

Министерство образования Республики Беларусь  
Белорусский национальный технический университет

Факультет информационных технологий и робототехники



**Материалы**  
**76–й студенческой научно – технической**  
**конференции**

*Электронный учебный материал*

**Минск 2020**

Издание включает материалы 76-й студенческой научно-технической конференции по следующим направлениям: автоматизация процессов и систем, автоматизированный электропривод, программное обеспечение информационных систем и технологий, автоматизированное проектирование, естественные науки.

Составители: Мартинович В.А., доцент кафедры «Техническая физика»  
Жиров Г.И., ст. преподаватель кафедры «Техническая физика»

Белорусский национальный технический университет.  
Факультет информационных технологий и робототехники.  
Ул. Б.Хмельницкого, 9, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: (017) 292-71-53  
E-mail: [fitr@bntu.by](mailto:fitr@bntu.by)  
<http://www.bntu.by/fitr.html>  
Регистрационный № БНТУ/ФИТР47-99.2020

# СОДЕРЖАНИЕ

[Секция 1 «Автоматизированный электропривод»](#)

[Секция 2 «Робототехнические системы»](#)

[Секция 3 «Программное обеспечение информационных систем и технологий»](#)

[Секция 4 «Физика»](#)

[Секция 5 «Математика»](#)

## СЕКЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

### ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

#### СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ, ИСПЫТАНИЯ И НАЛАДКИ КОМПЛЕКТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Линцевич К.Ф.

Научный руководитель – Опейко О. Ф. к.т.н., доцент

#### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ

Виноградова И.В.

Научный руководитель – Опейко О. Ф. к.т.н., доцент

#### ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТОЛА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО СТАНКА

Мельниченко А.А.

Научный руководитель – Александровский С.В., старший преподаватель

## **СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ, ИСПЫТАНИЯ И НАЛАДКИ КОМПЛЕКТНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ВЕНТИЛЯТОРОВ**

Линцевич К.Ф.

Научный руководитель – Опейко О. Ф. к.т.н., доцент

Процесс разработки комплектных электроприводов промышленных установок сопровождается имитационным компьютерным моделированием динамических режимов с учетом особенностей динамики рабочего органа, а также исследованием на лабораторном макете. На этапе имитационного моделирования проверяется работоспособность системы электропривода и оцениваются динамические свойства системы при различных алгоритмах управления. Таким образом, процесс моделирования позволяет выявить общесистемные свойства комплектного электропривода. Однако имитационная модель неизбежно имеет отличия от изучаемого на ней объекта моделирования. Поэтому в процессе разработки комплектных электроприводов обязательным этапом является исследование системы электропривода на лабораторном макете. На этом этапе возможно более детальное изучение функционирования системы в целом и ее отдельных частей, их работоспособности и надежности. В связи с этим разработка испытательных стендов для проектирования и изучения комплектных электроприводов является актуальной задачей.

Целью данной работы является разработка стенда для изучения, испытания и наладки комплектных электроприводов вентиляторов.

Испытательный стенд предназначен главным образом для изучения системы частотный преобразователь электрической энергии – асинхронный электродвигатель вентилятора в условиях регулирования напора при различных значениях расхода [1,2].

Нагрузочный агрегат должен полностью имитировать нагрузку реального вентиляционной установки, что в свою очередь означает, что его выбор нужно осуществлять по моменту, превышающему максимальный момент, создаваемый имитируемым вентилятором, следовательно, мощность нагрузочной машины должна быть не ниже, чем у испытуемого двигателя.

Диапазон регулирования скорости должен быть таким, чтобы обеспечивать выполнение заданного давления во всем диапазоне его изменения при различных значениях расхода. Испытуемый двигатель не реверсивный, но

нагрузочная машина должна быть реверсивной, так как возможны изменения направления электромагнитного момента.

В качестве нагрузочной машины целесообразно использовать бесколлекторную машину постоянного тока (БМПТ), что позволяет уменьшить массу и габариты стенда по сравнению с вариантом использования асинхронной машины в качестве нагрузочной.

Преобразователь, через который происходит питание БМПТ и управление им, должен питаться постоянным током. Следовательно, для его питания целесообразно применить импульсный блок питания (БП), который преобразует однофазное переменное напряжение в постоянное. Еще один импульсный БП необходим для питания контроллера и панели оператора, которые так же работают на постоянном токе. Асинхронный электродвигатель должен получать электроэнергию от испытуемого частотного преобразователя, который может быть запитан как однофазным переменным, так и трехфазным переменным напряжением в зависимости от типа преобразователя. Исходя из этого, получается функциональная схема, представленная на рисунке 1. Здесь нагрузочная машина, а именно БМПТ, обозначена М1. Асинхронный электродвигатель М2 получает электроэнергию от преобразователя частоты испытуемого привода вентилятора. Преобразователь частоты питается от 3-хфазной сети переменного тока.

Преобразователь управляющий БМПТ (М1) питается через блок питания (БП). Через другой блок питания запитаны ПЛК (программируемый логический контроллер) и панель оператора. Валы двигателя М2 и нагрузочной машины М1 соединены через муфту.

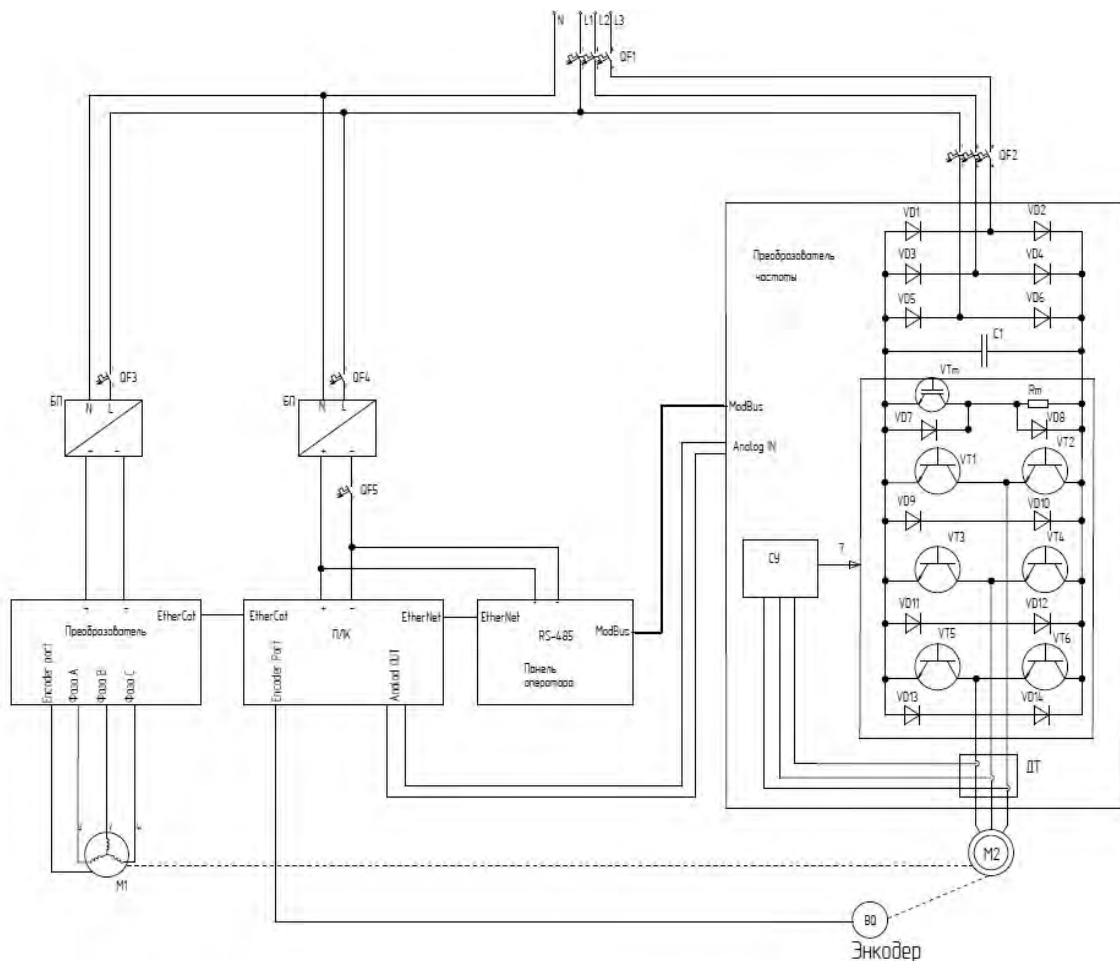


Рисунок 1 - Функциональная схема испытательного стенда.

Принцип действия системы заключается в следующем. К валу асинхронного двигателя M2 присоединен энкодер BQ для получения величины скорости в программируемом логическом контроллере ПЛК. По сигналу скорости по специально разработанному алгоритму вычисляются величины расхода и давления, создаваемые вентилятором. Величина давления позволяет получить расчетную величину момента нагрузки на валу электродвигателя вентилятора. Это необходимо для того, чтобы, управляя через преобразователь нагрузочной машиной M1, создавать машиной M1 на валу двигателя M2 момент, зависящий от скорости подобно тому как при наличии вентилятора.

Преобразователь управляющий БМПП по каналу EtherCat связан с ПЛК, ПЛК по каналу EtherNet связан с панелью оператора. Так сигналы обратной связи по давлению передаются в аналоговом виде с ПЛК на преобразователь нагрузочной машины.

Испытательный стенд имеет систему управления, состоящую из двух частей (подсистем).

Подсистема частотного скалярного управления скоростью испытуемого электропривода позволяет регулировать скорость вентилятора в заданном диапазоне.

Подсистема управления моментом нагрузочной машины позволяет формировать момент нагрузочной машины в функции скорости испытуемого электропривода программным способом.

Таким образом, в разрабатываемом испытательном стенде достигается гибкость управления нагрузочным агрегатом благодаря программно-алгоритмической организации управления моментом.

## **Литература**

1 Фираго, Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик // Минск ЗАО «Техноперспектива» 2006. - 363 с.

2 Фираго, Б. И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие / Б. И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.



## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ПАССАЖИРСКИХ ЛИФТОВ

Виноградова И.В.

Научный руководитель – Опейко О. Ф. к.т.н., доцент

История электропривода лифта берёт начало от нерегулируемых асинхронных электроприводов и электропривода постоянного тока [1] в скоростных лифтах, в которых скорость перемещения более 2 м/с. Это обусловлено необходимостью плавности пуска и торможения кабины лифта. Первыми системами электропривода в таких лифтах были системы генератор - двигатель. Ввиду больших габаритов и завышенной мощности такая система уже не применяется в электроприводах лифтов.

Требования к электроприводу пассажирских лифтов жилых и общественных зданий неуклонно повышаются по мере увеличения количества этажей и скорости движения [2-4]. Помимо основной скорости движения кабины, которая определяет производительность пассажирского лифта, электропривод и система управления лифтом с номинальной скоростью более 0,71 м/с должны обеспечивать возможность движения кабины со скоростью не более 0,4 м/с, что необходимо для контрольного обследования шахты (режим ревизии). Одним из требований к электроприводу лифта является точность остановки кабины напротив этажной площадки. Эту точность определяет ГОСТ 51631-2008 [2].

Электропривод пассажирского лифта работает в повторно-кратковременном режиме с продолжительностью включения ПВ=40..60%. Цикл работы пассажирского лифта различается в зависимости от времени суток, например, в утренние часы лифт развозит пассажиров с верхних этажей на первый, а в вечерние часы наоборот – с первого этажа на верхние.

Целью работы является сравнение различных типов частотноуправляемых электроприводов переменного тока с векторным управлением для механизма подъема лифтов.

На данный момент основной тип привода лифтов – частотно-управляемые электроприводы переменного тока с векторным управлением [1]. Применяют системы с одно - и двухскоростными асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором. Электроприводы переменного тока с двухскоростными электродвигателями имеют ряд существенных недостатков, а именно: наблюдаются толчкообразные изменения ускорения, которые вызываются резкими изменениями моментов электродвигателя при включениях и переключениях, а также при механическом торможении.

Следует рассмотреть две наиболее применяемые системы электропривода: с односкоростным асинхронным электродвигателем с преобразователем частоты и систему с тихоходным синхронным двигателем с постоянными магнитами.

В системе с односкоростным асинхронным двигателем для обеспечения необходимой частоты вращения канатоведущего шкива и скорости кабины применяют редуктор.

В лифтовых приводах используются червячные редукторы повышенной точности изготовления. Для их производства используют чугунное литье, сталь, цветные металлы, что значительно увеличивает материалоемкость и массу конечного продукта – лебедки, но при этом применение современных червячных редукторов позволяет получить КПД редукторной лебедки в номинальном режиме работы 70%. Такие редукторы позволяют применять для главного привода лифта быстроходные асинхронные двигатели стандартной серии АИР, вместо специальных тихоходных синхронных двигателей, стоимость и габариты которых значительно выше.

Лифтовые серии преобразователей частоты выпускаются многими известными производителями, в частности, это АВВ, Danfossi Omron[5,6]. Преобразователь частоты (ПЧ) для электроприводов лифтов фирмы Omron имеет встроенный тормозной ключ и является более надёжным вариантом, чем преобразователь Danfoss. Преобразователь фирмы Omron имеет встроенную функцию «обучение положениям».

Для контроля положения кабины применяются абсолютные энкодеры. В процессе наладки системы кабина лифта должна ехать на малой скорости на каждый этаж и с помощью энкодера, используя встроенную функцию преобразователя частоты «обучение положениям», запоминаются положения этажей. Тогда в преобразователе частоты будет сохранена координата каждого этажа. Эту же координату можно записать в память программируемого логического контроллера (ПЛК). Энкодер необходим для отслеживания положения кабины лифта, и для подачи сигнала останова на преобразователь частоты.

Например, для обеспечения необходимой точности  $\pm 20$  мм достаточно абсолютного энкодера с числом импульсов на оборот 256. Кроме того, на валу электродвигателя устанавливают инкрементальный энкодер для обратной связи по скорости электропривода.

В качестве датчиков верхнего и нижнего этажей для обнуления выходного значения энкодера применяются индуктивные датчики приближения, например датчик E2B-M18KS08-WP-B1. Они будут установлены на уровне наивысшего и первого этажей. Для срабатывания датчика к нему должна подъехать кабина лифта с установленным на нем шунтом. Выходной сигнал

датчика дискретный: низкий потенциал если кабины нет и высокий если кабина с шунтом находится напротив датчика.

Безредукторная лебёдка лифта с синхронным двигателем имеет меньшие массогабаритные показатели по сравнению с редукторной. Такая лебёдка обладает более низким уровнем шума. Однако, современные безредукторные лебёдки предусматривают применение специального синхронного двигателя на постоянных магнитах (СДПМ). Например, лебёдка лифта Gen2 компании OtisElevatorCompany имеет в своём составе специальный СДПМ со встроенным электромагнитным дисковым тормозом. Помимо этого, в лебедке лифта Gen2 вместо тяговых канатов используются полиуретановые ремни размером 30×3 мм или 60×3 мм, армированные 12 или 24 стальными канатами. Такая система является более совершенной, однако требует специального синхронного двигателя.

Следовательно, по технико-экономическим показателям более рациональным является применение редукторного электропривода с асинхронным электродвигателем и с червячным редуктором.

Безредукторный электропривод лифта на основе СДПМ является перспективным и более совершенным, но дорогостоящим электроприводом.

Таким образом, качество и комфортность пассажирских лифтов во многом определяются развитием и совершенствованием частотноуправляемых электроприводов лифтов.

## Литература

1 Фираго, Б. И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик // Минск ЗАО «Техноперспектива» 2006. - 363 с.

2 Руководство пользователя пассажирским лифтом OtisGen2. [https://files.otis.com/otis/ru/ru/contentimages/MRL\\_2016\\_-1128\\_lowres\\_v1.pdf](https://files.otis.com/otis/ru/ru/contentimages/MRL_2016_-1128_lowres_v1.pdf). Дата доступа 22.07.2019

3 ГОСТ 5746-2015. Лифты пассажирские. Основные параметры и размеры. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 10.12.2015: дата введения 01.01.2017. – Москва: Стандартформ, 2016. – 24с.

4 ГОСТ 51631-2008. Лифты пассажирские. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 21.07.2008: дата введения 21.07.2008. – Москва: Стандартформ, 2018. – 30с.

5 <https://automation.omron.com/en/us/products/families/frequency-inverters> - Дата доступа 11.05.2020

6 <https://www.danfoss.com> - Дата доступа 11.05.2020

## ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТОЛА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО СТАНКА

Мельниченко А.А.

Научный руководитель – Александровский С.В., старший преподаватель

Электроэрозионная обработка основана на использовании электрических разрядов с большим отношением амплитуды тока к длительности импульсов, следующих с большой скважностью (отношение периода следования импульсов к их длительности). Электрод – инструмент включается на прямую полярность (катод), мощность – от десятков ватт до нескольких киловатт[1].

Наиболее важные требования, предъявляемые к электроприводу механизма подачи стола электроэрозионного станка, являются: соблюдение нужной точности перемещения, которая не превышает 0,001 мм, перерегулирования по скорости не должно превышать 3%, ускорение не должно превышать 0,8 м/с<sup>2</sup>.

Раньше в приводах подач стола электроэрозионного станка использовались тиристорные преобразователи с двигателями постоянного тока, но им на смену пришли более совершенные преобразователи частоты с асинхронными двигателями. Так как у ТП - ДПТ множество недостатков габариты, стоимости и эксплуатационные расходы. Предпочтительной использовать связку ПЧ – АД, так как стоимость остальных система такие как ТП - ДПТ и ПЧ – СДПМ будет дороже и сложнее в исполнении. Применение систем ПЧ–АД позволяет снизить стоимость оборудования, сформировать желаемую траекторию движения и обеспечить работу системы с высокими энергетическими показателями.

Двигатель выбирается по мощности из условия [2]:

$$P_{\text{ном}} \geq P_{\text{расч}},$$

так же по нагреву:

$$M_{\text{н}} \geq M_{\text{э}},$$

и по перегрузочной способности:

$$M_{max,доп} \geq M_{max}.$$

Для системы ПЧ – АД, наилучшим вариантом будет векторное управление. Для реализации векторного управления необходимо производить регулирование следующих величин: положение, угловая скорость ротора и составляющие тока статора по осям x и y[3]. Таким образом используются следующие датчики скорости, положения, тока и напряжения.

В электроприводе механизма подачи стола используется комбинированный регулятор положения с линейной и нелинейной частью.

$$\begin{cases} K_{рпл} = \frac{1}{\rho 16\tau} \frac{k_{ос}}{k_{оп}} \\ K_{рпн} = \sqrt{\frac{2\epsilon_{прт} k_{ос}^2}{\rho k_{оп}}} \\ \Delta_c = \left(\frac{K_{рпн}}{K_{рпл}}\right)^2 \end{cases}$$

На основании математического описания и структурных схем регуляторов с помощью пакета MATLAB/Simulink разрабатывается имитационная модель электропривода механизма подачи стола электроэрозионного станка [4]. В модель заносятся параметры выбранного двигателя, все коэффициенты обратных связей и все регуляторы, а именно, регулятор тока по оси х и у, регулятор потокосцепления ротора, регулятор скорости, и регулятор положения.

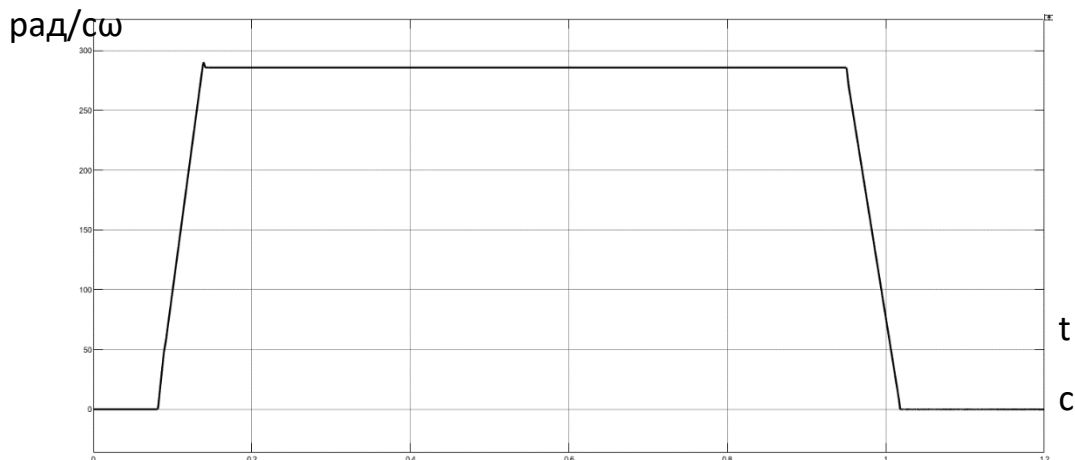
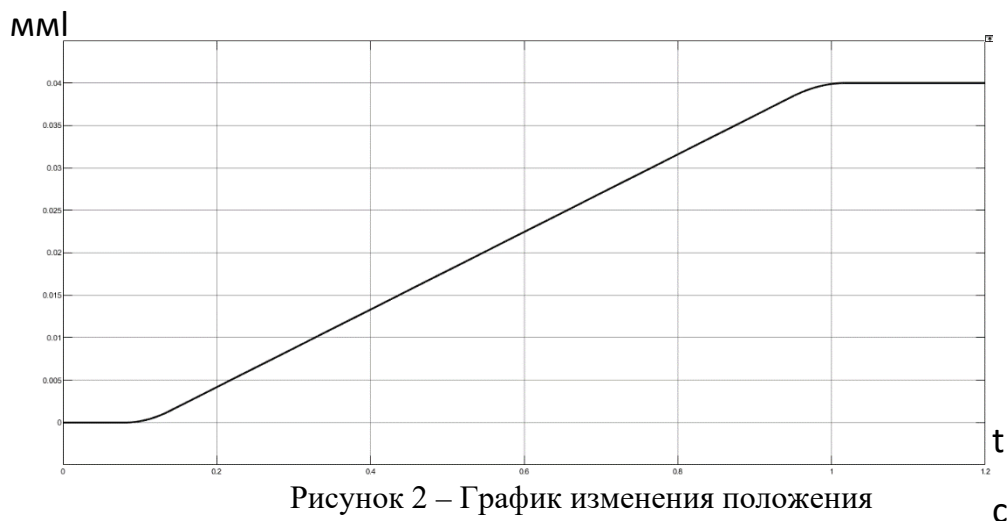


Рисунок 1– График изменения скорости на валу двигателя



Из полученных графиков за цикл работы электропривода механизма подачи стола электроэрозионного станка можно будет сделать выводы о правильности выбора двигателя и соблюдении всех необходимых условий.

### Литература

1. Электрофизические и электрохимические станки. Каталог. – Научно – исследовательский институт информации по машиностроению / Москва 1978. – 224с.

2. Фираго Б. И. Учебно-методическое пособие к курсовому проектированию по теории электропривода для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» / Б. И. Фираго. – Мн.: БНТУ, 2005. – 126 с.

3. Фираго Б.И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учеб. пособие/ Б.И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.

3. Мигдаленок А.А. Моделирование электропривода на ЭВМ: учебно методическое пособие для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»: в 2 ч. / А.А. Мигдаленок. – Минск: БНТУ, 2010. – Ч.2. – 94 с.

## СЕКЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

### ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

#### ОБЛАЧНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТА

Рак А. И.

Научный руководитель - Матрунчик Ю.Н., старший преподаватель

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Боковец А. В.

Научный руководитель - Матрунчик Ю.Н., старший преподаватель

#### ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВСОВРЕМЕННЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ

Шибко В.С.

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

#### МОБИЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ДЛЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Савёлов П.И.

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

#### ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ В ФИЛЬТРОВАННЫХ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ (ГЕОТУБАХ)

Саванец Е.В.

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

#### ПОРЯДОК ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ В ПРОГРАММЕ SOLIDCAM

Маленкова Т.А.

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

#### КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАКТ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО УЗЛА

Гончарук А.Д.

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

## **СИСТЕМА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ВОДЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ**

Алексейков М.А.

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

## **ИНТЕРНЕТ КАК СРЕДСТВО РАЗЛИЧНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

Чиж Е.М., Давыдович Е.А.

Научный руководитель – Гутич И.И.

## **Интерфейсы для АСКУЭ**

Д.Ю. Чаплыгин, студент группы 10703216 ФИТР БНТУ,

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «КЛИЕНТ - СЕРВЕР» В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

Д.А. Федорченко

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

## **ПРЕГРАЖДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ**

А.А. Свиридов,

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

## **ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС OWENSCLOUD**

М.В. Лях

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

## **ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ**

Е.А.Коваленко

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АДМИНИСТРИРОВАНИЯ И ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ**

Д.И. Здончик

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель



**ETHERNET ПРИ ПОМОЩИ ЕДИНОЙ ВИТОЙ ПАРЫ – УЖЕ  
РЕАЛЬНОСТЬ**

В.А. Задорожная

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

**ПРОРЫВЫ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Сардлишвили М.Н.

Научный руководитель – Воюш Н.В.

**АЛГОРИТМ ДЕЛЕНИЯ БЕЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСТАТКА В  
ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Русак Е.О.

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

## **ОБЛАЧНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТА**

Рак А. И.

Научный руководитель - Матрунчик Ю.Н., старший преподаватель

В настоящее время экономика развитых стран ориентирована на разработку и внедрение продукции высоких технологий, включая разработку аппаратно-программных комплексов, автоматизированных систем и программных продуктов.

В условиях перехода общественного развития в информационную эпоху, становится возможным создание электронной экономики, для которой характерны немного другие правила развития, по сравнению с классической экономикой. Проявлением электронной экономики является электронный бизнес.

Частью электронного бизнеса является личный кабинет пользователя. Личный кабинет в интернет-пространстве – это место на каком-либо сайте, где пользователь может как совершать определенные действия в зависимости от определенной ему роли администратором, так просматривать или редактировать личные данные, введенные при процедуре регистрации. Попасты в такое пространство пользователь может как имея только логин и пароль, так и другие дополнительные данные для входа в личный кабинет (номер мобильного телефона, автоматически сгенерированный электронный ключ и др.).

Объектом данной разработки являются заявки студентов на получение различной документации в университете. Предметом проектного исследования является разработка программного продукта для управления заявками студентов на получение различной документации в университете. Целью проекта является оптимизация подхода к получению студентами различной документации в университете. Основными задачами проекта являются: анализ примеров программных продуктов; формирование спецификации и функциональных требований; проектирование диаграмм для отображения процессов работы; разработка программного продукта и его тестирование; описание методики использования; оценка экономических параметров созданного продукта.

### **Литература**

- 1 Секреты JavaScript ниндзя / Бибо Б. - М.:Вильямс, 2013. - 416с.
- 2 Изучаем Node.js. / Пауэрс Ш. -СПб.: Питер, 2014. -400с.
- 3 Веб-разработка с применением Node и Express. Полноценное использование стека JavaScript / Браун И. -СПб.: Питер, 2017. -336с.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ СРЕДСТВ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Боковец А. В.

Научный руководитель - Матрунчик Ю.Н., старший преподаватель

Проблема учета товарно-материальных запасов является актуальной, так как в настоящее время производственные запасы составляют значительную часть стоимости имущества предприятия, а затраты материальных ресурсов в некоторых отраслях достигают до 90% и более в себестоимости продукции. Учет товарно-материальных запасов организуется в соответствии со стандартом бухгалтерского учета. Автоматизация учета материалов предприятия позволит более точно и эффективно вести учет материалов, получать оперативную, достоверную, информацию о движении, наличии и остатках материальных ценностей.

На предприятиях, имеющих значительное количество кадров, существует необходимость учёта и контроля большого объёма кадровой, финансовой, производственной, маркетинговой и другой информации.

Целью проекта является разработка автоматизированной информационной системы для учёта материальных ценностей на предприятии. При разработке автоматизированной информационной системы, представляющее собой веб-приложение необходимо учитывать факторы, которые в дальнейшем повлияют на работоспособность приложения. Основные требования, предъявляющие к веб-приложениям: гибкий и удобный интерфейс, безопасность хранимых данных и быстродействие.

Программное средство должно обладать следующими возможностями: авторизация; создание, удаление, изменение данных о материальных ценностях; создание, удаление, изменение данных о сотрудниках; защита данных; кроссплатформенность; высокая производительность; история изменений в информационной системе; вывод отчётов о материальных средствах. Областью возможного практического применения результатов проектирования является любое предприятие

### **Литература**

- 1 Керимов, В. Э. Бухгалтерский учет на производственных предприятиях/ В. Э. Керимов - М.: Дашков и К, 2004 г. – 580 с.
- 2 Никонов, А. А. Актуальные вопросы выбытия материалов/ А. А. Никонов/ Главбух, - 2005 г. – 350 с.
- 3 Visual Studio Code / Wikipedia– Электронный ресурс – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Visual\\_Studio\\_Code](https://ru.wikipedia.org/wiki/Visual_Studio_Code)

## **ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ**

Шибко В.С.

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

Обрабатывающий центр - многооперационный станок, имеющий числовое программное управление (ЧПУ), который способен осуществлять комплексную механическую обработку 3-х мерных заготовок с помощью разных инструментов. Обрабатывающие центры имеют инструментальные магазины и устройства для автоматической замены инструмента, вследствие чего в значительной степени возрастает их производительность.

На подобном оборудовании проводится черновая, получистовая и чистовая обработка заготовок, с множеством обрабатываемых поверхностей. Кроме этого, можно выполнить разные технологические переходы, к примеру, фрезерование плоскостей, уступов, канавок, окон, колодцев, сверление, зенкерование, развертывание, растачивание различных углублений.

Обрабатывающий центр с ЧПУ отличается большим запасом металлорежущих инструментов. В станках с ЧПУ и автоматической заменой инструментов запас инструмента чаще всего расположен в револьверных головках. К примеру, фрезерные и сверлильные станки, которые используются для создания деталей с применением 5-12 инструментов. Более дорогостоящее оборудование отличается инструментальными магазинами с запасом в 15-30, а при необходимости в 50-100 и более инструментов.

Еще одной особенностью можно назвать присутствие у них рабочего стола или делительного устройства с конкретным угловым шагом деления. Поворот детали дает возможность осуществить ее обработку с нескольких сторон без переустановки. Некоторые модели обрабатывающих центров оборудованы дополнительными столами (паллетами), а также системами для автоматической замены заготовок. Смена заготовки на паллете-спутнике осуществляется в процессе работы станка, увеличивая уровень производительности.

Более точное перемещение по осям в обрабатывающих центрах гарантируется сервоприводами и управляющей системой ЧПУ. Кроме этого, возможно наличие «встроенных функций». В станках могут присутствовать дополнительные системы измерения/калибровки инструмента или деталей. Использование подобных контактных и лазерных систем позволяет сэкономить время, которое понадобится для установки детали и ее привязки к системе координат станка.

Вследствие высокой цены подобное оборудование применяется для работы с самыми технологически сложными заготовками. Стоит отметить, что один

обрабатывающий центр полностью заменяет три-пять станков с ЧПУ или пять-десять универсальных машин.

Тогда как, большая часть обрабатывающих центров оборудована 3-мерной системой перемещения инструмента относительно заготовки, для работы с заготовкой сложной формы чаще всего необходимо управление режущим инструментом или деталью (столом) еще по одной или нескольким дополнительным координатам (осям). С такой работой могут справиться только 4-, 5- и 6- координатные ОЦ.

Другими словами такие станки называют вертикально-фрезерными обрабатывающими центрами. Они являются самыми востребованными. В нем охлаждающая жидкость попадает в место обработки по внешним гибким каналам, или же поступает в зону резания через шпиндель. Отметим, что охлаждение группы шпиндель-инструмент-заготовка демонстрирует более высокие показатели эффективности, что дает возможность повысить скорость и точность обработки.

Фрезерный обрабатывающий центр отличается от обычного фрезерного станка тем, что у него не стол, а шпиндель движется вертикально по направляющим колонны, а направляющие стола опираются прямо на станину, которая расположена на фундаменте. Подобное строение вертикальных фрезерных обрабатывающих центров гарантирует им более высокие показатели жесткости и точности обработки в сравнении с их предшественниками консольного типа.

Вертикальный обрабатывающий центр автоматическая система смены инструмента в вертикальных обрабатывающих центрах, чаще всего, включает примерно 24 - 30 позиций. Это связывают это с тем, что они созданы в форме круглого барабана, ось вращения которого находится вертикально или горизонтально, повышение диаметра барабана этой системы ограничено глубиной станка. Благодаря использованию сменщиков инструмента ленточного/гусеничного типа, этого ограничения удастся избежать.

В ряде случаев вследствие конструктивно-прочностных особенностей заготовок, а также особенностей их обработки, и необходимости отвода охлаждающей жидкости и стружки из области резания, более целесообразно использовать горизонтальные обрабатывающие центры. В таком случае горизонтальное расположение шпинделя более удобно, а в некоторых случаях без него просто не обойтись.

Главные преимущества таких станков перед вертикальными:

- вследствие горизонтального положения шпинделя стружка не накапливается в большом объеме в зоне обработки. Горизонтальные шпиндели выполнены по более жесткой схеме, в них присутствует система противодействия вибрациям, к примеру, пневматическая;
- двух-паллетное выполнение рабочего стола вместе с 4-й координатой: вращением в горизонтальном направлении с шагом  $1^\circ$  или  $0,001^\circ$ . Присутствие второй паллеты дает возможность экономить время на

снятие и монтаж заготовок. Этот момент очень важен в массовом производстве, а благодаря повороту стола получается обработать все боковые стороны изделия;

- возможность реализации сменщика инструмента в форме «гусеничной» конструкции. Если применяется не 2 гусеничных колеса, а больше, - «гусеница» может отличаться сложной формой, вследствие чего в малом объеме размещается большое количество инструмента: 40, 90 и 4 даже 120 позиций.

Как вертикальные, так и горизонтальные обрабатывающие центры осуществляют комплексную обработку корпусных деталей не только из древесины, но и из черных и цветных металлов.

Для того, чтобы обработать деталь по конкретным параметрам с высоким уровнем точности в токарном обрабатывающем центре необходима определенная оснастка. К примеру, чтобы в момент быстрой подачи при высоких оборотах заготовка не меняла своего положения нужно применять центровую оснастку.

Существуют различные типы оснастки:

- упорный наконечник с хвостовиком приблизительно одинакового диаметра, позволяет предотвратить заклинивание;
- грибковый наконечник с усеченным рабочим конусом, с центрированным валиком или насадкой для него. Их используют, чтобы зафиксировать заготовки с полыми торцевыми отверстиями;
- обратный, отличающийся наружными коническими торцами для установки в отверстие центра. Такие токарные центры используются для фиксации заготовок малого сечения.

## МОБИЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СОЛНЕЧНАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ ДЛЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Савёлов П.И.

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

Генерация электрической энергии при помощи солнечных электростанций в настоящее время становится более распространённым. Основным недостатком солнечной энергетики является не постоянство во времени плотности энергетических потоков, применение дорогостоящего оборудования для преобразования и аккумулирования энергии, не высокого коэффициента полезного действия (КПД) солнечных батарей. Максимальное КПД солнечной батареи достигается при её инсоляции под углом  $90^\circ$  к поверхности преобразователя солнечной энергии. Особенно это касается мест с небольшим числом солнечных дней в году. В г. Минск среднегодовое количество солнечных дней составляет 75-80.

При помощи САПР SolidWorks нами была разработана конструкция мобильной роботизированной солнечной электростанции для использования в чрезвычайных ситуациях (рисунок 1), которая представляет собой компактную, автоматически складывающуюся в транспортный контейнер конструкцию, состоящую из солнечных батарей с системой двухкоординатного позиционирования, литий ионных накопителей электроэнергии и блока управления электрической станцией.

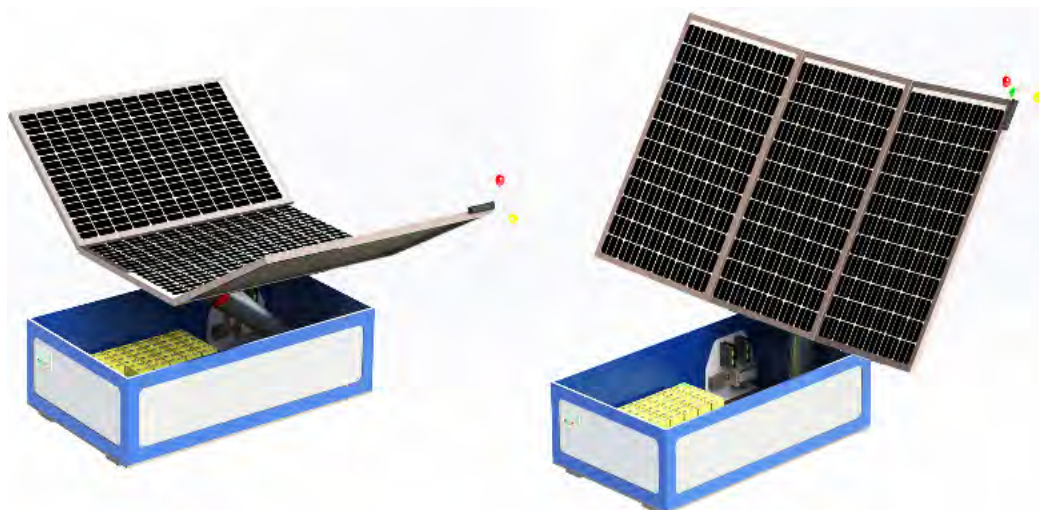


Рисунок 1. Твёрдотельная модель мобильной солнечной электростанции.

Конструкцией предусмотрено автоматическое позиционирование солнечной батареи, обеспечивающее её постоянную инсоляцию с максимальным КПД. Разработана принципиальная электрическая схема функционирования электростанции, управляющим элементом которой является программируемый логический контроллер ПЛК110 фирмы “Овен”

[2]. Разработка алгоритма проводилась на основе уравнений [1] расчёта положения солнца относительно географических координат, времени суток и календарной даты. При помощи инструментального программного комплекса CODESYS и языков программирования SFC разработана программа управления солнечной электростанцией, позволяющая корректировать положение солнечной батареи в режиме реального времени. Это обеспечивает автономное функционирование устройства в зависимости от его географического расположения и соответствующих координатам установки траекторией движения солнца по небесной сфере.

В связи с тем, что конструкция предназначена для автономной работы, конструктивно предусмотрено предотвращение возможности опрокидывания конструкции и её поломки от воздействия ветровой нагрузки, возникающей при скорости воздушного потока до 25 м/с. Для реализации функций безопасной эксплуатации в алгоритме работы устройства предусмотрено автоматическое складывание солнечных батарей в транспортировочный контейнер. Контроль скорости ветра осуществляется при помощи интегрированного в конструкцию анемометра.

При помощи модуля виртуального тестирования CAD-моделей SolidWorksSimulation были проведены исследования величины эквивалентных напряжений и деформации при ветровом воздействии 25 м/с. При данной скорости ветра величина давления составляет 345 Н/м<sup>2</sup>.

