

**ЕМЕЛЬЯНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ.
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ – 2021**

Научный семинар

25 ноября 2021 г.

СБОРНИК ТРУДОВ

**СМОЛЕНСК
2021**

УДК 338(075.8)
Е60

**ЕМЕЛЬЯНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. ИМИТАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ – 2021.**
Сб трудов научного семинара. – 2021. – 78 с.

ISBN 978-5-91412-483-7

В сборнике публикуются труды участников научного семинара «ЕМЕЛЬЯНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ – 2021», в которых изложены результаты оригинальных научно-технических работ в области актуальных проблем науки и высшей школы. Семинар посвящен развитию научного наследия профессора Емельянова А.А. – основателя российской школы имитационного моделирования.

Издание предназначено для научных работников и преподавателей вузов, магистров и аспирантов, осуществляющих исследования в области системного анализа и управления с использованием методов имитационного моделирования.

ISBN 978-5-91412-483-7

© Авторы
© «Универсум»
© филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. 2021

1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

*О.В. Булыгина, к.э.н., доцент;
Е.С. Яшин, преподаватель-исследователь
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТАМИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

В современных макроэкономических и внешнеполитических реалиях стратегическую значимость приобрела задача импортозамещения наукоемкой продукции, которая ранее успешно импортировалась, а сейчас попала «под санкции». Сегодня наиболее «безопасным» способом ее решения является оперативная реализация инновационных проектов по созданию аналогов, которые смогут успешно заменить продукцию, запрещенную к ввозу на территорию Российской Федерации.

Важным этапом разработки таких проектов является оценка их жизнеспособности, которая должна выполняться с учетом различных рисков ситуаций, которые могут возникать в процессе их реализации. Анализ таких проектных рисков обычно проводится с учетом специфики предметной области и основывается на результатах исследования внутренних ресурсов предприятий-участников и факторов внешней среды.

Сегодня в отечественной и зарубежной литературе описано множество методов анализа проектных рисков, однако зачастую они не учитывают специфику импортозамещения наукоемкой продукции. Ключевой проблемой является необходимость одновременного учета большого количества разнообразных показателей, для оценки которых используется статистическая, квазистатистическая или экспертная информация, что снижает адекватность получаемой оценки совокупного риска проекта. В качестве ее решения предлагается использовать интеллектуальных методы, которые позволяют эффективно проводить анализ даже в условиях слабой структурированности информации и недостатка статистических данных.

В статьях [1-5] авторами был предложен набор инструментов для анализа жизнеспособности проектов по созданию наукоемкой продукции, использование которых позволяет повысить обоснованность управленческих решений. Разработанные инструменты были реализованы в виде информационной системы поддержки принятия решений по управлению программами в области импортозамещения, которые объединяют в себя набор взаимосвязанных инновационных проектов.

Представленная на рисунке 1 информационная система поддержки принятия решений состоит из двух программных модулей, которые были реализованы с использованием языка C++ и пакета прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox for MATLAB.



Рисунок 5 – Архитектура информационной системы поддержки принятия решений по управлению программами в области импортозамещения

Первый модуль информационной системы поддержки принятия решений предназначен для анализа жизнеспособности конкретного инновационного проекта, который основывается на анализе рисков его внутреннего и внешнего окружения. Для реализации заявленного функционала использовались следующие методы интеллектуального анализа данных:

- нейро-нечеткий классификатор для идентификации источников проектных рисков на основе экспертных оценок, а также объема и качества имеющейся информации;
- коэффициент эмерджентности для оценки возможности возникновения системного эффекта от проявления некоторой совокупности источников проектных рисков;
- нечеткие пирамидальные сети для количественной оценки проектных рисков;

- калмановская фильтрация для прогнозирования значений факторов внешнего окружения;
- алгоритмы нечетко-логического вывода для формирования обобщенных оценок рисков внутреннего и внешнего окружения проекта, а также агрегирования полученных оценок.

Второй модуль информационной системы поддержки принятия решений предназначен для планирования содержания программы, которое заключается в отборе жизнеспособных, экономически успешных инновационных проектов для совместной реализации с целью достижения определенных выгод в рамках программных ограничений. Для реализации заявленного функционала использовались следующие методы интеллектуального анализа данных:

- бактериальная оптимизация для формирования набора проектов в состав программы;
- алгоритмы нечетко-логического вывода для задания проектных характеристик, а также назначения справедливых приоритетов (на основе данных из первого модуля);
- акторные имитационные модели для оценки возможностей реализации инновационных проектов в рамках программы развития наукоемких отраслей.

Источником данных для успешного функционирования системы поддержки принятия решений является специальное хранилище, в которое поступают различные сведения из корпоративных информационных систем предприятий, задействованных в реализации инновационных проектов.

Разработанная информационная система поддержки принятия решений может функционировать в двух режимах:

- режим накопления знаний, необходимых для обучения интеллектуальных алгоритмов (нейро-нечеткого классификатора, нечетких пирамидальных сетей и т.п.), которое выполняется экспертами в соответствующей области;
- режим поддержки принятия управленческих решений, в рамках которого пользователям предоставляется возможность проводить анализ жизнеспособности проектов, а также планирования содержания программ.

Как представляется, использование разработанной информационной системы поддержки принятия решений позволит повысить эффективность реализации программ импортозамещения наукоемкой продукции, которые сегодня особо значимы для российской экономики.

Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации МК-1534.2020.9 «Методы моделирования сложных систем с использованием нечетко-сетевых алгоритмов и роевого интеллекта».

Литература

1. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Росс Г.В., Яшин Е.С. Инвестиции, инновации, импортозамещение: имитационное моделирование с элементами искусственного интеллекта в управлении проектными рисками // Прикладная информатика. 2020. Т.15. №1. С. 68-102.

2. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Яшин Е.С. НЕ-факторы, темпоральная логика и нечетко-логические инструменты в гибридных моделях управления рисками импортозамещения // Прикладная информатика. 2020. Т.15. №4. С. 5-43.
3. Булыгина О.В., Иванова О.А. Инструменты анализа НЕ-факторов при управлении проектными рисками // Научный журнал «Мягкие вычисления и измерения». 2020. Т.33. №8. С.14-25.
4. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Яшин Е.С. Управление рисками импортозамещения с учетом индикатора эмерджентности Хартли // Научное обозрение: теория и практика. 2020. Т.10. №7. С. 1348-1361.
5. Bulygina O.V., Ivanova O.A. Tools for intellectual support of project decisions based on analyzing uncertain factors of a different nature // Journal of Physics: Conference Series, 2021, vol. 1925.

*И.Г. Пономарев, профессор д.ф.-м.н., А.В.Юрков, магистрант
(Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург)*

ИДЕЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В условиях цифровизации современной экономики повышается важность вопроса обеспечения информационной безопасности предприятия. Как оказывается, в настоящее время основным источником угрозы для информационной системы компании являются не внешний злоумышленник или вредоносное программное обеспечение, а именно инсайдер [1], при этом стоимость внутренней угрозы только возрастает [2]. Как следствие, для эффективного противодействия данным угрозам приходится искать организационные и технические решения, учитывающие кадровый аспект, и задача обеспечения информационной безопасности вырастает в проблему обеспечения устойчивости предприятия ко внутренним угрозам.

На российском рынке представлены два программных комплекса противодействия внутренним угрозам: “Комплексные системы безопасности” от компании NVision [3] и “Защита от утечки данных” от компании InfoWatch [4]. Первый из названных программных продуктов в основном предназначен для решения задач информационной безопасности предприятия с некоторыми дополнительными функциями, предоставляемыми интеллектуальным видеонаблюдением. О возможностях второй информационной среды можно судить по руководству [5]: система собирает комплекс данных, по которому определяет риски уязвимостей, связанных с учётными данными, файлами и почтовыми ящиками, то есть, реализует функционал, описанный в статье [6].

При всей совокупности возможностей, предоставляемых названными программными комплексами, их функционал, как представляется, не соответствует современному уровню научных исследований и практических разработок: эти инструменты представляют собой либо оформленную в качестве фреймворка модель анализа некоторых признаков внутренних угроз [7-9], либо же частное прикладное решение, которое способно решать локальные задачи. При том, что фреймворки по-разному подходят к моделированию внутренней угрозы, их обобщённая структура, либо цельная, либо дополняемая, состоит из набора характерных компонентов: катализатор (событие, предрасположившее исполнителя к совершению противоправного действия), исполнитель (данная

категория определяет личность сотрудника, в разных фреймворках состоит из различных внутренних категорий), атака (в соответствии с каким планом и при помощи каких инструментов была совершена атака) и цель атаки (активы предприятия и уязвимые места информационной системы предприятия).

Следует заметить, что упомянутые выше средства, призванные выявлять риски для внутренней устойчивости предприятия, весьма отличаются друг от друга, и нет полнофункционального решения, объединяющего возможности разнородных модулей в единую систему. Неполный функционал на рынке представлен двумя классами систем: DLP и SIEM. Первые представляют собой специализированное программное обеспечение для предотвращения утечек информации, во вторые предназначены для мониторинга и анализа событий в информационной среде предприятия в реальном времени. Однако, как и отмеченные выше инструменты, данные системы нацелены именно на информационную безопасность, не уделяя достаточного внимания кадровому аспекту внутренней устойчивости предприятия.

Перспективным видится создание единой информационно-аналитической платформы, которая бы при помощи обобщённых функциональных направлений и микро-сервисных модулей была способна обеспечивать устойчивость предприятия как к злонамеренным действиям сотрудников, так и к неосторожным действиям с их стороны. Подобный программный продукт позволил бы в значительной мере сократить инциденты, связанные с обеспечением внутренней стабильности предприятия, а значит, сократить издержки. С другой стороны, как средство агрегации данных о сотрудниках и об их активности в информационной сети предприятия аналитическая платформа могла бы позволить принимать эффективные управленческие решения, сигнализируя, к примеру, о высоком потенциале сотрудника в какой-либо из сфер деятельности или об узких местах в пропускной способности внутренней сети.

Информационно-аналитическая платформа с обозначенным функционалом представляется реализуемой как масштабируемая инфраструктура на базе уже используемых программных модулей и единого хранилища данных, объединяющего информационные источники функциональных подсистем. Будучи реализованной, эта информационно-аналитическая платформа станет важным компонентом системы поддержки принятия управленческих решений (СППР), которая может быть построена на методологических принципах, изложенных в [10]. Автоматизируя аналитическую деятельность для обеспечения внутренней устойчивости предприятия, такая СППР за счет комплексного анализа накапливаемой информации с элементами искусственного интеллекта должна позволить онлайн генерировать совокупность управленческих решений, оптимизирующих и другие аспекты производственной деятельности.

Внедрение подобного интегративного информационно-аналитического комплекса для обеспечения внутренней устойчивости предприятия затронет не только бизнес-процессы обеспечения информационной и кадровой безопасности, но и другие составляющие производственной деятельности. Эти изменения с необходимостью потребуют переосмысления и перестройки, то есть реинжи-

ниринга, производственного процесса предприятия в соответствии с актуальными научными знаниями и практическими наработками.

Использованные источники:

1. Insider Threat 2018 Report // Cybersecurity Insiders, 2017.
2. 2020 Cost of Insider Threats Global Report // Ponemon Institute, 2020.
3. Комплексные системы безопасности // “Энвижн Групп”, 2021. URL: <https://www.nvg.ru/solutions-and-services/kompleksnyye-sistemy-bezopasnosti/> (Дата обращения: 04.10.2021).
4. Продукты // Infowatch, 2021. URL: <https://www.infowatch.ru/products> (Дата обращения: 04.10.2021).
5. InfoWatch Data Access Tracker Руководство администратора // АО “ИнфоВотч”, 2021.
6. A.S. McGough, D. Wall, J. Brennan, G. Theodoropoulos, E. RuckKeene, B. Arief, C. Gamble, J. Fitzgerald, A. van Moorsel, S. Alwis, “Insider threats: identifying anomalous human behaviour in heterogeneous systems using beneficial intelligent software (benware),” Proceedings of the 7th ACM CCS International Workshop on Managing Insider Security Threats. New York, USA: ACM, 2015.
7. J.R. Nurse, O. Buckley, P.A. Legg, M. Goldsmith, S. Creese, G.R. Wright, M. Whitty, “Understanding insider threat: a framework for characterising Attacks,” Security and Privacy Workshops (SPW), pp. 214-228, 2014.
8. Alsowai, R.A., Al-Shehari, T.A multi-tiered framework for insider threat prevention (2021) Electronics (Switzerland), 10 (9), статья № 1005.
9. Paxton-Fear, K., Hodges, D., Buckley, O. Understanding insider threat attacks using natural language processing: Automatically mapping organic narrative reports to existing insider threat frameworks (2020) Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 12210 LNCS, pp. 619-636.
10. Khalin V., Chernova G., Yurkov A. Substantial classification of decision support systems. Prikladnaya Informatika — Journal of Applied Informatics, 2016, vol. 11, no. 1 (61), pp. 114–126 (in Russian).

*Н.Н. Прокимнов, к.т.н.
(МФПУ “Синергия”, Москва)*

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ

Разработка учебного плана практического освоения теоретических положений учебной дисциплины и формирование соответствующей инструментально-методической базы должна учитывать требования, накладываемые специфическими условиями преподавания конкретного курса. К числу таковых относятся объем предусмотренных программой часов практических занятий, техническая оснащенность компьютерных классов и правила доступа к их ресурсам, уровень подготовленности учащихся и их однородность, действующие в вузе регламенты и стандарты, форма обучения и ряд других. Кроме того, возможны случаи, когда студентам разных специальностей кафедрой или преподавателем читается несколько разных курсов, в той или иной мере схожих по своей сущности и наполнению, но отличающихся глубиной изучения определенных тематических разделов.

Предметом рассмотрения настоящих материалов служит подход к организации лабораторных практикумов по моделированию для условий, включающих требование обеспечения их гибкости в смысле адаптации базового варианта на специфику конкретного курса и проходящей обучения группы.

Курсы по моделированию, о которых идет речь, ориентированы на изучение принципов, методов и приемов создания аналитических и имитационных моделей, в основном, стохастических систем и процессов и планирования модельных экспериментов. Главный акцент в курсах делается на овладении универсальных принципов и приемов моделирования, при этом одновременно изучаются концепции и языковые средства той системы моделирования, на базе которой проходит обучение теоретических основ.

Задания для проведения практических занятий образуют сборник. Весь комплект и отдельные задания отвечают нескольким основным требованиям, одно из которых заключается в возможности привязки к конкретным условиям проведения практикумов (курс, число занятий, уровень подготовки студентов).

Для изучения разных методов и приемов моделирования, с целью упростить знакомство с заданием практикума и уменьшить степень разнообразия применяемых моделей, часть заданий строится на основе применения одного и того же прототипа (программной модели). Ряд практикумов предусматривает решение задачи на основе двух моделей, аналитической и имитационной (на основе метода Монте-Карло). Такой подход, с одной стороны, позволяет приобрести навыки работы с каждой из этих моделей, с другой стороны, провести сравнительный анализ и достичь лучшего понимания возможностей и ограничений каждой модели. Кроме того, как показывает практика, наличие средства самоконтроля положительно сказывается на отношении студентов к выполняемой работе.

Часть практикумов включает задания восходящей степени сложности – дополнительно к простым, позволяющим усвоить базовые понятия, присутствуют более сложные задания для продвинутых студентов.

Структура текста руководств унифицирована (цель работы, теоретическая справка, постановка задачи и порядок решения, состав и форма представления результатов, вопросы для самопроверки, варианты исходных данных), что призвано облегчить процесс знакомства студентов с описанием работы.

Инструментальная поддержка состоит из нескольких программ, применение каждой обусловлено характером выполняемого задания и изучаемого курса. Для представления результатов работы применяется табличный процессор *MS Excel*, он же используется в нескольких заданиях как рабочий инструмент (например, для изучения методов генерации случайных чисел и случайных событий). Освоение приемов и методов статистического и имитационного моделирования, а также запуски типовых программных моделей СМО проводятся в среде *MS Visual Studio (C++)*. Эта же приложение служит средой системы моделирования *Actor Pilgrim* [1,2], используемой в качестве основной для изучения концепций имитационного моделирования, методов разработки моделей, типовых задач и методов планирования модельных

экспериментов. Для обеспечения занятий по курсам с менее углубленной программой и с меньшим объемом аудиторных часов применяется система моделирования GPSS [3],

Выполнение части заданий предполагает настройку программного текста (шаблона), работа с шаблонами требует знания лишь базовых понятий и конструкций языка программирования. Описания таких практикумов включают подробную пошаговую инструкцию по сборке исполнительного модуля и запуску программной модели в соответствующей программной среде. Для заданий, где применяются нескольких программных средств, шаблоны обеспечивают их информационную связь (в частности, вывод результатов моделирования в настраиваемых программных шаблонах производится в файлы формата *Excel* в тех случаях, когда они требуют последующей обработки в табличном редакторе).

Таблица 1 и следующие за ней комментарии дают представление о тематике выполняемых заданий и применяемых программных средствах (отметка в столбце с заголовком *Excel* означает, что помимо средства отчетности приложение используется как самостоятельный инструмент для решения одного или нескольких заданий практикума).

Таблица 1 Тематическая направленность и инструментарий практикумов

| N | Тематический раздел | Программное средство | | | |
|-----|--|----------------------|------------|----------------------|-------------------|
| | | <i>Excel</i> | <i>C++</i> | <i>Actor Pilgrim</i> | <i>GPSS World</i> |
| 1. | Расчет показателей стохастических систем на основе данных наблюдения | + | | | |
| 2. | Ранжирование факторов для модельных экспериментов | + | | | |
| 3. | Подготовка исходных данных для модельного эксперимента | + | | | |
| 4. | Генерация псевдослучайных чисел | + | + | | |
| 5. | Имитация случайных событий | + | + | | |
| 6. | Метод статистических испытаний | + | + | | |
| 7. | Основы имитационного моделирования | + | | + | + |
| 8. | Сбор и обработка выходных данных модельного эксперимента | + | | + | |
| 9. | Планирование и проведение экспериментов с не завершающимися моделями | + | | + | + |
| 10. | Приемы имитационного моделирования | + | | + | + |
| 11. | Создание и применение замкнутых моделей | + | | + | + |
| 12. | Оптимизация с помощью модели | + | + | + | + |

| | | | | | |
|-----|--------------------------------------|---|---|--|--|
| 13. | Марковские процессы | + | + | | |
| 14. | Модели систем массового обслуживания | + | + | | |

Краткие пояснения к отдельным пунктам таблицы.

П.1) По данным наблюдения за работой одноканальной СМО в виде совокупностей моментов поступления запросов в систему и продолжительности нахождения в обслуживающем приборе рассчитываются такие показатели как коэффициент простоя, среднее время ожидания, среднее число ожидающих запросов и запросов, находящихся в системе. Цель – получить представление о содержательном смысле основных показателей стохастических систем и приобрести начальные навыки определения значений показателей на основе данных наблюдения за случайными процессами.

П.2) На основе исходных данных в виде значений функции отклика, полученных в соответствии с планом отсеивающего эксперимента, определяются эффекты факторов и проводится их ранжирование методами на основе матрицы Адамара и 2^k .

П.3) По наблюдаемым частотам запросов к СМО и временам их обработки на основе критерия хи-квадрат проверяются гипотезы о возможности применения теоретических законов распределения.

Пп.4,5) Изучаются алгоритмы генерации псевдослучайных чисел и методы имитации независимых случайных событий и событий полной группы. Выполняются несколько заданий восходящей сложности в среде *Excel* (алгоритм линейного конгруэнта, имитация событий) и программной модели на C++ (алгоритмы линейного конгруэнта, *srand* и *mt19937*).

П.6) Определяется надежность структуры, состоящей из блоков с заданной надежностью на основе метода статистических испытаний. Задание выполняется для двух вариантов моделируемой функции и предполагает сопоставление полученных экспериментальных результатов с результатами расчета на основе формул теории вероятностей.

П.7) На примере задачи нахождения показателей одноканальной СМО для нескольких видов распределения времени обслуживания и условий запуска изучаются а) языковые конструкции б) переходный и установившийся режимы моделирования, в) формула Хинчина-Полачека.

П.8) Изучаются приемы сбора и обработки данных моделирования (средние, дисперсии, гистограммы распределения) на уровне программных конструкций с использованием шаблонов программной модели.

9) С использованием шаблонов программной модели изучаются приемы идентификации момента вхождения программной модели в стационарный режим и методы планирования модельного эксперимента, позволяющие уменьшить влияние на результат моделирования переходного процесса и сократить время прогона.

П.10) Применение конструкций и приемов для моделирования логики протекания процессов (ветвление процессов, обслуживание с абсолютными приоритетами).

П.11) Практическое освоение приемов и методов (таких, как схемы зарядки) для создания программных моделей замкнутого типа.

П.12) Решение задач оптимизации на основе моделирования (могут применяться разные критерии оптимизации).

П.13) Изучение аналитической и программной моделей процессов гибели и размножения.

П.14) Решение классических моделей СМО на основе моделей теории массового обслуживания и программных моделей для различных условий (вид и параметры распределения временного интервала между заявками входящего потока и времени обслуживания, дисциплина обслуживания).

Автор надеется, что представленный материал может быть полезен для планирования практических занятий и составления заданий.

Литература

1. Емельянов А.А. Концепция и возможности акторно-ориентированной системы имитационного моделирования Actor Pilgrim: Часть I .. Прикладная информатика, 2012. № 6 (42). С. 49-66.
2. Емельянов А.А. Концепция и возможности акторно-ориентированной системы имитационного моделирования Actor Pilgrim: Часть II .. Прикладная информатика, 2013 № 1 (43). С. 41-53.
3. GPSS World Reference Manual
http://www.minutemansoftware.com/reference/reference_manual.htm (дата обращения 23.11.2021)

*В.Г. Халин, д.э.н., проф.; Г.В. Чернова, д.э.н., проф.
(Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург)*

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕФОРМИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ: ЭТАПЫ И КЛЮЧЕВЫЕ СОБЫТИЯ

Статья является первой в серии публикаций авторов, посвященных системному анализу результатов реформирования российской высшей школы за последние тридцать лет своего развития. Выявлены этапы и ключевые события реформирования российской высшей школы.

Ключевые слова: высшая школа России, реформы в образовании, системный анализ, управление, академический штат, этапы, ключевые события.

Введение. В данной статье под системным анализом подразумевается «логически связанная совокупность теоретических и эмпирических положений из области математики, естественных наук и опыта разработки сложных систем, обеспечивающая повышение обоснованности решения конкретной проблемы» [1].

Стратегической целью развития национальной системы высшего образования (далее, НСВО) любой страны является подготовка высококвалифицированных кадров, востребованных национальной экономикой и конкурентоспособных на мировом рынке труда. НСВО является сложной социально экономической системой, управление развитием которой требует серьезного научного

подхода и принятия на разных уровнях обоснованных управленческих решений [2].

Ключевым ресурсом при подготовке высококвалифицированных кадров в российской высшей школе является академический штат (профессорско-преподавательский состав и научные работники) вуза. Уместно вспомнить, что академики Ж.И. Алферов и В.А. Садовничий среди первоочередных вопросов, которые необходимо было решить для успешной модернизации российской системы высшего образования в XXI веке, прежде всего называли улучшение материального положения и общественного статуса научно-педагогических работников [3].

В данной статье авторы проводят системный анализ модернизации российской высшей школы за последние три десятилетия реформ глазами академического штата в контексте выявления основных этапов и ключевых событий. При этом выделяются те из них, которые, во-первых, оказали существенное влияние на модернизацию российской высшей школы в целом, во-вторых, связаны с академическим штатом российских вузов, в-третьих, являются наиболее значимыми.

Этапы и ключевые события реформирования российской высшей школы. Системный анализ модернизации российской высшей школы позволил авторам на основе действующих правил формирования государственной образовательной политики выделить следующие укрупненные этапы и ключевые события ее реформирования:

I этап (1991-1999 гг.) – внедрение рыночных механизмов в процессы развития высшего образования;

II этап (2000-2007 гг.) – отмена в образовательном законодательстве ряда ключевых показателей приоритетности развития высшей школы (в частности по уровню заработной платы ППС); присоединение России к Болонскому процессу; начало использования программного подхода к финансированию системы образования;

III этап (2008 – 2011гг.) – отмена Единой тарифной сетки (ЕТС) оплаты труда в образовании, формирование кластера системообразующих вузов России, включающего ведущие классические университеты, федеральные университеты и национальные исследовательские университеты;

IV этап (с 2012 г. по наст. время) – разработка и реализация масштабных проектов по повышению глобальной конкурентоспособности ведущих российских университетов.

I этап (1991-1999 гг.) – принятие ключевых образовательных нормативно-правовых актов федерального уровня, которые во многом носили популистский характер и не были обеспечены соответствующими ресурсами; стремительный рост числа негосударственных вузов и контингента обучающихся в основном на платной основе обучения; введение Единой тарифной сетки (ЕТС) для дифференциации оплаты труда работников бюджетной сферы; значительные перепады в величине доли расходов консолидированного бюджета России

на образование в валовом внутреннем продукте (4,8% в 1997 году, 2,9% в 2000 году) [4].

На этом этапе были приняты следующие ключевые политические решения и нормативные акты:

- Указ Президента РСФСР от 18 декабря 1991 г. № 294 «Об особо ценных объектах национального наследия РСФСР»;
- закон РФ «Об образовании» от 10.07.1992 № 3266-1;
- Федеральный закон «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» от 22 августа 1996 г. № 125-ФЗ;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 14 октября 1992 года № 785 «О дифференциации в уровнях оплаты труда работников бюджетной сферы на основе Единой тарифной сетки».

В перечисленных выше документах были зафиксированы новые ключевые показатели развития российской системы образования, как приоритетной области экономики, и перечислены государственные гарантии развития образования. В частности, в отношении научно-педагогических работников в статьях 40 и 54 ФЗ «Об образовании» и в статьях 2 и 30 ФЗ «О высшем и послевузовском профессиональном образовании» было предусмотрено:

- установление педагогическим работникам образовательных учреждений минимальных ставок заработной платы и должностных окладов в размере, превышающем уровень средней заработной платы в РФ;
- установление педагогическим работникам образовательных учреждений средних должностных окладов на уровне:
 - для ППС вузов – в два раза превышающем среднюю заработную плату работников промышленности в РФ;
 - для учителей и других педагогических работников – не ниже средней заработной платы работников промышленности РФ.

Принятие данных федеральных законов демонстрировало желание государства нормативно закрепить определенные гарантии и приоритетность развития российской системы образования. К сожалению, большая часть этих популистских управленческих решений и показателей развития высшей школы России так и не были выполнены и в дальнейшем были отменены, поскольку эти решения были низкого качества и не были обеспечены соответствующими ресурсами [4].

II этап (2000-2007 гг.) – государственная образовательная политика становится более реалистичной; произошли существенные изменения в образовательном законодательстве, направленные на отмену ряда ключевых показателей приоритетности развития высшей школы (в частности, по уровню заработной платы ППС); Россия подписала Болонскую декларацию; началась реализации приоритетного национального проекта (ПНП) «Образование»; наблюдается медленное повышение доли государственных расходов на образование в ВВП (2,9% в 2000 году, 3,7% в 2005 году [5]).

