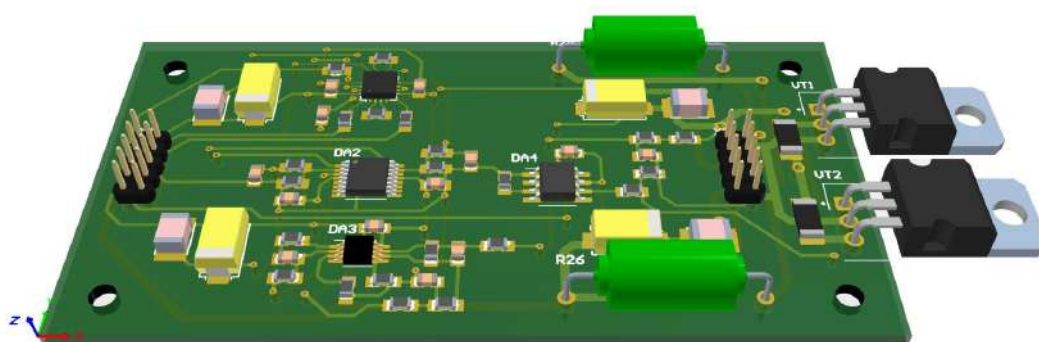


Рис. 3. Модель конструкции ПУ первого канала УОС

Для исследования вносимых улучшений в конструкцию УОС был проведен повторный анализ теплового режима вновь разработанного ПУ. В качестве теплоотвода была установлена металлическая пластина, имитирующая часть несущей рамы блока. На данную пластину через термопрокладку крепятся выходные транзисторы.

Результат исследования в виде распределения температурных полей по ПУ представлен на рис. 4. Температура окружающей среды максимальная рабочая – 100 °С. Наибольшие температуры возникают в зоне выходных транзисторов и составляют 106,5 °С.

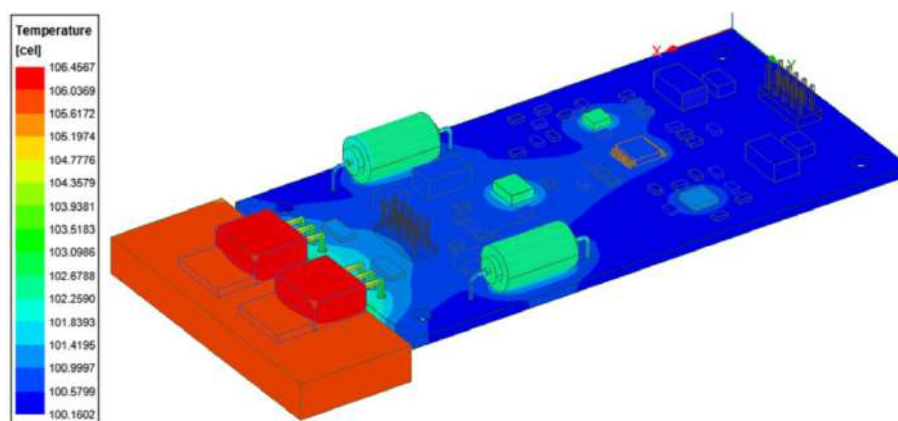


Рис. 4. Распределение температур ПУ первого канала УОС при 100 °С

Полученные значения температур в наиболее жестком режиме эксплуатации говорят об отсутствии перегрева радиоэлементов и конструкции ПУ. Тепловые режимы являются нормальными, дополнительного принудительного охлаждения не требуют.

Библиографический список

1. Муромцев, Д.Ю. Компьютерные технологии для расчета тепловых режимов и механических воздействий: учебное пособие / Д.Ю. Муромцев, О.А. Белоусов – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 88 с.

2. Рыбаков, И.М. Особенности построения анализа модели печатного узла в современных системах инженерного анализа [Текст] // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2015. – Т.1. – С. 179-180.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА МОМЕНТА КОМПЕНСАЦИОННОГО МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ANSYS MAXWELL

М.А. Родимова^{1,2}

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

²ООО «ГТЛАБ», монтажник РЭА и П
Россия, Нижегородская обл., городской округ ЗАТО город Саров,
ул. Шверника, д. 17Б; e-mail: rodimova23@yandex.ru

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор, yampurin@apingtu.edu.ru

В статье предложены рекомендации для разработки/модернизации конструкций магнитоэлектрических датчиков момента, на базе проведенных расчётных исследований в программном комплексе ANSYS Maxwell с помощью метода конечных элементов, позволяющих повысить точность и стабильность компенсационных МЭМС акселерометров.

Ключевые слова: компенсационный акселерометр, МЭМС, магнитоэлектрический датчик момента, ANSYS Maxwell.

В современном приборостроении микроэлектромеханические системы (МЭМС) занимают важное место как одно из перспективных направлений в области миниатюризации групповых технологий. Одним из перспективных направлений среди устройств, построенных на базе групповых технологий микроэлектроники, являются акселерометры, которые применяются для измерения параметров ускорения [1].

Разработка микромеханических акселерометров компенсационного типа измерения с магнитоэлектрической обратной связью сегодня является одним из передовых направлений сферы МЭМС.

Обеспечение высокой точности выходных характеристик приборов данного типа обеспечивается в результате реализации системы компенсации, которая применяется для силовой разгрузки чувствительного элемента (кремниевого маятника), что в свою очередь также обеспечивает эффективную компенсацию возникающих погрешностей.

В статье предложены рекомендации для разработки/модернизации конструкций магнитоэлектрических датчиков момента, на базе проведенных расчётных исследований в программных комплексах с помощью метода конечных элементов, позволяющих повысить точность и стабильность компенсационных МЭМС акселерометров.

Типовая конструкция магнитоэлектрического датчика момента изображена на рис. 1.

Описание конструкции: постоянные магниты – позиция 7, располагаются на корпусах чувствительного элемента, которые изготавливаются из ферромагнитных материалов – позиция 3, 8; медные катушки магнитоэлектрического датчика момента крепятся на маятнике – позиция 1.

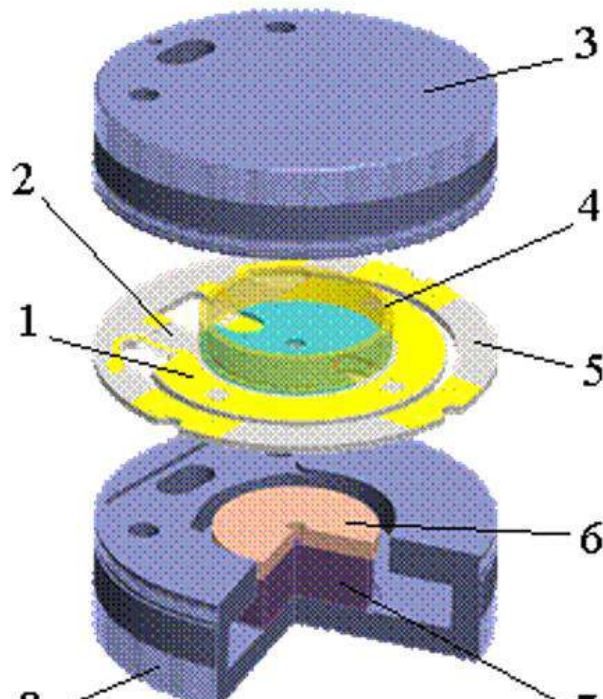


Рис. 1. Магнитоэлектрический датчик момента:

1 – кремниевый маятник; 2 – прямоугольные перемычки; 3 – корпус верхний;
4 – катушки магнитоэлектрического датчика момента; 5 – рамка опорная;
6 – магнитопровод; 7 – постоянный магнит; 8 – корпус нижний.

Данная конструктивная схема построения обеспечивает формирование стесненного магнитного поля, за счёт встречного включения постоянных магнитов (N полюсами), концентрирующая магнитный поток в магнитопроводе и распределяющая линии магнитного потока по стенкам ферромагнитных корпусов чувствительного элемента.

Коэффициент преобразования магнитоэлектрического датчика момента $K_{\text{дм}}$, который определяет точность, а также стабильность измеряемых параметров, рассчитывается на базе закладываемых конструктивных параметров в конструкции (l , w , $l_{\text{ос}}$), развиваемой магнитной индукции в рабочем зазоре B согласно выражению:

$$K_{\text{дм}} = B \cdot l \cdot w \cdot l_{\text{ос}}, \quad (1)$$

где B – магнитная индукция в рабочем зазоре, Тл;

l – средняя длина витка обмотки, м;

w – число витков обмотки, шт.;

$l_{\text{ос}}$ – плечо приложения компенсационной силы, м.

Оценка физических процессов, протекающих в магнитоэлектрическом датчике момента, проводится в программном комплексе ANSYS Maxwell. Программный комплекс применяется для имитационного моделирования при решении двумерных и трехмерных задач электромагнитных полей моделей датчиков, трансформаторов, электро- и электромеханических устройств [2].

Разработка геометрической модели магнитоэлектрического датчика момента проводится во встроенном графическом редакторе Maxwell – Acis, для формирования модели применяются простые двухмерные фигуры, построенные с помощью таких операций как: массив (сечение провода) и симметрия относительно оси перпендикулярной оси чувствительности маятника.

Расчётная модель представлена на рис. 2.

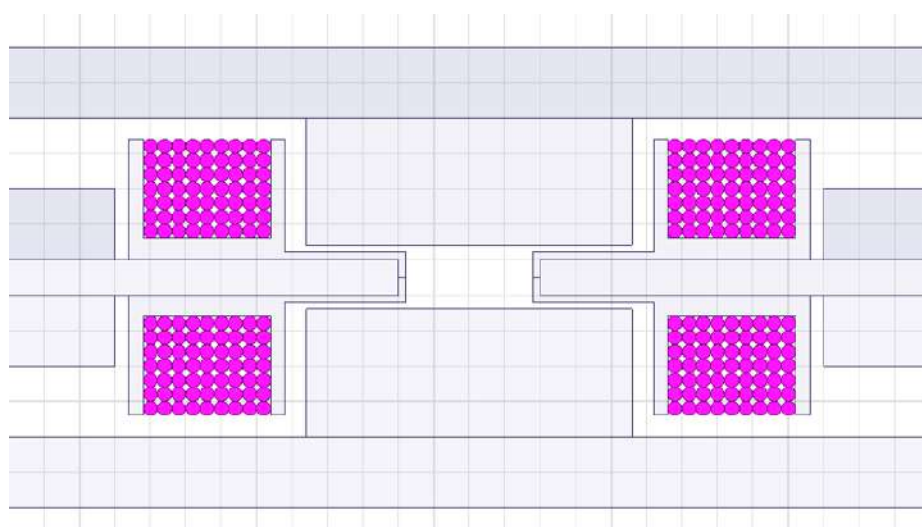


Рис. 2. Расчётная модель в ANSYS Maxwell

В качестве конструктивного материала магнитов принят прецизионный магнито-твердый сплава ЮНДК.

Магнитные характеристики материала (для НУ) [3]:

- остаточная индукция $B_r=1,11$ Тл,
- коэрцитивная сила $H_{cb}=40$ кА/м,
- температурный коэффициент по индукции $\alpha_b=0,02$ %/°С.

При формировании граничных условий в модели соблюдается конструктивная особенность магнитоэлектрического датчика – встречное включение магнитов северными полюсами друг к другу.

Материал магнитопроводов в модели – 50М.

Катушки магнитоэлектрического датчика – провод ПЭТР155 Ø 0,04 мм (материал – медь).

Генерируемая сетка расчётной модели с уменьшением размеров сеточных элементов в рабочем зазоре, а также сечении катушек датчика момента представлена на рис. 3.

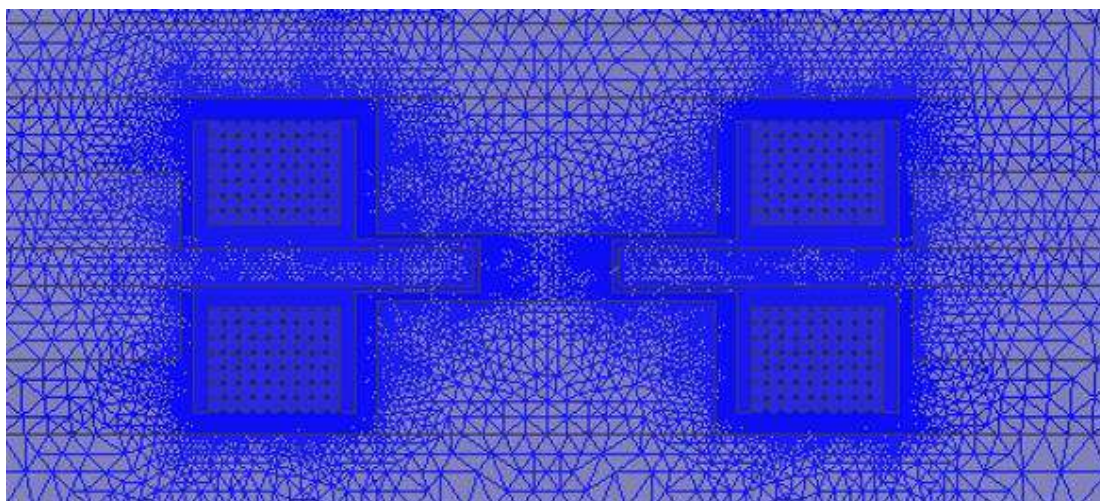


Рис. 3. Генерируемая сетка расчётной модели

Результат оценки развиваемой магнитной индукции в катушках магнитоэлектрического датчика момента, а также линий магнитного потока, формируемых постоянными магнитами, представлен на рис. 4.

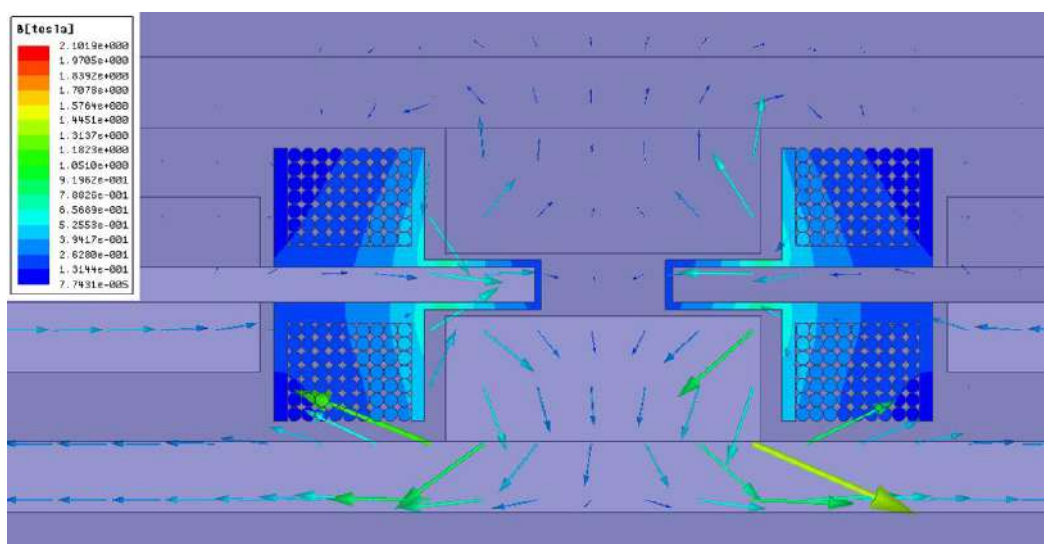


Рис. 4. Эпюры развиваемой магнитной индукции/ линий магнитного потока

Полученные эпюры распределения магнитного потока в расчётной модели подтверждают правильность сформированной расчётной модели и закладываемых граничных условий: линии магнитного потока стесненного магнитного поля распределяются в системе от S полюсов постоянных магнитов, протекая по ферромагнитным корпусам ЧЭ, а также в рабочем зазоре с располагающимся в них обмоткам, и замыкаются на магнитопроводах со стороны северных полюсов магнитов.

Эпюры распределения развиваемой магнитной индукции в сечении катушек магнитоэлектрического датчика момента представлен на рис. 5.

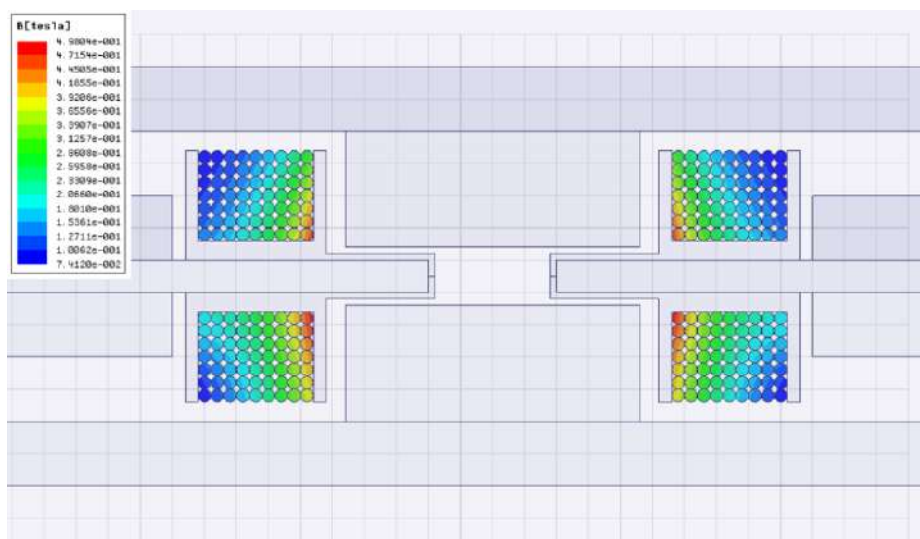


Рис. 5. Распределение магнитной индукции в обмотках

В результате проведенного расчётного анализа определено, что магнитная индукция распределяется в катушках неравномерно:

- максимальная величина магнитной индукции в зоне внутреннего диаметра основания корпуса катушек составляет 0,49 Тл,
- минимальная величина магнитной индукции в зоне внешнего диаметра наружной обмотки корпуса катушек составляет 0,074 Тл.

Полученные результаты неравномерного распределения магнитной индукции в обмотках объясняются конфигурацией и геометрическими размерами элементов магнитоэлектрического датчика момента, и могут быть применимы для выдачи соответствующих рекомендаций для улучшения и модернизации функционального узла.

Так, для достижения наиболее эффективной работы обмоток магнитоэлектрического датчика момента, в результате увеличения активной зоны распределения магнитной индукции и уменьшения потоков рассеивания рекомендуется:

- минимизация размеров рабочего зазора в результате применения катушек меньшего внешнего диаметра (компенсация по длине обмотки достигается в результате увеличения высоты корпусов катушек);
- применение корпусов магнитоэлектрического датчика момента с локальными утолщениями стенок в зоне рабочего зазора, повторяющих высоту корпусов катушек;
- применение в системе материалов магнитов большей намагниченности.

Для более точной количественной оценки влияния указанных рекомендаций на коэффициент преобразования магнитоэлектрического датчика момента методом конечных элементов в ANSYS Maxwell необходимо проведение моде-

лирования с учётом протекания тока в обмотках и расчёта формируемой магнитоэлектрической силы.

Библиографический список

4. Распопов, В.Я. Микромеханические приборы / В.Я. Распопов. – М.: Машиностроение, 2007 г. – 400 с.

5. Андреева Е.Г. Конечно-элементный анализ стационарных магнитных полей с помощью программного пакета ANSYS: учеб.пособие / Е. Г. Андреева, С. П. Шамец, Д. В. Колмогоров – Омск: Изд-во ОмГТУ 2002.- 92 с.

6. ГОСТ 17809-72 -2001. Материалы магнитотвердые литые. Марки. – Взамен ГОСТ 9575-60; введ. 1974 – 01 – 01. – Москва: Изд-во стандартов, 1974. – 7 с.

Секция 4. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ

РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТА

И.А. Андриянов¹, В.А. Емельянов²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,¹ студент,
Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»,
² студент;

Россия, Нижегородская область, г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

Россия, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23;

e-mail: etvpm@yandex.ru

Научный руководитель: Емельянова Т.В., к.т.н., доцент, etvpm@yandex.ru

В статье рассмотрены разработка и принцип работы сценария движения объекта, которые помогают моделировать движение объекта в реальных условиях.

Ключевые слова: сценарии движения объектов, навигационные спутники, файл траектории, моделирование, объект моделирования.

Разработка сценариев движения объектов является актуальной задачей. Сценарии предназначены для воспроизведения реальной ситуации движения объекта за определенный период времени. Точность и задержки определения координат могут играть важную роль в разработке алгоритмов движения различных объектов [1-3]. Поэтому рекомендуется при создании сценария, воспроизводящего реальную ситуацию, использовать файлы оперативной информации в формате RINEX.

Под созданием сценария понимается создание совокупности исходных файлов информации. Информация из навигационных сообщений спутников может быть зафиксирована наземными приемниками и преобразована в файлы определенного формата. Исходными данными для программы «Создание и просмотр сценариев» являются (рис.1):

- общие параметры сценария;
- условия распространения радиоволн;
- параметры траектории;
- параметры антенны.

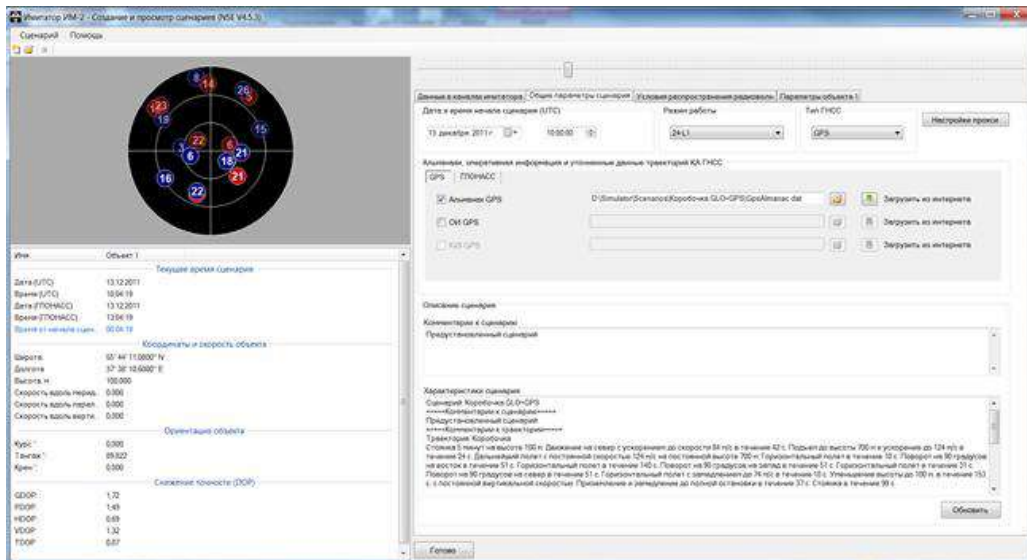


Рис. 1. Создание и настройка сценариев

Основными данными сценария являются:

- название сценария;
- файл траектории и описание участков траектории;
- технические данные сценария;
- моделирование (учет) ионосферных и тропосферных задержек;
- комментарии к сценарию.

Схематично механизм выбора файлов и порядок выполнения расчетов в программе «Создание и просмотр сценариев» представлен на рис. 2.

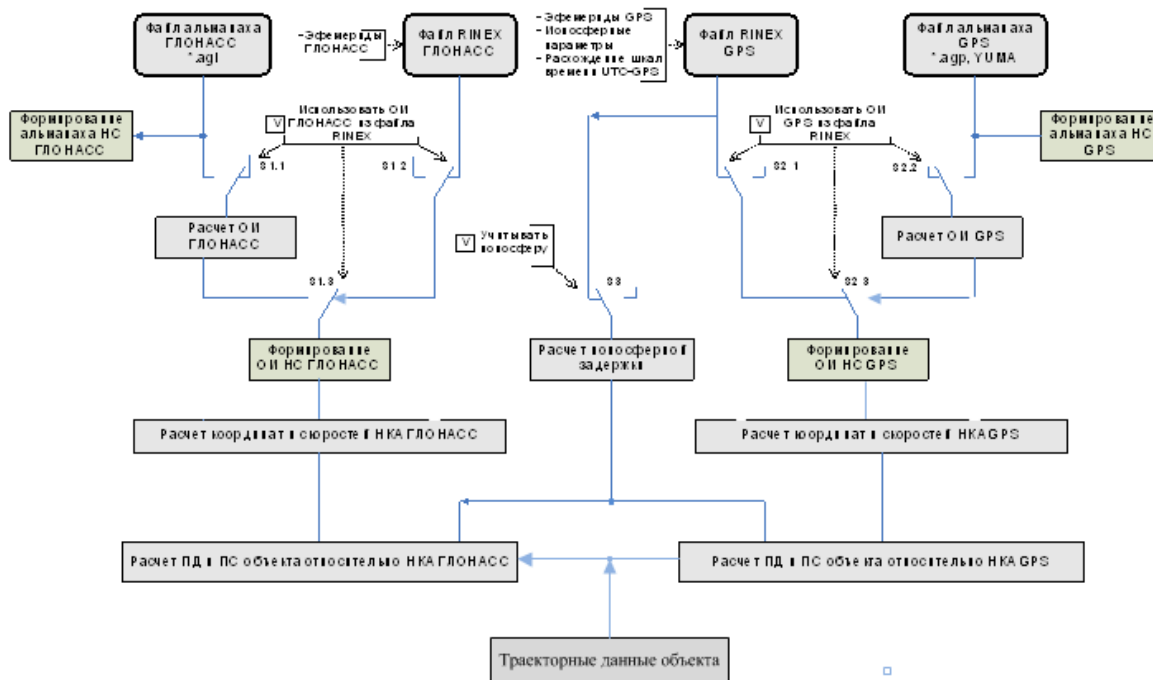


Рис. 2. Создание и просмотр сценариев

Файл траектории по точкам создается отдельно от программы моделирования. В файле для каждого шага моделирования представлены значения коор-

динат X_i, Y_i, Z_i , проекций скоростей объекта (V_{xi}, V_{yi}, V_{zi}) в геоцентрической системе координат, выраженные в метрах и метрах в секунду соответственно, а также углы курса (Ψ_i), тангажа (Θ_i) и крена (Γ_i), выраженные в радианах. Помимо данных по координатам, скоростям и углам, в файле, в закодированном виде указываются вид системы координат, и интервал времени, через который производится расчет значений координат и скоростей в секундах (длительность шага или шаг).

После выбора файла траектории из него считываются длительность временного шага, вид системы координат и рассчитывается длительность сценария. Указанные значения отображаются в соответствующих полях окна и не подлежат изменению (рис.3).

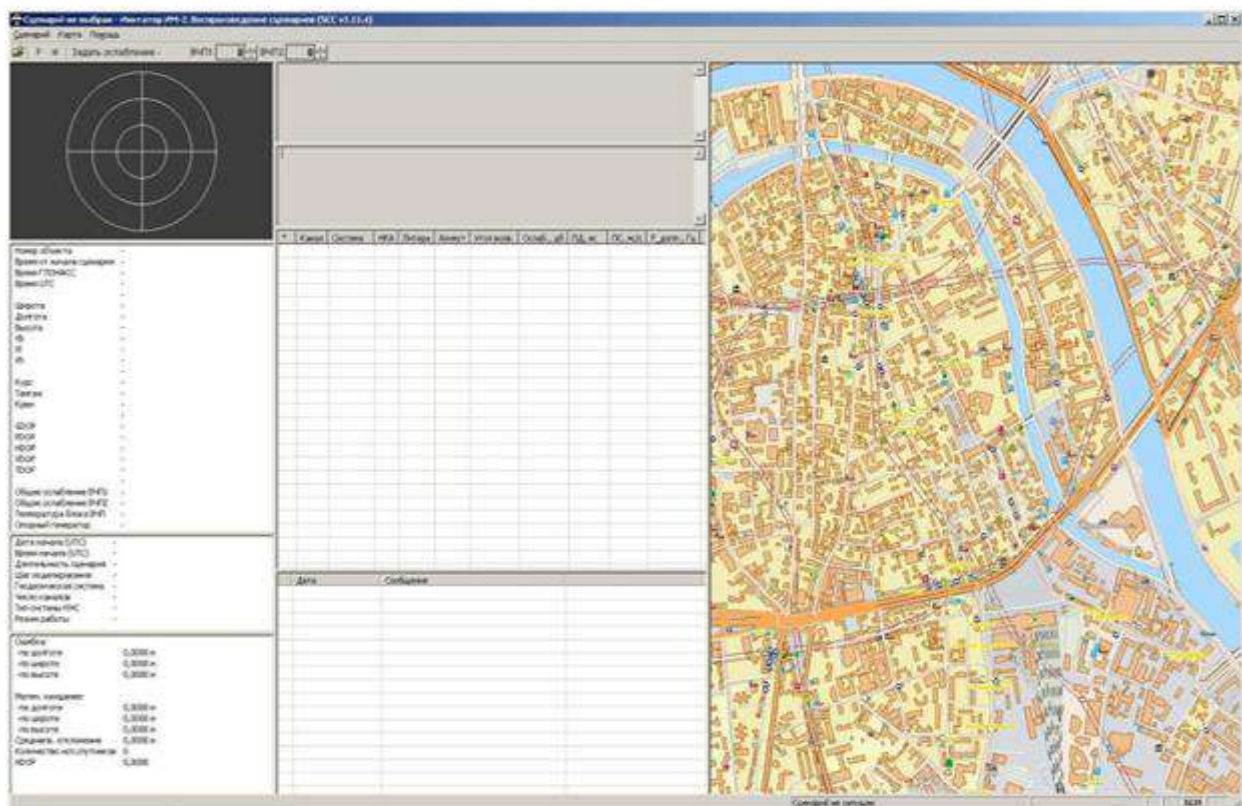


Рис. 3. Вид окна с меню «Сценарий»

В правом столбце индицируются выбранные спутники, их распределение по каналам, присвоенные им литеры (для ГЛОНАСС), углы возвышения, азимуты, а также рассчитанные для каждого из спутников значения ослабления сигнала, псевдодальности и псевдоскорости относительно текущего положения объекта.

Ход выполнения программы моделирования контролируется с помощью полосы прокрутки, а также путем слежения за выходными данными, отображаемыми в соответствующей вкладке.

Загрузив готовый сценарий, можно не только просмотреть его исходные данные, но и просмотреть смоделированные выходные данные, полученные на каждом шаге моделирования.

Данные по координатам и скоростям объекта, индицируемые в окне, обновляются 10 раз в секунду.

В результате выполнения программы моделирования формируется множество бинарных и текстовых файлов.

Для просмотра и передачи полученного сценария полета летательного аппарата была использована функция для создания каталога, куда будут сохраняться текстовые документы с полученными сценария.