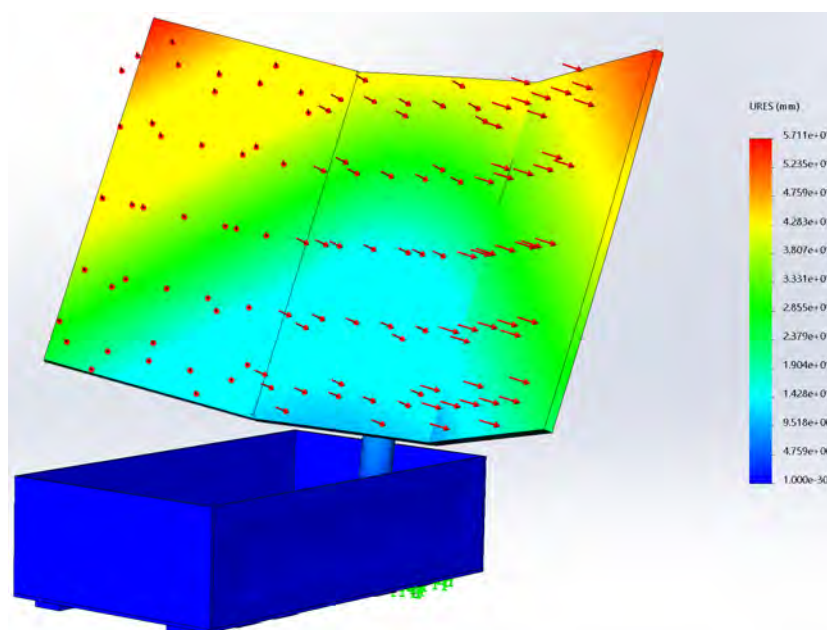


Рисунок 2. Деформация несущих конструкций при статическом воздействии ветра 25 м/с.

Установлено, что при статическом воздействии ветра на несущие конструкции мобильной электростанции, выполненной из сплава алюминия марки АД0Е, величина эквивалентных напряжений 110 Н/м<sup>2</sup>. Максимальная величина эквивалентных перемещений составляет не более 50 мм в крайних точках каркаса солнечных панелей.



Исследование динамического влияния (порывов) ветра (рисунок 3) показало, что максимальная величина относительной результирующей амплитуды вибрации каркаса солнечных батарей находится на его углах.

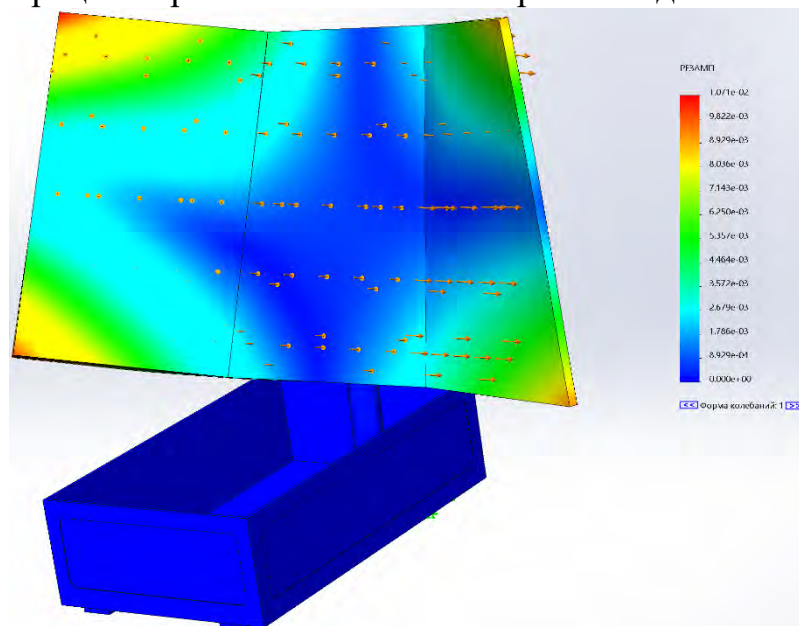


Рисунок 3. Деформация несущих конструкций при воздействии порывов ветра 25 м/с.

Кроме того, установлено, что при периодических порывах ветра возможна деформация каркаса в результате резонанса. Поэтому для устранения возможных повреждений от воздействия ветровой нагрузки необходимы дополнительные конструктивные решения, повышающие жёсткость каркаса солнечных батарей.

Таким образом разработана конструкция мобильной роботизированной солнечной электростанции, предназначенной для автономной работы при повышенных ветровых нагрузках в местах глобальных бедствий.

## Литература

1. Computing planetary positions - a tutorial with worked examples [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://stjarnhimlen.se/comp/tutorial.html#5> Дата 13.10.2018
2. Лившиц, Ю.Е. Универсальная автоматическая система управления устройством позиционирования солнечной батареи / Ю.Е. Лившиц, П.И. Савёлов // Материалы VII Международной научно-практической конференции “Инновационные технологии, автоматизации и мехатроника в машино- и приборостроении. – Минск, 2019. – с. 64 – 65

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ В ФИЛЬТРОВАННЫХ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРАХ (ГЕОТУБАХ)**

Саванец Е.В.

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

При производстве хлористого калия на калийных рудоуправлениях после переработки калийной руды образуются глинисто-солевые шламы, которые в виде шламовой пульпы размещают в шламохранилищах, подмешивают в пульпу солеотходов и размещают в специальные выработки.

Скаждым годом все острее становится вопрос о заполняемости шламохранилищ. Площади существующих шламохранилищ ограничены, их расширение требует капитальных вложений, а строительство новых негативно воздействует на окружающую среду.

Ежегодно количество отходов от производства Солигорского калийного комбината составляет 25 миллионов тонн. Пока в мире и в Беларуси не решен вопрос переработки отходов калийного производства. Кое-где производится транзит отходов в ниши, из которых добывалась калийная руда, но это не очень распространенная практика. Наибольшую опасность представляют даже не твердые, а жидкие отходы производства (соляные рассолы). С целью уменьшения влияния этих рассолов на окружающую среду их откачивают из шламохранилищ на повторное использование. Однако полную откачку осуществить невозможно.

Так как наша страна не велика, то проблема загрязнения окружающей среды стоит остро.

Решить или скорее уменьшить проблемы заполнения шламохранилищ и загрязнения почвы рассолами можно путем использования технологии обезвоживания в фильтрованных геотекстильных контейнерах (геотубах).

Технология обезвоживания осадка с использованием геотуб включает в себя ряд операций. В первую очередь особую роль играют: дренажная площадка, насосное оборудование, система питающих пульпопроводов, а также подбор типа и геометрических параметров геотуб исходя из особенностей их размещения. После этого устанавливается насосное оборудование, монтируются питающие пульпопроводы, при необходимости в систему встраивается дозирующее оборудование для флокулянтов. Затем геотубы крепятся на дренажной площадке с помощью вшитых крепежных петель, после чего к ним подсоединяются питающие пульпопроводы.

Вначале шламовая пульпа поступает в геотуб и часть воды выходит через поры геотекстиля, а оставшаяся часть через небольшой промежуток времени также выводится. В результате чего шлам практически полностью обезвоживается. Очень хорошо на процесс обезвоживания влияет зимовка геотуба. Благодаря чему уходит оставшаяся часть влаги. Диаметр поровых

отверстий 0,35 мм. Поэтому фильтрат, выходящий из геотуб, не содержит механических взвесей. И может вновь использоваться повторно как и ранее, но уже без высокого содержания вредных веществ, влияющих на окружающую среду.

Заполнение геотуб осадком обычно осуществляется в несколько этапов, каждый раз не выше максимально допустимой высоты свода тубы, прописанной для каждого типоразмера туб на основании прочностных расчетов. После этого заполняются следующие пустые тубы, а к уже заполненным возвращаются после частичной консолидации осадка с уменьшением его объема.

В то время обезвоженный шлам может храниться в геотубе, т.к. площадь каждого составляет порядка 1500 м<sup>3</sup> материала. Таким образом сохраняются необходимые запасы шламохранилищ, обезвоженный шлам не разносится ветром и не подвергается воздействию атмосферных осадков. Идея использования геотубов для увеличения емкости существующих поверхностных шламохранилищ заключается в том, что по контуру земляной дамбы укладывают геотубы и заполняют их, в результате этого кроме шлама, размещенного в геотубах, образуется дополнительная емкость, в которую размещают шламы по обычной технологии. Эта идея позволяет продлить срок эксплуатации существующего шламохранилища.

Однако, несмотря на ряд преимуществ от использования геотуб, установка геотуб является экономически дорогим процессом и поэтому чаще используют естественное обезвоживание. Так если сравнить стоимость работ по каждой из существующих технологий, то обезвоживание на картах намыва считается наименее затратным, а при помощи механических аппаратов-наиболее дорогим. А вот стоимость обезвоживания на картах намыва в геотубах выше, но ниже чем во втором случае.

Выбор того или иного метода обезвоживания сугубо зависит от экономической и экологической политики предприятия и политики страны. На современном производстве, сопровождающемся огромными выбросами и загрязнениями нужно пытаться использовать все доступные методы для уменьшения этих факторов.

## ПОРЯДОК ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ В ПРОГРАММЕ SOLIDCAM

Маленкова Т.А.

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

Данный пакет прикладных программ будет внедрен в учебный процесс, т.к. полностью может визуализировать процесс обработки детали.

Определение проекта обработки.

При определении проекта обработки выполняются следующие действия [1]:



Рисунок 1. Этапы определения проекта обработки

Создание проекта обработки. На этом этапе необходимо определить имя проекта и папку для его сохранения. Система SolidCAM создаёт необходимые файлы и папку для хранения различных данных.

Определение контроллера ЧПУ. Выбор контроллера ЧПУ. Выбор контроллера ЧПУ является обязательным этапом. От типа контроллера зависит определение систем координат и геометрии.

Определение системы координат. Необходимо определить систему координат, в которой будут выполняться все переходы в составе проекта обработки.

Определение заготовки. Система SolidCAM позволяет определить модель заготовки, которая описывает начальное состояние обрабатываемой заготовки.

Определение модели. Система SolidCAM позволяет определить модель детали, которая описывает состояние детали по окончании обработки.

После установки предыдущих параметров переходим к настройке параметров перехода:

ПКМ **«Переходы»** /находим строку в выпадающем меню **«Добавить переходы фрезерования»** / выбираем стратегию обработки в соответствии с обрабатываемой поверхностью.

Геометрия.

Вкладка **«Геометрия»** позволяет определить геометрию для обработки заготовки и связанные с нею параметры.

Геометрия может состоять из различных элементов (кривых и поверхностей), в зависимости от выбранной в списке **«Переходы»** стратегии обработки.

Инструмент.

Вкладка **«Инструмент»** позволяет выбрать для выполнения перехода инструмент из таблицы инструментов проекта.

Нажмите на кнопку **«Выбрать»**, чтобы вывести на экран таблицу инструментов проекта и выбрать инструмент для выполнения данного перехода.

Перейдите на вкладку **«Данные»**, чтобы установить параметры **«Скорость вращения»** и **«Подача»**.

Уровни.

Вкладка **«Уровни»** позволяет определить плоскость безопасности и пространство обработки.

Плоскость безопасности – это зона, в которой перемещения инструмента между переходами могут выполняться без опасности контакта с материалом. При отводе инструмента от материала инструмент сначала перемещается на плоскость безопасности, а затем с высокой скоростью движется в этой плоскости.

Пространство обработки представлено заданием верхней плоскости и глубины поверхности. Другими словами, нужно задать высоту начала обработки и глубину максимального вхождения инструмента в заготовку.

Технология.

В этой вкладке находятся настройки технологии обработки. Существует 4 варианта технологий: растровая, контурная, один проход, спираль.

Подвод/отвод.

Эта вкладка позволяет определить параметры подвода и отвода инструмента, которые должны использоваться при выполнении данного перехода HSS.

Контроль перемещения.

Вкладка «Контроль перемещения» [1] позволяет определить параметры, которые управляют точкой касания инструментом относительно обрабатываемой детали/заготовки.

Дополнение.

Данная вкладка носит информативный характер.

Имитация обработки (симулятор).

Симуляция – графическое отображение процесса обработки. Просмотр со всеми чертежными элементами – оси, невидимые линии, трассы инструментов, припуски. Возможность управления изображением – выборочная видимость, полупрозрачность, выделение цветом. Одновременно видны начальный контур заготовки и требуемый конечный контур детали, однако изменение текущего контура полуфабриката не отображается.

Подключение окна симулятора (проигрывателя):  
ПКМ «Переходы» \ «Визуализация».

Выбор пакета в качестве платформы для функционального проектирования обусловлен высоким рейтингом компании SolidCAM Ltd., в области САПР технологий, а также широким использованием указанного пакета на базовых для инженерных специальностей предприятиях Беларуси.

### Литература

- 1 SolidCam 2018[Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.solidcam.com/subscription/documentation/solidcam-2018/>.  
УДК 622.532

## КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАКТ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО УЗЛА

Гончарук А.Д.

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

Технология транспортировки полезных ископаемых из карьера на фабрику представляет собой сложную систему, состоящую из нескольких конвейерных трактов и перегрузочных узлов. Для повышения производительности и упрощения процесса транспортировки необходимо предусмотреть создание единой автоматизированной системы управления, включающую в себя АСУ ТП.

АСУ ТП должна обеспечить автоматизацию технологического процесса работы перегрузочного узла, входящего в состав конвейерного тракта подачи руды с рудника на склад или обогатительную фабрику, на уровне, отвечающем современным требованиям, предъявляемым к системам автоматизации поточно-транспортных систем.

Целью создания системы автоматизации является:

- обеспечение управления работой технологического оборудования перегрузочного узла конвейерного тракта подачи руды с рудника на склад или обогатительную фабрику в заданных режимах (по технологической схеме);
- обеспечение режима безопасной эксплуатации технологического оборудования перегрузочного узла;
- обеспечение контроля значений технологических параметров работы технологического оборудования перегрузочного узла.

АСУ ТП состоит из следующих уровней управления:

- нижний уровень – уровень контрольно-измерительных приборов, датчиков, исполнительных механизмов, органов управления технологическим оборудованием;
- средний уровень – уровень управления технологическим оборудованием и регулированием технологических процессов в автоматизированном режиме с применением для этих целей микропроцессорного программируемого контроллера;
- верхний уровень - уровень управления технологическим оборудованием и технологическим процессом оператором с автоматизированного рабочего места, организованного на базе ПЭВМ и располагающегося в операторской отделении дробления соляной обогатительной фабрики (СОФ).

АСУ ТП перегрузочного узла конвейерного тракта обеспечивает:

- сбор информации от датчиков, первичных измерительных преобразователей о состоянии и изменении контролируемых технологических параметров, состоянии электрооборудования;
- управление работой оборудования в ремонтном и дистанционном автоматизированных режимах;

- запуск и останов технологического оборудования в соответствии с требуемой последовательностью с учетом работы технологического оборудования перегрузочного узла в составе конвейерного тракта подачи руды с рудника на склад или обогатительную фабрику;

- выполнение необходимых защит и блокировок.

Работа конвейера (по технологической схеме) предусматривается в следующих режимах:

- ремонтном (местном) – от поста управления, устанавливаемого у конвейера;

- дистанционном автоматизированном – с автоматизированного рабочего места (АРМ), расположенного в существующей операторской отделении дробления СОФ.

Работа переключателя потока (по технологической схеме) предусматривается в следующих режимах:

- ремонтном (местном) – от поста управления, устанавливаемого у переключателя потока;

- дистанционном автоматизированном – с автоматизированного рабочего места (АРМ), расположенного в существующей операторской отделении дробления СОФ.

Конвейер (по технологической схеме) оборудован:

- устройством контроля скорости ленты;

- устройством контроля ограждений приводного и натяжного барабанов;

- устройством контроля схода ленты;

- канатными отключающими устройствами, предназначенными для местного аварийного останова конвейера;

- устройством обрыва ленты;

- устройством контроля обрыва канатов грузового устройства;

- отключающим устройством крайнего положения натяжной тележки.

Для аварийного останова конвейера предусмотрены грибовидные кнопки аварийного останова с фиксацией в головной и хвостовой частях конвейера.

Переключатель потока (по технологической схеме) оборудован устройством крайнего положения шибера.

Схемой автоматизации предусматривается контроль следующих основных технологических параметров:

- нагрузка электропривода конвейера;

- забивка течек (по технологической схеме).

Для контроля забивки течек (по технологической схеме) предусмотрены сигнализаторы уровней с дискретным выходным сигналом.

АСУ ТП среднего уровня выполнена на базе станции распределенного ввода/вывода SIMATICET-200M.



## СИСТЕМА РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ПОДАЧИ ВОДЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Алексейков М.А.

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

Для обеспечения водоснабжения завода по производству нитрата калия используются дождевые, талые, поливомоечные сточные воды от дождеприемников и внутренних водостоков.

Осветление, обеззараживание технической воды и создание требуемого давления в сети системы производственного водоснабжения (не менее 0,4 Мпа) предусматривается в насосной станции с резервуаром очищенной воды, откуда тремя погружными насосами (два рабочих, один резервный) вода подается:

- 1) на технические нужды производства нитрата калия;
- 2) в тепловой пункт, как исходная вода для системы водяного отопления;
- 3) на подпитку оборотной системы водоснабжения.

Для аварийной подпитки водой насосной станции с резервуаром очищенной воды можно использовать поверхностные воды водохранилища.

Для очистки воды с водохранилища от механических примесей перед поступлением в насосную станцию с резервуаром очищенной воды необходимо установить систему автоматической фильтрации.

Для поддержания необходимого давления в сети аварийной подпитки с водохранилища нужно установить насос, повышающий давление. Управление насосом в автоматическом режиме должно осуществляться от предельных уровней воды в резервуаре очищенной воды, которые можно определить при помощи поплавковых датчиков уровня.

Уровни воды в резервуаре очищенной воды:

- 1) нижний рабочий уровень воды;
- 2) верхний рабочий уровень воды.

Для блокировки поступления аварийной подпитки водой в случае ненадобности необходимо установить задвижку с электроприводом. Задвижка с электроприводом устанавливается перед системой автоматической фильтрации воды.

Работа насоса, повышающего давление, должна выполняться синхронно с работой задвижки с электроприводом.

При достижении верхнего рабочего уровня воды в резервуаре очищенной воды задвижка с электроприводом закрывается и одновременно отключается электронасос.

При достижении нижнего рабочего уровня воды в резервуаре очищенной воды задвижка с электроприводом открывается и одновременно включается электронасос.

Таким образом, система аварийной подпитки водой насосной станции с резервуаром очищенной воды позволяет решить вопросы связанные с резервированием системы подачи воды для насосной станции завода по производству нитрата калия.

## ИНТЕРНЕТ КАК СРЕДСТВО РАЗЛИЧНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Чиж Е.М., Давыдович Е.А.

Научный руководитель – Гутич И.И.

На протяжении долгих лет Интернет служит средством различных коммуникаций. Сейчас мы не можем представить свою жизнь без электронной почты, Интернет-банкинга, новостных сайтов и много другого. Интернет вещей (IoT) поднимает связь вещей на новый уровень, т.к. это Интернет, состоящий из распределенных систем, датчиков и исполнительных механизмов, объединенных между собой. Все человечество стремится жить более комфортной и качественной жизнью.

Вот примеры тех вещей, которые люди желают добиться при помощи внедрения IoT:

- создавать умные дома и офисы, которые могут быть безопасны, с помощью наблюдения, а также при этом сократить затраты на их содержание;
- улучшить медицинское обслуживание, даже на дистанционной форме наблюдения;
- продолжить автоматизировать действия выполнения рутинных задач, например, как оплата различных банковских услуг;
- автоматическое освещение и контроль за дорогами;
- создание умного транспорта, с множеством критериев безопасности и комфорта.

Итак, именно благодаря интернету вещей наша жизнь может измениться в ближайшие несколько лет. Но, не смотря на лавину технологического прогресса, люди не торопятся расставаться со старыми привычками и верными вещами. Именно поэтому неудачи постигают многие компании, занимающиеся такими разработками.

Множество компаний разоряются из-за того, что они концентрируются на разработке технологий, не задумываясь о том, какую действительную пользу они принесут людям. Действительное преимущество «вещи» не в её интересном дизайне или работе, а в способности помочь людям решить любую проблему в их повседневной жизни.

На сегодняшний день нарождается технологическая база для реализации множества различных проектов, которые лет 10 назад казались утопичными. То, что раньше казалось выдумкой и фантазией, сегодня все больше становится реальностью:

- технология хранения, передачи, обработки большого объема данных созданных в IoT;
- бизнес-аналитика полученной информации из IoT;

- получение доступа к нужной информации в режиме online, с помощью мобильных устройств и приложений;
- с ростом клиентов системы IoT, ее стоимость будет снижаться, что сделает ее доступной большому количеству людей.

Увеличение подключения IoT-устройств открывает массу возможностей для новых начинаний, т.к. создаёт целую экосистему IoT. Потребности IoT продолжают стимулировать производителей вспомогательных изделий и сервисов, таких как производство системы мониторинга и измерений, системы обеспечения безопасности и конфиденциальности информации, системы контроля и анализа решений, а также производство интеллектуальных подключаемых устройств.

Для того, чтобы экосистема IoT работала как полноценный механизм, необходимо законодательное регулирование. Это позволит повысить уверенность пользователей в эффективности и безопасности данной технологии и повысить шансы её внедрения.

Большое количество различных устройств вместе с огромными объёмами информации, высокими скоростями передачи данных и сложной телекоммуникационной структурой IoT потребуют больших усилий, в таких областях как безопасность данных, управление их хранения, создание серверов и сетей центров обработки данных. Всё это означает, что бизнес-анализ, математика и статистика, методы обработки большого количества данных, программирование и разработка архитектур масштабируемых систем станут хорошо востребованными навыками и умениями в будущем.

Уже сегодня создано множество программ, решающие проблемы безопасности и нарушения конфиденциальности. Например, контроль за потреблением энергии в жилых домах, и при необходимости отключение энергопотребляющих устройств, с помощью счетчиков. Но при этом отслеживается, чтобы вся собираемая информация никак не попала в руки злоумышленников.

ICONICS предоставляет программные решения для автоматизации, которые визуализируют, анализируют и мобилизуют информацию в режиме реального времени для любого приложения на любом устройстве.

Компания ICONICS имеет успешную историю автоматизации умных городов, которая началась еще до запуска программы CityNext.

Преимущества ICONICS IoT:

- поддержка открытых протоколов данных;
- минимизация затрат на оборудование;
- масштабируемость;
- безопасность данных о повреждении оборудования.

ICONICS предлагает решения для умных городов в следующих областях:

- умные здания;
- управление оборудованием;
- управление водоснабжением и водоотведением;

- управление энергопотреблением.

Компания ICONICS имеет долгую и успешную историю автоматизации умных городов. Именно поэтому мы можем привести примеры того, что есть в Беларуси из стандартной структуры «умного города», а именно:

- видеонаблюдение и фотофиксация;
- интеллектуальные транспортные системы;
- технология связи 5G;
- беспроводные сенсорные сети с RFID-чипами.

Таким образом, можно наблюдать развитие новых направлений в автоматизации на основе базы IoT. Для успеха проектов системного объединения важна правильно выбранная концепция, которую во много определяют текущие возможности, а также перспектива технологического и рыночного развития выбранных средств автоматизации.

### Литература

1. ICONICS Automation Software Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iconics.com/>. – Дата доступа: 15.04.2020.
2. Новости Интернета вещей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iot.ru/>. – Дата доступа: 15.04.2020.

## ИНТЕРФЕЙСЫ ДЛЯ АСКУЭ

Д.Ю. Чаплыгин, студент группы 10703216 ФИТР БНТУ,  
Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

*Резюме – Современные автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии не могут обходиться без канала передачи данных. В данной статье рассматриваются стандарты RS232, RS485, Ethernet, CAN и PLC.*

*Summary – Modern automated systems for monitoring and accounting for electricity can't work without a data transmission channel. This article discusses the RS232, RS485, Ethernet, CAN, and PLC standards.*

**RS-232** — стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса (UART). Изначально создавался для соединения телефонных модемов с компьютерами. В связи с этим имеет особенности в виде, например, отдельной линии RING («звонок»). Со временем телефонные модемы перешли на другие интерфейсы (USB), но из-за того, что разъем для RS-232 имелся на всех персональных компьютерах, многие изготовители оборудования использовали его для своего оборудования. Например, компьютерные мыши. Устройство, работающее с этим интерфейсом, широко известно как последовательный порт. Исторически стандарт активно применялся в телекоммуникационном оборудовании. Также этот стандарт используется для совместной работы микроконтроллеров различных архитектур, имеющих в своем составе интерфейс UART, с другими цифровыми устройствами и периферией. В настоящее время устанавливается и применяется на компьютерах, к которым подключают различное оборудование нетребовательное к скорости обмена данными, но находящееся на значительном расстоянии или в нестандартных условиях. В офисных и домашних компьютерах практически полностью вытеснен интерфейсом USB.

Данный стандарт обеспечивает передачу данных на расстояние до 15 метров на максимальной скорости (115200 бод). Кроме того, что интерфейс прост в программировании, он неприхотлив и расстояние передачи можно значительно увеличить, сильно снизив скорость передачи данных.

**RS-485** – стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса. Регламентирует электрические параметры полудуплексной многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина». Стандарт активно применяется и стал основой семейства промышленных сетей, широко используемых в промышленной автоматизации.

Для передачи и приёма данных в стандарте применяется одна витая пара проводов, иногда сопровождаемая экраном или общим проводом. Для передачи данных используются дифференциальные сигналы.

- поддерживаются до 32 приёмопередатчиков в одном сегменте сети;
- максимальная длина одного сегмента сети: 1200 метров;
- в один момент активным может быть только один передатчик;
- максимальное количество узлов в сети — 256 с учётом магистральных усилителей.

Требования к выходному каскаду:

- выходной каскад является источником напряжения с малым выходным сопротивлением,  $|U_{\text{вых}}|=1,5:5,0$  В (не  $<1,5$  В и не  $>6,0$  В);
- логическая «1»:  $U_a < U_b$  (гистерезис 200 мВ);
- логический «0»:  $U_a > U_b$  (гистерезис 200 мВ);
- выходной каскад должен выдерживать режим короткого замыкания, иметь максимальный выходной ток 250 мА, скорость нарастания выходного сигнала 1,2 В/мкс и схему ограничения выходной мощности.

Требования к входному каскаду:

- входной каскад является собой дифференциальным входом с высоким входным сопротивлением и пороговой характеристикой от  $-200$  мВ до  $+200$  мВ;
- допустимый диапазон входных напряжений  $U_{ag}$  ( $U_{bg}$ ) относительно земли (GND) от  $-7$  В до  $+12$  В;
- входной сигнал представлен дифференциальным напряжением ( $U_i +0,2$  В и более).

**Ethernet** – технология локальных сетей, используемая для передачи данных по кабелю, доступную для устройств компьютерных и промышленных сетей.

В Первых версиях стандарта (Ethernet v1.0 и Ethernet v2.0) указано, что в качестве среды для передачи используется коаксиальный кабель, затем появилась возможность использовать витую пару и оптический кабель.

Преимущества витой пары перед коаксиальным кабелем:

- дуплексный режим;
- низкая стоимость витой пары;
- более высокая надёжность сетей: при использовании витой пары используется топология «звезда», следовательно, обрыв кабеля приводит только к нарушению связи между двумя объектами сети, соединёнными этим кабелем;
- уменьшен минимально допустимый радиус изгиба кабеля;
- большая помехоустойчивость из-за использования дифференциального сигнала;
- возможность питания по кабелю маломощных узлов, например, IP-телефонов (стандарт Power over Ethernet, PoE);
- гальваническая развязка трансформаторного типа. В условиях СНГ, где, как правило, отсутствует заземление компьютеров, применение

коаксиального кабеля часто приводило к выходу из строя сетевых карт в результате электрического пробоя.

### **Коммутируемый Ethernet**

На сегодняшний момент, это оптимальная альтернатива, которая исключает возможность появления коллизий и связанных с ними проблем.

Смысл коммутируемого Ethernet в том, что используется switch (коммутатор) – устройство, которое работает на канальном уровне и обладает полносвязной топологией, что создает соединение всех портов друг с другом напрямую по технологии точка-точка. Таблицы коммутации есть в каждом switch. Они показывают, какие компьютеры к какому порту коммутатора подключены.

**CAN** — стандарт промышленной сети, ориентированный на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Режим передачи — последовательный, широкополосный, пакетный. CAN в настоящее время широко распространён в промышленной автоматизации, технологиях «умного дома», автомобильной промышленности и многих других областях. Стандарт для автомобильной автоматизации.

Во всех высокотехнологичных системах современного автомобиля применяется CAN-протокол для связи ЭБУ с дополнительными устройствами и контроллерами исполнительных механизмов и различных систем безопасности. В некоторых автомобилях CAN связывает ИММО, приборные панели, SRS блоки и т. д.

### **Литература**

1. Интерфейс RS 485, принцип действия, организация работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pue8.ru/silovaya-elektronika/451-interfejs-rs-485.html>. – Дата доступа: 23.04.2020.
2. Компьютерные сети от А до Я: технология Ethernet и коммутаторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proglib.io/p/ethernet/>. – Дата доступа: 23.04.2020.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «КЛИЕНТ - СЕРВЕР» В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Д.А. Федорченко

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

*Резюме – В настоящее время технология “Client-server” является неотъемлемой частью любого технологического процесса. В данной статье рассматривается технология “Client-server”, преимущества и недостатки её использования, а также примеры реализации данной технологии в производстве.*

*Summary-currently, the “Client-server” technology is an integral part of any technological process. This article discusses the “Client-server” technology, advantages and disadvantages of its use, as well as examples of implementation of this technology in production.*

Технология “Client-server” отходит от основного принципа создания и использования распределенных систем – отсутствия централизованной установки. Следовательно, выделяют два основополагающих метода, использующихся для построения “Client-server” технологий:

- множество пользователей на большом количестве разнообразных вычислительных машин, одновременно обрабатывающих и работающих с общедоступными данными;
- общедоступные данные используемые всеми пользователями на серверах.

Другими словами, системы, в основе которых технология “Client-server”, распределены в отношении пользователей, из-за чего их не причисляют к “настоящим” распределённым системам, а относят к отдельным классам многопользовательских систем. Основными понятиями в технологиях “Client-server” являются сервер и клиент. Сервером в широком смысле является высокопроизводительные вычислительные средства, системы или процессы с большим объёмом памяти, производительностью процессора и наличием времени на обработку данных. Клиентом же является пользователь, процесс, компьютер, система запрашивающие с сервера находящиеся в нём данные, использующие данные хранящиеся на данном сервере или обслуживаемые сервером другим способом. Системы “Client-server” по мере своего развития прошли несколько стадий, по итогу которых появились несколько видов различных систем “Client-server”. Их корректное понимание и что закономерно, реализация основываются на декомпозиции (разделении) структуры СУБД на три составляющие:

- прикладной элемент, содержащий перечень событий, правил, запросов, процедур и иных вычислительных функций, использующийся для

реализации предназначения автоматизированной информационной системы в выбранной предметной области;

- элемент представления, выполняющий связующую роль между пользователем и системой, что позволяет просматривать и вводить данные;
- элемент доступа к данным, выполняющий функции извлечения, физического обновления, хранения и изменения данных.

Исходя из распределения (расположения) и особенностей исполнения в системе этих трёх элементов выделяют четыре модели технологий “Client-server”:

- модель удаленного доступа к данным;
- модель файлового сервера;
- модель сервера приложения;
- модель сервера базы данных.

В системе “Client-server” используются минимум две программы – клиент и сервер, разделяющие между собой функционал, который в “File-server” системе полностью выполняется в приложении на рабочей станции. Функции манипулирования и хранения данных выполняет сервер (“server”) баз данных, в качестве которых, в настоящее время, выступают Oracle, Microsoft SQL Server и подобное им программное обеспечение.

Клиент (“Client”) же требуется для построения интуитивно понятного пользовательского интерфейса, для создания которого используется целый перечень различных инструментов, а также множество настольных СУБД, что позволяет, на сегодняшний день, упростить создание интерфейса до уровня конструктора, где требуется выставить нужные показатели в удобном для работников порядке. От пользовательского интерфейса зависит то, как быстро пользователь освоится с системой и сможет приступить к работе, а также то, как качественно он будет выполнять свою работу. Логика обработки данных может выполняться как на сервере, так и на клиенте, что позволяет, при проектировании предприятия, сделать выбор между более дешевыми мощными компьютерами пользователей с выделенным под сервер компьютером, что выгодно при небольшом предприятии, или дорогим сервером с возможностью обработки большого потока запросов и маломощными ПК, чьи запросы будут обрабатываться непосредственно на сервере. Запросы, которые отправляет клиент, приходят на сервер на языке SQL. Обработав запрос сервер выдаёт его результаты обратно клиенту, также учитывается возможность большего числа пользователей, что может приводить к задержкам при небольших мощностях оборудования на предприятии, а, следовательно, простоям во время работы предприятия.

Таким образом, в манипулировании данных задействован один процесс. При этом, хранение и обработка данных происходят в одном и том же месте – на сервере, что исключает потребность в передачи данных по сети на устройство клиента, что в свою очередь уменьшит нагрузку на устройство пользователя и ускорит обработку данных т.к. мощность сервера, в большинстве случаев, намного мощнее стандартного пользовательского

устройства, а, следовательно, устройства пользователя не должны быть мощными, что снизит затраты на организацию производства.

В заключении хотелось бы сказать, что на сегодняшний день на стороне клиента СУБД работает только такое программное обеспечение, которое не имеет непосредственного доступа к базам данных, а обращается для этого к серверу с использованием языка SQL. Данный принцип позволяет избежать хищения и изменения информации, хранящейся на сервере, что позволяет предприятию держать на должном уровне конкурентоспособность, а также надежность хранения данных так как в подобных системах предусматривают возможность автоматического резервирования данных, хранящихся на сервере, путём их копирования в отдельный участок памяти, выделенный под резервную копию базы данных.

### Литература

1. Общая классификация и характеристика технологий распределенных информационных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kit-ing.ru/node/60>. – Дата доступа: 24.03.2020.
2. Технологии и модели «Клиент-сервер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/942071/page:35/>. – Дата доступа: 24.03.2020.

## ПРЕГРАЖДАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

А.А. Свиридов,

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

*Резюме – В системах контроля и управления доступом (СКУД) для физического препятствия прохода через точку доступа используются устройства преграждающие управляемые (УПУ). В данной статье рассмотрены назначения, типы, преимущества и недостатки УПУ на объектах с большой проходимостью.*

*Summary - Access control systems (ACS) use blocking devices for physical obstacles to access. This article discusses the purpose, types, advantages and disadvantages of the blocking devices at facilities with high traffic.*

Для ограничения и санкционирования доступа людей в местах, где через точку доступа проходят большие потоки людей, используются следующие УПУ:

- Турникеты-триподы.
- Роторные турникеты.
- Калитки.
- Створные турникеты.
- Оптические турникеты.

Турникеты-триподы являются самыми распространенными на рынке. Они состоят из корпуса (в виде стойки или тумбы), блока электроники, блока индикации и механики с тремя вращающимися на наклонной оси с помощью электромотора преграждающими планками. Для обеспечения пожарной безопасности и возможности проноса через точку доступа крупногабаритного груза, преграждающие планки должны быть типа «антипаника», т.е. они должны иметь возможность складываться механически (оператором системы) либо автоматически при получении команды аварийной разблокировки (например, при срабатывании пожарной сигнализации).

Преимущества турникетов-триподов:

- Невысокая стоимость.
- Компактность.
- Высокая пропускная способность (свыше 30 человек в минуту).
- Хорошее разделение потока людей.
- Возможность полного открытия прохода (преграждающие планки «антипаника»).

Недостатки турникетов-триподов:

- Слабый уровень защиты, т.к. через преграждающие планки можно перепрыгнуть, пролезть под ними, а также сломать их.

Для предотвращения несанкционированного доступа необходимо наличие охранника или установка на турникет-трипод специальных датчиков, фиксирующих нарушения.

В точках доступа, где требуется повышенные меры безопасности, устанавливаются роторные турникеты. Они бывают двух типов: ростовые (полноростовые) и полуростовые (поясные). Конструкция роторных турникетов схожа с конструкцией турникетов-триподов, однако корпус выполняется в виде колонны, а вместо преграждающих планок вокруг неё вращаются трёхлопастные/четырёхлопастные створки.

Роторные турникеты имеют следующие преимущества:

- Более высокий уровень защиты по сравнению с другими УПУ (особенно у ростовых турникетов).
- Качество разделения потока даже выше, чем у турникетов-триподов.

Однако они имеют ряд недостатков:

- Высокая стоимость.
- Большие габариты.
- Невозможность полного открытия прохода.
- Невысокая пропускная способность.

В тех точках доступа, где из-за узости прохода невозможна установка других УПУ, могут быть установлены калитки. Однако, чаще всего в системах СКУД они устанавливаются в дополнение к турникетам любого типа для обеспечения прохода инвалидов и проноса крупногабаритного груза. Калитки бывают механического и электромеханического исполнения. К преимуществам калиток относятся высокая пропускная способность и возможность организации широких проходов. Однако, в силу своих конструктивных особенностей они не позволяют организовать проход людей по одному человеку и достоверно фиксировать факт прохода. Еще одним недостатком калиток является их дороговизна (стоят дороже триподов).

Достаточно редко в качестве УПУ в СКУД применяются створчатые турникеты. Они состоят из корпуса в виде двух тумб и расположенными между ними створками (от двух до четырех штук). Створки могут быть распашными или сдвижными. Створчатые турникеты обычно оснащаются датчиками, сообщающими исполнительному механизму направление прохода и предотвращающими проход нескольких человек при открытии прохода для одного.

Преимущества створчатых турникетов:

- Высокая пропускная способность, что особенно характерно для створчатых турникетов с нормально открытой механикой (среди других УПУ выше только у оптических турникетов).
- Хороший уровень защиты (главным образом у турникетов с полноростовыми створками).

Их недостатки:

- Высокая стоимость в сравнении с другими УПУ.
- Высокое энергопотребление (особенно у нормально закрытых).

- Большие габариты.

В СКУД в качестве УПУ можно также встретить оптические турникеты. Они состоят из двух тумб (или рамок ограждения), которые образуют проход для людей. На них установлены фотодатчики, фиксирующие направление и факт прохода человека через точку доступа, а также рабочая индикация «стой/иди» для пользователей, и тревожная светозвуковая индикация для сигнализации о попытке несанкционированного доступа.

Оптические турникеты обладают самой большой пропускной способностью среди УПУ (из-за чего их еще называют скоростными турникетами) и позволяют организовать широкие проходы для людей с ограниченными возможностями и проноса крупногабаритных грузов. Однако они обладают высокой стоимостью и низкими защитными свойствами, вследствие чего необходимо постоянное наличие сотрудника службы безопасности для предотвращения несанкционированного доступа.

Оптические турникеты идеально подходят для ситуаций, когда важны скорость прохода и внешний вид. Они часто устанавливаются в фойе крупных корпораций, бизнес-центров, университетов или современных спортивных клубов.

В заключении необходимо также отметить, что в СКУД в дополнение к большинству УПУ требуется установка ограждений формирующих правильную зону прохода для исключения возможности несанкционированного прохода.

## Литература

1. Sigur – Управление доступом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sigursys.com/>. – Дата доступа: 26.03.2020.
2. Системы контроля доступа (устройства преграждающие управляемые): методическое пособие для студентов-заочников специальности 1-38 02 03 «Техническое обеспечение безопасности» / И.Е. Зуйков, Т.Л. Владимирова. – Минск: БНТУ, 2009. – 190 с.

## ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС OWENCLOUD

М.В. Лях

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

Облачные технологии прочно вошли в повседневную жизнь. Нас не волнует, что вышедший из строя компьютер приведет к потере информации или уничтожению важных документов – данные будут сохранены на надежных и защищенных облачных сервисах (Dropbox, Google Drive, Microsoft OneDrive, Mega и т.д.)