На этом этапе были приняты следующие ключевые политические решения и нормативные акты:

- Постановление Правительства РФ от 4 октября 2000 года № 751 «Об утверждении Национальной доктрины образования в РФ»;
- 29 августа 2001 г. на заседании Госсовета РФ Президент России В.В. Путин сформулировал стратегические цели модернизации российской системы образования: «Доступность, эффективность и качество»;
- Приказ Минобрнауки России от 11 ноября 2002 года № 393 «О Концепции модернизации российского образования на период до 2010 года»;
- Приказ Минобрнауки России от 26 ноября 2002 г. N 4114 «Об утверждении Положения о порядке замещения должностей научно-педагогических работников в вузах Российской Федерации»;
- 19 сентября 2003 г. в Берлине Министр образования РФ В.М. Филиппов подписал от имени России Болонскую декларацию.
- Федеральный закон от 22.08.2004 г. года N 122-ФЗ «О внесении изменений и дополнений в ФЗ «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов РФ» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в РФ».
- Приказ Минобрнауки России от 15 февраля 2005 года № 40 «О реализации положений Болонской декларации в системе высшего профессионального образования РФ» обязал вузы России перейти на реализацию положений Болонской декларации;
- Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2005 года № 8 «О федеральной целевой программе развития образования на 2006-2010 годы» утвердило комплекс мероприятий, направленный на реализацию положений Болонской декларации;
- в 2005 году Президент России В.В. Путин объявил о начале реализации четырех приоритетных национальных проектов, среди которых одним из основных стал ПНП «Образование»;
- 21 сентября 2007 г. Общественная палата РФ одобрила доклад Комиссии под руководством Я.И. Кузьмина «Образование и общество: готова ли Россия инвестировать в свое будущее?»;
- Федеральный закон от 24 декабря 2007 года № 232-ФЗ «О внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации (в части установления уровней высшего профессионального образования)».

Перечисленных выше ключевые события этого периода существенным образом повлияли на реформирование российской высшей школы в целом, ее систему управления, а также негативно сказались на условиях работы научно-педагогических работников вузов. Так, например, с 1 января 2005 г. Федеральным законом от 22.08.2004г. года N 122-ФЗ были отменены ключевые положения, регламентирующие оплату труда учителей школ и преподавателей вузов вследствие отмены статьи 54 Закона РФ «Об образовании». В этом контексте показательны реальные данные Федеральной службы государственной статистики за 2004 год: среднемесячная номинальная начисленная заработная

плата по экономике в целом была равна 6832 рубля; по промышленности - 8061 рубль; в образовании - лишь 4254,3 рубля, что составило 62% от аналогичного показателя «по экономике в целом» и 53% от данного показателя «по промышленности». При этом в высшем профессиональном образовании заработная плата была равна 5344 рубля, что составило 78% от аналогичного показателя «по экономике в целом» и 66% от данного показателя «по промышленности» [4].

13 октября 2005 года для управления реализацией ПНП «Образование» приказом Минобрнауки РФ № 259 "О Совете по реализации приоритетных национальных проектов и федеральных целевых программ в образовании" впервые был создан профильный орган управления данным проектом. В 2006 и 2007 годах на реализацию ПНП «Образование» государство дополнительно выделило из средств федерального бюджета около 60 млрд. рублей. При этом на высшее образование: 20 млрд. рублей для стимулирования и поддержки 30 ведущих вузов России (среди них МГУ им. М.В. Ломоносова и СПбГУ), внедряющих инновационные образовательные программы; 9 млрд. рублей на создание двух национальных университетов - в Южном и Сибирском федеральных округах (на 30 тыс. мест каждый), и двух бизнес-школ - в московском регионе и в г. Санкт-Петербург (на 500 мест каждая). Дополнительное финансирование ведущих вузов в рамках реализации ПНП «Образование» привело к усилению дифференциации вузов по объемам получаемого госбюджетного финансирования. Заметим, что с изменением правового статуса этих ведущих вузов в них кардинальным образом изменился регламент утверждения ректора вуза, при котором выборы ректоров учеными советами этих вузов были заменены процедурами назначения их Президентом или Правительством РФ.

В Докладе председателя Комиссии Общественной палаты Российской Федерации по интеллектуальному потенциалу нации Я.И. Кузьмина «Образование и общество: готова ли Россия инвестировать в свое будущее?» 21 сентября 2007 г. приведена оценка «стоимости» вопроса о зарплате учителя и преподавателя вуза на три года до 2010 года. Она составила 200-250 млрд. руб. в год, что в 3-3,5 раза больше выделенных на этот же период госбюджетных средства. Сложившаяся ситуация с финансированием образования подтверждает факт недостаточного уровня госбюджетного финансирования заработной платы в сфере образования и неспособность Правительства РФ положительно решить «злободневный» вопрос о заработной плате школьных учителей и преподавателей вузов.

В целом можно заметить, что в этот период состояние высшего образования в России характеризуется противоречивыми тенденциями: наблюдается рост общей численности студентов в вузах России; высшее образование из элитного становится массовым; увеличивается число студентов, приходящихся на одного профессора и доцента. В то же время средняя заработная плата в сфере образования и в том числе в высшей школе России хотя и растет, но очень медленно и не превышает среднюю заработную плату не только по промышленности, но даже по экономике в целом. При этом особо следует заметить, что с 1 января 2005 года на федеральном уровне вследствие отмены статьи 54 Закона

РФ «Об образовании» уже не действуют нормативные документы, регламентирующие оплату труда в сфере образования [4].

III этап (2008-2011 гг.) – значительное усиление административной вертикали в управлении высшей школы России от федерального уровня до уровня вуза; изменение правового положения бюджетных учреждений; переход высшей школы России на нормативно-подушевое финансирование; отказ от ЕТС оплаты труда работников бюджетной сферы; существенный рост административных прав и возможностей ректоров вузов на определение направлений использования госбюджетных средств, в том числе и на оплату труда; формирование кластера системообразующих вузов России, включающего ведущие классические университеты, федеральные университеты и национальные исследовательские университеты; стабилизация доли государственных расходов на образование в ВВП (на уровне 4,1% от ВВП в 2010 г. [5]).

На этом этапе были приняты следующие ключевые политические решения и нормативные акты:

- Указ Президента России от 7 мая 2008 г. № 716 «О федеральных университетах», предусматривающий создание сети федеральных университетов;
- Постановление Правительства РФ от 5 августа 2008 года № 583 «О введении новых систем оплаты труда работников федеральных бюджетных, автономных и казенных учреждений, в которых оплата труда в настоящее время осуществляется на основе Единой тарифной сетки по оплате труда работников»;
- Федеральный закон от 8 мая 2010 г. N 83-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием правового положения государственных (муниципальных) учреждений», предусматривающий изменение правового положения существующих бюджетных учреждений – выделение учреждений трех типов: автономных, новых бюджетных и казенных;
- Указ Президента России от 9 сентября 2008 года № 1332 «Об утверждении перечня федеральных государственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, самостоятельно устанавливающих образовательные стандарты и требования для реализуемых ими образовательных программ высшего профессионального образования», который предоставил МГУ им. М.В. Ломоносова и СПбГУ право самостоятельного формирования образовательных стандартов;
- Указ Президента России от 07.10.2008 г. № 1448 «О реализации пилотного проекта по созданию национальных исследовательских университетов», по которому МИФИ и МИСиС получили особый статус Национального исследовательского университета;
- Федеральный закон от 10 февраля 2009 г. № 18-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ по вопросам деятельности федеральных университетов», в котором был определен регламент формиро-

вания и деятельности федеральных и национальных исследовательских университетов;

- Постановление Правительства РФ от 13 июля 2009 г. № 550 «О конкурсном отборе программ развития университетов, в отношении которых устанавливается категория «национальный исследовательский университет», в котором устанавливаются конкретные показатели оценки деятельности НИУ»;
- Указ Президента России от 21 октября 2009 г. № 1172 «О создании федеральных университетов в Северо-Западном, Приволжском, Уральском и Дальневосточном федеральных округах»;
- Федеральный закон от 10 ноября 2009 года № 259-ФЗ "О Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова и Санкт-Петербургском государственном университете», который закрепил особые права этих ведущих классических университетов;
- Постановление Правительства РФ от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений, государственных научных учреждений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства»;
- Постановление Правительства РФ от 9 апреля 2010г. № 220 «О мерах по привлечению ведущих ученых в российские образовательные учреждения высшего профессионального образования, научные учреждения государственных академий наук и государственные научные центры РФ»;
- Постановление Правительства РФ от 7 февраля 2011 года № 61 «О Федеральной целевой программе развития образования на 2011-2015 гг.».

В этот период в России был сформирован кластер системообразующих вузов, включающий 2 ведущих классических университета (МГУ им. М.В. Ломоносова и СПбГУ), 9 федеральных университетов и 29 национальных исследовательских университетов (НИУ)» [4]. Системообразующие вузы получили особые права и дополнительные финансовые возможности, что привело к усилению дифференциации российских вузов по объемам получаемого госбюджетного финансирования. Так, например, в 2010 году объемы полученных отдельными государственными вузами бюджетных средств различались более чем в 7,5 раз (они дифференцируются от 42 тыс. руб. до 315 тыс. руб. на одного студента в год). Кроме того, примерно 10% государственных вузов получали больше половины всех бюджетных средств, выделенных государством на все вузы России¹. Дополнительно заметим, что с изменением правового статуса у системообразующих вузов кардинальным образом изменился регламент утверждения ректора вуза, при котором выборы ректоров учеными советами были заменены процедурами назначения их Президентом или Правительством

¹ Клячко Т. Экономика высшего образования – смена модели. URL: <http://opec.ru/1340471.html> (дата обращения 21.12.2021).

РФ, что привело к существенному ущемлению прав академического штата этих вузов.

Очень значимым в контексте условий работы и уровня заработной платы академического штата российских вузов было принятие Правительством РФ постановления от 5 августа 2008г. №583. В соответствии с ним постановлением с 1 декабря 2008 г. значительно расширились полномочия администрации государственных вузов в установлении заработной платы своим работникам. При этом для одинаковых категорий работников одного и того же вуза допускается очень значительная дифференциация размера госбюджетной заработной платы. Данным постановлением государство просто переложило ответственность и решение «злостного вопроса» о достойной заработной плате преподавателя по уровень самого вуза, что привело к очень существенному расслоению работников государственных вузов по уровню заработной платы. При этом показатели средней заработной платы преподавателей в российских вузах все равно оставались низкими. Так, например, в августе 2011 г. она составляла 21700 рублей и была ниже средней по «экономике в целом», которая в июле 2011 г. составляла 22467 рублей².

IV этап (с 2012г. по наст. время) – федеральные органы власти активно принимают на себя административное управление российской высшей школой, иницируя и принимая новые управленческие решения федерального уровня; начало практической реализации новой масштабной программы по повышению глобальной конкурентоспособности ведущих университетов России среди мировых научно-образовательных центров (Проект «5 в 100»); существенное сокращение в российской высшей школе числа государственных вузов; количества студентов, обучающихся на госбюджетной основе; количества преподавателей в государственных вузах; доли государственных расходов на образование в ВВП (на уровне 4,1% от ВВП в 2012 г. и 3,7% от ВВП в 2019 г. [6]).

На этом этапе были приняты следующие ключевые политические решения и нормативные акты:

- Указ Президента России от 7 мая 2012 года № 597 «О мерах по реализации государственной политики в области реализации государственной социальной политики», по которому Правительству РФ поручено «обеспечить повышение к 2018 году средней заработной платы преподавателей образовательных учреждений высшего профессионального образования и научных сотрудников до 200 процентов от средней заработной платы в соответствующем регионе»;
- Указ Президента России от 7 мая 2012 года № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки», по которому Правительству РФ поручено, в частности, «обеспечить вхождение к 2020

² Доклад "Социально-экономическое положение России". Росстат, 2011. Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b11_01/IssWWW.exe/Stg/d08/3-1-1.htm (дата обращения 21.12.2021)

- г. не менее пяти российских университетов в первую сотню ведущих мировых университетов согласно мировому рейтингу университетов»;
- Государственная программа РФ «Развитие образования» на 2013 – 2020 гг., утвержденная распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2012 г. № 2148-р, предусматривающая впервые с начала реформ сокращение до 40% вузов и до 80% филиалов и повышение к 2018 году соотношения числа студентов на одного преподавателя до 12:1;
 - Программа поэтапного совершенствования системы оплаты труда в государственных (муниципальных) учреждениях на 2012-2018 годы, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 26 ноября 2012 г. № 2990-р, предусматривающая переход работников государственных учреждений на эффективный контракт;
 - Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», вступивший в действие с 1 сентября 2013. В нем зафиксированы новые направления развития образования в России;
 - Постановление Правительства РФ от 16.03.2013 № 211 «О мерах государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации в целях повышения их конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров» (далее, Постановление № 211);
 - План мероприятий («дорожная карта») «Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки», утвержденный распоряжением Правительства РФ от 30 апреля 2014 г. № 722-р;
 - Положение о порядке замещения должностей научно-педагогических работников, утвержденном приказом Минобрнауки России от 04.12.2014 г. № 1536 (Зарегистрировано в Минюсте России 16 января 2015г. № 35559). В нем полностью отсутствует упоминание о роли кафедры, ученого совета факультета и ученого совета вуза в проведении конкурсного отбора на замещение должностей НПП. При этом одновременно значительно возрастает роль администрации вуза в вопросах приема, увольнения и сокращения НПП вузов;
 - Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2014 года № 2765-р «Об утверждении Концепции Федеральной целевой программы развития образования на 2016 – 2020 годы»;
 - Указ Президента России от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации»;
 - Постановление Правительства РФ № 1050 от 15 октября 2016 года «Об организации проектной деятельности в Правительстве РФ». В нем для высшей школы России утвержден механизм проектного управления. Основные направления реформы высшего образования в России получили развитие и были конкретизированы в документах Совета при Президенте России по стратегическому развитию и приоритетным проектам. На

заседании Совета 13 июля 2016 г. был утверждён перечень одиннадцати основных направлений стратегического развития РФ (в том числе и ПНП «Образование») до 2018 года и на период до 2025 года [4];

- Указ Президента России от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации»;
- Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы, утвержденная Указом Президента России от 9 мая 2017 г. № 203³;
- Указ Президента РФ от 13.05.2017 № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года»;
- Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 № 1642 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования»;
- Указ Президента России от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года»;
- Указ Президента России от 15.05.2018 № 215 «О структуре федеральных органов исполнительной власти», который изменил структуру и функции Минобрнауки России. Из его структуры было выделено самостоятельное Министерство просвещения Российской Федерации.

Системный анализ тенденций модернизации высшей школы в России с 1991 по 2021 гг. показал, что в этот период были приняты основополагающие нормативные документы по развитию высшего образования - Указы, постановления Правительства, распоряжения, концепция, федеральные целевые программы; начали реализовываться крупные национальные проекты по развитию образования – ПНП «Образование», Проект «5:100», «Вузы как центры пространства создания инноваций» и др. Однако, как отмечают специалисты по вопросам развития науки и образования в России, «университетская наука и образование до сих пор находятся в состоянии перехода от старой советской модели и в поисках новой эффективной модели функционирования» [4].

Процессы управления реформированием высшей школы фактически развиваются в отсутствие Стратегии развития высшего образования в России, в которой были бы определены миссия высшего образования, перспективы его развития, стратегические цели, задачи, сценарии и т.д. [4].

Особая критика экспертов касается реализации крупномасштабного Проекта «5 в 100». Так, за весь период действия Проекта «5 в 100» с 2012 по 2020 гг. 23 вуза - участников Проекта, получили целевым образом из государственного бюджета на повышение своей глобальной конкурентоспособности дополнительные субсидии общим объемом почти 100 млрд. рублей. Они были изъяты из госпрограммы «Развитие образования» на 2013 – 2020 гг. в результате ее кор-

³ URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения 21.12.2021)

ректорки. Вместе с тем, в 2020 году только один российский вуз - МГУ им. М.В. Ломоносова, попал в Топ 100 в рейтингах ARWU и QS. При этом никакой другой российский вуз не попал не только в Топ 100, но даже в Топ 200 ни одного из авторитетных общих рейтингов университетов мира.

Неудовлетворительная оценка качества выполнения Проекта «5 в 100» подтвердила его нежизнеспособность – глобально конкурентоспособным в 2020 г. в России является лишь один российский университет – МГУ им. М.В. Ломоносова. Невыполнение Проекта «5 в 100» также стало фактором, негативно влияющим на стратегическую устойчивость всей российской высшей школы, а также на авторитет и доверие к государственной власти на всех уровнях ее управления [7].

Заключение. Системный анализ основных этапов и ключевых событий реформирования российской высшей школы за последние тридцать лет позволил сформулировать следующие выводы:

- реформирование высшей школы осуществляется по различным направлениям в условиях отсутствия четко сформулированной и научно обоснованной Стратегии развития высшего образования в России, в которой были бы определены миссия высшего образования, стратегические цели, задачи и сценарии ее развития;
- при реализации основных этапов реформы российской высшей школы наблюдается отсутствие преемственности и согласованности в выполнении ключевых событий и законодательных актов;
- выявлен целый ряд ключевых показателей развития российской высшей школы, утвержденных Федеральными законами и/или Указами Президента России, значения которых не были достигнуты за весь период реформ;
- при реализации основных этапов реформирования высшей школы выявлена четко выраженная тенденция ухудшения материального положения и общественного статуса научно-педагогических работников российских вузов;
- существенно сократился, по сравнению с началом реформ, в российской высшей школе контингент госбюджетных студентов, преподавателей государственных вузов, резко снизился авторитет и престиж академической профессии и высшего образования в целом.

Можно с сожалением, констатировать следующее. Государственная образовательная политика по реформированию высшей школы отчетливо показала, что практически все ключевые вехи, показатели и лозунги, которые сформулировало государство тридцать лет назад в соответствующих документах федерального уровня, так и остались на бумаге и не были выполнены.

Проведенный анализ ситуации в высшей школе России показал, что успешная модернизация национальной системы высшего образования не возможна без серьезного научного подхода и принятия на разных уровнях обоснованных управленческих решений, прежде всего, с учетом мнения академического сообщества.

Литература

1. Системный анализ в управлении: учеб. пособие / О.В. Булыгина, А.А. Емельянов, Н.З. Емельянова [и др.]; под общ. ред. д-ра экон. наук, проф. А.А. Емельянова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. – 450 с.
2. Халин В.Г. Модернизация национальной системы высшего образования в контексте выбора управленческих решений. Научное издание. - СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2008. 264 с.
3. Образование, которое мы можем потерять. Сборник. Под общей редакцией ректора МГУ академика В.А. Садовниченко. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2002, - 288 с.
4. Российские университеты в условиях цифровизации: математические и инструментальные методы оценки качества управления: монография / под общ. ред. В.Г. Халина. – Москва: Проспект, 2019. – 896 с.
5. Образование в Российской Федерации: 2014: статистический сборник. – Москва: НИУ ВШЭ, 2014. – 464 с
6. Индикаторы образования: 2021: статистический сборник. / Н.В. Бондаренко, Л.М. Гохберг, В.И. Кузнецова и др. - М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 508 с.
7. Г.В. Чернова, В.Г. Халин Проект «5 в 100»: системные риски государственного управления и их реализация // Управление риском. 2021. № 2 (98). С. 3 – 15.

*А.Ф. Шориков, д.ф.-м.н., проф.
(Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург)*

МИНИМАКСНОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ВЫПУКЛОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ⁴

В работе рассматривается экономико-математическая модель управления производством продукции предприятия, динамика которого описывается соответствующим векторным линейным дискретным рекуррентным соотношением при наличии фазового вектора, вектора управляющего воздействия (управления) и вектора, описывающего неопределенный априори спрос на продукцию (вектора спроса). Предполагается, что вектор управления принимает в каждый период времени только конечный набор значений, а фазовый вектор модели и вектор спроса ограничены выпуклыми многогранниками-компактами (с конечным числом вершин) в соответствующих конечномерных векторных пространствах. Рассматривается выпуклая целевая функция, оценивающая значения реализаций фазового вектора модели в финальный период времени. В рамках рассматриваемой экономико-математической модели формулируется многошаговая задача минимаксного программного управления производством продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и неопределенности спроса на его продукцию. Для исследуемой задачи предлагается общая схема ее решения, которая реализуется в виде конечной последовательности одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию. Полученные результаты основываются на работах [1-4].

⁴ Работа выполнена в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН.

Ниже опишем экономико-математическую модель, соответствующую исследуемой оптимизационной задаче.

Пусть на заданном целочисленном промежутке времени (далее просто — промежутке времени) $\overline{0, T} = \{0, 1, \dots, T\}$ ($T \in \mathbf{N}; t \in \overline{0, T}$, например, месяц, квартал, год; здесь и далее, \mathbf{N} — множество всех натуральных чисел) динамика процесса производства продукции предприятием описывается векторным линейным дискретным рекуррентным уравнением вида

$$x(t+1) = A(t)x(t) + B(t)u(t) - s(t), \quad x(0) = x_0, \quad t \in \overline{0, T-1}, \quad (1)$$

где $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))'$ — вектор количества выпуска продукции в период времени t или *фазовый вектор системы*, $x(t) \in \mathbf{R}^n$ (здесь и далее, для $k \in \mathbf{N}$, \mathbf{R}^k — k -мерное векторное пространство векторов-столбцов, даже если из экономии места они записаны в строку; x_0 — заданное начальное значение фазового вектора); $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))'$ — вектор *интенсивности использования имеющихся технологий производства продукции на предприятии* в период времени t или вектор *управляющего воздействия (управления) системы*, $u(t) \in \mathbf{R}^p$; $s(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))'$ — вектор *количества спроса на продукцию предприятия* в период времени t , $s(t) \in \mathbf{R}^n$; $A(t) = \|a_{ii}(t)\|_{i \in \overline{1, n}}$ — диагональная матрица размерности $(n \times n)$, характеризующая «старение» продукции за период времени t ; $B(t) = \|b_{ij}(t)\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, p}}}$ — «технологическая матрица» производства продукции на предприятии в период времени t размерности $(n \times p)$.

Предполагается, что в рассматриваемом процессе управления производством продукции предприятия для каждого периода времени t ($t \in \overline{0, T}$) значения фазового вектора $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))' \in \mathbf{R}^n$ должны удовлетворять следующему заданному геометрическому ограничению

$$x(t) \in \mathbf{X}^*(t) \subset \mathbf{R}^n, \quad (2)$$

где каждое множество $\mathbf{X}^*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт в пространстве \mathbf{R}^n , определяющий имеющиеся в процессе производства *технико-экономические ограничения* на основные параметры продукции предприятия.

В рассматриваемом процессе управления для каждого периода времени t ($t \in \overline{0, T-1}$) значения вектора управления $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))' \in \mathbf{R}^p$, которым распоряжается *субъект управления — менеджер P*, должны удовлетворять следующему заданному ограничению

$$u(t) \in \mathbf{U}^*(t) \subset \mathbf{R}^p, \quad (3)$$

где каждое множество $\mathbf{U}^*(t) \neq \emptyset$ и есть конечное множество в пространстве \mathbf{R}^p , определяющее имеющиеся в процессе производства

техничко-экономические ограничения на ресурсы управления производством продукции предприятия, т.е. определяет ресурс управления.

Предполагается также, что в рассматриваемом процессе управления для каждого периода времени t ($t \in \overline{0, T-1}$) и фиксированного вектора управления $u(t) \in \mathbf{U}^*(t)$ менеджера P значения вектора спроса на продукцию $s(t) = (s_1(t), s_2(t), \dots, s_n(t))' \in \mathbf{R}^n$ должны удовлетворять следующему заданному геометрическому ограничению

$$s(t) \in \mathbf{S}^*(t; u(t)) \subset \mathbf{R}^n, \quad (4)$$

где каждое множество $\mathbf{S}^*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт в пространстве \mathbf{R}^n , определяющий имеющиеся в процессе производства технико-экономические ограничения на спрос продукции предприятия.

Опишем информационные возможности менеджера P в процессе минимаксного программного управления производством продукции предприятия на основе динамической системы (1) – (4).

Пусть на рассматриваемом промежутке времени $\overline{0, T}$ для любого $\mathcal{G} \in \overline{1, T-1}$ ($T \in \mathbf{N}$) и соответствующего промежутка времени $\overline{\mathcal{G}, T} \subset \overline{0, T}$ к периоду времени \mathcal{G} в процессе программного управления менеджером P измеряются и запоминаются следующие параметры: $x(\mathcal{G}) = x_{\mathcal{G}}$ – фазовый вектор системы (1) в период времени \mathcal{G} ($x(0) = x_0$); $u(\cdot) = \{u(t)\}_{t \in \overline{0, \mathcal{G}-1}}$ – история реализации допустимого управления менеджера P на промежутке времени $\overline{0, \mathcal{G}}$. Предполагается также, что система уравнений (1), описывающая динамику модели объекта управления, и ограничения (2) – (4), для него также известны.

Назовем набор $w(\mathcal{G}) = \{\mathcal{G}, x(\mathcal{G})\} \in \overline{0, T} \times \mathbf{R}^n$ ($w(0) = w_0 = \{0, x_0\}$) \mathcal{G} -позицией дискретной управляемой динамической системы (1) – (4). Для каждого периода времени $\mathcal{G} \in \overline{0, T}$ определим также множество $\mathbf{W}(\mathcal{G}) = \{\mathcal{G}\} \times \mathbf{R}^n$ ($\mathbf{W}(0) = \mathbf{W}_0 = \{w(0) = w_0 : w_0 = \{0, x_0\} \in \{0\} \times \mathbf{R}^n\}$) всех допустимых \mathcal{G} -позиций рассматриваемой динамической системы.

Далее, для любого фиксированного промежутка времени $\overline{\mathcal{G}, T} \subseteq \overline{0, T}$ ($\mathcal{G} < T$) введем на основании ограничения (3) множество

$$\mathbf{U}(\overline{\mathcal{G}, T}) = \{u(\cdot) : u(\cdot) = \{u(t)\}_{t \in \overline{\mathcal{G}, T-1}} \in \mathbf{R}^{p \times (T-\mathcal{G})}, \forall t \in \overline{\mathcal{G}, T-1}, u(t) \in \mathbf{U}^* \quad (5)$$

всех допустимых реализаций программных управлений $u(\cdot)$ менеджера P (всех возможных сценариев реализации управления) на этом промежутке времени.

Для каждого допустимого программного управления $u(\cdot) \in \mathbf{U}(\overline{\mathcal{G}, T})$ менеджера P на промежутке времени $\overline{\mathcal{G}, T}$, введем на основании ограничения (4) множество

$$\mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u(\cdot)) = \{s(\cdot) : s(\cdot) = \{s(t)\}_{t \in \overline{\mathcal{G}, T-1}} \in \mathbf{R}^{n \times (T-\mathcal{G})}, \forall t \in \overline{\mathcal{G}, T-1}, s(t) \in \mathbf{S}^*(t, u(t)) \quad (6)$$

всех допустимых программных функций спроса (всех возможных сценариев реализации вектора спроса) на этом промежутке времени, соответствующих программному управлению $u(\cdot)$.