В результате проделанной работы было разработано универсальное программное обеспечение для реализации различных сценариев для объектов, связанных с моделированием полета летательного аппарата

Библиографический список

1. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / Под ред. В.Н. Харисова, А.И. Перова, В.А. Болдина. - М.: ИПРЖР, 1998.
2. Кринецкий, Е.И. Системы самонаведения / Кринецкий Е.И. - М.: Машиностроение, 1970.
3. Липкин, И.А. Спутниковые навигационные системы / Липкин И.А. - М.: Вузовская книга, 2001.

ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ВЗАИМНОЙ ЮСТИРОВКИ АСТРОВИЗИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА И БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

М.Д. Бочкарева

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-mail:
mariapple6780@gmail.com

Научный руководитель: Пакшина Н.А., к.т.н., доцент, Nataliapakshina@mail.ru

В статье рассмотрен способ взаимной юстировки, условия наблюдаемости, а также состав стенда взаимной юстировки.

Ключевые слова: взаимная юстировка, астровизирующее устройство, согласование связанных осей, коллиматор, гексапод.

Бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) обеспечивает определение навигационных параметров летательного аппарата, таких как координаты, скорость и угловая ориентация объекта путем интегрирования измеренного ускорения и угловой скорости [1]. К достоинствам БИНС можно отнести автономность, помехоустойчивость, непрерывность информации (высокая скорость получения навигационных данных), которые позволяют существенно повысить технические характеристики навигационных систем летательного аппарата.

Основной недостаток БИНС – неограниченный рост погрешностей определения навигационной информации в течение времени функционирования, обусловленный инструментальными погрешностями блока инерциальных чувствительных элементов (БЧЭ), в состав которого входят датчики угловых скоростей (ДУС) и датчики линейных ускорений – акселерометры.

Астровизирующее устройство (АВУ) обеспечивает компенсацию ошибок БИНС по угловой информации, которые накапливаются пропорционально времени полета. АВУ позволяет ограничить темп накопления ошибок БИНС и обеспечить повышение точности определения БИНС координат и углов в режиме автономной навигации без поддержки средств ГЛОНАСС/GPS.

АВУ позволяет обеспечить точные измерения параметров ориентации в инерциальном пространстве в произвольный момент времени (без накопления ошибок со временем).

Взаимная юстировка разных измерителей параметров ориентации – это задача, требующая точного определения взаимного расположения и ориентации осей этих измерителей. Это может быть преобразование поворота или коррекции ортогональности осей. В статье рассмотрена взаимная юстировка связан-

ных осей астровизирующего устройства и бесплатформенной инерциальной навигационной системы.

Расчет взаимного расположения собственных осей БИНС и АВУ, предлагается производить следующим образом. В соответствии с уравнениями БИНС по заданным начальным условиям и измерениями инерциальных датчиков рассчитывается ориентация связанной системы координат (ССК_{БИНС}) относительно Земной системы координат (ЗСК_{БИНС}), полученные параметры ориентации обозначим – $\Lambda_{1g}^{\text{бинс}}$, где индекс «1» обозначает ССК_{БИНС}, а индекс «g» обозначает ЗСК_{БИНС}. АВУ измеряет ориентацию собственной связанной системы координат (ССК_{АВУ}) относительно некоторой Земной системы координат (ЗСК_{АВУ}), полученные параметры ориентации обозначим – $\Lambda_{1_{\text{АВУ}}g_{\text{АВУ}}}^{\text{аву}}$, где индекс «1_{АВУ}» обозначает ССК_{АВУ}, а индекс «g_{АВУ}» обозначает ЗСК_{АВУ}. Запишем уравнение, которое связывает параметры ориентации АВУ и БИНС:

$$\Lambda_{1_{\text{АВУ}}g_{\text{АВУ}}}^{\text{аву}} = \Lambda_{1_{\text{АВУ}}1} \circ \Lambda_{1g}^{\text{бинс}} \circ \Lambda_{gg_{\text{АВУ}}}.$$

Здесь $\Lambda_{1_{\text{АВУ}}1}$ – рассогласование связанных осей, $\Lambda_{gg_{\text{АВУ}}}$ – рассогласование Земных осей. Для дальнейшего анализа будем полагать рассогласования малыми величинами и обозначим их с помощью векторов малого поворота, $\Lambda_{1_{\text{АВУ}}1} = \langle \vec{\alpha} \rangle$ и $\Lambda_{gg_{\text{АВУ}}} = \langle \vec{\varepsilon} \rangle$. Таким образом, получаем равенство:

$$\Lambda_{1_{\text{АВУ}}g_{\text{АВУ}}}^{\text{аву}} = \langle \vec{\alpha} \rangle \circ \Lambda_{1g}^{\text{бинс}} \circ \langle \vec{\varepsilon} \rangle.$$

Причем здесь операция $\langle \cdot \rangle$ обозначает переход от вектора малого поворота к параметрам ориентации, например для записи ориентации в кватернионах [2] или матрицах направляющих косинусов:

$$\langle \vec{\alpha} \rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \alpha_x / 2 \\ \alpha_y / 2 \\ \alpha_z / 2 \end{bmatrix}, \quad \langle \vec{\varepsilon} \rangle = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \alpha_z & -\alpha_y \\ -\alpha_z & 0 & \alpha_x \\ \alpha_y & -\alpha_x & 0 \end{bmatrix}.$$

Далее примем вектор оцениваемых параметров $x = [\vec{\alpha} \quad \vec{\varepsilon}]^T$ и запишем уравнение измерений в виде невязки по ориентации.

$$\langle \vec{e}(n) \rangle = \langle \vec{\alpha} \rangle \circ \Lambda_{1g}^{\text{бинс}}(n) \circ \langle \vec{\varepsilon} \rangle \circ \overline{\Lambda_{1_{\text{АВУ}}g_{\text{АВУ}}}^{\text{аву}}}(n).$$

Будем искать такую оценку $x = [\vec{\alpha} \quad \vec{\varepsilon}]^T$, которая минимизирует сумму квадратов невязок по всем измерениям ориентации АВУ и БИНС.

$$\sum_{n=1}^N \|\vec{e}(n)\|^2 \rightarrow \min.$$

Для анализа наблюдаемости найдем матрицу частных производных невязки $H(n) = \left[\frac{\delta \bar{e}(n)}{\delta x} \right]$ и запишем условие наблюдаемости. Для упрощенного дифференцирования выражения невязки будем предполагать, что оцениваемые величины $\bar{\alpha}$, $\bar{\epsilon}$ равны нулю. Тогда получим:

$$H(n) = \begin{bmatrix} E & \Lambda_{lg}^{\text{бинс}}(n) \end{bmatrix}.$$

Обозначим матрицу наблюдаемости: $T = \begin{bmatrix} H(n) \\ H(n+1) \\ H(n+2) \\ \vdots \end{bmatrix}.$

Рассмотрим условие наблюдаемости, в соответствии с которым ранг матрицы T должен быть не менее размерности вектора искомых параметров. В начальном положении, когда доступно одно измерение ориентации АВУ и БИНС

$\text{rank}[H(n)] = 3$, после одного поворота $\text{rank} \begin{bmatrix} H(n) \\ H(n+1) \end{bmatrix} = 5$. После двух поворотов

вокруг разных осей и получения как минимум трех измерений ориентации АВУ и БИНС, выполняется условие наблюдаемости всех шести оцениваемых пара-

метров $\text{rank} \begin{bmatrix} H(n) \\ H(n+1) \\ H(n+2) \end{bmatrix} = 6$.

Оценка $x = [\bar{\alpha} \quad \bar{\epsilon}]^T$ по критерию минимизации суммы квадратов невязки может быть сделана рекуррентным методом наименьших квадратов.

$$S = H(n)P(n-1)H(n)^T + R,$$

$$K = P(n-1)H(n)^T / S,$$

$$P(n) = P(n-1) - KH(n)P(n-1),$$

$$x(n) = x(n-1) + K(\bar{0} - \bar{e}(n)).$$

Где, R – матрица ковариации ошибок измерений, P – матрица ковариации ошибок оценки состояния.

Взаимная юстировка проводится по звездному небу или с использованием имитатора звездного неба. Наземные испытания по звездному небу проводятся в темное время суток при ясной погоде, обеспечивающей видимость звезд. Для функционирования АВУ по звездному небу требуется:

- 1) наблюдаемость звездного неба, отсутствие солнечной засветки, тумана и облачности;

2) точное определение априорных параметров ориентации относительно поверхности Земли и геодезических координат для сопоставления видимых объектов со звездным каталогом;

3) точное время UTC для перехода к эпохе, в которой хранится звездный каталог с учетом модели движения Земли.

Для проведения взаимной юстировки БИНС и АБУ вне зависимости от возможности наблюдать звездное небо предназначен стенд взаимной юстировки. Стенд взаимной юстировки (рис. 1) можно условно разбить на 4 основных узла:

1) блок коллиматоров, предназначенный для моделирования изображений звезд в поле зрения исследуемого прибора;

2) гексапод, предназначенный для обеспечения поворотов полезной нагрузки вокруг фиксированного центра вращения на заданные углы с заданной точностью;

3) опорная конструкция, состоящая из оптического стола с демпфирующей прокладкой, на котором установлена жесткая опора и держатели для коллиматоров, и светозащитной конструкции, предназначенной для подавления паразитных засветок;

4) пульт управления.

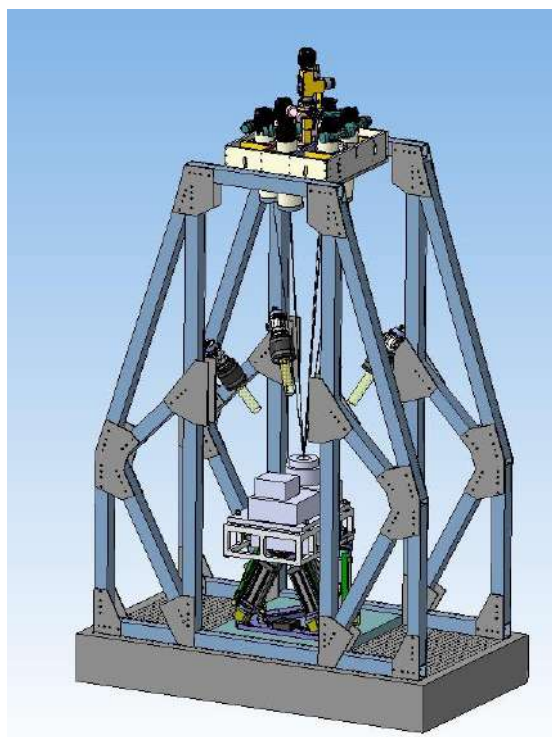


Рис. 1. 3D-модель стенда

Моноблок с закрепленными на нем БИНС и АБУ устанавливается на платформу гексапода, так чтобы центр вращения оказался на поверхности входного иллюминатора АБУ. Использование гексапода в качестве поворотно-

го механизма обусловлено возможностью программной настройки координат центра вращения.

В случае функционирования АВУ по излучению блока коллиматоров используется отдельный технологический режим со специальным звездным каталогом (соответствующим положению коллиматоров). В этом случае АВУ формирует углы ориентации относительно системы координат связанной с осями стенда взаимной юстировки. Для обеспечения юстировки требуется точная привязка положения осей стенда взаимной юстировки относительно нормальной Земной системы координат. Общее время автономного функционирования необходимо сокращать для обеспечения высокой точности счисления углов ориентации БИНС.

Движения, задаваемые на стенде, обуславливаются возможностями гексапода и конструкцией блока коллиматоров. Для исключения динамических погрешностей от задержки требуется, чтобы в момент измерений гексапод находился в неподвижном состоянии.

Проведены испытания и получены результаты оценки углов взаимной ориентации от времени (рис.2), при этом точность и повторяемость результатов соответствует точности БИНС и АВУ.

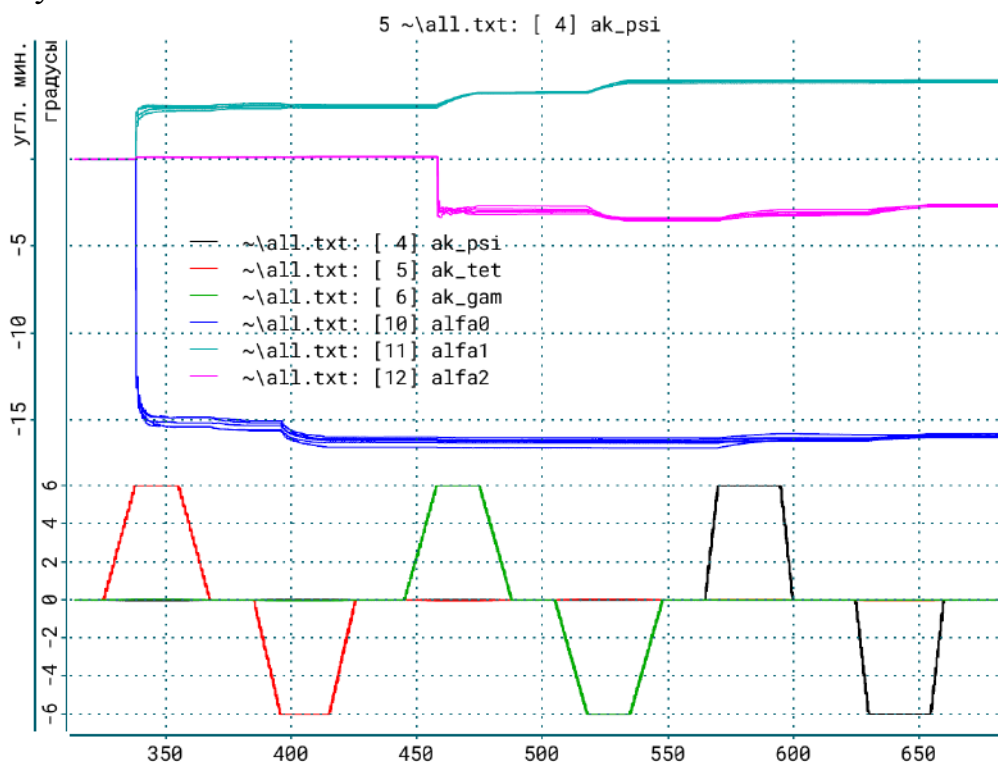


Рис.2. Оценки углов взаимной ориентации от времени
(угл. мин, измеренные углы АВУ, град.)

В дальнейшем планируется усовершенствование метода юстировки с целью повышения точности и алгоритма комплексирования с АВУ, исследо-

вание влияния различных параметров, например температуры, на результаты испытаний.

Таким образом, предложенный способ взаимной юстировки АБУ и БИНС обеспечивает нахождение оценок углов взаимной ориентации, которые используются для оценки точности измерений.

Библиографический список

1. Матвеев, В.В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов. – М.: «Электроприбор», 2009. – 280 с.

2. Амелькин, Н.И. Кинематика и динамика твердого тела / Амелькин Н.И. – Москва, 2000. – 80 с.

УТОЧНЕНИЕ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В.С. Бочков¹

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р. Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;
e-mail: vladimir.bochkov2001@gmail.com
Научный руководитель: Емельянова Т.В., к.т.н., доцент, etvpm@yandex.ru

В данной статье рассматривается задача уточнения навигационных параметров по измерениям оптической системы с использованием расширенного фильтра Калмана. В статье изложены теоретическая информация, особенности реализации алгоритма, пример работы алгоритма и результаты статистического анализа.

Ключевые слова: инерциальная навигация, оптическая система, погрешности, расширенный фильтр Калмана, моделирование, цифровой математический комплекс.

Термин «навигация» (от лат. Navigo – плыву на корабле) может быть переведен как искусство кораблевождения. В настоящее время под навигацией понимают теорию и практику вождения по заданному маршруту таких подвижных объектов, как самолеты, ракеты, морские суда, подводные лодки, космические аппараты и т.д. Под навигацией в узком смысле слова понимается определение текущих координат местоположения объекта[3].

По принятой классификации различают три типа методов навигации:

- обзорно-сравнительные методы;
- методы поверхностей и линий положения (позиционный метод);
- методы счисления пути.

Инерциальная навигация – это один из методов счисления пути, основанный на свойствах инерции тел. Методы инерциальной навигации заключаются в определении ускорений и угловых скоростей движущегося объекта, с помощью установленных на нем приборов и устройств, и в решении задач навигации, ориентации и управления на основе полученных данных. Практическая реализация этих методов заключается в создании специального технического комплекса – инерциальной навигационной системы (ИНС).

Преимущества методов инерциальной навигации состоят в автономности, помехозащищённости и возможности полной автоматизации всех процессов навигации. Однако все методы счисления пути имеют общий недостаток – погрешности вычисления координат растут пропорционально времени [1, 5]. При этом методы, не относящиеся к методам счисления пути, не обладают достаточной автономностью, чтобы использовать их как полноценную навигационную систему. Поэтому в современных летательных аппаратах обычно используется ИНС, дополненная другой навигационной системой, что позволяет периодически сбрасывать накопленную ошибку вычисления координат.

В данной работе для уменьшения ошибки вычисления координат объекта используется оптическая система, рассчитывающая углы пеленга на объект с заранее известными координатами, выступающий в роли ориентира. Углы пеленга рассчитываются в системе координат, связанной с аппаратом [7].

Известны следующие величины:

- углы пеленга на ориентир \bar{Z} ;
- точные координаты ориентира $\bar{X}^{orientir}$;
- текущие координаты ЛА \bar{X}^{tek} , вычисленные с погрешностью.

Обозначим за X ошибку вычисления текущих координат. Тогда рассматриваемая задача описывается следующей системой:

$$\begin{cases} X_{k+1} = X_k + w_k \\ Z_{k+1} = h(X_{k+1}, X^{tek}, X^{orientir}) + v_{k+1} \end{cases},$$

где $h(\bar{X}_{k+1}, \bar{X}^{tek}, \bar{X}^{orientir}) = \begin{bmatrix} \arctan\left(\frac{D_z}{D_x}\right) \\ \arctan\left(\frac{D_y}{D_x}\right) \end{bmatrix};$

$$\bar{D} = \begin{bmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \end{bmatrix} = A_{1g} (\bar{X}^{orientir} - (\bar{X}^{tek} + \bar{X}_{k+1}));$$

w и v – гауссовский белый шум;

D – вектор из текущего скорректированного местоположения ЛА в местоположение ориентира;

A_{1g} – матрица направляющих косинусов перехода из земной системы координат в связанную (описана в [6]).

Для наглядности принцип работы алгоритма схематически представлен на рис. 1. Здесь толстая линия обозначает истинную траекторию движения ЛА, тонкая – траекторию, вычисленную ИНС, штриховой прямоугольник – скорректированное фильтром местоположение летательного аппарата.

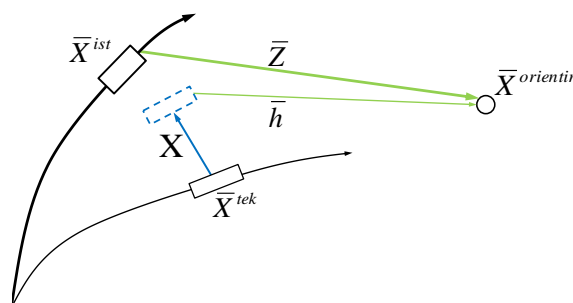


Рис. 1. Принцип действия алгоритма работы оптической системы

Так как фильтр Калмана может быть применен только к линейным системам, для решения данной задачи была применена его модификация, известная как расширенный фильтр Калмана (Extended Kalman Filter). Данная модификация фильтра Калмана была описана в [4].

Рассмотрим систему:

$$\begin{cases} X_{k+1} = f(X_k) + w_k \\ Z_{k+1} = h(X_{k+1}) + v_{k+1} \end{cases},$$

где X_k – вектор состояния;

Z_k – вектор наблюдения;

w_k – шум системы;

v_k – шум измерений;

$f(X_k)$ – функция перехода системы;

$h(X_k)$ – функция измерений.

Чтобы линеаризовать рассматриваемую систему, зададим матрицы F и H в следующем виде:

$$F = \frac{\partial f}{\partial X}, \quad H = \frac{\partial h}{\partial X}.$$

Применив расширенный фильтр Калмана к рассматриваемой системе, получим, что матрица F является единичной, а матрица H примет вид:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{A_{lg}(3,1)D_x + A_{lg}(1,1)D_z}{D_x^2 + D_z^2} & \frac{A_{lg}(3,2)D_x + A_{lg}(1,2)D_z}{D_x^2 + D_z^2} & \frac{A_{lg}(3,3)D_x + A_{lg}(1,3)D_z}{D_x^2 + D_z^2} \\ -\frac{A_{lg}(2,1)D_x + A_{lg}(1,1)D_y}{D_x^2 + D_y^2} & -\frac{A_{lg}(2,2)D_x + A_{lg}(1,2)D_y}{D_x^2 + D_y^2} & -\frac{A_{lg}(2,3)D_x + A_{lg}(1,3)D_y}{D_x^2 + D_y^2} \end{bmatrix}.$$

В результате процесс фильтрации описывается следующими формулами:

$$\begin{aligned} P_{k+1/k} &= P_k + Q_k, \\ K_{k+1} &= P_{k+1/k} H_{k+1}^T (H_{k+1} P_{k+1/k} H_{k+1}^T + R_{k+1})^{-1}, \\ P_{k+1} &= (I - K_{k+1} H_{k+1}) P_{k+1/k}, \\ X_{k+1} &= X_k + K_{k+1} (Z_{k+1} - h(X_{k+1}, X^{\text{tek}}, X^{\text{orientir}})). \end{aligned}$$

где матрица $P_{k+1/k}$ – априорная (то есть несет в себе информацию о ковариации ошибок оценивания на основе измерений в моменты 1, 2, ..., k), а P_{k+1} – апостериорная (уточнена с учетом k+1-ого измерения)[2].

Коррекция координат происходит согласно следующим формулам:

$$X^{\text{tek}} = f_1(B^{\text{tek}}, L^{\text{tek}}, H^{\text{tek}})$$

$$X^{\text{tek}, \text{cor}} = X^{\text{tek}} + X_{k+1}$$

$$[B^{\text{tek}, \text{cor}}, L^{\text{tek}, \text{cor}}, H^{\text{tek}, \text{cor}}] = f_2(X^{\text{tek}, \text{cor}})$$

где f_1 – функция преобразования геодезических координат в земные прямоугольные, f_2 – земных прямоугольных координат в геодезические.

Для решения поставленной задачи был использован язык программирования С и среда разработки Microsoft Visual Studio. Для обработки собранной статистики использовался язык программирования Matlab.

Описанный выше алгоритм оценки ошибки вычисления координат был реализован в составе ЦКМ (цифровой комплекс математический), принцип работы которого представлен на рис. 2.

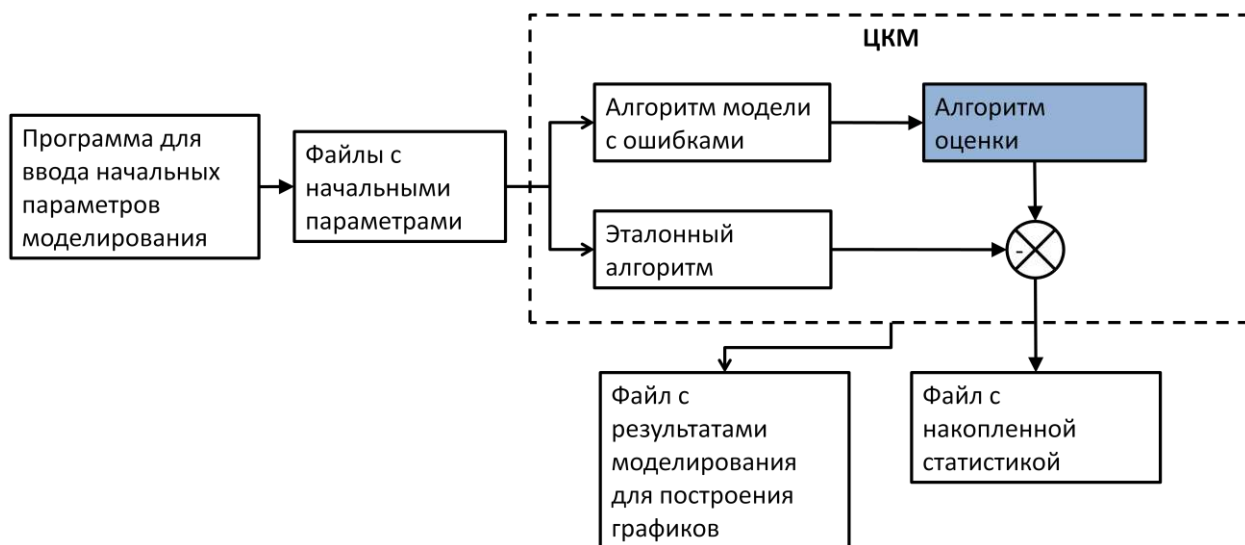


Рис. 2. Схема работы программного обеспечения.

В составе ЦКМ выполняется несколько алгоритмов:

- эталонный алгоритм вычисляет истинные навигационные параметры;
- алгоритм модели работает с учетом ошибок реального ЛА;
- разработанный в ходе данной работы алгоритм оценки оценивает ошибку вычисления координат алгоритма модели.

По завершению моделирования результаты всех алгоритмов выводятся в файл и их можно просмотреть через программу-построитель графиков. Кроме того информация об ошибке вычисления координат добавляется в файл со ста-

тистикой. После накопления нужного количества данных, собранная информация обрабатывается с помощью программы на языке Matlab.

Было проведено моделирование на ЦКМ, при следующих заданных ошибках блока чувствительных элементов (БЧЭ) (табл. 1).

Таблица 1

Значение ошибок БЧЭ

Вид ошибки	Значение
Нулевой сигнал блока акселерометров	0,05 м/с ²
Нулевой сигнал блока датчиков угловых скоростей (ДУС)	150 градусов/час
Масштабный коэффициент блока акселерометров	0,3%
Масштабный коэффициент блока ДУС	0,3%
Неортогональность блока акселерометров	2 угловые минуты
Неортогональность блока ДУС	2 угловые минуты
Нестабильность нулевого сигнала ДУС в запуске	20 градусов/час

В результате моделирования были получены следующие результаты (рис. 3, 4).

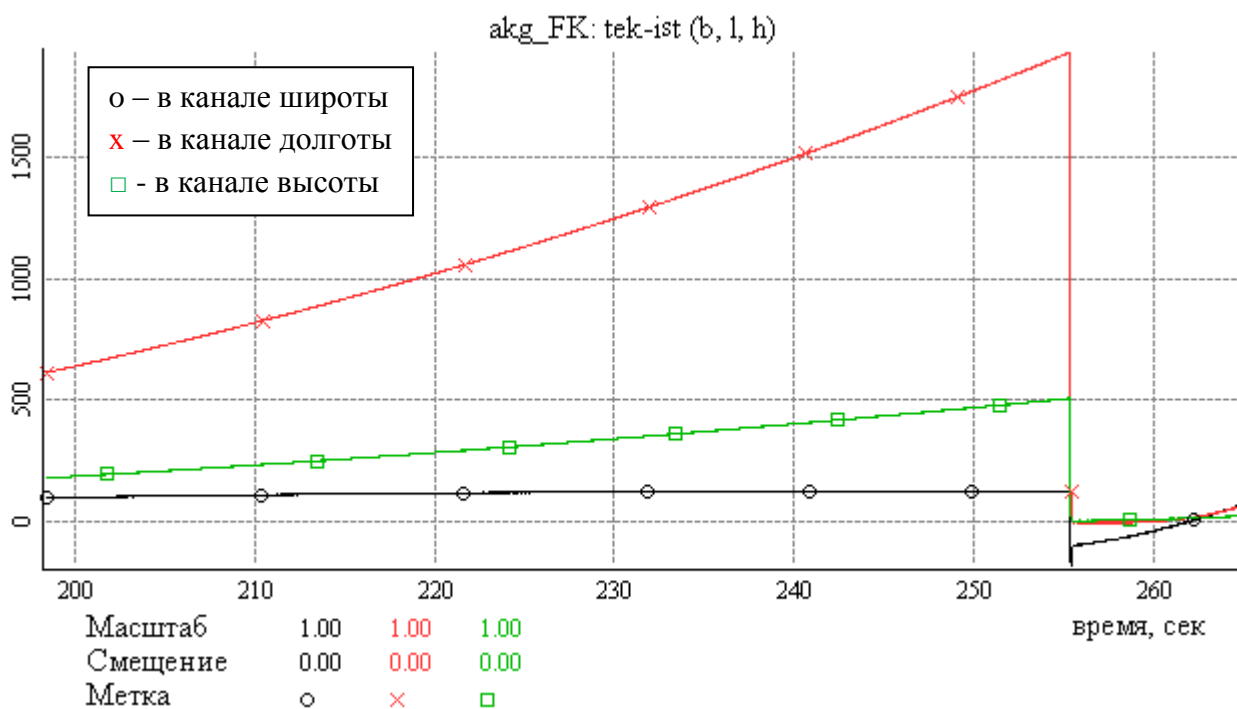


Рис. 3. Рассогласование вычисленных и истинных координат, м.

Как видно из рис. 3, первые 255 с отсутствует корректировка и в результате накапливается ошибка вычисления координат, составляющая 100, 500 и 2000 м для соответствующих осей. После корректировки ошибка уменьшается и составляет около 50 м для всех осей. Как видно из рис. 4, после начала корректировки рассогласование углов пеленга уменьшается и становится менее 0,01 радиан по модулю.

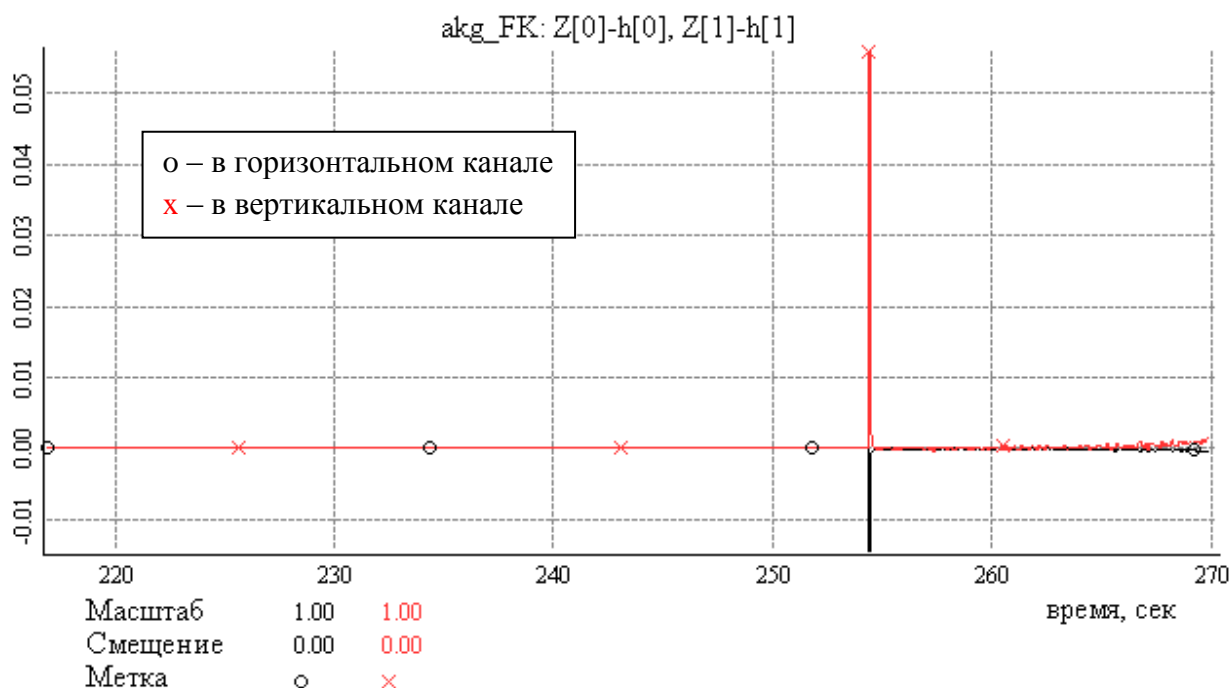


Рис. 4. Рассогласование углов пеленга эталонных и расчетных Z-h(X), рад.