OwenCloud - это облачный сервис компании OWEN, предназначенный для удаленной работы с оборудованием компании. OwenCloud реализует задачи сбора, хранения и консолидации данных как для приборов с жесткой логикой, так и для программируемых контроллеров. Он позволяет осуществлять контроль, мониторинг и настройку оборудования, уведомлять об авариях, передавать данные через OPC-сервер, а также обеспечивает различные варианты отображения данных и устройств на карте.

При подключении к сервису OwenCloud предоставляется ряд преимуществ, таких как:

- получение конфигураций и настроек устройств, подключенных к облачному сервису, при их выходе из строя;
- отправка уведомлений по SMS или электронной почте;
- удаленное конфигурирование новых устройств (информация конфигураций так же сохраняется на облачном сервере);
- проверка нового устройства.

И на этом удобства, которые мы получаем при использовании ресурса OwenCloud не заканчиваются. Система позволяет просматривать данные, содержащие результаты измерений, вычислений (например, мощность, рассчитанную ПИД-регулятором) или состояний выхода прибора, доступны в удобном виде для просмотра в виде графиков и таблиц и сохраняются на сервере в течении 90 дней.

Так же пользователь может осуществить контроль аварийных и нештатных ситуаций по одному или нескольким параметрам. Сервис диагностирует нештатную ситуацию или аварию и отправляет уведомление на электронную почту, короткое сообщение на мобильное устройство или отображает данные на web-странице.

OwenCloud позволяет осуществлять удаленный контроль и управление, таким образом существует возможность запускать процесс или изменить его состояние из любой точки мира через web-интерфейс.

Особое внимание следует уделить и конфигурации прибора, подключенного к «облаку». При изменении или усовершенствовании настроек оборудования, все данные сохраняются на сервере, и пользователь

может посмотреть различия между настройками для полного понимания работы оборудования.

Одной из сильных сторон OwenCloud является удобство и мобильность. Интерфейс сервиса адаптирован для удобной работы с любого компьютера или мобильного устройства.

Подводя итог можно заметить, что человечество большими шагами направляется в сторону автоматизации повседневных процессов, которые могут значительно облегчить взаимодействие с различными данными и предоставляют возможность четкого планирования и траты времени специалиста. Таким образом использование облачных технологий не требуют физического пребывания в компании-клиенте, что делает возможным получение доступа и оказание технической поддержки клиенту в независимости от его местоположения, это позволяет экономить время на дорогу к клиенту и предоставляют большую гибкость распределения времени в своем офисе.

### **Литература**

1. Хрусталева Е.Ю. Облачные технологии «1С:Предприятия». – Москва. – 218 с.
2. Смирнов Д.Е. Облачные технологии поддержки решения задач анализа безубыточности. – Москва: Прометей. – 84 с.



## ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Е.А.Коваленко

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

### IoT is getting ready for mass application

Резюме – Концепция интернета вещей имеет повсеместное применение и является неотъемлемой частью современного мира. В данной статье рассматриваются тенденции развития в разных сферах и направлениях.

Summary – The concept of the Internet of things has widespread application and is an important part of the modern world. This article discusses development trends in various fields and directions.

Starting in 2019, the Internet of Things (IoT) represents a new technological trend and has attracted increasing attention from the general public. A new direction is developing widely - the Internet of things for all. Understanding its importance, industry experts highlight the most promising areas, such as 5G networks, smart cities, cybersecurity, border and cloud computing, the deployment of hybrid computing networks, Augmented Reality (AR), democratization in management and much more [1].

### IoT development trends for the next perspective

The Internet of things is the technology on which companies build their future. The Industrial Internet of Things (IIoT) has already changed our way of life. On the horizon there are a lot of promising technologies that are able in a few years to have a profound impact on everyday life. The long-awaited introduction of 5G networks promises to radically change the IIoT space in the near future, from changing the form of operating of our cities to the digital transformation of industries. The Internet of things is fundamentally changing the way people interact with high-tech enterprises.

### Big data and artificial intelligence

AI and Data Science occupy leading positions in all areas of technology, as they have proven their place as symbols of a new digital era. It is predicted that in 2019 there will be 14.2 billion “related things” that can lead to huge amounts of data. Data is IoT fuel and the key to making companies make the right decisions about products, services, staffing, strategies, etc. At the same time, not the data themselves guarantee success, but the ability to interpret them using a wide range of analytics tools. Due to the huge amount of data generated by smart devices, companies are keen to introduce technologies that can help them understand this data. Digital leaders will use Machine Learning (ML) and Artificial Intelligence (AI) on platforms with improved computing power, which will improve the quality of machine learning based on "improved" big data.

### Digital twin

Digital twin technology, also known as hybrid twin, or virtual prototyping, refers to a virtual copy of a real product, asset, process or system that can be used for various tasks. It is a modeling tool that works with artificial intelligence, machine learning, and IoT to improve companies experience by optimizing digital data operations.

#### 5G as a new wireless network

The upcoming 5G technologies, based on the use of next-generation low-Earth orbit satellites and backscatter networks, deserve attention in the IoT market with the goal of optimizing power consumption, bandwidth, minimizing delays, connection density, operating costs and quality of service.

#### Social IoT

The Internet of things is a very broad technology that covers all areas, from consumer devices to large-scale production. However, it is not clear whether the public is ready for the widespread use of IoT technologies. As IoT develops, a wide range of social, legal, and ethical issues will become increasingly important. For IoT solutions to be successful, they need to be not only technically effective, but also socially acceptable. This range of issues includes ownership of the data and calculations performed on its basis, algorithmic bias, confidentiality, and compliance with all the rules of the General Data Protection Regulation (GDPR).

#### Internet management

As IoT expands, the need to develop a management structure that ensures proper behavior when creating, storing, using and deleting data becomes more important. Managing IoT-related projects will range from simple device checks and firmware updates to complex issues such as device management and the strategic use of the data they generate.

#### Infonomics

The idea of selling data collected on the basis of the company's intellectual platforms and services is not new, but the theory and philosophy of infonomics take monetization of data to new heights. The data will be considered as a strategic business asset that must be accumulated in the company's accounts, which will entail the corresponding risks and opportunities associated with brokerage.

#### User experience

The Internet of things is changing the way people interact with devices that are not equipped with screens and input devices. In the future, IoT User eXperience (UX) will be determined by four factors: new sensors, new algorithms, new architectures and accumulated expertise, as well as socially-oriented experience. In addition, UX developers will have to realize new perspectives without using screens and keyboards, as well as without using digital assistants with voice control.

#### What is the Industrial Internet of Things (IIoT)?

The Industrial Internet of Things (IIoT) refers to the expansion of the Internet of Things (IoT) and its use in industries and specialized applications. IIoT focuses on machine-to-machine exchange (M2M) technologies, big data, machine learning, which allow companies to increase the efficiency and reliability of their

operations. IIoT covers industrial applications: robotics, medical devices and manufacturing processes with specialized software. IIoT goes beyond conventional consumer devices and the interworking of physical devices typically associated with IoT. It is distinguished by the intersection of information and Operational Technologies. OT refers to the networking of operational processes and Industrial Control Systems (ICS), including Human-Machine Interfaces (HMI), Supervisory Control And Data Acquisition systems (SCADA), Distributed Control Systems (DCS) and Programmable Logic Controllers (PLC). The convergence of IT and OT provides the industry with greater integration of systems, in terms of automation and optimization, as well as better manageability of supply chains and logistics. Monitoring and management of physical infrastructure in such areas Agriculture, healthcare, manufacturing, transportation and utilities are simplified by the use of IIoT technology, smart sensors and actuators, as well as remote access and control. Real-time data received from sensors and other sources of information helps industrial devices and infrastructures in “decision making”, in the development of “ideas” and concrete actions. In addition, machines can automate tasks that previous industrial revolutions could not solve. In a broader context, IIoT is critical in combining individual ecosystems or in managing smart cities and smart enterprises. Sequentially collecting and transferring data between smart devices and machines provides enterprises with additional growth opportunities. Big data allows enterprises to identify errors or inefficient sections of the supply chain and immediately eliminate them, thereby pushing for everyday improvement in efficient operations and the use of finance. Proper IIoT integration can also optimize asset utilization, predict failure points, and even run individual maintenance processes autonomously [2].

### Литература

1. Internetofthings [Электронный ресурс] // Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things). – Дата доступа: 16.04.2020
2. Top Strategic IoT Trends and Technologies Through 2023 [Электронныйресурс] // Режимдоступа: <https://www.gartner.com/en/documents/3890506>. – Датадоступа: 16.04.2020

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АДМИНИСТРИРОВАНИЯ И ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ**

Д.И. Здончик

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

В настоящее время существует множество систем управления и администрирования всевозможными процессами. Основными задачами любой из них являются структуризация процесса, возможность учета и контроля различных показателей, в том числе и технологических параметров для сферы энергетики, возможность дистанционного управления и работы в системе, обработка данных для различных целей, формирование базы данных, хранение и документирование информации, а также контроль качества. Главной проблемой использования подобных существующих систем является то, что в основном они заточены под конкретный процесс, что дает набор уникального функционала, несовместимого с другими системами, или же пытаются быть универсальными, что не позволяет учесть все необходимые требования конкретного пользователя. Поэтому конечный пользователь стоит перед выбором из множества различных систем, каждая из которых имеет соответствующие ограничения.

Альтернативой использования имеющихся систем является разработка собственной. При больших затратах это позволяет получить возможности, максимально приближенные к требованиям конечного пользователя. Обычно полный набор необходимых функций реализуется в нескольких несвязанных между собой системах, и при объединении их в цельный проект можно добиться большего удобства.

Очевидно, что, несмотря на наличие готовых решений, большую часть из них придется реализовывать с нуля ввиду отсутствия возможности связать их между собой. Многие из них не предоставляют открытый исходный код или же имеют неудобную реализацию.

Разработка автоматизированной информационной системы администрирования и онлайн-обучения выполнена на основании представленных исходных данных, в соответствии с заданием на проектирование и требованиями действующих норм и правил.

Данная система разработана для управления администрированием и учебным центром.

Цели разработки:

- Расширение возможностей кабинета пользователя;
- Повышение интереса пользователей к применению данной системы за счёт удобного и интуитивно понятного интерфейса;

- Обеспечение возможности формирования и хранения различных учётно-отчётных списков, историй пользователя и библиотеки материалов в реальном масштабе времени;

- Повышение качества связи коммуникации между пользователями системы за счёт замены вспомогательных приложений на собственное средство коммуникации;

- Самостоятельный контроль расписания пользователей по взаимодействию и работе с системой;

- Наличие, возможность изменения и удаления статуса материалов в процессах взаимодействия с системой;

- Статический сбор и анализ информации.

Система предназначена для автоматизированного дистанционного взаимодействия между пользователями с помощью использования опций и возможностей, которые позволяют выполнять некоторые действия самостоятельно, без необходимости получения обратной связи.

Внедрение системы должно обеспечить решение следующих основных и вспомогательных задач:

- Предоставление пользователям возможности администрирования и управления расписанием при работе с системой в реальном масштабе времени;

- Обеспечение возможности отображения истории занятий и выполненных проектов, а также хранение и просмотр результатов тестирования;

- Внедрение собственного инструмента для проведения видеосозвонов и трансляций с несколькими пользователями одновременно;

- Возможность создания, проверки и хранения материалов для проведения онлайн-обучения в базе данных системы;

- Обеспечение сбора и предоставления для анализа статистики по проведенным занятиям в системе для конкретного пользователя.

При разработке автоматизированной системы требуется учитывать особенности каждой отдельной операционной системы и совместимость технологий, также требуется установка дополнительных библиотек, необходимых для корректной работы программы. В случае web-приложения от пользователя требуется только наличие браузера, большая часть которых имеет вполне определенные возможности, а также работают примерно одинаково. Это позволяет упростить разработку: в основном требуется учитывать только мобильные устройства по причине малого разрешения экрана у большинства подобных устройств.

Автоматизированная дистанционная форма обучения позволяет осуществлять онлайн-обучение независимо от места жительства обучающегося. Однако подобная система усложняет взаимодействие в реальном времени из-за различных часовых поясов, графика пользователей или языкового барьера. Поэтому система управления должна снизить значимость подобных факторов. Это достигается путем снижения количества

взаимодействий между пользователями с помощью использования опций системы и возможности выполнять некоторые действия самостоятельно, без необходимости получения обратной связи.

### Литература

[1] Документация Meteor. Электронный ресурс. - Режим доступа: <https://docs.meteor.com/>. - Дата доступа: 01.04.2020.

[2] Документация Mongo. Электронный ресурс. - Режим доступа: <https://docs.mongodb.com/>. - Дата доступа: 01.04.2020.

[3] Официальный сайт языка JavaScript. Электронный ресурс. - Режим доступа: <https://www.javascript.com/>. - Дата доступа: 01.04.2020.

[4] CRM-система HOLLIHOP. Электронный ресурс. - Режим доступа: <https://holyhore.ru/>. - Дата доступа: 01.04.2020

## ETHERNET ПРИ ПОМОЩИ ЕДИНОЙ ВИТОЙ ПАРЫ – УЖЕ РЕАЛЬНОСТЬ

В.А. Задорожная

Научный руководитель – Гутич И.И., старший преподаватель

Резюме – В настоящее время Ethernet является неотъемлемой частью технологического процесса. В данной статье рассматривается Ethernet при помощи единой витой пары, преимущества и недостатки.

Summary - Ethernet is now an integral part of the process. This article discusses Ethernet with a single twisted pair, the advantages and disadvantages.

Локальная сеть (англ. Ethernet) — семейство технологий пакетной передачи данных между устройствами для компьютерных и промышленных сетей.

Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. Ethernet стал самой распространённой технологией ЛВС в середине 1990-х годов, вытеснив такие устаревшие технологии, как Token Ring, FDDI и ARCNET.

Название «Ethernet» (буквально «эфирная сеть» или «среда сети») отражает первоначальный принцип работы этой технологии: всё, передаваемое одним узлом, одновременно принимается всеми остальными. В настоящее время практически всегда подключение происходит через коммутаторы (switch), так что кадры, отправляемые одним узлом, доходят лишь до адресата — это повышает скорость работы и безопасность сети.

Витая пара — вид кабеля связи. Представляет собой одну или несколько пар изолированных проводников, скрученных между собой (с небольшим числом витков на единицу длины), покрытых пластиковой оболочкой.

Свивание проводников производится с целью повышения степени связи между собой проводников одной пары (электромагнитные помехи одинаково влияют на оба провода пары) и последующего уменьшения электромагнитных помех от внешних источников, а также взаимных наводок при передаче дифференциальных сигналов. Для снижения связи отдельных пар кабеля (периодического сближения проводников различных пар) в кабелях UTP категории 5 и выше провода пары свиваются с различным шагом. Витая пара — один из компонентов современных структурированных кабельных систем. Используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве физической среды передачи сигнала во многих технологиях, таких как Ethernet, Arcnet, Token ring, USB. В настоящее время, благодаря своей дешевизне и лёгкости монтажа, является самым распространённым решением для построения проводных (кабельных) локальных сетей.

В стандарте первых версий Ethernet указано, что в качестве передающей среды используется коаксиальный кабель, в дальнейшем появилась возможность использовать витую пару и оптический кабель.

Преимущества использования витой пары по сравнению с коаксиальным кабелем:

- возможность работы в дуплексном режиме;
- низкая стоимость кабеля витой пары;
- более высокая надёжность сетей: при использовании витой пары сеть строится по топологии «звезда», поэтому обрыв кабеля приводит лишь к нарушению связи между двумя объектами сети, соединёнными этим кабелем (при использовании коаксиального кабеля сеть строится по топологии «общая шина», для которой требуется наличие терминальных резисторов на концах кабеля, поэтому обрыв кабеля приводит к неисправности сегмента сети);
- уменьшен минимально допустимый радиус изгиба кабеля;
- большая помехоустойчивость из-за использования дифференциального сигнала;
- возможность питания по кабелю маломощных узлов;
- гальваническая развязка трансформаторного типа. В условиях СНГ, где, как правило, отсутствует заземление компьютеров, применение коаксиального кабеля часто приводило к выходу из строя сетевых карт в результате электрического пробоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коммутируемые сети Ethernet // Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.mdk-arbat.ru/books>. – Дата доступа: 21.04.2020.
2. Спецификация IEEE 802.3bz [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.ixbt.com/news/2016/09/27>. – Дата доступа: 21.04.2020.
3. На пути к TerabitEthernet [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://www.ko.com.ua/na\\_puti\\_k\\_terabit\\_ethernet\\_42926](http://www.ko.com.ua/na_puti_k_terabit_ethernet_42926) – Дата доступа: 21.04.2020.



## ПРОРЫВЫ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Сардлишвили М.Н.

Научный руководитель – Воюш Н.В.

Искусственный интеллект все больше и больше вступает в контакт с человеком, ему пытаются найти применение во всем, начиная от анализа рынка и заканчивая военным делом. Что же такое искусственный интеллект? Термин «искусственный интеллект» представляет множество дисциплин в области программного обеспечения, логики, вычислений и философии, цель которых — создание компьютеров, способных выполнять функции, ранее свойственные только человеку. В качестве примера таких функций можно назвать восприятие значения написанного или произнесенного, обучение, распознавание мимики и так далее. Направление развития искусственного интеллекта имеет долгую историю. Такие ранние технологические прорывы, как оптическое распознавание символов, теперь являются обыденным явлением [1].

Наиболее значимые открытия за последнее десятилетие:

### 1. Электромобиль Vision Next 100.

Данный автомобиль не только подходит под категорию экологически чистый вид транспорта, но под самый умный автомобиль. Компания BMW начала разработку в 2017 году и уже в 2021 обещает вывести машину в эксплуатацию. В Vision Next 100 нет руля и педалей, для того чтобы завести машину достаточно просто прикоснуться к панели управления и машина сама начнет движение, рассчитывая свой маршрут.

### 2. Искусственный интеллект в покере

Как уже говорилось, искусственный интеллект находит свое применение почти, что во всем. Разработанный Facebook и исследователями из Университета Карнеги-Меллона алгоритм дал бой 12 профессионалам в игру покер, впервые обыграв людей за столом с шестью игроками, а не один на один. ИИ выиграл свыше 450 тыс. \$.

### 3. Применение ИИ в области медицины.

Искусственный интеллект широко применяется в области медицины. Платформу Watson Health от IBM используют радиологические клиники США, Индии и Таиланда. Когнитивная программа на её основе способна зарегистрировать у пациентов рак или проблемы с сердцем. DeepMind Health — технология Google — работает в британской офтальмологической клинике, выявляет некоторые глазные болезни и рекомендует, как их лечить [2].

Искусственный интеллект уже занимает значительную часть разных сфер деятельности человека, заменяя его на опасных и трудных работах, или просто облегчает эту работу до минимума. Созданы крупные планы по освоению космоса при помощи ИИ, а также изучения мирового океана.

#### Литература

1. <https://www.hpe.com/ru/ru/what-is/artificial-intelligence.html>
2. <https://mhealthcongress.ru/ru/article/vozmognosti-ii-v-medicine-primeri-primeneniya-96282>.

## АЛГОРИТМ ДЕЛЕНИЯ БЕЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСТАТКА В ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Русак Е.О.

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

При разработке цифровых устройств в некоторых случаях возникает потребность в делении чисел в двоичной системе счисления. Однако в отличие от алгебраического сложения либо умножения не существует микросхем, выполняющих алгебраическое деление. В этом случае, как правило, прибегают к процессорам либо микропроцессорам, что, как минимум, с экономической точки зрения является нерациональным решением.

В данной работе будет предложен алгоритм для реализации деления чисел без восстановления остатка. Деление без восстановления остатка подходит для систем, где требуется произвести деление кратных чисел, т.е. чисел, делящихся без остатка, либо в системах, не требующих высокой точности вычисления и где образовавшимся остатком можно пренебречь.

В разработанной схеме деление сводится к последовательному вычитанию до тех пор, пока знак делимого не станет отрицательным. При этом вычитание происходит на стандартных сумматорах за счет того, что делитель до начала процедуры деления переводится в т.н. дополнительный код.

Рассмотрим алгоритм разработанной операции деления на примере деления 6 на 3. Для этого будем использовать 4-х разрядные микросхемы:

1. Для получения дополнительного кода делитель инвертируется, т.е. все числа делителя меняются на противоположные. Таким образом, двоичный код числа 3, т.е. 0011 меняется на 1100. Это можно реализовать используя разнообразные инверторы.
2. К полученному коду необходимо добавить число 1, т.е. используя сумматор 1 сложить полученный ранее код с кодом числа 1. При использовании 4-х разрядных сумматоров это будет выглядеть как  $1100+0001$ , что в результате даст нам код 1101. Полученный код и есть дополнительный код числа 3. На данном этапе может произойти переполнение разрядной сетки, поэтому в схемах, где делимое и делитель невозможно заранее предсказать лучше использовать микросхемы большей разрядности.
3. Далее необходимо сложить на сумматоре 2 делимое и делитель, т.е. код числа 6 и дополнительный код числа 3. В рассматриваемом примере это  $0110+1101$ , что в результате даст нам 10011. Старший разряд, вызывающий переполнение разрядной сетки в этом шаге игнорируется, т.к. сложение происходит при использовании дополнительного кода.

4. На выходе старшего разряда сумматора устанавливается инвертор. Таким образом проверяется знак полученного числа, если на выходе инвертора будет 1, то деление будет продолжаться, если 0, то деление прекращается. В рассматриваемом случае на выходе инвертора мы получим 0.
5. Сигнал с инвертора подается на тактовый вход счетчика, на котором и будет формироваться итоговое частное. Т.е. если на выходе инвертора получена 1, то на счетчике формируется сигнал  $n+1$ , где  $n$  – ранее полученный код. В данном случае  $0+1=1$ .
6. Полученный на сумматоре код записывается в промежуточный регистр, при этом запись в регистр также управляет сигнал с инвертора. В данном случае будет записан код 0011.
7. Код с промежуточного регистра опять подается на сумматор 2, где происходит сложение кода с регистра и дополнительного кода числа 3. В рассматриваемом примере  $0011+1011$
8. Далее опять происходит проверка старшего разряда, обозначающего знак и алгоритм повторяется с пункта 4.
9. Если же на выходе инвертора получен сигнал 0, то сложение на сумматоре больше не происходит и запись в промежуточный регистр не осуществляется, а сигнал старшего разряда сумматора управляет записью в конечный регистр, на котором и формируется частое. Частное подается с выходов счетчика.

Таким образом, в первом цикле работы в промежуточном регистре будет записано число 0011, на счетчике образуется число 0001. Во втором цикле работы в промежуточном регистре будет записано число 1000 (старший разряд, образованный переполнением сетки игнорируется), на счетчике образуется число 0010. В третьем цикле работы в промежуточном регистре будет получено число 11011, т.е. на выходе инвертора будет 0, а на выходе старшего разряда сумматора 1, т.е. запись в промежуточный регистр больше не происходит и на счетчик не подается тактовый сигнал, по которому ведется счет. А в итоговый регистр по сигналу со старшего разряда сумматора будет записано число 0010, что и обозначает 2 в десятичной системе счисления. Таким образом получен результат деления 6 на 3.

При делении чисел большой разрядности можно объединять элементы в каскады с целью увеличения их разрядности

К недостаткам данного метода можно отнести перегруженность схемы элементами, т.к. даже при его реализации на 4-х разрядных числах нужно по крайней мере 10 элементов. Также деление производится без восстановления остатка, т.е. при делении 6 на 5 будет получен результат 1, однако недостатки компенсируются отсутствием необходимости в МП.

## **СЕКЦИЯ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**

### **ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ**

#### **РАЗБОР И РЕФАКТОРИНГ НЕОГРАНИЧЕННОЙ ОЧЕРЕДИ С ОДНИМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ И ОДНИМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ**

Стухальский А. Л., магистрант кафедры ПОИСиТ

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

#### **УПРАВЛЕНИЕ 3D ПРИНТЕРОМ ЧЕРЕЗ Wi-Fi СЕТЬ**

Богданчук П.А

Научный руководитель – доцент Гурский Н.Н.

#### **РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: ОГРАНИЧЕНИЯ МАСШТАБИРУЕМОСТИ**

Варвашевич М.С., Леончик А.Л.

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

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕГО РАДИАТОРА СВЕТОДИОДНОГО ПРОЖЕКТОРА В ANSYS**

Грицук Д.С.

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

#### **КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЫЧАГА**

Парахневич В.С.

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

#### **КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕСМОДРОМНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

Ясько А.Ф.

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

#### **ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОИСКА ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ МАТРИЦЫ НА ЯЗЫКЕ C#**

Казачёнок М.С.

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

### **МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ДЛЯ СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Буданов Д.А.

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

### **СЕРВИС СБОРА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ТОВАРАХ НА САЙТАХ**

Чук П.А.

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

### **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА**

Шут Т.О.

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

### **ПРЕИМУЩЕСТВА МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Полховский Е.С.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

### **НЕДОСТАТКИ МОНОЛИТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Руденя А.С.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

### **АЛГОРИТМ АДАПТИВНОСТИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА К ЗНАНИЯМ СТУДЕНТА**

Царь А.И.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

### **ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ УДОБНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА**

Шаповал Д.В.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

### **УТИЛИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО СЕТЕВЫМ ПРОТОКОЛАМ С УДАЛЕННОГО УЗЛА**

Борздыко М.А., Балкис И.С.

Научный руководитель - Белова С.В.

### **СЕТЕВОЙ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ЧАТ С ГОЛОСОВЫМ АССИСТЕНТОМ**

Дубоделов А.В.

Научный руководитель - Белова С.В.

### **ФРАКТАЛЫ. ФРАКТАЛЬНАЯ ГРАФИКА**

Рогожник Я.А., Васильков В.С.

Научный руководитель - Белова С.В., Катковская И.Н.

### **СЕТЕВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ»**

Белявская Н. С., Мироненко К. А.

Научный руководитель - Белова С.В.

### **МЕТОД КОРНЕВОГО ГОДОГРАФА. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА НЬЮТОНА-РАФСОНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ ГОДОГРАФОВ СИСТЕМ**

Балкис И.С., Дубоделов А.В.

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

### **ФОТОРЕДАКТОР НА iPhone**

Косякова Д.Д.

Научный руководитель – Разоренов Н.А., к.т.н., доцент

### **ШИФРОВАНИЕ ДАННЫХ НА БАЗЕ CRYPTO API**

Курьянович Д. Ю.

Научный руководитель – Разоренов Н.А., к.т.н., доцент

### **МЕТОД КОРНЕВОГО ГОДОГРАФА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ ПАКЕТА MATLAB SIMULINK**

Васильков В.С., Борздыко М.А., Березневич И.В.

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

### **ДИНАМИЧЕСКОЕ СОЗДАНИЕ И КОНТРОЛЬ ВЕРСИЙ БД ИСПОЛЬЗУЯ ПЛАГИН FLYWAY**

Косякова Д.Д., Камадей А.В.

Научный руководитель – Прибыльская Н.М., ст. преподаватель

**АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ ПОМОЩИ jsonwebtoken(jwt). структура JWT**

Курьянович Д.Ю.

Научный руководитель – Прибыльская Н.М., ст. преподаватель

**WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО РАБОТЕ НАУЧНОЙ КАФЕДРЫ**

Рымдёнок Е.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., доцент, к.т.н.

**WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК СТУДЕНТОВ**

Еремейко А.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б. , к.т.н., доцент

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСОВ В НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Житкевич А.В.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

**WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ КАФЕДРЫ**

Жолудев Е.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

**МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО РАБОТЕ С КЛИЕНТАМИ В CRM-СИСТЕМЕ**

Карастелёва Н. Н.

Научный руководитель – Куприянов А. Б., к.т.н., доцент



**ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ  
ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Вольский А.М.

Научный руководитель – Куприянов А. Б., к.т.н., доцент

**МОДУЛЬ СЕГМЕНТАЦИИ КЛИЕНТОВ В CRM-СИСТЕМЕ**

Прокопенко Д. В.

Научный руководитель – Куприянов А. Б., к.т.н., доцент

**WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТАЦИИ ГЭК**

Климченя Е.Д.

Научный руководитель – Гурский Н.Н., доцент, к.т.н.

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ ЖИЛОГОПОМЕЩЕНИЯ**

Молодкин В А

Научный руководитель – Юденков В. С., к.т.н., доцент

## РАЗБОР И РЕФАКТОРИНГ НЕОГРАНИЧЕННОЙ ОЧЕРЕДИ С ОДНИМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ И ОДНИМ ПОТРЕБИТЕЛЕМ

Стухальский А. Л., магистрант кафедры ПОИСиТ

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

Ключевые слова: структура данных, очередь, многопоточность, атомарность, C++17, datastructure, spscqueue, multithreading, atomics.

В качестве объекта рассмотрения в статье выступает неограниченная очередь с одним потребителем и одним производителем (далее очередь). Интерфейс очереди состоит из конструктора, деструктора, методов для ввода/вывода в/из очереди производителем/потребителем соответственно.

В основе очереди [1] лежит идея повторного использования ячеек. Для этого используются два дополнительных указателя. Один из них указывает на начало диапазона неиспользуемых ячеек (конец диапазона перед хвостом очереди). Другой дополнительный указатель содержит старую копию хвоста очереди и используется для уменьшения числа обращений к хвосту очереди. Т.к. хвост используется преимущественно потребителем, он находится в кэш-линии потока потребителя, то производителю из другой кэш-линии нужно будет синхронизироваться с потребителем для получения последнего значения хвоста, что дольше, чем работа с локальной копией.

Схема очереди приведена на рисунке 1.

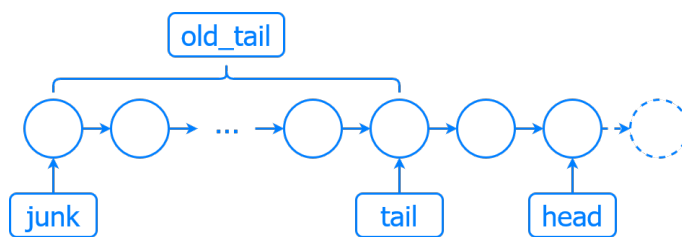


Рисунок 1 Схема очереди Дмитрия Выкова

Ещё одна оптимизация в оригинальном программном коде заключается в разделении кэш-линий для потоков производителя и потребителя таким образом, чтобы они не пересекались. Для этого в оригинальном

коде использовалось свойство C++ сохранять порядок переменных при компиляции (переменные следуют в памяти в том же порядке, как они шли в исходном коде слева-направо сверху-вниз) и промежуточный буфер размером с кэш-линию. Таким образом в кэше по порядку шли tail (часть потребителя), отступ (чтобы перенести часть производителя на отдельную кэш-линию), head, junk, old\_tail (часть производителя).

Начиная с C++11 выравнивание в памяти можно осуществлять с помощью сочетания спецификатора `alignas[2]` и анонимных структур (см. листинг 1). Спецификатор `alignas` применяется для типа, в т.ч. структуры (как в нашем примере), а анонимные структуры позволяют обернуть несколько переменных не меняя способ обращения к ним во внешнем коде. Схема выравнивания указателей в памяти приведена на рисунке 2.

```
struct alignas(cache_line_size) {
    node *tail;
};
struct alignas(cache_line_size) {
    node *head, *junk, *old_tail;
};
```

Листинг 1 Программный код выравнивания в памяти через спецификатор `alignas`



Рисунок 2 Выравнивание указателей очереди в памяти с целью разделения потоков производителя и потребителя по разным кэш-линиям

С целью безопасного использования очереди, в оригинальном коде конструктор копирования и перегрузка оператора присвоения оставлены с пустой реализацией в приватной области видимости, т.о. объект очереди нельзя будет скопировать, что и не имеет смысла делать для многопоточных структур данных. Начиная C++11 для явного удаления функций используется спецификатор `delete`, который явно указывает, что реализации нети при вызове данной функции будет выдана ошибка компиляции. Пример явного удаления из обновлённого кода приведен на листинге 2.

В оригинальном коде деструктора указатель `junk` копировался в переменную, и в цикле удалялось содержимое очереди. От использования локальной переменной можно отказаться, а тело цикла заменить вызовом функции `std::exchange` введенной в C++14 в пакете `utility`. Сравнение реализаций деструктора приведено на рисунке 3.

```
spsc_queue(spsc_queue const&) = delete;
spsc_queue& operator=(spsc_queue const&) = delete;
```

Листинг 2 Явное удаление конструктора копирования и оператора присвоения очереди

```
~spsc_queue()
{
    node* n = junk;
    do {
        node* next = n->next;
        delete n;
        n = next;
    }
    while (n);
}

~spsc_queue() {
    while (junk)
        delete std::exchange(
            junk, junk->next);
}
```

Рисунок 3 Сравнение реализаций деструктора

В оригинальном коде в методе вывода из очереди некорректно использовался указатель на хвост. Будучи единственной разделяемой переменной между двумя потоками, в методе напрямую использовалось его значение. Лучше загрузить значение в локальную копию и в дальнейшем работать с ней. Так же в методе присутствовал избыточный барьер памяти для сохранения нового значения хвоста. Он не нужен поскольку с этим

указателем работает только потребитель, синхронизировать операцию записи не с чем, следовательно и порядок операций не важен.

В методе enqueue в качестве аргумента было фактическое значение, т.е. содержимое копировалось и при передаче в функцию и при записи в очередь. Во избежание копий, начиная с C++11, можно использовать механизм перемещения (rvalue reference [3]), что позволяет избежать промежуточных копий. При передаче аргументов через rvalue reference, копирования аргумента при передаче в функцию не будет, а внутреннее содержимое аргумента будет перемещено в ячейку без копирования.

```
#pragma once
#include <utility>
#include <atomic>
static constexpr std::size_t cache_line_size = 64;
template<typename T>
class spsc_queue {
public:
spsc_queue() {tail = head = junk = old_tail = new node();}
~spsc_queue() {
while (junk) delete std::exchange(junk, junk->next);
}
void enqueue(T&& v) {
node *n = alloc_node();
n->next = nullptr;n->value = v;
head = head->next = n;
std::atomic_thread_fence(std::memory_order_release);
}
bool dequeue(T& v) {
auto t = tail;
std::atomic_thread_fence(std::memory_order_consume);
if (!t->next) return false;
v = t->next->value;
tail = t->next;
return true;
}
private:
struct node{node *next = nullptr;T value;};
struct alignas(cache_line_size) { node *tail; };
struct alignas(cache_line_size) {
node *head, *junk, *old_tail;
};
node* alloc_node() {
if (junk == old_tail) {
old_tail = tail;
if (junk == old_tail) return new node();
}
return std::exchange(junk, junk->next);
}
spsc_queue(spsc_queue const&) = delete;
spsc_queue& operator=(spsc_queue const&) = delete;
};
```

Листинг 3 Полный код переработанной очереди

<pre>node* alloc_node() { if (junk != old_tail) { node* n = junk; junk = junk-&gt;next; return n; } old_tail = load_consume(&amp;tail); if (junk != old_tail) { node* n = junk; junk = junk-&gt;next; return n; } node* n = new node; return n; }</pre>	<pre>node* alloc_node() { if (junk == old_tail) { old_tail = tail; if (junk == old_tail) return new node(); } return std::exchange(junk, junk-&gt;next); }</pre>
---	--

Например, вместо копирования массива по указателю, будет скопирован только указатель.

Упрощена реализация функции alloc\_node от повторения кода, выделявшего ячейку из числа неиспользуемых, за счёт инвертирования условий. Сравнение реализаций приведено на рисунке 4. Проверить идентичность работы реализаций можно по графам вариантов исполнения, приведенным на рисунке 5, где условия обозначены через используемые операторы сравнения, загрузка хвоста словом load, выделение ячейки из диапазона неиспользуемых словом junk и выделение новой ячейки словом new.

Полный программный код очереди приведен на листинге 3.

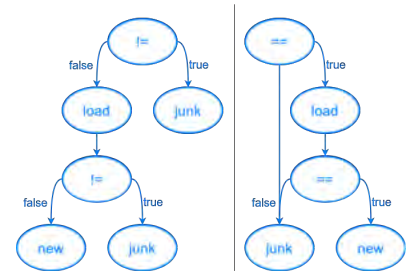


Рисунок 5 Графы вариантов исполнения

## Литература

1. Unbounded SPSC Queue [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.1024cores.net/home/lock-free-algorithms/queues/unbounded-spsc-queue>. – Датадоступа: 20.04.2020.
2. alignspecifier [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.cppreference.com/w/cpp/language/alignas>. – Датадоступа: 28.04.2020.
3. Referencedeclaration [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.cppreference.com/w/cpp/language/reference>. – Дата доступа: 15.04.2020.

## **УПРАВЛЕНИЕ 3D ПРИНТЕРОМ ЧЕРЕЗ WI-FI СЕТЬ**

Богданчук П.А

Научный руководитель – доцент Гурский Н.Н.

### **Введение**

С момента открытия возможности беспроводной передачи данных началось развитие беспроводных сетей. Отсутствие необходимости в проводной сети, дало возможность осуществлять связь с самых далеких уголков нашей планеты. С дальнейшим развитием технологий, беспроводная передача данных широко охватила различные сферы жизни. К концу 20 века, свое начало получила новая технология беспроводной локальной сети, называемая Wi-Fi. С тех пор, данная технология сменила несколько поколений, которые отличаются скоростью передачи данных. В современное время, наиболее распространены сети поколений 802.11b/g/n. Стоит отметить, что почти каждое мобильное устройство на сегодняшний день может осуществлять связь, используя данную технологию. В связи с большим распространением данной технологии, а также применением почти во всех мобильных устройствах, она может быть использована для управления различными электронными приборами с мобильного устройства.

В данной работе рассматривается создание программного обеспечения, необходимого для осуществления управления 3D принтером, используя технологию беспроводной передачи данных Wi-Fi.

### **Используемые аппаратные средства**

Для реализации управления 3D принтером необходимо определить аппаратную часть, благодаря которой будет осуществляться связь.

Поскольку в качестве управляющей платы 3D принтера используется ArduinoMega 2560, подключение беспроводного модуля может осуществляться через интерфейс UART. Данный интерфейс преобразует передаваемые данные в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по одной физической цифровой линии другому аналогичному устройству. Метод преобразования хорошо стандартизован и широко применяется в компьютерной технике.

Исходя из вышесказанного, в качестве модуля беспроводной связи выбрана платформа NodeMCUV3, основанная на модуле ESP8266. Данная платформа дает возможность подключения по UART к контроллеру 3D принтера, а также на ней присутствует USB-UART преобразователь, позволяющий загружать программное обеспечение непосредственно подключая к компьютеру.

## Используемые программные средства

Изначально, модуль беспроводной связи ESP8266, входящий в состав платформы NodeMCUV3, использует скриптовый язык программирования Lua и набор AT-команд. Однако, для написания программного обеспечения используется среда разработки ArduinoIDE с пакетом ESP8266 Community. Данный пакет позволяет писать на языке C++, с предустановленными библиотеками среды разработки Arduino.

## Исходные данные и проектирование системы

При разработке интерфейса управления, необходимо определить необходимые функции. Можно выделить несколько групп: ручное управление двигателями 3D принтера, управление температурой печати, возможность ручной отправки G-команд на принтер.

Для возможности подключения и управления различными устройствами, модуль связи будет являться веб-сервером со своим интерфейсом, при этом управление будет происходить через браузер. Схема взаимодействия приведена на рисунке 1.