Целевой функцией для рассматриваемого процесса программного управления является функционал $\Phi_{\overline{\mathcal{G}, T}} : \mathbf{W}(\mathcal{G}) \times \mathbf{U}(\overline{\mathcal{G}, T}) \times \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u(\cdot)) \rightarrow \mathbf{R}^1$, значения которого для допустимых реализаций наборов $\{w(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot)\} \in \mathbf{W}(\mathcal{G}) \times \mathbf{U}(\overline{\mathcal{G}, T}) \times \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u(\cdot))$, $w(\mathcal{G}) = \{\mathcal{G}, x(\mathcal{G})\}$ ($w(0) = w_0 = \{0, x_0\}$) определяются на основании соответствующего выпуклого функционала $\mathbf{F}_{\overline{\mathcal{G}, T}} : \mathbf{R}^n \rightarrow \mathbf{R}^1$ по формуле:

$$\Phi_{\overline{\mathcal{G}, T}}(w(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot)) = \mathbf{F}_{\overline{\mathcal{G}, T}}(\varphi_{\overline{\mathcal{G}, T}}(T; x(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot))) = \mathbf{F}_{\overline{\mathcal{G}, T}}(x(T)), \quad (7)$$

где $x(T) = \varphi(T; \overline{\mathcal{G}, T}, x(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot))$ – финальный фазовый вектор фазовой траектории $x(\cdot) = \{x(t)\}_{t \in \overline{\mathcal{G}, T}} = \varphi(\cdot; \overline{\mathcal{G}, T}, x(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot))$ системы (1) на промежутке времени $\overline{\mathcal{G}, T}$, соответствующей набору $\{x(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot)\}$, которая является допустимой, т.е. $\forall t \in \overline{\mathcal{G}, T}$, в силу ограничения (2), должно выполняться условие: $x(t) = \varphi(t; \overline{\mathcal{G}, T}, x(\mathcal{G}), u(\cdot), s(\cdot)) \in \mathbf{X}^*(t)$, $x(0) = x_0 \in \mathbf{X}^*(0)$.

Будем считать, что менеджер P на промежутке времени $\overline{\mathcal{G}, T}$ для каждой допустимой реализации \mathcal{G} -позиции системы $w(\mathcal{G}) = \{\mathcal{G}, x(\mathcal{G})\} \in \mathbf{W}(\mathcal{G})$ ($w(0) = \{0, x(0)\} = w_0 \in \mathbf{W}_0$) заинтересован в таком исходе процесса управления – путем влияния на него возможным выбором своих допустимых программных управлений $u(\cdot) \in \mathbf{U}(\overline{\mathcal{G}, T})$, при котором целевая функция $\Phi_{\overline{\mathcal{G}, T}}$, значения которой определяются согласно формулы (7), принимает наименьшее возможное значение при наихудших, т.е. максимизирующих значение целевой функции $\Phi_{\overline{\mathcal{G}, T}}$, возможных реализациях функции спроса $s(\cdot) \in \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u(\cdot))$ и обязательном выполнении фазового ограничения (2).

Таким образом, динамическая система (1) – (7) является экономико-математической моделью для рассматриваемого процесса управления производством продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и неопределенности спроса на его продукцию.

В рамках сформированной экономико-математической модели (1) – (7), описывающей динамику основных параметров предприятия, ограничения на фазовый вектор системы, ресурсы управления и спрос на продукцию на рассматриваемом целочисленном промежутке времени $0, T$, а также выпуклую целевую функцию, можно сформулировать следующую многошаговую задачу минимаксного программного управления производством продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и неопределенности спроса на его продукцию.

Задача. Для рассматриваемого на промежутке времени $\overline{\mathcal{G}, T} \subseteq \overline{0, T}$ ($\mathcal{G} < T$) многошагового процесса управления производством продукции предприятия,

описываемого дискретной управляемой динамической системой (1) – (6), заданной ее \mathcal{G} -позиции $w(\mathcal{G}) = \{\mathcal{G}, x_g\} = w_g \in \mathbf{W}(\mathcal{G})$ ($w(0) = w_0 = \{0, x_0\} \in \mathbf{W}_0$) и целевой функции $\Phi_{\mathcal{G}, T}$, значения которой определяются на основе выпуклого функционала $F_{\mathcal{G}, T}$ согласно формулы (7), требуется найти множество $U_{\Phi_{\mathcal{G}, T}}^{(e)}(\overline{\mathcal{G}, T}, w_g) \subseteq U(\overline{\mathcal{G}, T})$ допустимых программных управлений $u^{(e)}(\cdot) \in U(\overline{\mathcal{G}, T})$ менеджера P на промежутке времени $\overline{\mathcal{G}, T}$ и число $\Phi_{\mathcal{G}, T}^{(e)} = c_{\Phi_{\mathcal{G}, T}}^{(e)}(\overline{\mathcal{G}, T}, w_g) = F_{\mathcal{G}, T}^{(e)}$,

которые удовлетворяют следующему условию минимакса:

$$\begin{aligned}
 U_{\Phi_{\mathcal{G}, T}}^{(e)}(\overline{\mathcal{G}, T}, w_g) &= \{u^{(e)}(\cdot) : u^{(e)}(\cdot) = \{u^{(e)}(t)\}_{t \in \overline{\mathcal{G}, T-1}} \in U(\overline{\mathcal{G}, T}), \\
 \Phi_{\mathcal{G}, T}^{(e)} &= \max_{s(\cdot) \in \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u^{(e)}(\cdot))} \Phi_{\mathcal{G}, T}(w_g, u^{(e)}(\cdot), s(\cdot)) = \min_{u(\cdot) \in U(\overline{\mathcal{G}, T})} \max_{s(\cdot) \in \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u(\cdot))} \Phi_{\mathcal{G}, T}(w_g, u(\cdot), s(\cdot)) = \\
 &= \min_{u(\cdot) \in U(\overline{\mathcal{G}, T})} \max_{s(\cdot) \in \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u(\cdot))} F_{\mathcal{G}, T}(\varphi(T; \overline{\mathcal{G}, T}, x_g, u(\cdot), s(\cdot))) = \\
 &= \max_{s(\cdot) \in \mathbf{S}(\overline{\mathcal{G}, T}; u^{(e)}(\cdot))} F_{\mathcal{G}, T}(\varphi(T; \overline{\mathcal{G}, T}, x_g, u^{(e)}(\cdot), s(\cdot))) = c_{\Phi_{\mathcal{G}, T}}^{(e)}(\overline{\mathcal{G}, T}, w_g) = F_{\mathcal{G}, T}^{(e)}, \\
 \forall t \in \overline{\mathcal{G}, T} : x(t) &= \varphi(t; \overline{\mathcal{G}, T}, x_g, u(\cdot), s(\cdot)) \in \mathbf{X}^*(t), x(0) = x_0 \in \mathbf{X}^*(0), \quad (8)
 \end{aligned}$$

как реализацию конечной последовательности только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию.

Будем называть $U_{\Phi_{\mathcal{G}, T}}^{(e)}(\overline{\mathcal{G}, T}, w_g)$ множеством минимаксных программных управлений менеджера P , а число $\Phi_{\mathcal{G}, T}^{(e)} = c_{\Phi_{\mathcal{G}, T}}^{(e)}(\overline{\mathcal{G}, T}, w_g) = F_{\mathcal{G}, T}^{(e)}$ – оптимальным гарантированным или минимаксным значением целевой функции $\Phi_{\mathcal{G}, T}$ для задачи минимаксного программного управления производством продукции предприятия при наличии выпуклой целевой функции и неопределенности спроса на его продукцию на заданном промежутке времени $\overline{\mathcal{G}, T}$ для многошаговой дискретной динамической модели (1) – (7) относительно ее \mathcal{G} -позиции $w(\mathcal{G}) = w_g$ ($w(0) = w_0$).

Отметим, что, учитывая конечность множества допустимых программных управлений $U(\overline{\mathcal{G}, T})$, свойства многошаговой дискретной динамической модели (1) – (7) и соотношения (8), можно показать, аналогично тому как это описано в монографии [3], что решение сформулированной задачи существует.

В докладе предлагается общая схема решения рассматриваемой задачи, которое осуществляется путем реализации конечной рекуррентной последовательности решений задач линейного и выпуклого математического программирования, конечной последовательности одношаговых операций над выпуклыми многогранниками-компактами (с конечным числом вершин) и алгебраических операций над векторами в пространствах \mathbf{R}^n и \mathbf{R}^p , а также решении одношаговой конечной дискретной оптимизационной задачи, т.е. путем формирования решений только одношаговых задач, допускающих их

алгоритмизацию. Представленные в данной статье результаты могут быть использованы для экономико-математического моделирования и решения других задач оптимизации процессов прогнозирования данных и управления в условиях дефицита информации и наличия рисков, а также для разработки программно-технических комплексов для поддержки принятия эффективных управленческих решений на производственных предприятиях.

Список литературы

1. Красовский Н.Н. Теория управления движением. М.: Наука, 1968.
2. Красовский Н.Н., Субботин А.И. Позиционные дифференциальные игры. М.: Наука, 1974.
3. Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997.
4. Shorikov A.F. Problem of two-level hierarchical minimax program control the final state of regional social and economic system in the presence of risks // The 41th Conference: Applications of Mathematics in Engineering and Economics (AMEE'15). American Institute of Physics. Conference Proceeding. 1690, Pp. 020002 1-9 (2015).

*Д.Ю. Шутова, д.э.н., доц.; Э.В. Филипенкова, студ.
(филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

В настоящее время в деятельность строительных организаций быстро проникает компьютеризация, поднимающая проектную работу на качественно новый уровень, при котором резко повышаются темпы и качество проектирования, более обоснованно решаются многие сложные инженерные задачи, которые раньше рассматривались лишь упрощенно. Во многом это происходит благодаря использованию эффективных специализированных программ, которые могут быть как самостоятельными, так и в виде приложений общетехнических программ. Начиная разработку сложных программных проектов заказчикам и разработчикам, прежде всего, важно понимание целесообразности их создания и оценка возможной экономической эффективности применения готового продукта, окупаемости затрат на разработку и использование. Поэтому такие проекты традиционно должны начинаться с системного анализа и разработки экономического обоснования предстоящего жизненного цикла и применения предполагаемого продукта, а также соответствия необходимой документации со СНиП 1.02.-1-85 «Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений».

Управление проектами – это применение знаний, навыков, инструментов и методов, используемых в проектной деятельности для удовлетворения требований проекта. Другими словами, управление проектами включает в себя мероприятия по планированию, организации, отслеживанию эффективности, а также пытается достичь определенных результатов за счет надлежащего ис-

пользования ресурсов с заранее согласованными затратами в установленные сроки. Сейчас организации сталкиваются с различными проблемами при оценке своей деятельности. В целом, производительность означает эффективность в дополнение к гибкости, творчеству и постоянному совершенствованию. Слабые стороны традиционных систем оценки эффективности побудили исследователей найти улучшенные подходы к оценке производительности системы. Поэтому многие процессы были созданы для использования в различных организациях. Системный анализ помогает проекту пройти стадии жизненного цикла, формулировав все требования к проекту, как единую систему во взаимодействии всех ее компонентов. Систему управления проектами можно оценить некоторыми общими методами, но как целостную систему ее необходимо оценивать по нескольким частям. Систему оценки можно разделить на три общие категории, представленные в таблице 1.

Наиболее важной частью СУП являются заинтересованные стороны, которые могут существенно повлиять на эффективность проекта и организации. Они являются людьми или организациями, практически вовлеченными в систему проекта, и могут оказывать положительное или отрицательное влияние на процесс реализации проекта или выполнение проекта. Таким образом, группа управления проектом должна определить заинтересованные стороны в начале или даже во время проекта и оценить их потребности и ожидания, чтобы обеспечить успех проекта, управляя и контролируя эти потребности и ожидания.

Таблица 1 – Различные методы оценки системы управления проектами (СУП)

| | | |
|---|------------------------------------|--|
| 1 | Количественная оценка | Оценка СУП на основе статистических методов; Оценка PMS на основе операционного исследования; |
| 2 | Качественная оценка | Оценка СУП на основе стандартов качества организации |
| 3 | Количественная/качественная оценка | Оценка СУП на основе стандарта PMBoK; Оценка СУП на основе стандарта зрелости организации; Оценка на основе динамического метода и метода системного анализа |

Модель оценки управления проектами была стандартизирована в виде Европейского фонда управления качеством (EFQM), который был создан на основе ряда фундаментальных концепций и принципов, которые необходимы для всей организационной деятельности (независимо от размера организации и функций) [1]. Эти концепции включают ориентацию на результат, ориентацию на клиента, лидерство, стабильность целей, управление на основе реальности и процессов, участие и развитие персонала, непрерывное обучение, инновации и совершенствование, развитие партнерских отношений и социальных обязанностей. Следовательно, EFQM является подходящей моделью для оценки эффективности управления проектами, и обычно представляет собой шесть следующих критериев, представленных на рисунке 1.

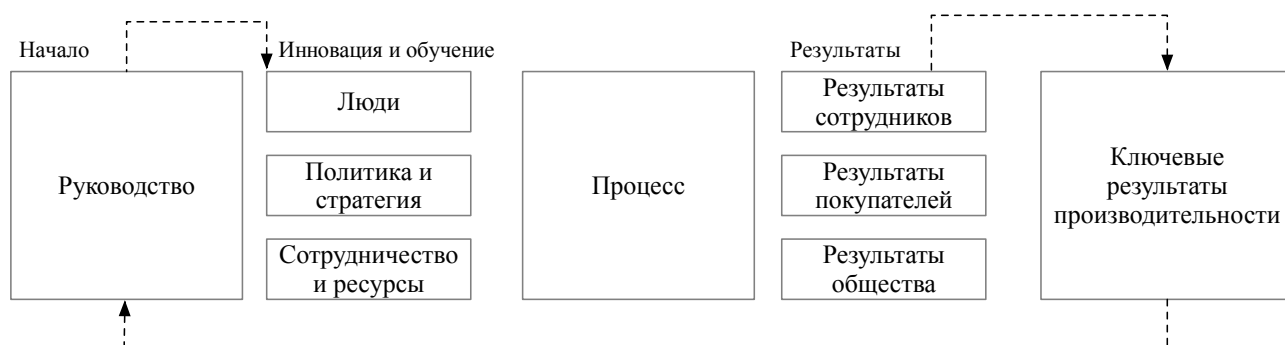


Рисунок 1 – Модель оценки управления проектами

Благодаря гибкой системе управления проектами в строительных организациях часто используются способности программных продуктов. Нередко в ходе строительных работ возникают изменения в сроках, бюджете и ресурсах, в итоге это усложняет процесс отслеживания за сетевыми графиками проектов и управлением критическими действиями. Системный подход к управлению строительными проектами помогает: декомпозировать проект на небольшие, более управляемые компоненты, которые становятся более управляемые; сосредотачивать больше внимания на тайм-менеджмент проекта и проведении систематических проверок для улучшения экономического управления проектом в областях производительности и прибыльности. Выбор методологии системного управления проектами напрямую зависит от множества факторов. На практике в зависимости от социально-экономических и географических особенностей секторов хозяйствования популярны различные методологии, наиболее популярные из них: PMBoK – это набор стандартов и решений, касающихся управления проектами, собранный членами Института управления проектами; PRINCE2 включает метод управления проектами, основанный на опыте руководителей проектов, может применяться для управления и контроля любых проектов.

Метод критического пути строительства – это инструмент для системного управления проектом строительной организации, который часто применяется во взаимодействии с программными продуктами, помогающим выявить наиболее подходящие и эффективные способы решения задач. Планирование критического пути считается одним из широко известных методов системного анализа в управлении строительством. Методология критической цепочки требует дисциплинированного и точного мышления при планировании и выполнении различных проектов. Системное управление строительными проектами используется для увеличения потока процессов и эффективности их взаимодействия внутри системы. Данный метод помогает организовать эффективное обеспечение и контроль непрерывной работы в организации. В основном проект контролируется и улучшается с помощью программных продуктов. Преимущество использования бережливого управления строительными проектами заключается в сокращении времени и бюджета. Хотя вне зависимости от формы и методологии управления строительными проектами при их реализации необходимо учитывать также и ряд условий,

которые влияют на эффективность дальнейшей реализации. Такой перечень факторов для строительной организации представлен на рисунке 2.

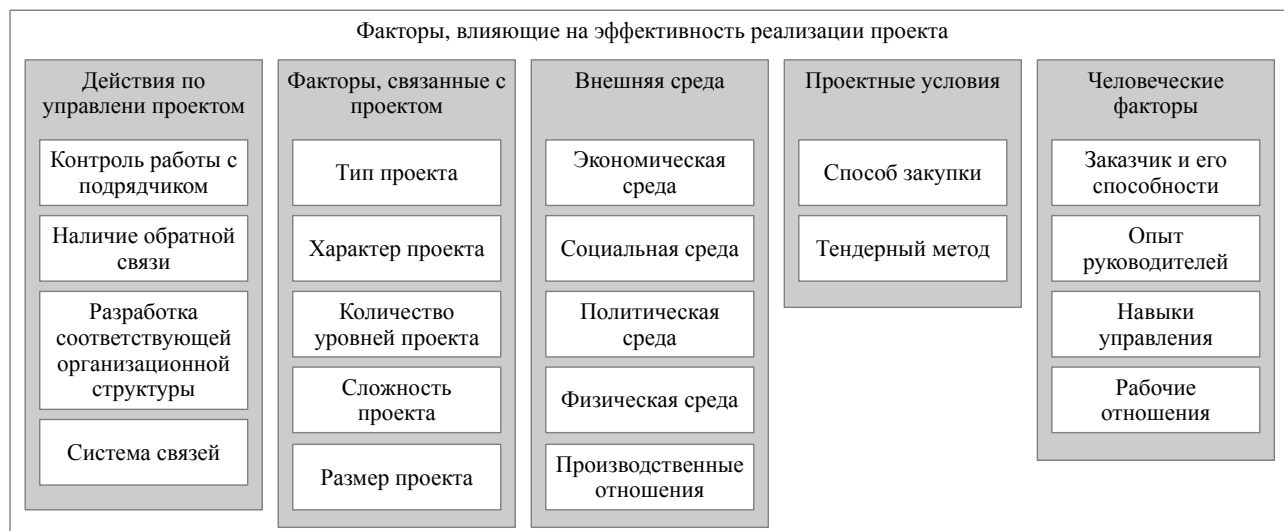


Рисунок 2 – Факторы для строительной организации

Таким образом, применение методов системного анализа в управлении проектами строительной организации помогает систематизировать требования к проекту, обеспечить их единство понимания и сопоставимость, а также оценить реализуемость и постоянный контроль. Для реализации любого строительного проекта необходимо не только привлечение разных специалистов в соответствии с их профессиональными качествами, знаниями и опытом, но и координация действий с людьми из других организаций.

Литература

1 Westlund, A. H. (2001). Measuring environmental impact on society in the EFQM system. Total Quality Management, 12(1), 125-135.

2. СТУДЕНЧЕСКИЙ ФОРУМ

*С.В. Дроздецкий, ст. преп.; Н.А. Полищук, А.Д. Юрченков, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПОСТРОЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ОДНОТАКТНОГО ПРЯМОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

При разработке импульсных преобразователей удобно использовать моделирование. С его помощью можно оценить правильность расчета силового контура без построения макета на реальных компонентах. Для устойчивой работы преобразователя необходимо построить непрерывную модель и синтезировать корректирующие звенья. При помощи логарифмических частотных характеристик (ЛЧХ) непрерывной модели происходит настройка и расчет корректирующих звеньев. Для построения непрерывной модели преобразователя необходимо составить системы уравнений работы преобразователя на интервале импульса и интервале паузы [1]. На рисунке 1 представлена схема однотактного прямоходового преобразователя (ОПП) на интервале импульса.

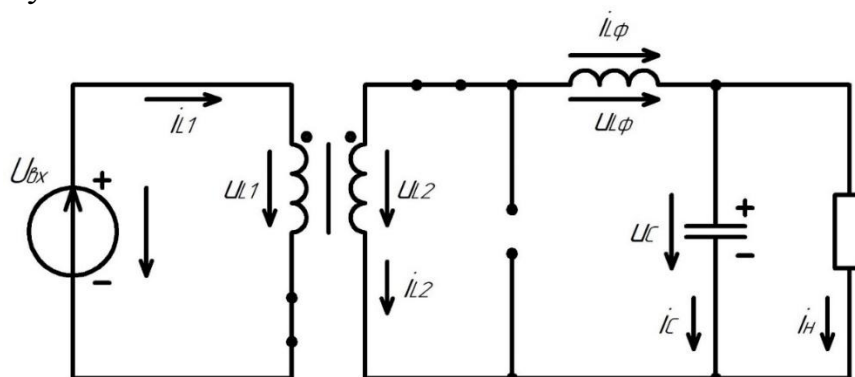


Рисунок 1 – ОПП на интервале импульса

В прямоходовом преобразователе на интервале импульса к первичной обмотке трансформатора приложено входное напряжение, ключ в первичной обмотке замкнут, в первичной обмотке протекает ток. Ко вторичной обмотке приложено входное напряжение с учетом коэффициента трансформации, ток протекает через диод $VD1$ (на данной схеме это последовательный со вторичной обмоткой трансформатора ключ), дроссель (в дросселе накапливается энергия), затем делится на токи конденсатора и резистора. Напряжение на вторичной обмотке равно сумме напряжений на дросселе и конденсаторе. Таким образом, система уравнений на интервале импульса имеет следующий вид:

$$\begin{cases} u_{L1|d} = u_{вх} \\ u_{L2|d} = u_{L\phi} + u_C \\ i_{C|d} = i_{L\phi} - i_H \end{cases}$$

Далее, выразим напряжение на вторичной обмотке через коэффициент трансформации и напряжение первичной обмотки (входное напряжение).

$$K_{\text{тр}} = \frac{u_{L1}}{u_{L2}} \Rightarrow u_{L2} = \frac{u_{L1}}{K_{\text{тр}}}; u_{L2} = \frac{u_{\text{вх}}}{K_{\text{тр}}}$$

Таким образом, система уравнений для интервала импульса будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} u_{L\phi|d} = \frac{u_{\text{вх}}}{K_{\text{тр}}} - u_C \\ i_{c|d} = i_{L\phi} - i_H \end{cases}$$

На рисунке 2 представлена схема ОПП на интервале паузы.

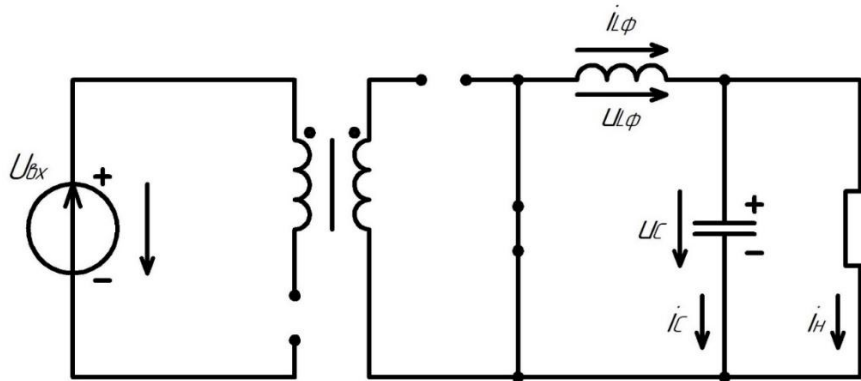


Рисунок 2 – ОПП на интервале паузы

На интервале паузы ключ в первичной обмотке разомкнут. Диод $VD1$ заперт, ток протекает через дроссель, затем делится на токи конденсатора и резистора, соединяется и протекает через диод $VD2$ (на данной схеме это параллельный со вторичной обмоткой трансформатора ключ). Энергия, накопленная в дросселе на интервале импульса, передается в нагрузку. Сумма напряжений на дросселе и конденсаторе равна нулю. Таким образом, система уравнений для интервала паузы имеет вид:

$$\begin{cases} u_{L\phi|1-d} = -u_C \\ i_{c|1-d} = i_{L\phi} - i_H \end{cases}$$

Получив уравнения на интервалах импульса и паузы выведем среднее за период коммутации напряжение на дросселе, сложив напряжения, домноженные на коэффициент заполнения D для интервала импульса и домноженные на $(1-D)$ для интервала паузы [2].

$$U_{L\phi|cp} = \frac{U_{\text{вх}} \cdot D}{K_{\text{тр}}} - U_C \cdot D - U_C \cdot (1 - D)$$

$$U_{L\phi|cp} = \frac{U_{\text{вх}} \cdot D}{K_{\text{тр}}} - U_C$$

Средний за период коммутации ток конденсатора будет определяться следующим уравнением:

$$I_{C|cp} = I_{L\phi} - I_H$$

Таким образом, получим усредненную систему уравнений на периоде коммутации:

$$\begin{cases} \frac{U_{вх} \cdot D}{K_{тр}} = U_{L\phi} + U_C \\ I_{L\phi} = I_C + I_H \end{cases} \quad 1)$$

По полученной системе уравнений (1) можно построить непрерывную модель, однако для этого также необходимо рассчитать параметры силового контура преобразователя.

По первому уравнению системы (1) составим схему, состоящую из входного и выходного источников напряжения и выходного дросселя. По второму уравнению системы (1) составим схему из источника тока дросселя, выходного конденсатора и нагрузочного резистора.

На рисунке 3 представлена непрерывная модель преобразователя в программе *MatLab*.

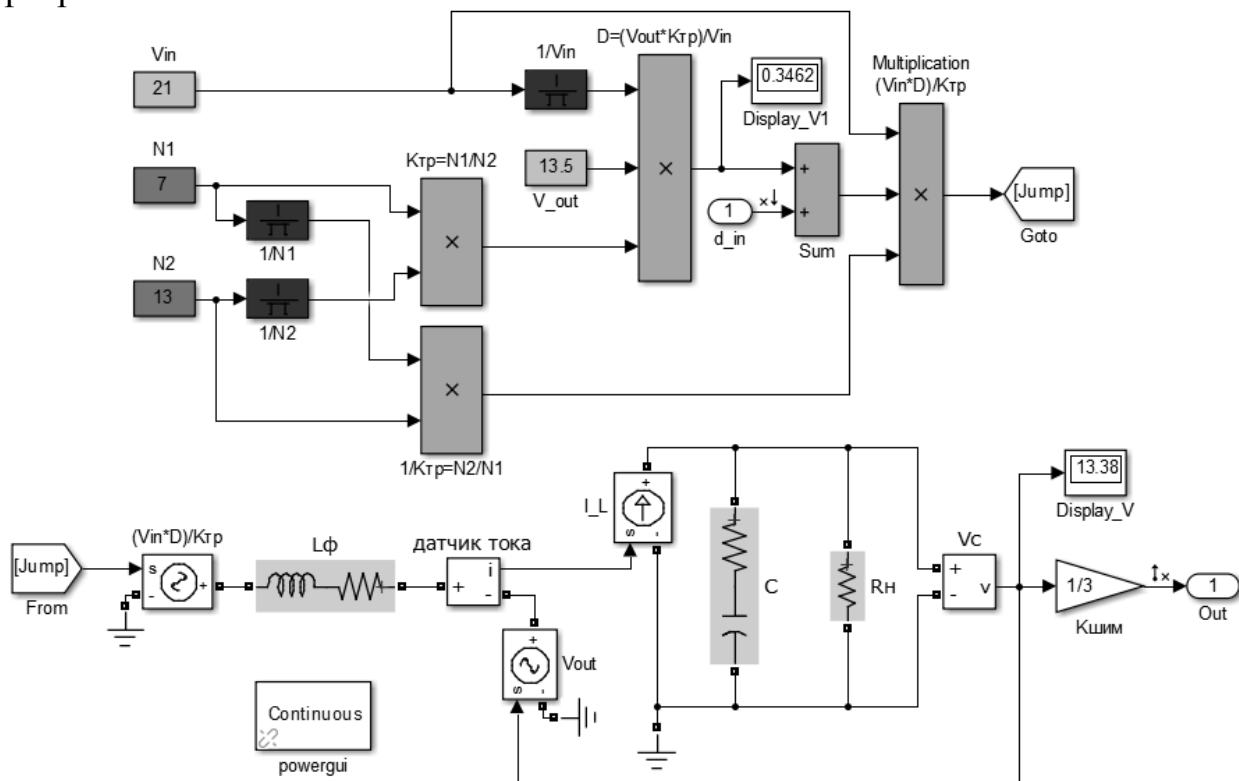


Рисунок 3 – Непрерывная модель преобразователя

Как видно из схемы, источник входного напряжения реализован с учетом коэффициента заполнения и коэффициента трансформации. Элементы силового контура (выходные дроссель и конденсатор) реализованы в данной модели с

учетом паразитных сопротивлений. Данная непрерывная модель является универсальной для всех ОПП. Пользователю необходимо задать входное напряжение, число витков в первичной и вторичной обмотках трансформатора, желаемое выходное напряжение и номиналы элементов силового контура (выходные дроссель, конденсатор и нагрузочный резистор). Также в данной непрерывной модели учтен коэффициент передачи ШИМ. Он определяется по формуле:

$$K_{\text{ШИМ}} = \frac{1}{V_{\text{ГЛИН}}},$$

где $V_{\text{ГЛИН}}$ – максимальное напряжение ГЛИН.