Таким образом, фильтр позволяет значительно уменьшить ошибку вычисления координат при наличии коррекции от оптической системы.

Была собрана статистика из 500 полетов. При каждом запуске значения ошибок БЧЭ задавались случайным образом как гаусовская случайная величина с нулевым математическим ожиданием и значением величины 3σ , указанным в табл. 1. Для анализа работы алгоритма сохранялись данные о значении ошибки вычисления координат перед началом корректировки и через несколько секунд. Полученные данные были обработаны с помощью встроенных функций Matlab, и в результате получены следующие значения:

Перед корректировкой:

мат. ожидание	-61.7833
3*СКО	874.1314

После корректировки:

мат. ожидание	-13.591
3*СКО	296.4227

Из результатов обработки статистических данных видно, что после корректировки уменьшилось СКО ошибки по уровню 3σ и, следовательно, повысилась точность вычисления координат.

Библиографический список

1. Инерциальная навигация/ Википедия: свободная энциклопедия: [сайт]– URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Инерциальная_навигация (дата обращения: 28.05.24). Текст: электронный.

2. Кузовков, Н. Т. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация / Кузовков Н. Т., Салычев О. С. – М.: Машиностроение, 1982. — 216 с.
3. Матвеев, В. В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем / Матвеев В. В., Распопов В. Я.– СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009. — 280 с.
4. Сейдж, Э. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении / Сейдж Э. – М.: Связь, 1976.— 496 с.
5. Селиванова, Л.М. Инерциальные навигационные системы: учеб. пособие. Ч. 1: Одноканальные инерциальные навигационные системы / Селиванова Л.М., Шевцова Е.В. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012 – 46 с.
6. Системы координат, вывод уравнений: [сайт] – URL: <https://baumanka.pashinin.com/IU2/sem9/Системы%20координат,%20вывод%20уравнений.pdf> (дата обращения: 02.06.24). Текст: электронный.
7. Шилин, А. А. Обзор пассивных оптических ГСН для поражения наземных тактических целей // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014. №7.

РАЗРАБОТКА ПОЖАРНОЙ ОХРАННОЙ СИСТЕМЫ СКЛАДОВ КОМПАНИИ «ВКУСНЫЙ МИР»

Д.А. Кашаев

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: dan.kashaev@mail.ru
Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., zhidkova-arz@yandex.ru

В статье представлена разработка пожарной охранной системы для складов компании, учитывающая особенности объекта и обеспечивающая своевременное обнаружение пожара, оповещение персонала и вызов пожарных служб. Описаны методы выбора оборудования, разработана логическая и физическая схемы системы, проведены расчеты и оценки ее эффективности. Полученные результаты могут быть использованы для проектирования пожарной охранной системы для других складов и производственных объектов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, склад, охранная система, датчики пожара, видеокамеры, коммутаторы, маршрутизаторы, сервер, логическая схема.

Разработка пожарной охранной системы для складов любой компании является актуальной проблемой, поскольку складские помещения представляют собой объекты с повышенным риском возникновения пожара. Наличие большого количества легковоспламеняющихся материалов, недостаточная система вентиляции, отсутствие автоматизированной системы контроля и оповещения о пожаре создают серьезную угрозу для жизни и здоровья людей, а также для материальных ценностей.

В ходе исследования были изучены различные работы по теме пожарной безопасности складов. Были проанализированы существующие стандарты и нормативные документы, регламентирующие требования к пожарной безопасности складов. Также были изучены различные решения по автоматизации систем пожарной сигнализации и оповещения, применяемые на практике.

На примере компании «Вкусный мир» был реализован проект пожарной охранной системы складов. Склад представляет собой одноэтажное здание площадью 6000 м², разделенное на пять отсеков: склад напитков, склад химии, склад кондитерской продукции, офис, складское помещение. Высота склада составляет 13 м. На территории склада имеются эстакады для погрузки-разгрузки товаров.

К пожарной охранной системе были предъявлены следующие требования:

- время реакции пожарной сигнализации на пожар не более 3 с;
- время оповещения персонала не более 1 с;
- время автоматического вызова пожарных не более 30 с;
- время автоматического вызова охранных служб не более 30 с;
- время реакции на попытку несанкционированного доступа не более 5 с;
- время срабатывания системы обнаружения вторжений не более 3 с;

- двойной оборот сигнала в системе видеонаблюдения не более 512 бит/с;
- время задержки сигнала при передаче не более 30 бит/с;
- вероятность безотказной работы не менее 0,9.

Пожарная охранная система состоит из следующих основных компонентов:

- система обнаружения пожара: датчики пожара, расположенные в соответствии с сп. 484.1311500.2020, обеспечивают своевременное обнаружение пожара;
- система оповещения: сирена, расположенная в комнате доступа, оповещает персонал о пожаре;
- система управления: персональный компьютер, расположенный в комнате доступа, обеспечивает управление системой, контроль за ее работой, а также хранение данных о пожарах;
- система видеонаблюдения: видеокamеры, расположенные на территории склада, обеспечивают визуальный контроль за ситуацией;
- система связи: маршрутизатор, коммутаторы, модемы, обеспечивают передачу данных между компонентами системы;
- система резервного копирования: сервер, расположенный в комнате доступа, обеспечивает резервное копирование данных о пожарах.

Логическая схема сети представлена на рис. 1. и включает в себя 48 датчиков пожара, 36 камер наблюдения, 6 коммутаторов, 1 маршрутизатор, 2 сервера, 1 модем, 1 персональный компьютер. Сеть разделена на 2 подсети.

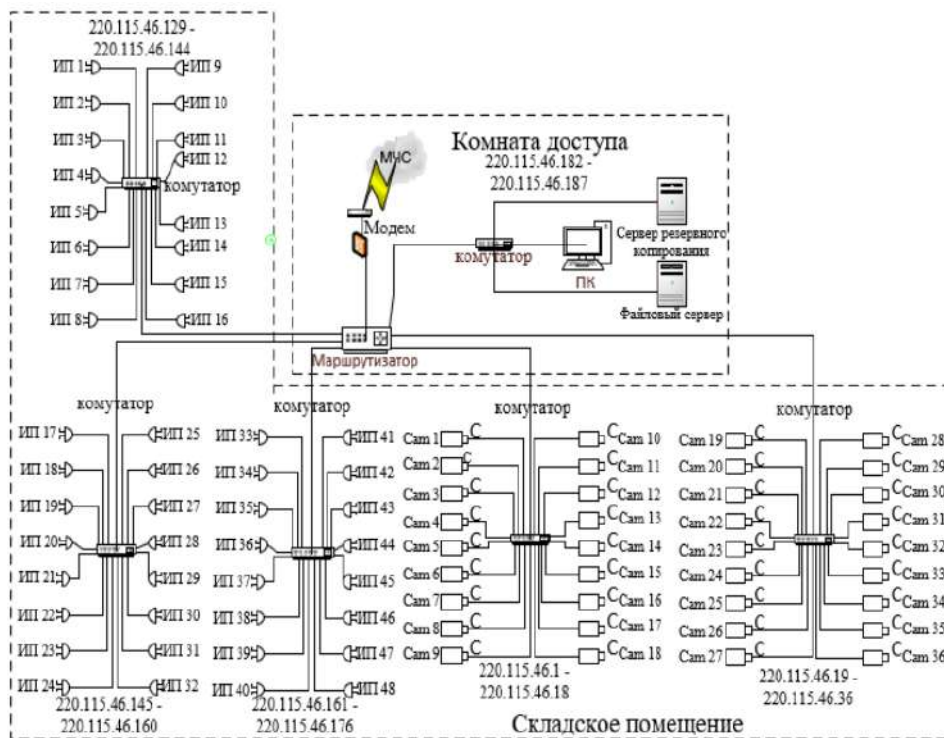


Рис. 1. Логическая схема сети

Учитывая технические требования и проанализировав аналоги, для реализации пожарной охранной системы было выбрано следующее оборудование:

- датчики пожара: ИП 105-1-А1 1574 (степень защиты IP20, диапазон рабочих температур от -40 до +50 °С, осуществление питания сети, звуковые сигналы);
- видеокамеры: dahua ez-hac-t2a21p-0280b (разрешение 1080, область обзора 103 градуса, скорость передачи видео 25 кадров в секунду, устойчивость к вандализму и погодным условиям ip67, дистанция ночной съемки 20 м);
- коммутаторы: mikrotik crs326-24g-2s+rm (количество портов - 24, базовая скорость передачи данных - 100 Мбит/с, внутренняя пропускная способность - 88 Гбит/с, управляемый);
- маршрутизатор: mikrotik rb4011igs+rm (количество портов - 10, flash-память 512, количество ядер процессора - 4, степень защиты - ip20);
- сервер: intelceleron j4125 с четырьмя ядрами и частотой до 2,7 ГГц, asrock j4125b-itx, 8 ГБ ddr4, seagate barracudast2000dm008, 2 ТБ, cougarvte600w, 600 Вт.;
- персональные компьютеры: intel(r) xeon(r) e5-2667 v4 с частотой 3.20 ГГц, machinist mr9a x99, asusnvidiageforcegtx1660, 8 ГБ - 2 шт., samsungm378a2g43mx3-ctdddr4, seagate barracudast2000dm008, 2 ТБ, cougarvte600w, 600 Вт.;
- модемы: стандартные модемы, поддерживающие подключение к сети интернет.

Физическая схема сети представлена на рис.2. Она показывает, как подключены компоненты системы к сети.



Рис. 2. Физическая схема сети

Разработанная система обладает рядом преимуществ: она обеспечивает высокую степень безопасности, своевременное обнаружение пожара, оповеще-

ние персонала и вызов пожарных служб. Однако, система имеет и некоторые недостатки: она требует значительных затрат на оборудование и монтаж, а также требует квалифицированного персонала для обслуживания.

В дальнейшем систему можно модернизировать, добавив новые функции, например, систему видеонаблюдения с функцией распознавания лиц, систему контроля доступа, систему автоматического пожаротушения. Также можно оптимизировать работу системы, увеличив ее эффективность и снизив затраты на ее обслуживание.

Библиографический список

1. Ишмеева, А.С. Противопожарная защита складских помещений / Ишмеева А.С., Малухин О.В. // Современная наука. – Уфа: УУНТ, 2023. - № 1. - С. 39-42.
2. Бадагуев, Б.Т. Электромонтажные работы и работы по монтажу, настройке и сдаче в эксплуатацию технических средств сигнализации / Бадагуев Б.Т. - М.: Альфа-Пресс, 2017. - 288 с.
3. Белиовская, Л.Г. Основы машинного зрения в среде LabVIEW. Учебный курс / Белиовская Л.Г., Белиовский Н.А. – М.: ДМК Пресс, 2017. - 88 с.
4. Ворона, В.А. Технические средства наблюдения в охране объектов / Ворона В.А., Тихонов В.А. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2011. - 184 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Е.В. Клочкова¹, И.Д. Маркин²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

¹студент, ²студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: helenbdkloch@yandex.ru, markin_znaet@mail.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., zhidkova-arz@yandex.ru

В данной статье рассматривается разработка информационной системы контроля местоположения объекта, а так же моделирование ее временных характеристик. Внедрение предлагаемой информационной системы, существенно упростит и ускорит процесс создания маршрутов объектов и управления ими. Использование системы снизит вероятность появления ошибок и риски за счет быстрого реагирования системы на изменения в рабочем процессе, что, в свою очередь, приведет к более эффективной работе сотрудников и предприятия. Кроме этого руководитель сможет провести полный анализ рабочего процесса благодаря автоматическому созданию более точных и детализированных отчетов.

Ключевые слова: маршрут объекта, информационная система контроля, режим реального времени.

В настоящее время все больше предприятий внедряет автоматизированные системы мониторинга и управления. Это происходит в связи с большой эффективностью таких систем, что позволяет в разы ускорить рабочий процесс и сократить вероятность ошибок на производстве. Но не на всех предприятиях используют данные системы.

Несмотря на наличие большого количества существующих систем контроля характеристик объекта, не все из них в достаточной степени обеспечивают гибкость и скорость обработки данных, а также предоставляют хорошую конфиденциальность и защиту информации.

На сегодняшний день организация контроля на предприятии осуществляется следующим образом [1]. Оператор диспетчерской службы определяет маршруты для перемещения объектов между производственными участками и складами. Созданный маршрут забивается в систему вручную и сохраняется там, после чего формируется отчет с готовым маршрутом. При приемке новых объектов на предприятие оператор сверяется с накладной, в которой прописана о нем информация, и фиксирует количество и состояние объекта. При перемещении объекта по территории предприятия для обеспечения безопасности и контроля, охранник с помощью камер видеонаблюдения отслеживает его движение по маршруту. В случае выявления ошибок или несанкционированных перемещений,

охранник уведомляет об этом оператора, экспедитора и руководителя и пытается устранить пресечь несанкционированные действия [2]. Экспедитор отвечает за получение объектов, которые были перемещены по маршруту, и подтверждение о завершение процесса, дважды расписываясь в накладной. При необходимости изменения маршрута оператор уведомляет охранников и экспедитора об его изменении. Так же все данные о перемещении объектов может запросить руководитель для анализа и оценки эффективности работы системы и планирования улучшений. За определенный руководством период оператор представляет отчеты о передвижениях объектов на предприятии в печатном виде. Диаграмма взаимодействия работников при перемещении объектов по маршрутам представлена на рис. 1.

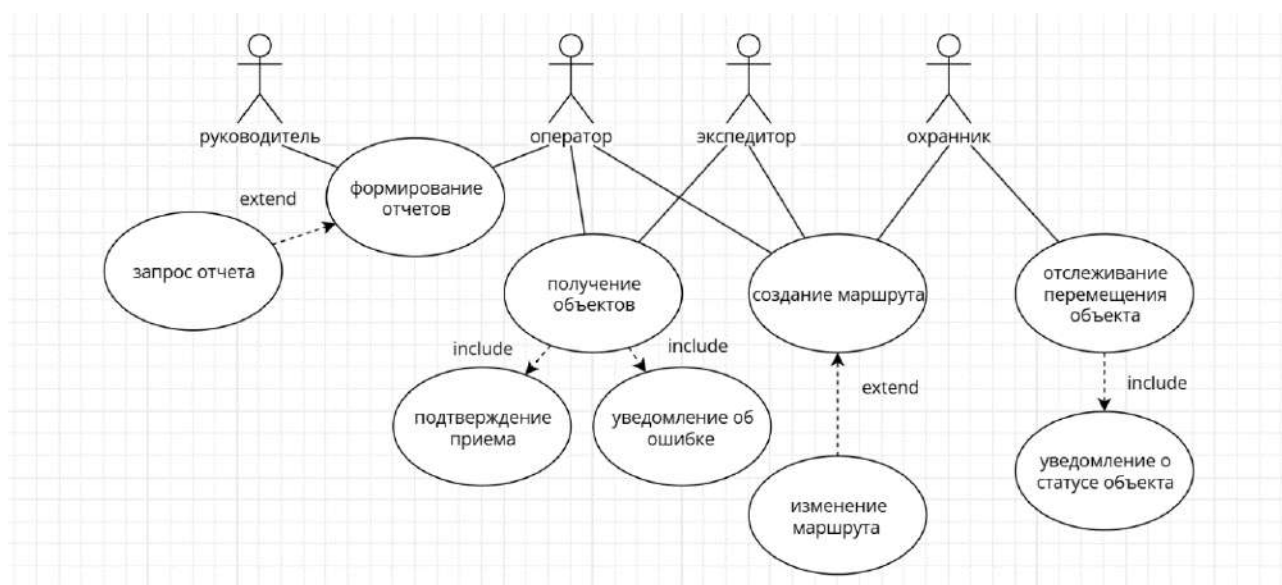


Рис 1. Диаграмма взаимодействия работников при перемещении объектов

Имеющаяся система контроля времени и положения объекта состоит из следующих компонентов:

- «отслеживания перемещения объекта», фиксирует его местоположение и передает данные в реальном времени;
- «получение объектов», отвечает за проверку объекта и информации о нем;
- «формирование отчетов», представляет собой анализ отчетов;
- «создания маршрута», позволяющего вручную задавать маршрут.

Основными функциями проектируемого устройства являются:

- уведомление о статусе объекта, который перемещается по предприятию;
- подтверждение приема подвижного объекта;
- уведомление об ошибке на маршруте;
- запрос отчета;

- изменение маршрута, в случае необходимости.

Данная система имеет следующие недостатки:

- ручной ввод данных;
- задержки в реагировании;
- отсутствие оптимизации;
- отсутствие анализа в режиме реального времени;
- потенциальные проблемы с безопасностью;
- низкая скорость обработки изменений.

Все перечисленные недостатки существующего режима работы по движению объектов на предприятии могут привести к задержкам в перемещении, низкой безопасности, несвоевременному анализу при принятии решений, а также риску потери или повреждению объектов. В связи с выявленными недостатками предлагается создать информационную систему контроля характеристик подвижного объекта в режиме реального времени [3,4].

Алгоритм работы пользователей с информационной системой при перемещении объектов следующий. Оператор создает запрос в систему для разработки маршрута. Система выдает несколько решений, из которых оператор выбирает наиболее подходящее. Созданный маршрут сохраняется в базе данных. Информационная система уведомляет других работников о новом маршруте. При приеме объектов на производство оператор сканирует штрих-код, система проверяет наличие объекта в базе, подтверждает его поступление и ставит его на маршрут. Объект отображается на маршруте в режиме реального времени, что позволит осуществлять контролем и уменьшить риск ошибок. После прибытия объекта на конечную точку система присылает оповещение. При необходимости оператор может внести изменения в маршрут, система предложит новые варианты маршрута с учетом текущей ситуации. После подтверждения изменений, система обновляет информацию, уведомляя всех участвующих в процессе сотрудников.

Руководитель обращается к системе для получения отчетов о перемещении объектов за определенный период. Система генерирует отчеты, включая статистику по времени перемещения, задержкам и проблемам. Руководитель получает полное представление о работе системы и после анализа данных может планировать улучшения.

Схема взаимодействия пользователей с проектируемой системой контроля характеристик подвижного объекта в режиме реального времени представлена на рис.2.

В данной статье предлагается, используя описанную ранее технологию, переложить функции экспедитора и охранника на информационную систему, которая будет реализовывать процессы и создавать автоматические отчеты.



Рис 2. Схема взаимодействия проектируемой системы контроля

Проектируемая модель системы контроля времени и положения объекта содержит следующие прецеденты:

- запрос отчетов;
- отслеживание маршрута;
- создание маршрута.

Основными функциями проектируемой информационной системы являются:

- создание и сохранение после утверждения оператором маршрута – система сохраняет данные и отправляет отчет с готовым маршрутом работником;
- редактирование маршрута – при необходимости система создает новый маршрут по отредактированным данным, введенным оператором;
- сообщение об ошибке отправляется оператору и руководителю в случае серьезных нарушений или несанкционированных изменений маршрута;
- обратная связь и корректировка маршрута в случае обнаружения неточностей или решений, требующих доработки;
- анализ отчетов, которые были сформированы системой по запросу пользователя.

Проектируемая информационная система позволит существенно упростить и ускорить процесс создания маршрутов и управления ими. Так же снизится вероятность появления ошибок и рисков, за счет устранения влияния человека в ряде процессов. Реагирование на изменения характеристик подвижного объекта в рабочем процессе будет более быстрым, что позволит сотрудникам более эффективно справляться со своими задачами. Кроме этого благодаря автоматическому созданию более точных и детализированных отчетов, руководитель сможет провести полный анализ рабочего процесса. В перспективе рассматривается возможность интегрирования разрабатываемой информационной системы с

инерциальной навигационной системой для обеспечения высокой точности определения координат движущихся объектов в режиме реального времени.

Библиографический список

1. Баранов, В.И. Моделирование динамических систем: учебное пособие / Баранов В.И. – М.: МГТУ, 2019. – 320 с.
2. Гаврилов, А.Н. Моделирование и управление движением объектов: практическое руководство / Гаврилов А.Н. – Новосибирск: Наука, 2021. – 300 с.
3. Кузнецов, А.А. Системы управления и контроля в реальном времени / Кузнецов А.А., Петров С.Н. – СПб.: Питер, 2020. – 256 с.
4. Смирнов, И.В. Теория автоматического управления: учебник / Смирнов И.В. – М.: Высшая школа, 2018. – 480 с.

РАЗРАБОТКА САЙТА ДЛЯ УЧРЕЖДЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С.В. Королев¹, Е.Д. Филина²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹студент, ²студент,

e-mail: korolev200206@yandex.ru

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., zhidkova-arz@yandex.ru

В статье представлена разработка сайта для образовательного учреждения. Рассмотрен процесс формирования требований и создания web-сайта образовательного учреждения как важного способа объединения и открытой коммуникации организации дополнительного образования и общества.

Ключевые слова: сайт, информационная система, web-технологии, образовательное учреждение.

Актуальность разработки сайта для образовательных учреждений обусловлена необходимостью повышения их популярности и эффективности работы в условиях современного информационного общества. Кроме того, сайт станет удобным инструментом для сотрудников организации, позволяя им оперативно публиковать информацию о новых программах, расписании занятий, а также получать обратную связь от пользователей.

Основные функциональные требования к разрабатываемой системе:

- удобный и интуитивно понятный интерфейс, позволяющий пользователям просматривать информацию о доступных кружках и секциях;
- создание ленты новостей, отсортированной по датам, чтобы предоставить пользователям доступ к интересующей их информации;
- повышение популярности учреждения за счет того, что люди ищут информацию в интернете, а сайт поможет им в этом.

- форма обратной связи для организации оперативного диалога с клиентом.

Сайт должен обеспечивать количественные показатели, отражающие уровень соответствия его назначения: время загрузки страницы менее 5 с ;среднее время сеанса более 5 мин.; реакция на запрос пользователя менее 2 с; число ежедневных посетителей более 1000 человек;

должен работать круглосуточно, в режиме – 24 ч в день, 7 дней в неделю.

В разрабатываемой системе защита осуществляется от несанкционированного доступа, вирусов и утечки коммерческих и персональных данных пользователя [1]. Также должны быть реализованы меры защиты от неверных действий персонала и от случайных изменений программ и нарушений информационного обмена.

Первый уровень диаграммы процессов показывает последовательность и перечень работ, производимых с сайтом (рис.1). Здесь отображены данные, которые воспринимает система, а также процессы, происходящие внутри системы.

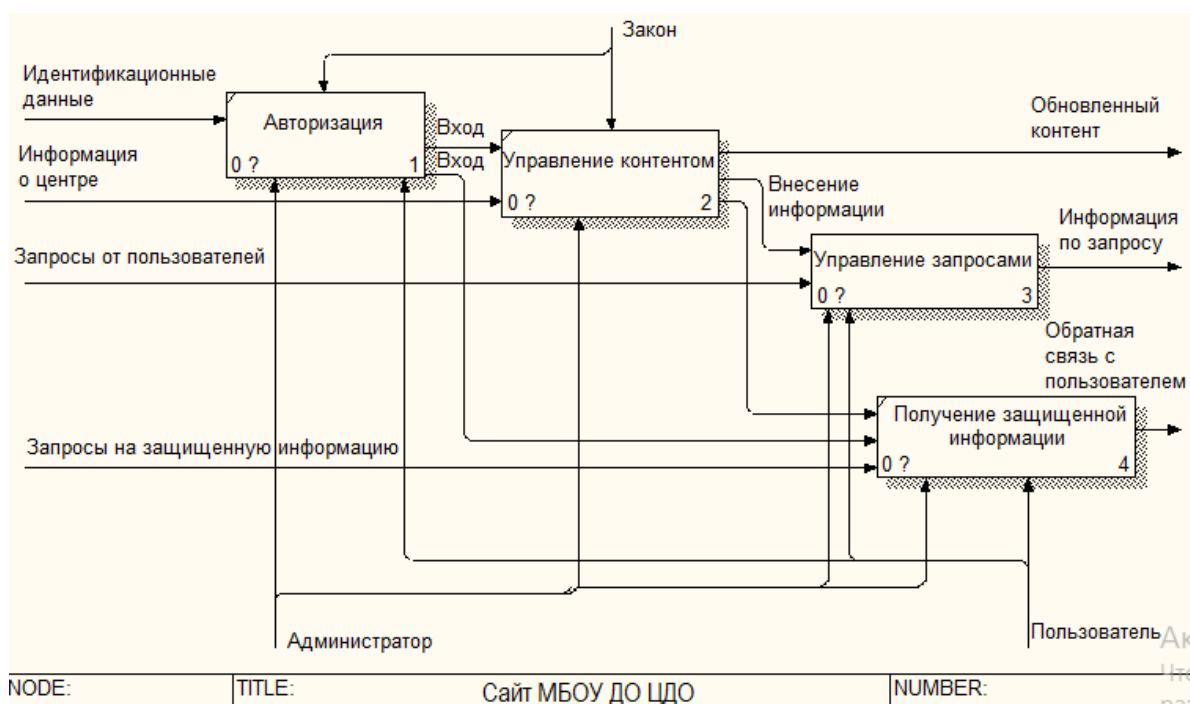


Рис. 1. Модель процессов сайта

Для «Авторизации» входящей информацией являются идентификационные данные. Выходящей информацией – вход. Для «Управления контентом» входящей информацией являются информация о центре. Выходящей информацией – обновлённый контент и внесение информации. Для «Управления запросами» входящей информацией являются запросы от пользователей. Выходящей информацией – информация по запросу. Для «Получения защищенной информации» входящей информацией являются запросы на защищенную информацию, вход и внесение информации. Выходящей информацией – обратная связь с пользователем.

Сайт организации должен соответствовать требованиям к структуре официального сайта образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети Интернет и формату представления информации. Меню должно представлять собой текстовый блок (список гиперссылок) в левой части страницы. При выборе какого-либо из пунктов меню клиентом должна загружаться соответствующая ему страница с информацией. Сайт должен состоять из разделов, каждый раздел имеет свою функцию.

По причине того, что сайт состоит из нескольких страниц, лучшим типом является линейная структура сайта со свободным перемещением по страницам. Она сделает сайт наиболее удобным для пользователей и улучшит добавление и

редактирование новых web-страниц. Было принято решение создать структуру, содержащую такие основные подразделы: основные сведения; педагогический состав; документы; форма обратной связи; расписание (рис.2).



Рис. 2. Структура сайта

Инструментами для разработки были выбраны программа SublimeText3, виртуальный выделенный сервер для хостинга, языки программирования HTML, CSS и JavaScript. Для разработки сайта была выбрана программа SublimeText3, поскольку она имеет большой функционал, проста в использовании и имеет вспомогательный функционал для написания программного кода. Для размещения сайта был выбран виртуальный выделенный сервер, поскольку он предлагает ряд преимуществ, таких как выделенные ресурсы, больший контроль, повышенная безопасность и масштабируемость. Верстка сайта была выполнена с использованием текстового редактора SublimeText3, а также языков программирования HTML, CSS и JavaScript.

Коды страниц сайта полностью написаны на HTML и SCC с подключением скриптов JavaScript. Программный код представляет собой описание структуры и внешнего вида web-страницы. Он определяет шапку страницы, фоновое изображение в шапке, логотип и меню навигации.

Страницы сайта разделены на модули, в которых прописаны дополнительные функции сайта (рис.3).

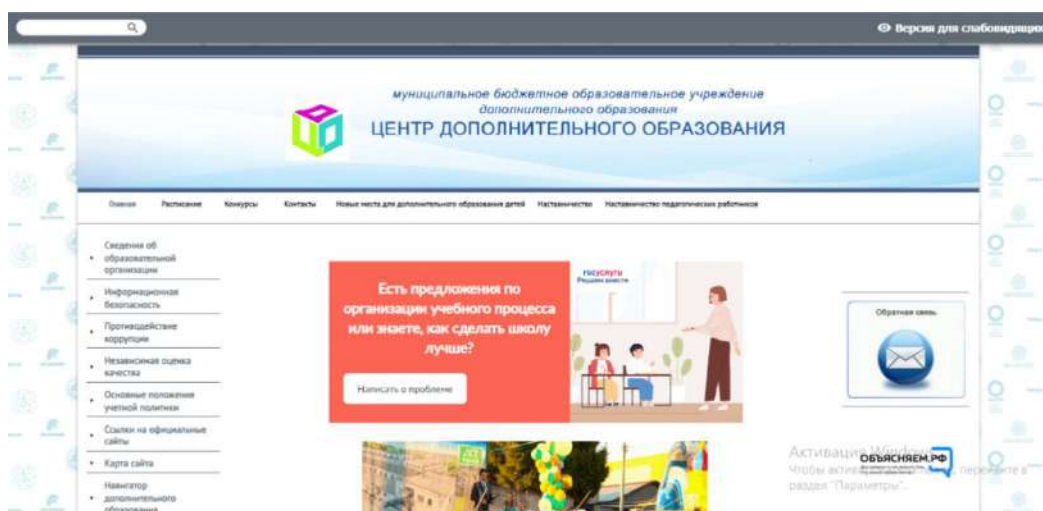


Рис. 3. Реализация главной страницы сайта

Для обеспечения связи с пользователями и получения отзывов на сайте центра дополнительного образования была разработана форма обратной связи. Она содержит поля для ввода имени, адреса электронной почты, темы и текста сообщения. После отправки формы данные сохраняются в базе данных для дальнейшей обработки (рис. 4).

Рис. 4. Форма обратной связи

Разработка форм регистрации и авторизации для сайта обеспечивает безопасный и удобный доступ к ресурсам сайта для пользователей. Форма регистрации включает в себя поля для ввода имени, электронной почты, пароля и подтверждения пароля. Авторизация реализована с использованием формы с полями для ввода электронной почты и пароля.