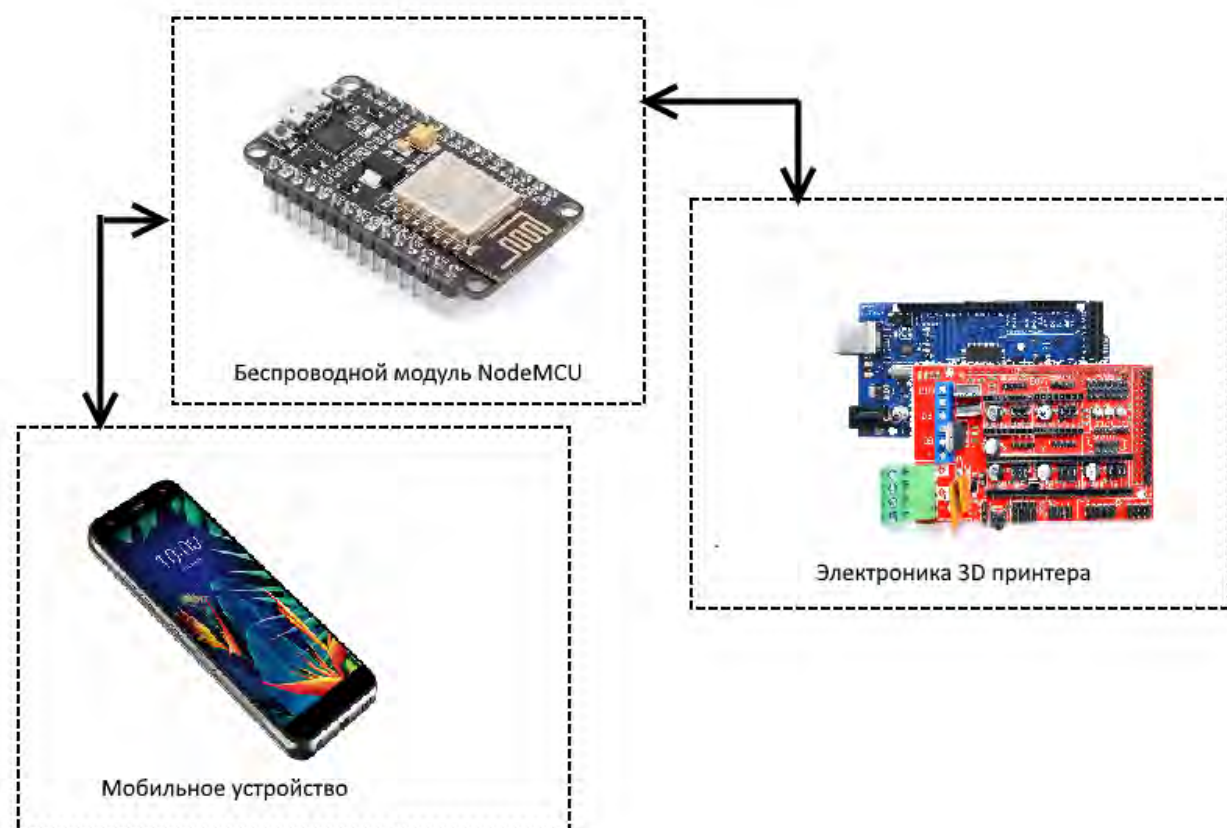


Рисунок 1. Схема взаимодействия.

Как видно из схемы, на беспроводном модуле запускается веб-сервер, одновременно модуль отправляет данные о ip адресе сервера на электронику 3D принтера. Она соответственно показывает адрес подключения пользователю. Затем, мобильное устройство подключается через Wi-Fi сеть к беспроводному модулю. В браузере с мобильного устройства производится переход по соответствующему адресу к серверу. При каком-либо действии управления, сервер обрабатывает данные, преобразовывает их и в виде набора G-команд отправляет на электронику принтера по интерфейсу UART. Таким образом осуществляется работа всех узлов схемы.

## Результаты проектирования системы

Полученный интерфейс пользователя представлен на рисунках ниже. Управление производится через браузер GoogleChrome с мобильного устройства

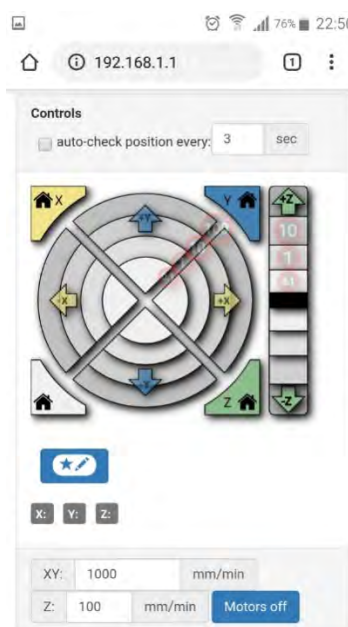


Рисунок 2

Представленное программное обеспечение беспроводного модуля позволяет управлять 3D принтером по Wi-Fi сети. Использование беспроводной сети позволяет управлять принтером дистанционно. Такое управление может быть применено в таких ситуациях, когда управление с подключением по проводам невозможно осуществить ввиду сложности монтажа, либо необходимости контролировать процесс печати удаленно из различных точек. В дополнение, необходимо отметить преимущество – в связи с большой распространенностью, управление принтером может осуществляться почти с любого мобильного устройства.



## Литература

1. Wi-Fi [Электронный ресурс]. - Режим доступа:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>. - Дата доступа: 13.05.2020.
2. UART Интерфейс [Электронный ресурс]. - Режим доступа:  
<https://voltiq.ru/wiki/uart-interface/> - Дата доступа: 13.05.2020.
3. ESP8266 [Электронный ресурс]. - Режим доступа:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP8266>. - Дата доступа: 13.05.2020.

## РАСПРЕДЕЛЕННОЕ ОБУЧЕНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: ОГРАНИЧЕНИЯ МАСШТАБИРУЕМОСТИ

Варвашевич М.С., Леончик А.Л.

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

Чтобы эффективно решать задачи, глубокие нейронные сети (DNN) необходимо обучать с использованием большого количества данных и вычислительных ресурсов. На данный момент уровень развития техники позволяет осуществлять распараллеливание задачи обучения между 8-ю и более процессорами, размещенными в одном вычислительном узле. Известные методы распределения [1], [2] показывают неутешительные результаты [3] с точки зрения масштабируемости и эффективности. На рисунке 1 (слева) видно, что прирост скорости обучения сети в зависимости от ее масштабирования практически останавливается уже после нескольких десятков узлов.

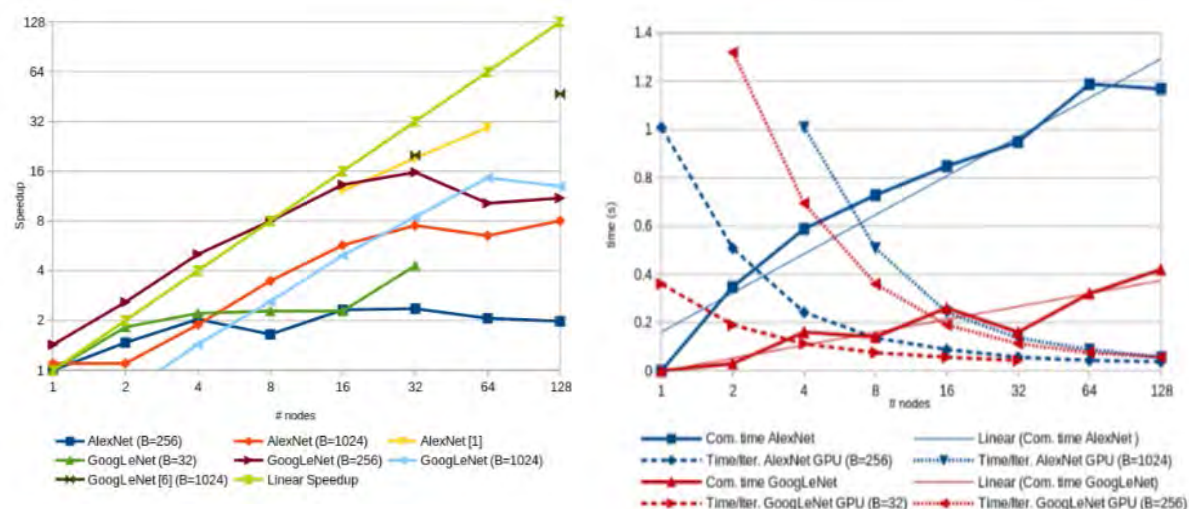


Рисунок 1. Экспериментальная оценка масштабируемости обучения DNN с различными размерами пакета (слева). Коммуникационные издержки для разных моделей (справа). Масштабируемость останавливается, когда время вычислений ниже времени обмена данными, в результате чего вычислительные блоки простаивают

DNN обучаются с использованием алгоритма стохастического градиентного спуска (SGD). Распараллелить данный алгоритм достаточно сложно - это связано с его последовательной природой. Для распределенной

реализации на многопроцессорных системах обычно используется версия SGD с параллелизмом данных.

### *1. Накладные расходы распараллеливания*

Распараллеливание обучения DNN с помощью SGD требует синхронизации модели и вычисления градиентов между всеми узлами на каждой итерации. Так как вычисление весов должно быть синхронизировано на всех узлах, вся коммуникация между узлами должна быть завершена до следующей итерации. Таким образом, более быстрые вычислительные ресурсы (например, более мощные GPU) усугубляют фундаментальную проблему, которая заключается в том, что время связи превышает время вычислений после масштабирования всего до нескольких узлов, заставляя вычислительные ресурсы простаивать.

На рисунке 1(слева) показана разница между временем на коммуникацию и на вычисления. В зависимости от размера модели, проблема обучения становится зависимой от времени на коммуникацию после масштабирования всего лишь от 4 до 8 узлов. Это напрямую коррелирует с общими результатами масштабирования, показанными на рисунке 1(слева).

В последнее время было предложено несколько подходов для преодоления этой проблемы: например, некоторые методы пытаются уменьшить размер модели перед коммуникацией. Это может быть сделано путем (а) перепроектирования сети - устранения неиспользуемых весов, (б) ограничения точности вычисления весов модели, (с) сжатия (которое описано в [1]) или (д) передачи только разряженного градиента и информации о модели [4]. Все эти методы оказывают реальное влияние, перемещая масштабируемость на коэффициент уменьшения размера модели. Но ни один из этих подходов не способен решить проблему в принципе, поскольку размеры моделей увеличиваются намного быстрее, чем доступная пропускная способность сетей.

### *2. Параллельный доступ к обучающим данным*

Другим узким местом в распределенном обучении глубоких нейронных сетей является распределение обучающих данных между узлами системы. Хранение копии всех обучающих данных на каждом узле системы не только требует наличия NVRAM (или другого высокоскоростного локального хранилища) на каждом узле, но также требует высокой производительности в силу необходимости копировать сотни гигабайт на каждый узел непосредственно перед самим обучением DNN.

## 2.1. Увеличение пропускной способности сети

Использование централизованного хранилища для обучающих данных является более эффективным решением, чем хранение больших наборов данных непосредственно на локальных узлах. По сравнению с петабайтами трафика, вызванного распределением SDG, нагрузка от распределения обучающих данных кажется пренебрежимо малой. На рисунке 1 (справа) представлены практические последствия хранения обучающих данных в распределенной файловой системе Lustre, когда пропускная способность сети превышена коммуникациями SDG.

## 2.2. Небольшие файлы – высокоскоростной произвольный доступ

Пропускная способность - не единственная проблема, когда дело доходит до использования параллельных файловых систем. Есть также проблемы с задержкой, которая обусловлена структурой обучающих данных, используемых во многих приложениях глубокого обучения: как правило, обучающие данные представлены большим количеством небольших файлов (например изображения, аудио или тексты), которые должны быть доступны случайным образом в течение времени, необходимого для обучения нейронной сети. Множество узлов одновременно опрашивают большое количество случайных файлов на сервере с файловой системой, что приводит к тому, что сервер начинает отвечать с задержкой, или вовсе к падению распределенной файловой системы.

### *Заключение*

В данном докладе мы показали два конкретных узких места в масштабируемом распределенном обучении DNN, которые должны быть преодолены для получения устойчивого решения, которое может обеспечить масштабирование на тысячи узлов. В настоящее время, эффективное масштабирование при распределенном обучении DNN невозможно на числе узлов, превышающем 16.

## Литература

1. <https://github.com/intel/caffe> [Электронный ресурс] / IntelCaffe – Электрон. дан. - Режим доступа: <https://github.com/intel/caffe>, свободных – Загл. с экрана – Яз. англ. (дата доступа 14.04.2020)
2. Tensorflow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems. arXiv preprint, M. Abadi – Препринт arXiv - arXiv:1603.04467, 2016.
3. On parallelizability of stochastic gradient descent for speech dnns, F. Seide – В разделе 2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), стр. 235–239. IEEE, 2014.
4. Scalable and sustainable deep learning via randomized hashing, R. Spring and A. Shrivastava. - Препринт arXiv - arXiv:1602.08194, 2016.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОХЛАЖДАЮЩЕГО РАДИАТОРА СВЕТОДИОДНОГО ПРОЖЕКТОРА В ANSYS

Грицук Д.С.

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

Цель работы – рассчитать температурное состояние конструкции охлаждающего радиатора светодиодного прожектора (рисунок 1) и провести оптимизацию по критерию суммарной массы конструкции.

Конструкция изготовлена из алюминия (коэффициент теплоотдачи  $K = 15$  Вт/м<sup>2</sup>°С, суммарная температура на матрицах 250 °С, температура окружающей среды 22 °С).

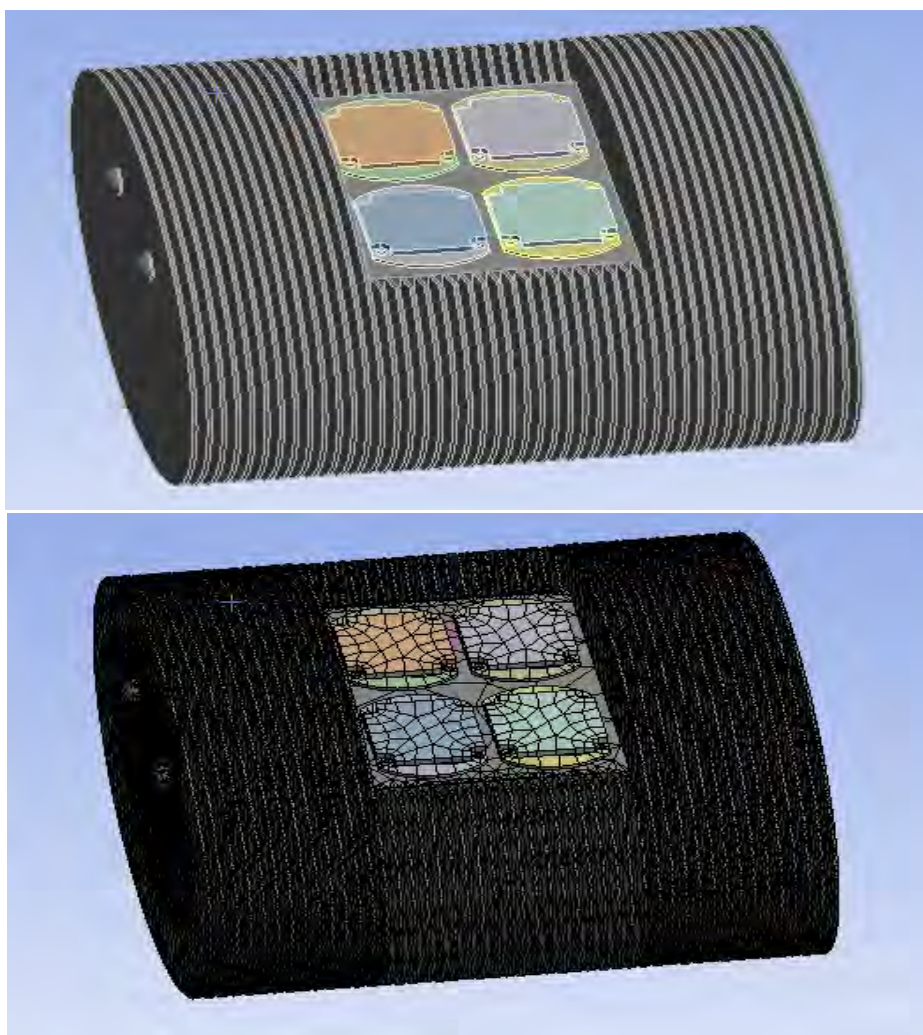


Рисунок 1 – Вид радиатора и конечно-элементная модель

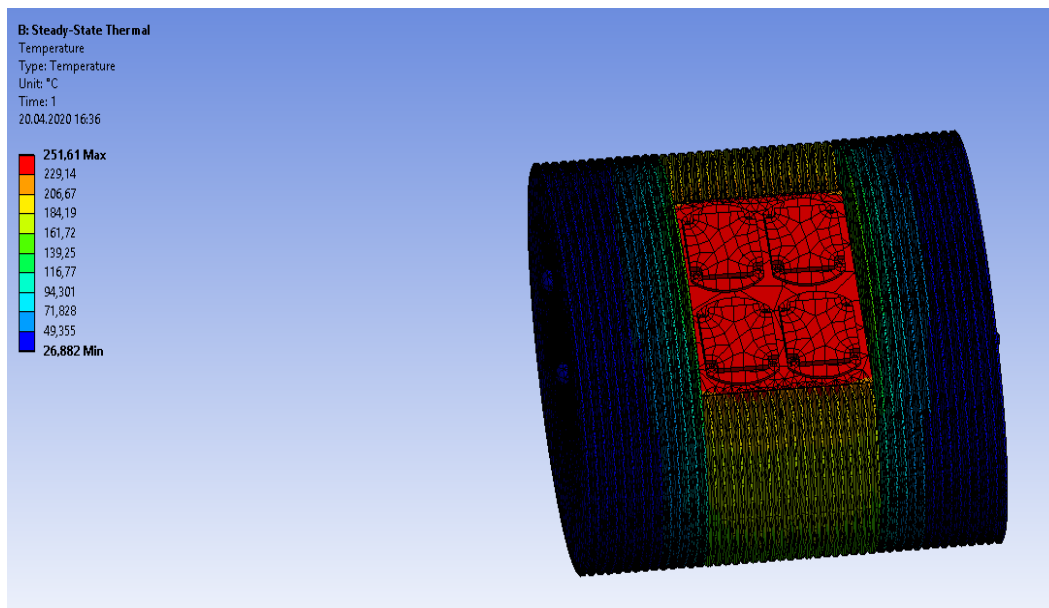


Рисунок 2 – Результаты моделирования. Картина распределения температуры.

На рисунке 2 видно, что минимальная температура (26,882 °C) меньше допустимой температуры.

Так как минимальная температура меньше допустимой температуры (30 °C), то мы можем провести оптимизацию с целью уменьшить массу радиатора, однако при этом минимальная температура не должна превысить допустимую.

В качестве оптимизируемых параметров возьмем:

- параметр Radius1 – величина большой оси эллипса, по которому производится первый вырез;
- параметр Radius2 – величина большой оси эллипса, по которому производится второй вырез;
- параметр Radius3 – величина малой оси эллипса, по которому производится второй вырез;

Критерии оптимальности:

- минимизация массы (Mass);
- функциональные ограничения:

температура не должна превышать допустимой (30 °C).

Предварительно была исследована чувствительность двух выходных параметров по отношению к трем входным параметрам. Результаты представлены на рисунке 3, а предложенные кандидаты на рисунке 4.

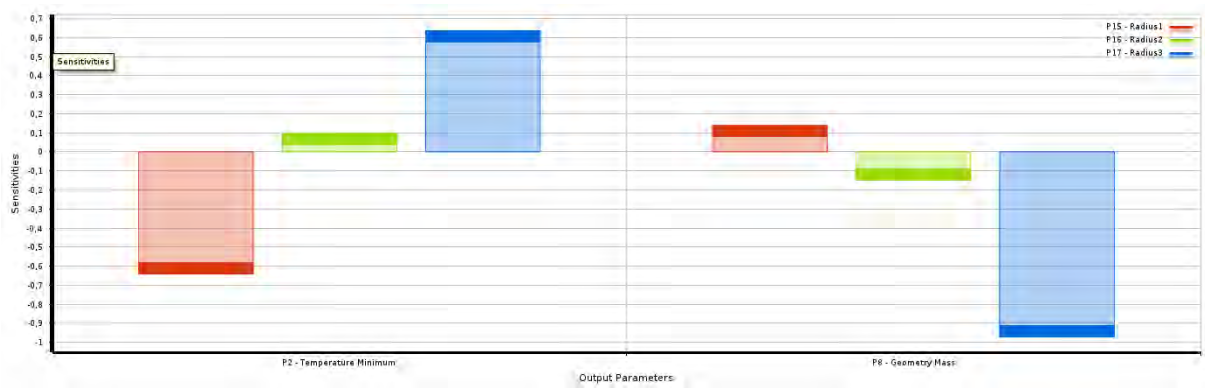


Рисунок 3 – Влияние входных параметров на выходные

Table of Schematic D4: Optimization								
	A	B	C	D	E	F	G	
1	Optimization Study							
2	Minimize P8	Goal, Minimize P8 (Default importance)						
3	P2 <= 30 C	Strict Constraint, P2 values less than or equals to 30 C (Default importance)						
4	Optimization Method							
5	Screening	The Screening optimization method uses a simple approach based on sampling and sorting. It supports multiple objectives and constraints as well as all types of input parameters. Usually it is used for preliminary design, which may lead you to apply other methods for more refined optimization results.						
6	Configuration	Generate 3000 samples and find 3 candidates.						
7	Status	Converged after 3000 evaluations.						
8	Candidate Points							
9		Candidate Point 1	Candidate Point 1 (verified)	Candidate Point 2	Candidate Point 2 (verified)	Candidate Point 3	Candidate Point 3 (verified)	
10	P15 - Radius1 (mm)		334,25		337,04		353,78	
11	P16 - Radius2 (mm)		175,68		165,93		163,51	
12	P17 - Radius3 (mm)		71,05		71,371		71,443	
13	P2 - Temperature Minimum (C)	★★★ 29,998	✘ 30,156	★★★ 29,995	✘ 30,097	★★★ 29,993	✘ 30,081	
14	P8 - Geometry Mass (kg)	★★★ 3,7891	★★★ 3,7759	★★★ 3,7927	★★★ 3,7869	★★★ 3,7969	★★★ 3,7905	

Рисунок 4 – Кандидаты решения

В процессе оптимизации модели радиатора по критерию массы (Mass) было установлено, что оптимальным является вариант при наборе параметров, приведенных в таблице 1. В результате оптимизации масса конструкции уменьшился на 26,3%. При этом минимальное значение температуры равно 30,156 °C. Данное значение получено в результате проверки CandidatePoint1 и превышает допустимое значение температуры на 0,53%, что является допустимым, так как предел минимальной температуры был задан с запасом.

Таблица 1 Результаты оптимизации

	Начальное состояние	Оптимальное состояние	Процентное соотношение, %
Radius1, мм	0	334,25	
Radius2, мм	0	175,68	
Radius3, мм	0	71,05	
Температура, °C	26,882	30,156	10,86
Масса, кг	5,139	3,789	-26,3

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЫЧАГА

Парахневич В.С.

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

Цель работы – рассчитать напряжённо-деформированное состояние конструкции рычага (рисунок 1) и провести оптимизацию по следующим критериям: суммарная масса конструкции, максимальное эквивалентное напряжение.

Конструкция изготовлена из стали (модуль Юнга  $E = 2,2 * 10^5$  МПа, плотность  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона  $\mu = 0.3$ ).



Рисунок 1 – Вид рычага и конечно-элементная модель



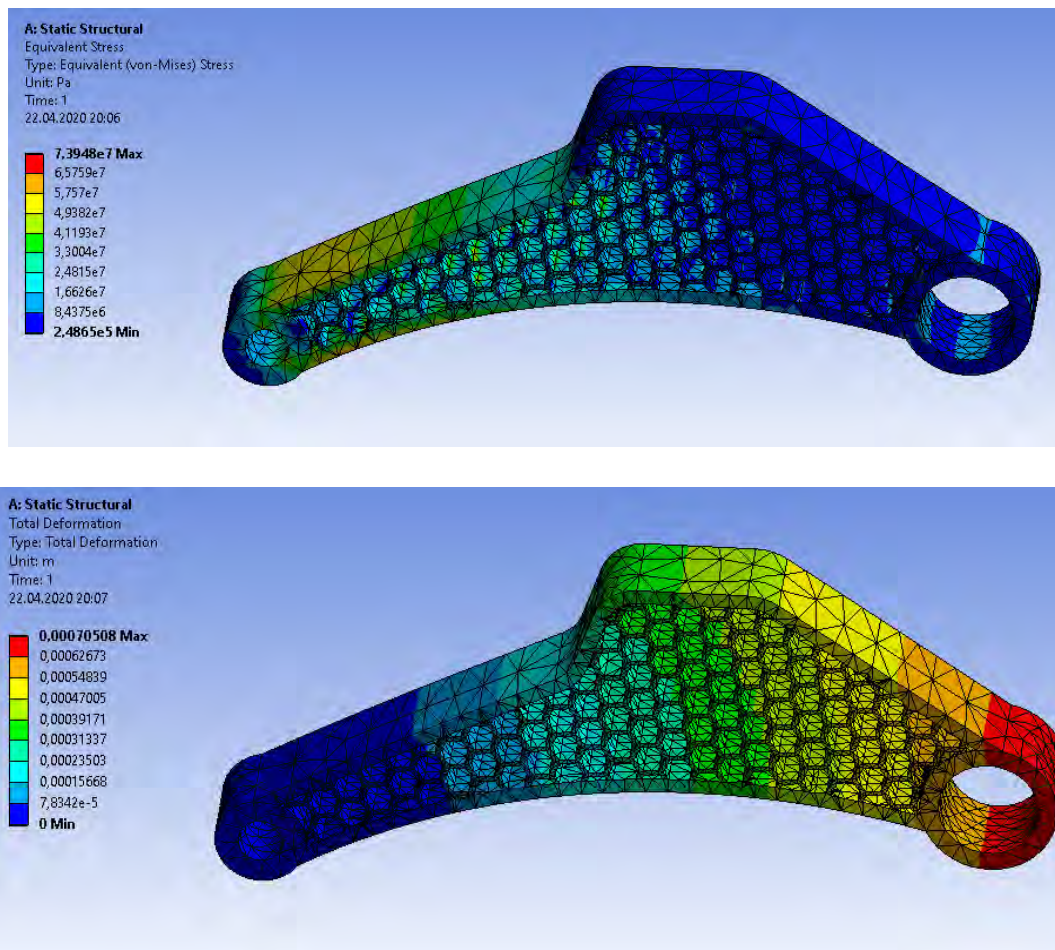


Рисунок 2 – Результаты моделирования. Картина напряжений (вверху) и перемещений (внизу).

На рисунке 2 видно, что максимальное эквивалентное напряжение (73,948 МПа) не превышает предел текучести.

Мы можем провести оптимизацию с целью уменьшить максимальное напряжение, а также уменьшить массу конструкции.

В качестве оптимизируемых параметров возьмем:

- параметр  $h_1 = 8$  мм – толщина стенки швеллера;
- параметр  $h_2 = 17$  мм – диаметр окружности (описанного шестиугольника «соты»). Необходим для толщины стенки ячейки)

Критерии оптимальности:

- минимизация объема (volume);
- минимизация эквивалентного напряжения.

Максимальное эквивалентное напряжения (EquivalentStressMaximum) не должно превышать 80 МПа.

Предварительно была исследована чувствительность двух выходных параметров по отношению к двум входным параметрам. Результаты представлены на рисунке 3, а предложенные кандидаты на рисунке 4.

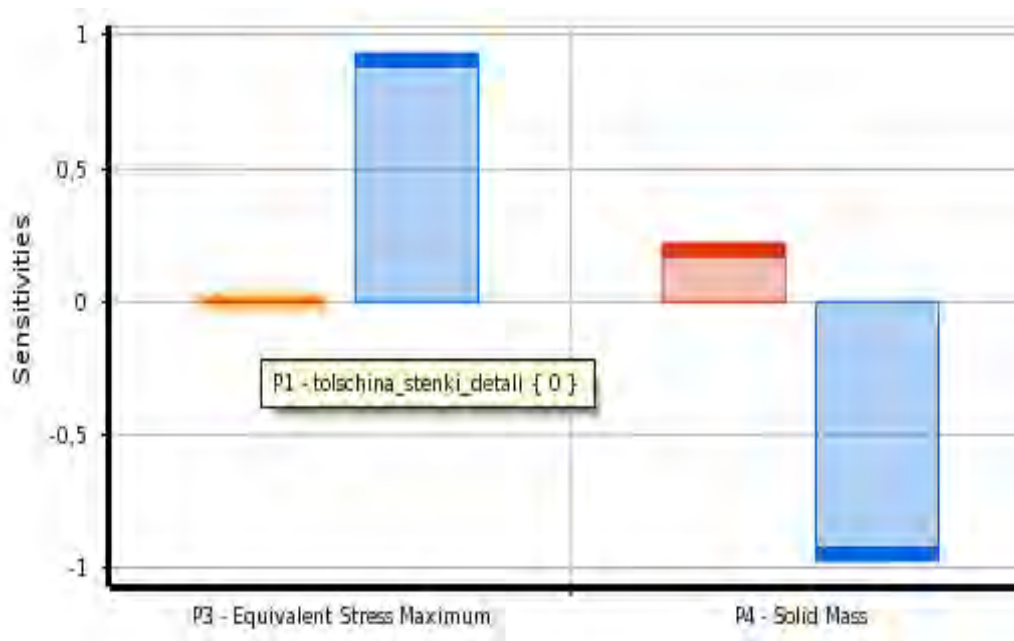


Рисунок 3 – Влияние входных параметров на выходные

10		Candidate Point 1	Candidate Point 1 (verified)	Candidate Point 2	Candidate Point 2 (verified)	Candidate Point 3	Candidate Point 3 (verified)
11	P1 - tolschina_stenki_detali (mm)	6,07		6,646		7,158	
12	P5 - tolschina_soti (mm)	16,393		16,34		16,331	
13	P3 - Equivalent Stress Maximum (Pa)	★ ★ 7,9347E+07	✘ 8,3088E+07	★ ★ 7,7417E+07	✘ 8,6866E+07	★ ★ 7,7102E+07	★ ★ 6,8734E+07
14	P4 - Solid Mass (kg)	— 6,7667	— 6,7697	— 6,9378	— 6,9397	— 7,0567	— 7,057

Рисунок 4 – Кандидаты решения

В процессе оптимизации модели рычага по критериям EquivalentStressMaximum, SolidMass было установлено, что оптимальным является вариант при наборе параметров, приведенных в таблице 1.

В результате оптимизации объем конструкции уменьшился на 7,22%. Максимальное эквивалентное напряжение уменьшилось на 24,08% и теперь не превышает предел текучести.

Таблица 1 Результаты оптимизации

	Начальное состояние	Оптимальное состояние	Процентное соотношение, %
h1, мм	8	6,07	-25
h2, мм	17	16,393	-3,6
Максимальное напряжение, Па	73,948 * 10 <sup>6</sup>	79,347* 10 <sup>6</sup>	7,3
Масса, кг	7,2	6,7667	6,1

## КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕСМОДРОМНОЙ СИСТЕМЫ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

Ясько А.Ф.

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

Цель работы – рассчитать напряжённо-деформированное состояние одного из коромысел на примере модели десмодромной системы газораспределительного механизма двигателя мотоцикла DUCATI (рисунок 1) при действующих на неё нагрузках.

Конструкция изготовлена из стали (модуль Юнга  $E = 2,2 * 10^5$  МПа, плотность  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона  $\mu = 0.3$ ).

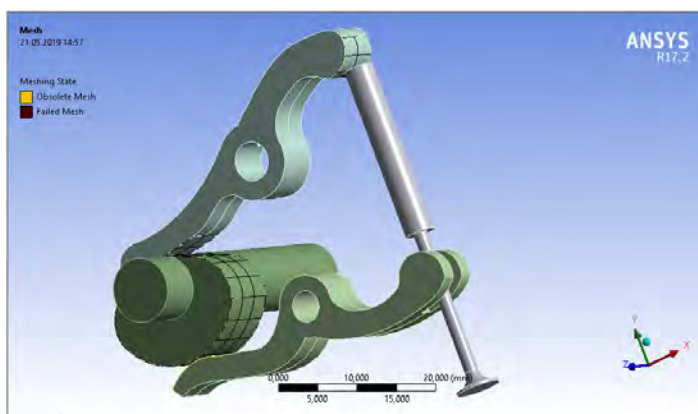


Рисунок 1 – Вид конечно-элементной модели

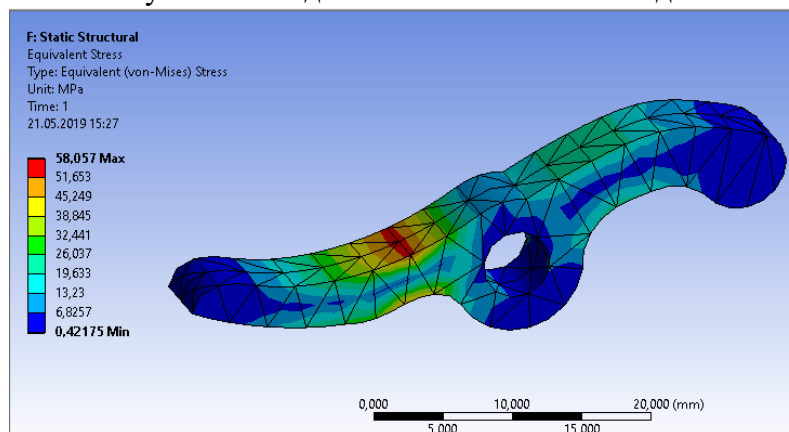


Рисунок 2 – Результаты моделирования. Картина напряжений.

На рисунке 2 видно, что максимальное напряжение возникает в месте изгиба коромысла и равно 58,057 МПа, что говорит о том, что это слабые места в конструкции. Следовательно, следует провести оптимизацию на изменение

толщины коромысла, что позволит выровнять напряжение в конструкции и снизить массу.

Целью оптимизации является уменьшение массы материала с учетом приложенных нагрузок.

В качестве оптимизируемого параметра:

(P4 - w) толщина коромысла – 3,5мм...6мм

Критерий оптимальности – масса (минимизируется).

Ограничение – максимально эквивалентное напряжение не должно превышать 200 МПа

Предварительно была исследована чувствительность выходного параметра по отношению к входному параметру. Результаты представлены на рисунке 3, а предложенные кандидаты на рисунке 4.

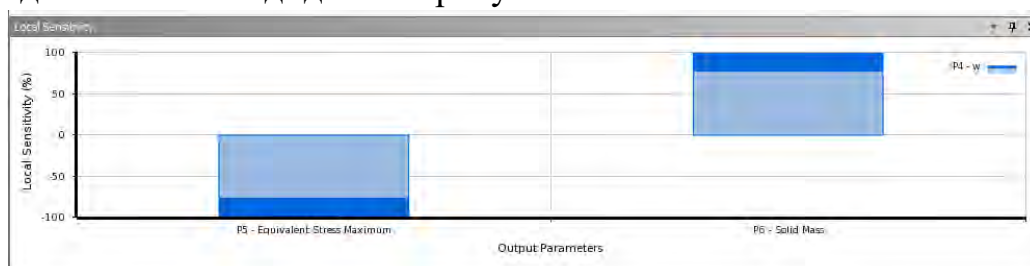


Рисунок 3 – Влияние входных параметров на выходные

Table of Schematic G4: Optimization					
	A	B	C	D	E
1	Optimization Study				
2	Minimize P6	Goal, Minimize P6 (Higher importance)			
3	Minimize P5	Goal, Minimize P5 (Default importance)			
4	Optimization Method				
5	Screening	The Screening optimization method uses a simple approach based on sampling and sorting. It supports multiple objectives and constraints as well as all types of input parameters. Usually it is used for preliminary design, which may lead you to apply other methods for more refined optimization results.			
6	Configuration	Generate 1000 samples and find 3 candidates.			
7	Status	Converged after 4 evaluations.			
8	Candidate Points				
9		Candidate Point 1	Candidate Point 1 (verified)	Candidate Point 2	Candidate Point 3
10	P4 - w (mm)		3,5	4	4,5
11	P5 - Equivalent Stress Maximum (MPa)	✘ 107,79	✘ 107,65	✘ 95,48	== 84,854
12	P6 - Solid Mass (kg)	☆☆ 0,005727	☆☆ 0,005727	☆☆ 0,0065452	☆ 0,0073633

Рисунок 4 – Кандидаты решения

Проанализировав полученные результаты, оптимальным будем считать Candidatepoint 3, так как в нем мы максимально сэкономим по массе, и не превысим допустимые напряжения. В данном варианте толщина коромысла равна 4,5 мм.

Масса стала 0,00736кг, а была 0,0098кг, то есть уменьшилась на 2,44г.

Таблица 1 Результаты оптимизации

Параметр	w	Mass, kg	Stress, MPa
Исходный	6	0,0098	58,057
Оптимальный	4,5	0,00736	84,854

## ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПОИСКА ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ МАТРИЦЫ НА ЯЗЫКЕ C#

Казачёнок М.С.

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

Для начала хочется сказать, что данная работа является небольшой частью моей магистерской диссертации. В магистерском исследовании я оптимизирую время поиска обратной матрицы разными методами с использованием разных инструментов. И нахождение определителя матрицы является первым шагом для поиска обратной матрицы. Если матрица является вырожденной, то есть определитель матрицы равен нулю, то обратной матрицы не существует.

Определитель матрицы высокого порядка [1-2] можно вычислить, применив рекурсивную формулу, представленную на рисунке 1, где  $M$  является дополнительным минором к элементу  $a_{1j}$ . Минор, в свою очередь это определитель матрицы без 1-ой строки и  $j$ -го столбца, вот здесь и появится рекурсия. Такая формула называется разложением по строке.

$$\Delta = \sum_{j=1}^n (-1)^{1+j} a_{1j} M_j^{-1}$$

Рисунок 1 - Нахождение определителя матрицы  $n$ -го порядка

Сравнение алгоритмов вычисления определителя матрицы по времени выполнения [3] проведено при рассмотрении трех способов реализации алгоритмов:

1. последовательное выполнение;
2. параллельное выполнение с использованием библиотеки TPL [4-6] языка программирования C#;
3. параллельное выполнение с использованием класса Thread [4-6], представляющего потоки многопоточного приложения.

При проведении экспериментов двумерные массивы заполнялись случайными числами в диапазоне от -20 до 20.

В параллельных реализациях, распараллеливание кода выполнено в одинаковых местах, а именно при нахождении дополнительного минора к элементу  $a_{1j}$ .

Во втором подходе, где использовалась библиотека TPL, был использован метод `Parallel.For`, который позволяет выполнять итерации цикла параллельно. Он имеет следующее определение: `For(int, int, Action<int>)`, где первый параметр задает начальный индекс элемента в цикле, а второй параметр - конечный индекс. Третий параметр - делегат `Action` - указывает метод, который будет выполняться на каждой итерации.

В третьем случае, при применении класса `Thread` для создания нового потока, сначала был использован делегат `ThreadStart`, получающий в качестве параметра метод, который необходимо вызывать. При этом делегат `ThreadStart` запускает метод, который не содержит параметры.