В качестве примера подставим в непрерывную модель следующие параметры: входное напряжение 21 В, число витков первичной обмотки трансформатора 7, число витков вторичной обмотки трансформатора 13, желаемое выходное напряжение 13,5 В, выходной дроссель 76 мкГн, конденсатор 47 мкФ и нагрузочный резистор 9 Ом.

Далее, необходимо получить частотные характеристики, оценить устойчивость системы и осуществить коррекцию [3]. Для того, чтобы система была устойчивой и обладала хорошими динамическими свойствами, наклон в точке пересечения должен быть -20 дБ/дек, а протяженность этого участка – не менее половины декады в каждую сторону от точки пересечения. Также, запас по амплитуде более 7 дБ и запас по фазе от 45 до 60 градусов свидетельствуют о хороших динамических свойствах системы.

Как правило, коррекцию стараются реализовать наименьшим числом корректирующих звеньев (цепочек). Однако в данном случае в результате коррекций одним нулем и одним полюсом, двумя нулями и двумя полюсами не удалось добиться необходимых запасов по амплитуде и фазе. Таким образом, был выбран способ коррекции с помощью интегратора, двух нулей и двух полюсов. На рисунке 4 представлены АЧХ и ФЧХ преобразователя после коррекции.

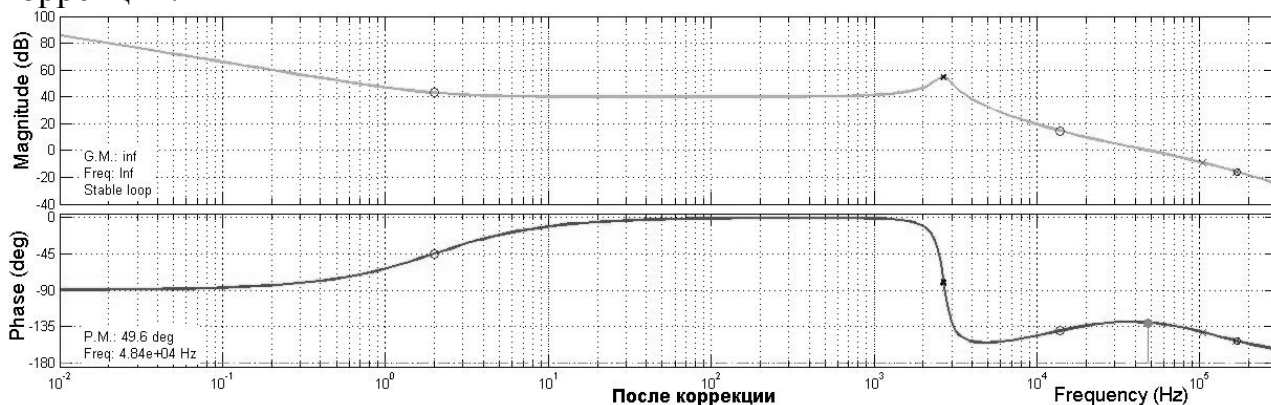


Рисунок 4 – АЧХ и ФЧХ преобразователя после коррекции

Исходя из полученных характеристик, можно сделать вывод, что система устойчива. Запас по фазе составляет 49,6 градусов, запас по амплитуде более 7 дБ. АЧХ пересекает ось 0 дБ с наклоном -20 дБ/дек. Это также свидетельствует

о хороших динамических свойствах системы. Таким образом, рассмотренная система удовлетворяет частотным критериям качества.

На рисунке 5 представлены АЧХ и ФЧХ корректирующего звена.

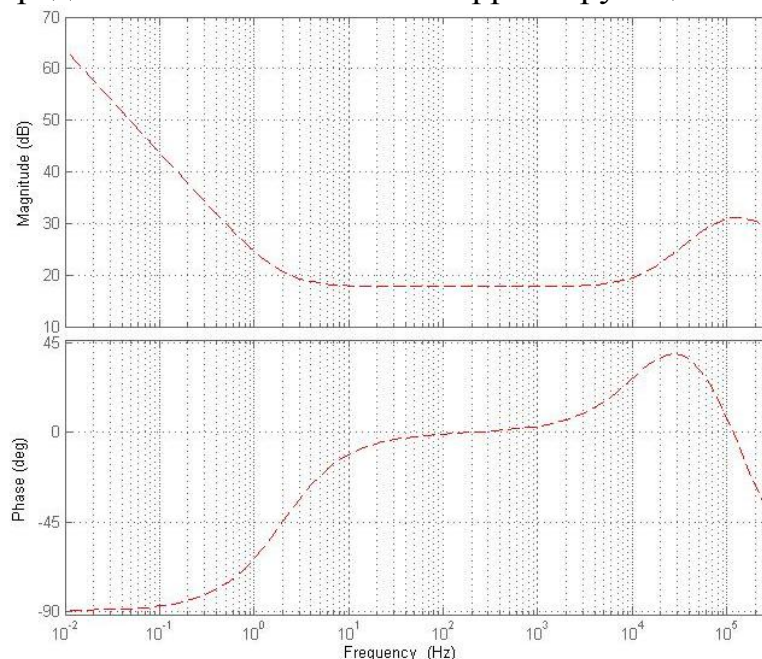


Рисунок 5 – АЧХ и ФЧХ корректирующего звена

Корректирующее звено можно реализовать с помощью операционного усилителя с обвязкой. На рисунке 6 представлена схема корректирующего звена в среде моделирования *MicroCap*.

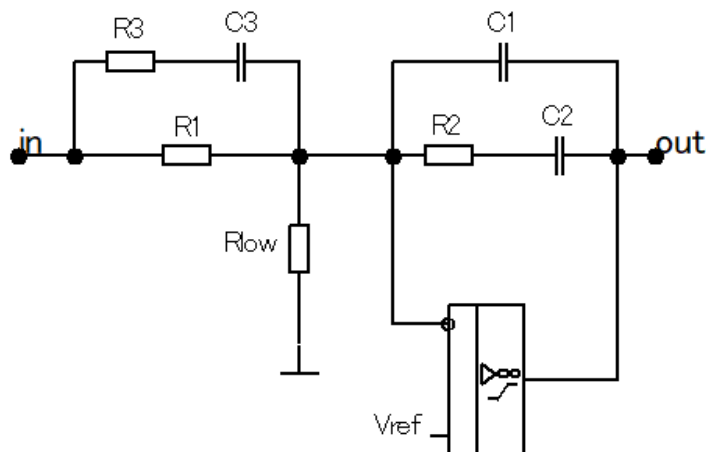


Рисунок 6 – Схема корректирующего звена в MicroCap

Таким образом непрерывная модель позволяет провести проверку правильности расчета номиналов компонентов силового контура преобразователя, провести синтез корректирующих звеньев, а также облегчить последующую реализацию преобразователя на макетной плате и в виде печатной платы.

Список литературы

1. Мелешин В.И. Получение непрерывной линейной модели силовой части импульсного преобразователя как начальный этап проектирования его динамических свойств [Текст] / В. Мелешин // Электричество. – 2002. – № 10.
2. Семенов, Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному [Текст] / Б. Ю. Семенов – М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 416 с.
3. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.

*С.В. Дроздецкий, ст.преп., А.Д. Юрченков, Н.А. Полищук, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ПОСТРОЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ОБРАТНОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Одним из этапов проектирования импульсных преобразователей является обеспечение устойчивой работы. Для устойчивой работы преобразователя необходимо синтезировать звенья коррекции, выбор и расчет которых происходит с использованием непрерывной модели. Корректировка проводится по амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристикам. Для построения непрерывной модели преобразователя в РНТ (режим непрерывного тока) необходимо составить системы уравнений работы преобразователя на интервале импульса и интервале паузы.

В обратноходовом преобразователе на интервале импульса ключ в первичной обмотке замкнут и происходит накопление энергии в индуктивности намагничивания, диод блокирует протекание тока во вторичной обмотке (рисунок 1).

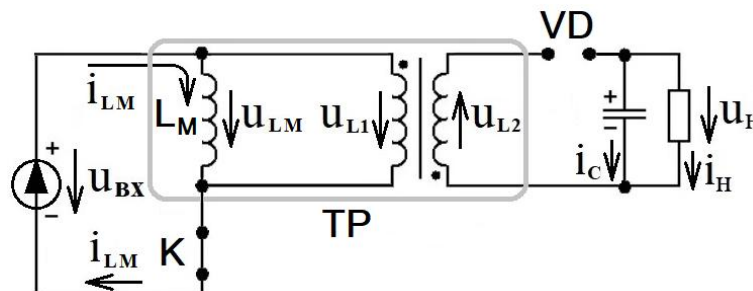


Рисунок 1 — Схема протекания токов в обратноходовом преобразователе

$$\begin{cases} u_{L_M/D} = u_{L1/D} = u_{in} \\ i_{C/D} = -i_n \end{cases},$$

где $u_{L_M/D}$ – напряжение на индуктивности намагничивания на интервале импульса на интервале импульса, D – коэффициент заполнения, u_{in} – входное напряжение, $i_{C/D}$ – ток на конденсаторе в момент импульса, i_n – ток на нагрузке.

На интервале паузы ключ на первичной стороне размыкается и происходит передача энергии в нагрузку [1].

$$\begin{cases} u_{L2|D} = -u_C \\ i_{C|D} = i_{L2} - i_n \end{cases},$$

где $u_{L2|1-D}$ – напряжение на вторичной обмотке на интервале паузы, u_C – напряжение на конденсаторе, $i_{C|D}$ – ток на конденсаторе в момент паузы, i_{L2} – ток на вторичной обмотке, i_n – ток на нагрузке.

Выразив напряжение и ток вторичной обмотки используя первичную обмотку и коэффициент трансформации (K_{mp}), получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{u_{L_M|1-D}}{K_{mp}} = -u_C \\ i_{C|1-D} = K_{mp} \cdot i_{L_M} - i_n \end{cases} .$$

Среднее напряжение на первичной обмотке на периоде коммутации и средний за период коммутации ток конденсатора примут вид:

$$\begin{cases} u_{L_M}|_{CP} = u_{BX} \cdot d_1 - u_C \cdot K_{TP} \cdot (1-d_1) \\ C \cdot \frac{du_C}{dt} \Big|_{CP} = K_{TP} \cdot i_{L_M} \cdot (1-d_1) - \frac{u_C}{R} \end{cases} ,$$

Система уравнений для построения непрерывной модели обратного преобразователя имеет вид:

$$\begin{cases} U_{in} \cdot D = U_{L_M} + K_{mp} \cdot U_C \cdot (1-D) \\ K_{mp} \cdot I_{L_M} \cdot (1-D) = I_C + I_n \end{cases}$$

Используя систему уравнений строится непрерывная модель обратного преобразователя (рисунок 2).

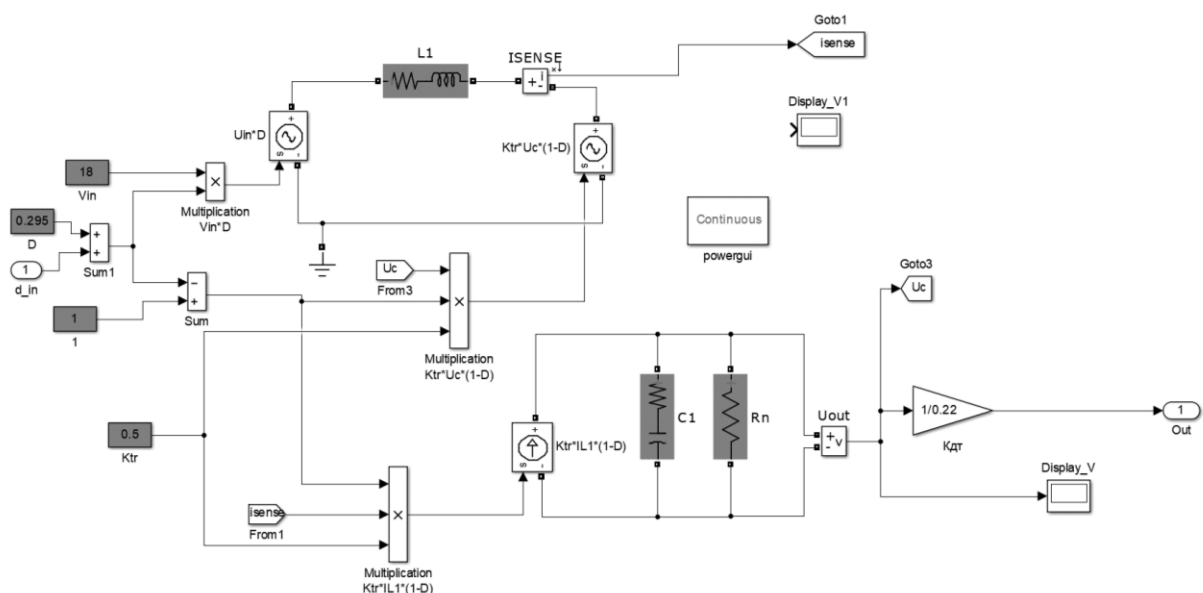


Рисунок 2 — Непрерывная модель преобразователя в среде MATLAB

Для получения АЧХ и ФЧХ необходимо задать входное напряжение, индуктивность первичной обмотки, коэффициент заполнения, коэффициент трансформации, выходной конденсатор и нагрузочный резистор. Первичная обмотка трансформатора и выходной конденсатор реализованы с учетом паразитных сопротивлений. В непрерывной модели учтен коэффициент передачи датчика тока ($K_{дт}$).

Коррекция происходит с использованием нулей, полюсов и интегратора, обеспечивая наклон АЧХ в точке пересечения нуля – 20 дб/дек , протяженностью не менее половины декады в каждую сторону от точки пересечения (рисунок 3). Запас по амплитуде более 7 дБ и запас по фазе более 45 градусов свидетельствуют о хороших динамических характеристиках системы [2].

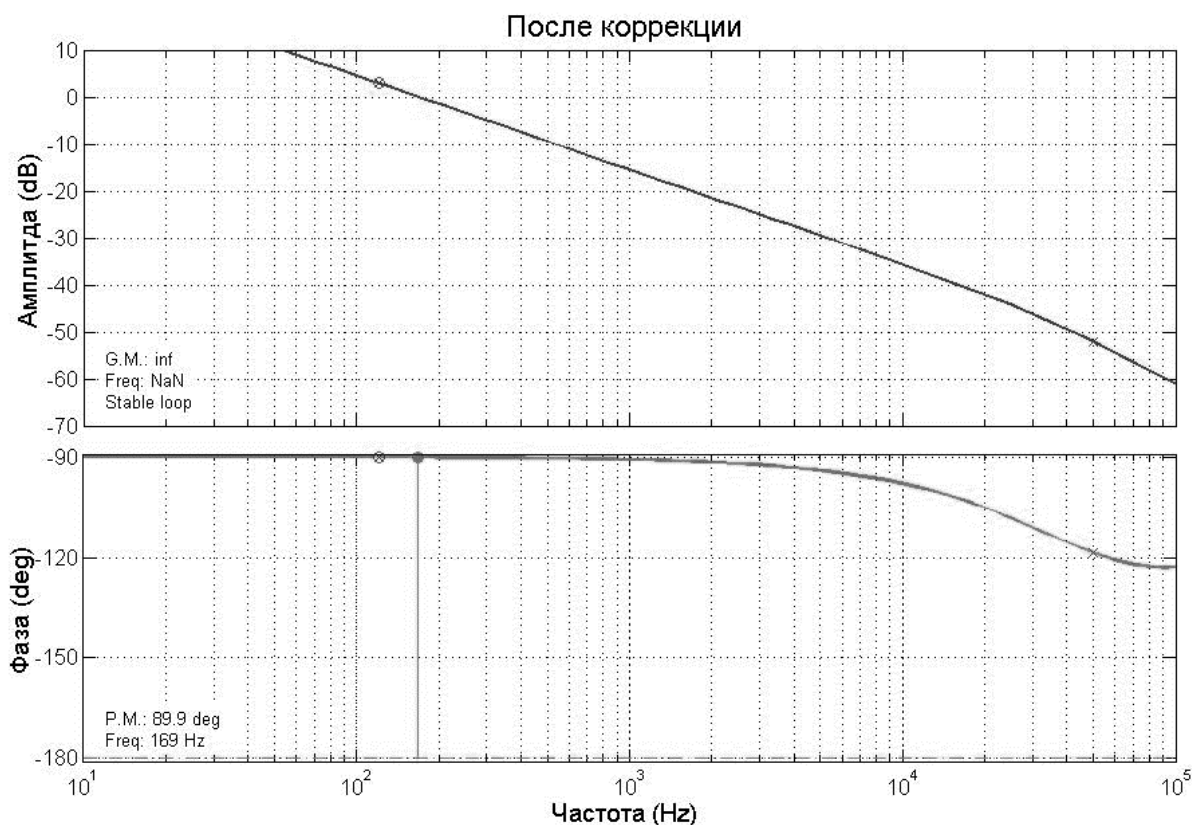


Рисунок 3 — АЧХ и ФЧХ скорректированной системы

Используя полученные характеристики в дальнейшем формируется звено коррекции для ключевой модели преобразователя, по результатам моделирования которой возможно рассчитать номиналы компонентов, формирующие звено коррекции на уровне электрической принципиальной схемы.

Литература

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному / Б.Ю. Семенов – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 416 с.
2. Маниктала С. Импульсные источники питания от А до Z. [Пер. с англ. Авраменко Ю.Ф.] К.: МК-Пресс, Спб.: КОРОНА-ВЕК, 2014. – 256 с.
3. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: учеб. пособие для бакалавров. – М.: Юрайт, 2015. – 667 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ЗВЕНЬЕВ КОРРЕКЦИИ

При проектировании импульсных преобразователей одной из задач является обеспечение устойчивой работы. Для экономии времени и ресурсов на сборку макета удобно использовать моделирование. Моделирование позволяет оценить правильность расчета силового контура преобразователя, провести необходимую коррекцию, а также проверить влияние звеньев коррекции на работу преобразователя используя модели реальных компонентов. Для этого необходимо использовать амплитудно-частотную (АЧХ) и фазо-частотную (ФЧХ) характеристики непрерывной модели импульсного преобразователя [1].

На рисунке 1 представлена непрерывная модель однотактного обратного преобразователя.

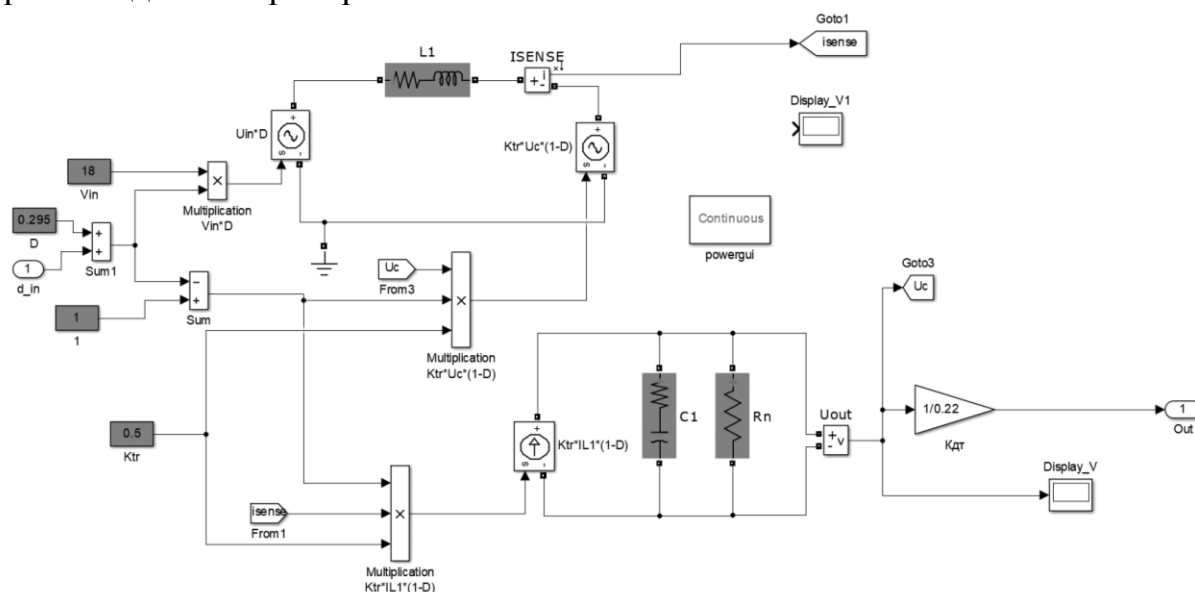


Рисунок 4 — Непрерывная модель преобразователя в среде *MATLAB*

Для построения частотных характеристик исследуемого преобразователя необходимы следующие характеристики: входное напряжение, индуктивность первичной обмотки, коэффициент заполнения, коэффициент трансформации, выходной конденсатор, нагрузочный резистор.

Целью коррекции частотных характеристик является обеспечение наклона АЧХ в точке пересечения нуля 20 дБ/дек , протяженностью не менее половины декады в каждую сторону от точки пересечения (рисунок 2). Запас по амплитуде более 7 дБ и запас по фазе более 45 градусов свидетельствуют о хороших динамических характеристиках системы [2].

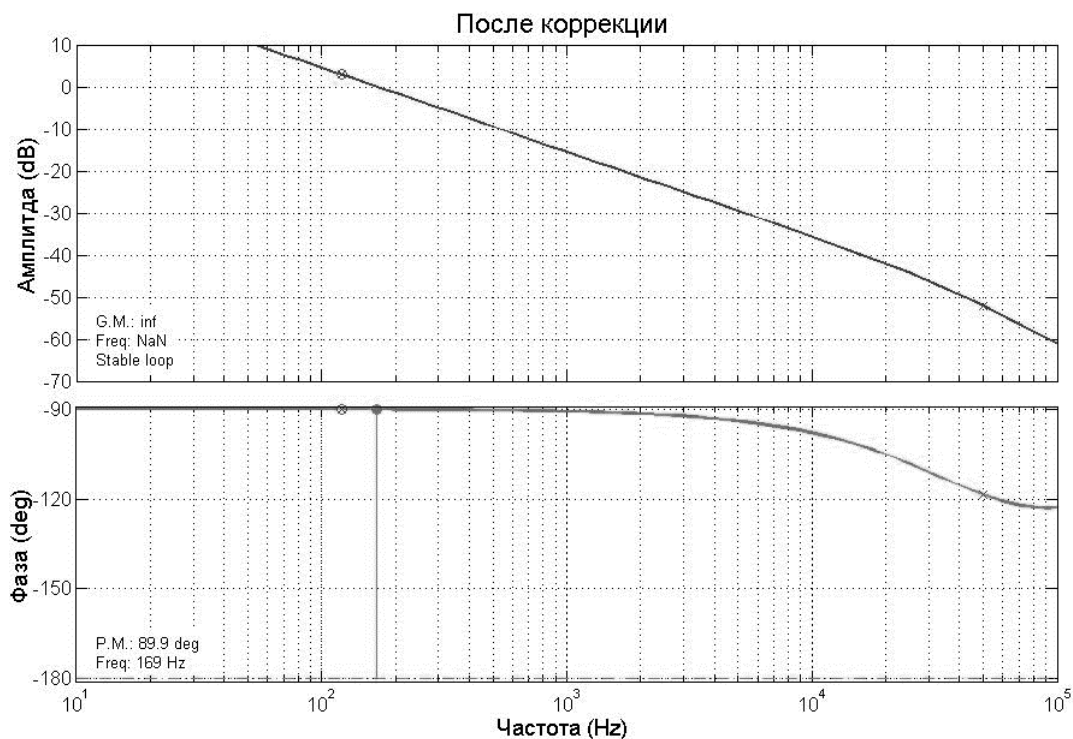


Рисунок 5 — АЧХ и ФЧХ скорректированной системы

Как правило, коррекцию стараются реализовать наименьшим числом корректирующих звеньев [3]. Для одноконтурного обратного преобразователя возможна коррекция при помощи интегратора; интегратора, одного полюса, одного нуля; интегратора, двух полюсов, двух нулей. В данном случае наиболее стабильную работу обеспечивает коррекция, проведенная с использованием интегратора, одного нуля и одного полюса. АЧХ и ФЧХ корректирующего звена представлены на рисунке 3.

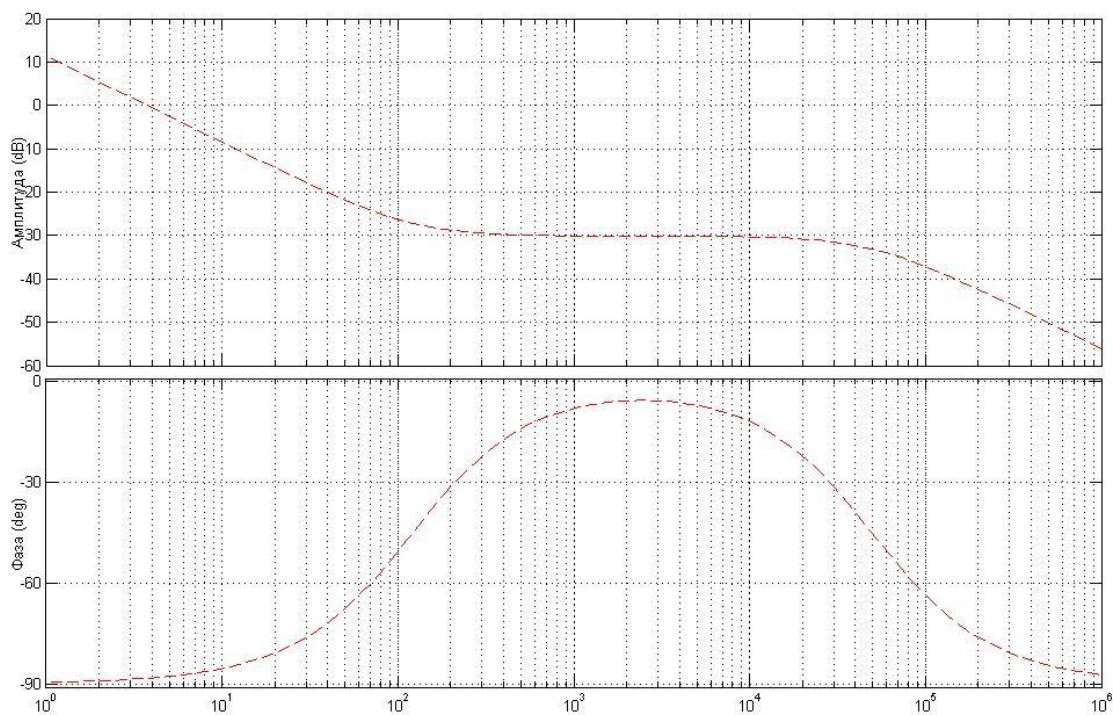


Рисунок 6 — АЧХ и ФЧХ корректирующего звена

Далее необходимо проверить, возможно ли построить корректирующее звено, с аналогичными частотными характеристиками, на реальных компонентах. Для этого построим модель корректирующего звена используя операционный усилитель с обвязкой в программе *MicroCap* (рисунок 4).