По результатам тестирования работоспособности сайта, включающего отладку ссылок, проверку работы формы обратной связи и достоверность отображаемой на страницах сайта информации, была подтверждена эффективность, надежность и функциональность сайта.

Разработанный сайт предоставляет пользователям возможность быстро просматривать актуальную информацию о кружках и секциях, изучать документацию и узнавать расписание занятий и проводимых мероприятий центра дополнительного образования. Для удобства пользователей реализована форма обратной связи, позволяющая оставлять отзывы и задавать вопросы, а центру дополнительного образования оперативно реагировать на них. Таким образом, использование современных web-технологий поможет обеспечить качественный диалог образовательной организации с потенциальными клиентами и позволит более полно распространять информацию о деятельности рассмотренного учреждения дополнительного образования.

Библиографический список

1. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. – Питер, 2011. – 384 с.
2. Хант, Бен. Конверсия сайта. Превращаем посетителей в покупателей / Бен Хант. - СПб.: Питер, 2012. – 288 с.
3. Венделева, М.А. Информационные технологии в управлении: учебное пособие для бакалавров / Венделева М.А., Вертакова Ю.В. – М.: Юрайт, 2013.– 462 с.
4. Гвоздева, Т.В. Проектирование информационных систем. Технология автоматизированного проектирования / Гвоздева Т.В., Баллод Б.А. – М.: Лань, 2018. – 156 с.
5. Граппоне, Д. Поисковая оптимизация сайтов. Исчерпывающее руководство / Граппоне Д., Казн Г. – М.: Эксмо, 2012. – 528 с.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.С. Косенков

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: wudi79@mail.ru
Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., zhidkova-arz@yandex.ru

В данной статье представлена разработка информационной системы учета электронной компонентной базы (ЭКБ) промышленного предприятия. Система позволяет автоматизировать процесс учета элементов ЭКБ, приборов и систем, хранить информацию о моделях, статусах верификации и валидации, а также формировать отчеты. Для реализации системы проведен анализ существующих решений, разработана концептуальная модель данных, реализована функциональная модель системы. Разработанная система позволяет оптимизировать процесс разработки и верификации электрических схем, сократить время и повысить качество продукции.

Ключевые слова: информационная система, электронная компонентная база, моделирование, верификация, валидация.

Порядок разработки изделий, используемый в настоящее время, предусматривает разработку электрических схем системы автоматики, изготовление образцов и проведение их испытаний. В процессе испытаний нередко выявляется необходимость корректировки конструкторской документации, что может требовать доработки или повторного изготовления опытных образцов и повторения испытаний. В процессе разработки возможно использование верификации электрических схем путем имитационного моделирования. Это позволит на раннем этапе разработки проверить правильность электрической схемы и подтвердить расчетом соответствие параметров сигналов в цепях требуемым значениям.

Целью работы является создание централизованной базы моделей, пригодной для автоматизированного использования в ходе маршрута сквозной разработки и верификации электрических схем.

К информационной системе предъявляются следующие требования:

- ведение автоматизированного учета коллекции моделей элементов ЭКБ, приборов и систем;
- использование элементов ЭКБ для автоматизированного использования в ходе маршрута сквозной разработки и верификации электрических схем;
- ведение справочников по типам моделей, типам элементов ЭКБ, параметрам моделей, статусов верификации и валидации моделей;
- построение отчетов статусов верификации и валидации моделей;
- производительность системы – время отклика на запрос пользователя не

более 3 с;

- обеспечение сохранности информации – идентифицировать, авторизовать, обнаруживать и документировать любое движение данных;
- совместимость: программа должна взаимодействовать с ОС Astra Linux Special Edition.

Информационная система включает следующие основные компоненты:

- прием технического задания для проектирования электрической схемы;
- формирование исходных данных для моделирования;
- проведение моделирования и выпуск протокола о результатах.
- формирование отчетов о составе базы;
- формирование отчетов о доступных моделях для элементов, приборов и систем и статусах их верификации и валидации;
- формирование отчета по выбранной модели.

Информационная система «Модели элементов ЭКБ, приборов и систем» предназначена для хранения формализованных данных об элементах ЭКБ, приборах и системах автоматики и их моделях. Формализованная информация используется для автоматизированного создания структурных имитационных моделей электрических схем и подготовке их к проведению виртуальных экспериментов. На рис.1 показан алгоритм работы информационной системы.

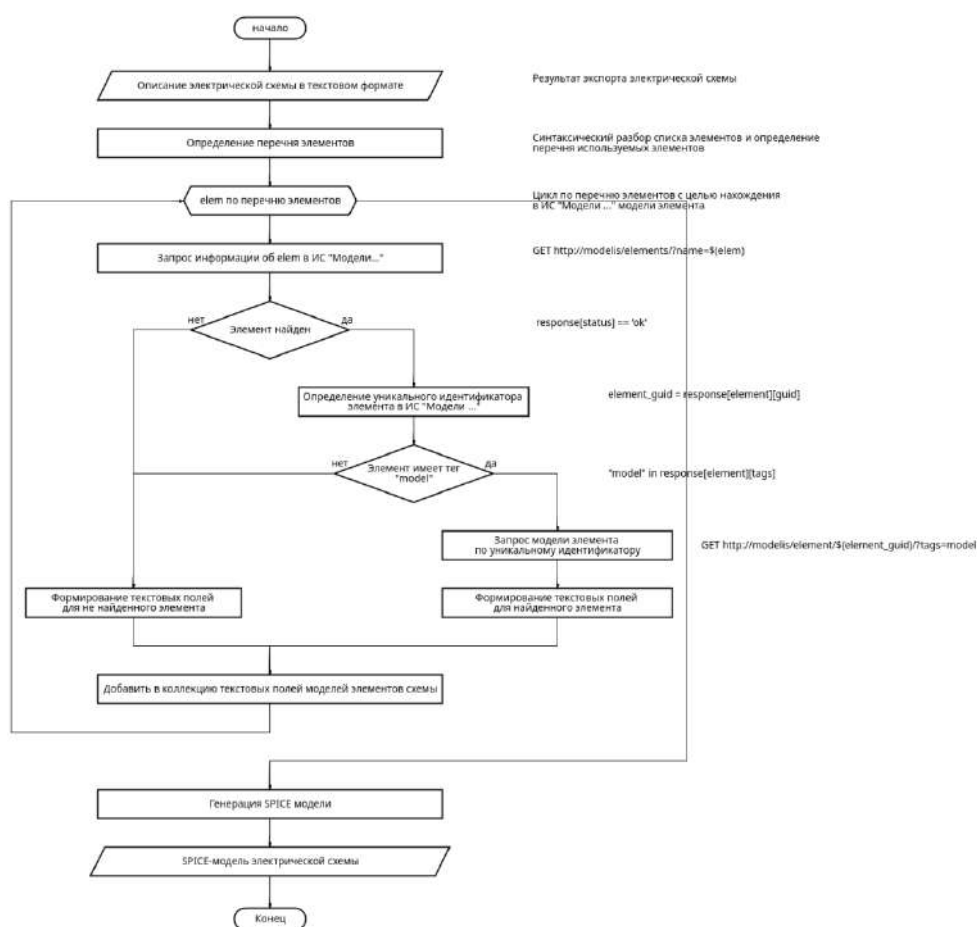


Рис. 1. Алгоритм работы информационной системы

Модуль учета электронной компонентной базы выступает в роли http-сервера, который обрабатывает запросы пользователя (рис. 2). Формат выходных данных JSON.

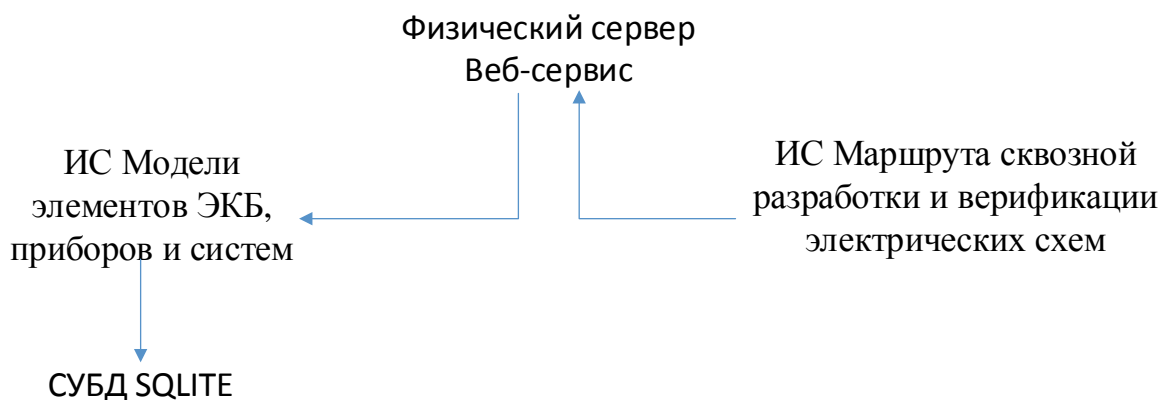


Рис. 2. Архитектура программного средства

Модуль учета электронной компонентной базы взаимодействует с информационной системы посредством http-запросов. В качестве пользователя выступают другие http-сервера. На рис.3 показана блок-схема работы модуля и информационной системы.

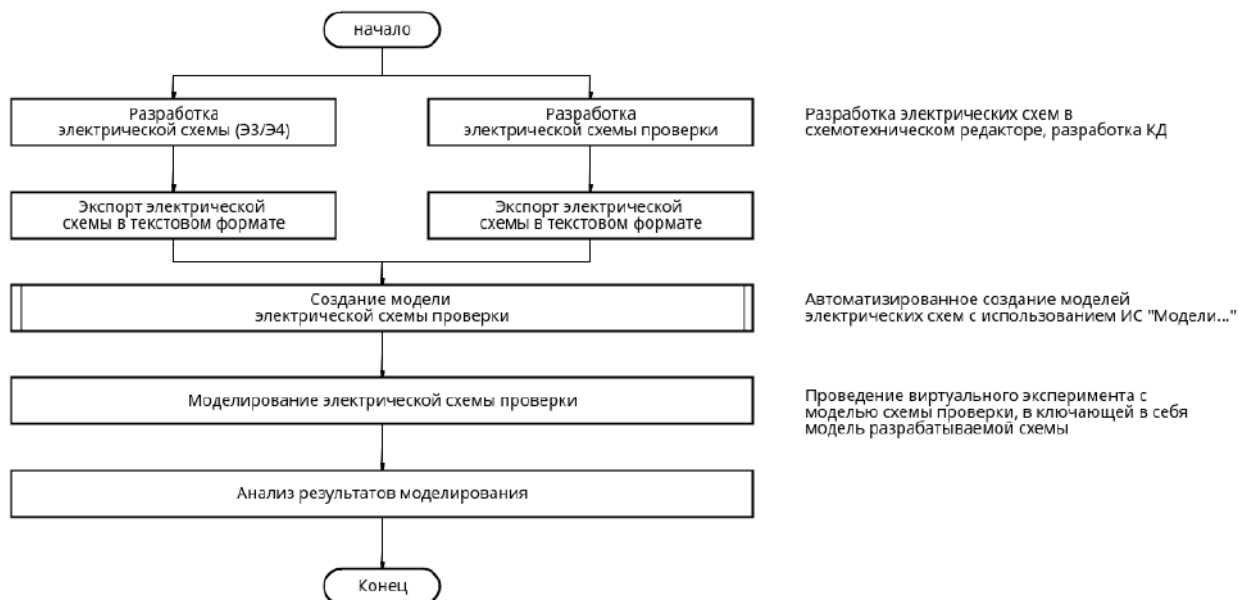


Рис. 3. Работа модуля с информационной системой

Результат работы информационной системы реализуется в виде схемы (рис.4).

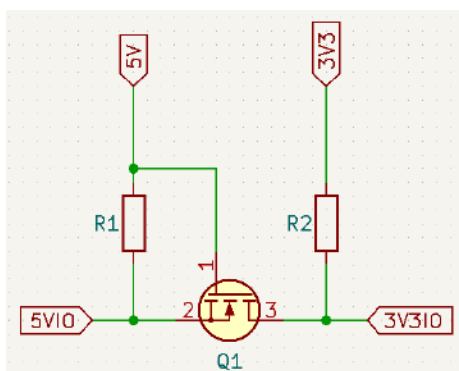


Рис. 4. Результат работы информационной системы

Для формирования запроса к системе действуют стандартные правила http-запросов с методом передачи данных GET.

Выходными данными информационной системы «Модели элементов ЭКБ, приборов и систем» являются текстовые http-ответы с использованием формата разметки данных – JSON.

Документация	Тип	Напряжение	Номинальный ток	Значение	Толерантность		
C2-29B-0,5M 243K 0,1%	ОЖ0.467.099 ТУ	Резистор	5	1	243000	0.01	1

Рис. 5. Пример отчета на запрос

Разработанная система обладает рядом преимуществ:

- оптимизация поиска: позволяет быстро и легко найти нужные модели элементов ЭКБ, приборов и систем по различным критериям, таким как наименование, тип, характеристики и т.д.;
- автоматизация верификации: автоматически проверяет соответствие электрических схем и их моделей, что значительно сокращает время и ресурсы, необходимые для проведения верификации;
- упрощение документооборота автоматическое формирование отчетов о статусах верификации и валидации моделей, что упрощает документооборот и повышает прозрачность процесса разработки.

В сравнении с другими решениями, разработанная система учета электронной компонентной базы обладает рядом преимуществ: она более функциональна, более надежна, более эффективна, что делает ее ценным инструментом для оптимизации процесса разработки и верификации электрических схем, повышения эффективности работы и обеспечения безопасности.

Библиографический список

1. Герман, О.В. Программирование на Java для студента (+ CD-ROM) / Герман О.В., Герман Ю.О. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 512 с.

2. Аллен, Г. Тейлор. SQL для чайников / Аллен Г. - М.: Диалектика, Вильямс, 2012. - 421 с.

3. Шакин, В.Н. Базовые средства программирования / Шакин В.Н. - М.: Базовые средства программирования, 2015. - 231 с.

4. Беляева, И.В. Архитектура информационных систем: учебное пособие / Беляева И.В. - Ульяновск: УлГТУ, 2019. - 321 с.

РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТАВКАМИ

И.Д. Маркин¹, Е.В. Клочкова²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹студент, ²студент,
e-mail: markin_znaet@mail.ru
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

В данной статье предлагается к разработке централизованная информационная система управления доставками, которая осуществляет поиск ближайшего свободного курьера. Предлагаемая информационная система способна обеспечить рациональное и эффективное управление в системе доставок, также она позволит клиентам видеть статус и местоположение их заказа в режиме реального времени.

Ключевые слова: информационная система, доставка, централизованное управление, оптимизация.

В настоящее время системы доставки играют ключевую роль в обеспечении эффективного функционирования бизнеса и удовлетворения потребностей клиентов.

При активном возрастании количества заказов через интернет у компаний, занимающихся доставками, появляется потребность в ускорении и модернизации логистической системы. Сегодня на рынке наблюдается дефицит рациональных и доступных решений по улучшению работы систем доставок, а требования клиентов увеличиваются с каждым днём. Мелкие предприятия, в связи с недостатком финансов, не имеют возможности улучшить качество своих услуг. Предлагаемая информационная система способна оптимизировать процесс доставки и сократить финансовые расходы. Для реализации данной системы необходимо создать приложение, через которое будет производиться взаимодействие пользователей и курьеров. Также каждому доставщику, в транспортное средство, необходимо установить GPS-трекер, который будет транслировать местоположение заказа в приложение.

Разработка централизованной информационной системы по управлению доставками обеспечит возможность:

- оптимизировать работу, снижая время и затраты на логистику;
- улучшить сервис: клиенты получают возможность отслеживать статус заказа;
- повысить производительность: централизованное управление позволит оптимально распределять заказы между курьерами;
- анализировать и контролировать: данные о процессе доставки будут собираться системой в приложении, что даст возможность выявлять недочёты и оптимизировать процессы;

- увеличить аудиторию: новые технологии и удобство оформления заказа будет привлекать новых клиентов;

В настоящее время процесс управления доставками осуществляется следующим образом:

- оформление доставки по телефону: клиент сообщает свой заказ, указывает пожелания, диспетчер согласовывает адрес и ориентировочное время ожидания (около 5 мин.);
- обработка заказа (до 20 мин.);
- поиск свободного курьера: диспетчер самостоятельно занимается поиском ближайшего свободного доставщика (до 10 мин.);
- информирование доставщика: курьер, которому достаётся заказ, получает все необходимые данные от диспетчера (до 3 мин.);
- курьер осуществляет доставку (до 40 мин.);
- отказ клиентом от заказа в существующей системе не предусмотрен.

Модель прецедента, существующей системы управления представлена на рис. 1.

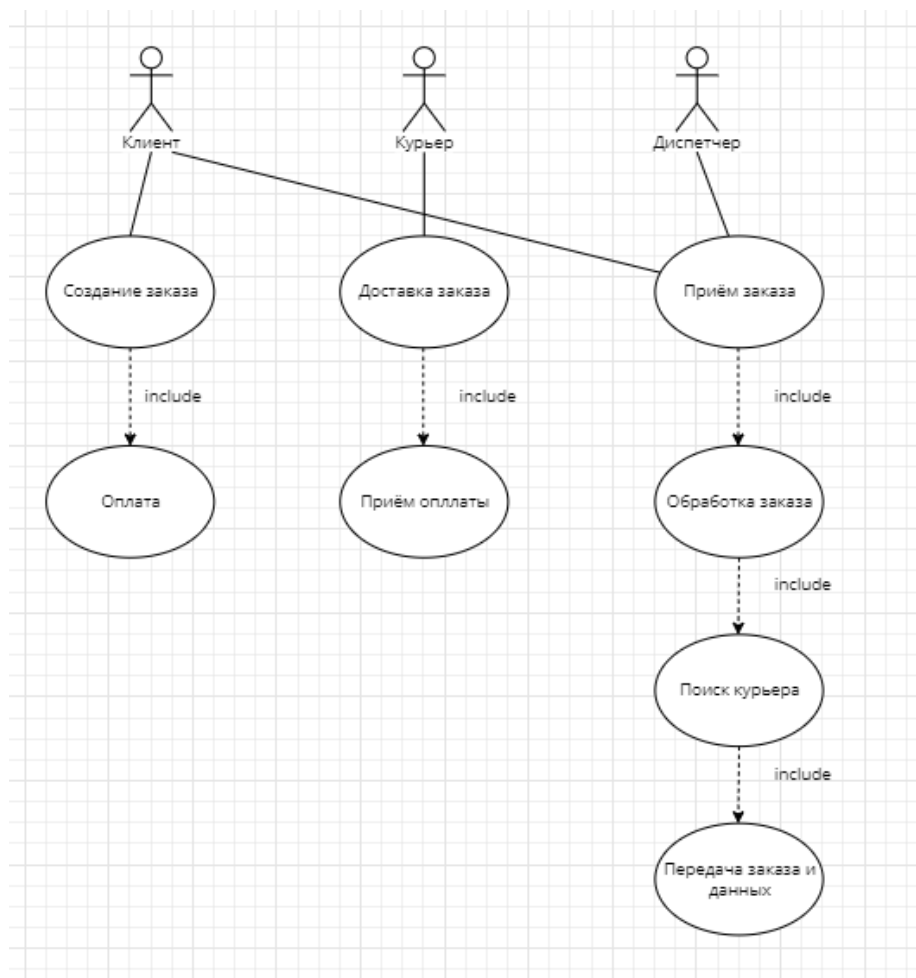


Рис. 1. Модель прецедента существующей системы управления доставками

Недостатками существующей системы управления доставками являются:

- длительное ожидание: клиенты получают заказ с задержками, это приводит к низкой удовлетворенности;
- диспетчер является промежуточным звеном, не несущим ответственности за своевременное выполнение заказа;
- неэффективное управление: отсутствие централизованного управления доставками;
- ограниченная видимость доставки: клиент не имеет возможности отслеживать в реальном времени статус и местоположение заказа;
- высокие эксплуатационные расходы: существующая система требует значительных затрат на оплату труда персонала, транспортные расходы и др.

Разработка информационной системы централизованного управления доставками предлагает исключить диспетчера из системы доставки, внедрением в систему приложения и компонента «Уведомление о заказе». После внедрения разрабатываемой системы процесс доставок будет происходить следующим образом.

- клиент оформляет заказ с помощью мобильного приложения, вводит необходимые для доставки данные, по своему усмотрению может внести предоплату (до 2 мин.);
- система отслеживает местоположение доставщиков, выбирает наиболее подходящего для данного заказа и передаёт ему все данные, оставленные клиентом;
- курьер, получив в приложении заказ, обрабатывает его и осуществляет доставку (до 30 мин.);
- приложение передаёт статус и местоположение заказа клиенту в режиме реального времени;
- клиент имеет возможность отказаться от заказа во время доставки, однако предоплата не будет возвращена;
- если клиент принимает заказ, то происходит оплата (1 мин.).

На рис. 2 представлена модель прецедента, централизованной системы управления доставками.

Модель состоит из следующих прецедентов:

- «Передача местоположения» транслирует в приложение местоположение заказа и его статус;
- «Отказ» отвечает за возможность клиента прекратить выполнение заказа в любое время;
- «Уведомление о заказе» оповещает подходящего доставщика о новом заказе, позволяет оперативно реагировать на поступающие заказы и снизить время ожидания;

- «Оплата» предлагает клиенту выбрать удобный способ оплаты: наличные, банковская карта, мобильный платёж, что делает процесс более удобным и доступным.

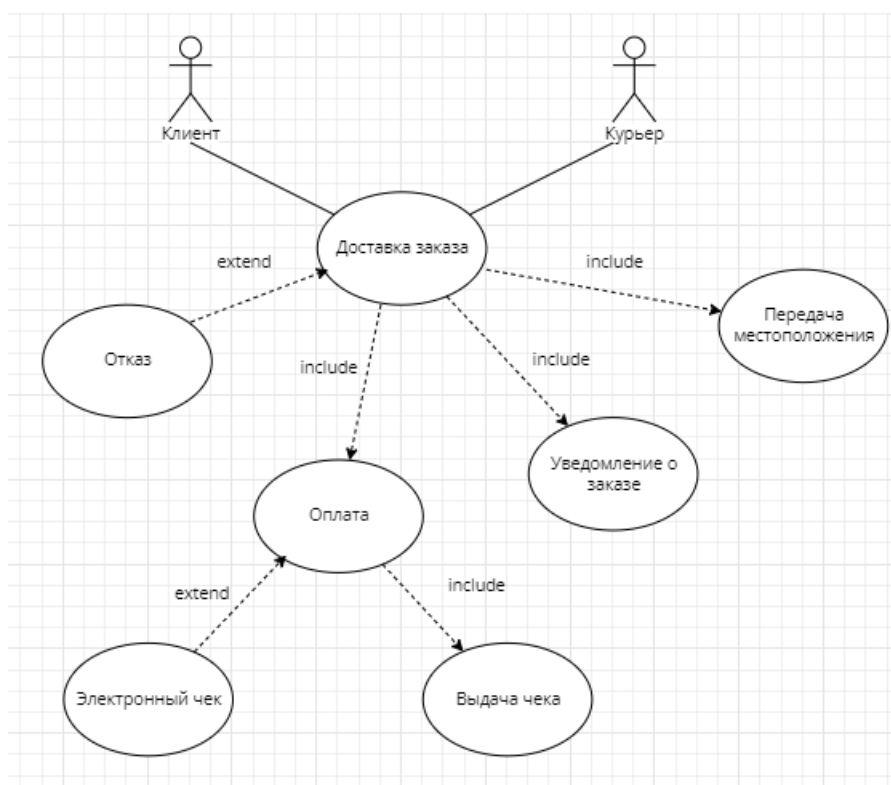


Рис. 2. Модель прецедента централизованной системы управления доставками

Таким образом, реализация модели централизованной системы управления доставками позволит: существенно уменьшить время доставки, сократить численность персонала, повысить качество обслуживания клиентов. Учитывая данные показатели, целесообразно продолжать разработку данного проекта и в дальнейшем реализовать его в действующей доставке.

Библиографический список

1. Лукьянова, А.В. Управление проектами в области информационных технологий / А.В. Лукьянова – М.: КноРус, 2024. – 235 с.
2. Онлайн - редактор VisioEditor [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://products.aspose.app/diagram/ru/editor> - (Дата обращения: 24.10.2024).
3. Чекмарев, А. В. Управление цифровыми проектами и процессами / А.В. Чекмарев. – М.: Юрайт, 2024. – 424с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФУНКЦИЙ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ ПРИ ПРОВЕРКЕ БЛОКА АКСЕЛЕРОМЕТРА НА ПОВОРОТНОМ СТЕНДЕ

И.А. Маслов

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: maslow.197961@gmail.com
Научный руководитель: Емельянова Ю.П., к.ф.-м.н., доцент;
e-mail: emelianovajulia@gmail.com

В статье представлена разработка дополнительного встраиваемого модуля для автоматизации проверочных функций блока акселерометра на поворотном стенде. Цель работы – повысить эффективность испытательных процедур за счёт автоматизации рутинных операций, требующих постоянного контроля оператора. В ходе разработки модуля обеспечена дистанционная настройка, возможность автоматического запуска операций и контроль за всеми этапами проверки акселерометра. Полученные результаты демонстрируют, что предложенное решение значительно сокращает временные затраты и повышает точность измерений.

Ключевые слова: автоматизация, акселерометр, поворотный стенд, климатические испытания, Qt, C++

Современные испытательные стенды для акселерометров требуют высокой точности и контроля, особенно при проверке таких параметров, как угловое положение и температурные условия. В ручном режиме процесс проверки блока акселерометра на поворотном стенде требует постоянного участия оператора, что увеличивает трудозатраты и может снижать точность измерений. Процесс автоматизации позволяет реализовать управление без необходимости присутствия оператора, что снижает количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

Актуальность работы заключается в разработке дополнительного модуля, интегрируемого в существующую систему, способного выполнять этапы проверки блока в автономном режиме. Применение таких методов важно для повышения производительности и позволяет эффективно оптимизировать проверочные процедуры, затрачивая меньше времени на стандартные рутинные задачи.

Для реализации поставленных задач был выбран кроссплатформенный фреймворк Qt и язык программирования C++. Данный выбор обусловлен необходимостью создания удобного и гибкого пользовательского интерфейса, совместимого с различными операционными системами, и эффективной обработки данных в реальном времени.

Перечислим этапы разработки модуля.

1. Создание группы измерений – автоматическое формирование записей о проведённых проверках для последующего анализа.
2. Прошивка компенсационных коэффициентов – настройка встроенных параметров блока для повышения точности.
3. Отключение термокамеры – экономия электроэнергии за счёт автоматического завершения работы камеры после испытаний.
4. Проверка отчётных параметров – возможность отслеживания соответствия показателей акселерометра требованиям после завершения каждого цикла.

Основные этапы разработки

Этап 1: Создание группы измерений

Этот этап предусматривает автоматическое добавление записи о проверке в базу данных. После выбора настроек цикла проверки система создаёт отдельную группу измерений, куда сохраняются параметры каждого проведённого испытания. Это позволяет избежать ручного добавления записей, что упрощает сбор данных и дальнейшую работу оператора.

Этап 2: Прошивка компенсационных коэффициентов

Для точных измерений в блок акселерометра загружаются компенсационные коэффициенты, которые корректируют данные телеметрии. При ручной проверке оператору приходилось вносить эти параметры отдельно, что требовало времени и повышало вероятность ошибок. Разработанный модуль позволяет автоматически загружать коэффициенты, обеспечивая калибровку блока перед началом каждого цикла.

Этап 3: Отключение термокамеры

По окончании испытательного цикла, в случае отсутствия необходимости дальнейшего использования термокамеры, модуль отправляет команду на отключение, что предотвращает лишние энергозатраты. Это особенно актуально для долгих циклов, когда камера может оставаться включённой без необходимости. Такая автоматизация помогает сократить эксплуатационные расходы и снизить нагрузку на оператора.

Этап 4: Проверка отчётных параметров

Финальный этап включает проверку результатов проведённых испытаний. На основе замеренных значений система анализирует соответствие заявленным стандартам и допускам, после чего оператор получает отчёт о проведённых испытаниях. При отклонениях система подаёт сигнал для дальнейших действий.

Разработанная система автоматизации проверок блока акселерометра позволяет значительно повысить эффективность процесса испытаний. Тестирование модуля показало, что он обеспечивает:

- сокращение времени проверки за счёт исключения этапов ручного ввода данных;
- улучшение точности измерений благодаря исключению человеческого фактора;
- удобный интерфейс управления, который позволяет оператору легко задавать нужные параметры испытаний и наблюдать за процессом в реальном времени;
- снижение энергозатрат и увеличение ресурса оборудования за счёт автоматического отключения термокамеры.

Эти результаты показывают, что автоматизация проверок позволяет оптимизировать работу лабораторного персонала и снизить затраты на эксплуатацию оборудования.

Разработанный модуль автоматизации проверок для блока акселерометра на поворотном стенде успешно реализует функции дистанционного контроля и автоматического выполнения рутинных операций. Работа подтверждает, что интеграция такого модуля позволяет существенно повысить точность испытаний, снизить временные и трудовые затраты, а также минимизировать возможность ошибок. Дальнейшая доработка системы может быть направлена на расширение функций модуля для обработки новых параметров испытаний и повышения совместимости с другими лабораторными установками.

Библиографический список

1. Левин, В. Н. Теория и практика проектирования автоматизированных испытательных систем / Левин В. Н. – Москва: Наука, 2019.
2. Смирнов, А. И. Программирование в Qt: руководство для инженеров / Смирнов А. И., Петров И. В. – Санкт-Петербург: Питер, 2020.
3. Емельянова, Ю.П. Автоматизация процессов контроля: учебное пособие / Емельянова Ю.П. – Нижний Новгород: НГТУ, 2021.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО БЛОКА ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМОЙ ПЛАТФОРМЫ

Д.А. Писаревский¹, М.М. Прохоров²

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19;
dpand1455@yandex.ru

²ПАО Завод им. Г.И.Петровского, инженер-программист,
Россия, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород, ул. Тургенева, д.30.
Научный руководитель: Эварт Т.Е., к.ф.-м.н., доцент, t.zhilina@bk.ru

В статье представлен материал о дистанционно управляемой платформе, в частности ее функциональных возможностях, основных составляющих частях и недостатках. Рассмотрена необходимость проектирования цифрового блока, которая заключается в улучшении дистанционно управляемой платформы. Также, представлены функциональные требования, основные технические характеристики блока управления, структурная схема дистанционной платформы вооружения и фрагмент программного кода по осуществленному проектированию цифрового блока. Статья предназначена студентам и преподавателям технических высших учебных заведений для ознакомления с дистанционно управляемыми платформами и возможностью их улучшения.