А что, если необходимо передать какие-нибудь параметры в метод, который выполняется в потоке? Для этой цели используется делегат `ParameterizedThreadStart`. Данный делегат идентичен делегату `ThreadStart`, но при запуске потока необходимо передать переменную, значение которой хотим транспортировать в поток. Такой подход имеет ограничение: можно запускать в потоке только такой метод, который в качестве единственного параметра принимает объект типа `object`. Из-за этого ограничения, в методе требуется дополнительно привести переданное значение к целевому типу, например, к `int`, которое будет использоваться в вычислениях.

Но что делать, если нам надо передать не один, а несколько параметров различного типа? В этом случае необходимо передавать объект, который будет содержать все необходимые параметры. Но тут есть еще одно ограничение: метод `Thread.Start` не является типобезопасным, то есть мы можем передать в него любой тип, и потом придется приводить переданный объект к нужному нам типу. Для решения данной проблемы рекомендуется объявлять все используемые методы и переменные в специальном классе, а в основной программе запускать поток через `ThreadStart`.

Зависимость времени выполнения трех способов вычисления определителя от размера матрицы представлена в виде графика на рисунке 2. На горизонтальной оси указана порядок (размерность) матрицы, на вертикальной оси указано время выполнения в мс.

Рисунок 2 показывает, что при небольшом порядке (8-ой порядок и ниже) последовательный код работает быстрее, чем параллельные реализации (с помощью TPL и `Thread`). При размерности матрицы более чем 9, параллельный код выполняется быстрее.

Если сравнивать время выполнения параллельных реализаций, то в самом начале параллельное выполнение с использованием Thread происходит быстрее по сравнению с использованием средств TPL. При постепенном увеличении порядка матрицы, разница во времени выполнения уменьшается.

В итоге, можно сделать вывод о том, что задача вычисления определителя матрицы является вычислительно емкой, требующей применения параллельных вычислений на высокопроизводительных многопроцессорных системах.

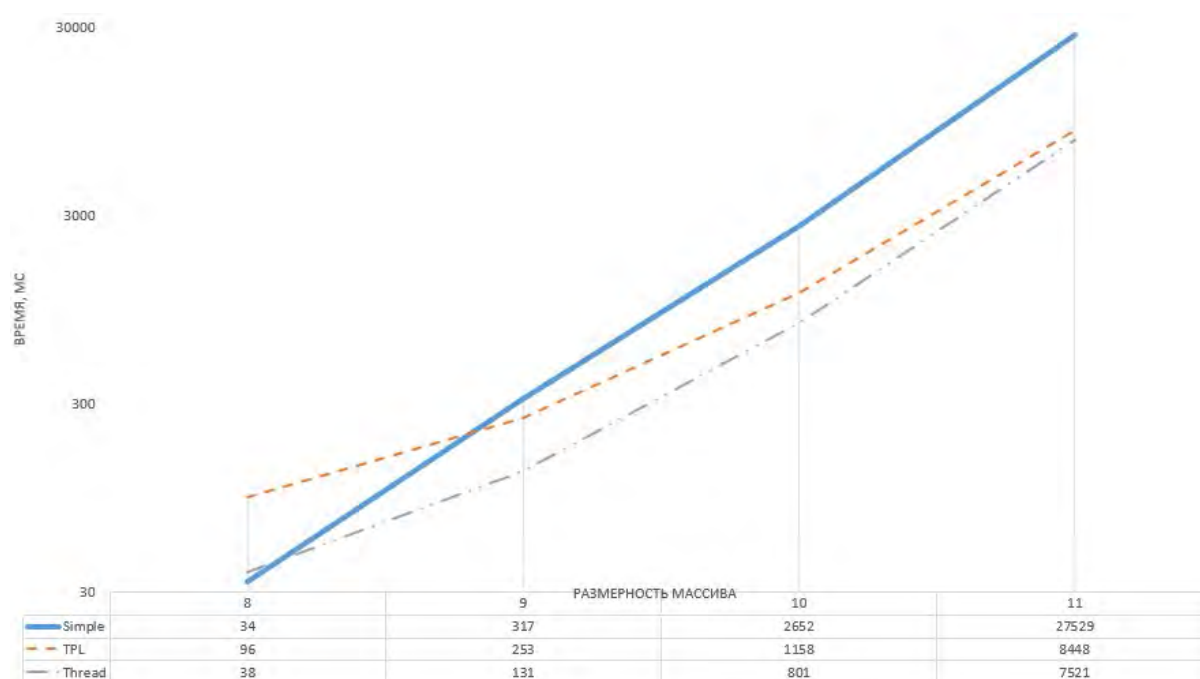


Рисунок 2 – Графики времени выполнения трех вариантов программы

## Литература

1. Матрицы и определители. Аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве: пособие / В.К. Пчельник, Е.А. Сетько, И.Н. Ревчук. – Гродно: ГрГУ, 2007. — 164 с.
2. Конев, В.В. Линейная алгебра. Учебное пособие. – Томск. Изд. ТПУ. 2008 – 65стр.
3. Prihozhy, A.A. Analysis, transformation and optimization for high performance parallel computing / A.A. Prihozhy // Minsk: BNTU. – 2019. – 229 p.
4. Троелсен, Э., Джепикс, Ф. Язык программирования C# 7 и платформы .NET и .NET Core, 8-е изд.: Пер. с англ. — СПб.: ООО “Диалектика”, 2018 — 1328 с.

5. Голдштейн, С., Зурбалева, Д., Флатов, И. и др. Оптимизация приложений на платформе .NET. – Пер. с англ. Киселев А.Н. – М: ДМК Пресс, 2014. – 524 с.

6. Скит, Д. С# для профессионалов: тонкости программирования, 3-е изд.: Пер. с англ. — М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2014. – 608 с.



## **МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТОКОВ ДЛЯ СТУДЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Буданов Д.А.

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

В настоящее время становится привычным, что процесс обработки большинства данных, как правило, автоматизирован. Использование информационных систем в высших образовательных учреждениях не является редкостью. Спектр их применения широк и варьируется от автоматизации отдельно взятых рабочих мест до полной автоматизации деятельности ВУЗа. Вне зависимости от объекта автоматизации, будь то преподавательский состав или администрация университета, в образовательном учреждении такие системы внедряют, преследуя конечную цель - повышение качества образования.

Одной из важнейших проблем качественной организации учебного процесса в высшем учебном заведении является задача создания системы автоматизированного формирования учебной нагрузки. Правильная и точно составленная нагрузка обеспечивает равномерную загрузку студенческих групп и профессорско-преподавательского состава.

При формировании учебной нагрузки приходится решать множество различных подзадач. Одной из которых является подзадача “автоматизации процесса формирования объединенных потоков для обучения студентов различных специальностей”.

Формирование потоков чаще всего выполняется вручную работниками деканата, которые должны перед началом каждого учебного года найти в планах различных специальностей одинаковые дисциплины и оценить возможность их изучения в потоке. Работа является трудоёмкой и требует большого внимания, поэтому для автоматизации этого процесса была разработана программа, позволяющая находить в учебных планах дисциплины, их распределение по семестрам, отсортировать их по специальностям и формировать готовые потоки для специальностей.

Указанная подзадача не всегда легко выполнима из-за плохой структуризации исходных данных. Исходные данные для этой подзадачи хранятся в учебных планах. Как правило, учебные планы специальностей формируются в виде таблицы Excel (рисунок 1).

Учебные планы различных специальностей, представленные в виде таблицы Excel, внешне выглядят единообразно. И, казалось бы, сложности в их обработке не должно было возникнуть. Однако, как правило, разработкой

учебных планов для различных специальностей занимаются разные люди, поэтому их стиль работы с таблицами Excel чаще всего отличается.

№ п/п	Название дисциплины	Распределение по семестрам				Количество часов							Распределение по курсам и семестрам														
		Экзаменов	Зачетов	РГР	Компьютерная работа	Итого	из них:							I курс		II курс		III курс		Неделя в семестрах							
							в том числе аудиторные	Лекции	Лабораторные работы	и занятия	Практические занятия	Всего аудиторных занятий	1	2	3	4	5	6	7								
		17	17	17	17	16	16	16																			
1	Цикл социально-гуманитарных дисциплин					576	272	146		126	16																
	Государственный компонент					432	204	110		94	16																
1.1	Интерактивный модуль "История"		1*			72	34	18		16	2																
1.1.1	История Беларуси (в контексте мировых цивилизаций)					72	34	18		16	2	1	0	1	2												
1.2	Интерактивный модуль "Экономика"	2**				144	60	34		26	4																
1.2.1	Экономическая теория					100	42	22		20	3																
1.2.2	Социология					44	18	12		6	1																

Рисунок 1 – Фрагмент учебного плана

В результате структура таблиц для различных учебных планов, разработанных разными людьми, с большой вероятностью будет отличаться: формирование и заполнение визуально подобных ячеек в этих планах будет выполнено по-разному.

Для извлечения данных из таких только внешне подобных ячеек был разработан специальный модуль, реализованный на языке Java. Результат работы модуля приведен на рисунке 2.

Специальность	Название дисциплины	Семестр зачетов	Семестр зачетов	Семестр РГР	Семестр КР	Часов всего	В том числе аудиторных	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Всего аудиторных
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Иностраный язык	К	К			202	120				К20
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Иностраный язык	К	К			202	120				К20
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Основы алгоритмики и программирования	К	К			288	120	82	88		К
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Основы алгоритмики и программирования	К,2				252	120	82	88		К
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Интерактивный модуль "История"		1*			72	34	18			К
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Интерактивный модуль "История"		1*			72	34	18			К
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Математика	1,2,3				120	54	162			К88
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Математика	1,2,3			1,2,3	120	54	162			К88
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Физика	К				88	54	69	69		К
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Физика	К				88	54	69	69		К
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Язык программирования	К,2				112	68	54			К
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Язык программирования	К,2				80	52	18	54		К
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Прикладные системы обработки данных		К			88	88	54	54		К
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Прикладные системы обработки данных		К			88	88	54	54		К
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Организация и функционирование СЭОИ и периферийные устройства	К	К			80	102	88	54		К
по специальности 1-40 01 01 Программное обеспечение информационных технологий	Организация и функционирование СЭОИ и периферийные устройства	К	К			220	120	88	82		К
направление специальности 1-40 05 01-04 Информационные системы и технологии	Иностраный язык	К	К			252	120				К20

Рисунок 2 – Поток специальности

Разработанный модуль позволяет работнику деканата или кафедры сформировать план обучения студентов различных специальностей для заданного учебного года, а также сформировать учебную нагрузку для кафедры с учетом объединенных потоков для схожих дисциплин разных специальностей.

## Литература

1. Положение об учреждении высшего образования 2012 [Электронный ресурс]. - Электронные данные. - Режим доступа: [http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21226498\\_1351544400.pdf](http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21226498_1351544400.pdf).

2. Автоматизированные информационные системы управления учебным процессом вуза / Э.Б. Хвещкович, М.С. Мазурик Омская гуманитарная академия, 2011

УДК 004

## СЕРВИС СБОРА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О ТОВАРАХ НА САЙТАХ

Чук П.А.

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

В настоящее время существует не так много сервисов, которые предоставляют клиенту не только общую, но и статистическую информацию о товаре. Это достаточно новая ниша на информационном рынке.

Целью разработанного сервиса является предоставление статистических данных о товарах на конкретных сайтах. За тестируемую модель был выбран сайт OZ.by. Данные состоят из атрибутов, собранных за заданный промежуток времени и частично обработанных для дальнейшего использования клиентами. Сервис способен информировать об изменении в цене, названии товара, его описании, изображении, а также проверять информацию на актуальность и корректность.

Для разработки данного сервиса был выбран язык программирования Ruby. Для хранения данных использовалась база данных MySQL, а за среду разработки были выбраны продукты компании JetBrainsDataGrip и RubyMine. Структура проекта представляет собой многомодульную компоновку, где каждый модуль выполняет отведённую ему функцию. Основные модули проекта – system\_crawler, parser, loader, quality\_manager. Данные собираются согласно требованиям заказчика и представляют собой список атрибутов (рисунок 1).

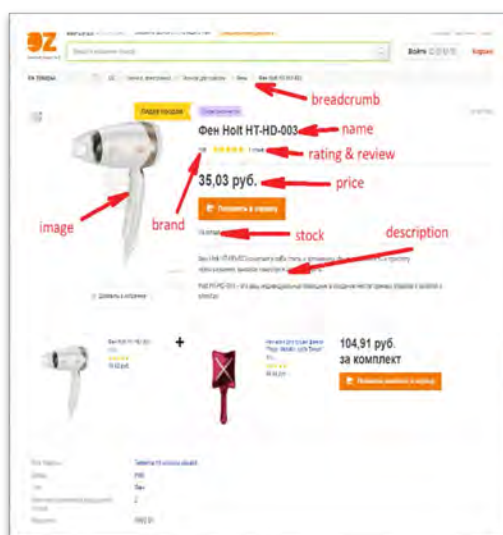


Рисунок 1- Варианты атрибутов

УДК 004

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА

Шут Т.О.

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

Поиск оптимального пути широко используется в задачах транспортной логистики и на производстве. Несмотря на обширную теоретическую базу, к сожалению, представлено не так много приложений, позволяющих людям, далеким от математики и программирования, использовать существующие разработки для решения практических задач.

Популярные картографические сервисы вроде Яндекс и GoogleMaps не предоставляют пользователям возможность построения оптимального пути. Также, несмотря на развитие мобильных приложений, на рынке нет продукта, который смог бы решить данную задачу.

Для решения этой проблемы было разработано мобильное приложение под платформу iOS. Оно позволяет выстраивать оптимальные маршруты по заданным координатам и отображать их на картах AppleMaps (рисунок 1).

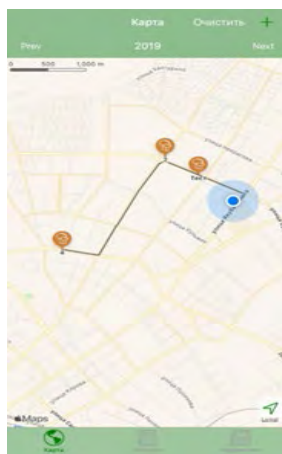


Рисунок 1 - Построение оптимального маршрута

Задача построения оптимального пути была рассмотрена как «задача коммивояжера». Алгоритмы для решения задачи коммивояжера можно разделить на точные (exactalgorithm) и неточные (non-exactalgorithm). Для построения оптимального маршрута в приложении был реализован эвристический метод - «алгоритм ближайшего соседа». В качестве стартовой точкой выбирается текущее местоположение пользователя.

Приложение имеет языковую локализацию и интуитивно понятный интерфейс.

## ПРЕИМУЩЕСТВА МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Полховский Е.С.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

Цель работы – обосновать преимущества разделения ответственности между внешним представлением и внутренней реализацией программного продукта за счет применения микросервисной архитектуры.

Микросервисная архитектура приложений реализует слабо связанные сервисы, взаимодействующие друг с другом для выполнения задач, относящихся к их бизнес-возможностям[1]. По сравнению с монолитом в микросервисах есть несколько единиц развертывания (каждый сервис развертывается самостоятельно).

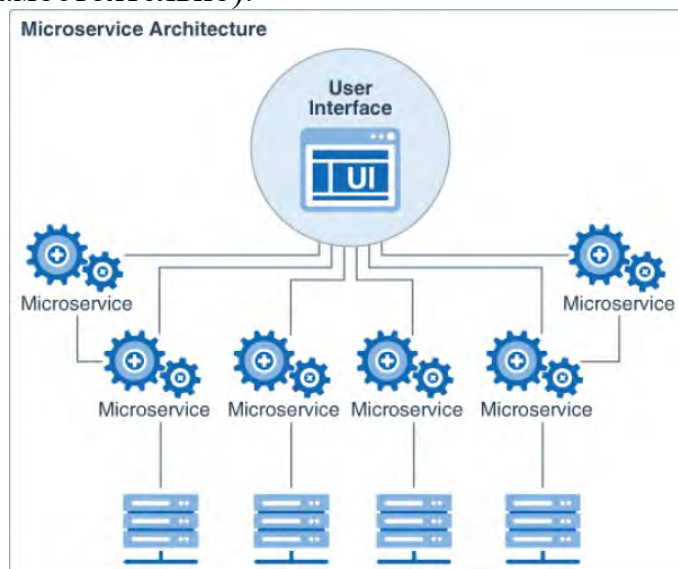


Рисунок 1 – Схема микросервисной архитектуры приложений [1]

Анализ литературных источников позволил выделить следующие преимущества микросервисной архитектуры приложений перед монолитной[1-2]:

1. Микросервисы легче реализовать модульными. Технически это обеспечивается жесткими границами между отдельными сервисами.
2. В больших компаниях разные сервисы могут принадлежать разным командам, но могут быть повторно использованы всей компанией. Нет необходимости координировать развертывание между командами.

3. Микросервисы имеют меньшие размеры, поэтому их легче сопровождать и проверять. Уменьшается время компиляции, время запуска и выполнения тестов. Все эти факторы влияют на производительность разработчика, так как позволяют затрачивать меньше времени на ожидание на каждом этапе разработки.

4. Микросервисы не привязаны к технологии, используемой в других сервисах, следовательно можно использовать лучшие технологии подгонки. Старые сервисы могут быть быстро переписаны для использования новых технологий.

5. В микросервисах изолируемые разломы лучше по сравнению с монолитным подходом. Хорошо спроектированная распределенная система переживет сбой одного сервиса.

Практическая реализация данного исследования проходила на программном модуле для тестирования знаний обучающей системы CATS [3]. С использованием современных технологий фреймворка Angular была разделена клиентская и серверная логика, т.е. архитектура стала микросервисной. Фреймворк Angular прост в понимании и изучении, подходит для разработки больших приложений. Angular позволяет привязывать данные к HTML с помощью выражений, а директивы Angular позволяют разработчикам расширять функциональности HTML и создавать новые конструкции. Манипуляции с DOM и код привязки данных обернуты в простые элементы, которые можно быстро и просто вставить в HTML шаблон. В итоге рассматриваемый программный модуль перестал быть зависимым от других модулей системы и может работать отдельно, т.е. в любой момент можно перейти на новую клиентскую часть, не касаясь при этом серверной части. При использовании нового фреймворка уменьшается объем загружаемых ресурсов в несколько раз. Использование Ahead-of-time компилятора позволяет получить следующие плюсы:

1. Быстрая загрузка в браузере за счет того, что:
  - a) приложение компилируется до загрузки в браузер;
  - b) в сборку не включается компилятор Angular и, как следствие, конечные файлы имеют меньший размер;
  - c) выполняется меньше AJAX-запросов на получение исходных HTML- и CSS-файлов, поскольку они включаются в строковом виде в файлы JavaScript.
2. Обнаружение ошибок при сборке. Имеется возможность исправить все ошибки до запуска приложения в режиме эксплуатации.
3. Повышенная безопасность. Поскольку HTML- и CSS-файлы включаются в процессе Angular компиляции в файлы JavaScript, то нет возможности просмотреть шаблоны, что снижает риск осуществления атак.

Рассмотрим в качестве параметра сравнения время загрузки страницы с тестами старой и новой системы (т.е. монолитной и микросервисной архитектуры). В старой системе это время составляло 2,78 секунды (Рисунок 2). В новой системе скорость загрузки этой же страницы получается 1,34 секунды (Рисунок 3). Таким образом, применение микросервисной архитектуры приложения в совокупности с возможностями фреймворка Angular позволило увеличить быстродействие загрузки страниц в 2 раза.

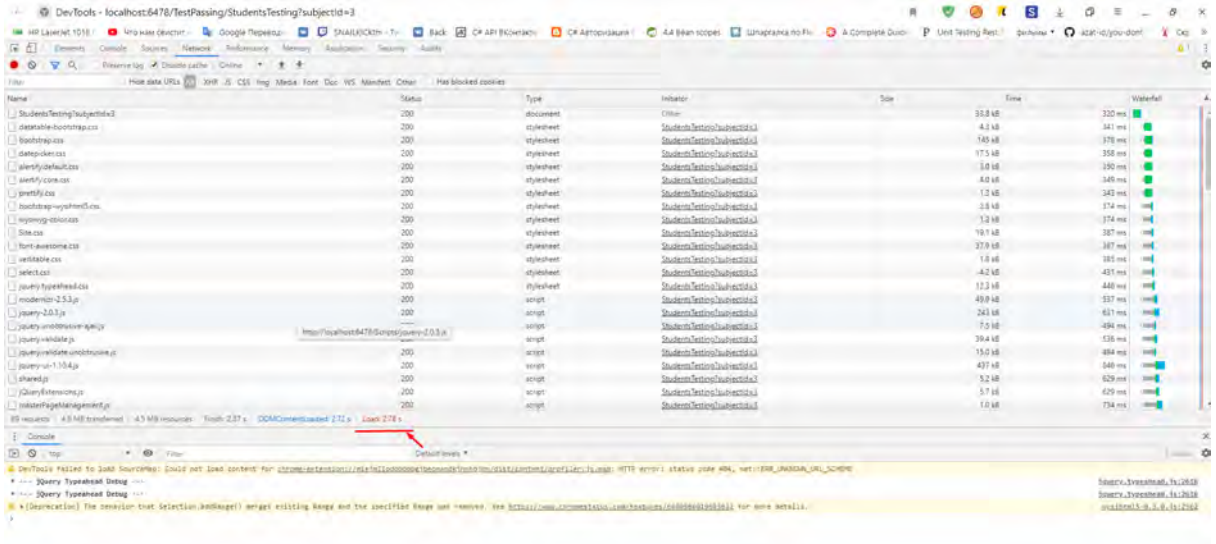


Рисунок 2 – Данные о загрузке страницы с тестами старой системы

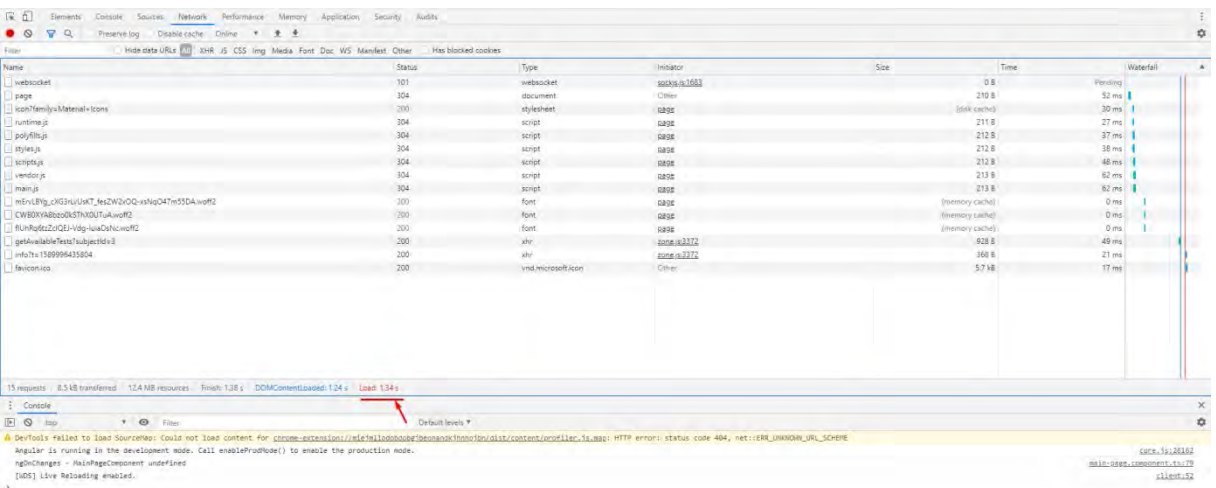


Рисунок 3 – Данные о загрузке страницы с тестами новой системы



## Литература

1. Монолитная vsМикросервисная архитектура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dailycoding.io/article/4BABLqr0nR9E0gUU7Ko6> – Дата доступа: 19.05.2020.
2. Почему лучше разделить фронтенд и бэкенд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bureau.ru/soviet/20200116/> – Дата доступа: 19.05.2020.
3. Попова, Ю.Б. Автоматизированная система управления обучением CATS (CareAboutTheStudents) / Ю.Б. Попова // Наука и техника. – 2019. – №4 (18). – С. 339-349.

## НЕДОСТАТКИ МОНОЛИТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Руденя А.С.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

Цель работы – исследовать особенности монолитной архитектуры программного обеспечения.

В настоящее время большое количество веб-приложений реализовано при помощи, так называемого, «Результата действия» и имеет монолитную архитектуру (Рисунок 1).

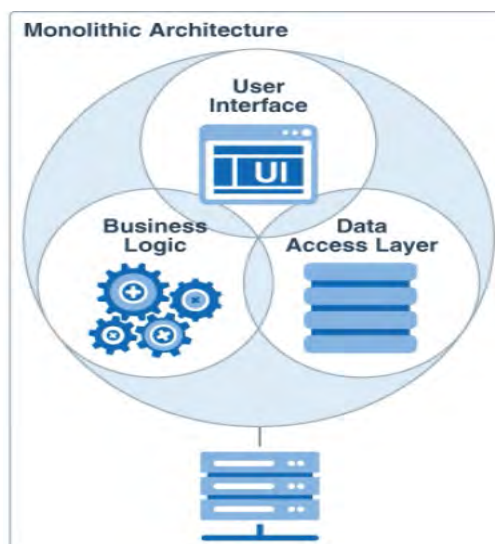


Рисунок 1 – Схема монолитной архитектуры [1]

Таким образом, когда пользователь обращается к ресурсу, он ожидает получить определенный ответ, например, в виде веб-страницы с некоторыми данными. На стороне сервера метод контроллера, получая параметры, обрабатывает их и формирует некоторый ответ в виде результата действия – HTML-страницы. Однако на сегодняшний день, когда созданы все условия для разделения логики серверной и клиентской частей, такой подход не является больше актуальным, т.к. сервер не должен тратить ресурсы в виде времени и памяти на то, чтобы сформировать HTML-страницу и отправить её пользователю [2]. Также такой подход делает систему негибкой, вследствие того, что нельзя использовать другой модуль с клиентской частью, поскольку все крепко связано с текущей реализацией.

Выделим основные недостатки применения монолитной архитектуры программных продуктов [3]:

1. Сильное зацепление. Когда серверная и клиентская части физически расположены рядом, существует большой соблазн зацепить их вместе, например, вставить какой-нибудь CSRF-токен прямо в HTML-код, который запускает клиентское приложение. Пока проект состоит из одной клиентской части и одной серверной — это не очень страшно. Однако при необходимости добавления ещё одной клиентской части, например, мобильного приложения, придётся решать все отложенные проблемы интеграции: придумывать протоколы взаимодействия, учиться делать прокси-запросы или работать с CORS (англ., Cross-OriginResourceSharing). Если бы проекты были разъединены с самого начала, то сами собой появились бы удобные для работы соглашения и протоколы — REST (англ., RepresentationalStateTransfer) или GraphQL, авторизация через JWT (англ., JSON WebToken). Также было бы проще привлекать новых членов команды разработки, поскольку не приходилось бы изучать код серверной части и дорабатывать его под каждую новую клиентскую часть.

2. Ненужная коммуникация. В проекте с отдельными репозиториями серверной и клиентской частей разработчики никогда не будут спорить, где разместить файл `Index.html` и в какой момент лучше запускать `Webpack`, поскольку каждый будет заниматься своей частью проекта, используя любимые подходы. Разработчики серверной части не будут думать об инвалидации кэша CSS-файлов, а разработчики клиентской части не будут знать ничего о маршрутизации запросов. Если у серверной части сломалась публикация, разработчики клиентской части могут не ждать, пока её починят, поскольку у них есть отдельный процесс, который обновляет сервер независимо.

3. Сложное развертывание приложения. Используя большие репозитории, происходит невозможность использования целого семейства сервисов, которые облегчают работу по публикации приложения. К примеру, `Netlify` без единой настройки может опубликовать клиентскую часть на своих серверах с `CDN` (англ., Content Delivery Network), `HTTP2` и всеми актуальными технологиями. Проекты `Zappa` и `Claudia` делают тоже самое с клиентскими частями на `Python` и `JavaScript`. К сожалению, если такой сервис не поймёт, что именно находится в репозитории, то он не сможет помочь. Например, если `Netlify` увидит репозиторий с `Django`, в котором клиентская часть запрятана куда-то глубоко и собирается средствами фреймворка, то не выполнит никаких действий по публикации приложения.

4. Монолиты, как правило, перерождаются из своего чистого состояния в, так называемый, «большой шарик грязи» — состояние, возникшее вследствие

нарушения архитектурных правил, и имеющее сросшиеся со временем компоненты.

5. Это перерождение замедляет процесс разработки: каждую будущую функцию будет сложнее развивать из-за того, что компоненты растут вместе, их также необходимо изменять вместе. Создание новой функции может означать прикосновение, например, к 5 различным местам: 5 мест, в которых нужно написать тесты; 5 мест, которые могут иметь нежелательные побочные эффекты для существующих функций.

6. Потенциальные сложности масштабирования. Монолит легко масштабировать до тех пор, пока он не перерастёт в «большой шарик грязи», как упоминалось ранее. Масштабирование может быть проблематичным, когда только одной части системы требуются дополнительные ресурсы, ведь в монолитной архитектуре нельзя масштабировать отдельные части системы.

7. В монолите практически нет изоляции. Проблема или ошибка в модуле может замедлить или разрушить все приложение.

8. Строительство монолита часто протекает с помощью выбора основы. Отключение или обновление первоначального выбора может быть затруднительным, поскольку это должно быть сделано сразу и для всех частей системы.

Исследование монолитной архитектуры позволило выявить ряд ее недостатков и сделать выбор в пользу современной микросервисной архитектуры [1]. Такой подход позволит разделить логику клиентской и серверной частей, система станет не такой завязанной и сможет работать по отдельности, т.е. в любой момент можно перейти на новую клиентскую часть, не касаясь при этом серверной части. Что касается производительности, то теперь серверу надо будет выполнить только бизнес-логику, не формируя при этом еще HTML-страницу, что значительно облегчит и ускорит работу сервера, а объем загружаемых ресурсов уменьшится в несколько раз.

## Литература

1. Монолитная vs Микросервисная архитектура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dailycoding.io/article/4BABLqr0nR9E0gUU7Ko6> – Дата доступа: 19.05.2020.

2. C#/NET. Контроллеры. Результаты действий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/mvc/3.4.php> – Дата доступа: 19.05.2020.

3. Почему лучше разделить фронтенд и бэкенд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bureau.ru/soviet/20200116/> – Дата доступа: 19.05.2020.

## АЛГОРИТМ АДАПТИВНОСТИ УЧЕБНОГО КОНТЕНТА К ЗНАНИЯМ СТУДЕНТА

Царь А.И.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

Одной из главных проблем в сфере образования остается её обобщенность, т.е. отсутствие адаптивности. Учебные планы, как правило, спускаются сверху и применяются одинаково ко всем обучающимся без учета индивидуальных способностей каждого. При такой попытке уравнивать всех «под одну гребенку» возникает ситуация, когда слабые обучающиеся не могут понять учебную программу и попросту «опускают руки», а сильные – наоборот считают её слишком простой, неинтересной, не достойной их внимания и зачастую тоже перестают учиться, т.к. теряют интерес к образовательному процессу.

Сегодня потребность в алгоритмах, учитывающих индивидуальные особенности обучаемых, стала как никогда актуальной. Во-первых, наполняемость групп, при которой преподаватель физически не может обеспечить принцип индивидуального подхода; во-вторых, постоянно возрастающий объём знаний, с которым традиционная методика не справляется; в-третьих, минимизация времени обучения только обострила проблему, а популяризация тестов и необходимость автоматизации труда преподавателя (контроль студентов, статистическая обработка результатов и т.д.) сделали её критической.

Рассмотрим некоторые алгоритмы адаптивности учебного контента к знаниям студента:

1. Алгоритм, основанный на кривой забывания[1]. Его ключевыми особенностями являются:

а) алгоритм позволяет поддерживать знания студента на требуемом уровне за счет отслеживания процесса забывания освоенных субкомпетенций и реакции на случаи, когда знания по ним упали до уровня ниже нормы;

б) для каждого обучаемого траектория обучения будет уникальной и зависеть от результатов прохождения модулей;

с) алгоритм может быть настроен под разные задачи обучения (например, за минимальное время обеспечить обучаемого требуемым уровнем знаний или за заданное время обеспечить обучаемого знаниями максимального уровня).

2. Алгоритмы системы Knewton. В процессе работы они анализируют все учебные материалы по сотням параметров и на основе выделения ключевых

идей, теорий и понятий предлагают оптимальную структуру, формат информации и уровень сложности. Одновременно с этим сервер анализирует знания студента, ритм его работы, способность к обработке информации и другие особенности ученика. На основе полученных данных система решает, что предложить ученику дальше: интерактивное упражнение, тест, игру, обучающее видео или что-то ещё. Таким образом, технология Knewton объединяет сведения различных наук, статистику, данные психометрии и машинного обучения, а также унифицированные истории участников для того, чтобы сделать возможной персонализацию обучения в массовом масштабе. Адаптируясь к знаниям и умениям ученика, программа ежеминутно вычисляет слабые места и заполняет пробелы.

Идея того, чтобы образовательное приложение адаптировалась к уникальной «кривой обучения» студента, обладает большим потенциалом. Тем более, что стек технологий анализа данных, которые позволяют построить подобную систему, находится в достаточно зрелой стадии. Несмотря на это, подобные технологии остаются закрытыми для большинства игроков образовательного рынка из-за дороговизны разработки. Поэтому у многих учебных заведений возникает потребность в разработке собственных алгоритмов адаптивного обучения. Разработки такой системы ведутся и в нашем университете. Система адаптивного обучения по конкретному предмету будет содержать набор взаимосвязанных тем. Каждый раздел предмета представляется в виде темы, состоящей из теоретической части и проверочных тестов. Все темы образуют между собой некое подобие ориентированного графа, который обучающиеся проходят в том темпе и теми «путями», которые система посчитает для них оптимальными. Изначально все темы предмета будут закрыты, и начнут открываться для прохождения и изучения по мере изучения предыдущих тем.

Перед началом прохождения курса адаптивного обучения, нужно оценить когнитивные способности учащегося. Для этого будет использован тест Хони и Мамфорда [3], который позволит определить преобладающий стиль обучения учащегося. В зависимости от результатов теста будет формироваться теоретическая часть темы. Если обучаемый склонен к теоретическому стилю обучения, то теоретическая часть темы будет содержать большое количество документальной информации. Если же преобладает практический стиль обучения, то теория будет больше походить на руководство к действию с большим количеством примеров. Само собой, что ни один человек не является исключительно теоретиком или практиком, а значит, что приведенные выше методы изложения будут комбинироваться между собой.

Далее каждый учащийся пройдет начальный тест по изучаемой теме, который позволит определить текущий уровень знаний по теме. После этого обучаемому открывается тема того уровня, который оказывается ближе к его начальному, и процесс обучения начинается. После ознакомления учащегося с теоретической частью вопроса, ему будет предоставлен доступ к проверочным тестам. Каждый вопрос теста привязан к определенной части теоретического материала. Для каждого теста будет определено максимальное количество ошибок, которое можно допустить в процессе его прохождения. При превышении данного лимита, обучаемый будет вновь отправлен к изучению теоретического материала, но в этот раз для перехода к проверочному тесту должно пройти некоторое обязательное количество времени. Кроме того, теоретическая часть темы будет скорректирована, будет делаться упор именно на те моменты, которые учащийся упустил по результатам теста.

По результатам прохождения проверочных тестов будет также анализироваться уровень подготовки учащихся. От него будет зависеть скорость и глубина процесса обучения. Обучаемым с высоким уровнем успеваемости будет предложен более высокий уровень тестов, а также большая степень углубления в теоретические части темы.

Также с течением времени учащимся будет предложено освежить знания по уже пройденным темам путем прохождения мини-теста по данным темам. Это в некотором роде позволит имплементировать описанный выше алгоритм кривой забывания и поддерживать знания обучающихся по теме на определенном уровне.

Разрабатываемая методика, основанная на алгоритмах адаптивного обучения, призвана помочь преподавателю организовать учебный процесс путём оценивания уровней знаний учащихся на основе результатов прохождения ими тестов по определенным предметам и формированию для каждого студента индивидуальной учебной траектории. Предполагается, что такая методика обучения поможет уделять больше внимания слабым сторонам обучаемого, не равняя всех «под одну гребёнку» и не заставляя раз за разом повторять пройденный и хорошо усвоенный материал.

## Литература

1. Реализация адаптивного обучения: методы и технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://journals.tsu.ru/uploads/import/1747/files/71\\_033.pdf](http://journals.tsu.ru/uploads/import/1747/files/71_033.pdf) – Дата доступа: 19.05.2020.



2. Knewton: адаптивное обучение в действии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/mvc/3.4.php> – Дата доступа: 19.05.2020.

3. Какой у Вас стиль обучения[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://testometrika.com/personality-and-temper/test-learning-style-honey-and-mumford/> – Дата доступа: 19.05.2020.

## ЧЕК-ЛИСТ ДЛЯ УДОБНОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА

Шаповал Д.В.

Научный руководитель - Попова Ю.Б., доцент, к.т.н.

Цель работы – выявить основные рекомендации для проектирования пользовательского интерфейса в целях улучшения удобства использования и доступности всех компонентов.

В ходе исследования были рассмотрены такие компоненты как кнопки, формы, таблицы и составлены чек-листы с требованиями к проектированию. Приведем их:

1. Общие положения для страниц приложения:

- выравнивание текста должно быть по левому краю для всех элементов страницы (заголовки, поля таблицы, поля ввода);

-обеспечьте достаточно пространства между элементами формы. Отступы должны явно демонстрировать связи между элементами. Например,  $A < B < B$  (Рисунок 1);

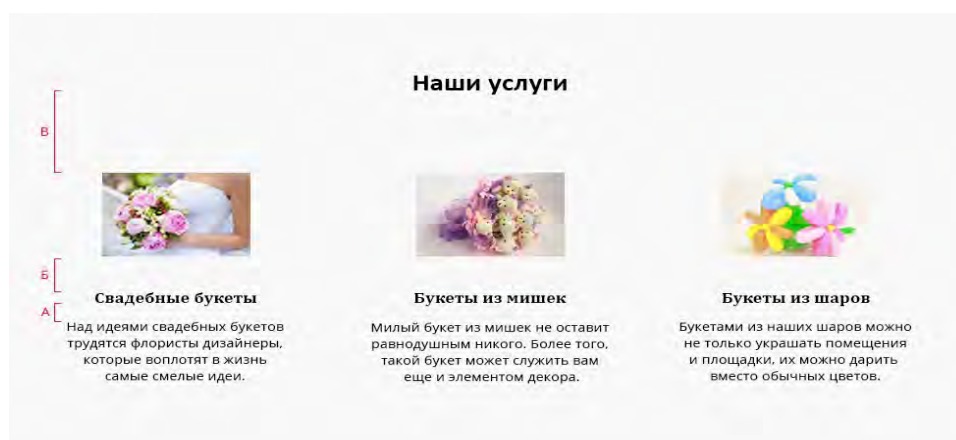


Рисунок 1 – Пример отступов между группами элементов

- размер шрифта не менее 14 px, не использовать все заглавные буквы;  
- сохранять один язык элементов.

2. Кнопки:

2.1. Общее:

- активные кнопки не должны использовать серые цвета, т.к. это может создавать эффект неактивной кнопки;

- первичное действие – это целевое действие пользователя, желательно одно на странице, выделено заливкой всей кнопки (Рисунок 2);

- ссылки выделены синим цветом, могут быть подчеркнуты. Не стилизовать текст или кнопку как ссылки;



Рисунок 2 – Отличие вторичной кнопки от первичной

- вторичное действие – это второстепенное действие, может быть несколько на странице. Выделено только обводкой кнопки и цветным текстом (Рисунок 2).