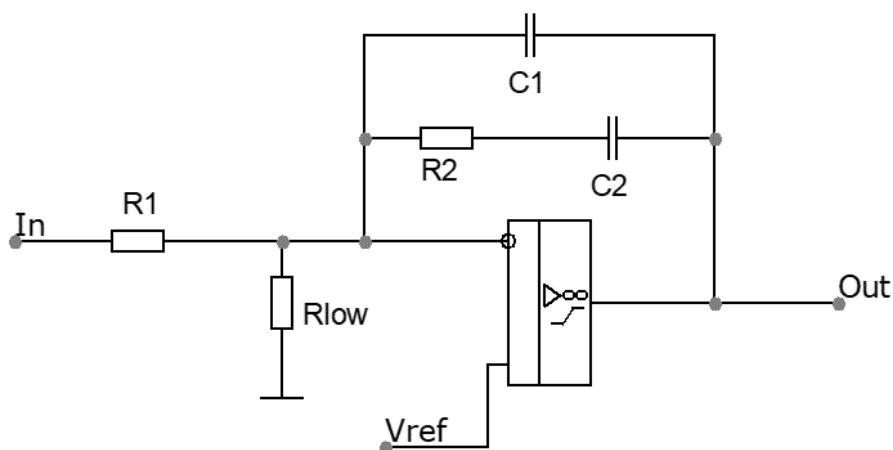


Рисунок 7 — Схема корректирующего звена в *MicroCap*

На вход *In* поступает выходное напряжение преобразователя. При помощи резисторов *R1* и *Rlow* напряжение с точки *In* снижают до значения опорного напряжения *Vref*. Комбинация компонентов *R2* и *C2* образуют нуль. Комбинация компонентов *R2* и *C1* образуют полюс. Номиналы компонентов рассчитываются исходя из необходимой частоты расположения нуля и полюса на частотных характеристиках по следующим формулам:

$$f_{zero} = \frac{1}{2 * \pi * R2 * C2'}$$

$$f_{pole} = \frac{1}{2 * \pi * R2 * C1'}$$

Используя частотный анализ построим АЧХ и ФЧХ полученной модели корректирующего звена (рисунок 5).

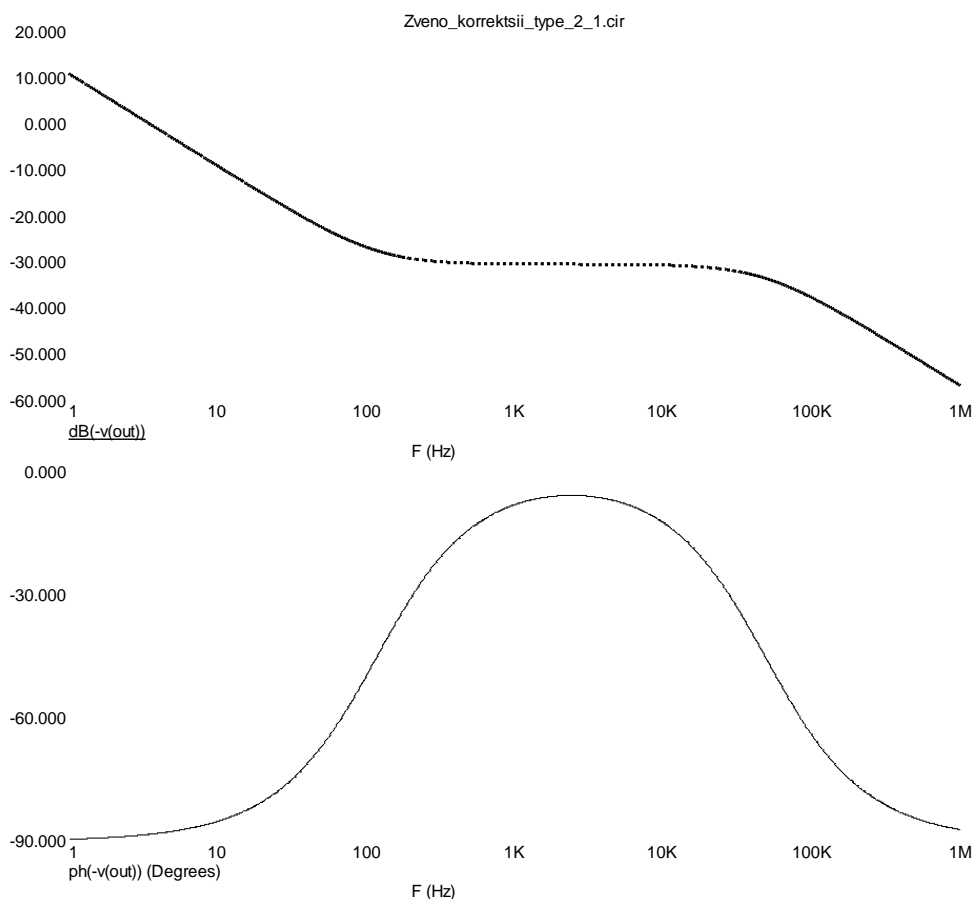


Рисунок 8 — АЧХ и ФЧХ модели корректирующего звена

Полученные характеристики совпадают с характеристиками корректирующего звена, полученных с помощью непрерывной модели. Таким образом непрерывная модель позволяет провести коррекцию работы преобразователя, на основе которой возможен синтез корректирующих звеньев на реальных компонентах.

Литература

4. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному / Б.Ю. Семенов – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 416 с.
5. Маниктала С. Импульсные источники питания от А до Z. [Пер. с англ. Авраменко Ю.Ф.] К.: МК-Пресс, Спб.: КОРОНА-ВЕК, 2014. – 256 с.
6. Зиновьев Г.С. Силовая электроника: учеб. пособие для бакалавров. – М.: Юрайт, 2015. – 667 с.

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЯ НЕБОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ

Аннотация. Рассмотрен необходимый функционал устройства, спроектирована структурная схема устройства и приведены примеры необходимой периферии, а также рассмотрен принцип работы устройства в целом.

Abstract. The necessary functionality of the device is considered, the block diagram of the device is designed and examples of the necessary peripherals are given, as well as the principle of operation of the device as a whole is considered.

Ключевые слова: Структурная схема, датчик воды, датчик дыма, инфракрасный датчик пламени, модуль сбора информации.

Keywords: Block diagram, water sensor, smoke sensor, infrared flame sensor, information acquisition module.

Для обеспечения большей комфортности жилья необходимо применять средства автоматизированного контроля климатических условий с возможностью дистанционного управления и накоплением данных для анализа и принятия решений. Подобные средства разрабатываются и выпускаются промышленностью в основном как автономные устройства с ограниченным набором сервисных функций, в то время как требуются системные решения, объединяемые в рамках проектов «умный дом».

Целью нашей разработки было создание станции наблюдения за климатическими параметрами и контролем безопасности жилого дома с расширенными коммуникационными возможностями для дальнейшей реализации комплексных решений.

Работа устройства основана на постоянном мониторинге климатических параметров с помощью соответствующих датчиков, сбора и накоплением данных для дальнейшего анализа с учетом факторов энергопотребления, режимов работы теплового оборудования и вентиляции.

На дисплей устройства постоянно выводится информация о текущей температуре (в помещении и на улице), влажности воздуха и концентрации углекислого газа, возможно определение атмосферного давления. Полученные данные направляются средствами беспроводной передачи на пользователя, их можно постоянно контролировать в специально разработанном приложении для данной станции. Указанный набор данных отнесен к классу климатических. Помимо этого, в станции имеются датчик дыма, датчик пламени и датчик уровня воды, которые необходимы для определения аварийных ситуаций и обеспечения безопасности помещения. Их работа осуществляется в фоновом режиме слежения и в случае возникновения опасности станция сообщает об этом на дисплее и в приложение на мобильном устройстве пользователя.

Таким образом, в комплект станции входят следующие средства:

- Устройство сбора данных с коммуникационными модулями и встроенными датчиками
- Выносные датчики со средствами подключения (опционно)
- Блок электропитания с аккумуляторной батареей
- ПО для установки на смартфон пользователя

Структурная схема устройства сбора данных состоит из четырёх модулей (рис. 1):

- 1) Модуль сбора данных;
- 2) Микроконтроллер;
- 3) Модуль контроля за безопасностью;
- 4) Модуль приема и передачи данных.

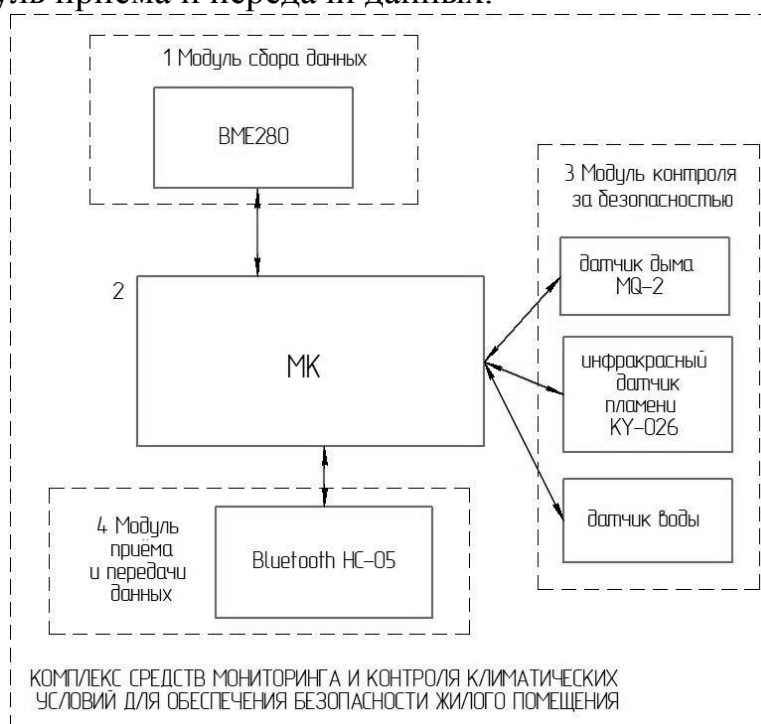


Рисунок 1 —Структурная схема устройства

Рассмотрим принцип работы каждого модуля.

Первый модуль состоит из датчика атмосферного давления, влажности и температуры – BME280. Он имеет три режима работы:

- SLEEP – режим сна;
- FORCED –ждет команду на измерение, по приходу команды считывает значения и переходит в режим ожидания;
- NORMAL – этот режим наиболее интересен и загоняет датчик в циклическую работу. То есть, он самостоятельно через определенное время, которое можно задать, выходит из режима сна и выполняет измерения, сохраняет данные в регистры памяти и вновь засыпает на указанное время.

В станции будет использоваться третий режим «NORMAL».

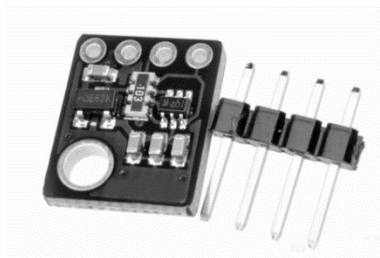


Рисунок 9 — ВМЕ280

Второй модуль, объединяющий датчики обеспечения безопасности включает:

- датчика дыма MQ-2,
- инфракрасного датчика пламени KY-026,
- датчика воды

MQ-2 Это надежный датчик газа, подходящий для определения концентрации в воздухе LPG (сжиженного нефтяного газа), дыма, алкоголя, пропана, водорода, метана и угарного газа. Это датчик газа типа металл-оксид-полупроводник (МОП, MOS), также известный как химрезистор (химический резистор), поскольку обнаружение основано на изменении сопротивления чувствительного материала, когда газ вступает в контакт с этим материалом.

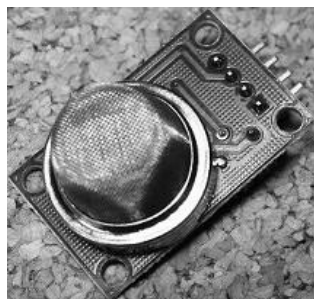


Рисунок 3 — Датчик дыма MQ-2

KY-026 – датчик пламени реагирует на инфракрасное излучение (открытый огонь) и наиболее чувствителен к длинам волн от 760 нм до 1100 нм.

Датчик воды состоит из двух частей:

«Плата обнаружения капель» она представляет собой переменный резистор, который замыкается водой в разных местах, из-за чего происходит изменение сопротивления. Вторая часть это сдвоенный компаратор LM393. Как правило, у модуля датчика есть два выхода аналоговый и цифровой, но нас будет интересовать второй. На него датчик выдаёт высокое или низкое напряжение, которое регулируется уровнем порога с помощью подстроечного резистора.

Блок приёма и передачи данных необходим для взаимосвязи станции со смартфоном пользователя по Bluetooth.

В качестве микроконтроллера будет использоваться ArduinoNano, что является отличным выбором для нашего устройства.

Проектирование и разработка домашней станции, позволяет создать не дорогое и в тоже время многофункциональное устройства, которое способно не

только помогать человеку в повседневной жизни, но и предупредить пользователя об опасности. При этом домашняя станция может быть доработана путем добавления функций. Например, установкой автоматических вентилях для перекрывания воды или автоматической системы пожаротушения, также можно подключить камеру видео наблюдения к станции, обеспечить связь с пультом охраны.

Список литературы

Bluetooth модуль HC-05 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/bluetooth-modul-hc-05/> (дата обращения 01.11.2019).

Датчик BME280 – датчик атмосферного давления, влажности и температуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/bme280-datchik-atmosfernogo-davleniya-vlazhnosti-i-temperature/> (дата обращения 10.10.2020).

Датчик дыма MQ-2 – Как работает датчик газа/дыма MQ-2? И его взаимодействие с Arduino [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://radioprogram.ru/post/737> (дата обращения 10.10.2020).

Датчик пламени KY-026 – Датчик пламени KY-026 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://роботехника18.рф/датчик-пламени-ардуино/> (дата обращения 10.10.2020).

Датчик воды – Датчик воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://роботехника18.рф/датчик-воды-ардуино/> (дата обращения 10.10.2020).

*А.А. Лысенков, маг.; С.Н. Глинков, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

ОБЗОР ВОЗМОЖНОГО ФУНКЦИОНАЛА И ВОЗМОЖНОСТЕЙ САПР VISUAL STUDIO ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ИГРЫ

***Аннотация.** Рассмотрен необходимый функционал приложения, рассмотрены основные возможности САПР, написаны блок схемы алгоритма работы приложения.*

***Abstract.** The necessary functionality of the application is considered, the main CAD capabilities are considered, block diagrams of the application algorithm are written.*

***Ключевые слова:** САПР, оконное приложения, форма, алгоритм работы приложения, блок-схема, логическая игра.*

***Keywords:** CAD, window application, form, application algorithm, flowchart, logic game.*

Данная статья является продолжением уже написанной статьи «Макет приложения».

Научный прогресс человечества не стоит на месте. Технологии постоянно модернизируются и совершенствуются. Люди стремятся смартфоны или компьютеры максимально универсальными. Одной из сфер, по данному направлению, является отдых и развлечения, куда водят и игры. Сейчас разработано множество игр, и с каждым днем их число только растет. Многие настольные игры переключались в виртуальную реальность и пользуются большим спросом. Так как человеку не всегда удобно носить с собой игру,

иногда, коробки в которые они упакованы занимают достаточно много места. Еще одним фактором стало наличие желающих играть в ту или иную игру, а точнее их отсутствие. Тут и пришел на помощь виртуальный мир, большинство настольных игр были написаны для ПК и смартфонов, что значительно увеличило число пользователей и желающих.

В прошлой статье был разработан проект макета кроссплатформенного приложения игры, которая была придумана самостоятельно. Макет — это хорошо, но сердцем любого приложения является его логика и функционал, что мы и рассмотрим в этой статье.

Начать следует с того, чтобы реализовать базовый функционал игры. При нажатии на кнопку поля должен выполняться ход, а именно окрашивание клетки поля в цвет игрока, который ходил и смена хода на другого игрока. При этом должна меняться панель оповещения о том, кто ходит. На рисунке 1 представлена блок-схема работы кнопки, а на рисунке 2 представлена блок-схема изменение подсказки.

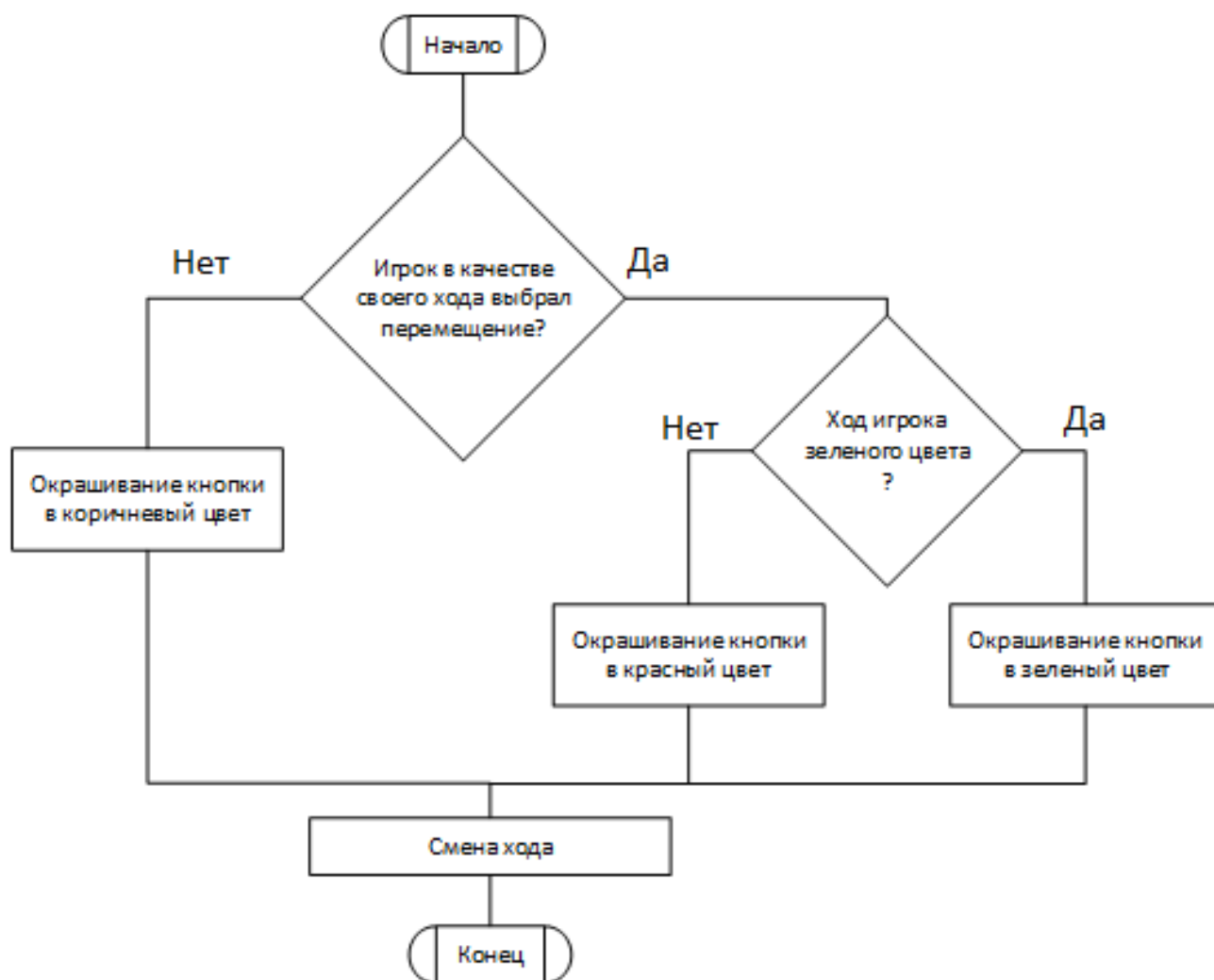


Рисунок 1 – блок-схема работы кнопки поля

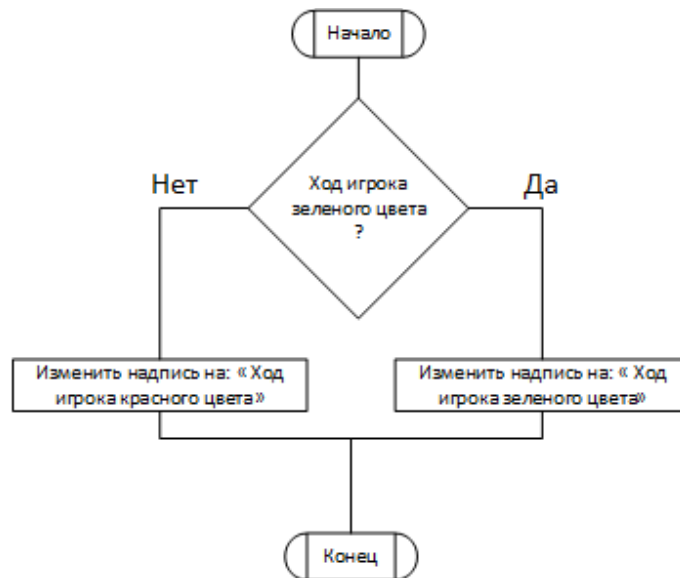


Рисунок 2 – блок-схема работы подсказки хода

Также нельзя забывать о том, что в игре предусмотрено два режима хода, потому по нажатию во время хода на кнопку «Препятствие» ход должен переключиться на выставление препятствия, а по нажатию на кнопку «отмена» игра опять переключается в режим обычного передвижения. На рисунке 3 представлена блок-схема работы описанного выше алгоритма.

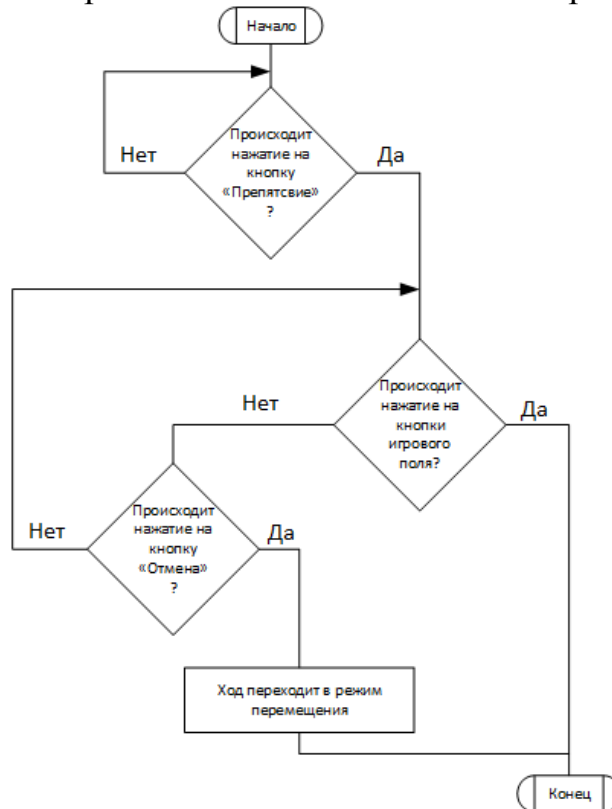


Рисунок 3 – блок-схема работы кнопок изменения режима хода

Как только один из игроков достигает цели игры, а именно противоположного угла поля, игра должна заканчиваться и выводить окно с информацией о победителе. На рисунке 4 представлена блок-схема.

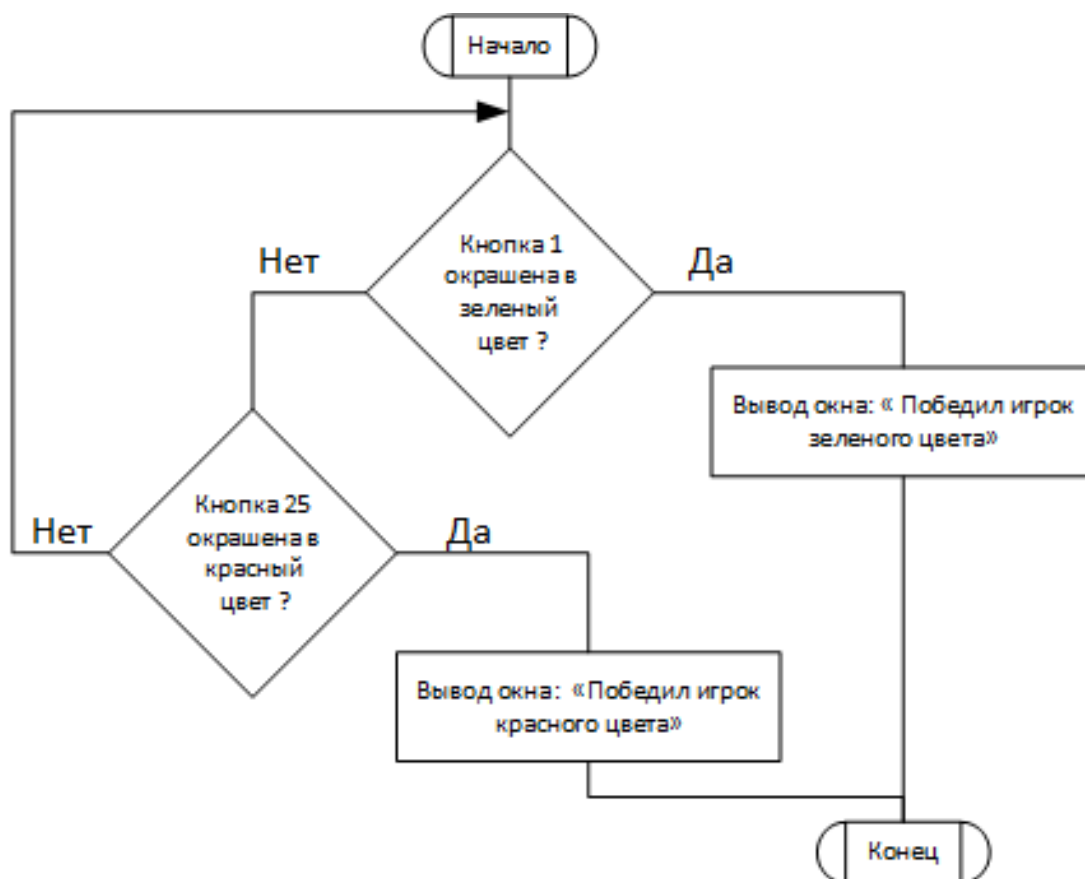


Рисунок 4 – блок-схема работы функции объявления победителя

На кране есть кнопка «Новая игра» по нажатию на которую, игра должна сбрасываться и все обновляться. На рис 5 представлена блок-схема.