Ключевые слова: дистанционно управляемая платформа, цифровой блок, датчики угловые цифровые, пульт управления цифровой, микроконтроллер.

Дистанционно управляемые платформы (ДУП) используются для автоматического управления современными высокоточными средствами вооружения.

ДУП сегодня нашли широкое применение для управления сложными операциями, которые требуют высокой точности.

Они позволяют решать следующие задачи:

- обзора местности в дневное и ночное время суток;
- обнаружения целей и определения их координат (дальности, углов места и азимута) в системе координат носителя;
- наведения вооружения на обнаруженные цели;
- выдачи внешним системам информации по цифровому каналу информационного обмена RS-485;
- приёма от внешних систем информации по цифровому каналу информационного обмена RS-485;
- привязки носителя по внешнему ориентиру.

Дистанционная платформа вооружения (ДПВ) состоит из следующих основных частей:

- блок управления;
- датчики угла цифровые;
- пульт управления цифровой;

- панель управления наводчика;
- модуль теле-теповизионный дальномерный;
- стопор электромеханический.

Недостатками используемой на текущий момент ДПВ являются:

- отсутствие удаленного управления и контроля работы приводов платформы;
- точность работы приводов не удовлетворяет заказчика, что снижает эффективность работы всей ДПВ;
- отсутствие настройки параметров работы приводов с учетом конкретных задач;
- высокий риск повреждения платформы [1].

Проектирование цифрового блока дистанционно управляемой платформы позволит создать универсальную систему дистанционного управления с применением отечественной элементной базы, а также повысить точность определения координат объекта и качество представления пользователю видеосигнала.

Модуль управления с цифровой системой управления должен обеспечивать:

- информационное взаимодействие по каналу CAN с пультом управления цифровым (ПУЦ), датчиками угла цифровыми вертикального наведения (ДУЦ ВН) и другими устройствами;
- обработку сигналов, поступающих с ДУЦ ВН турельной установки;
- блокировку работы привода ВН при наличии сигналов о выпущенном положении штока соответствующего стопора;
- обеспечивать удаленное управление и контроль работы приводов платформы;
- обеспечивать работу двух режимов наведения: автоматический режим от внешнего задания согласно протоколу CAN и полуавтоматический режим от ПУЦ [2].

Перейдем к рассмотрению структурной схемы ДПВ (рис.1).

ДПВ в соответствии со схемой структурной электрической состоит из следующих основных компонентов:

- микроконтроллер (предназначен для управления электронными устройствами);
- датчики угла цифровые (применяются для передачи информации о положении объекта в виде цифрового сигнала и измерения угла поворота);
- модуль теле-теповизионный дальномерный (это система, позволяющая получать изображение в инфракрасном диапазоне и передавать его на удаленный монитор для наблюдения за объектами в условиях плохой видимости);
- двигатель ВН (используется для поворота или наклона оси наведения орудия);
- двигатель взвода затвора (предназначен для автоматического взвода затвора оружия и поддержания его в заряженном состоянии).

– электроспуск пулемета (предназначен для удаленного управления и контроля огнестрельного оружия).

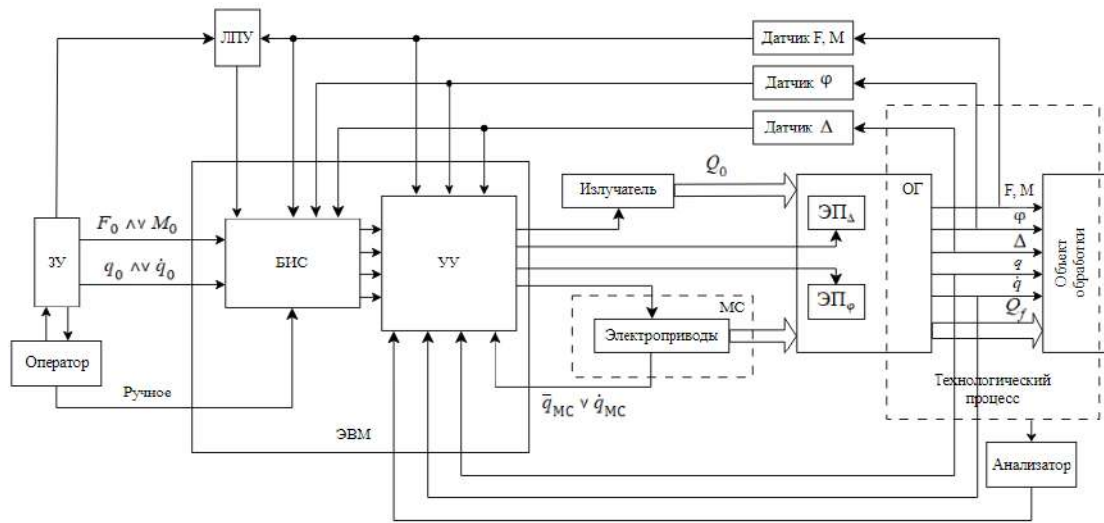


Рис. 1. Структурная схема дистанционной платформы вооружения

Система управления помимо аппаратной части, описанной ранее должна иметь и программную часть, представленную программным обеспечением. Для написания программного обеспечения было рассмотрено два наиболее популярных языка программирования: С++ и Python. Был выбран язык программирования С++. Это связано с тем, что С++ обеспечивает высокую производительность, более точный контроль над ресурсами системы и широкий спектр инструментов для работы с аппаратным обеспечением, по сравнению с языком программирования Python. Для программирования микроконтроллера STM используется программная среда J-link ARM и протокол SWD (Serial Wire Debug).

Общий алгоритм работы программы микроконтроллера представлен на рис.2.

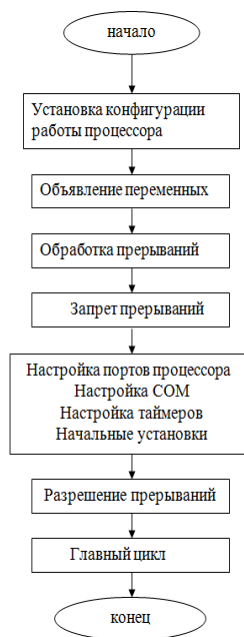


Рис. 2. Общий алгоритм работы микроконтроллера

Фрагмент кода основного цикла программы представлен на рис.3.

```

// Начало программы
InitMain();
// Инициализация периферии микроконтроллера "sopr_ustr"
// Инициализация USART модуля "sopr_ustr"
CANInitEx(250kbps);
// Инициализация CAN модуля "cap_ext30"
ResetIDs();
// Сброс полей идентификатора CAN модуля "cap_ext30"
SendStart();
// Отправка сообщения причины старта "inf_ustr"
InitStart();
// Инициализация переменных
IU_OUT.B.SS_ZO = ReadEEPROM_zona();
// Чтение из EEPROM и подсчет количества установленных зон
обхода
IU_OUT.B.SS_ZZ = ReadEEPROM_sektor();
// Чтение из EEPROM и подсчет количества установленных
секторов запрета стрельбы
if (IU_OUT.B.SS_ZO == 0 && IU_OUT.B.SS_ZZ == 0)
// Определение предустановки зон/секторов
IU_OUT.B.zona_predust = 0;
else
IU_OUT.B.zona_predust = 1;
ReadEEPROM_mt();
// Чтение параметров из EEPROM
for (Start_Pause = 0; Start_Pause < 2000000; Start_Pause++)
// Пауза старта БУ
MeasureZeroADC();
// Измерение нулей АЦП "sopr_ustr"
zarjadnik_vkl();
// Включение зарядника
PERIFIRIYA_OBMEN();

```

Рис. 3. Фрагмент кода основного цикла программы

Алгоритм главного цикла микроконтроллера представлен на рис. 4.

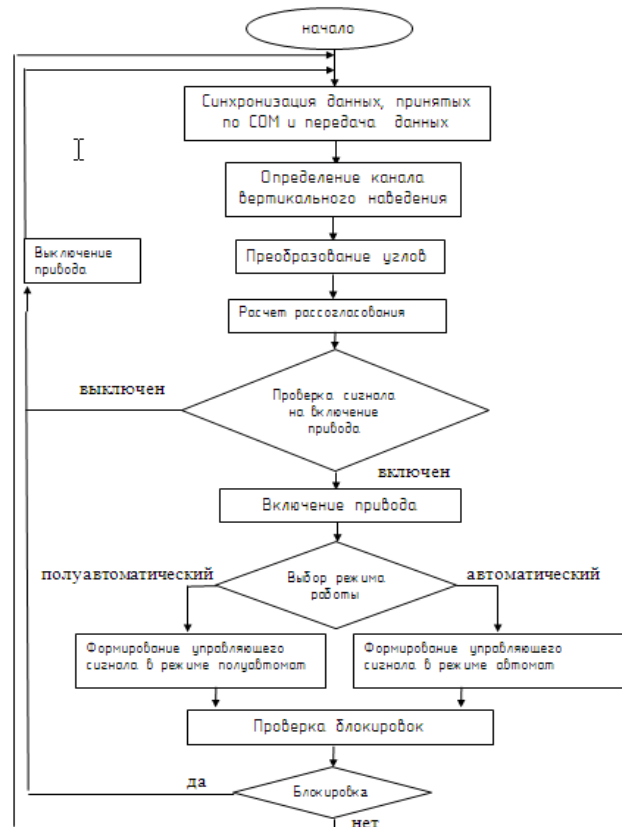


Рис. 4. Алгоритм главного цикла микроконтроллера

Фрагмент листинга кода главного цикла микроконтроллера представлен на рис.5.

```
// Основной режим работы: привод включен

if (IU_osn.B.PN_VKL == 1)
{
    // Формирование сигнала "Блокировка привода"
    if (SU.B.stopor_VN_sost == 0 &&
        SU.B.stopor_GN_sost == 0 &&
        SU.B.stopor_VN_otkaz == 0 &&
        SU.B.stopor_GN_otkaz == 0 &&
        IU_osn.B.PUC_sost == 1 &&
        IU_osn.B.DUC_GN_sost == 1 &&
        IU_osn.B.DUC_VN_sost == 1 &&
        UU.B.T_GN == 0 &&
        UU.B.T_VN == 0 &&
        IU_OUT.B.naprjagienie_norma == 0)

        UU.B.blokir_privoda = 0;
    else
        UU.B.blokir_privoda = 1;

    // Сброс команд выхода в походное положение
    pohodnoe_1 = 0; IU_OUT.B.Pohod_1 = 0;
    pohodnoe_2 = 0; IU_OUT.B.Pohod_2 = 0;
    pohodnoe_comm = 0;

    // Сброс отказов турельной установки и
    // расстопаривание привода
    if (front_PN_VKL == 0)
    {
        UU.B.T_GN = 0;
        UU.B.T_VN = 0;
        SU.B.Sbros_otkaz = 1;
        SU.B.Rasstopor_VN = 1;
        SU.B.Rasstopor_GN = 1;
        SU.B.Zastopor_VN = 0;
        SU.B.Zastopor_GN = 0;
        SU.B.stopor_VN_shet_otk = 0;
        SU.B.stopor_GN_shet_otk = 0;
    }
}
```

Рис. 5. Фрагмент кода главного цикла

В данном проекте произведена разработка программного обеспечения блока управления приводами дистанционно управляемой платформы.

В ходе работы был проведен анализ составных частей дистанционной платформы вооружения, анализ удаленного управления и контроля работы приводов платформы, анализ среды программирования. На основе анализа была построена структурная схема дистанционной платформы вооружения. Построен алгоритм работы программы микроконтроллера, на основе которого было разработано программное обеспечение.

Библиографический список

1. Елифанов, А. П. Основы электропривода / А. П. Елифанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 192 с.
2. Игнатов, А.В. Комбинированная система управления цифровым приводом зенитной установки / Игнатов А.В., Александров Е.В., Тимонин Е.А., Кочановская А.И. // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019 г. Вып.4. – стр. 416-424.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДОШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Н.А. Тихонов¹, С.В. Юнющкин²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

¹студент, ²студент; Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: dr.tixon1337@yandex.ru, seryi5445sj@mail.ru

Научный руководитель: Токарев Н.М., ст.преподаватель,

nik1812-tnm@yandex.ru

Статья посвящена разработке специализированной информационной системы для автоматизации процессов управления в дошкольном образовательном учреждении. Предложенная система позволит автоматизировать учет посещаемости, управление данными о сотрудниках, реализует взаимодействие с родителями, что улучшит оперативность и качество работы учреждения. В статье приведен анализ существующих решений, выявлены их преимущества и недостатки, сформулированы ключевые требования к созданию информационной системы, адаптированной под нужды детского сада.

Ключевые слова: информационная система, автоматизация процессов управления, дошкольное образовательное учреждение.

В условиях цифровой трансформации современного общества образовательные учреждения, включая дошкольные, сталкиваются с необходимостью автоматизации процессов управления информацией. Детские сады, как один из важнейших элементов системы образования, нуждаются в эффективных и удобных инструментах для работы с данными, что особенно важно для контроля за развитием детей, учета их посещаемости, организации питания и взаимодействия с родителями. Традиционные методы ведения документации на бумажных носителях становятся менее эффективными, так как требуют значительных временных и человеческих ресурсов, а также подвержены риску ошибок и потери данных [1].

На основе проведенного анализа была построена модель прецедентов взаимодействия работников при реализации процессов управления в дошкольном образовательном учреждении (рис.1).

Автоматизация процессов управления должна обеспечить быстрый доступ к актуальной информации о детях, сотрудниках, расписаниях занятий и других аспектах работы детского сада, улучшив тем самым качество работы учреждения.

Существует несколько популярных программ, которые применяются в детских садах для ведения учета посещения детей, сотрудников, а также других административных задач. Рассмотрим некоторые из них.

Меркурий: Детский сад – это программное обеспечение, разработанное

специально для управления деятельностью дошкольных учреждений. Основные функции системы включают учет посещаемости детей, автоматизацию расчета оплаты за пребывание, ведение данных о воспитанниках, планирование и контроль образовательного процесса. Программа проста в использовании, обеспечивает ведение учета в электронном виде, что значительно сокращает объем бумажной работы [2].

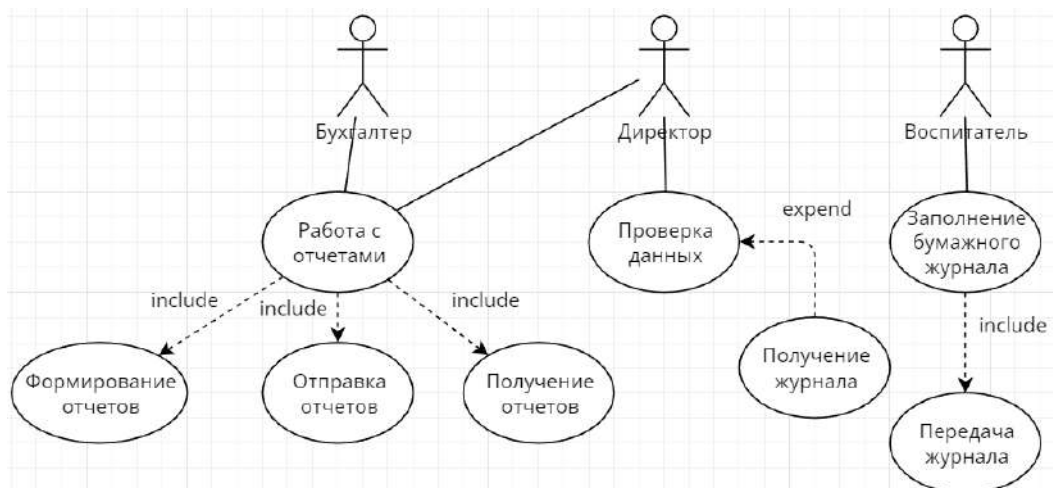


Рис. 1. Модель прецедентов взаимодействия работников с существующей системой

1С: Управление дошкольным образовательным учреждением – один из наиболее распространенных инструментов автоматизации процессов в детских садах. 1С предоставляет комплексное решение, включающее функционал для управления данными о детях, сотрудниках, расписаниях, а также финансовым учетом и кадровыми вопросами [3].

Kidsoft – это облачная платформа для управления дошкольными учреждениями, предлагающая интуитивно понятный интерфейс для администрирования всех аспектов работы детских садов. Kidsoft обеспечивает ведение учета посещаемости, планирование расписания, управление персоналом и взаимодействие с родителями через интегрированные каналы связи [4].

На основе представленной модели можно выделить ряд недостатков:

- избыточный функционал: программы, такие как Меркурий и 1С, предусматривают слишком широкий функционал, который может быть неактуален для небольших учреждений и усложняет их использование;
- высокая стоимость: внедрение таких программ часто требует значительных финансовых вложений, что может быть неподъемным для детских садов, особенно с учетом стоимости содержания и обслуживания;
- сложность освоения и потребность в квалифицированном персонале: системы, такие как 1С, требуют привлечения специалистов для обеспечения и поддержки, которые могут потребоваться для строительства и дорог;
- зависимость от интернет-соединения: облачные решения, такие как

Kidsoft, основаны на стабильности интернет-соединений, что может стать проблемой в условиях ограниченной занятости.

Основной целью автоматизации данного процесса с помощью информационной системы является:

- оптимизация работы участников: переход на электронный учет позволит ускорить процесс обмена информацией;
- улучшение контроля: автоматизация позволит директору в любой момент получать актуальные данные о посещаемости и питании детей;
- снижение вероятности ошибок: автоматические расчеты и синхронизация данных помогут избежать ошибок, связанных с ручным вводом информации.

Также можно выделить несколько ключевых критериев, которые следует учитывать при выборе или разработке информационной системы для детского сада.

Гибкость системы. Многие готовые решения предлагают обширный функционал, однако они могут быть избыточными для небольшого детского сада. С другой стороны, самописные решения обладают полной гибкостью, но требуют значительных временных и трудовых ресурсов для разработки.

Стоимость. Программные продукты, такие как 1С и Меркурий, часто требуют значительных финансовых вложений на этапе внедрения, тогда как самописные системы могут быть более бюджетным вариантом при наличии квалифицированных специалистов.

Интеграция с другими системами. Важно, чтобы информационная система могла взаимодействовать с другими системами учреждения, такими как бухгалтерские программы, системы мониторинга посещаемости и питания.

Обслуживание и поддержка. Для готовых решений обычно предлагается техническая поддержка, что снижает нагрузку на сотрудников учреждения. В случае самописной системы обслуживание зависит от возможности поддерживать квалифицированных специалистов на долгосрочной основе.

Проведенный анализ существующих решений на рынке автоматизации для детских садов выявил, что многие из них содержат избыточные функции, либо требуют значительных финансовых вложений, что может не соответствовать потребностям детского сада. С учетом специфики учреждения и ограниченного бюджета, разработка собственной информационной системы, которая будет адаптирована под индивидуальные требования, является более рациональным решением.

На рис.2 представлена модель прецедентов взаимодействия работников с проектируемой информационной системой.

Согласно рис.2, воспитатель имеет возможность вносить данные о посещаемости детей, меню и планирование занятий непосредственно в информационной системе, обеспечивая обновление информации в первое время. Воспита-

тель также получает актуальные данные из системы для работы, что касается планирования и организации образовательного процесса.

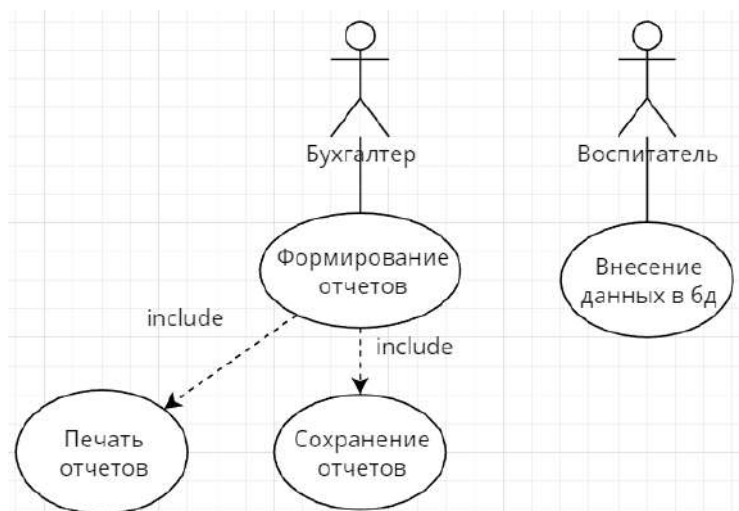


Рис. 2. Модель прецедентов взаимодействия работников с проектируемой информационной системой

Бухгалтер, в свою очередь, получает доступ к данным о посещаемости и состоянии детей, принятым воспитателем. Используйте эту информацию, бухгалтер проводит расчеты по оплате труда, учитывает расходы и формирует финансовые отчеты, которые также хранятся в информационной системе. Эти отчеты становятся доступными для воспитателя и директора, что обеспечивает прозрачность финансовых процессов.

Таким образом, схема иллюстрирует основные этапы взаимодействия между воспитателем и бухгалтером, где обе стороны работают напрямую с информационной системой, что сокращает количество шагов и минимизирует риски ошибок, связанных с ручным вводом информации.

На рис.3 представлена диаграмма классов.

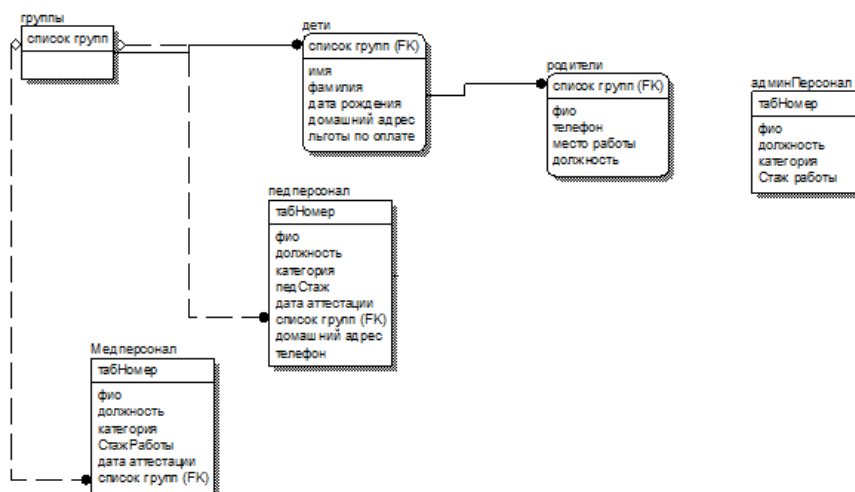


Рис 3. Диаграмма классов

Исходя из требования заказчика и согласно рис.3, заполнение информационной системы будет осуществляться через следующие формы:

- администрация (ФИО, категория, должность, Стаж работы);
- педагогический персонал (ФИО, должность, категория, адрес проживания и регистрации, мобильный и домашний телефоны, список групп, стаж, дата аттестации);
- медицинский персонал (ФИО, должность, категория, стаж, дата аттестации, список групп);
- дети (имя, фамилия, дата рождения, домашний адрес, льготы);
- родители (ФИО, телефон, место работы, должность).
- список групп.

На основании указанных ранее данных будут формироваться следующие отчеты с дальнейшей возможностью сохранения и вывода на печать без права редактирования в информационной системе: список детей в группах; карточка ребенка; дни рождения детей; дни рождения медицинского персонала; дни рождения педагогического персонала.

Для реализации поставленной задачи с отчетами, необходимо создать ряд запросов: дни рождения детей; дети в группах; карточка ребенка; дни рождения медицинского персонала; дни рождения педагогического персонала.

В проектируемой системе следует предусмотреть наличие двух типов автоматизированных рабочих мест: заведующий и пользователи.

Так же к данной системе будут иметь непосредственный доступ три вида единиц персонала:

- администратор редактирует систему на программном уровне, обслуживает, дополняет;
- заведующий имеет доступ ко всем формам и отчетам, может редактировать, просматривать и дополнять данные в формах;
- пользователи имеют доступ ко всей информации в режиме чтения.

Основные преимущества системы с использованием баз данных включают в себя:

- мгновенный доступ к актуальной информации: воспитатели и бухгалтеры могут в любое время получать необходимые данные без задержек;
- процессы автоматизации: данные о посещаемости и питании автоматически обновляются в системе, что снижает уровень ошибок;
- улучшение взаимодействия: прямое сотрудничество между воспитателями и бухгалтерами через локальные базы данных, ускоряет обмен информацией и подготовку решений.

Таким образом, разработка информационной системы для дошкольного образовательного учреждения является важным шагом на пути к автоматизации управления образовательным процессом. Внедрение информационной системы позволит оптимизировать учет посещаемости, питания и взаимодействие с роди-

телями, что повысит качество работы учреждения. Это не только упростит работу сотрудников, но и обеспечит более быстрый доступ к актуальной информации, минимизируя ошибки и задержки, связанные с бумажной документацией. В итоге, автоматизация данных процессов поможет детскому саду соответствовать современным требованиям и улучшить уровень обслуживания детей и родителей.

Библиографический список

1. Колесникова, И.В. Информационные технологии в управлении образовательными учреждениями / Колесникова И.В. - М.: МГИУ, 2020. - 256 с.
2. Андреев, В.П. Программные решения для автоматизации дошкольных образовательных учреждений: обзор систем // Образовательные технологии и общество. - 2021. - № 3. - С. 45-52.
3. Павлов, А.В. Автоматизация управления образовательными учреждениями с помощью 1С / Павлов А.В. - М.: Бухгалтерия и финансы, 2021. - 198 с.
4. Кузнецова, Т.Л. Облачные решения для управления дошкольными учреждениями: опыт использования Kidsoft // Образование и цифровая трансформация. - 2022. - № 3. - С. 45-53.

РАЗРАБОТКА C++-БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ ИЗ КОНСОЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ GNUPLOT

Л. С. Харитонов

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, e-mail: leo.khariton@yandex.ru
Научный руководитель: Эварт Т. Е., к. ф.-м. н., доцент, t.zhilina@bk.ru

В статье описывается создание библиотеки для C++, которая предоставляет удобный интерфейс для визуализации данных при помощи Gnuplot из консольных приложений. Рассматриваются ключевые возможности разработанной библиотеки. Библиотека может быть использована в рамках изучения дисциплин из области вычислительной математики.

Ключевые слова: визуализация данных, библиотека, C++, Gnuplot, вычислительная математика, визуализация численных методов.

Визуализация данных представляет собой важный аспект во многих областях науки и образования. Она играет ключевую роль в коммуникации научных идей и выводов, делая их доступными и понятными для широкой аудитории. В образовательном контексте визуализация способствует более эффективному усвоению и интерпретации материала, предоставляя студентам интуитивно понятные и запоминающиеся представления сложных концепций.

На данный момент существует множество инструментов для визуализации данных, начиная от простых онлайн-конструкторов графиков (Desmos, GeoGebra, и др.), и заканчивая крупными программными пакетами, включающими специализированные системы визуализации (MATLAB, Octave, и др.). Наиболее распространенные графические пакеты и библиотеки для визуализации – Gnuplot, Matplotlib, PLplot, Cairo, MathGL, NumRe, Plotly, и т.д.

Однако, с изображением графиков непосредственно из программы на языке C++ часто возникают сложности, т.к. C++ не имеет встроенных библиотек для визуализации данных, а интеграция существующих может быть сложной и требовать дополнительных настроек и навыков программирования.

При изучении вычислительной математики возникает необходимость визуализировать методы и результаты вычислений, проводимых студентами в Арзамасском политехническом институте в рамках дисциплин «Численные методы» и «Вычислительная математика». Так как сами алгоритмы численных методов реализуются на языке C++, было бы удобно отображать графики в той же программе. Это можно реализовать, создав графическое оконное приложение (например, с помощью Qt, WinForms или WPF) или с непосредственным использованием графических API (OpenGL, SFML, Vulkan, DirectX, и др.). Однако данные подходы являются достаточно сложными, и в рамках изучения вычисли-

тельной математики целесообразно, чтобы визуализация не становилась трудоёмкой задачей.

Целью данной работы является разработка библиотеки для визуализации данных из консольных приложений на C++.

Для решения данной задачи был выбран программный пакет Gnuplot, который представляет собой свободное кроссплатформенное ПО с командным интерфейсом. Несмотря на то, что первая версия Gnuplot вышла почти 40 лет назад, проект до сих пор активно разрабатывается и обновляется. Gnuplot поддерживает различные форматы ввода, включая команды и чтение из файлов, а также вывода, такие, как окно, LaTeX, PDF, а также изображения в форматах PNG, SVG, и др. [1; 2]. Самая распространенная библиотека для взаимодействия с Gnuplot из кода C++, `gnuplot-iostream`, требует сложной установки и необходимости отправлять команды Gnuplot непосредственно из кода на C++.

Разработанная библиотека представлена в виде заголовочного файла `gnuplot.hpp`, содержащего класс `Gnuplot`. Этот класс включает методы, которые автоматически формируют и отправляют команды в Gnuplot на основе входных данных. Таким образом, команды Gnuplot инкапсулированы в методы C++.

Для использования библиотеки необходимо установить Gnuplot на компьютер и скопировать заголовочный файл библиотеки (`gnuplot.hpp`) в проект.

Пример использования библиотеки. В RL -цепи последовательно включены источник напряжения $E = U \cos(\omega t)$, где $U = 10$ В, $\omega = 100$ рад/с, резистор сопротивлением $R = 10$ Ом и катушка индуктивности $L = 10$ Гн (рис. 1). В начальный момент времени ток в контуре отсутствует. Про моделировать силу тока в цепи в течение первой секунды после включения.

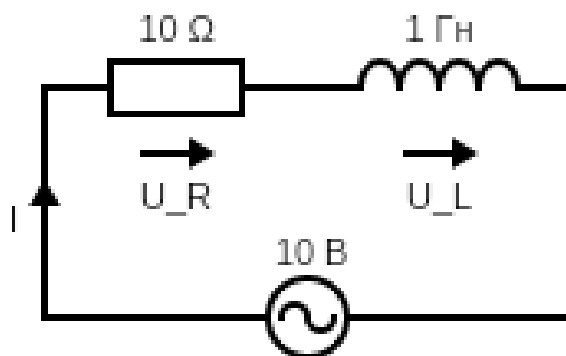


Рис. 1. Последовательная RL -цепь

Используя законы Кирхгофа и Ома, можно записать уравнение для силы тока в цепи: $LI'(t) + RI(t) = E$ [3], откуда, подставляя параметры цепи, получим следующую задачу Коши: $I'(t) + 10I(t) = 10 \cos(100t)$, $I(t_0) = 0$. Будем решать это уравнение методом Рунге-Кутты 4-5 порядка на отрезке $[0; 1]$ с шагом 0,001. На графике изобразим силу тока и фазовый портрет решения (рис. 2).