### 2.2. Отступы и размер:

- отступы должны позволять увеличивать размер текста без изменения размера кнопки (для людей с ограниченными возможностями).
- минимальная высота кнопки 36 px, минимальная ширина кнопки 100 px.

## 3. Формы:

### 3.1. Общее:

- проверка введенных данных должна выполняться после заполнения каждого поля. Плохие варианты: после заполнения всех полей, во время заполнения;
- минимальное количество цветов и выделений;
- сильный контраст цвета фона и текста;
- достаточные отступы между элементами для удобного нажатия;
- все поля лучше выносить последовательно в один столбец.

### 3.2. Поля:

- длина поля должна подсказывать, какую информацию необходимо ввести (Рисунок 3);



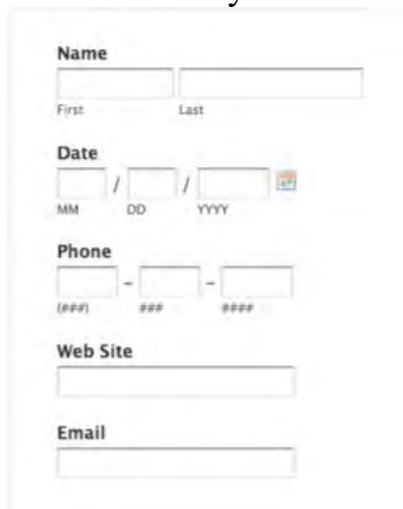
Рисунок 3 – Длина поля

- шрифт легко читаемый, не менее 16 px;
- высота не меньше 34 px;
- не заливаются цветом;
- автофокус находится там, где находится пользователь;
- Checkboxes and Radiobuttons располагаются друг под другом с выравниванием по левому краю со всеми остальными элементами формы.

### 3.3. Подписи (метки):

- лучшее выравнивание – сверху над полем ввода, по левому краю(Рисунок 4);

- не использовать все заглавные буквы.



The image shows a registration form with the following fields and labels:

- Name:** Two input boxes labeled 'First' and 'Last'.
- Date:** Three input boxes for 'MM', 'DD', and 'YYYY' with a calendar icon.
- Phone:** Three input boxes for '(PPP)', '###', and '####'.
- Web Site:** One input box.
- Email:** One input box.

Рисунок 4 – Расположение подписей

#### 4. Таблицы:

##### 4.1. Общее:

- предусмотреть фильтрацию и сортировку;
- столбцы должны располагаться слева направо в порядке убывания важности информации (Рисунок 5);

Focus Point

Transaction	Status	Order #	Qty	Amount (USD)	Order Description
Buy	Pending	52231234	1000	\$ 234'500	Forsen Inc. limit @ 450
Sell	Pending	2305356	234	\$ 100'345	Marta Skysen.4.5%.23/08/2016
Sell	Pending	21324356	320	\$ 5'600	Shell trinity group, hold 1200, 8/08/2017
Buy	Pending	123213213	60	\$ 2300	Forsen Inc. limit @ 450
Sell	Pending	39983230	2300	\$ 123'445	Marta Skysen.4.5%.23/08/2016
Buy	Pending	73340001	1000	\$ 24'040	Shell trinity group, hold 1200, 8/08/2017
Sell	Cancelled	33030345	234	\$ 234'500	Forsen Inc. limit @ 450 <b>BINGO!!!</b>
Buy	Pending	52231234	1000	\$ 100'345	Marta Skysen.4.5%.23/08/2016
Sell	Pending	2305356	234	\$ 5'600	Shell trinity group, hold 1200, 8/08/2017
Sell	Cancelled	21324356	320	\$ 2300	Forsen Inc. limit @ 450

Рисунок 5 – Распределение внимания пользователя

##### 4.2. Стиль:

- чем меньше линий разделений, тем лучше. Вертикальное разделение лучше показать отступами, горизонтальное можно выделить легкой зebraй или тонкими линиями.

##### 4.3. Выравнивание столбцов:

- текстовая информация выравнивается по левому краю;

- числовая информация выравнивается по правому краю для удобства сравнения. В процессе исследования выявлены ключевые компоненты и описаны их характеристики для проектирования удобного интерфейса, что позволяет пользователю быстро и эффективно заполнять формы, искать информацию по таблицам и выполнять целевое действие.

## **УТИЛИТА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО СЕТЕВЫМ ПРОТОКОЛАМ С УДАЛЕННОГО УЗЛА**

Борздыко М.А., Балкис И.С.

Научный руководитель - Белова С.В.

Тяжело представить современное предприятие, компанию или любое другое учреждение, как частное, так и государственное, которое не использовало бы технологии компьютерных сетей. Эти технологии позволяют значительно ускорить и облегчить процесс работы, потому что каждый сотрудник, сидя на своем рабочем месте, может моментально получить необходимую ему информацию.

Для диагностики и поиска неисправностей работы сети администраторы могут использовать специальные утилиты, предназначенные для проверки конфигурации стека TCP/IP и тестирования сетевого соединения. Синтаксис использования для всех утилит одинаков. В окне работы с командной строкой после приглашения операционной системы указывается имя утилиты и параметры.

Наиболее распространенной на сегодняшний день является клиент-серверная технология. Она описывает взаимодействие между узлами, согласно которому клиент запрашивает у сервера некоторые услуги, а сервер обрабатывает запросы и предоставляет эти услуги. На клиент-серверной архитектуре построены все сайты и интернет-сервисы. Также ее используют десктоп-программы.

Целью данной работы является создание многопользовательского приложения на базе архитектуры клиент-сервер, реализующего сетевой вариант известной утилиты стека TCP/IP netstat с графическим интерфейсом. Приложение разработано на языке программирования C#, с использованием среды разработки Microsoft Visual Studio 2019 и JetBrains Rider, взаимодействие клиентов и сервера осуществляется на основе технологии сокетов.

Сервер обрабатывает запросы клиентов и возвращает им результаты обработки. Чтобы сервер мог обрабатывать несколько запросов одновременно, он был спроектирован многопоточным. Сервер имеет графический пользовательский интерфейс, чтобы можно было проводить администрирование и контроль подключающихся к нему клиентов. Главное окно сервера представлено на рисунке 1.

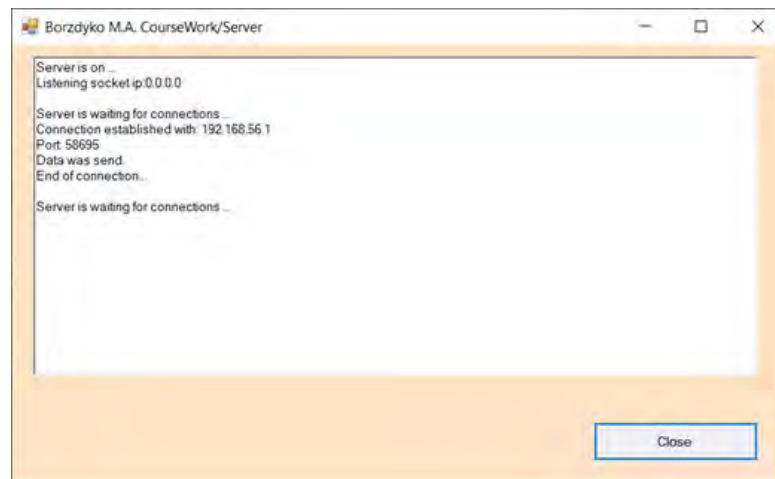


Рисунок 1 - Главное окно серверного приложения

Клиент – это приложение, отправляющее запросы серверу на обработку, а затем получающее необходимый результат. Клиентское приложение было спроектировано с графическим, интуитивно понятным интерфейсом.

Основная часть клиентского приложения расположена на главной форме. Там пользователь может выбрать, какие данные он хочет получить с сервера. Окно представлено на рисунке 2.

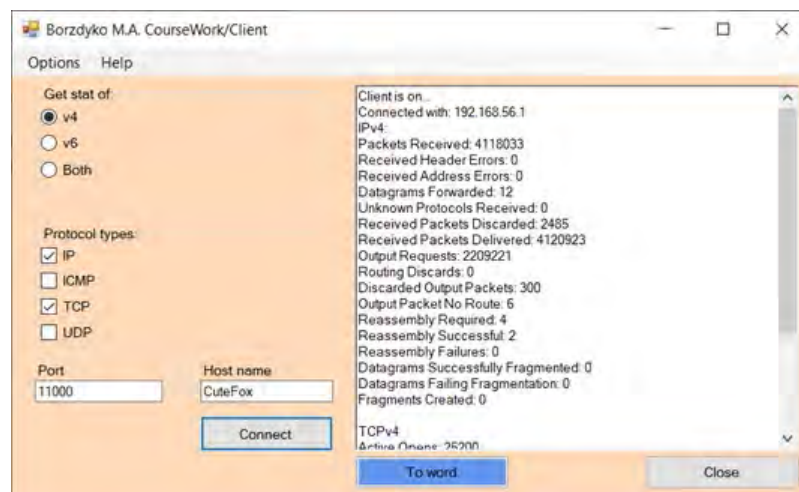


Рисунок 2 - Главное окно клиентского приложения

Также клиентское приложение позволяет записать полученные данные в файл журнала в формате MicrosoftOfficeWord, чтобы сохранить их на

компьютере и в дальнейшем использовать при необходимости. Выполнение данной функции показано на рисунке 3.

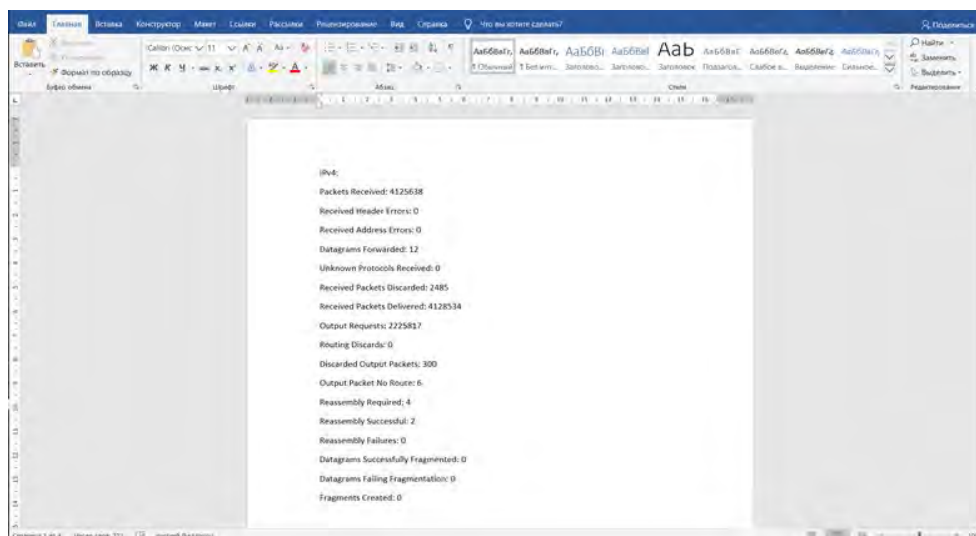


Рисунок 3 - Занесение данных в документ MicrosoftOfficeWord

В ходе данной работы было спроектировано и реализовано приложение на базе ОС Windows, позволяющее пользователю получить с удаленного узла статистическую информацию по протоколам IPv4, IPv6, ICMP, TCP, UDP. Готовый продукт состоит из клиента и сервера с графическим интерфейсом. Серверное приложение позволяет принимать клиентов и обрабатывать их запросы. Клиентское приложение позволяет подключаться к серверу и выбирать необходимое действие, а также сохранять полученную информацию в файл журнала.



## **СЕТЕВОЙ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ЧАТ С ГОЛОСОВЫМ АССИСТЕНТОМ**

Дубоделов А.В.

Научный руководитель - Белова С.В.

Цель работы – реализация сетевого чата на основе многопользовательского сервера с использованием технологии сокетов; а также внедрение голосового помощника для упрощения работы с приложением.

Разработка осуществлялась на языке программирования Python.

Данная тема выбрана неслучайно, информационный поток в современном мире растет с каждым днем, а вместе с этим возрастает потребность в обмене информацией, в удобном общении через современные средства коммуникации. С задачей обмена информацией хорошо справляются социальные сети и мессенджеры, чья востребованность отображается в количестве пользователей. Так в 2017 году сообщество WhatsApp преодолело отметку в 1 миллиард пользователей. Технологию голосового помощника в том виде, в котором он представлен сейчас, можно считать инновационной, так как первые современные ассистенты были выпущены во втором десятилетии XXI века, а их продажи уже составляют миллионы долларов. Так ассистент Google был запущен в 2016 году, а его продажи за 4 квартал 2018 года составили 11.5 миллионов штук [1].

Серверная часть программы представляет собой многопользовательский сервер. Он организывает единообразную систему принятия и рассылки сообщений клиентам. Для подключения клиента к серверу, второй принимает запрос на соединение от удаленного хоста(клиента). Каждому подключенному клиенту выделяется новый поток, что позволяет говорить о многопоточном сервере для данного приложения. Прием сообщений осуществляется путем прослушивания всех подключенных адресов. Перед отправкой сообщение кодируется по системе utf-8 и передается частями по 1024 байта.

Клиентский модуль представляет собой интерфейс с возможностью регистрации и входа в систему, отправки текстовых сообщений и смайликов (рисунок 1).

В программе также присутствует ряд проверок на авторизацию, существование пользователя в базе, попытку отправки сообщений неавторизованным пользователем и т.д.



Рисунок 1 – Интерфейс приложения

Для защиты от несанкционированного доступа к информации перед отправкой и при получении сообщения выполняется шифрование/расшифрование с использованием классического симметричного алгоритма. В последующих доработках и обновлениях предполагается внедрение более сложного вида шифрования с достаточной длиной ключа для обеспечения криптостойкости.

Чатом могут пользоваться и люди с ограниченными возможностями, например, с плохим зрением. Для этого все действия в программе снабжены звуковым сопровождением: звуками входа, выхода, отправки сообщения. А также внедрен голосовой помощник (рисунок 2) реализующий ряд дополнительных функций:

- чтение последнего сообщения в чате;
- запуск сторонних приложений, например, браузера;
- констатация текущего времени.



Рисунок 2 – Кнопка вызова голосового помощника

Голосовой помощник управляется только посредством звуковых команд. Реализация основана на технологии Google Cloud Speech Recognition API [2]. Что обеспечивает голосовому помощнику наивысшую оценку качества работы, а также позволяет распознать 120 языков и до четырех различных языков в одном запросе [2]. Используемая технология дает возможность внедрения machine learning и обучения помощника новым командам [2].

Фраза, произнесенная человеком, воспринимается помощником как звуковой сигнал с чередующимися гласными и согласными звуками. Поэтому для

распознавания речи голосовой помощник делит слова на звуковые фрагменты – фонемы. Для распознавания фонема, ассистент работает с их числовым представлением. Так, после записи запроса и его отправки на сервер, он делится на множество мелких фреймов длиной в сотые доли секунды. Далее фреймы проходят математическое преобразование, результатом этих преобразований является коэффициент, описывающий частотные характеристики фрейма. На основании этих данных подбирается фонем, которому принадлежит полученный фрейм.

Данная технология позволяет распознавать голос(аудио) и возвращать текст в режиме реального времени.

Также для лучшего распознавания речи были внедрены две технологии:

- задержка записи звука;
- нечеткий поиск.

Первая из них позволяет помощнику определить звук фона, дабы лучше вычлнять речь говорящего. Реализация данной функции осуществляется через предварительное прослушивание фона, которое занимает 1 секунду времени, до начала записи голоса диктора.

Технология нечеткого поиска позволяет распознавать нечеткую речь. Основывается данная технология на алгоритме расстояния Леванштейна, заключающегося в поиске наиболее схожего варианта действия, путем нахождения минимального количества изменений в данных, полученных от пользователя [3], для получения схожего варианта в системе помощника.

В результате реализации данного приложения был получен простейший сетевой чат, подходящий для использования в небольших компаниях, группах, обществах. После двухэтапного тестирования: программного, физического (тестирующими), - можно говорить о готовности приложения первому релизу.

## Литература

1 BlogDTI. [Электронный ресурс] / Голосовые помощники: эволюция, устройство и основные игроки. – Режим доступа: <https://blog.dti.team/voice-assistants-1/> .– Дата доступа 13.05.2020, свободный – Загл. с экрана. – Яз.рус.

2 Google Cloud. [Электронный ресурс] / Speech-to-Text powered by machine learning. – Режим доступа: <https://cloud.google.com/speech-to-text?hl=ru> .– Дата доступа 12.05.2020, свободный – Загл. с экрана. – Яз.англ.

3 Habr. [Электронный ресурс] / Нечеткий поиск в тексте и словаре. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/114997/> .– Дата доступа 12.05.2020, свободный – Загл. с экрана. – Яз.рус.

## ФРАКТАЛЫ. ФРАКТАЛЬНАЯ ГРАФИКА

Рогожник Я.А., Васильков В.С.

Научный руководитель - Белова С.В., Катковская И.Н.

Целью работы является проектирование и реализация приложения для построения фракталов.

Фракталы привлекают внимание, завораживают, гипнотизируют. Однако многие считают, что такие изображения — просто узоры, нужные только для каких-то демонстраций и красоты. При этом мало кто догадывается, что простота эта только кажущаяся. На самом деле фрактальная графика довольно сложна и является результатом слияния математики и искусства.

Фракталы повсеместно используются в нашей жизни. Природа сгенерировала сотни и тысячи самых разных фракталов, начиная с кровеносной системы человека и заканчивая листком дерева. Фрактальная графика относительно молода по сравнению с растровой и векторной графикой. Основой фрактальной графики является фрактальная геометрия, позволяющая математически описывать различные виды неоднородностей, встречающихся в природе. В машинной графике фрактальная геометрия незаменима при генерации искусственных облаков, гор, поверхности моря. Фактически, благодаря фрактальной графике найден способ эффективной реализации сложных неевклидовых объектов, образы которых весьма похожи на природные (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Сравнение листа папоротника с папоротником Барнели

Фрактал — объект, отдельные элементы которого наследуют свойства родительских структур. Поскольку более детальное описание элементов меньшего масштаба происходит по простому алгоритму, описать такой объект можно всего несколькими математическими уравнениями.

Используя различные программы для генерации фракталов можно получать самые разные фигуры и образы, которые будут поддаться

определённым математическим законам, которые вы в них вложите. Так же определёнными программными средствами может быть реализованы реалистичное падение света и тени, данные технологии активно используются в видеографике (см. рисунок 2).



Рисунок 2 - Изображение, полученное с помощью фракталогенераторов

Добавляя в формулы, задающие фрактал, случайные возмущения, можно получить стохастические фракталы, которые весьма правдоподобно передают некоторые реальные объекты — элементы рельефа, поверхность водоемов, некоторые растения, что с успехом применяется в физике, географии и компьютерной графике для достижения большего сходства моделируемых предметов с настоящими. В радиоэлектронике в последнее десятилетие начали выпускать антенны, имеющие фрактальную форму. Занимая мало места, они обеспечивают вполне качественный прием сигнала. А экономисты используют фракталы для описания кривых колебания курсов валют. Существуют алгоритмы сжатия изображения с помощью фракталов. Они основаны на идее о том, что вместо самого изображения можно хранить сжимающее отображение, для которого это изображение (или некоторое близкое к нему) является неподвижной точкой. Один из вариантов данного алгоритма был использован фирмой Microsoft при издании своей собственной энциклопедии.

В данной работе было спроектировано и реализовано приложение для построения фракталов по определённым заложенным математическим алгоритмам согласно вводимой пользователем точности (глубины).

Программа способна высчитывать и строить такие геометрические фракталы как: треугольник Серпинского, снежинку Коха, дракона, деревья, а также круговые фракталы. Программа написана на языке программирования C#, с использованием графического интерфейса WindowsForms. Для реализации двумерной графики используются встроенные классы Graphics, Pen и Brush. Пространство имен System.Drawing (Рисование) обеспечивает доступ к функциональным возможностям графического интерфейса GDI+ , используя около 50 классов, в том числе класс Graphics.

Отображение снежинки Коха, реализуемой в программе, представлено на рисунке 3.

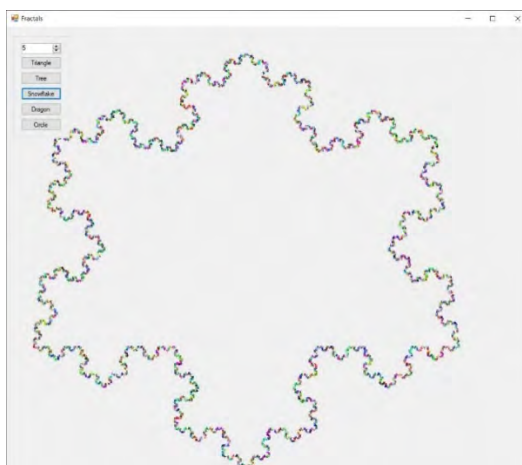


Рисунок 3 – Отображение снежинки Коха

В программе используется файловое деление, для реализации рисования каждого отдельного фрактала, например, файл логики, для рисования снежинки Коха `Snowflake.cs`. Каждая кнопка в программе реализует только одну поставленную задачу согласно `SingleResponsibilityPrinciple`. Программа позволяет отображать объекты с заданной точностью (глубиной). На рисунке 4 представлено отображение фрактального дерева, реализуемого в программе с параметром глубины равным 8.

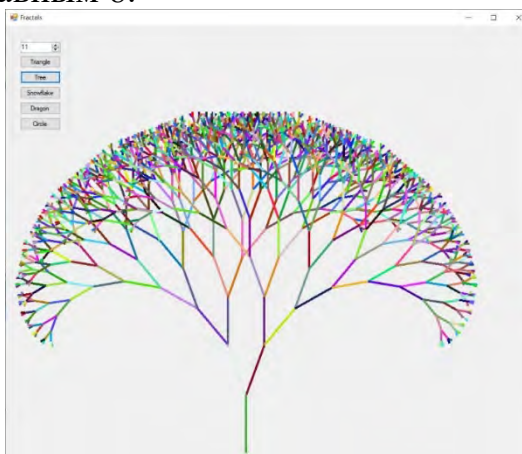


Рисунок 4 – Отображение фрактального дерева

Чтобы избежать ошибок и проверить точность работы программы, было проведено Unitтестирование каждого элемента. Для этого был создан отдельный файл `UnitTest.csi` разработаны пользовательские тесты и данные для проверки.

## СЕТЕВАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

### «РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ»

Белявская Н. С., Мироненко К. А.  
Научный руководитель - Белова С.В.

Цель работы – проектирование и реализация информационной системы «Расписание занятий».

Программа представляет собой клиент-серверное многопользовательское приложение, в котором реализованы следующие функции:

- вход в систему под логином и паролем;
- просмотр всего расписания;
- просмотр расписания по определенному предмету, фамилии преподавателя, номеру группы.

Логины (в качестве них взяты номера зачеток студентов) и пароли к ним хранятся в текстовом файле на сервере. Также на сервере хранится файл, содержащий расписание занятий. Клиент и сервер обмениваются сообщениями, кодированными при помощи стандарта UTF-8.

В проекте используется соединение по протоколу TCP. Преимуществами данного протокола являются строгий порядок и надежность передачи данных.

В процессе работы были реализована технология применения асинхронных сокетов. Асинхронность в программировании — выполнение процесса в неблокирующем режиме системного вызова, что позволяет потоку программы продолжить обработку. Главная идея асинхронного программирования заключается в том, чтобы запускать отдельные вызовы методов и параллельно продолжать выполнять другую работу без ожидания окончания вызовов.

Программный код серверной части разбит на несколько модулей, реализующих соответствующие своему назначению методы.

В модуле `Listener.cs` создается сокет `listener` по протоколу TCP, который будет использоваться для прослушивания попыток соединения клиента. При помощи команд `Bind` и `Listen` и функции обратного вызова `AcceptCallback` происходит поиск клиента и соединение с ним. В этой части программного кода используется метод `WaitOne()`, отвечающий за блокировку данного потока и метод `Set()`, устанавливающий, что операция в данном потоке завершена. Методы обратного вызова требуются асинхронным операциям, чтобы вернуть результат.

В модуле `ClientController.cs` в список клиентов `List<ClientObject>` происходит добавление и удаление клиентов.

В модуле Sender.cs происходит кодирование считанных из файла данных и пересылка их клиенту. Здесь используется функция обратного вызова SendCallback. Также в методе этого модуля происходит вывод на консоль сервера, какие данные были высланы какому клиенту (по его имени). Аналогично было произведено проектирование модуля ReceivePackage.cs, который отвечает за получение и декодирование данных.

Интерфейс клиентской части содержит в себе обработчик событий, возникающих в процессе взаимодействия пользователя с интерфейсом. Обработчик на стороне клиента обеспечивает получение данных пользовательского ввода, кодирование и отправку на сервер. При появлении нового сообщения (списка занятий) он обновляет соответствующие поля пользовательского интерфейса.

Основной клиентский модуль - модуль Form1.cs и его Windows-форма. Они отвечают за получение запросов клиента и связь клиент-сервер. Функция, обрабатывающая нажатие на клавишу «Показать», запускает методы Send() и Receive(), которые обмениваются с сервером необходимой информацией, используя блокирование потоков при помощи команды WaitOne(). Здесь также используются callback-функции.

UML-диаграмма этого класса и класса Listener серверной части представлена на рисунке 1.

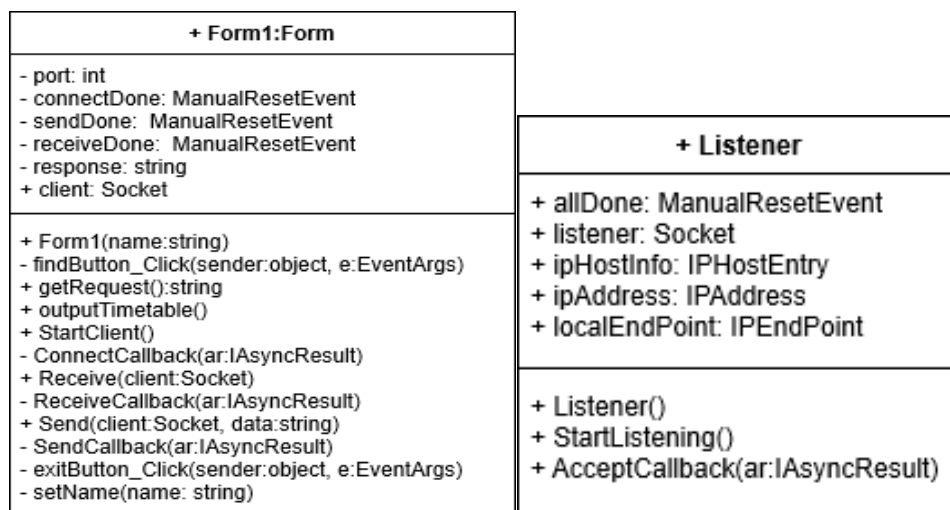


Рисунок 1 – UML-диаграммы классов Listener и Form1

Приложение содержит user-friendly интерфейс. Для входа в систему (рисунок 2) требуется ввести свой логин (который будет отображаться на сервере) и пароль, а также IP сервера.



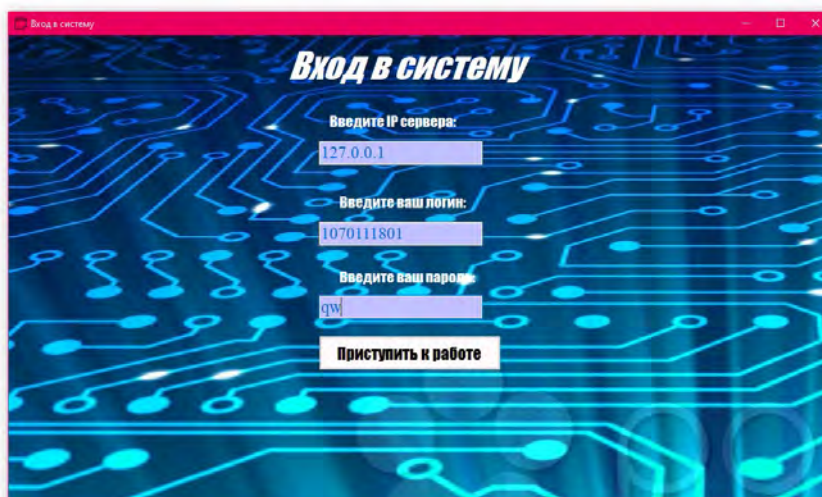


Рисунок 2 - графический интерфейс начального окна программы

На следующей форме (рисунок 3) можно выбрать группу, предмет, преподавателя или несколько из этих факторов отбора и также нажать на кнопку «Показать» для отображения расписания. Расписание выводится в удобной форме в виде таблицы.

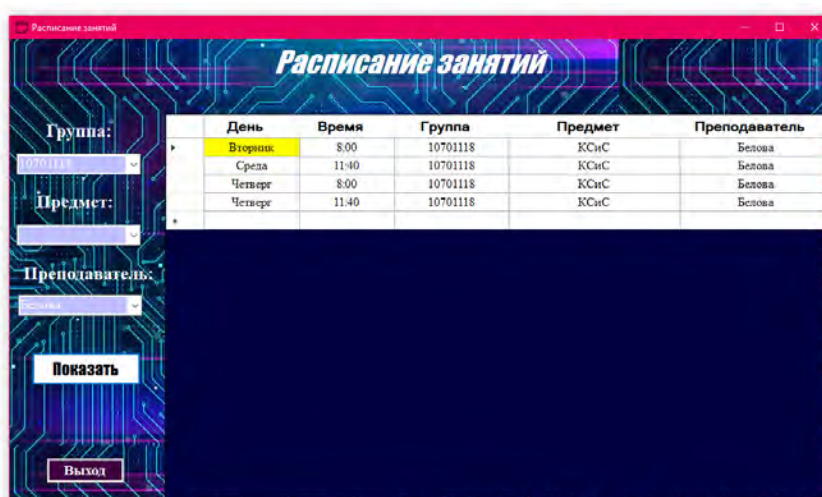


Рисунок 3 – основная форма приложения

Разработанный программный продукт предназначен для хранения и выборки для просмотра необходимой информации по расписанию занятий и может быть использован на практике в процессе обучения.

## МЕТОД КОРНЕВОГО ГОДОГРАФА. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА НЬЮТОНА-РАФСОНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОРНЕВЫХ ГОДОГРАФОВ СИСТЕМ

Балкис И.С., Дубоделов А.В.

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

Метод корневого годографа - метод расчета линеаризованных замкнутых динамических систем, а именно систем с обратной связью, поведение которых в переходных процессах с достаточной для практического использования точностью описывается линейными дифференциальными уравнениями [1].

К данным системам относятся различные системы автоматического регулирования (САР), управления (САУ) и контроля, следящие системы и усилители с обратной связью [1].

Корневой годограф (КГ) алгебраического уравнения (характеристического уравнения замкнутой динамической системы) - это траектории, описываемые на комплексной плоскости  $s$  собственных частот системы корнями этого уравнения при непрерывном изменении одного из его параметров определенным образом [2].

Начало данной работы заключается в ручном исследовании алгоритма решения уравнений корневого годографа, на примере простейшей системы с передаточной функцией (ПФ) вида

$$W(s) = X/Y = W_o W_r / (1 + K W_o W_r), \quad (1)$$

где  $W(s)$  - ПФ замкнутой системы;  $s = \sigma + i\omega$ ;  $X$  - выходная (регулируемая) величина;  $Y$  - входная величина (задающая воздействие);  $W_o$  - ПФ объекта управления;  $W_r$  - ПФ регулятора [3];  $K$  - коэффициент усиления.

Заменим  $W_o W_r$  на  $G(s)$ :

$$G(s) = W_o W_r = \Psi(s) / \Phi(s), \quad (2)$$

где  $G(s)$  - ПФ разомкнутой системы;  $\Psi(s)$  - полином числителя ПФ разомкнутой системы;  $\Phi(s)$  - полином знаменателя ПФ разомкнутой системы [3].

Преобразовав формулы (1) и (2) получим характеристическое уравнение (характеристический полином) замкнутой системы в общем виде:

$$1 + KG(s) = \Phi(s) + K\Psi(s) = s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0. \quad (3)$$

КГ характеристического полинома (3), т.е. траектории корней, используются для проведения анализа динамических свойств, а также синтеза систем с требуемыми свойствами.

Для построения КГ полинома (3) изменяют один из его коэффициентов.

Используя формулу отображения (3), запишем функцию отображения:

$$K = u(\sigma, \omega) + iv(\sigma, \omega) = -1/G(s) = -\Phi(s)/\Psi(s). \quad (4)$$

Выражение(4) представляет собой уравнение КГ общего вида, где  $K$  - параметр годографа [3].

На основе выражения (4) получим уравнение корневого годографа Теодорчика – Эванса (УКГТЭ)[3]:

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

и уравнение параметра годографа:

$$K = u(\sigma, \omega) = 0.$$

Для получения графика КГ требуется решить уравнение (5). С этой целью используем метод Ньютона-Рафсона [2] для нахождения корней нелинейного полинома от одной независимой переменной. Определим некоторый числовой интервал на оси  $\sigma$ ,

$$\sigma \in [\sigma_{\min}, \sigma_{\max}], \quad (6)$$

в котором предположительно могут находиться корни. Также установим шаг  $\delta$  вычисления корней в интервале (6). В результате уравнение КГ (5) преобразуется в уравнение вида

$$v_{\omega}(\omega) = 0. \quad (7)$$

вычисляя корни уравнения (7) в пределах заданного интервала (6) с шагом  $h$ , формируем искомую кривую КГ. Вычисление корней выполняем с использованием метода Ньютона – Рафсона.

Для примера возьмем ПФ разомкнутой системы

$$G(s) = (s+3)/((s+5)(s+7)). \quad (8)$$

Для определения полюсов КГ найдем корни знаменателя ПФ (5).  $s_1 = -5$ ;  $s_2 = -7$ .

Число ветвей КГ равно порядку системы,  $n=2$ . Ветви начинаются при  $K = 0$ .

Исследованы 4 различных годографа и построены их графики. На рисунке 1 представлен график для ПФ, определенной выражением (8) на промежутке  $-\infty < K < +\infty$ .

Исходя из формул (2) и (4) получено выражение

$$K = -(s+5)(s+7)/(s+3).$$

(9)

После раскрытия скобок и подстановки в (9) выражения  $s = \sigma + i\omega$  определяется мнимая часть и приравнивается к 0, согласно (5):

$$v(\sigma, \omega) = \sigma^2 + 6\sigma + \omega^2 - 1 = 0.$$

Построенный УКГТЭ представлен на рисунке 1.

Для ПФ  $G(s) = (s+4)/((s+5)(s+6)(s+7)), \quad (11)$

$$G(s) = 1/((s+1)(s+2)(s+3)(s+4))$$

УКГ соответственно имеют вид

$$-2\omega\sigma^3 - 30\omega\sigma^2 - 144\omega^2\sigma - 2\omega^3\sigma - 14\omega^3 + 218\omega = 0. \quad (12)$$

$$4\omega\sigma^3 + 30\sigma^2 + 70\sigma - \omega^2\sigma - 10\omega^3 + 50\omega = 0. \quad (13)$$

Задавая значения  $\sigma$  на выбранном промежутке (6) значений  $\sigma$  на действительной оси  $\sigma$  плоскости корней  $s$  через определенные

интервалы  $h$ , подставляем их в УКГ. В результате получается нелинейное уравнение относительно переменной  $\omega$  вида (7). Для вычисления корней этого нелинейного уравнения используется метод Ньютона – Рафсона.

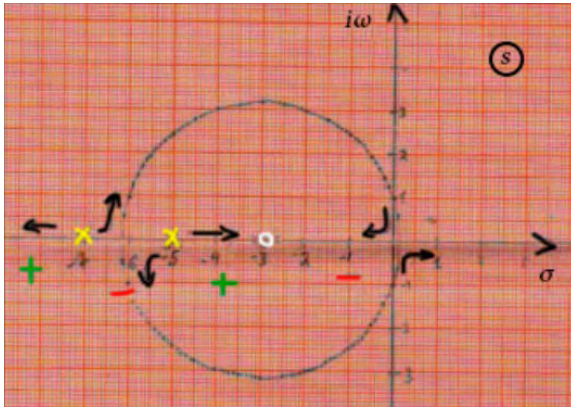


Рисунок 1. Построение УКГТЭ вручную.

Основная идея метода Ньютона – Рафсона состоит в последовательных приближениях к истинному решению уравнения (7), которые вычисляются с помощью первой производной от (7). Алгоритм вычисления корней строится в следующей последовательности действий.

1. Ввод нулевой итерации  $\omega_0$ .
2. Вычисление методом конечных разностей производной  $v'(\omega_0)$  в точке с координатой  $\omega_0$ .
3. С использованием разложения Тейлора замена  $v(\omega)$  в окрестности рассматриваемой точки касательной – прямой линией  $v(\omega_0)+v'(\omega_0)(\omega-\omega_0)$ .
4. Определения точки  $\omega_t$ , в которой прямая пересекает ось  $\omega$ .
5. Установления точки  $\omega_t$  в качестве новой итерации, повторение цикла и построения касательной, определение точки её пересечения с осью и т.д., пока корень не будет найден с требуемой точностью.

Для автоматизации данного процесса разработана программа на языке программирования C#. Интерфейс представлен на рисунках 2 и 3:

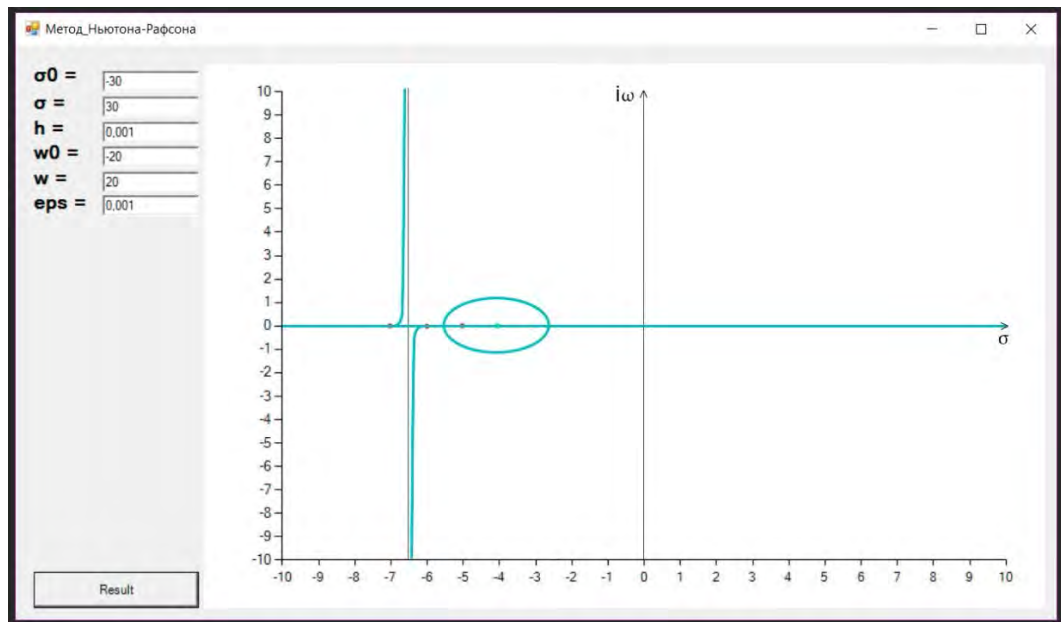


Рисунок 2. Результат построения корневого годографа по УКГ (12).