В наше время мало кого может заинтересовать не качественное и сухое приложение, а если пользователя не заинтересует интерфейс или если управление будет непонятным, что еще хуже, то пользователь откажется от использования данного приложения. Потому дизайн и простота использования приложения играет такую же важную роль, как и сама идея, реализуемая в приложении.

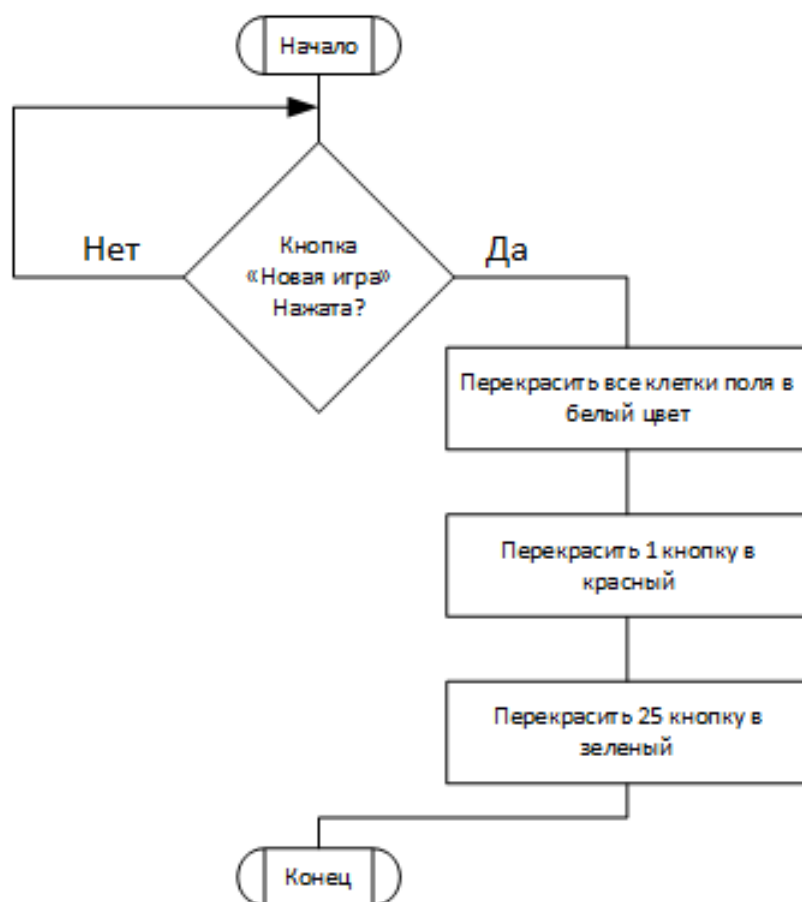


Рисунок 5 – блок-схема работы кнопки «Новая игра»

Список литературы

- Кабанова Т.А., Новиков В.А. Тестирование в современном образовании. Уч. Пособие. - М.: Высшая школа, 2010.
- Бондаренко М.Ф., Качко Е.Г. Операционные системы - Компания СМИТ, 2006.
- Окулов С. Основы программирования - Бином. Лаборатория знаний, 2002.
- Журавлева Т.Ю. Системное и прикладное программное обеспечение: Учебное пособие - Издательство Московского государственного открытого университета, 2010.
- Непейвода Н.Н., Скопин И.Н. Основания программирования-Институт компьютерных исследований, 2003.

*А.А. Лысенков, маг.; С.Н. Глинков, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ПЛИС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО UART

Аннотация. Рассмотрен принцип работы интерфейса передачи UART, разработан узел передачи данных, рассмотрен способ реализации данного узла на базе программируемой логической интегральной схемы.

Abstract. The principle of operation of the UART transmission interface is considered, a data transmission node is developed, a method for implementing this node based on a programmable logic integrated circuit is considered.

Ключевые слова: Модуль передачи данных, UART, САПР, ISE DESIBN Suite,

ПЛИС.

Keywords: *Data transfer module, UART, CAD, ISE DESIBN Suite, FPGA.*

Время не стоит на месте и уже сейчас, то что когда-то было чудом, является для нас абсолютно естественным и нормальным. Многие устройства практически полностью заменили труд человека, ну а где нельзя обойтись без вмешательства людей, технологии значительно облегчили задачи работников.

Сейчас, на производствах, разработчики стремятся сделать практически все устройства цифровыми, чтобы ими мог управлять микроконтроллер, процессор или другое программируемое устройство. Это значительно улучшает устройство не только технически, но и по масса-габаритным параметрам. Но перед каждым разработчиком возникает вопрос, а как же передать информацию, которую выдаёт его изобретение и на помощь ему приходят масса способов. Сейчас очень быстро развиваются различные интерфейсы передачи данных, но наиболее надежным и защищенным, а также, не менее распространенным является UART.

По UART можно передать данные практически на любой ПК необходимо лишь добавить в устройство конвертер UART to USB. В данной статье будет рассмотрен способ реализации простого 8-ми битного асинхронного приёмопередатчика с 1-м стартовым и 1-м стоповым битом. Прием и отправка данных были реализованы на сдвиговых регистрах. На входе Rx сделана мажоритарная схема, состоящая из трёх элементов. (рис. 1)

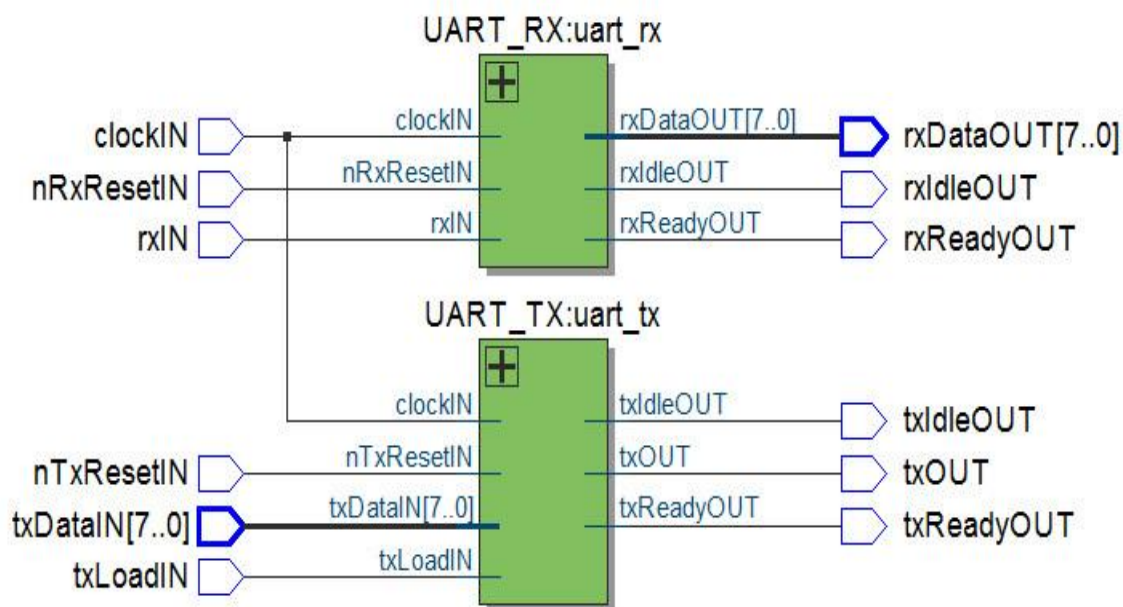


Рисунок 1 – Схема UART_Rx UART_Tx

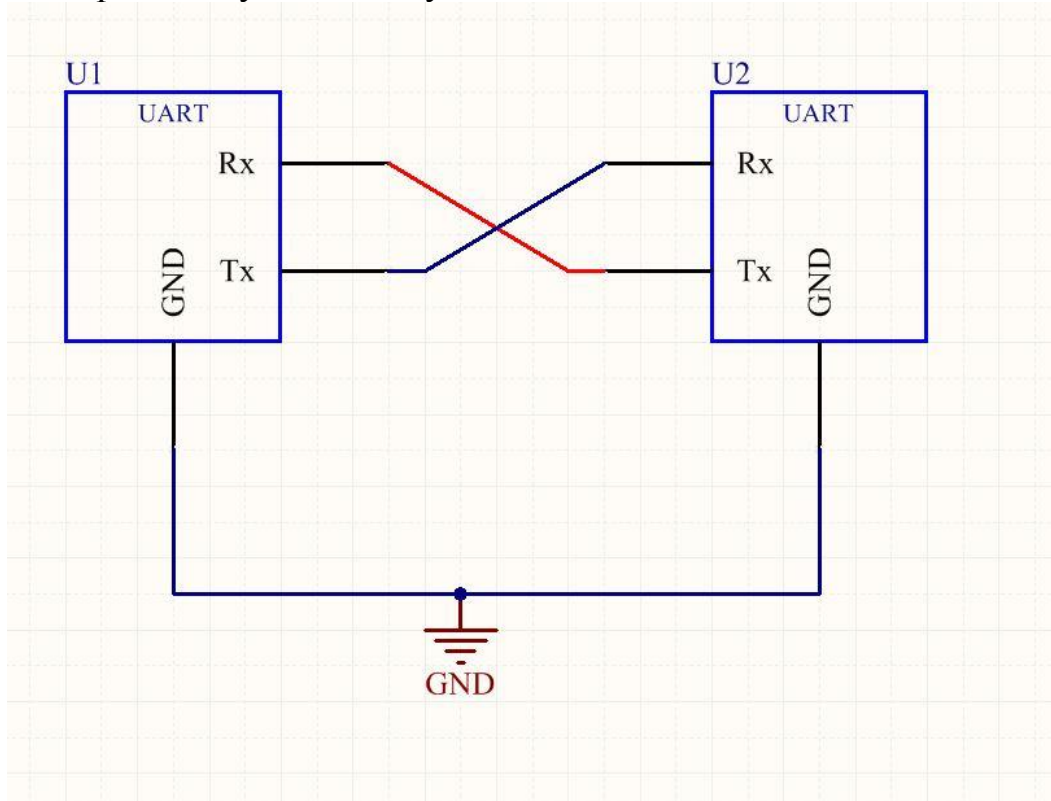
Проект был полностью собран и промоделирован в САПР ISE Design Suite. Состоит он из четырех модулей:

- Main;
- UART;
- UART_TX;
- UART_RX.

Первый модуль Main Является по сути простым «эхо» тестом. По положительному фронту на порту *rxReady* входящие данные будут записаны в регистр *txData*, который назначен на вход *txDataIN* передатчика, и регистр *txLoad*, который назначен на вход передатчика *txLoadIN* будет выставлен в лог. 1, для начала передачи. По отрицательному фронту на порту *txReady*, регистр *txLoad* примет значение лог. 0.

Модуль UART просто объединяет два модуля UART_RX и UART_TX в единое целое, пробрасывая входящие и исходящие сигналы, и значения параметров частоты кварцевого резонатора и частоты UART передатчика.

Рассмотрим следующий модуль UART_TX.



По отрицательному фронту на порту *nTxResetIN*, который проверяется в первом условии, на первом бите регистра *txReg* выставляется лог. 1, а регистр *txCounter* принимает значение 0, что дает на выходах *txIdleOUT* и *txReadyOUT* и *txOUT* лог. 1. В противном случае по положительному фронту на порту *txBaudClk* проверяется значение сигнала порта *txReadyOUT*, и, при лог. 0, содержимое регистра *txReg* сдвигается в сторону младших бит, а счетчик *txCounter* уменьшается на единицу, и при достижении значения 1 на выходе *txReadyOUT* будет установлена лог. 1. Иначе по положительному фронту на порту *txBaudClk* проверяется сигнал порта *txLoadIN*, и, при лог. 1, в регистр *txReg* попадают значение со входа *txDataIN* стартовый и стоповый бит, счетчик *txCounter* принимает значение 10 (4'hA), что даст отрицательный фронт на выходах *txIdleOUT* и *txReadyOUT* и *txOUT* — что будет сигнализировать начало передачи данных (стартовый бит). Иначе регистр *txCounter* принимает значение 0, и на выходе *txIdleOUT* появляется лог. 1. (рис.2)

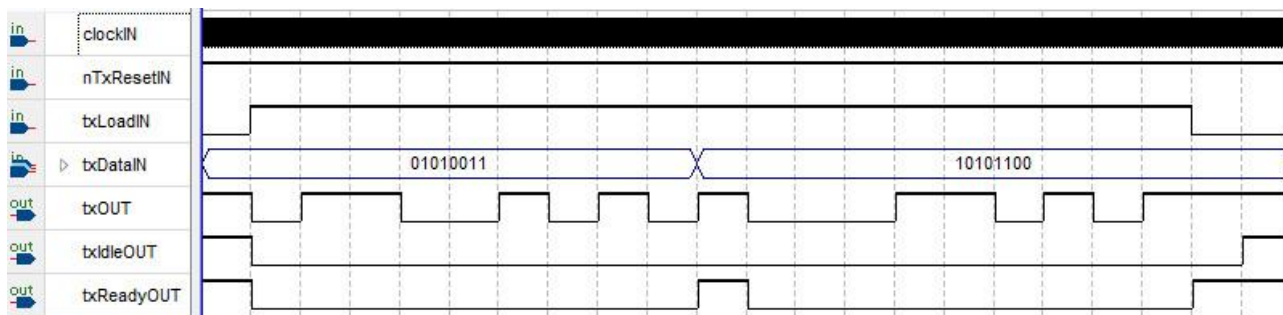


Рисунок 2 – Временная диаграмма сигналов модуля UART_TX

Модуль UART_RX во многом похож на предыдущий модуль. По отрицательному фронту на порту *nRxResetIN*, будет выполнено первое условие, и *rxReg* сбросится в 0, что установит лог. 0 на порту *rxReadyOUT* и лог. 1 на *rxIdleOUT*. В противном случае при лог. 0 на порту *rxIdleOUT* содержимое регистра *rxReg* сдвигается в сторону младших бит, а в старший бит будет записано текущее состояние сигнала *rx*. Иначе лог. 0 сигнала *rx* будет означать начало передачи данных (стартовый бит), и в регистр *rxReg* во все биты кроме старшего (стартовый бит) будут записаны единицы (10'h1FF). (рис. 3)

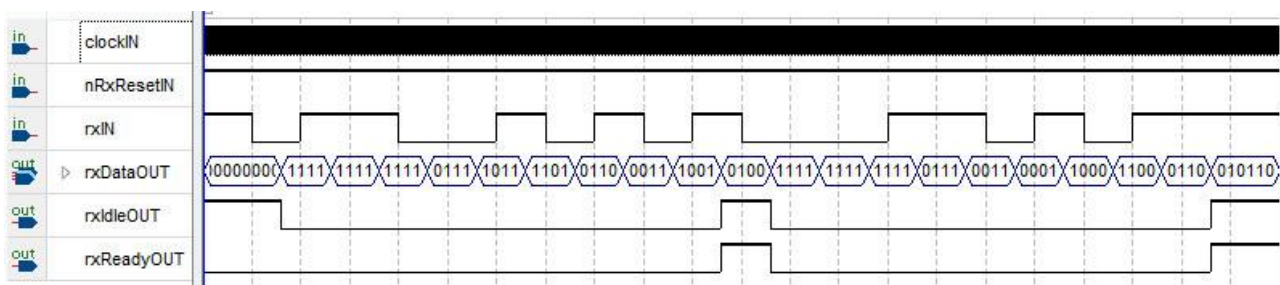


Рисунок 3 – Временная диаграмма сигналов модуля UART_RX

Подводя итог можно смело заявить, что разработка данного модуля является актуальной и востребованной задачей. В дальнейшем данный проект может быть дописан для любого другого процессора или для изменен для другой разрядности данных.

Список литературы

1. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А. Б. Сергиенко. 2-е изд. СПб.: Питер, 2016.
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Текст]: пер с англ. / А. Оппенгейм, Р. Шафер. М.: Техносфера, 2014.
3. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / В.И. Гадзиковский. Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. — 766 с. — 978-5-91359-117-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26929.html>.
4. Давыдов А.В. Цифровая обработка сигналов: Тематические лекции. — Екатеринбург: УГГУ, ИГиГ, ГИН, Фонд электронных документов, 2015.
5. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст]: учеб. пособие / И. С. Гоноровский, М. П. Демин. М.: Радио и связь, 1994.
6. Глинченко, А. С. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А. С. Глинченко. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2015.
7. Айфичер, Э. С. Цифровая обработка сигналов: практический подход [Текст]: пер. с англ. / Б. У. Джервис, Э. С. Айфичер. 2-е изд. М.: Издат. дом «Вильямс», 2004.

РАЗРАБОТКА УЗЛА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРВИЧНОЙ ЦОС НА БАЗЕ ПЛИС

Перед разработкой устройства цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС были рассмотрены уже существующие аналоги, а также разобраны их достоинства и недостатки. Одним из наиболее часто встречаемых недостатков является скорость обработки сигналов, что существенно влияет на условия применения устройств.

В разрабатываемом устройстве порядок цифровой обработки сигналов следующий: на вход аналого-цифрового преобразователя подаётся аналоговый сигнал, далее оцифрованный сигнал поступает на вход ПЛИС в виде параллельного кода. В программируемой логической интегральной схеме происходит сохранение кода в массив. После того, как был передан последний отсчет и сохранен в массив запускается алгоритм цифрового ФНЧ, реализация которого успешно выполнена на ПЛИС, после чего на модуль передачи данных подаётся отсчеты обработанных данных той же разрядности и происходит передача данных на внешнее устройство по интерфейсу *UART*.

Для обеспечения бесперебойной работы всего выше перечисленного, так как все действия должны происходить последовательно, необходима система управления, которая позволяет контролировать выполнение каждого процесса и по окончании запускать следующий.

Для передачи полученных данных на другие устройства, которые поддерживают передачу по интерфейсу *USB*, в разрабатываемом устройстве находится преобразователь интерфейса *UART* в интерфейс *USB*.

На основании всего изложенного выше была создана структурная схема устройства (рис. 1). На данном этапе для точного понимания всех функциональных связей между составными частями устройства, необходимо выбрать ПЛИС, которая будет удовлетворять всем требованиям для выполнения поставленной задачи. Проанализировав рынок, была подобрана ПЛИС производства фирмы *Xilinx*, данная фирма имеет в своём ассортименте множество серий микросхем различного назначения, а также удобную систему автоматизированного проектирования. Для разрабатываемого устройства была выбрана ПЛИС серии *Spartan-6*, которая предназначена для всестороннего использования. ПЛИС серии *Spartan-6* можно использовать для реализации контроллеров высокоскоростных интерфейсов, встраиваемых микропроцессорных систем, а также для высокопроизводительных устройств цифровой обработки сигналов. Из серии *Spartan-6* выберем относительно недорогую микросхему *XC6SLX9*, имеющую 9152 логические ячейки и максимальное число портов ввода-вывода, равное 200, что более чем достаточно для корректной работы разрабатываемого устройства.

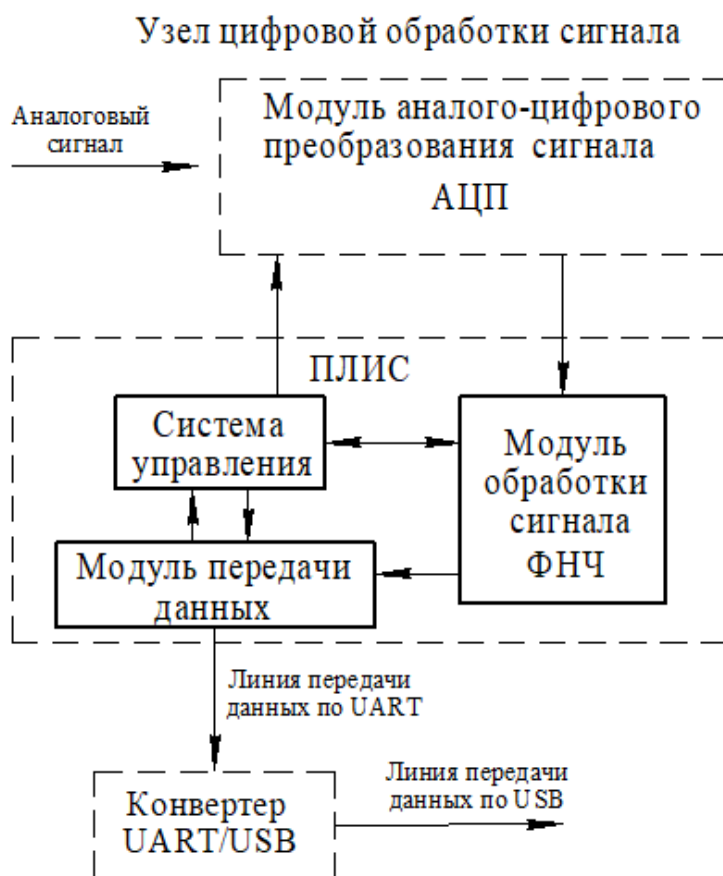


Рисунок 1 – Структурная схема разрабатываемого устройства

Тактирование ПЛИС осуществляется с помощью внешнего тактового генератора частотой 50 МГц . Для выполнения условий задания ВКР, разрядность выходных отсчетов должна быть не менее восьми бит. Основываясь на статье «МЕТОДИКА ВЫБОРА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ АЦП ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЦОС» [1], можно сделать вывод, что для реализации устройства наилучшим образом подойдет конвейерная АЦП, имеющая разрядность не менее восьми бит, структурная схема такого аналого-цифрового преобразователя представлена на рис. 2, а временные диаграммы работы на рис. 3.

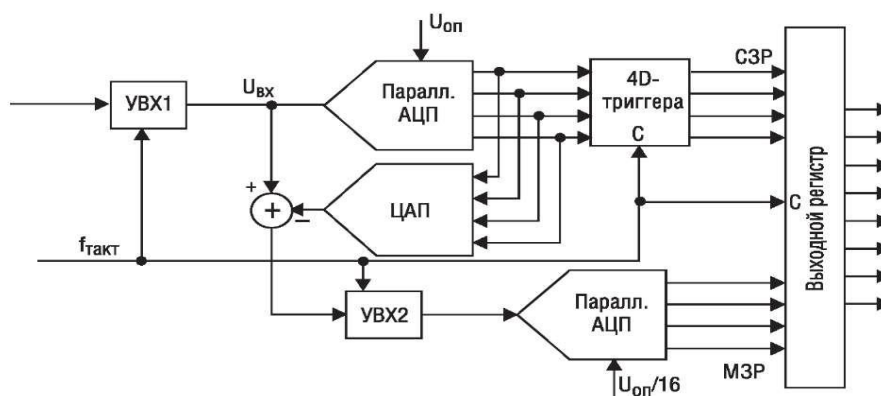


Рисунок 2 – Структурная схема конвейерного АЦП

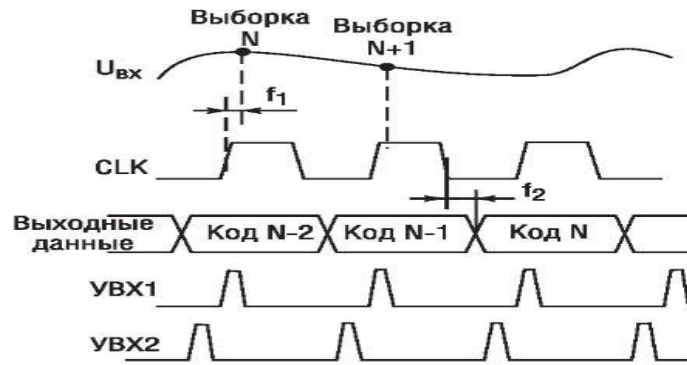


Рисунок 3 – Временные диаграммы работы конвейерного АЦП

Также необходимо выбрать частоту дискретизации сигнала, которая будет определяться промежутком времени, через который производятся выборки сигнала. Примем частоту дискретизации $fS=50 \text{ МГц}$. Выбранную частоту дискретизации могут обеспечить многие современные микросхемы АЦП. Сигнал с данной частотой будет подаваться со стороны ПЛИС и обеспечивать аналого-цифровое преобразование.

Также необходимо выбрать скорость, с которой данные будут передаваться по интерфейсу *UART*. Среди стандартных скоростей выберем одну из наибольших скоростей 921600 бод. Передатчик *UART* на такой скорости может быть реализован на выбранной ПЛИС.

Таким образом, учитывая функциональные связи между составными частями устройства. Создадим его функциональную схему (рис. 4).

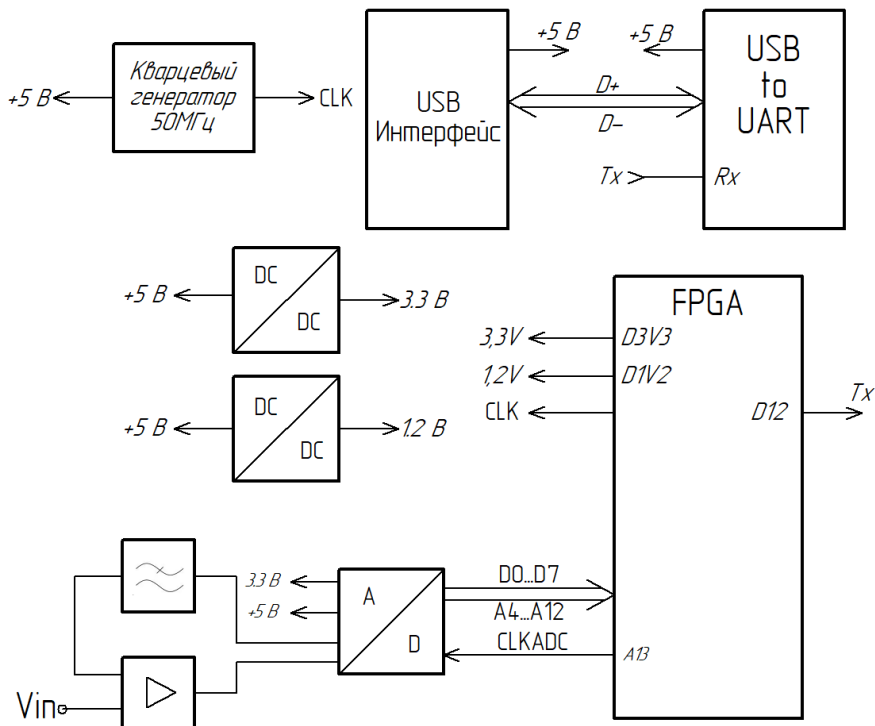


Рисунок 4 – Функциональная схема разрабатываемого устройства

Литература

1. Лысенков А.А. Методика выбора интегральных схем АЦП для решения задач ЦОС // филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске. – 2021. – с. 145-147.
2. ПЛИС (FPGA) и микроконтроллер. В чем разница? URL: <http://micro-proger.ru/2016/03/17/plis-fpga-i-mikrokontroller-v-chem-raznica/> (дата обращения 07.04.2021).
3. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы ALTERA: элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 576
4. Тарасов И.Е. Программируемые логические схемы и их применение в схемотехнических решениях : учебное пособие / И.Е. Тарасов, Е.Ф. Певцов. – М. : МГТУ МИРЭА, 2012. – 184 с.
5. Торгаев С.Н. Практическое руководство по программированию STM-микроконтроллеров : учебное пособие / С.Н. Торгаев, М.В. Тригуб, И.С. Мусоров, Д.С. Чертихина. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 111 с.
6. Шарп Д. Microsoft Visual C#. Подробное руководство. 8-е изд. — СПб. : Питер, 2017. — 848 с.
7. Якимов Е.В. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / Е.В. Якимов. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.