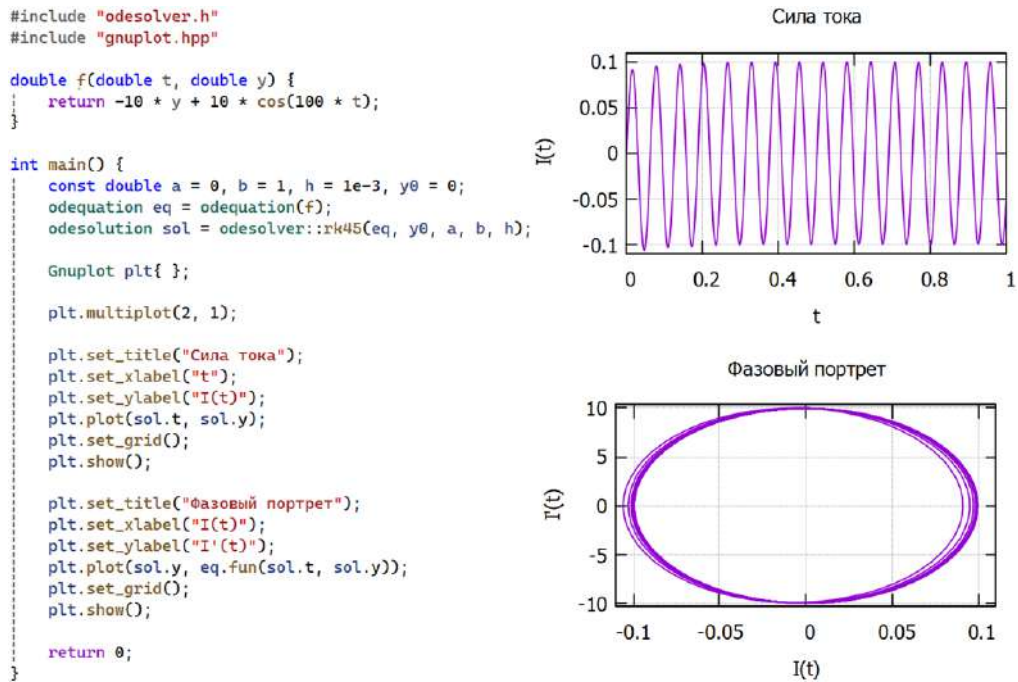


Рис. 2. Листинг кода для построения графика (слева) и скриншот результата (справа)

Библиотека имеет интерфейс для отображения различных видов графиков: в декартовых и полярных координатах, 2D и 3D-пространстве, графиков с погрешностями, гистограмм, векторных полей, и т.д. (рис. 3).

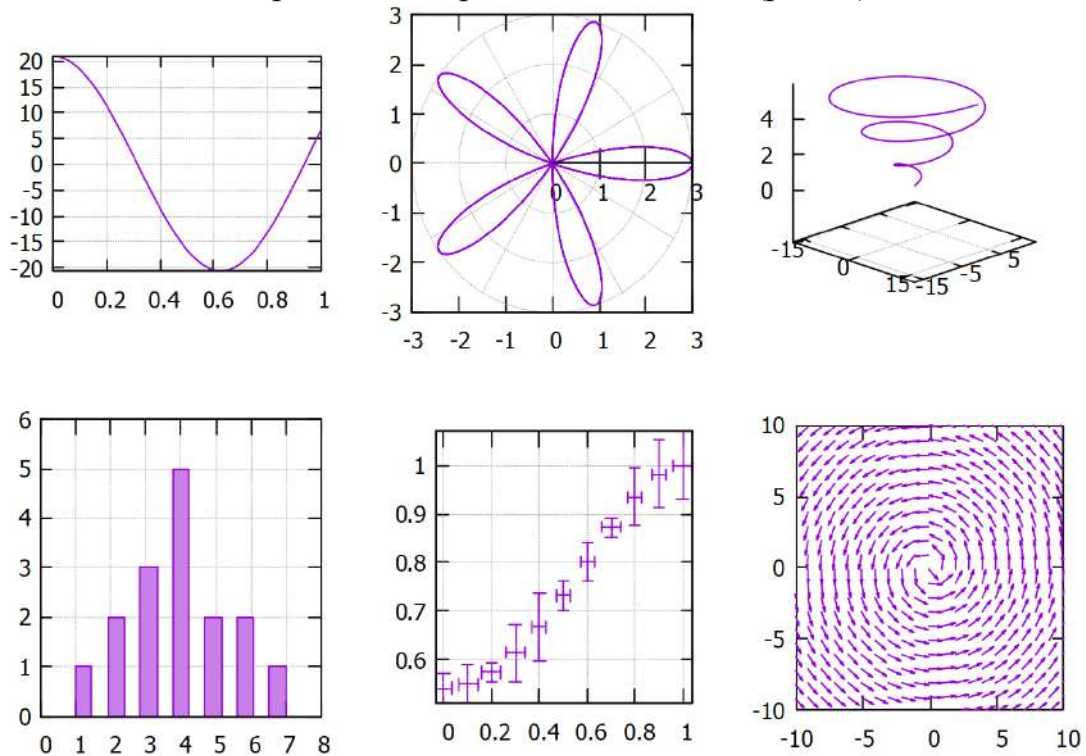


Рис. 3. Примеры графиков, построенных при помощи разработанной библиотеки

Таким образом, была разработана библиотека для визуализации данных из консольных приложений на C++. Она предоставляет удобный и интуитивно понятный интерфейс для построения графиков с помощью Gnuplot, аналогично тому, как это делается в Python или MATLAB. В будущем планируется дальнейшее расширение библиотеки, включая добавление новых функций и улучшение существующих методов.

Библиографический список

1. Janert P. K. Gnuplot in action: understanding data with graphs, 2nd edition. – Manning, 2016. – 400 p.
2. Попов, А.В. Gnuplot и его приложения / Попов А.В. – М.: Издательство попечительского совета механико-математического факультета МГУ, 2015. – 240 с.
3. Кострова, Ю.С. Дифференциальные уравнения в задачах электротехники и биохимической инженерии. Практикум: учеб. пособие / Кострова Ю.С., Ревкова Л.С., Бодрова И.В. – Рязан. гос. радиотехн. ун-т. – Рязань, 2022. – 100 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ЗАКАЗА ГОТОВЫХ БЛЮД С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОНЛАЙН-ОПЛАТЫ

С.В. Юнюшкин¹, Н.А. Тихонов²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева,

¹студент, ²студент; Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: seryi5445sj@mail.ru, dr.tixon1337@yandex.ru

Научный руководитель: Токарев Н.М., ст.преподаватель,

nik1812-tnm@yandex.ru

В статье представлено моделирование мобильного приложения для пункта общественного питания, которое позволит клиентам осуществлять заказ и онлайн-оплату. В статье представлены разработка и анализ функциональных требований к приложению, модели прецедентов и диаграммы классов.

Ключевые слова: мобильное приложение, моделирование проекта, качество обслуживания клиентов, онлайн-оплата.

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к мобильным приложениям в сфере общественного питания. Пандемия COVID-19 стала катализатором изменений в поведении потребителей и способах ведения бизнеса, что привело к увеличению спроса на удобные и безопасные решения для заказа еды [1]. Кафе и рестораны, которые адаптировались к новым условиям, внедрили технологии, позволяющие клиентам заказывать блюда и напитки дистанционно, избегая очередей и минимизируя физический контакт. Эта тенденция продолжает развиваться, так как современные мобильные приложения помогают экономить время и привлекают молодежь, которая предпочитает удобство технологий.

Согласно исследованиям, проведенным в период пандемии, более 70% потребителей стали чаще заказывать еду на вынос и доставку, и этот показатель продолжает увеличиваться [2]. Это связано не только с увеличением времени, проводимого вне заведений, но и с желанием сократить время на посещение кафе. Большинство заведений уже имеют свои сайты, и те, кто нет, стремятся разработать собственные решения. В результате заведения общественного питания, которые не предлагают удобные способы заказа, рискуют потерять клиентов в пользу конкурентов.

Несмотря на наличие различных платформ для доставки еды, многие из них не учитывают специфические потребности пользователей, связанные с заказом и доставкой из конкретных заведений. Таким образом, существует необходимость разработки специализированного мобильного приложения, которое будет учитывать потребности клиентов и предлагать удобные решения. Спроектированная общая схема позволит оптимизировать процесс заказа и улуч-

шить клиентский опыт. На рис.1 представлена модель прецедентов существующей системы заказа.

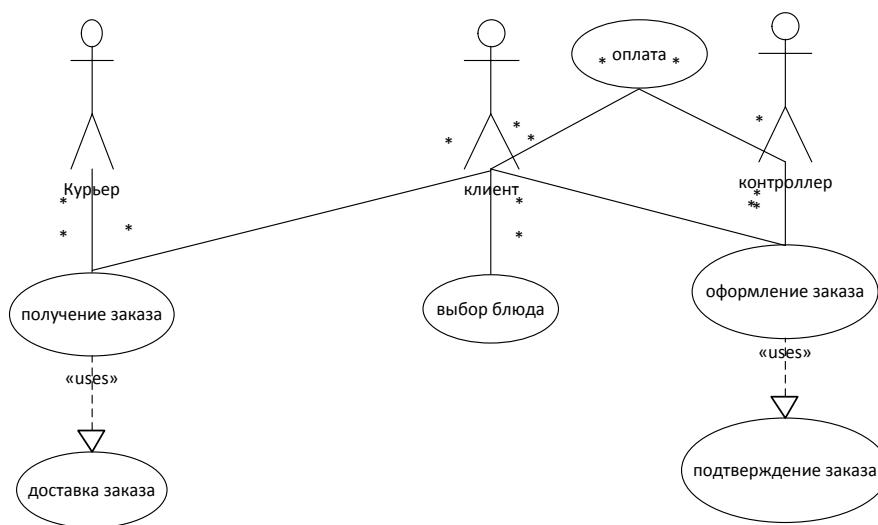


Рис.1. Модель прецедентов существующей системы заказа

Согласно рис.1, клиент начинает процесс с выбора блюда, после чего оформляет заказ и осуществляет оплату. Далее заказ передается контроллеру для подтверждения. Курьер забирает заказ, доставляет его и подтверждает успешную передачу клиенту. Эта схема демонстрирует ключевые этапы взаимодействия в текущем процессе, где каждый участник выполняет свою роль для завершения заказа.

Таким образом, основными проблемами, существующей системы заказа является:

- отсутствие информации о наличии блюд: в условиях быстроменяющегося меню клиенты могут не знать, какие блюда доступны в данный момент;
- долгое время ожидания: без возможности предзаказа клиенты вынуждены ждать своей очереди, что может привести к негативному опыту и снижению лояльности;
- неудобство оплаты: многие пользователи предпочитают оплачивать заказы онлайн, однако не все заведения предлагают такие возможности, что создает дополнительные трудности.

Основной целью создания мобильного приложения заказа готовых блюд является:

- повышение качества обслуживания клиентов путем предоставления удобного инструмента для заказа и доставки блюд и напитков;
- расширение клиентской базы: приложение привлечет новых клиентов, которые ценят удобство и скорость обслуживания;
- увеличение среднего чека: возможность заказа и специальные предложения, доступные только в приложении, могут способствовать увеличению среднего чека;

- сбор данных о клиентах: приложение позволит собирать информацию о предпочтениях и поведении клиентов, что поможет в дальнейшем адаптировать меню и маркетинговые стратегии [4].

Приложение должно обеспечивать:

- удобный интерфейс: легкость в навигации и доступность информации о меню, акциях и специальных предложениях;
- функцию заказа: возможность заказать блюда, что позволит сократить время ожидания и повысить удовлетворенность клиентов;
- онлайн-оплату: безопасные и удобные методы оплаты, которые позволят клиентам избежать необходимости наличных расчетов.

Основные функции необходимые проектируемому мобильному приложению представлены в табл. 1.

Таблица 1

Функции мобильного приложения и их описание

Функция	Описание
Онлайн-оплата	Поддержка различных способов оплаты, включая банковские карты, электронные кошельки, SberPay и др. Обеспечение безопасности платежных данных и шифрования.
Получения уведомления о готовности заказа	Курьер получает уведомления о готовности заказа, включая информацию о начале доставки и прибытии к клиенту, что позволяет оптимально планировать маршрут.
Выбор блюда	Пользователь может просматривать меню, выбирать интересующие блюда и напитки, видеть подробные описания и фотографии, а также информацию о наличии.
Подтверждение заказа и обновление статуса	После оформления заказа приложение автоматически подтверждает его. Клиент и курьер могут отслеживать статус заказа - от подтверждения до момента доставки.

Анализ функций мобильного приложения, представленных в табл. 1, показывает, что успешная реализация проекта требует учета интересов пользователей, обеспечения безопасности и выбора современных технологий для разработки [3]. Это станет основой для проектирования архитектуры приложения и дальнейших этапов разработки. На рис.2 представлена главная диаграмма вариантов использования проектируемого мобильного приложения.

Согласно рис.2, клиент на своем мобильном устройстве выбирает блюда и оформляет заказ. После подтверждения заказа он автоматически обрабатывается, что полностью исключает участие контроллера и делает процесс обработки заказа более быстрым и точным. Курьер получает уведомление о готовности заказа, доставляет его клиенту и подтверждает завершение доставки через приложение. Оплата осуществляется при встрече с клиентом после доставки, что устраняет необходимость предоплаты и повышает уровень доверия.

В отличие от существующей системы, представленная схема имеет несколько преимуществ. Во-первых, онлайн-оплата делает процесс более удобным и безопасным для клиента. Во-вторых, использование приложения для уведомлений и подтверждений повышает прозрачность и улучшает взаимодействие между всеми участниками. В-третьих, отсутствие контроллера сокращает расходы на персонал, что позволяет заведениям сэкономить на зарплате и повысить прибыль.

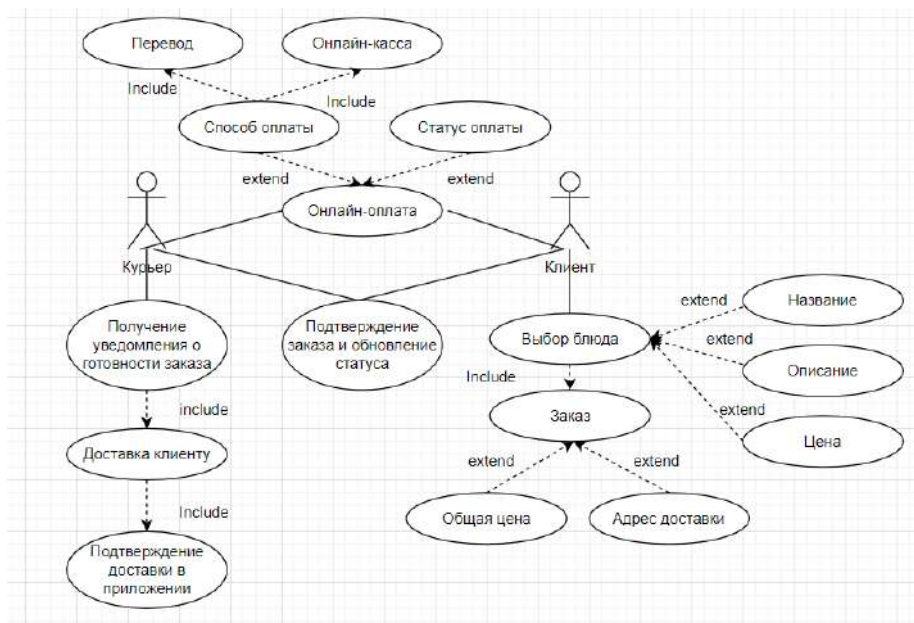


Рис.2. Главная диаграмма вариантов использования проектируемого мобильного приложения

На рис.3 представлена диаграмма классов интерфейсов проектируемого мобильного приложения. Она позволяет понять структуру приложения со стороны пользователя системой и взаимодействие между его компонентами, представленными в виде форм доступа.

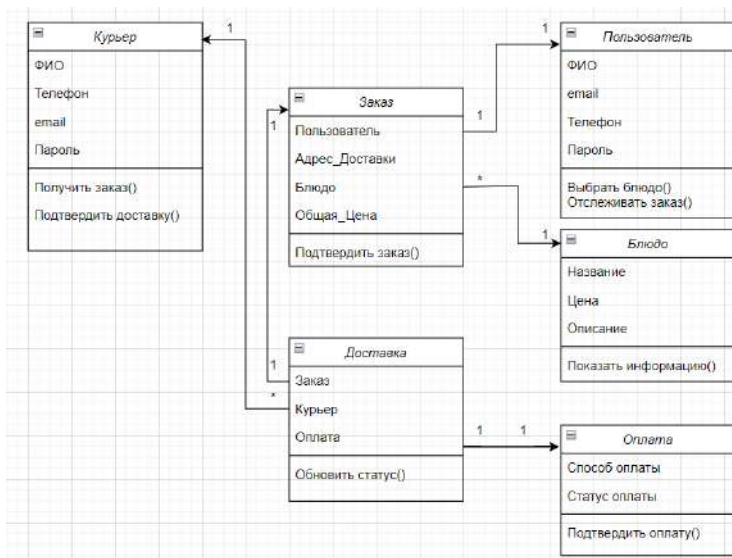


Рис. 3. Диаграмма классов интерфейсов

Таким образом, создание мобильного приложения, направленного на решение проблем, связанных с отсутствием информации о наличии блюд, длительным временем ожидания и неудобством оплаты, а также соответствие требованиям потребителей, связанными с желанием заказывать еду удаленно и безопасно. Это не только повысит качество обслуживания, но и обеспечит конкурентные преимущества в условиях динамично развивающегося рынка общественного питания.

Библиографический список

1. Громов, И.И. Влияние COVID-19 на цифровую трансформацию предприятий общественного питания // Управление бизнесом в условиях кризиса. – 2021. – № 2. – С. 101-109.
2. Иванов, С.В. Изменения в потребительском поведении на рынке общественного питания в условиях пандемии COVID-19 // Маркетинг в России и за рубежом. – 2021. – № 2. – С. 38-44.
3. Громов, И.И. Мобильные приложения в ресторанном бизнесе: функционал и перспективы // Журнал «Современные технологии в индустрии питания». – 2022. – Т. 5, № 1. – С. 22-28.
4. Жукова, Е.Н. Приложения для заказа еды: как они изменяют рынок общественного питания // Вестник ресторанного бизнеса. – 2021. – № 3. – С. 45-50.

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ФИЗИКЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Е.Н. Мякишева

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас; e-mail: Lena-gyabova 02@yand
Научный руководитель: Гришина О.В., к.п.н., доцент, olgagr9@mail.ru

В статье рассказывается об электронном учебном пособии по физике, которое призвано сделать процесс обучения более эффективным и увлекательным. Оно содержит не только традиционные теоретические материалы, но и разнообразные задачи, решенные примеры и тесты, позволяющие проверить знания обучающихся.

Ключевые слова: электронное учебное пособие, электромагнетизм, тестирование, физика, наука, раздел.

Физика – фундаментальная наука, которая является одной из самых важных дисциплин в технических вузах. Она закладывает прочную основу для освоения инженерных профессий, формируя глубокое понимание принципов работы технических систем и устройств. Благодаря изучению физики будущие инженеры получают навыки решения сложных задач, что необходимо для успешной работы в современных технологических сферах.

В современном мире студенты все чаще обращаются к электронным ресурсам в процессе обучения. Это позволяет быстро и легко находить необходимую информацию.

С целью оптимизации поиска и усвоения знаний было создано интерактивное учебное пособие по физике для студентов вузов. Пособие предлагает не только теоретический материал, но и разнообразные практические задания, способствующие более глубокому пониманию изучаемого предмета. Интерактивный формат делает процесс обучения более увлекательным, повышая мотивацию студентов и способствуя более эффективному усвоению знаний.

Перейдем к рассмотрению разработанного средства обучения. При открытии созданного веб-сайта перед пользователем появится страница с содержанием (рис. 1).

С помощью этой страницы пользователь может совершать переходы в определенные разделы электронного средства обучения. Например, при выборе раздела «Электромагнетизм» перед обучающимися появятся кнопки-пункты, в которых содержится теоретическая информация, необходимая при изучении данного параграфа физики (рис. 2).

<u>Содержание электронного пособия</u>	
Раздел «Электростатика»	
Раздел «Электрический ток. Законы постоянного тока»	
Раздел «Электромагнетизм»	
Раздел «Уравнения Максвелла»	
Раздел «Электрические колебания»	
Раздел «Электромагнитные волны»	
Раздел «Разборные примеры и задачи для самостоятельного решения»	
Раздел «Контрольные вопросы»	
Квест на тему «Физика вокруг нас»	
Итоговое тестирование по курсу «Физика. Электромагнетизм»	
Используемые источники	

Рис. 1. Содержание электронного средства обучения

<u>Раздел «Электромагнетизм»</u>	
3.1 Магнитное поле	
3.2 Силы, действующие на движущиеся заряды в магнитном поле	
3.3 Циркуляция вектора магнитной индукции	
3.4 Явление электромагнитной индукции	
3.5 Самоиндукция и взаимная индукция	
3.6 Магнитные свойства вещества	
3.7 Демонстрационные опыты	
3.8 Тест на тему «Электромагнетизм»	
Перейти на главную страницу	

Рис. 2. Содержание раздела «Электромагнетизм»

Каждый пункт разделен на подпункты, которые позволяют постепенно углублять изучение темы. Первые подпункты предоставляют базовую информацию, а последние – более сложные сведения для профильного изучения физики. Теоретическая информация представлена в разнообразных форматах, чтобы сделать изучение материала максимально наглядным и доступным. В разработанном электронном учебном пособии обучающиеся могут встретить текстовое описание физических законов, формулы, схемы, рисунки, графики и таблицы (рис. 3). Такое разнообразие форм представления материала способствует более глубокому пониманию и запоминанию информации.

Теоретическая информация данного учебного пособия основана на источниках [1; 2; 4].

Для наглядного представления физических явлений в данном разделе представлены демонстрационные опыты. Демонстрации не только иллюстрируют изучаемые понятия, но и способствуют более глубокому пониманию материала, развитию научных навыков, творчества и критического мышления. Наблюдая за опытами, обучающиеся могут увидеть в действии явления, о кото-

рых они только что узнали в теоретических материалах, что делает процесс обучения более интересным, запоминающимся и эффективным.

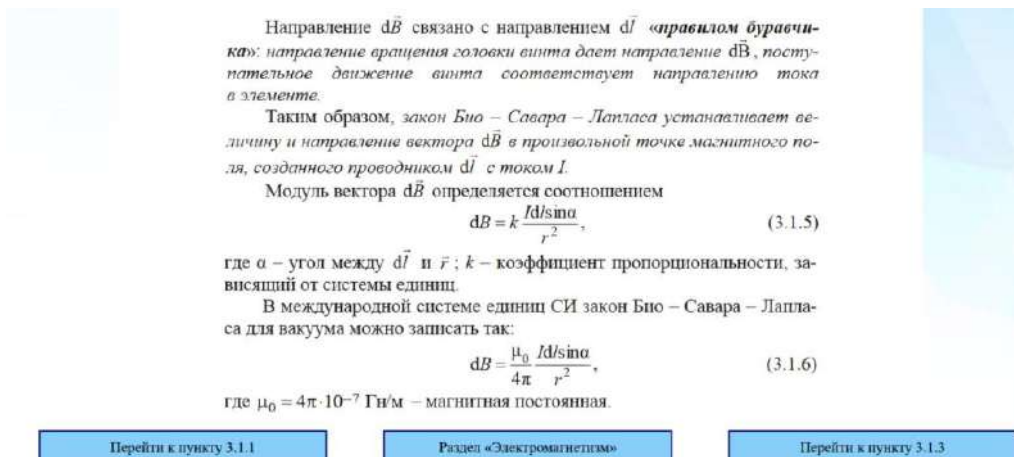


Рис. 3. Представление теоретического материала

В конце раздела представлен интерактивный тест, позволяющий пользователям проверить свои знания по изученному материалу. По завершении тестирования, обучающиеся получают подробный результат: количество правильных и неправильных ответов, а также оценку. Для дополнительной мотивации каждый результат сопровождается вдохновляющей цитатой известной личности: ученого, писателя, политика, полководца (рис. 4).

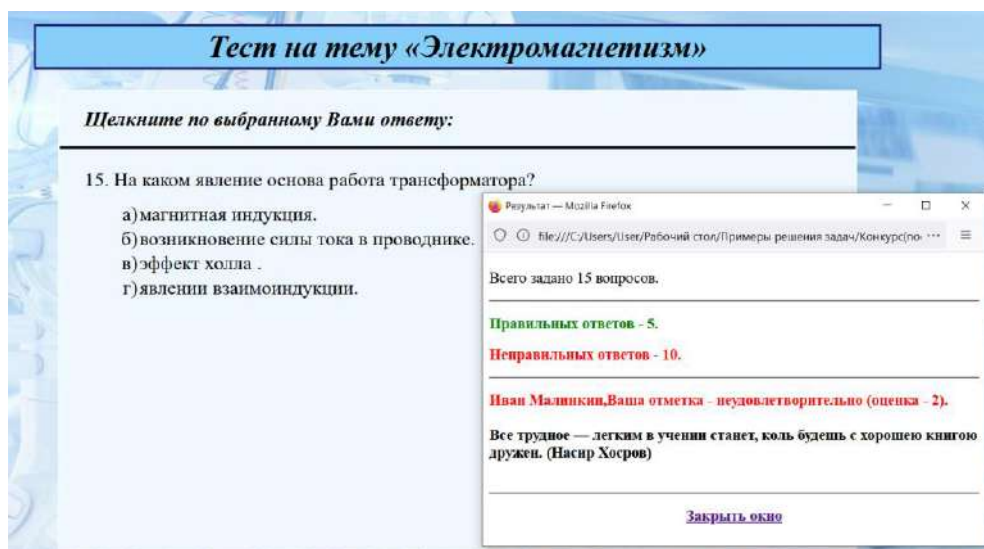


Рис. 4. Результат тестирования

Структура оставшихся пяти теоретических разделов учебного пособия соответствует структурной модели, представленной в рассмотренном разделе.

Помимо теоретического содержания, разработанное электронное учебное пособие включает в себя раздел, содержащий подробные решения задач по изученным теоретическим разделам (рис. 5).

Задачи для сборника были собраны из различных источников [3;5]. Каждое решенное задание сопровождается подробными объяснениями, графиками и другими визуальными элементами, способствующими глубокому пониманию физических явлений (рис. 6). Такой подход к обучению повышает эффективность усвоения материала.



Рис.5. Содержание раздела, содержащего разобранные примеры и задачи для самостоятельного решения

4. Определить ЭДС аккумуляторной батареи, ток замыкания в которой 10 А, если при подключении к ней резистора сопротивлением 9 Ом сила тока в цепи равна 1 А.

Дано:	Решение:
$I_{кз}=10 \text{ А}$	По закону Ома $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ и $\varepsilon = I(R + r)$
$R= 9 \text{ Ом}$	При коротком замыкании цепи внешнее сопротивление
$I= 1 \text{ А}$	$R=0$ и $I = \frac{\varepsilon}{r}$, откуда $r = \frac{\varepsilon}{I_{кз}}$. Тогда $\varepsilon = I(R + \frac{\varepsilon}{I_{кз}})$
$\varepsilon=?$	или $\varepsilon = \frac{IR}{1 - \frac{I}{I_{кз}}}$; $\varepsilon = \frac{9 \cdot 1}{1 - 0,1} = 10(\text{В})$
	Ответ: 10 (В)

Рис. 6. Пример разобранный задачи

Также в данном разделе есть задачи для самостоятельного решения, которые различаются по уровню сложности. В среднем, по каждому изученному теоретическому блоку представлено около 10 заданий, что позволяет обучающимся закрепить изученный материал на практике и проверить свои знания.

Для быстрого поиска и удобства использования, учебное пособие снабжено глоссарием, содержащим определения основных физических терминов, а также списком ключевых формул, применяемых в соответствующих разделах. Данные ресурсы позволяют студентам быстро найти необходимую информацию, не тратя время на поиск ее в тексте.

В дополнение к задачам электронное учебное пособие содержит раздел с контрольными вопросами по теоретическому материалу, позволяющий обучающимся проверить свое понимание основных концепций и проверить уровень усвоения материала (рис. 7).

В завершении теоретического блока электронного учебного пособия по курсу физики «Электromагнетизм» предусмотрено итоговое тестирование, состоящее из 20 случайных вопросов, отобранных из обширной базы данных. Тестовые задания охватывают как задачи, требующие применения теоретических знаний, так и вопросы, направленные на оценку понимания ключевых концепций курса.

В завершении теоретического блока электронного учебного пособия по курсу физики «Электromагнетизм» предусмотрено итоговое тестирование, состоящее из 20 случайных вопросов, отобранных из обширной базы данных. Тестовые задания охватывают как задачи, требующие применения теоретических знаний, так и вопросы, направленные на оценку понимания ключевых концепций курса.

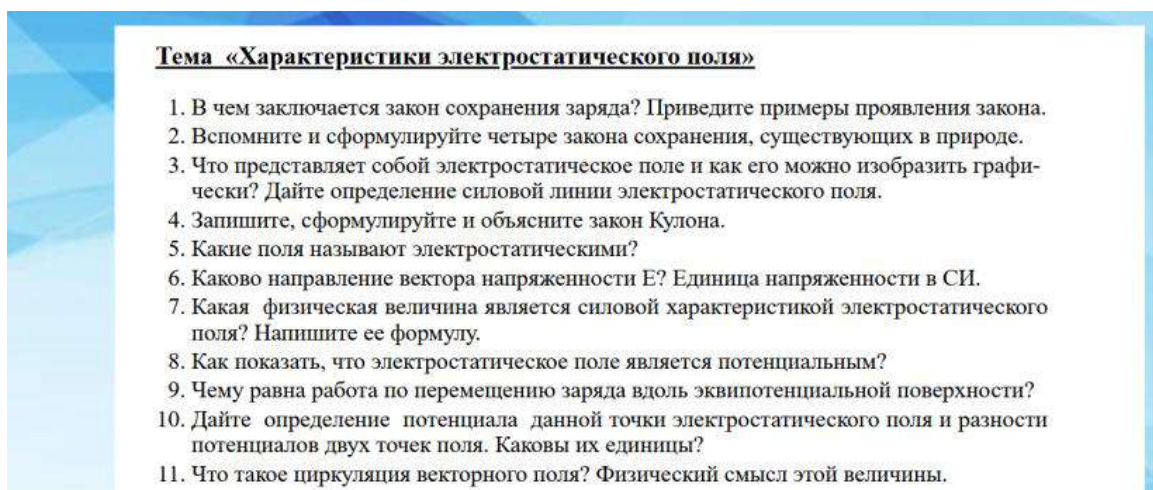


Рис. 7. Пример контрольных вопросов

Физика – сложная наука, требующая глубокого понимания. Чтобы сделать процесс обучения более увлекательным и позволить провести время отдыха с пользой, в разработанном электронном учебном пособии включен занимательный квест. В нем представлены разнообразные игровые формы обучения, от ребусов и загадок, раскрывающих физические законы, до биографий выдающихся ученых с описанием их вклада в развитие физики (рис. 8).