Для получения графика как на рисунке 2, так и на рисунке 3, необходимо задать промежуток (6) значений  $\sigma$ , в котором

предположительно должны находиться искомые корни, где  $\sigma_0 = \sigma_{\min}$  – нижняя граница промежутка (6),  $\sigma = \sigma_{\max}$  – верхняя граница промежутка (6), значение  $h$  (шаг  $\sigma$ ). В полях  $\omega_0$ ,  $\omega$  устанавливаются границы промежутка, в котором предположительно располагается искомый текущий корень уравнения (7). Точность корня задается в поле  $eps$ . После введения данных необходимо нажать кнопку Result.

Система с ПФ (11) является устойчивой при  $K \in [0, +\infty]$ .

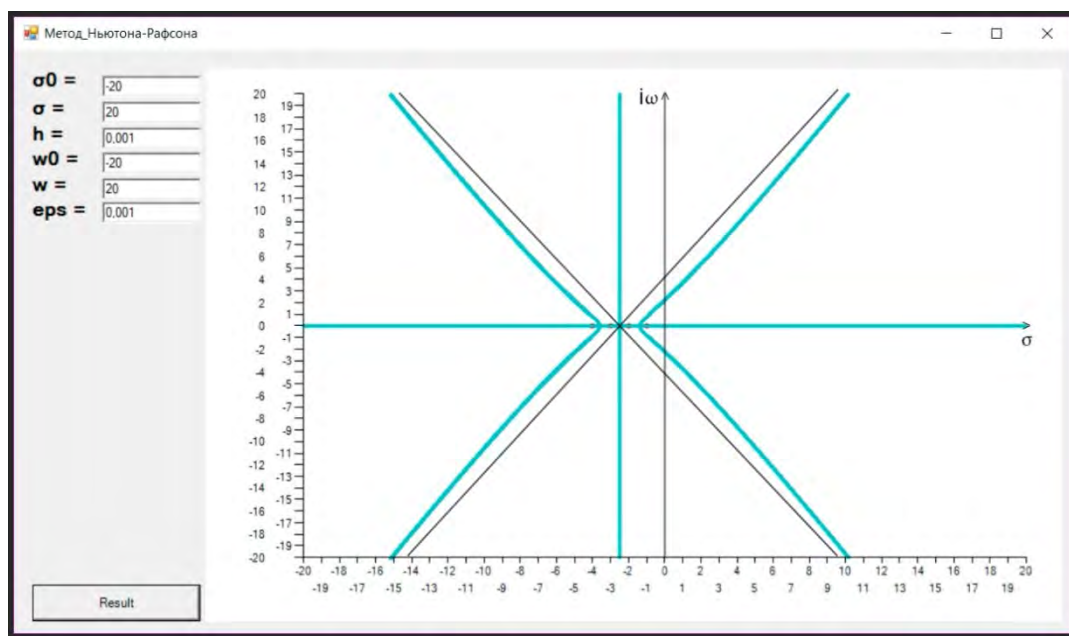


Рисунок 3. Результат построения корневого годографа по УКГ (13).

Метод корневого годографа позволяет успешно производить анализ и синтез линеаризованных систем в соответствии с требованиями к поведению системы в переходных процессах, вызываемых возмущениями, действующими на систему, или управляющих воздействиями на нее. Он широко используется при проектировании современных САУ, упрощает работу по тестированию, выявлению недостатков, обеспечению устойчивости и качества систем.

## Литература

1. Удерман, Э.Г. Метод корневого годографа в теории автоматического управления / Э.Г. Удерман. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1963. – Режим доступа: <http://bookre.org/reader?file=663688&pg=107>
2. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
3. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода / А.А. Несенчук. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2005

## ФОТОРЕДАКТОР НА IPHONE

Косякова Д.Д.

Научный руководитель – Разоренов Н.А., к.т.н., доцент

Цель работы – разработать iPhone приложение для получения и фотообработки графических изображений.

В настоящее время люди привыкли фотографировать свои яркие моменты и выкладывать эти фотографии в социальные сети. Каждый хочет, чтобы они получились максимально красивыми и привлекли большое внимание окружающих. Для этого и существуют фоторедакторы. В данной работе кратко описывается разработанное приложение на iPhone.

Данный проект представляет собой многоэкранное приложение, которое обладает рядом следующих функций:

- 1) Выбор фотографии из галереи телефона;
- 2) Возможность сделать фотографию сразу же из приложения;
- 3) Обрезать фотографию;
- 4) Настройка яркости, контрастности, насыщенности и резкости изображения;
- 5) Применение фильтров;
- 6) Сохранение изображения в галерею телефона.

Наложение фильтров на изображение осуществляется с помощью библиотеки GPUImage, которая написана БрэдомЛарсоном и позволяет применять фильтры и другие эффекты при помощи GPU к фильмам, живой видеосъемке и изображениям[1].

GPUImage является по своей сути абстракцией на Objective-C вокруг конвейера рендеринга. Изображения из внешнего источника, будь то камера, сеть или диск, загружаются и модифицируются, проходя через цепочку фильтров и выдавая результат в виде изображения (UIImage), непосредственного рендеринга на экран (через GPUImageView) или просто потока данных. На рисунке 1 показан фрагмент полной схема обработки изображения, где для получения новой, отредактированной фотографии, изображению нужно пройти через цепочку фильтров.

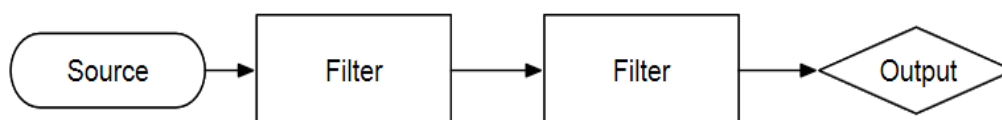


Рисунок 1 –Схема фильтрации при обработке изображения

На рисунке 2 расположено главное окно, где при помощи кнопок мы можем выбрать откуда будем выбирать фотографию. При нажатии на кнопку “Take a photo”, открывается камера, где непосредственно через само приложение мы делаем фотографию и сразу же выбираем это изображение для дальнейшего накладывания фильтров. При нажатии на кнопку “Select from library” изображение выбирается из галереи.



Рисунок 2 – Меню выбора фотографии

На рисунке 3 мы работаем непосредственно с редактированием стандартных параметров изображения, таких как контрастность, яркость, насыщенность и резкость. Это осуществляется с помощью ползунков(слайдеров).



Рисунок 3 – Редактирование стандартных параметров изображения

На рисунке 4 мы накладываем на фотографию фильтры, которые выбираем из таблицы, представленной на экране. После выбора нужного фильтра, мы можем сохранить наше отредактированное изображение в фотогалерею.

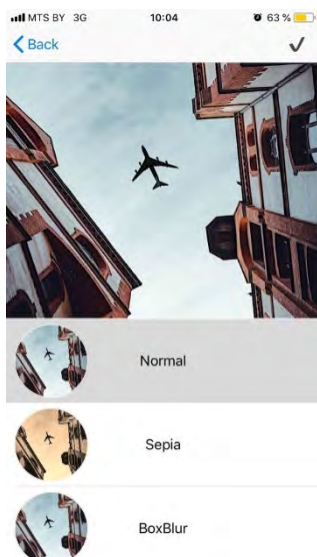


Рисунок 4 – Наложение фильтров на изображение

Разработанное приложение прошло тестирование, показало работоспособность и устойчивую работу.

### Литература

1. Ларсон, Б. Библиотека GPUImage для iOS/ Б. Ларсон // [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа : – <https://github.com/BradLarson/GPUImage3/>. – Дата доступа : 05.10.2019.
2. Усов, В. Swift. Основы разработки приложений под iOS, iPadOS и macOS / В. Усов. – Питер, 2020. – С. 201 - 320.



## ШИФРОВАНИЕ ДАННЫХ НА БАЗЕ CRYPTO API

Курьянович Д. Ю.

Научный руководитель – Разоренов Н.А., к.т.н., доцент

Цель работы – разработать программу шифрования и дешифрования данных файла с генерацией ключа по алгоритму RC4.

С каждым годом все активнее развиваются информационные технологии, а информация приобретает все большую необходимость в защите. На смену бумажным документам пришли электронные, а личные контакты все чаще уступают место переписке по e-mail. Поэтому «шпионские штучки» вроде паролей и шифровок становятся все более привычными и необходимыми инструментами безопасности.

Развитие цифровизации резко усилило потребность в надежных алгоритмах шифрования для защиты конфиденциальной информации. Для обеспечения безопасности при передаче информации по открытым каналам связи необходимо соблюдение трех требований: конфиденциальность; аутентификация; целостность.

Шифрование — это преобразование данных в вид, недоступный для чтения без соответствующей информации (ключа шифрования). Задача состоит в том, чтобы обеспечить конфиденциальность, скрыв информацию от лиц, которым она не предназначена, даже если они имеют доступ к зашифрованным данным.

Шифрование информации гарантирует: недоступность информации для сторонних лиц, подлинность информации (то есть информации поступит к вам в неискаженном виде), целостность информации (данные, которые вы хотите передать останутся целыми в процессе передачи) [1].

Современные операционные системы Microsoft содержат множество криптографических подсистем различного назначения как прикладного уровня, так и уровня ядра. Ключевую роль в Windows играет интерфейс Crypto API (Cryptography API, CAPI) [2].

Функциональную часть разработанного на C++ приложения Win APP обеспечивают следующие функции:

HandleEncryptAction - выполняет действия, связанные с обработкой запроса на шифрование файла от пользователя;

HandleDecryptAction - выполняет действия, связанные с обработкой запроса на дешифрование файла от пользователя;

GenerateKeyFile - генерирует файл с ключом, который в дальнейшем используется в данном приложении;

PopulateEditWithSelectedFileName - сохраняет имя файла, выбранного в стандартном диалоге открытия файла в элементе управления Edit;

SimplyGetSaveFileName - функция-обертка, получает имя файла, выбранное пользователем в стандартном диалоге «Сохранить файл»;  
Error - функция-обработчик ошибок, Выводит сообщение об ошибке для пользователя.

На рисунке 1 представлена архитектура приложения.

### Рисунок 1 – Архитектура приложения

Ниже приведен фрагмент кода реализации функции:

```
void GenerateKeyFile(char *keyfilename)
{
    HCRYPTPROV hProvider; HCRYPTKEY hKey;
    HCRYPTKEY hSessionKey;
    bool successful = true;
    successful = CryptAcquireContext(&hProvider, NULL, MS_DEF_PROV,
PROV_RSA_FULL, CRYPT_VERIFYCONTEXT);
    if (!successful) {
        Debug("GenerateKey - CryptAcquireContext error");
        return;
    }
    successful = CryptImportKey(hProvider, key, sizeof(key), 0, 0, &hKey);
    if (!successful) {
        Debug("GenerateKey - CryptImportKey error");
        return;
    }
    .
    .
}
```

Приложение прошло функциональное тестирование, показало работоспособность и устойчивую работу.

### Литература

1. Основные термины и определения. Классификация шифров. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sites.google.com/site/anisimovkhv/learning/kripto/lecture/tema3> – Дата доступа : 03.12.2019.
2. Вкратце о MicrosoftCrypto API [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/sandbox/22763/> – Дата доступа : 05.12.2019

## МЕТОД КОРНЕВОГО ГОДОГРАФА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОСРЕДСТВОМ ПАКЕТА MATLAB SIMULINK

Васильков В.С., Борздыко М.А., Березневич И.В.

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

Автоматизация имеет важное значение в современном мире. Различные автоматические устройства, работающие на основе систем автоматического управления (САУ), позволяют увеличить количество и повысить качество выпускаемой продукции. Данный вопрос рассматривает дисциплина теория автоматического управления (ТАУ) [1], в рамках которой широко используется метод корневого годографа [1, 2].

Корневой годограф (КГ) алгебраического уравнения (характеристического уравнения замкнутой динамической системы) - это траектории описываемые на комплексной плоскости  $s$  собственных частот системы корнями этого уравнения при непрерывном изменении одного из его параметров определенным образом [1, 2].

Рассмотрим простейшую систему с передаточной функцией (ПФ) вида

$$W(s) = X/Y = W_o W_p / (1 + K W_o W_p), \quad (1)$$

где  $W(s)$  - ПФ замкнутой системы;  $s = \sigma + i\omega$ ;  $X$  - выходная (регулируемая) величина;  $Y$  - входная величина (задающее воздействие);  $W_o$  - ПФ объекта управления;  $W_p$  - ПФ регулятора [2].

Произведем замену  $W_o W_p$  на  $G(s)$ :

$$G(s) = W_o W_p = \Psi(s) / \Phi(s), \quad (2)$$

где  $G(s)$  - ПФ разомкнутой системы (это дробно-рациональная функция);  $\Psi(s)$  - полином числителя ПФ разомкнутой системы;  $\Phi(s)$  - полином знаменателя ПФ разомкнутой системы [2].

Выполнив некоторые преобразования над формулами (1) и (2), получим следующее выражение:

$$1 + KG(s) = \Phi(s) + K\Psi(s) = s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n = 0. \quad (3)$$

Выражение (3), представляет собой характеристическое уравнение (характеристический полином) замкнутой системы. Именно траектории его корней, т.е. КГ, рассматриваются для того, чтобы выполнять анализ поведения (динамических свойств), а также синтез систем с требуемыми свойствами.

Для построения КГ полинома (3) меняют один из коэффициентов, обычно это  $K$  или  $a_j$ .

На основании формулы (3) отображения запишем функцию отображения, которая представляет собой уравнение КГ (УКГ) общего вида [2]:

$$a_j = u(\sigma, \omega) + iv(\sigma, \omega) = -1/G(s) = -\Phi(s)/\Psi(s), \quad (4)$$

где  $a_j$ - параметр годографа.

Для примера возьмем ПФ вида

$$G(s) = 1/((s+1)(s+2)(s+3)(s+4)). \quad (5)$$

Для определения полюсов КГ определяются корни знаменателя ПФ (5):  $s_1 = -1; s_2 = -2; s_3 = -3; s_4 = -4$ .

Число ветвей КГ равно порядку системы,  $n=4$ . Ветви начинаются при  $K=0$ . Точка пересечения асимптот ветвей годографа с действительной осью находится по формуле [1, 2]:

$$\sigma_a = \left( \sum_{i=1}^n P_i - \sum_{j=1}^m N_{ji} \right) / (n - m),$$

угол наклона асимптот по формуле [1, 2]:

$$\theta = \pi(2i + 1)/(n - m),$$

где  $P_i$  - полюса ПФ (2);  $N_i$  – нули ПФ (2);  $m$  - степень числителя ПФ (2);  $n$  - степень знаменателя ПФ (2).

В результате исследований метода КГ построены некоторые уравнения корневого годографа Теодорчика-Эванса (УКГТЭ) [2] ручным способом при  $-\infty < a_j < +\infty$  (рисунок 1).

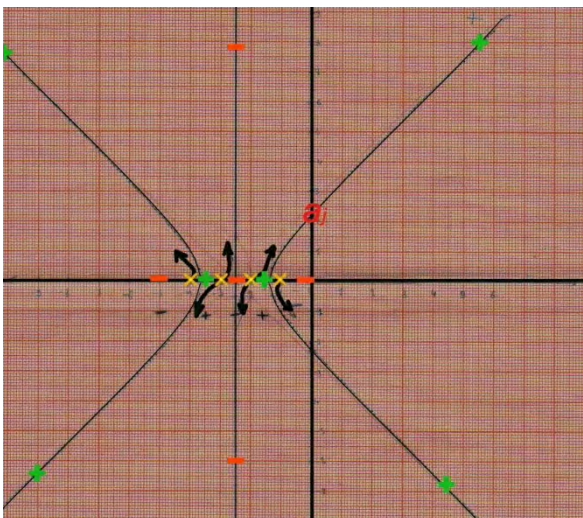


Рисунок 1. Результат ручного построения КГТЭ.

Следует отметить, что были изучены средства MatlabSimulink (основной синтаксис, утилита SISOTool), предназначенные для анализа и расчета САУ. Построен корневой годограф в среде Matlab (рисунок 2), аналогичный изображенному на рисунке 1.

Данная утилита позволяет: создавать ПФ, получать импульсную, переходную характеристику звена, строить структурные схемы САУ с последующим их исследованием, определять корни, полюса систем.

Для построения КГ необходимо набрать следующий код в командной

строке Matlab:

1. Ввести коэффициенты полинома числителя ПФ (2):

$$\text{num} = [b_0, b_1, \dots, b_n].$$

2. Ввести коэффициенты полинома знаменателя ПФ (2):

$$\text{den} = [c_0, c_1, \dots, c_n].$$

3. Создать модель ПФ используя функцию `tf()`, которая принимает на вход полиномы числителя и знаменателя и сохраняет результат в переменную

`sys = tf(num, den).`

4. На этом этапе можно определить корни и полюса ПФ без построения графика, используя функции `zero()`, `pole()`, которые принимают на вход переменную, хранящую ПФ.
5. Для отображения КГ используется функция `locus`, которая принимает

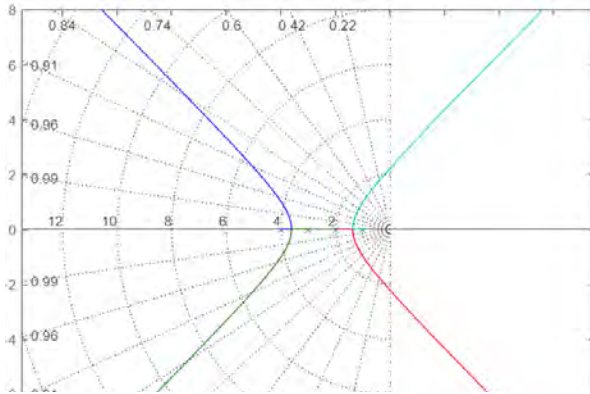


Рисунок 2. Результат построения КГТЭ

в среде Matlab.

ПФ в качестве параметра (рисунок 2).

Сравнив результаты (рисунок 1 и рисунок 2), можно заметить, что графики идентичны. Однако Matlab не отображает асимптоты, направление ветвей отображается не стрелками, а различным цветом.

В результате исследований с использованием формулы (4), выявлено, что система устойчива при  $a_j \in [0, 138]$ . При  $a_j \geq 138$  (см. точку  $a_j$  на рисунке 1) положительные правые ветви годографа пересекают мнимую ось и далее переходят в правую

полуплоскость корней. В итоге система теряет стабильность (рисунки 1, 2).

Для дополнительной оценки, определения запасов устойчивости системы необходимо использовать утилиту `SISOTool`, приложение пакета `ControlSystem` пакета `MATLAB` для моделирования, имитирования и анализа систем управления с контуром обратной связи.

В ходе выполнения научно-исследовательской работы изучен метод корневого годографа для анализа и синтеза САУ. Построены и исследованы корневые годографы различных динамических систем. Основными достоинствами данного метода является возможность и удобство выполнения синтеза, аналитического исследования систем различных классов и порядков. Рассмотрен и изучен пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений Matlab и среда Simulink графического программирования для моделирования динамических систем управления с использованием корневых траекторий.

## Литература

1. Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.
2. Несенчук, А.А. Анализ и синтез робастных динамических систем на основе корневого подхода / А.А. Несенчук. - Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2005.

## ДИНАМИЧЕСКОЕ СОЗДАНИЕ И КОНТРОЛЬ ВЕРСИЙ БД ИСПОЛЬЗУЯ ПЛАГИН FLYWAY

Косякова Д.Д., Камадей А.В.

Научный руководитель – Прибыльская Н.М., ст. преподаватель

Цель работы – при запуске программы сформировать проверку на нахождение определённой базы данных, при отсутствии создать, а если она существует, проверить на номер версии. Если БД не обновлена до последней версии, выполнить необходимый SQL код.

При развертывании проекта (клонировании с GitHub), очень часто разработчику требуется вручную вставить копию (dump) БД. Также при разработке, если в качестве всей копии БД является всего лишь 1 файл, очень тяжело проводить некоторые изменения и вставлять без перезаписи лишь в некоторых частях. Именно поэтому в проекте PetClinic мы использовали плагин Flyway и написали маленькую утилиту, которая проверяет, есть ли нужная нам база данных или нет.

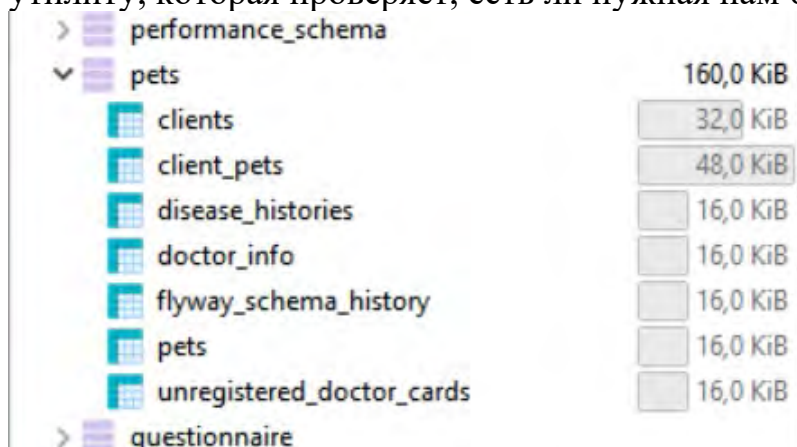


Рисунок 1 – База данных “pets” существует.

Если база данных существует, программа проводит проверку путём сверки версий в таблице flyway\_schema\_history.

pets.flyway\_schema\_history: 1 строка (приблизительно) » Далее ⌵ Показать все | Сортировка ▼ Столб

installed_rank	version	description	type	script	checksum	installed_by	installed_on	execution_time	success
1	1.1	init tables	SQL	V1.1_init tables.sql	-108 074 525	root	2020-06-01 11:14:01	195	1

Рисунок 2 – таблица flyway\_schema\_history.

Также при запуске в логах пишется проверка на то, существует ли данная БД и обновлена до последней версии или нет.

```
11:28:37.462 INFO 11568 --- [ restartedMain] b.b.f.p.u.MySQLDatabaseCreator : Создаем базу pets, если ее нет.
11:28:39.854 INFO 11568 --- [ restartedMain] o.f.c.i.u.VersionPrinter : Flyway Community Edition 5.0.7 by Boxfuse
11:28:39.886 INFO 11568 --- [ restartedMain] o.f.c.i.d.DatabaseFactory : Database: jdbc:mysql://localhost:3306/pets (MySQL 8.0)
```

```
11:28:39.972 INFO 11568 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Schema `pets` is up to date. No migration necessary.
```

Рисунок 3,4 – лог в консоли при запуске программы.

На рисунке видно, что программа начинает проверку. Для этого был написан bean. Также FlyWay плагин нам напишет, обновлена ли наша БД до последней версии и если да, то сколько миграций (версий) пришлось загрузить.

В качестве примера удалим нашу БД.

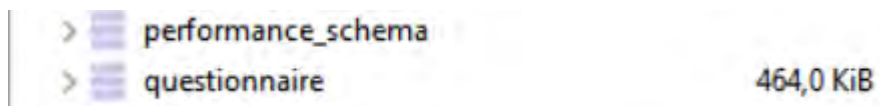


Рисунок 5 – у нас нет схемы Pets.

Запустим нашу программу и посмотрим, что она выполнит...

```
11:40:22.886 INFO 1308 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Current version of schema `pets`: << Empty Schema >>
11:40:58.278 INFO 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Migrating schema `pets` to version 1.1 - Init tables
11:40:58.279 INFO 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Database session#0 (executed 0ms) statement: SELECT COUNT(*) FROM information_schema.schemata WHERE schema_
11:40:58.279 INFO 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Database session#1 (executed 0ms) resultSet: 1 = 1
11:40:58.329 INFO 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Database session#0 (executed 40ms) statement: CREATE TABLE `clients` ( `id` int(11) NOT N
11:40:58.330 WARN 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.ExecutableSqlScript : DB: Integer display width is deprecated and will be removed in a future release. (SQL State: HY000 - Error
11:40:58.330 WARN 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.ExecutableSqlScript : DB: Integer display width is deprecated and will be removed in a future release. (SQL State: HY000 - Error
11:40:58.330 WARN 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.ExecutableSqlScript : DB: Integer display width is deprecated and will be removed in a future release. (SQL State: HY000 - Error
11:40:58.363 INFO 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.DbMigrate : Database session#0 (executed 32ms) statement: CREATE TABLE `pets` ( `id` int(11) NOT NULL AUTO_
11:40:58.364 WARN 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.ExecutableSqlScript : DB: Integer display width is deprecated and will be removed in a future release. (SQL State: HY000 - Error
11:40:58.364 WARN 7208 --- [ restartedMain] o.f.c.i.c.ExecutableSqlScript : DB: Integer display width is deprecated and will be removed in a future release. (SQL State: HY000 - Error
```

Рисунок 6 – вывод с консоли при запуске программы

На рисунке 6 видно, что пошла проверку на наличие БД, а также обнаружение, что таблица не обновлены до последней версии, в результате чего стал выполнять необходимый SQL запрос.



Рисунок 7- база данных сформировалась с необходимыми таблицами

На рисунке 6 мы можем обнаружить базу данных, которая идентична старой (Рисунок 1)

## АУТЕНТИФИКАЦИЯ ПРИ ПОМОЩИ JSONWEBTOKEN(JWT). СТРУКТУРА JWT

Курьянович Д.Ю.

Научный руководитель – Прибыльская Н.М., ст. преподаватель

Цель работы – рассмотреть процесс аутентификации при помощи JsonWebToken и его структуру.

JSON WebToken (JWT) — это открытый стандарт (RFC 7519) для создания токенов доступа, основанный на формате JSON. Как правило, используется для передачи данных для аутентификации в клиент-серверных приложениях.

JWT состоит из трех основных частей: заголовка (header), нагрузки (payload) и подписи (signature). Заголовок и нагрузка формируются отдельно, а затем на их основе вычисляется подпись.

Заголовок состоит из двух полей: типа токена (в данном случае JWT) и алгоритма хэширования подписи. Пример представлен на рисунке 1.

```
{  
  "typ": "JWT",  
  "alg": "HS256"  
}
```

Рисунок 1 – заголовок токена

Официальный сайт [jwt.io](https://jwt.io) предлагает два алгоритма хэширования: HS256 и RS256. Но на деле можно использовать любой алгоритм с приватным ключом.

Нагрузка (payload) — это любые данные, которые вы хотите передать в токене. Но стандарт предусматривает несколько зарезервированных полей. Все эти поля не являются обязательными, но их использование не по назначению может привести к коллизиям.

Любые другие данные можно передавать по договоренности между сторонами, использующими токен. Пример payload представлен на рисунке 2.



```

{
  "iss": "Codex Team",
  "sub": "auth",
  "exp": 1505467756869,
  "iat": 1505467152069,
  "user": 1
}

```

Рисунок 2 – поля нагрузки токена

Payload не шифруется при использовании токена, поэтому не стоит передавать в нем данные, которые не должны попасть в открытый доступ.

Подпись вычисляется на основе заголовка и нагрузки. Таким образом, если кто-то попытается изменить данные в токене, он не сможет изменить подпись, не зная приватного ключа. При аутентификации приватным ключом может выступать пароль пользователя (или хеш от пароля).

Сначала header и payload приводятся к формату JSON, а затем переводятся в base64. Результат представлен на рисунке 3.

```

Header: eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9
Payload: eyJpc3MiOiJDb2RleCBUZWFtIiwic3ViIjoiYXV0aCIsmV4cCI6MTUwNTQ2Nzc1Njg2OSw

```

Рисунок 3 – примеры заголовка и нагрузки токена

Затем, две эти строки соединяются через точку и хэшируются указанным в заголовке алгоритмом. Допустим, пользователь использует пароль: HS256('eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9' + '.' + 'eyJpc3MiOiJDb2RleCBUZWFtIiwic3ViIjoiYXV0aCIsmV4cCI6MTUwNTQ2Nzc1Njg2OSwiaWF0IjoxNTA1NDY3MTUyMDY5LCJlc2VyIjoxfQ', 'password') = '0ynjTRZT9Uk77TnGy\_g9Mxi1decLBjKxQK6e2dVzDJo'

Результат работы алгоритма и есть подпись. Теперь осталось только сформировать сам токен, для этого нужно через точку соединить заголовок и нагрузку в base64 и подпись: eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJpc3MiOiJDb2RleCBUZWFtIiwic3ViIjoiYXV0aCIsmV4cCI6MTUwNTQ2Nzc1Njg2OSwiaWF0IjoxNTA1NDY3MTUyMDY5LCJlc2VyIjoxfQ.0ynjTRZT9Uk77TnGy\_g9Mxi1decLBjKxQK6e2dVzDJo

Токен готов. Проверить его можно на [jwt.io](http://jwt.io).

Рассмотрим аутентификацию. После первого логина, клиенту возвращается сгенерированный сервером JWT. При каждом следующем запросе, клиент должен передавать JWT установленным API способом (например, через заголовок или как параметр запроса). Сервер декодирует header и payload и проверяет зарезервированные поля. Если все в порядке, по указанному в header алгоритму составляется подпись. Если полученная подпись совпадает с переданной, пользователя авторизуют. Можно реализовать всю эту схему вручную, а можно использовать одну из библиотек указанных на [jwt.io](http://jwt.io).

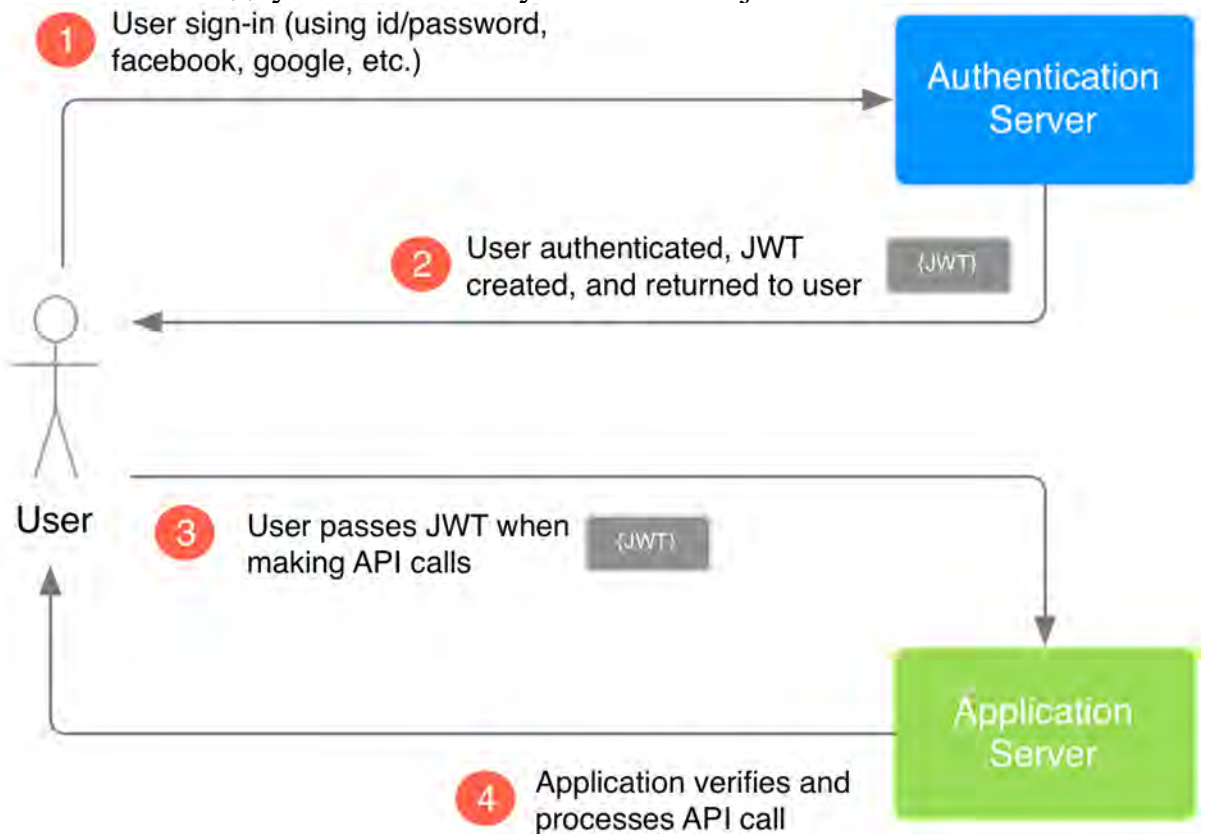


Рисунок 4 – схема аутентификации при помощи JWT

## **WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО РАБОТЕ НАУЧНОЙ КАФЕДРЫ**

Рымдёнок Е.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., доцент, к.т.н.

Цель работы: разработать web-приложение для разработки и хранения документации по работе научной кафедры.

Процесс формирования документов включает следующие основные этапы:

- построение запросов к базе данных;
- подготовка данных для настройки и заполнения шаблона в соответствии с его информационной структурой;
- настройка параметров заполнения шаблона – сопоставление элементов шаблона с данными исходных таблиц;
- генерация документа на основе шаблона – автоматическое заполнение шаблона данными из базы данных в соответствии с заданными параметрами.

Предметом исследования является web-сервис для разработки и хранения документации по научной работе кафедры. Повышение эффективности и качества работы сотрудников научной кафедры. Web-сервис поможет создавать документы по шаблонам, а также хранить документы и публикации в электронном виде.

Для корректной работы приложение должно иметь следующую функциональность:

- создание электронного документа «План научно-исследовательской работы кафедры»;
- создание электронного документа «План научно-исследовательской работы студентов»;
- хранение электронных документов;
- хранение публикаций;
- возможность сохранять документы;
- добавление/удаление/изменение документов по указанным полям.
- сортировка и поиск документов по указанным полям.

Выполнение работы можно разделить на несколько частей:

- изучение современных web-приложений для хранения документации;
- анализ создания документов;
- проектирование баз данных: концептуальной, логической и физической моделей;

- написание серверной части с использованием фреймворка SpringBoot и библиотеки Hibernate.
- для визуализации web-приложения применялись Bootstrap, CSS, шаблонизатор Freemarker.

На предприятиях различного рода деятельности нередко возникает потребность автоматизации процесса создания определенной документации. Ключом к решению данной проблемы является создание специализированного ПО, реализующего необходимую для целевой предметной области бизнес-логику. Для создания системы можно использовать два подхода: разрабатывать систему в виде настольного приложения, которое будет персонально устанавливаться на компьютер каждого конечного пользователя, либо разрабатывать специальный web-сервис. Второй способ является более универсальным, т.к. позволяет разработчику не задумываться о совместимости ПО с ОС конечных пользователей, а также централизованно хранить и администрировать данные, необходимые для работы системы

Во открывающемся меню можно выбрать необходимый раздел, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Открывающееся меню.

После выбора определенного раздела открывается список уже созданных документов. Пользователь имеет возможность сохранить, изменить или удалить созданный файл. Кроме этого можно создать новый электронный документ. Скриншот данной страницы web-приложения представлен на рисунке 2.

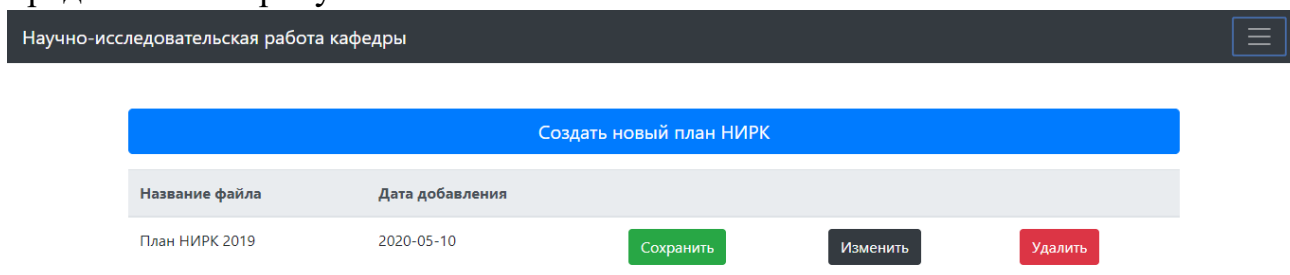
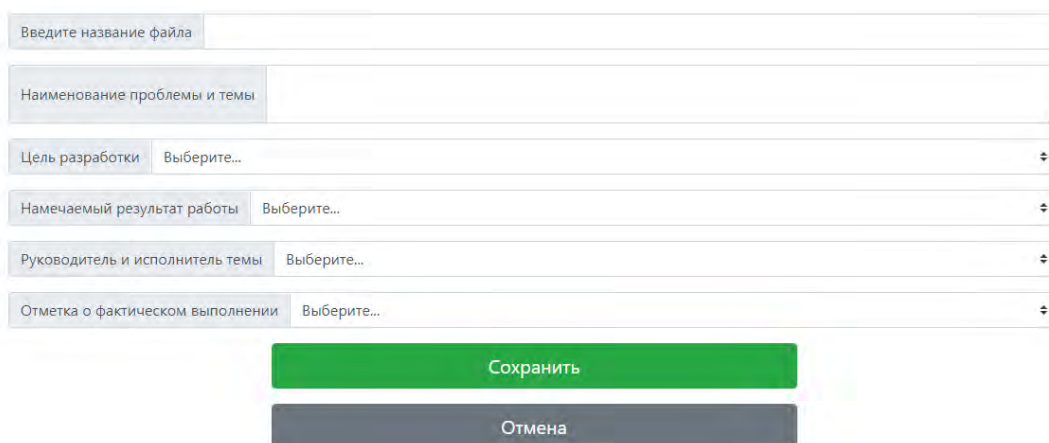


Рисунок 2 – Страница выбранного раздела

Для создания нового электронного документа «План научно-исследовательской работы кафедры» по шаблону, необходимо заполнить определенные поля, либо выбрать из предложенного списка. Заполнение полей представлено на рисунке 3.



Введите название файла

Наименование проблемы и темы

Цель разработки Выберите...

Намечаемый результат работы Выберите...

Руководитель и исполнитель темы Выберите...

Отметка о фактическом выполнении Выберите...

Сохранить

Отмена

Рисунок 3 – Заполнение полей, для создания документа

Созданная модель разработки и хранения документации по работе научной кафедры позволяет создавать планы научно-исследовательских работ кафедры и планы научно-исследовательских работ студентов, а также хранить их. Кроме этого имеется возможность хранить созданные документы, а также добавлять публикации.

Вследствие созданной модели разработки и хранения документации по работе научной кафедры можно сделать вывод, что была проведена автоматизация работы сотрудников кафедры.

## WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК СТУДЕНТОВ

Еремейко А.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б. , к.т.н., доцент

Объектом исследования стал процесс организации производственных практик студентов.

Цель проекта – разработка веб-приложения для автоматизации делопроизводства, связанного с организацией производственных практик студентов.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. провести анализ документации, необходимой для организации производственных практик студентов;
2. спроектировать модель базы данных для хранения информации, необходимой для введения электронного делопроизводства;
3. создать шаблоны для некоторых документов, используемых для организации производственных практик студентов;
4. разработать веб-приложение для делопроизводства документов, необходимых для организации производственных практик студентов.

В ходе работы поставленные задачи были выполнены. Для автоматизации делопроизводства был использован docxtemplater – инструмент создания шаблонных документов, который используется в программах и обрабатывает условия, циклы и может быть расширен для вставки таблиц, изображений, html. Docxtemplater использует JSON (объекты JavaScript) как входную информацию. Он работает с документами форматов docx и pptx. Основным принципом работы этого инструмента – шаблонизация.