*А.А. Лысенков, маг.; С.Н. Глинков, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАССМОТРЕНИЕ СПОСОБА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ CUBE MX, KEIL И PROTEUS

***Аннотация.** В статье рассматривается способ взаимодействия необходимого программного обеспечения для проектирования, моделирования, программирования и симулирования устройства на базе микропроцессора stm32.*

***Abstract.** The article discusses the method of interaction of the necessary software for designing, modeling, programming and simulating a device based on the meringue of the stm32 microprocessor.*

***Ключевые слова:** Взаимодействие, stm32, Keil, Cube MX, Proteus, программное обеспечение, симуляция работы.*

***Keywords:** Interaction, stm32, Keil, Cube MX, Proteus, software, simulation of work.*

На текущий момент времени в мире существует не считанное множество САПР для различных микроконтроллеров, которые позволяют полностью разработать проект и отладить его, без наличия стенда. Однако, как и в любой сфере человеческой жизнедеятельности, среди САПР существует множество аналогов. И каждый разработчик выбирает для себя наиболее известную или понятную среду автоматизированного проектирования. Так, например, сама компания stm32 предлагает нам для программирования их микропроцессоров более десяти программ (рис. 1).

| Software Development Tools | | | | |
|--|--------|---|-------------------|---------------------------|
| Part number | Status | Description | Type | Supplier |
| ARM Lauterbach Front-End debugger | ACTIVE | TRACE32 can be used as debug front-end for various virtual targets, core simulators, target servers such as GDB. | STM32 IDEs | Lauterbach |
| ARM Lauterbach Instruction Set Simulator | ACTIVE | The TRACE32 Instruction Set Simulator is available for nearly all processor architectures supported by TRACE32. An intensive use of this tool requires a TRACE32 Simulator License. | STM32 IDEs | Lauterbach |
| ARM Lauterbach PowerView debugger | ACTIVE | PowerView provides an integrated debug environment and a universal interface for the entire tool family | STM32 IDEs | Lauterbach |
| Arm Keil MDK | ACTIVE | Complete software development solution for all STM32 devices. Includes C/C++ Compiler, IDE/Debugger, CMSIS, RTOS, middleware | STM32 IDEs | Arm Keil |
| Arm tool: ARM Development Studio | ACTIVE | Comprehensive embedded toolchain for any Arm-based device: Eclipse-based IDE/debugger, C/C++ Compiler, CMSIS, performance analyzer, graphics debugger. | STM32 IDEs | ARM Development Solutions |
| CXSTM32 | ACTIVE | STM32 Full Development Package (Compiler + Debugger) | STM32 IDEs | Cosmic Software |
| Compilers for ARM | ACTIVE | mikroC PRO for ARM, mikroBasic PRO for ARM and mikroPascal PRO for ARM are fully-featured compilers for ARM® Cortex®-M0, M0+, M3, M4, and M7 microcontrollers. | STM32 IDEs | MikroElektronika |
| CrossWorks | ACTIVE | Rowley Associates CrossWorks, integrated development environment with JTAG Flash download and debug | STM32 IDEs | Rowley |
| EMP-Thunder | NRND | Emprog ThunderBench, fully integrated and well-crafted development C/C++ tools for ARM Cortex | STM32 IDEs | Emprog |
| FLASHER-STM32 | NRND | STM32 Flash loader demonstrator (UM0462) (replaced by STM32CubeProgrammer) | STM32 Programmers | ST |

Рисунок 1 – Виды САПР, которые предлагает st.com

Из этого списка не опытному пользователю, фактически, невозможно выбрать, ту программу, которая будет удобна в использовании и понимании. Потому что каждая из этих САПР сильна в определенном направлении. В данной статье рассматривается пример наиболее рационального и удобного, а что самое главное, наиболее простого способа разработки, проектирования, отладки и симуляции разрабатываемого устройства.

Для настройки всей периферии устройства портов ввода, вывода информации, наиболее подходящим приложением будет Cube Mx, на рис. 2 представлена рабочая область данной программы.

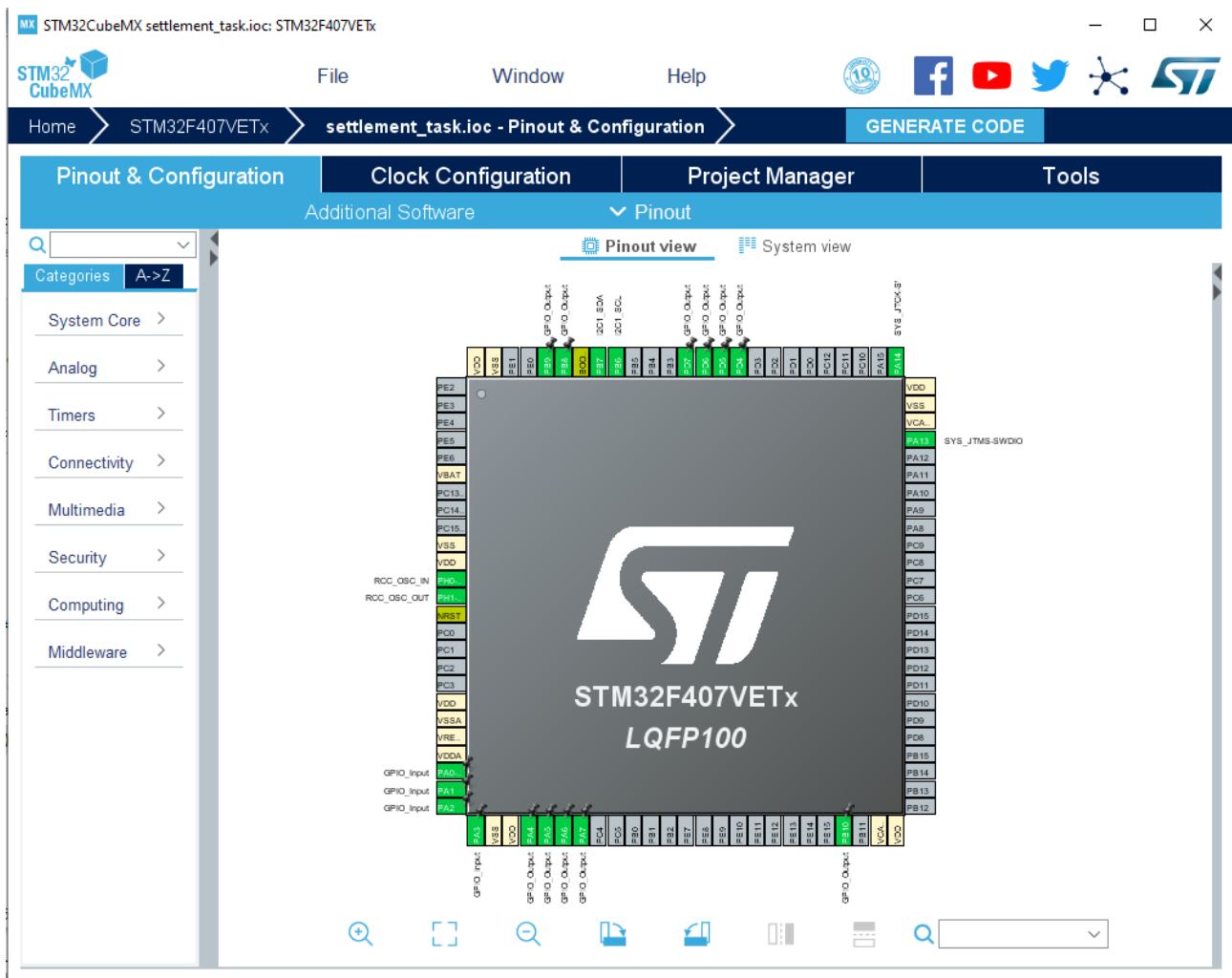


Рисунок 2 – Рабочее окно Cube MX

Для написания кода и его отладки наиболее простой в использовании является САПР Keil 5 uvision. После настройки всех выходов и периферии микроконтроллера в первой программе генерируется начальный код, который без каких-либо проблем подхватывается в Keil для дальнейшего программирования.

Рабочая область программы представлена на рис. 3.

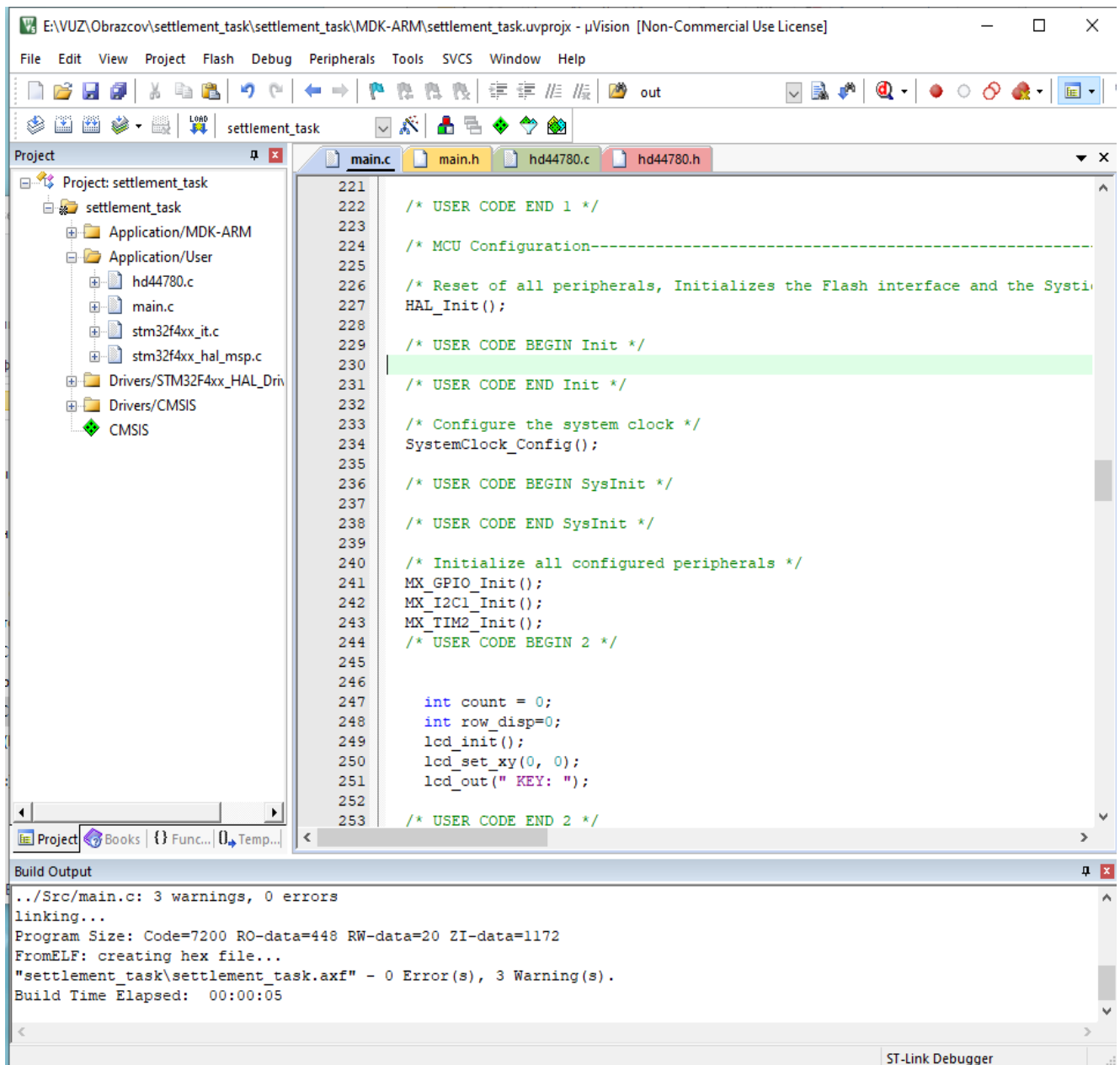


Рисунок 3 – Рабочее окно программы Keil 5 uvision

Чтобы проверить написанный код без стенда, можно воспользоваться САПР Proteus, в котором есть большинство микроконтроллеров и периферии, которая наиболее часто используется в проектах. Рабочая область программы представлена на рис 4.

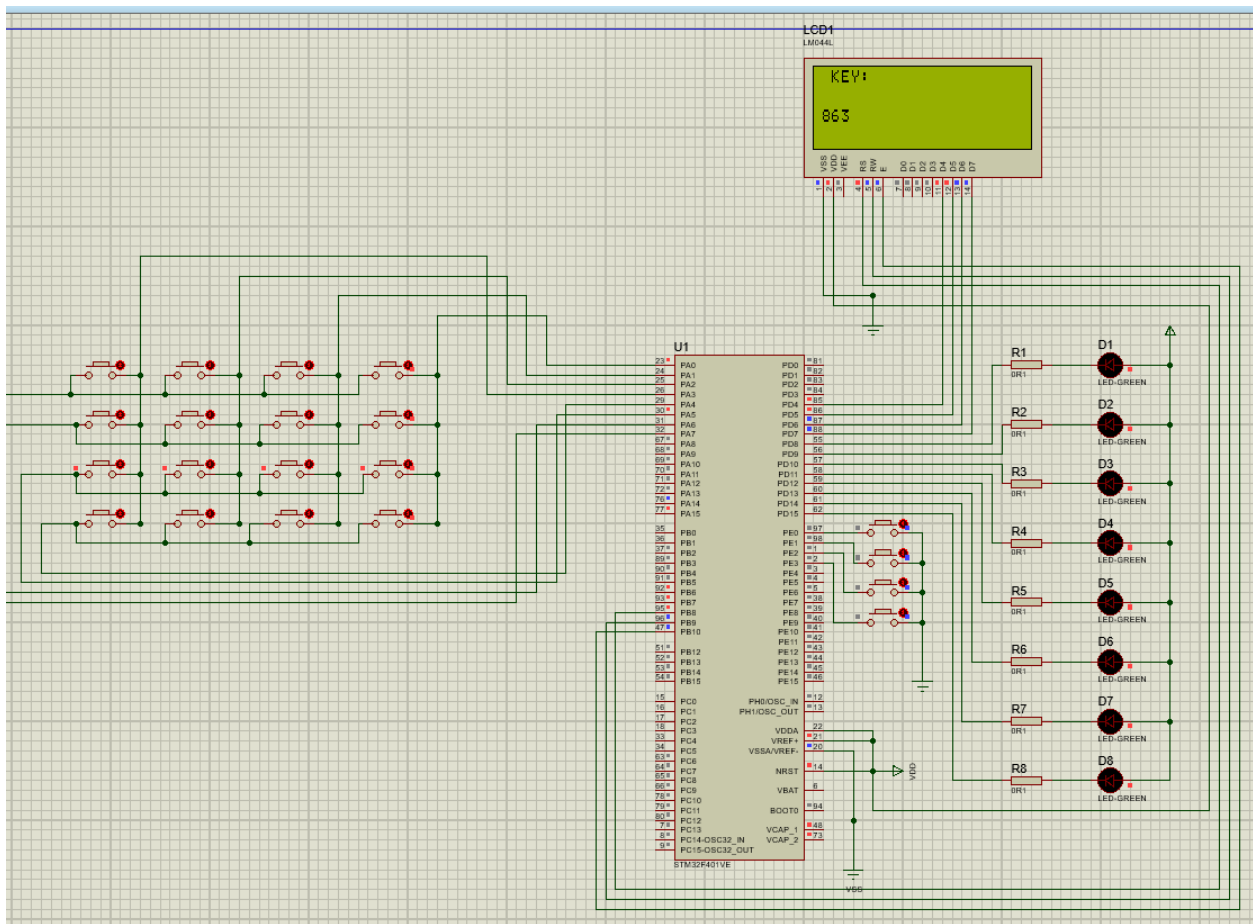


Рисунок 4 – Рабочее окно программы Proteus

В ходе симуляции можно пользоваться всей подключенной периферией и проверять большинство функций разрабатываемого устройства, пример симуляции программного обеспечения устройства в Proteus представлен на рис. 5.

Таким образом, с помощью представленных программ можно спроектировать, разработать и протестировать устройство.

Литература

1. Кабанова Т.А., Новиков В.А. Тестирование в современном образовании. Уч. Пособие. - М.: Высшая школа, 2010.
2. Бондаренко М.Ф., Качко Е.Г. Операционные системы - Компания СМИТ, 2006.
3. Окулов С. Основы программирования - Бином. Лаборатория знаний, 2002.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ПОМОЩЬ ВОДИТЕЛЮ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПРИ ПАРКОВКЕ

В современном мире большинство новых автомобилей оборудованы системой помощи парковки транспортного средства "парктрониками", однако в большинстве своём такие системы имеют лишь звуковое оповещение о приближении автомобиля к препятствию, но данного оповещения очень часто бывает недостаточно, так как оно срабатывает примерно за 70-100см от препятствия, и дальше уже приходится ориентироваться самому, многие компании предлагают решение этой проблемы путем добавления камеры заднего вида и вывода отображения на экран в автомобиле, но далеко не каждый автолюбитель может позволить себе такое решение, да и не во всех машинах есть возможность установки монитора.

Разрабатываемое устройство позволяет решить данную проблему путем передачи информации не только в виде звукового сигнала, но и на смартфон пользователя в специально разработанное приложение. При включении приложения, оно подключается к устройству и начинает передавать по Bluetooth данные со всех лазерных датчиков, которые установлены по периметру машины. Датчики ставятся не только сзади транспортного средства, но и по бокам, а также спереди. Таким образом пользователь может увидеть расстояние до препятствий со всех сторон своего автомобиля без каких-либо усилий, а точность этих датчиков и скорость передачи данных позволяет припарковать автомобиль вплоть до одного сантиметра от препятствия. Помимо этого, в приложении можно настроить оповещение на нужном нам расстоянии от препятствия или выбрать функцию, при котором оповещение будет включаться автоматически с шагом, который подходит для пользователя. Структурная схема устройства представлена на (рис. 1).

Рассмотрим принцип работы лазерного датчика и на основе этого определим необходимо число датчиков, которое нужно установить по периметру автомобиля для того, чтобы со всех сторон не было глухих зон. Принцип работы лазерного датчика аналогичен с ультразвуковым датчиком. Сначала излучатель выпускает световой сигнал, с заранее известной скоростью, далее сигнал отражается и приходит обратно на приёмник, где фиксируется время между отправкой и приёмом сигнала, полученный результат делится на два и получается точное время до препятствия, зная скорость и то, что она постоянная, рассчитывается расстояние до объекта.

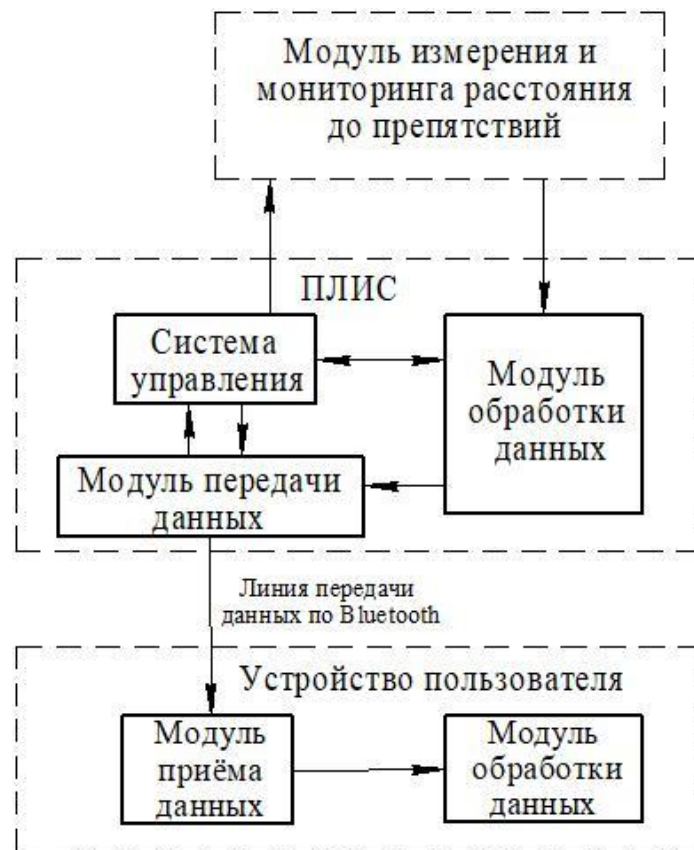


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

В среднем угол обзора лазерных датчиков составляет 20-30 градусов в обе стороны от датчика, что суммарно составляет 40-60 градусов. Следовательно, чтобы у устройства акустической парковочной системы транспортного средства не было слепых зон, для легкового автомобиля без прицепа необходимо расположить 8 датчиков по схеме, которая представлена на рисунке 2. По данному рисунку видно, что все области вокруг машины просматриваются и анализируются датчиками.

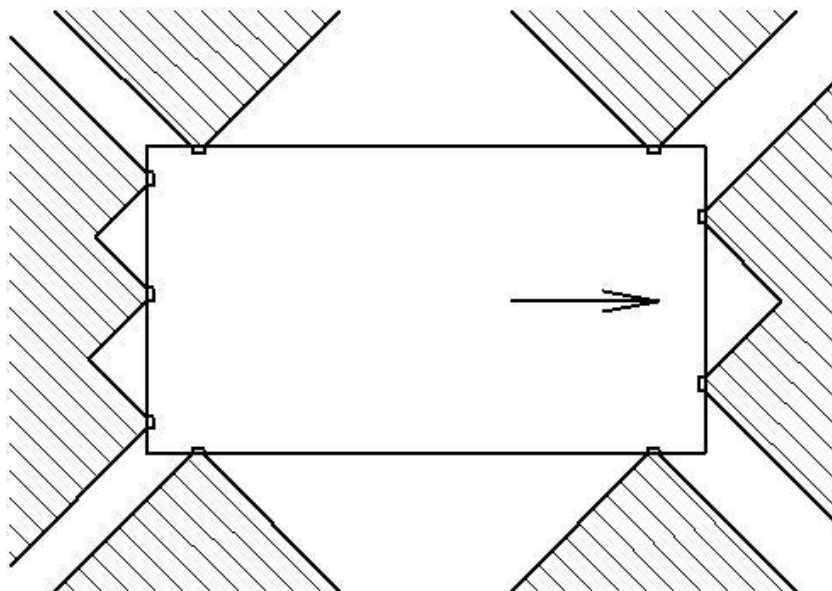


Рисунок 2 – Схема области видимости датчиков

В качестве основного мозга данной системы можно взять программируемую логическую интегральную схему так, как она обладает возможностью выполнять много параллельных процессов одновременно, что идеально подойдет для сбора большого количества информации с датчиков, её обработки и последующей передачи на устройство пользователя в реальном времени.

Рассмотрим алгоритм работы устройства, для наглядности на рисунке 3 представлена его блок-схема.

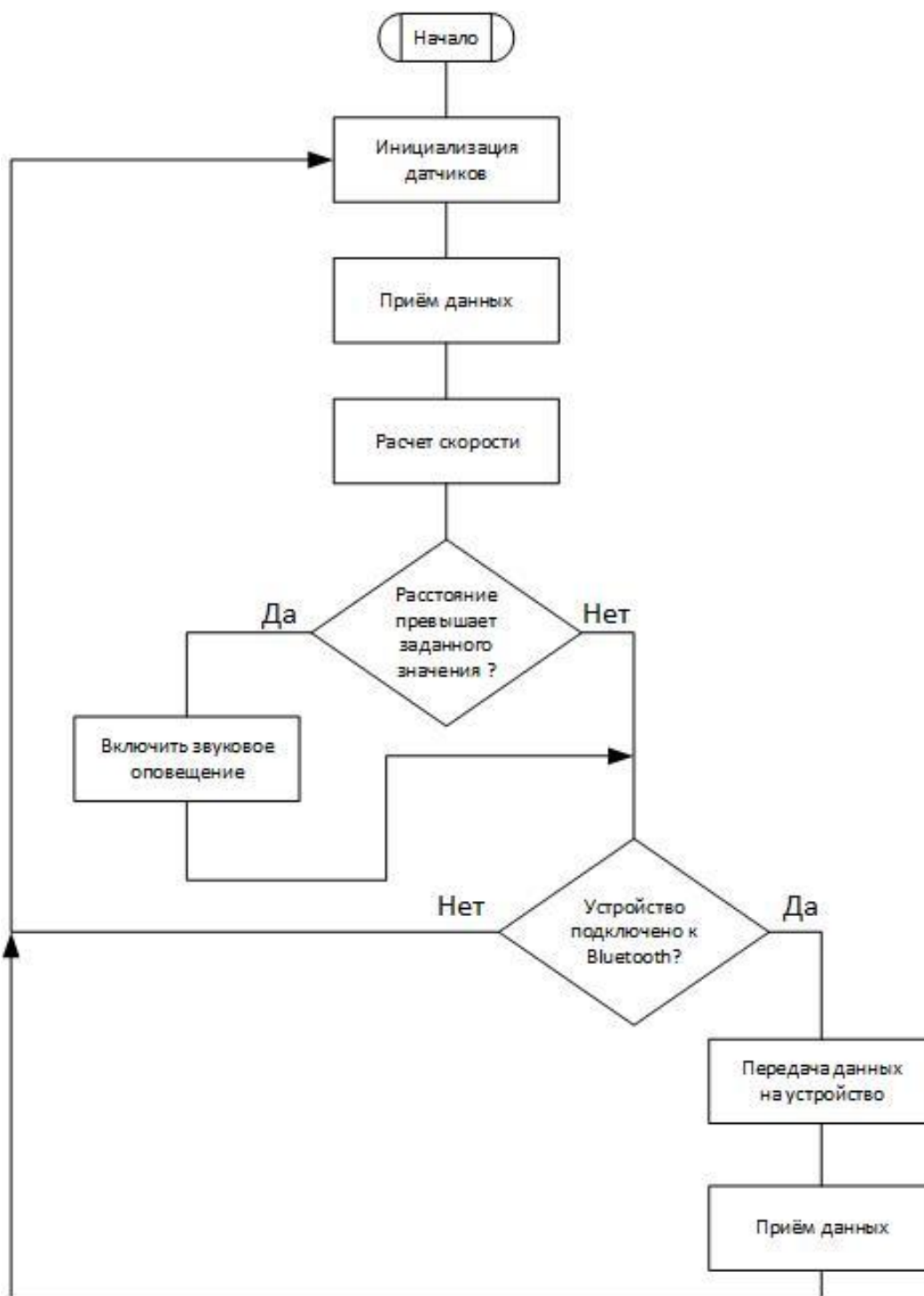


Рисунок 3 – Блок-схема устройства

При включении питания в автомобиле устройство включается и находится в ждущем режиме, как только пользователь входит в приложение, устройство переходит в рабочий режим и начинает считывать данные с датчиков обрабатывать их и отправлять на устройство пользователя. Так же если водитель включает заднюю передачу, устройство акустической парковочной системы включается автоматически и работает только звуковые оповещения. При обработки данных с датчиков они сравниваются с параметрами, который пользователь задал в приложении и, если расстояние до препятствия входит в заданный диапазон, включается звуковое оповещение с нарастающим, по мере сокращения расстояния, звуком.