Рис. 8. Фрагменты из раздела «Квест»

Библиографический список

1. Кузнецов, С.И. Курс физики с примерами решения задач. Ч. II. Электричество и магнетизм. Колебания и волны: учебное пособие / С.И.Кузнецов. – 4-е изд., перераб. доп.; Нац. исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 370 с.
2. Савельев, И.В. Курс общей физики. В 5 кн.: учебное пособие для втузов / И.В. Савельев. – М.: АСТ Астрель, 2006. – 336 с.
3. Трофимова, Т.И. Курс физики. Задачи и решения: учебное пособие для втузов / Т.И. Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 592 с.
4. Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для вузов. – Изд. 14-е, перераб. и доп. / Т.И. Трофимова. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 560 с.
5. Чертов, В.Г. Задачник по физике. 8 изд., перераб. и доп. / В.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2007 – 640 с.

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО ТЕМЕ «КРАТНЫЕ ИНТЕГРАЛЫ»

М.И. Скрябин¹, В.А. Емельянов²

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент, Россия, Нижегородская область, г. Арзамас; email: mrinsky2002@gmail.com

²Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича

Столетовых», студент,

Россия, Владимирская область, г. Муром, ул. Орловская, д.23;

e-mail: etvpm@yandex.ru

Научный руководитель: Тюрьмина М.В., ст. преподаватель; email:

tmv_arz@mail.ru

В данной статье рассмотрена тема создания и применения электронных учебных пособий. Обосновывается актуальность разработки такого пособия, подчеркивается необходимость использования современных технологий в обучении и индивидуализации процесса освоения сложных математических концепций. В статье детально рассмотрена авторская учебная среда, а так же апробация данного программного продукта.

Ключевые слова: электронное учебное пособие; электронный учебник; кратные интегралы; язык гипертекстовой разметки HTML; язык стилей CSS; язык программирования JavaScript.

Современные образовательные подходы требуют внедрения новых технологий, которые могут упростить и ускорить процесс освоения сложных тем. Одной из таких тем являются кратные интегралы, требующие не только теоретического осмысления, но и значительных навыков практического применения. В этом контексте электронные учебные пособия играют ключевую роль, представляя собой современные образовательные комплексы, способствующие улучшению качества обучения и поддержанию интереса студентов. Создание электронного пособия по кратным интегралам становится актуальным, особенно с учетом того, что время на лекции и практические занятия в учебных планах сокращается.

Электронные учебные пособия, как правило, интегрируют учебные материалы с интерактивными элементами, включая мультимедиа, что помогает учащимся осваивать сложные темы с максимальной наглядностью и удобством. Одновременно, такие пособия дают возможность самостоятельно оценивать и углублять знания, используя тесты для самопроверки и решения задач, что становится актуальным как для очной, так и для заочной формы обучения.

Теоретическое обоснование использования электронных учебных пособий

Применение электронных учебных пособий значительно изменило образовательную среду, делая ее более доступной, интересной и гибкой для студентов с разными уровнями подготовки. Электронные учебники позволяют индивидуализировать обучение, улучшать визуальное восприятие информации и облегчают усвоение сложных концепций.

1. Индивидуализация обучения. Каждый студент может осваивать материал в удобном для него темпе и возвращаться к сложным темам по мере необходимости. Электронные учебные пособия также помогают студентам повторять материал в любое время, что повышает его усвоение и делает процесс обучения более гибким.
2. Контроль знаний. В пособиях предусмотрены встроенные тесты и задания для самопроверки, что дает учащимся возможность оценить свои знания и понять, где они сделали ошибки. Это улучшает контроль над процессом обучения и позволяет эффективно заполнять пробелы в знаниях.
3. Развитие аналитического и логического мышления. Электронные учебные пособия способствуют развитию этих навыков благодаря необходимости не просто воспроизвести знания, но и проанализировать информацию, применяя ее на практике.
4. Мотивация. Электронные пособия включают интерактивные и мультимедийные компоненты, такие как графики, схемы, анимации, что позволяет поддерживать интерес к учебному процессу. Визуализация и доступный интерфейс делают обучение более интересным и легким для восприятия.
5. Формирование навыков познавательной деятельности. Электронные учебники помогают закрепить практические навыки, необходимые для анализа и исследования информации. Теоретический материал изложен таким образом, чтобы по мере его изучения учащиеся понимали логику построения знаний и их практическое применение.

Электронные учебные пособия включают в себя три уровня усвоения материала:

- описательно-иллюстративный – базовое представление материала;
- репродуктивный – повторение и применение изученного материала;
- творческий – развитие критического и творческого мышления, где полученные знания применяются в новых ситуациях.

Таким образом, электронные учебные пособия имеют комплексное воздействие на процесс обучения, создавая условия для развития самостоятельности студентов, повышения их мотивации и расширения образовательных возможностей.

Структура электронного учебного пособия

Электронное учебное пособие по кратным интегралам имеет несколько ключевых компонентов, перечисленных далее.

1. Информационная часть. Включает в себя основной текст, иллюстрации, графики. Основной материал пособия поделен на главы и разделы, что позволяет последовательно и логично освоить тему, начиная с определения кратных интегралов, и заканчивая методами вычисления двойных и тройных интегралов.

2. Практическая часть. Включает задачи для самостоятельного решения и тесты для самопроверки, которые помогают закрепить теоретические знания. Студентам предлагается ряд задач, рассчитанных на применение теоретического материала в реальных ситуациях, что развивает навыки практического применения.

3. Творческая часть. Эта компонента содержит проблемные вопросы и задачи, побуждающие студентов к критическому мышлению. Такие вопросы позволяют увидеть реальную значимость изучаемых понятий, применяя знания к решению задач из смежных областей.

4. Эмоционально-ценностная часть. Включает материал, структурированный таким образом, чтобы студенты могли лучше понять значимость математических понятий, ценностный аспект их применения. Используются выразительные иллюстрации и логические схемы, что делает материал более доступным и мотивирует студентов к изучению темы.

Процесс разработки программного продукта

Разработка электронного учебного пособия начинается с тщательного отбора и систематизации учебного материала. Назовем основные главы пособия.

1. Введение в кратные интегралы. Основные понятия и определения, начальные примеры применения.

2. Двойные интегралы. Определение и свойства, методы вычисления в прямоугольных и криволинейных областях, применение формулы Грина.

3. Тройные интегралы. Основные свойства, вычисление тройных интегралов, применение формулы Остроградского, замена переменных.

Пособие также включает задачи для закрепления материала и тесты для самопроверки после каждой главы, что помогает студентам закрепить полученные знания.

Интерактивные элементы и гипертекстовая структура

Для разработки электронного учебного пособия были использованы современные веб-технологии, такие как HTML, CSS и JavaScript. HTML используется для создания структурированного текста и ссылок на учебный материал, CSS — для оформления страниц, а JavaScript обеспечивает интерактивность и возможность взаимодействия пользователя с тестами и другими элементами курса. Такая структура дает студентам свободу в выборе маршрутов обучения, а интерактивные элементы помогают контролировать знания, оценивая свои ответы в режиме реального времени.

Отмечены основные этапы разработки гипертекстовой структуры:

1) отбор и подготовка текстовых материалов. структурирование учебного материала в отдельные модули;

- 2) создание гипертекстовой навигации;
- 3) разработка тестов и заданий для самопроверки;
- 4) мультимедийные элементы.

Использование гипертекстовой технологии позволяет создать легкий в обращении и обновлении ресурс, который можно разместить на любом сервере, делая его доступным для студентов в любое время.

На данный момент комплекс содержит в себе 55 страниц, из них 33 направлены на изучение теоретического материала, 3 страницы с тестами самопроверки (на каждой странице теста реализована случайная выборка по вопросам, имеется таймер и подсветка правильных и неправильных ответов пользователя), 1 страница с контрольными вопросами и 17 страниц с задачами для самостоятельного решения.

Применение и преимущества использования пособия

Электронное учебное пособие адаптировано для использования как в аудитории, так и для самостоятельного изучения. Оно помогает как в освоении теоретических основ, так и в получении навыков решения практических задач. Студенты могут обращаться к материалам и тестам пособия по мере необходимости, возвращаясь к сложным темам и восполняя пробелы в знаниях.

Основные преимущества использования электронного учебного пособия по кратным интегралам:

- 1) гибкость и доступность. Пособие доступно с любого устройства, что делает процесс обучения удобным и мобильным;
- 2) интерактивность и контроль знаний. Благодаря тестам и заданиям для самопроверки студенты могут проверять и оценивать свои знания;
- 3) повышение мотивации и вовлеченности. Интерактивные и мультимедийные элементы делают обучение увлекательным, что повышает заинтересованность студентов в изучении темы;
- 4) экономия учебного времени. Студенты могут самостоятельно изучать и закреплять материал, что экономит время на лекциях и семинарах, давая больше возможностей для углубленного изучения темы.

Апробация

Электронное учебное пособие прошло апробацию в студенческой группе, и результаты подтвердили его высокую эффективность. Студенты оценили удобство интерфейса, понятную навигацию и структурированность материала. Многие отметили, что тесты для самопроверки и задачи для самостоятельного решения были полезны для понимания и усвоения материала. Важно отметить, что студенты показали высокие результаты успеваемости, что демонстрирует эффективность ЭУП как инструмента обучения.

Обратная связь студентов подчеркнула, что интерактивный формат и доступность учебного пособия способствовали улучшению качества обучения. Учащиеся отмечали, что благодаря электронной структуре они могли самостоятельно изучать материал в любое удобное время, что способствовало лучшему усвоению сложных тем и развитию математических навыков.

Электронное учебное пособие в настоящее время используется на базе АПИ НГТУ им. Р.Е. Алексеева в рамках курса «Математика» для студентов направления подготовки «Информационные системы и технологии». Доступ к пособию значительно упростил процесс освоения сложных тем и позволил сократить время, необходимое на практическую подготовку.

Электронное учебное пособие по кратным интегралам – это важный инструмент, способствующий эффективному освоению сложной математической темы. Оно помогает улучшить качество обучения, повысить мотивацию студентов и сделать образовательный процесс более доступным и гибким. Разработка и использование таких пособий отвечает актуальным требованиям современного образовательного процесса и способствует развитию самостоятельности и аналитического мышления у студентов.

Электронное учебное пособие предоставляет возможность гибко адаптировать учебный процесс к нуждам студентов, делая обучение более привлекательным и доступным. Апробация показала, что данный ресурс может значительно улучшить качество образования, предоставляя учащимся возможность углубленного и всестороннего освоения теоретических и практических аспектов темы «Кратных интегралы».

Библиографический список

1. Электронные учебные пособия и их важность в учебном процессе [Электронный ресурс] // URL: <https://infed.ru/articles/87/>
2. Каковы преимущества и недостатки электронных учебников [Электронный ресурс] // URL: <https://www.casadelisol.ru/blog/uchebnyy-protsess/kakovy-preimuschestva-i-nedostatki-elektronnyh-uchebnikov/>

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО КАЛЬКУЛЯТОРА

Г.А. Гуськов¹, Е.Д. Мясников²

¹Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, студент,

²Муниципальное общеобразовательное учреждение «Киришский лицей имени Героя Российской Федерации Александра Соколова», учащийся,
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19,
Россия, Ленинградская область, город Кириши, ул. Энергетиков, д. 29,
e-mail: grigu001@mail.ru, etvpm@yandex.ru

Научный руководитель:

Емельянова Т.В., к.т.н., доцент, etvpm@yandex.ru

В данной статье рассматривается процесс разработки простого графического калькулятора на языке C# с использованием библиотеки Windows Forms. Описаны основные этапы разработки приложения, представлены программная реализация и различные режимы работы приложения.

Ключевые слова: графический калькулятор, C#, Windows Forms, методы построения графиков, параметры графиков.

Современные информационные технологии позволяют обрабатывать большое количество информации. Разнообразие видов информации является необходимостью для общения, передачи и сохранения знаний.

При работе с цифровой информацией возникает необходимость обработки информации в графическом формате. Различные виды графиков и диаграмм позволяют анализировать данные.

Графическая информация – это информация, представленная в виде картин, чертежей, рисунков, фотографий. Графическая форма дала возможность хранить сведения об окружающем мире. Пещерная живопись является источником ценных сведений для множества научных дисциплин, связанных с изучением древности. Известно, что человек воспринимает 80% информации с помощью органов зрения. Поэтому графическая форма представления более популярна [1].

В процессе изучения различных математических и специальных дисциплин возникает необходимость построения графиков различных функций. Разработано приложение «Графический калькулятор», которое выполняет следующие функции:

- 1) построение графиков различных функций на плоскости;
- 2) ввод и изменение параметров функций;
- 3) форматирование графиков функций.

При разработке графического калькулятора был выполнен анализ современных средств обработки графической информации. Обычно они являются

дополнительным средством для решения различных математических задач, а также не имеют возможности корректировки параметров функций и масштабирования графиков.

Разработанное приложение выполнено в среде VisualStudio 2022 на языке C#. Язык программирования C# является современным, объектно-ориентированным языком программирования и предназначен для решения задач любой сложности.

Были определены следующие этапы разработки:

- 1) разработать макет приложения;
- 2) реализовать алгоритмы обработки числовых данных с выводом в виде графиков;
- 3) проверить корректность работы калькулятора на примерах.

Разработка формы и интерфейса была выполнена с помощью платформы пользовательского интерфейса Windows Forms. Она представляет собой библиотеку классов в .NET Framework. Windows Forms обеспечивает один из самых эффективных способов создания классических приложений с помощью визуального конструктора в среде Visual Studio [2;3].

На рис. 1 представлен общий вид приложения.

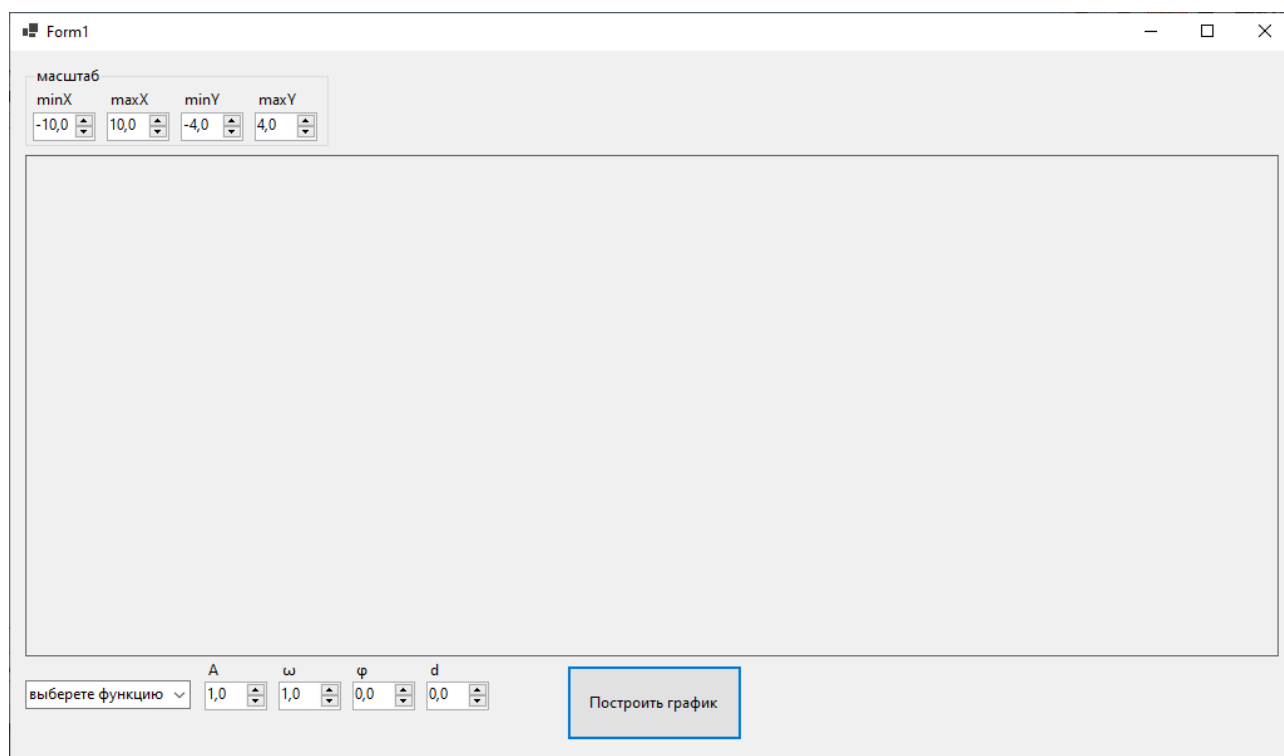


Рис. 1. Общий вид формы

При вызове приложения (рис.1) необходимо выбрать функцию, задать параметры функции и нажать на кнопку «Построить график» (рис. 2). Построение графика выполняется с помощью разработанного метода построения графиков `draw_Graph`.

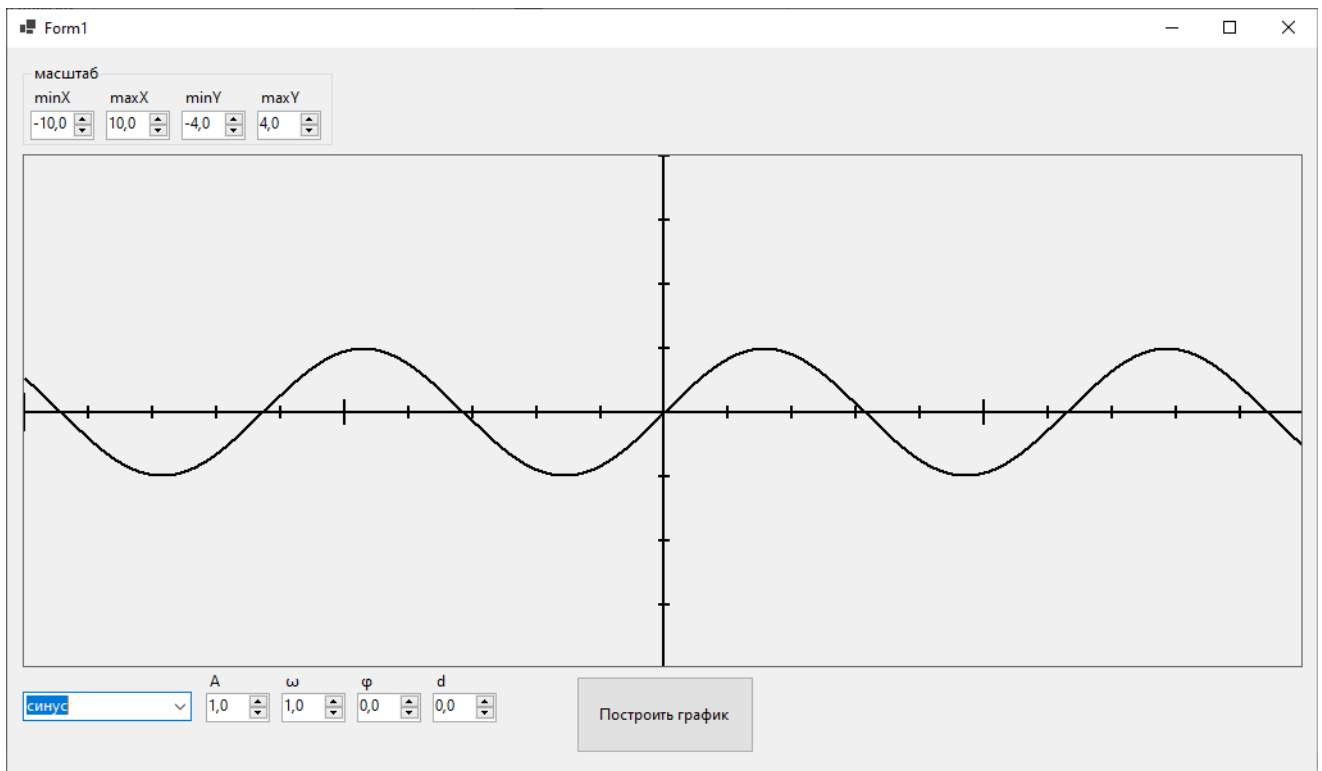


Рис. 2. График синуса

Если функция не выбрана, то в окне отображаются только оси графика (рис.3).

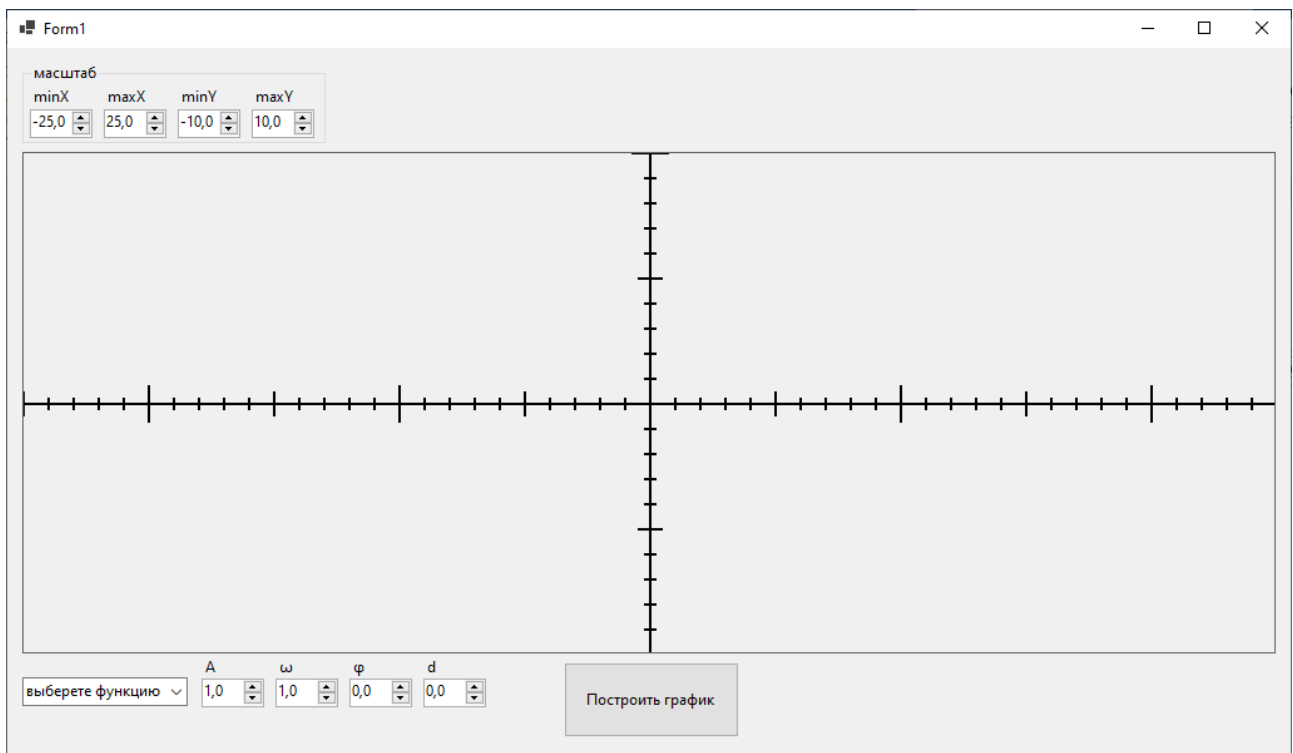


Рис. 3. Результат нажатия на кнопку «Построить график»

Для тригонометрических функций возможно задать следующие параметры (рис.2):

- А – амплитуда (для синуса и косинуса);
- ω – частота ($\omega = T^{-1}$, где Т – период функции);
- φ – сдвиг фазы;
- d – смещение по оси Y.

Общий вид функции имеет вид:

$$y = A \cdot \text{function}(\omega x + \varphi) + d,$$

где вместо *function* стоит одна из основных тригонометрических функций (sin, cos или tan).

Изменение параметров позволяет выполнить построение графика функции при заданных данных, что способствует анализу работы функции (рис.4).

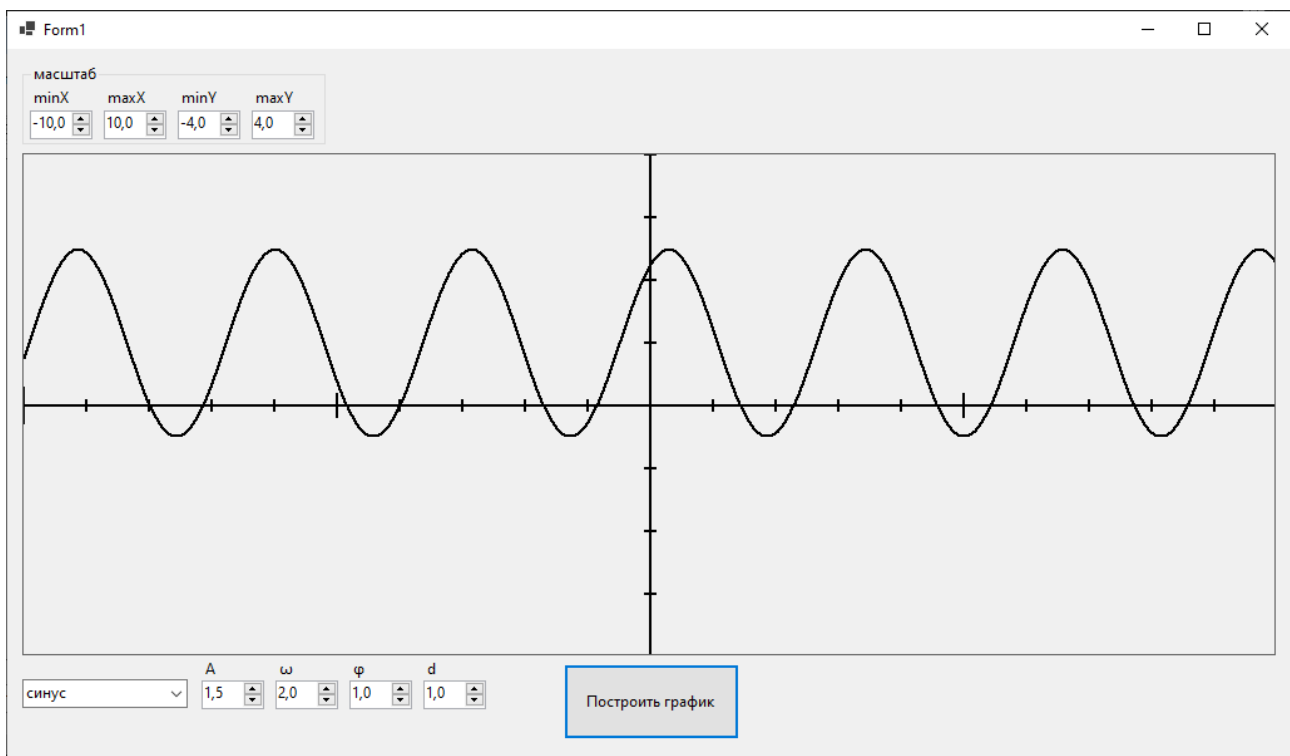


Рис. 4. Изменение параметров функции

После построения графика возможно выполнить масштабирование области построения. Задаются диапазоны по оси OX [minX;maxX] и/или по оси OY [minY;maxY] и выполняется вычисление значений функции относительно области функции. Для каждого пикселя по оси X рассчитывается значение Y и выполняется отрисовка графика с помощью библиотечного метода DrawLines (рис.5).

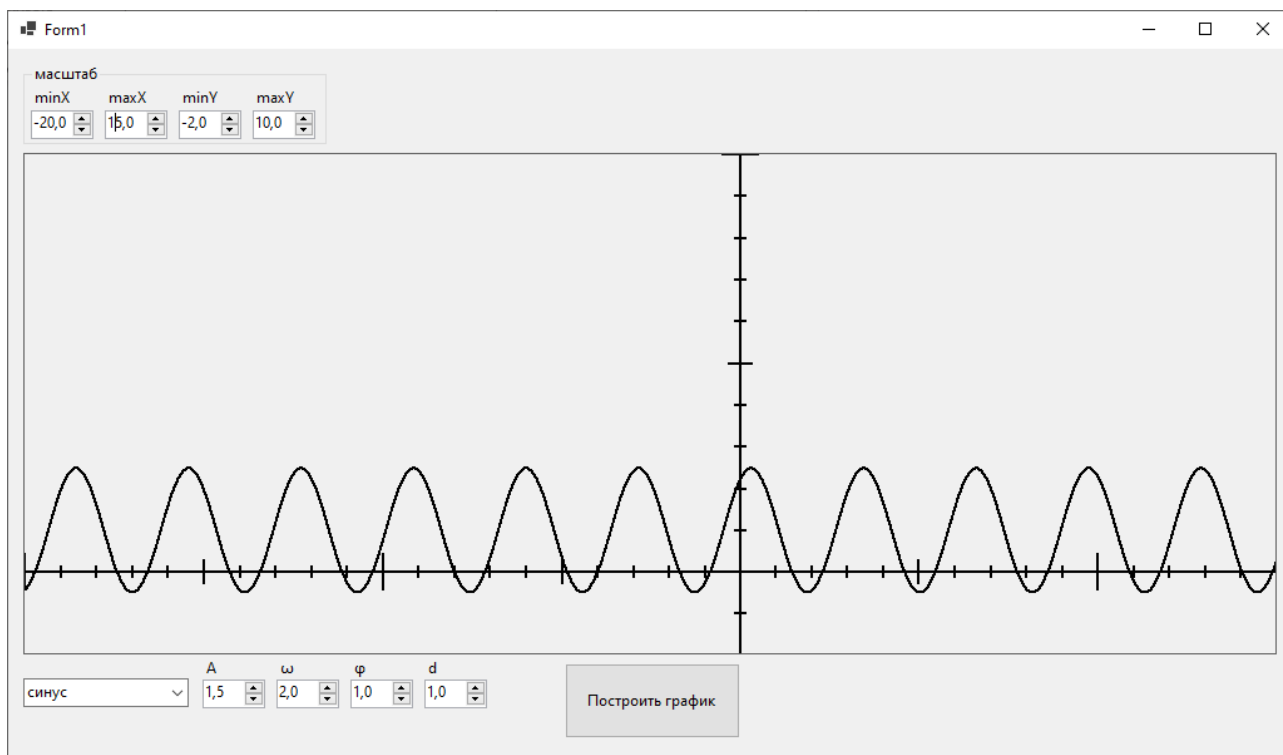


Рис. 5. Изменение масштаба отображения

Графический калькулятор позволяет представить различные функции в виде графиков, изучить их, проанализировать работу функций при изменении параметров. Разработанное приложение является основой для графического представления функций различной степени сложности.