В дальнейшем устройство может быть модернизировано, путем добавления камеры и выводом отображения с неё на мобильное устройство пользователя в отдельное окно.

Литература

1. Зотов В. Моделирование цифровых устройств, проектируемых на основе ПЛИС фирмы Xilinx, средствами ISIM в САПР ISE Design Suite. // КОМПОНЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИИ. – 2013. – №2. – с. 64-74.
2. Коберниченко В.Г. Основы цифровой обработки сигналов : учебное пособие / В.Г.Коберниченко. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018 – 156 с.
3. Лысенков А.А. Разработка модуля передачи данных по интерфейсу UART на базе программируемой логической интегральной схемы //ВА ВПВО ВС РФ имени маршала советского союза А.М.Василевского. – 2021. – с. 71-74
4. FPGA или микроконтроллер URL: https://fpga-systems.ru/publ/raznoe/poznavatelnoe/fpga_ili_mikrokontroller_chno_zhe_vybrat/16-1-0-119 (дата обращения 07.04.2021).
5. Steven W. Smith Digital Signal Processing : The Scientist and Engineer's Guide / Steven W. Smith. – California Technical Publishing, 1999. – 688 с.

*А.А. Лысенков, маг.; С.Н. Глинков, маг.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

РАССМОТРЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ И ПОДКЛЮЧЕНИЯ МАТРИЧНОЙ КЛАВИАТУРЫ 4X4 К МИКРОПРОЦЕССОРУ

***Аннотация.** Рассмотрен принцип работы матричной клавиатуры, принцип и схема подключения к устройству, продумана логика реализации взаимодействия с матричной клавиатурой.*

***Abstract.** The principle of operation of the matrix keyboard, the principle and scheme of connection to the device are considered, the logic of implementing interaction with the matrix keyboard is thought out.*

***Ключевые слова:** модуль матричной клавиатуры 4x4, принцип работы, коммутация, arduino.*

***Keywords:** 4x4 matrix keyboard module, operating principle, switching, arduino.*

Практически в любом устройстве необходимо взаимодействие с пользователем, каждый инженер-разработчик выбирает для своего устройства

наиболее оптимальное устройства, позволяющее взаимодействовать с пользователем.

Одним из таких устройств является матричная клавиатура, их существует множество видов, с разной компоновкой и содержанием кнопок. Однако, принцип работы остаётся неизменным. Помимо этого, матричную клавиатуру может себе позволить любой разработчик, так как её стоимость не большая. И она не требует больших умственных знаний для программирования (рис. 1).

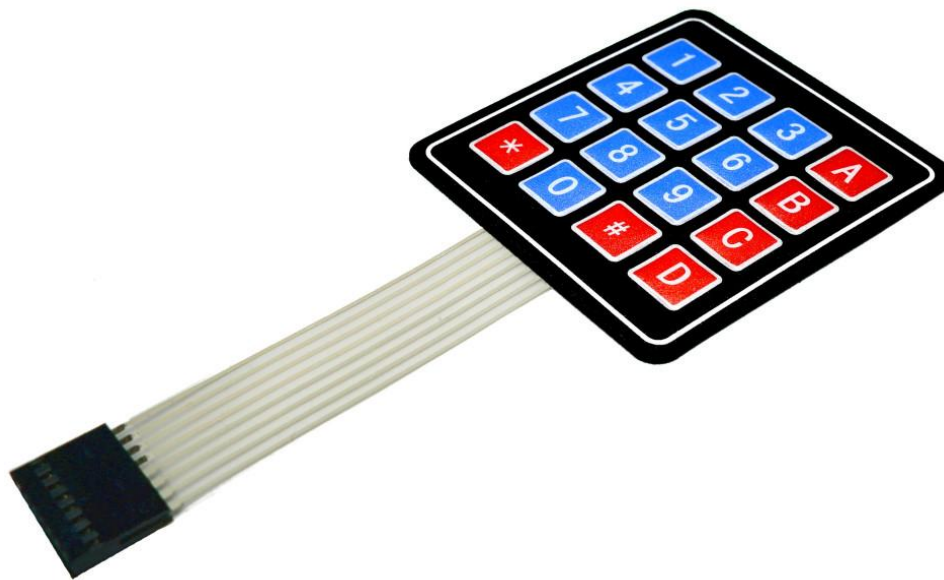


Рисунок 1 – матричная клавиатура 4x4

На клавиатуре есть 8 выводов, четыре из них отвечают за строку, а другие 4 за столбец (рис. 2).

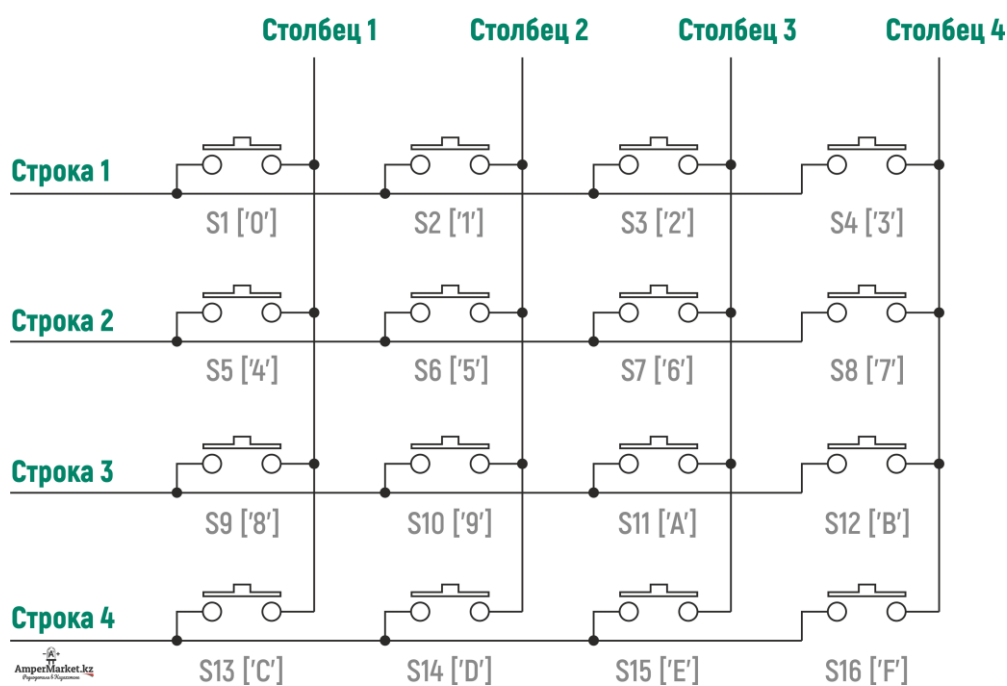


Рисунок 2 – Схема клавиатуры

Для того, чтобы определить какая кнопка нажимается пользователем необходимо реализовать динамическую проверку состояния 4 портов при фиксированном состоянии других 4 портов. Таким образом, 4 порта, которые отвечают за строки настраиваются в микроконтроллере на выход, а четыре порта, которые отвечают за столбцы настраиваются на вход. После чего на первый порт R₁ подаётся логический 0, а на второй R₂, третий R₃ и четвертый R₄ подаются логические единицы. После чего проверяются состояния портов, которые настроены на вход в микроконтроллер, если первый порт C₁ находится в состоянии логического 0, значит нажата кнопка в первой строке и 1 колонке. По аналогии проверяются другие порты C₂, C₃ и C₄. После проверки на порт R₁ ставится уровень логической единицы, а на порт R₂, уровень логического 0 и проведенные ранее действия с портами C₁, C₂, C₃ и C₄ повторяются.

Рассмотрим пример. В ходе динамической проверки был подан логический 0 на порт R₃ и пришел уровень логического нуля на порт C₂, тогда пользователь нажал на кнопку в третьем ряду и второй колонке (рис. 3).

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | A |
| 4 | 5 | 6 | B |
| 7 | 8 | 9 | C |
| * | 0 | # | D |

Рисунок 3 – Обработка нажатой кнопки

Далее в зависимости от раскладки клавиатуры программно задаётся обозначение данной кнопки, которое можно в последствии вывести на экран или использовать для дальнейшей обработки действий.

Для того, чтобы код написанный для нашей клавиатуры был кроссплатформенный лучше всего будет реализовать его в отдельном классе, который можно будет подключить к любому проекту, поменяв название пинов, к которым планируется подключать клавиатуру.

На рис. 4 представлен заголовочный файл класса для нашей клавиатуры, а на рис. 5 представлен главный файл класса.

```

#define R1_PORT GPIOA
#define R1_PIN GPIO_PIN_7

#define R2_PORT GPIOA
#define R2_PIN GPIO_PIN_6

#define R3_PORT GPIOA
#define R3_PIN GPIO_PIN_5

#define R4_PORT GPIOA
#define R4_PIN GPIO_PIN_4

#define C1_PORT GPIOA
#define C1_PIN GPIO_PIN_3

#define C2_PORT GPIOA
#define C2_PIN GPIO_PIN_2

#define C3_PORT GPIOA
#define C3_PIN GPIO_PIN_1

#define C4_PORT GPIOA
#define C4_PIN GPIO_PIN_0

```

Рисунок 4 – Заголовочный файл

```

char read_keypad(void)
{
    HAL_GPIO_WritePin(R1_PORT, R1_PIN, GPIO_PIN_RESET); //PULL THE R1 LOW
    HAL_GPIO_WritePin(R2_PORT, R2_PIN, GPIO_PIN_SET); //PULL THE R1 HIGH
    HAL_GPIO_WritePin(R3_PORT, R3_PIN, GPIO_PIN_SET); //PULL THE R1 HIGH
    HAL_GPIO_WritePin(R4_PORT, R4_PIN, GPIO_PIN_SET); //PULL THE R1 HIGH

    if (!(HAL_GPIO_ReadPin (C1_PORT,C1_PIN)))
    {
        while(!(HAL_GPIO_ReadPin (C1_PORT, C1_PIN)));
        return '1';
    }

    if (!(HAL_GPIO_ReadPin (C2_PORT,C2_PIN)))
    {
        while(!(HAL_GPIO_ReadPin (C2_PORT, C2_PIN)));
        return '2';
    }

    if (!(HAL_GPIO_ReadPin (C3_PORT,C3_PIN)))
    {
        while(!(HAL_GPIO_ReadPin (C3_PORT, C3_PIN)));
        return '3';
    }

    if (!(HAL_GPIO_ReadPin (C4_PORT,C4_PIN)))
    {
        while(!(HAL_GPIO_ReadPin (C4_PORT, C4_PIN)));
        return 'A';
    }
}

```

Рисунок 5 – Фрагмент главного файла

Для первоначальной проверки написанного кода можно использовать Proteus. В котором уже есть практически все наиболее популярные микроконтроллеры, а также большинство необходимой нам периферии. Самым быстрым способом будет подключить светодиоды и если кнопка нажата пользователем зажигать их. Так же можно подключить дисплей и вывести данные на нём (рис. 6)

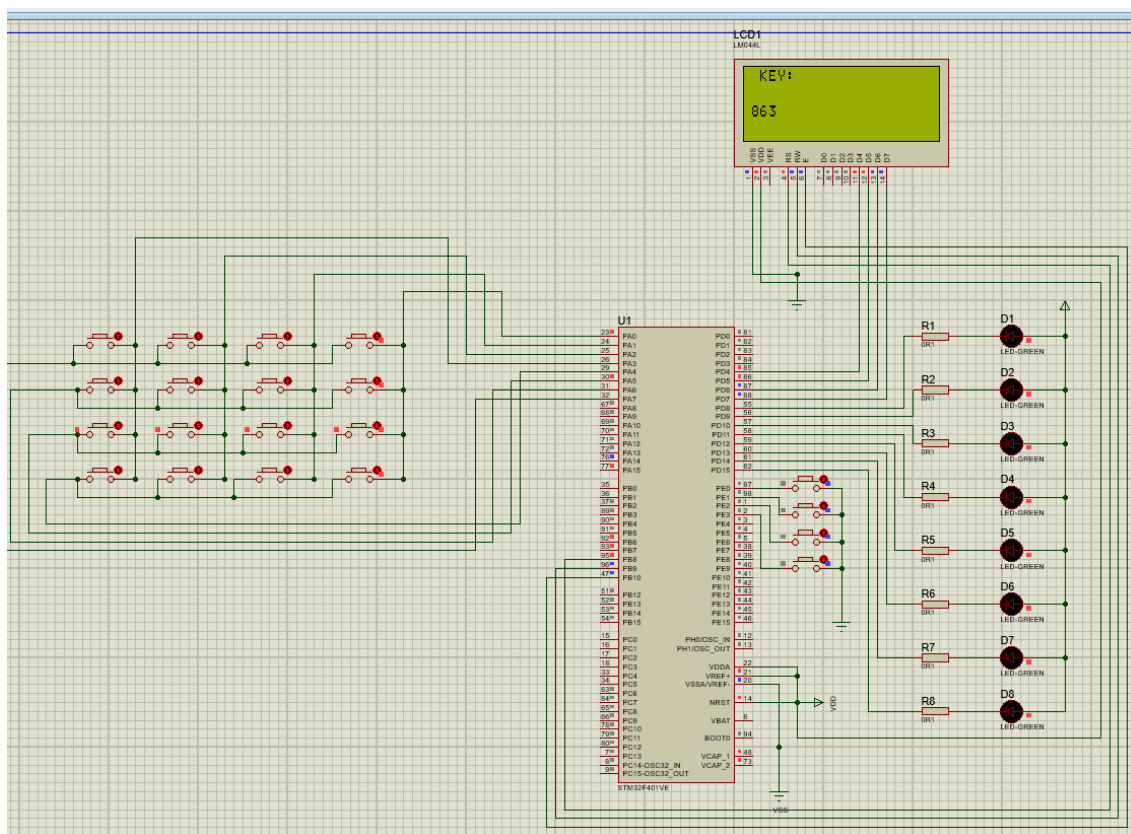


Рисунок 6 – Пример работы программы

Литература

1. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие /А. Б. Сергиенко. 2-е изд. СПб.: Питер, 2016.
2. Оппенгейм, А. Цифровая обработка сигналов [Текст]: пер с англ. / А. Оппенгейм, Р. Шафер. М.: Техносфера, 2014.
3. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов [Электронный ресурс] / В.И. Гадзиковский. Электрон. текстовые данные. — М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. — 766 с. — 978-5-91359-117-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26929.html>.

*Е.Л. Царегородцев, к.т.н., доцент; В.А. Бахман, студ.; А.Н. Королева, студ.
(Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске)*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ И МАТЕРИАЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Оборудование в нефтегазоперерабатывающей отрасли работает при самых различных условиях, эти условия определяются температурой, давлением и агрессивностью среды. Именно поэтому, во время изготовления аппаратуры, материалы должны обладать определенными свойствами, которые помогали бы выдерживать действие факторов. Преимущественно применяют конструкционные материалы, такие как: углеродистые и легированные стали, чугуны (серые, модифицированные и легированные), цветные металлы, сплавы и другие. Известно, что прочностные свойства металлов и сплавов при низких температурах – повышаются, а при высоких – снижаются [1].

Тепловые процессы, протекающие на установках нефтеперерабатывающих заводов, предоставляют возможность управления скоростью химических реакций, позволяют более интенсивно протекать процессам разделения гомогенных смесей – перегонка, ректификация и т.д. Для данных процессов присущ широкий диапазон температур и количеств передаваемого тепла. Выбор конкретного теплоносителя зависит от температуры нагрева и охлаждения, а также интенсивности самого процесса теплообмена. Лучше всего, если теплоноситель будет негорюч, термически стоек, и сможет обеспечить удобство при регулировании температуры. Помимо этого, нужно, чтобы теплоноситель был стоек к коррозии.

Для оснащения нефтегазопереработки существуют такие проблемы, как:

- неравномерность распределения тепловой энергии;
- преждевременный выход аппаратуры из строя, из-за сильного термического воздействия и выбора оптимального охлаждения.

Актуальность данного исследования заключается в анализе методов комплексной технической диагностики оборудования нефтегазопереработки, с целью повышения их функциональной надежности.

ELCUT – это современная программа, использующая метод конечных элементов при инженерном моделировании, для решения тепловых, электромагнитных и механических задач.

Данный метод позволяет практически снять ограничения на сложность расчетной области, свойства материалов и прочее. В составе пакета ELCUT располагается эффективный геометрический редактор, с его помощью можно нарисовать геометрию расчетной области за короткий промежуток времени. В редакторе находится генератор сетки конечных элементов, он может работать как в абсолютно автоматическом режиме, так и учитывать пожелания о густоте сетки в определенных местах модели, которые задает пользователь.

Главной характеристикой эффективности программы является процедура решения результирующей системы линейных алгебраических уравнений. Пакет ELCUT приводит в действие личную систему алгоритмов и схемы хранения, такую систему принято называть «методом геометрической декомпозиции». Это один из возможных вариантов метода сопряженных градиентов, с эвристическим блочно-диагональным предобуславливателем, который учитывает физическую природу поставленной задачи. Метод показывает высокую скорость решения, она растет при увеличении количества степеней свободы, практически линейно.

Анализ температурной картины играет важную роль при проектировании многих систем. При использовании модуля нестационарной теплопередачи, есть возможность расчета теплового переходного процесса с постоянными во времени граничными условиями. Программа может проводить линейный и нелинейный стационарный температурный анализ в различной постановке (плоской и осесимметричной). Чтобы сформулировать задачу, необходимо основываться на стационарном уравнении теплопроводности с граничными условиями конвективного и радиационного теплообмена [2].

Несмотря на подвижки в использовании современных материалов в оборудовании нефтегазопереработки, большая часть оборудования морально и физически устарела, поэтому требует замены на более современное, которое будет функциональным, энергоэффективным, отвечать температурным требованиям, при этом в конструкции будут использованы технически более выгодные материалы.

Температурный фактор на предприятиях добычи нефти и газа встречается почти во всех процессах переработки нефти, а также при эксплуатации тех или иных объектов. Влияние температуры не всегда учитывается, что может приводить к снижению эффективности добычи, переработки, иногда и к созданию аварийных ситуаций. В процессах с изменением температуры нужно учитывать следующие факторы:

- при повышении температуры органические хлориды, которые используются в качестве реагента, разлагаются с выделением соляной кислоты, что приводит к коррозии оборудования НПЗ;

- с изменением температуры, некоторые продукты, содержащиеся в нефти, могут оседать на стенках, что приводит к уменьшению полезной мощности резервуаров.

Во всех вторичных процессах переработки нефти процессы идут в высоких температурных диапазонах, соответственно, здесь более остро будет стоять вопрос о снижении температуры на оборудовании.

Так, например, повысить уровень охлаждения можно с помощью изменения конструкции, что обеспечит принудительное снижение температуры.

В нефтегазопереработке чаще всего применяются теплообменники различных конструкций. Выбор материалов зависит от коррозионной стойкости, теплопроводности, также конструкция аппарата зависит от свойств материала. Одним из таких оборудований являются аппараты воздушного охлаждения (АВО). При охлаждении воздухом отсутствуют проблемы с коррозией, загрязнением, поскольку для охлаждения не требуется вода. Также отпадает проблема смешения воды с охлаждаемой технологической жидкостью.

Их применяют для охлаждения газов, жидкостей и конденсирования пара-жидкостных сред в процессах нефтеперерабатывающей промышленности. Благодаря тому, что аппарат имеет различные виды конструкции, нет необходимости сложной сборки, его можно размещать на оборудовании так, как это будет структурно выгоднее.

Дана пластина с отверстием. Верхняя половина выполнена из стали: $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $C = 468 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $\rho = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Нижняя часть выполнена из меди: $\lambda = 400 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, $C = 385 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $\rho = 8960 \text{ кг}/\text{м}^3$.

На левой границе действует тепловой поток $q = 100000 \text{ Вт}/\text{м}^2$, на правой границе действует конвективный теплообмен с окружающей средой $T_0 = 20^\circ\text{C}$, $\alpha = 5000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Остальные грани теплоизолированы.

Найти распределение температуры $T(x,t)$

Решаем задачу методом конечных элементов.

Строим с помощью сетки объект задачи, в физических свойствах создаем две метки блоков, первая (верхняя часть пластины) – медь, вторая (нижняя часть) – сталь - рис. 1. Указываем в свойствах блоков все необходимые параметры (λ, C, ρ). После этого, создаем метки ребер, первая (левая стенка пластины) – нагрев, вторая (правая стенка) – охлаждение. Указываем в свойствах ребер все необходимые параметры (q, T_0, α). Указываем для объекта шаг сетки – 10 мм.

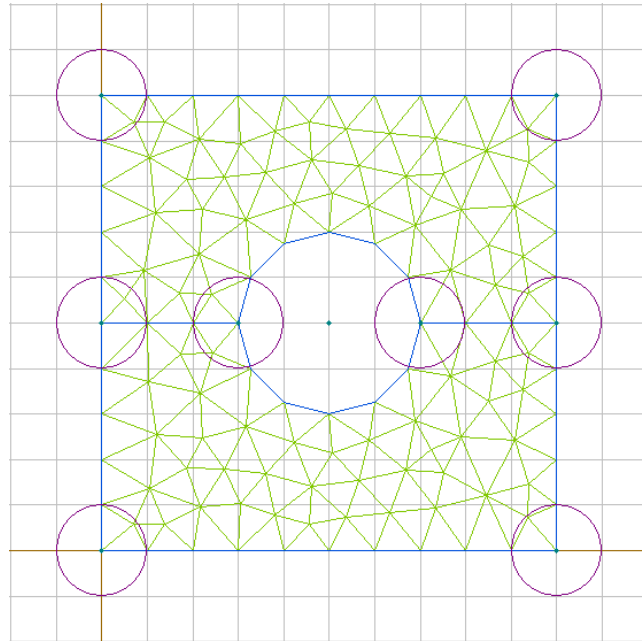


Рис 1. Объект задачи

Затем нажимаем на кнопку «решить» и получаем результат в виде распределения тепловой энергии по поверхности объекта – рис. 2.

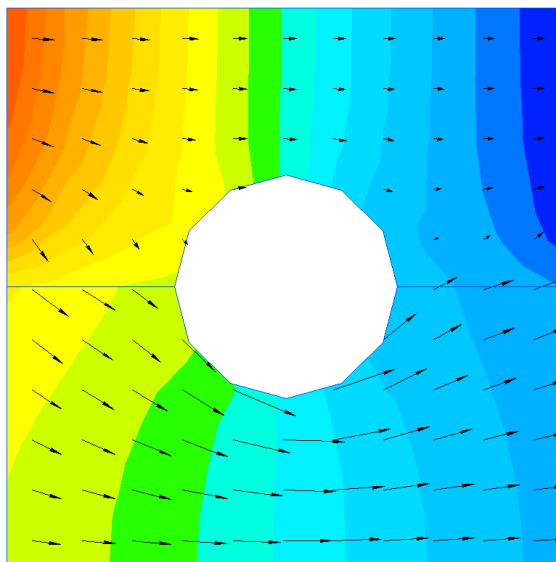


Рис 2. Распределение тепловой энергии

Картина поля показывает то, что медь лучше проводит тепло, по сравнению со сталью.

Таким образом, можно решать подобные задачи по теплопроводности, чтобы подобрать оптимальный материал для оборудования и способ охлаждения. Это можно сделать следующим образом; необходимо выявить критические точки нагрева, затем путем подстановки оборудования для охлаждения проанализировать наиболее выгодное место установки и направление потока охлаждения.

Список литературы

1. Ф.М. Черномуров Ф.М. Энерго- и ресурсосбережение в нефтегазохимическом комплексе: учеб. эл. текст. изд. / Ф.М. Черномуров, В.П. Ануфриев, Л.М. Теслюк. – Екатеринбург: Уральский фед. ун-т, 2014. – 253 с.
2. Макаричев Ю.А. Численное моделирование в электротехнике с использованием программной среды ELCUT: учеб. пособие / Ю.А. Макаричев, Ю.Н. Иванников. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. – 92 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

1. Булыгина О.В., Яшин Е.С. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЕКТАМИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ 3
2. Пономарев И.Г., Юрков А.В. ИДЕЯ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ 6
3. Прокимнов Н.Н., ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ 8
4. Халин В.Г., Чернова Г.В. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕФОРМИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ: ЭТАПЫ И КЛЮЧЕВЫЕ СОБЫТИЯ 12
5. Шориков А.Ф, МИНИМАКСНОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ВЫПУКЛОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ 23
6. Шутова Д.Ю., Филипенкова Э.В. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ 28

2. СТУДЕНЧЕСКИЙ ФОРУМ

1. Дроздецкий С.В., Полищук Н.А., Юрченков А.Д. ПОСТРОЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ОДНОТАКТНОГО ПРЯМОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ 32
2. Дроздецкий С.В., Юрченков А.Д., Полищук Н.А. ПОСТРОЕНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ОБРАТНОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ 37
3. Дроздецкий С.В., Юрченков А.Д., Полищук Н.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ СИНТЕЗА ЗВЕНЬЕВ КОРРЕКЦИИ 40
4. Лысенков А.А., Глинков С.Н. РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЯ НЕБОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ 44
5. Лысенков А.А., Глинков С.Н. ОБЗОР ВОЗМОЖНОГО ФУНКЦИОНАЛА И ВОЗМОЖНОСТЕЙ САПР VISUAL STUDIO ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ ИГРЫ 47
6. Лысенков А.А., Глинков С.Н. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ПЛИС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО UART 51
7. Лысенков А.А., Глинков С.Н. РАЗРАБОТКА УЗЛА УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРВИЧНОЙ ЦОС НА БАЗЕ ПЛИС 55

8. *Лысенков А.А., Глинков С.Н. РАССМОТРЕНИЕ СПОСОБА
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ CUBE MX, KEIL И PROTEUS* 58
9. *Лысенков А.А., Глинков С.Н. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО ПОМОЩЬ ВОДИТЕЛЮ ТРАНСПОРТНОГО
СРЕДСТВА ПРИ ПАРКОВКЕ* 63
10. *Лысенков А.А., Глинков С.Н. РАССМОТРЕНИЕ ПРИНЦИПА
РАБОТЫ И ПОДКЛЮЧЕНИЯ МАТРИЧНОЙ КЛАВИАТУРЫ 4X4 К
МИКРОПРОЦЕССОРУ* 66
11. *Царегородцев Е.Л., Бахман В.А., Королева А.Н. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ
ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ И МАТЕРИАЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ПО ПОВЕРХНОСТИ
ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ* 70

Научное издание

ЕМЕЛЬЯНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ.
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В УПРАВЛЕНИИ – 2021

Сб. трудов научного семинара

Подписано в печать 01.02.2022 г.
Формат 60x84¹/₁₆. Тираж 100 экз. Печ. л. 5,0 Усл. печ. л. 4,65.

Издательство «Универсум»
Отпечатано в издательском секторе филиала МЭИ в г. Смоленске
214013 г. Смоленск, Энергетический проезд, 1

ISBN 978-5-91412-483-7