Библиографический список

1. Виды информации по форме представления кратко [Электронный ресурс] URL: <https://obrazovaka.ru/informatika/vidy-informacii-po-forme-predstavleniya.html> (дата обращения 02.11.24).
2. Руководство по классическим приложениям (Windows Forms .NET) [Электронный ресурс] URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/desktop/winforms/overview/?view=netdesktop-8.0> (дата обращения 01.11.24).
3. Создание приложения Windows Forms на C# в Visual Studio [Электронный ресурс] URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/ide/create-csharp-winform-visual-studio?toc=%2Fvisualstudio%2Fget-started%2Fcsharp%2Ftoc.json&bc=%2Fvisualstudio%2Fget-started%2Fcsharp%2Fbreadcrumb%2Ftoc.json&view=vs-2022> (дата обращения 25.10.24).

РАЗРАБОТКА РАЗВИВАЮЩЕГО ПРОЕКТА ДЛЯ ДЕТЕЙ С ОСОБЕННОСТЯМИ РАЗВИТИЯ

А.Н. Куклин¹, Ю.А. Гуськова², Е.С. Сысолятин³

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Арзамас,

¹студент, ²ассистент, ³студент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д.19;

email:xlalbertllx@gmail.com;sysolyatin.egor00@mail.ru;

julia.guskova7@yandex.ru

Научный руководитель: Ямпурин Н.П., д.т.н., профессор,

kitres@apingtu.edu.ru

В статье рассматривается игровой проект «Школа веселого Дракоши», направленный на всестороннее развитие детей с особенностями развития.

Ключевые слова: школа веселого Дракоши, развивающий проект, игровые упражнения, обучение счету, развитие речи.

В соответствии с международной классификацией болезней десятого пересмотра (МКБ-10), 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].

Часто в процессе обучения детей используются компьютерные игры. В ряде исследований было подтверждено, что игры являются одним из самых эффективных способов обучения. У детей увеличивается концентрация внимания, а изучаемый материал запоминается гораздо лучше, т.к. используется преимущественно графическое представление информации. Преимущество развивающих компьютерных игр в том, что дети могут изучать материал самостоятельно, что снижает нагрузку на педагогов. Эти игры способствуют развитию концентрации внимания и мотивируют ребенка проходить игру, за получение вознаграждения [2].

В современной коррекционной педагогике существует мало игровых программ, направленных на обучение детей с умственной отсталостью. В качестве примера можно привести логопедическую программу «Игры для Тигры». Однако она направлена только на коррекцию нарушений речевой деятельности. В связи с чем мы предлагаем развивающий проект «Школа веселого Дракоши».

Основная концепция данного проекта – это всестороннее развитие детей с интеллектуальными нарушениями. Проект обеспечивает индивидуальный подход к каждому ребенку. Достигается это благодаря наличию нескольких образовательных программ, подстроенных под конкретную степень умственной отсталости. Каждая программа состоит из нескольких игровых упражнений, которые обеспечивают постепенное изучение материала от простого к сложному и развитие навыков. В образовательный проект входят программы по обучению детей с УО чтению, русскому языку и математике (счету). Также присутствует раздел формирования устойчивости и концентрации внимания для детей с тяжелой степенью УО. В зависимости от программы, ребенок сможет развить навыки речи и чтения, пополнить словарный запас, изучить правила русского языка, познакомиться с математикой, улучшить счет и развить концентрацию внимания.

Возможности, которые предоставляет данный проект:

- создание аккаунтов педагогов и детей с целью отслеживания статистики;
 - создание учебных групп;
 - подбор одной из четырех образовательных программ для конкретного ребенка;
 - повторение пройденного материала;
 - отслеживание тем, где ребенок допустил больше всего ошибок;
 - формирование отчетов по различным параметрам.
- гибкая настройка параметров игры для комфортного взаимодействия (рис. 1).

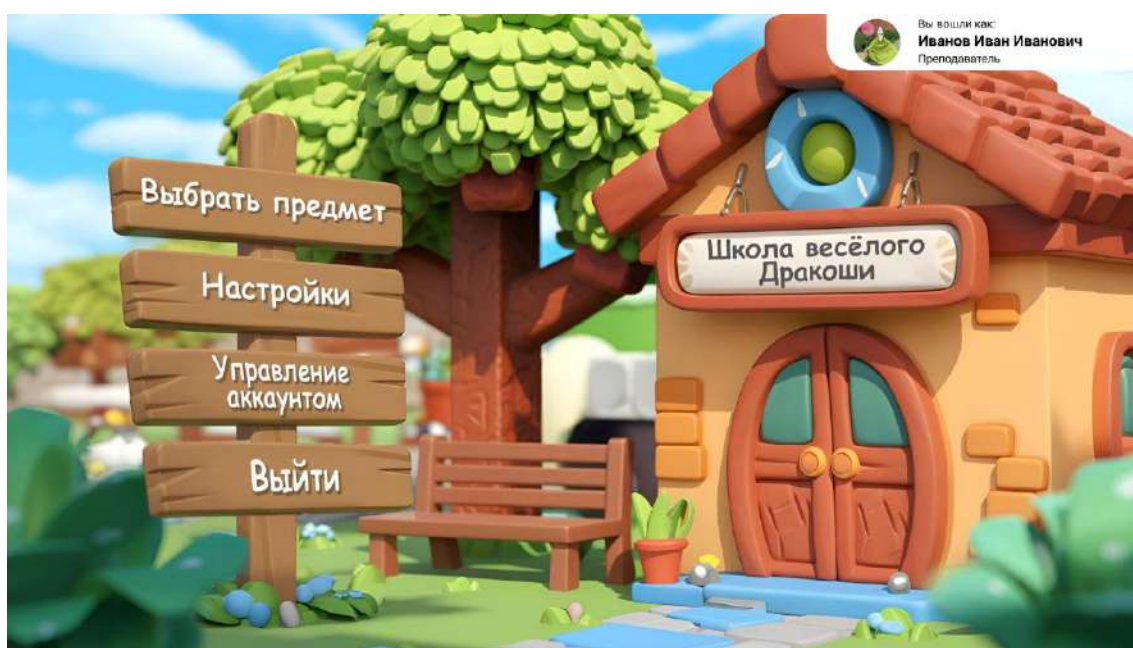


Рис. 1. Интерфейс главного экрана игры

Далее рассмотрим образовательные программы по изучению русского языка, применяемые в данной игре. Для детей с легкой степенью умственной отсталости предусмотрена программа, разделенная на модули. Каждый модуль представляет собой новое правило или конструкцию. Внутри каждого модуля есть следующий набор заданий:

– пополнение словарного запаса – 1 урок. Показывается 5 новых слов, которые используются в данном модуле. Ребенок слушает, как звучит слово, пробует повторить его. Если слово произнесено верно, то Дракоша (главный персонаж игры) похвалит ребенка. Если ребенок произнес слово не верно, Дракоша попросит повторить его. После пары неудачных попыток слово пропускается. С каждым словом показывается и картинка, чтобы ребенок понимал, какой объект из реальной жизни называется данным словом. Для закрепления материала в конце уровня ребенок должен соотнести картинки и слова;

– изучение темы – 4 урока. Изучается новая тема, объясняются правила, показываются примеры и простые задания. Ребенку предлагается вставить пропущенное слово в предложении, расположить слова в правильном порядке или выполнить другие задания, связанные с темой;

– чтение истории – 2 урока. История повествуется в диалоговом формате между персонажами. Во время чтения ребенку предстоит выбрать пропущенное слово, ответить на вопросы по тексту (ответ осуществляется путем выбора одного из вариантов), выбрать из предложения озвученное Дракошей слово;

– практика – 3 урока. Ребенок продолжает изучать тему данного модуля. Учится составлять предложения из слов, сопоставляет слова с их аудиоверсиями, учится сам произносить слова.

Во время прохождения каждого из уроков ребенок периодически будет получать похвалу от игрового персонажа. Также будет озвучиваться прогресс ребенка. Акцент делается только на успешном прохождении урока, чтобы ребенок не ощущал себя проигравшим.

Программа для детей с умеренной степенью УО похожа на основную программу, но представляет собой упрощенную версию. В ней дети проходят меньше правил, но также изучают слова и учатся составлять простые предложения. Акцент делается на обучении базовой фразовой речью.

Программа для детей с тяжелой степенью УО предполагает обучение максимально простым односложным фразам, которые могут пригодиться ребенку в повседневной жизни.

Программа для детей с глубокой степенью УО предполагает развитие концентрации внимания. Детям с глубокой степенью УО очень тяжело удерживать внимание на чем-либо на протяжении длительного времени. Поэтому у специалистов часто возникают трудности с их обслуживанием. В данную программу входят следующие игры:

– кликни по фигуре. Во время игры на экране двигаются две разноцветные фигуры. Задача ребенка периодически кликать на фигуру необходимого цвета и формы. В случае если ребенок успешно справляется с задачей, количество фигур увеличивается до 3

– распредели фигуры. В данной игре ребенок должен распределить фигуры в соответствующие отсеки.

– зверята-музыканты. Здесь Дракоша зачитывает короткие стихи о том, как какой-то зверек играет на определенном инструменте. Второй строкой ребенок должен угадать зверька. Пример стихотворения:

«Трам -пам-пам, трам –пам-пам – Зайка бьёт в барабан.

Трам -пам-пам, трам –пам-пам – Кто бьёт в барабан?»

И после вопроса на экране показывается ряд зверят. Ребенок должен выбрать правильного.

Далее рассмотрим образовательную программу по математике. В ней дети обучаются базовым математическим операциям, счету, изучают и сравнивают геометрические фигуры между собой. Данная программа также подстраивается под конкретную степень умственной отсталости. Примеры заданий, которые предусмотрены в данной программе:

– обучение счету. Ребенок учится считать от 0 до n числа. Дети с УО испытывают большие трудности при изучении математики и часто могут забывать цифры. Поэтому программа очень плавно увеличивает количество чисел для счета. Также проводятся постоянные повторения.

– подсчет предметов. При выполнении данного задания ребенок должен посчитать количество фигур на экране и написать правильный ответ.

– изучение математики. Дети изучают базовые математические операции и учатся работать с числами.

– сравнение объектов. На экране показывается несколько объектов, и задача ребенка заключается в том, чтобы определить отличия фигур. Какая фигура больше, какая меньше, у какой фигуры больше углов и т.д.

– изучение фигур. Здесь дети изучают различные фигуры, узнают их отличия и названия.

№	ФИО	Средняя оценка
1	Николаев Сергей Игоревич	4.3
2	Слегов Никита Сергеевич	4
3	Ванин Иван Иванович	4.5

Рис. 2. Профиль учителя

По мере прохождения уроков вся статистика записывается в профиле ребенка. Так учитель может проанализировать успеваемость ребенка, узнать в каких местах он допускает больше всего ошибок (рис. 2). Игра также предоставляет возможность анализа успеваемости целой группы (если она была сформирована). Для ведения отчетности игра позволяет генерировать отчетную документацию по заданным параметрам [3].

Образовательный проект «Школа веселого Дракоши» нацелен на обучение детей с умственной отсталостью базовым школьным предметам, таким, как русский язык и математика, с целью успешной их адаптации в обществе. Игра использует методики интервального повторения материала и постепенного увеличения сложности. Любой урок можно пройти несколько раз с целью закрепления материала. Проект выделяется тем, что позволяет вести подробную статистику успеваемости детей, а также позволяет создать целую систему внутри конкретного учебного заведения. Системный администратор на месте может добавить в систему аккаунты педагогов, а они, в свою очередь, могут зарегистрировать детей. При этом игра может использоваться и в домашних условиях, тем самым делая обучение более эффективным.

Библиографический список

1. Выготский, Л. С. Психология / Л. С. Выготский. – М.: Апрель пресс: ЭксмоПресс, 2000. – 1008 с.
2. Psyjournals.ru – Электронный ресурс. Режим доступа: https://psyjournals.ru/journals/psyedu/archive/2016_n4/grigoriev. – (дата обращения 17.10.2024).
3. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C# / Пер. с англ. И. Рузмайкиной. – СПб.: Питер, 2016. – 336 с.: ил. – (Серия «Для профессионалов»)

ЦИФРОВАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ARDUINO

Д.А. Самарин¹, Г.А. Гуськов²

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹студент, ²студент; Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас;

e-mail: dimonciksamarinskij751@gmail.com, grigu001@mail.ru

Научный руководитель: Жидкова Н.В., к.т.н., zhidkova-arz@yandex.ru

Статья посвящена разработке цифровой образовательной платформы для изучения возможностей разработки встраиваемых систем с использованием микроконтроллера Arduino, которая позволит пользователям осваивать основы программирования и создания электронных устройств с использованием этой популярной платформы. В работе рассматриваются ключевые проблемы, с которыми сталкиваются учащиеся при изучении Arduino, такие как недостаток доступных ресурсов, отсутствие интерактивного обучения и сложности в понимании материалов. Также приводится анализ функциональных требований к платформе, включая поддержку интерактивных курсов, видеоматериалов. Разработка цифровой образовательной платформы направлена на повышение качества обучения и доступности знаний в области электроники и программирования.

Ключевые слова: цифровая платформа, микроконтроллер, Arduino, обучение, информационная система

В последние годы наблюдается значительный рост интереса к образовательным технологиям и платформам, которые позволяют изучать программирование и электронику. Современные тенденции в образовании требуют внедрения новых подходов и технологий, которые делают процесс обучения более доступным и эффективным. Традиционные методы часто не удовлетворяют потребности студентов, что подчеркивает необходимость создания интерактивных и адаптивных образовательных ресурсов.

Согласно исследованиям, проведенным среди студентов, более 55% предпочли бы изучать технические дисциплины в онлайн-формате. Это связано с возможностью гибкого графика обучения, а также с доступом к разнообразным образовательным материалам и ресурсам. В результате, образовательные платформы, которые не предлагают интерактивные и доступные способы обучения, рискуют потерять студентов в пользу конкурентов.

Несмотря на наличие различных ресурсов для изучения Arduino, многие из них не учитывают специфические потребности пользователей, связанные с интерактивным обучением и доступом к практическим заданиям. Эти проблемы подчеркивают необходимость разработки специализированной цифровой образовательной платформы, которая будет учитывать потребности учащихся и предлагать удобные решения.

Основными проблемами существующих образовательных ресурсов являются:

- недостаток интерактивности: традиционные курсы часто не предоставляют возможности для практического применения знаний;
- сложность восприятия материала: многие учащиеся сталкиваются с трудностями в понимании теории без практических примеров;
- отсутствие сообщества: недостаток платформ для общения и обмена опытом между учащимися.

Основной целью создания цифровой образовательной платформы для изучения Arduino является:

- повышение качества обучения путем предоставления интерактивных курсов и практических заданий;
- расширение аудитории: платформа привлечет новых пользователей, заинтересованных в освоении программирования и электроники;
- создание сообщества: возможность общения и обмена опытом между пользователями, что способствует углублению знаний;
- сбор данных о пользователях: платформа позволит анализировать предпочтения и поведение учащихся, что поможет в дальнейшем адаптировать курсы и материалы.

Платформа должна обеспечивать:

- удобный интерфейс: легкость в навигации и доступность информации о курсах, заданиях и материалах;
- интерактивные курсы: возможность изучать теорию и сразу применять знания на практике через задания и проекты.

Основные функции, необходимые проектируемой цифровой образовательной платформе, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Функции цифровой образовательной платформы и их описание

Функция	Описание
Интерактивные курсы	Пользователь может проходить курсы по программированию и электронике, изучая теорию.
Видеоматериалы	Доступ к обучающим видео, демонстрирующим различные аспекты работы с Arduino.
Личный кабинет пользователя	Регистрация и авторизация, хранение истории курсов.
Поддержка проектов	Возможность размещения и обсуждения собственных проектов пользователей.

Анализ функций цифровой образовательной платформы, представленных в табл. 1, показывает, что успешная реализация проекта требует учета интересов пользователей, обеспечения доступности и выбора современных технологий для

разработки. Это станет основой для проектирования архитектуры платформы и дальнейших этапов разработки. На рис. 1 представлена главная диаграмма вариантов использования проектируемой цифровой образовательной платформы.

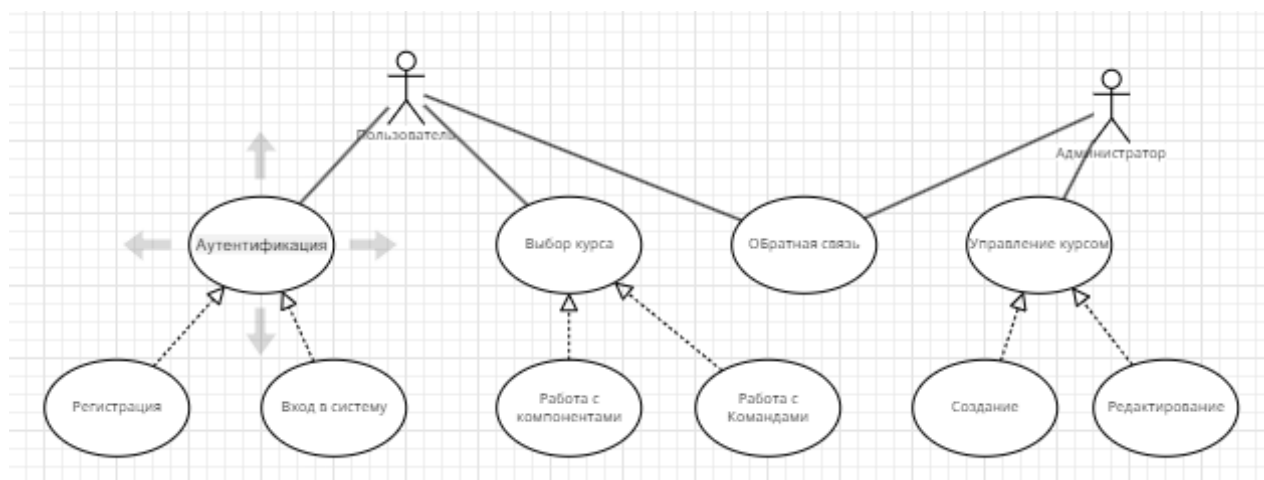


Рис.1. Диаграмма вариантов использования цифровой образовательной платформы

Данная схема иллюстрирует основные этапы взаимодействия с платформой, где каждый участник выполняет свои функции для достижения образовательных целей.

Согласно рис.1, перед началом работы с образовательной платформой для изучения Arduino на своем устройстве пользователь должен зарегистрироваться в системе, таким образом имея возможность сохранять и использовать свои уже созданные проекты в предстоящих задачах. Он выбирает курс и проходит обучение. Из перечня элементов, предлагаемых для формирования модели, необходимо создать электрическую схему в соответствии с указанным заданием. Для каждого элемента электрической схемы формируется набор компонентов и датчиков, соответствующих решаемой задаче. А также отображается набор команд на языке программирования C/C++ и необходимых библиотек для микроконтроллера Arduino и выбранной элементной базы. Разработанную программу можно по окончании создания модели можно проверить на реализуемость, наличие ошибок и перенести в среду разработки для Arduino для оценки правильности работы схемы на макетном образце. Платформа автоматически отслеживает прогресс обучения и предоставляет обратную связь как для пользователя, так и давая возможность корректировки программы администратором, которым может выступать преподаватель.

Администратор разрабатываемой платформы формирует набор данных в базе данных системы, включающий, как было сказано выше, элементы электрических схем для создания модели по заданию, набор стандартных компонентов и датчиков Arduino, а также справочник языка Arduino с сгруппированными операторами, данными, функциями и библиотеками Arduino. Кроме этого, админи-

стратор регистрирует новых пользователей или обрабатывает запросы на доступ к платформе при самостоятельной регистрации, управляет правами пользователей, активирует и деактивирует учетные записи пользователей.

Разработанная модель прецедентов дала представление о связи функциональных задач цифровой образовательной платформы и ролей пользователей в системе и том, как эти роли будут взаимодействовать с системой. В перспективе будут построены диаграммы деятельности, классов, состояний и последовательностей, модели архитектуры и детализированные модели отдельных модулей системы, а затем выполнена программная реализация образовательной платформы.

Таким образом, создание цифровой образовательной платформы для изучения Arduino является актуальной и необходимой мерой, направленной на решение существующих проблем и соответствие современным требованиям учащихся. Это не только повысит качество обучения, но и обеспечит конкурентные преимущества в условиях динамично развивающегося образовательного рынка.

Библиографический список

1. Башмаков, А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / Башмаков А.И., Башмаков И.А. - М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. - 616 с.

2. Каменева, Т.Н. Разработка электронного учебника как компонента информационного образовательного пространства// Журнал «Образовательные технологии и общество» [Электронный ресурс]. - 2012. - №3 (15). - с. 464-478. - URL: <https://sciup.org/journal-ifets/2012-3-15#tab=contents>. - (дата обращения: 19.10.2024).

3. Сайт компании Arduino [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.arduino.cc/>. - (дата обращения: 22.10.2024).

4. Сайт All-Arduino [Электронный ресурс]. - URL: <https://all-arduino.ru/>. - (дата обращения: 20.10.2024).

КОМАНДНЫЙ ТЕСТ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ В SCILAB КАК СРЕДСТВО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Е.Р. Серова¹

Арзамасский политехнический институт (филиал) Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, ¹магистрант
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. Калинина, д. 19; e-mail:
kate55555ser@mail.ru

Научный руководитель: Пакшина Н.А., к.т.н., доцент, nataliapakshina@mail.ru

В статье обсуждается применение компьютерного тестирования как метода организации обратной связи на лекционных занятиях. Статья обращается к преподавателям, которые занимаются разработкой и внедрением электронных средств обучения, и предлагает рассмотреть использование компьютерного тестирования как один из подходов к проведению контроля знаний на аудиторских занятиях.

Ключевые слова: командное тестирование, оценка знаний, проведение занятий, повторение, программирование в Scilab.

Вопрос о традиционных формах проведения занятий вызывает различные мнения среди авторов и педагогов. Некоторые авторы и специалисты в области образования выражают точку зрения, что традиционные подходы к проведению занятий могут быть неэффективными и требуют обновления.

Они указывают на возможности, которые предоставляют сетевые технологии, дистанционная форма общения и ресурсы Всемирной Паутины. Эти возможности, по их мнению, могут способствовать качественному скачку в образовании.

Однако стоит отметить, что вопрос об устаревании традиционных форм проведения занятий является дискуссионным. Некоторые педагоги и исследователи считают, что традиционные подходы могут быть эффективными и иметь свои преимущества. Они указывают на важность личного общения, непосредственного взаимодействия между преподавателем и студентами, а также на роль традиционных форм занятий в формировании определённых навыков и компетенций.

Способы и необходимость контроля знаний

Промежуточная проверка знаний – значимый аспект образовательного процесса. Она обеспечивает обратную связь, делает обучение контролируемым и помогает выявить пробелы в знаниях. Это позволяет оперативно вносить изменения в учебный процесс и повышать его эффективность. Проведение промежуточного контроля в виде тестирования становится все более востребованным.

Важно отметить, что с помощью тестов можно не только проверять знания, но и повторить изученный материал. В статье мы рассмотрим командные

компьютерные тесты.

Цель, задача, актуальность

Необходимо обеспечить курс «Информатика» необходимыми электронными материалами по теме «Программирование в Scilab» и создать условия для эффективного обучения студентов.

Задача заключается в создании программного обеспечения, предназначенного для проведения командных тестирований, поскольку публичное командное тестирование позволяет сделать процесс обучения более интерактивным.

Актуальность выбора темы для теста обусловлена тем, что Scilab – это программный комплекс, который является бесплатным и свободно распространяемым продуктом и предоставляет альтернативу популярному MATLAB [1, с. 6].

Чем обусловлен выбор такой форма проверки?

Аудиторные занятия, организованные в формате совместной работы, представляют собой эффективный способ развития навыков эффективного взаимодействия в команде, формированию лидерских качеств и способности к эмпатии. Кроме того, зрелищность мотивирует студентов [2, с. 32].

Первые попытки создания подобной программы были осуществлены на кафедре «Прикладная математика» АПИ НГТУ им. Р.Е.Алексеева несколько лет назад. Эти тесты относились к курсам «Информационные технологии» и «Теория управления» и их использование показало, что публичное командное тестирование является перспективной формой работы со студентами [3, с. 13472].

Процедура и пример командного тестирования

Процесс обучения организован следующим образом.

Предполагается, что до начала тестирования студенты уже изучили материал тем или иным способом: слушая лекции преподавателя и выполняя лабораторные работы. После того как участники были распределены по группам и выбраны капитаны, преподаватель запускает тест, который проецируется на экране. В начале игры капитаны вводят названия своих команд, после чего экран разделяется на две части, на которых случайным образом появляются вопросы из общей базы.

Версия системы была разработана по теме «Программирование в Scilab», на базе одноименного пособия, ведущих преподавателей кафедры [1] и успешно прошла апробацию в группах АСП 24-1 и МА 23ПМ АПИ НГТУ. На рис. 1 мы можем видеть прохождение этого командного теста группой АСП 24-1.

На рис. 2-3 представлены этапы тестирования.



Рис. 1. Апробация системы в АПИ НГТУ

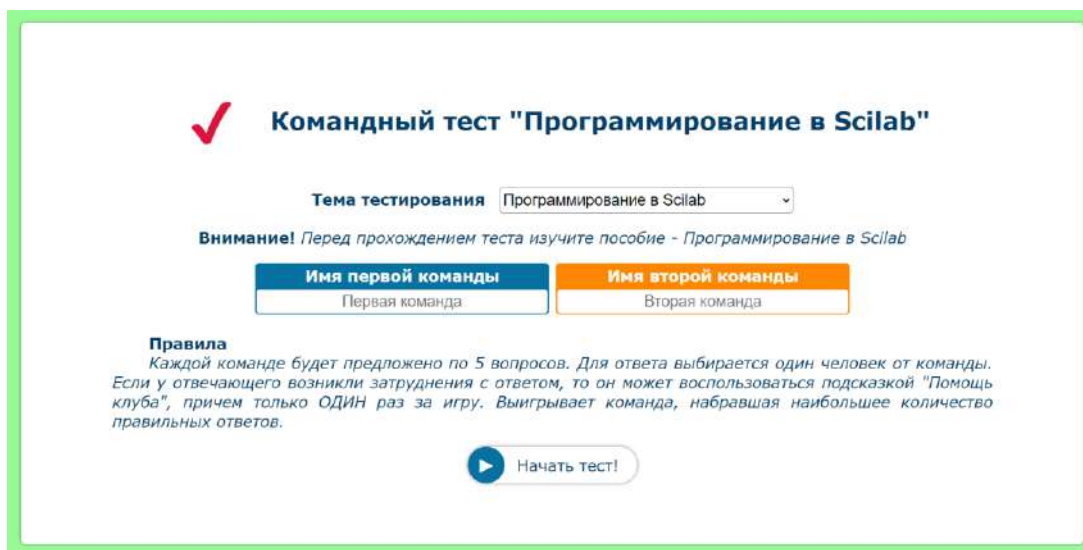


Рис. 2. Главная страница компьютерного теста

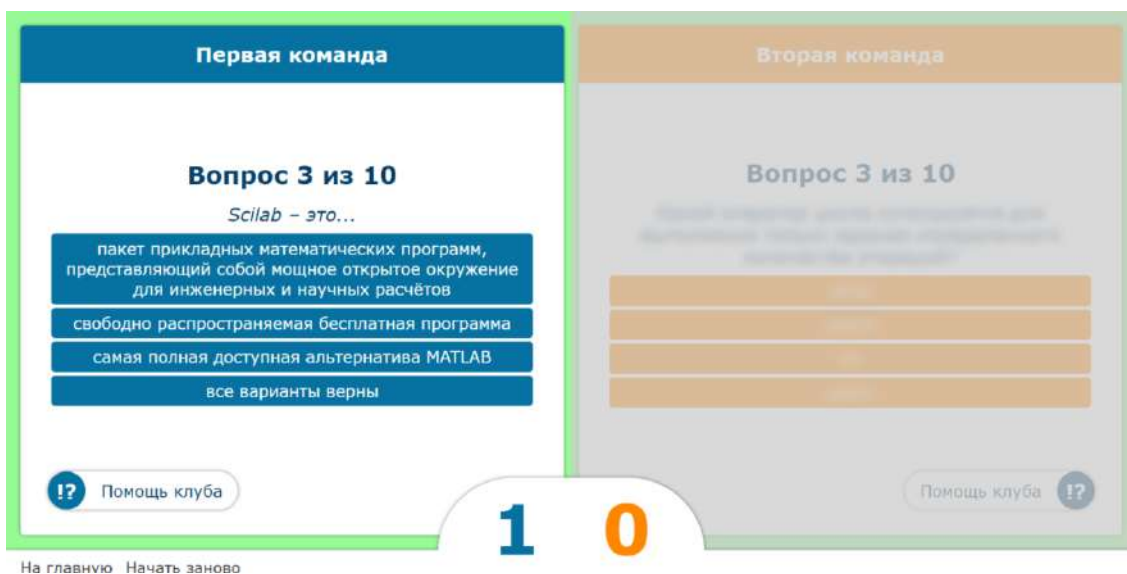


Рис. 3. Командный тест по курсу «Программирование в Scilab»

Выводы

Компьютерное тестирование может стать эффективным инструментом для оценки знаний студентов и предоставления им конструктивной обратной связи. Оно позволяет быстро и объективно оценить уровень понимания материала, выявить пробелы и определить темы, требующие дополнительного изучения.

Преимущества командного тестирования:

- объективность – результаты не зависят от субъективного мнения преподавателя.
- скорость – результаты можно получить быстро, оперативно реагируя на них.
- наглядность – все студенты наблюдают процесс тестирования, сопереживают и могут помочь, при необходимости.
- соревновательность – студенты прилагают больше усилий, когда им предстоит продемонстрировать свои знания не только перед преподавателем, но и перед одногруппниками.

Однако стоит помнить, что компьютерное тестирование не заменяет полноценное взаимодействие с преподавателем. Оно может служить дополнительным инструментом для оценки знаний студентов.

При разработке и внедрении компьютерного тестирования важно учитывать качество тестовых заданий, их соответствие целям тестирования, доступность для всех студентов и предоставление обратной связи.

Но важно помнить, что компьютерное тестирование не должно полностью заменять живое взаимодействие с преподавателем.

Библиографический список

1. Емельянова, Ю.П. Программирование в Scilab: учеб. пособие (лабораторный практикум) / Ю.П. Емельянова, П.В. Пакшин; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2016. – 114 с.
2. Пакшина, Н. А. Web-квесты: опыт разработки и внедрения в учебный процесс: монография / Пакшина Н. А. – Нижний Новгород : Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2013. – 92 с.
3. Team Public Testing in Classroom Studies on Automatic Control Theory / N. A. Pakshina, M. V. Pravdina, A. S. Koposov, P. V. Pakshin // IFAC-PapersOnLine : 20th IFAC World Congress, Toulouse, France, 09–14 июля 2017 года. Vol. 50, Issue 1. – FRA: Elsevier Ltd., 2017. – P. 13468-13473.