Элементом практической значимости полученных результатов является возможность создавать документы по шаблонам с использованием данных, вносимых через разработанное приложение.

Областью возможного практического применения являются высшие учебные заведения.

Результатами внедрения явились относительно быстрое создание требуемой документации, нужной для организации производственных практик студентов и снижение трудозатрат на рутинные операции при работе с такими документами.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСОВ В НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Житкевич А.В.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

Цель работы – исследование формирования весов в нейросетях, в зависимости от их характеристик на примере многослойной нейронной сети.

Многослойная нейронная сеть представляет из себя многослойный перцептрон, который будет иметь 4096 входных нейронов, для изображения 64x64 пикселей, а также будет иметь дополнительно один «скрытый» слой нейронов и 1 нейрон на выходе. Изначальные веса будут проинициализированы произвольными значениями. Для обучения данной нейросети использоваться метод обратного распространения ошибки, и набор изображений из трёх фигур. В качестве корректных вариантов будет использоваться 2000 изображений круга. В свою очередь в качестве не корректных вариантов будут использоваться 200 изображений квадрата и 200 изображений треугольника.

При частоте процессора в 3700MHz и частоте оперативной памяти 3600MHz составило более 2 часов.

Примеры изображений круга, треугольника и квадрата из набора представлены на рисунках 1, 2 и 3 соответственно.



Рисунок 1 – Изображение круга из набора изображений.



Рисунок 2 – Изображение треугольника из набора изображений.



Рисунок 3 – Изображение квадрата из набора изображений.

После обучения веса нейронов входного слоя имеют вид, представленный на рисунке 4.





Второй слой представляет из себя один нейрон, но у него 4096 весов, каждый вес, был сформирован при обратном распространении ошибки и имеет значение в пределах от 0 до 1. Так как в процессе обучения использовалось в 5 раз меньше изображений с не кругом коэффициенты нейронов не смогли опуститься до 0 в тех местах, где никогда не было пикселя круга.

Проанализировав полученные результаты можем прийти к выводу, что веса формируют максимальные значения в процессе обучения именно там, где чаще всего наблюдается ожидаемое значение входного сигнала. Именно веса обеспечивают главный плюс нейросетей – гибкость, при которой они и могут «угадывать» даже там, где это очень сложно.

## WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ КАФЕДРЫ

Жолудев Е.А.

Научный руководитель – Куприянов А.Б., к.т.н., доцент

Цель работы – создать web-приложение для разработки и хранения учебных программ кафедры.

Программа состоит из нескольких важных разделов, таких как титульный лист, литературные источники или таблицы.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ очная форма получения высшего образования, специальность 1-40 01 01						
Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Иные		
1	2	3	4	5	6	7
<b>3 семестр</b>						
1	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕР-ФЕЙСА УПРАВЛЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕМ</b>					
1.1	Введение	2				
1.2	Основы визуального программирования					
1.3	Разработка простейшего приложения	2	2			Защита лабораторной работы
1.4	Разработка приложения, реализующего разветвляющиеся и циклические вычислительные процессы	2	4			Защита лабораторной работы
1.5	Разработка приложения с использованием строк и массивов	2	4			Защита лабораторной работы
1.6	Организация стандартных диалогов	2	2			Защита лабораторной работы
1.7	Управление программой с помощью меню. Структурирование программ	2	4			Защита лабораторной работы
1.8	Разработка приложения с использованием графики	4	6			Защита лабораторной работы
1.9	Разработка приложения с использованием указателей и динамических переменных	4	4			Защита лабораторной работы
1.10	Дополнительные компоненты, используемые для управления программой	2	2			Защита лабораторной работы
1.11	Дополнительные компоненты с развитыми возможностями	6	2			Защита лабораторной работы
1.12	Средства создания мультимедийных приложений	2	2			Защита лабораторной работы
1.13	Отладка программ	4	2			Защита лабораторной работы
	<b>Итого за семестр</b>	<b>34</b>	<b>34</b>			<b>зачет</b>
<b>4 семестр</b>						

Рисунок 1 – таблица «Учебно-методическая карта учебной дисциплины»

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Основная литература**

1. Фаронов, В.В. DELPHI. Программирование на языке высокого уровня / В.В.Фаронов // Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2009. – 640 с.
2. Сухарев, М. DELPHI. Полное руководство / М.Сухарев. – СПб.: Питер, 2008. – 1040 с.
3. Архангельский, А.Я. Программирование в DELPHI-6 / А.Я.Архангельский. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2002. – 1120 с.
4. Елмакова, Н. DELPHI 6 и технология COM / Н.Елмакова, С.Трепалин, А.Тенцер. – СПб.: Питер, 2002. – 640 с.
5. Понамарев, В. COM и ActiveX в DELPHI / В.Понамарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 320 с.
6. Гурский, Н.Н. Разработка приложений в визуальных средах / Н.Н. Гурский // Лабораторный практикум для студентов специальностей 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий», 1-40 01 02 «Информационные системы и технологии». В 2 частях. Минск, БНТУ, 2010г. - Ч.1. -59с.
7. Гурский, Н.Н. Разработка приложений в визуальных средах / Н.Н. Гурский // Лабораторный практикум для студентов специальностей 1-40 01 01 «Программное обеспечение информационных технологий», 1-40 01 02 «Информационные системы и технологии». В 2 частях. Минск, БНТУ, 2012г. - Ч.2. -59с.

**Дополнительная литература**

1. Фаронов, В.В. Программирование баз данных в DELPHI 7 / В.В. Фаронов // Учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 459 с.
2. Подольский, С.В. Разработка интернет-приложений в DELPHI / С.В.Подольский, С.А.Скиба, О.А.Кожедуб. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 432 с.
3. Краснов, М.В. OpenGL. Графика в проектах Delphi / М.В.Краснов. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2000. – 352 с.
4. Краснов, М.В. DirectX. Графика в проектах Delphi / М.В.Краснов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 416 с.
5. Марко, Кэнту. DELPHI 7: Для профессионалов / К.Марко. – СПб.: Питер, 2004. – 1101 с.

**Средства диагностики результатов учебной деятельности**

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале. Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных занятий;
- проведение текущих контрольных заданий (тестов) по отдельным темам;

Рисунок 2 – страница с литературными источниками

Обращая внимание на рисунки 1-2 нетрудно заметить, что составление подобных отчетов занимает много времени и даже после тщательной работы можно допустить не мало ошибок. Следовательно, необходимо провести оптимизацию процесса.

Цель оптимизации – сократить время составления учебных программ кафедры без потери качества документа.

Проводить оптимизацию предлагается следующим образом, а именно – автоматизировать процесс создания учебных программ. Для этого требуется

создать web-приложение, которое позволит разрабатывать и хранить учебные программы кафедры.

7

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
очная форма получения высшего образования, специальность 1-40 01 01

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7
<b>3 семестр</b>						
1	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА УПРАВЛЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЕМ</b>					
1.1	Введение	1	1			Защита лабораторной работы
1.2	Основы визуального программирования	2	3			Защита лабораторной работы
1.3	Разработка приложения, реализующего разветвляющиеся и циклические вычислительные процессы	5	5			Защита лабораторной работы
1.4	Разработка приложения с использованием строк и массивов	6	5			Защита лабораторной работы
1.5	Управление программой с помощью меню. Структурирование программы	2	6			Защита лабораторной работы
1.6	Разработка приложения с использованием указателей и динамических переменных	7	10			Защита лабораторной работы
1.7	Дополнительные компоненты, используемые для управления программой	4	8			Защита лабораторной работы
	<b>Итого за семестр</b>	<b>27</b>	<b>38</b>			
<b>4 семестр</b>						
2	<b>ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ, ДИНАМИЧЕСКИЕ БИБЛИОТЕКИ, МНОГОПОТОЧНОСТЬ, ОБМЕН ДАННЫМИ МЕЖДУ ПРИЛОЖЕНИЯМИ</b>					

Рисунок 3 – таблица «Учебно-методическая карта учебной дисциплины»

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

#### Основная литература

1. Фаронов, В.В. DELPHI. Программирование на языке высокого уровня / В.В.Фаронов // Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2009. – 640 с.
2. Сухарев, М. DELPHI. Полное руководство / М.Сухарев. – СПб.: Питер, 2008. – 1040 с.
3. Елмакова, Н. DELPHI 6 и технология COM / Н.Елмакова, С.Трепалин, А.Тенцер. – СПб.: Питер, 2002. – 640 с.
4. Понамарев, В. COM и ActiveX в DELPHI / В.Понамарев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 320 с.

#### Дополнительная литература

1. Фаронов, В.В. Программирование баз данных в DELPHI 7 / В.В. Фаронов // Учебный курс. – СПб.: Питер, 2005. – 459 с.
2. Подольский, С.В. Разработка интернет-приложений в DELPHI / С.В.Подольский, С.А.Скиба, О.А.Кожедуб. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 432 с.
3. Краснов, М.В. OpenGL. Графика в проектах Delphi / М.В.Краснов. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2000. – 352 с.
4. Краснов, М.В. DirectX. Графика в проектах Delphi / М.В.Краснов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 416 с.

#### Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале. Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных занятий
- проведение текущих контрольных заданий (тестов) по отдельным темам
- защита выполненных на лабораторных занятиях заданий с предоставлением отчётов
- защита курсовой работы
- сдача зачёта по дисциплине
- сдача экзамена

#### Перечень тем лабораторных работ

1. Разработка простейшего приложения
2. Разработка приложения, реализующего разветвляющиеся и циклические вычислительные процессы
3. Разработка приложения с использованием строк и массивов
4. Организация стандартных диалогов
5. Управление программой с помощью меню. Структурирование программ.

Рисунок 4 – страница с литературными источниками

На рисунках 3-4 представлены фрагменты отчета, составленные с помощью разработанного web-приложения. Как можно заметить, качество отчета не ухудшилось, а время на его составление значительно уменьшилось.

## **МОДУЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПО РАБОТЕ С КЛИЕНТАМИ В CRM-СИСТЕМЕ**

Карастелёва Н. Н.

Научный руководитель – Куприянов А. Б., к.т.н., доцент

Целью исследования является повышение эффективности и качества работы менеджеров, сокращение временных и трудовых затрат на взаимодействие с клиентами.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- автоматическое формирование задач по клиентам;
- группировка сформированных задач в трехуровневую иерархию;
- настраивать логику формирования задач для каждого ССБЕ;
- создание отчетов различного назначения;
- реализация функционала, необходимого для полного и достоверного раскрытия выбранной предметной области.

Для автоматического создания задач предусмотрен функционал по планированию массовых фоновых прогонов данных (MDR). Данная возможность предназначена для выполнения основной бизнес-логики системы по анализу, формированию, группировке задач.

При группировке задач необходимо запланировать MDR. Планирование MDR происходит немедленно, по истечении определенного времени или с определенной периодичностью. Фоновый процесс автоматически запускается в момент времени, выбранный при планировке (один раз или с некоторой периодичностью). После запуска фонового процесса происходит вызов функции по группировке задач. Если существуют задачи, которые необходимо сгруппировать, то происходит их сортировка и достраивается иерархия (до 3 уровней). После группировки достроенные задачи сохраняются в базу данных. В случае отсутствия в системе задач для группировки, происходит завершение фонового процесса.

Рассмотрим результаты работы фоновых прогонов по формированию и группировке задач. Начнём рассмотрение с задачи третьего уровня (рисунок 1). Они создаются на первое число месяца и могут иметь следующие типы: падение, эффективность, развитие, утерянность.

Для типа «Падение» сравниваются план и факт продаж по товарной группе за месяц. Задачи создаются в случае, если выполнение плана меньше настроенного предельно допустимого отставания.

В случае задач с типом «Эффективность» определяется эффективность клиента по направлению РВА и АПС. Задачи создаются в случае, если статус

клиента по эффективности имеет значение «Малоэффективный» или «Неэффективный».

При выявлении роста клиента на основании типа ABC по направлению создаются задачи с типом «Развитие». Задачи создаются в случае, если тип клиента в текущем месяце ABC по направлению изменился на лучшее значение в сравнении с началом года.

Для определения факт утерянности клиента создаются задачи с типом «Утерянность». Задачи создаются в случае, если у клиента статус по активности равен значению «Утерянный» на протяжении длительного (предварительно настроенного) периода.

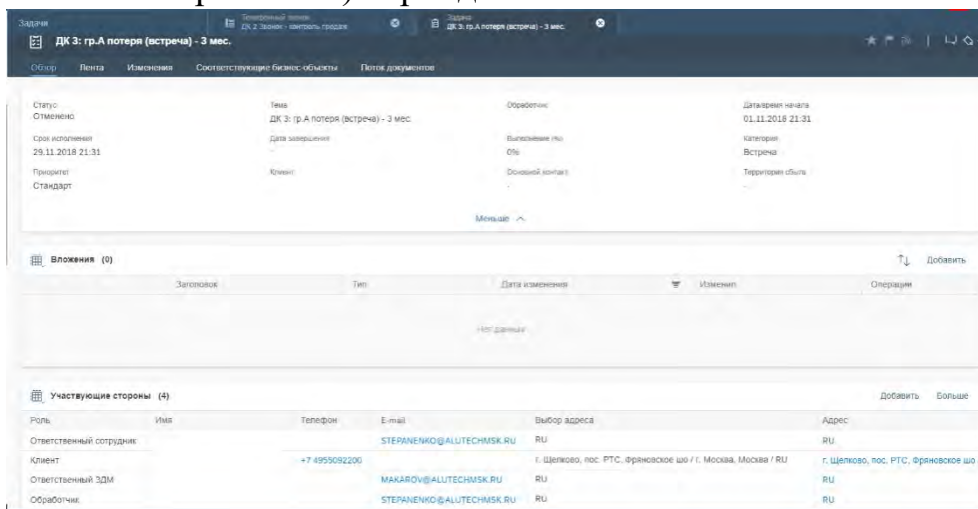


Рисунок 1 – Карточка задачи третьего уровня

В зависимости от степени ухудшения ситуации и продолжительности этой тенденции задачи третьего уровня группируются в активности второго уровня. Типы активностей: звонок, встреча, задача с категорией «Подготовка» или задача с категорией «Маркетинг». Между активностями второго и третьего уровня существует связь «предшественник – последователь». Карточка активности второго уровня изображена на рисунке 2.

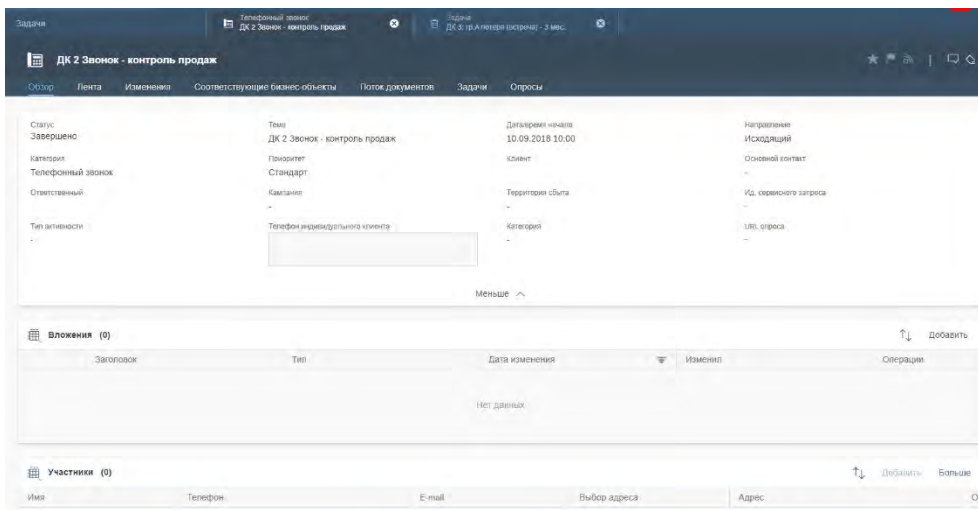




Рисунок 2 – Карточка задачи второго уровня

Для удобства анализа ситуации и обработки задач активности второго уровня группируются в групповые задачи в рамках комбинации «Менеджер + Клиент». Именно эти задачи менеджер видит в списке задач по умолчанию. Групповая задача изображена на рисунке 3.

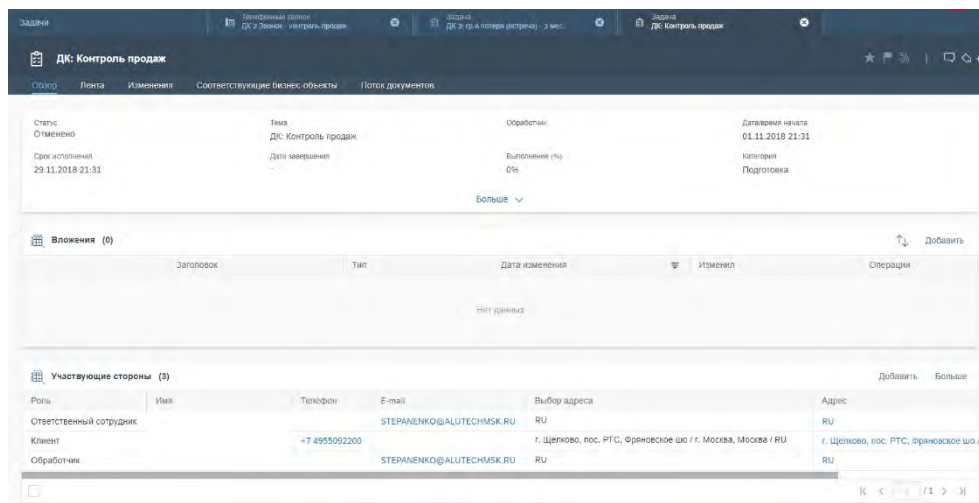


Рисунок 3 – Карточка задачи первого уровня

Общая иерархия задач в потоке документов изображена на рисунке 4.

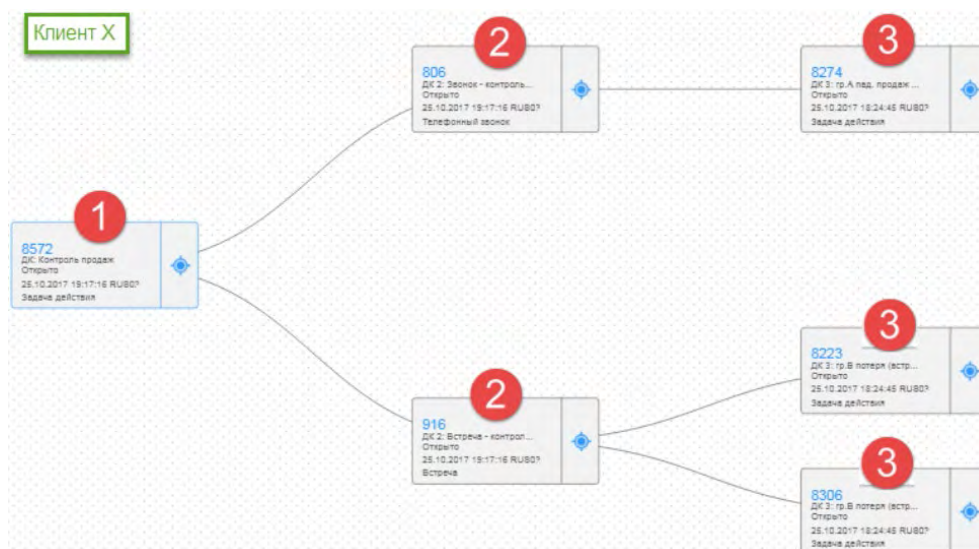


Рисунок 4 – Иерархия автоматических активностей

Автоматизированная система, которая была спроектирована и построена, предназначена для того, чтобы повысить эффективность процесса взаимодействия с клиентами компании, упростить работу менеджеров компании, ускорить процесс формирования задач, облегчить процесс анализа и контроля над выполнением работ менеджерами.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Вольский А.М.

Научный руководитель – Куприянов А. Б., к.т.н., доцент

Цель исследования – повышение эффективности работы оборудования путем хранения и сбором данных о технологическом оборудовании предприятия, рациональное планированием и организацией работ по содержанию и ремонту имущества, а также для управления им.

Основными задачами, которые были решены для достижения поставленной цели, являются:

- изучение рынка на предмет наличия существующих решений для аналогичных задач;
- изучение технологического оборудования и примеров взаимодействия с ним с точки зрения учета и контроля;
- изучение ERP-систем на предмет возможности внедрения продукта в его существующей реализации;
- формирование технологической отчетности;
- изучение технологий, подходящих для решения данной задачи, СУБД, языка программирования, фреймворков;
- реализация функционала требуемого для создания программы способной соответствовать требованиям производства.

Для работы с системой моделирования необходимо запустить ERP-систему и перейти на вкладку Паспортизация. Для создания технических объектов, которые представляют собой в реальном производстве разные предметы и структуры, например станок, или здание. Система обеспечивает возможность создания структуры реестра технических объектов, представляющей собой иерархическую структуру технических мест, единиц оборудования и инсталляций. Структура реестра технических объектов создается в соответствии с видами связей, видами соединений и правилами связей, определяющими возможность создания связей между объектами в зависимости от типа объектов и их технических классов. В контексте системы существуют три вида сущностей:

- Признаки - сущность системы которая отвечает за формализованное представление параметра в информационной системе. Признаки могут

присваиваться Классам, для определения уникального набора характеристик и свойств отдельного Класса, их списочный вид отображен на рисунке 1.

Статус	Наименование	Код	Тип данных	EI	Множество	Нормативный	Интервальный	Вычисляемый	Назначения
✓	D импеллера со стороны муфты	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	D импеллера со стороны РУП	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	D патрубков, люков номинальн...	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	D РК под уплотнительное кольцо, D1	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	D РК, под уплотнительное кольцо с...	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	D РК, под уплотнительное кольцо с...	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	DN	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	DN и тип деталей на участке	MTO00...	Строка		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	DN участка	MTO00...	Вещественное чи...	мм	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	DN участка НПС - НПС	LCH00...	Доменный справо...		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	DO (Диаметр устья)	EO000...	Вещественное чи...	мм	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	H (высота от уровня земли)	EO000...	Вещественное чи...	...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
✓	I в цепи протектор-труба/кожух	EO001...	Вещественное чи...	МА	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рисунок 1 Списочный вид Признаков

– Классы - ролью данной сущности является шаблон для создания объектов, который обеспечивает начальные значения свойств и параметров. В отличие от обычного иерархического дерева, один класс может входить в несколько узлов, то есть иметь несколько родительских классов. В системе присутствует возможность наследования одних классов для других, их списочный вид отображен на рисунке 2.

Наименование	Вид	Код	A...	Статус	Пи...	Примечание
Классы ЕО	ЕО	EO_ALL00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Классы ЕО ЛЧ	ЕО	EO_LCH00010	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Классы СИ АСУТП	ЕО	EO_ASU00203	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		Настроено
Классы ЕО АСУТП	ЕО	EO_ASU00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Классы ЕО Средства измерений	ЕО	EO_SI200001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Классы ЕО Оборудования резервуара	ЕО	EO_REZ00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		Настроено
Классы ЕО Оборудования лабораторий (экология)	ЕО	EO_LAB00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		Настроено
Классы ЕО Оборудования ЦРС	ЕО	EO_CRS00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		Настроено
Классы ЕО Энергетического оборудования	ЕО	EO_ENO00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		Настроено
Классы ЕО МТО	ЕО	EO_MTO00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		Настроено
Классы ЕО ТСисТ	ЕО	EO_TSST00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Классы ТМ	ТМ	TM_ALL00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Классы ИНСТ	INST	INST_ALL00001	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Соединительные элементы 2	ТМ	00009	<input checked="" type="checkbox"/>	✓		
Тест для ДК	ЕО	00011	<input type="checkbox"/>	✓		

Рисунок 2 Списочный вид Классов

– Технические объекты - это отражение реального объекта, связи между техническими объектами, шаблона технического объекта, связи между шаблонами технических объектов в иерархическом или табличном представлении, их списочный вид отображен на рисунке 3.

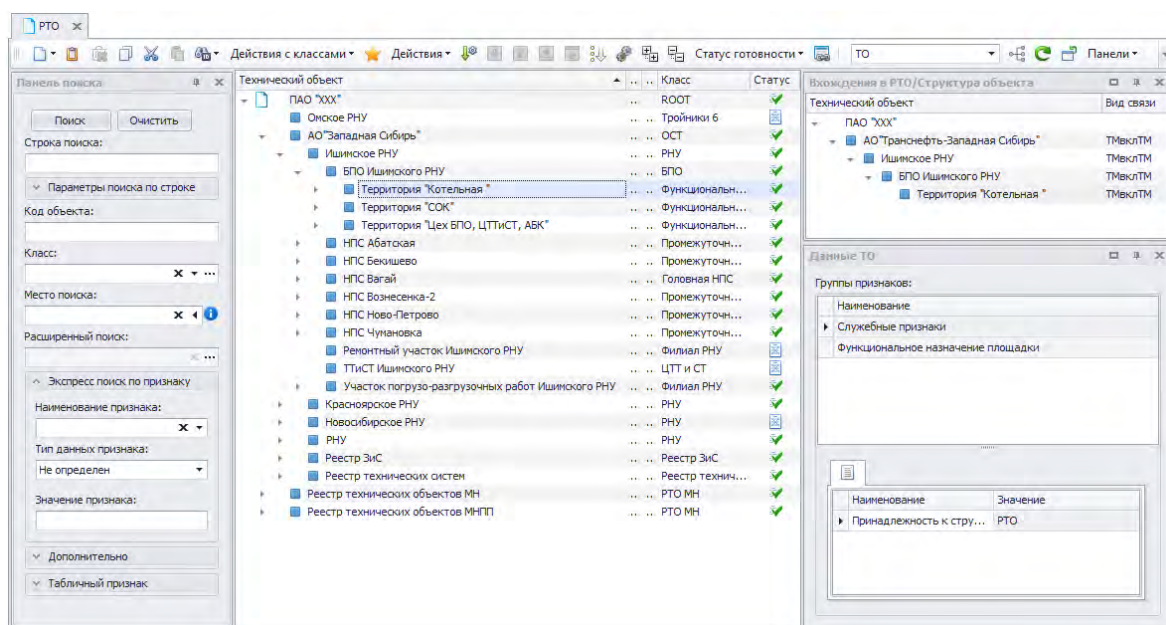


Рисунок 3 Списочное представление Технических объектов

Типичным алгоритмом работы в системе является:

- 1) Создание необходимого списка Признаков для технического объекта, например при описании здания будут создаваться признаки для высоты, площади, материала постройки, толщины стен, год постройки и так далее;
- 2) Создание Класса, который должен вмещать в себя все признаки требуемого объекта, это необходимо для случая, когда пользователь захочет создать несколько объектов с одинаковым списком параметров, но при этом с разными их значениями.
- 3) Создание Технического объекта на основе ранее созданного класса, наполнение признаков реальными значениями, добавление объекта в систему отчетности, например, систему планирования, предоставляемую другим модулем ERP-системы.
- 4) После создания объекта начинается работа с ним, например, изменение его характеристик, добавление времени обслуживания, работа в формате системы аналитической отчетности.

В формате системы присутствует, панель поиска, которая представляет собой отдельное представление, что позволяет ему работать независимо от формы на которой производится фильтрация объектов.

В результате была спроектирована, реализована и внедрена в контекст ERP-системы система моделирования технических объектов. Основным функционалом данной системы является контроль, содержание и планирование работ для технических объектов присутствующих на предприятии. Плюсом внедрения данного проекта на производства является увеличение четкости контроля за объектами на территории самого производства, более удобная система построения отчетности, что позволит наглядно видеть, когда и по какому объекту проводились работы, когда он был принят на учет, кем и какие при этом использовались обоснования, что в итоге увеличит эффективность работы всего производства.

## МОДУЛЬ СЕГМЕНТАЦИИ КЛИЕНТОВ В CRM-СИСТЕМЕ

Прокопенко Д. В.

Научный руководитель – Куприянов А. Б., к.т.н., доцент

Цель исследования - сократить временные и трудовые затраты менеджеров на формирование групп клиентов для целенаправленной рассылки информации.

Основными задачами, которые были решены для достижения поставленной цели, являются:

- изучения системы управления взаимоотношения с клиентами;
- создания целевых групп для проведения маркетинговых кампаний;
- ведение истории изменений целевых групп;
- формирование аналитической отчётности;
- реализация необходимого функционала для полного раскрытия выбранной предметной области;

Для работы с системой сегментации клиентов, подключённой к стандартному функционалу продукта *SAPHybrisCloudforCustomer*, необходимо перейти в нём на вкладку «Сегментация».

Внешний вид вкладки, встроенной в стандартный продукт, представлен на рисунке 1. Этот инструмент позволяет на основании широкого ряда критериев произвести сегментацию клиентов/контрагентов и сформировать целевую группу.

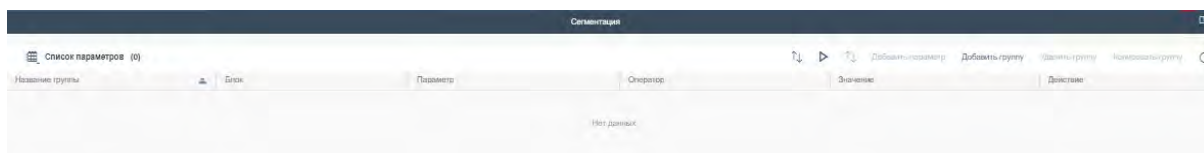


Рисунок 1 – Вкладка с сегментацией клиентов

Вкладка состоит из 2-х таблиц: список параметров и результаты (появляется на экране после запуска сегментации, изображена на рисунке 2). В таблице «Списки параметров» задаются критерии сегментации. Все критерии разбиты на 8 логических блоков критериев:

1. Общие данные (тип клиента, страна, ССБЕ, регион, город);
2. Товарное направление (направление, ТГ 1 уровня, ТГ маппинг);
3. Активность (период, статус по активности);

4. Эффективность (период, статус по эффективности);
5. Категория партнёрства (категория партнёрства);
6. ABC-анализ (ABC/ABC-потенциал, уровень ABC, на начало года, факт текущий накопительный);
7. Продажи (период, план продаж, факт продаж, рост к прошлому году, выполнение плана);
8. Сотрудники (должность сотрудника, ФИО сотрудника).

Сегментация позволяет провести выбор клиентов по набору параметров из различных групп, что позволяет быстро отобрать необходимых клиентов для последующей работы с ними. Между параметрами в одной группе существует связь «И», между группами существует связь «ИЛИ». Набор критериев внутри групп должен соответствовать ряду правил:

- если в группе указан критерий, зависящий от товарного направления, обязательно должен быть критерий «Товарное направление»;
  - если в группе указан критерий А, который зависит как от товарного направления, так и от товарной группы, и если товарная группа не задана, то поиск по критерию А будет вестись по итоговым таблицам в рамках товарного направления;
  - если в группе указан критерий А, зависящий от периода, обязательно должен быть выбран критерий «Период» из блока, которому принадлежит критерий А;
  - для осуществления поиска по ABC-анализу обязательным для заполнения являются критерии «ABC/ABC-потенциал» и «Уровень ABC».
- Результат сегментации с некоторым набором параметров изображены на рисунке 2.

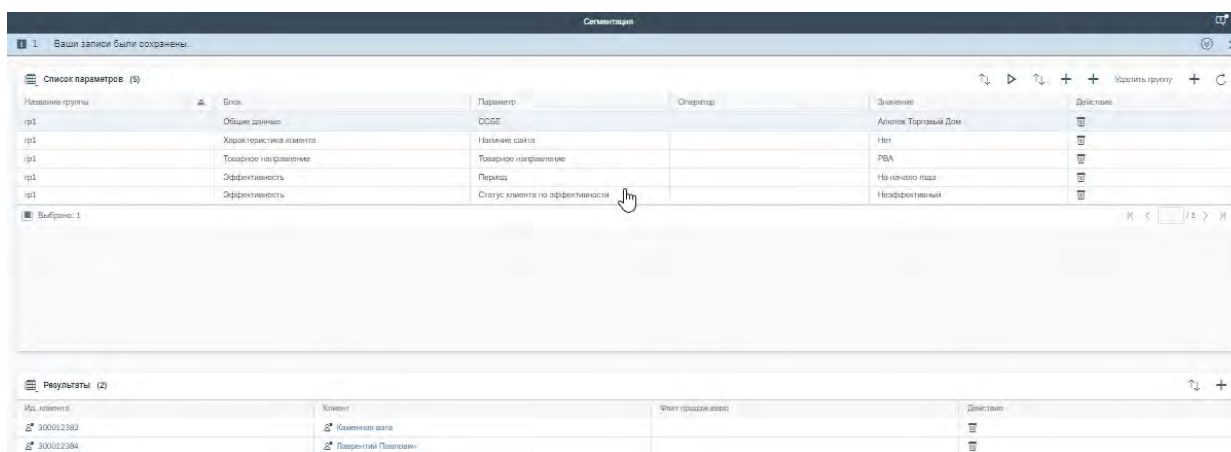


Рисунок 2 – Параметры и результат сегментации.

В таблице «Результаты» находятся все клиенты, подошедшие под условия сегментации.

После проведения сегментации на основе полученной выборки можно создать статическую целевую группу (рисунок 3).

В целевую группу можно добавить:

Все контакты клиента;

– Контакты АПС – будут добавлены контакты с функцией «Основной АПС», «Контакт АПС» и «Контакт РВА/АПС»;

– Контакты РВА – будут добавлены контакты с функцией «Основной РВА», «Контакт РВА» и «Контакт РВА/АПС»;

– Собственник – будут добавлены контакты, у которых в поле «Контакт-VIP» стоит значение «Собственник»;

– Только клиентов.

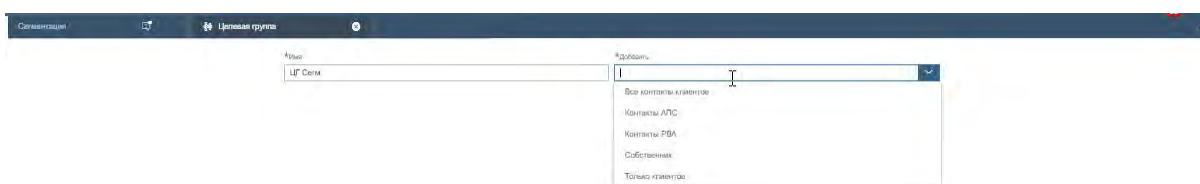


Рисунок 3 – Создание статической целевой группы на основе результатов сегментации

Для целевых групп также предусмотрен функционал по переносу параметров сегментации на вкладку в карточку целевой группы (рисунок 4).



Рисунок 4 – Параметры сегментации в созданной целевой группе

Для целевых групп предусмотрен функционал ведения истории изменений: добавлением членов, удалением, записывается, кто изменил и когда.



Код SAP	Наименование	Контакт	Изменение	Дата завершения	Исполнитель
300012383	Каменная ваза	Констанс Адальф	Добавление	10.05.2020 14:11	Прохорова Дарина
300012384	Пятерочный Пластик	Владимир Павлович	Добавление	10.05.2020 14:11	Прохорова Дарина

Рисунок 5 – История изменений целевой группы.

В результате была спроектирована, разработана и внедрена автоматизированная система управления работой с клиентами производственного предприятия. Основной функцией данной системы является модуль для проведения сегментации клиентов организации. Данный проект поможет увеличить эффективность работы отдела маркетинга, снизив затраты труда и времени, и позволит наглядно видеть основные данные по клиентам компании.

## WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ ГЭК

Климченя Е.Д.

Научный руководитель – Гурский Н.Н., доцент, к.т.н.

Цель работы – разработать web-приложение для формирования документации ГЭК.

Автоматизация процесса формирования документа требуется для сокращения времени подготовки документации ГЭК.

Для достижения поставленной цели приложение должно обладать следующими возможностями:

- создание электронного документа «Протокол» в формате «.docx»;
- создание электронного документа со списком группы студентов в формате «.docx»;
- создание электронного документа «Отчет о работе ГЭК» в формате «.docx»;
- скачивание созданных документов на компьютер;
- вывод на печать созданных документов;
- добавление, просмотр, редактирование, удаление информации, требуемой для создания документов:
  - список групп;
  - список специальностей;
  - список преподавателей;
  - список ГЭК;
  - список комиссий.

В архитектуре проекта можно выделить три основные части:

1. база данных создана с использованием СУБД Microsoft SQL Server. Она хранит всю информацию, требуемую для формирования документа;
2. сервер приложения написан с использованием фреймворка SpringBoot. Прослойкой между сервер и базой данных служит технология Hibernate;
3. web интерфейс создан с использованием фреймворка React и библиотеки графических элементов Material-UI.

Основная задача состоит в формировании документов. На сервере находятся шаблоны документов. Под шаблоном подразумевается документ, у которого вместо индивидуальных данных расставлены идентификаторы, указывающие на вид данных. Сервер считывает шаблон документа, находит специальные идентификаторы, сравнивает с

указателями, имеющимся на сервере, и заполняет пропуски соответствующими данными.

Главное окно приложения (рисунок 1) показывает список документов, шаблоны которых есть на сервере, с кратким описанием каждого из них.

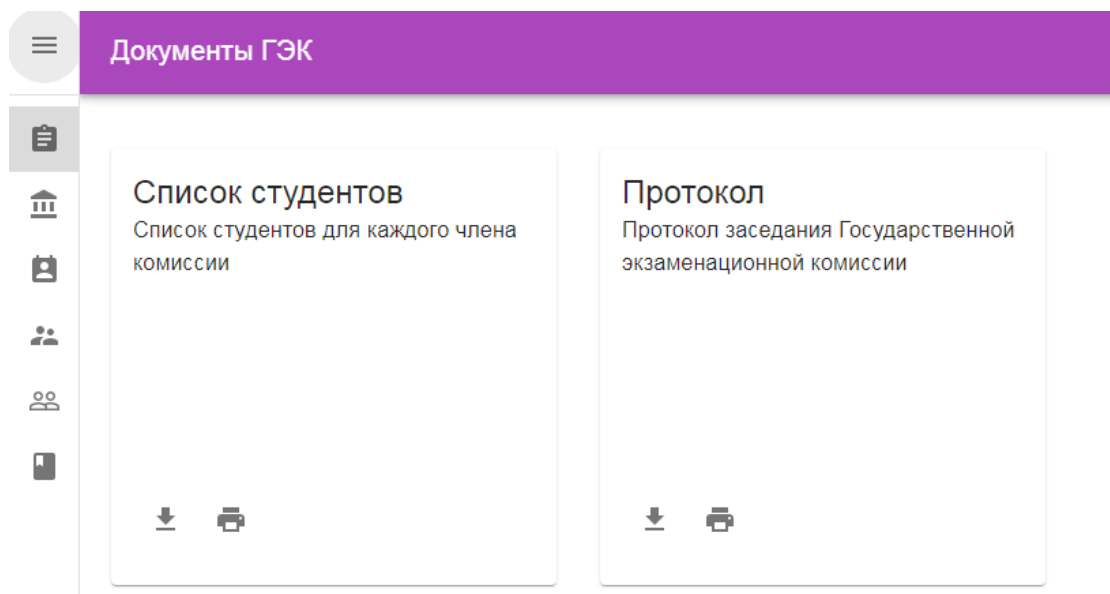


Рисунок 1 – Главное окно приложения

По нажатию на кнопку «скачать» (иконка «стрелка вниз») появится всплывающее окно для ввода необходимых данных. После подтверждения ввода данных, появится элемент загрузки документа, произойдет скачивание документа (рисунок 2).

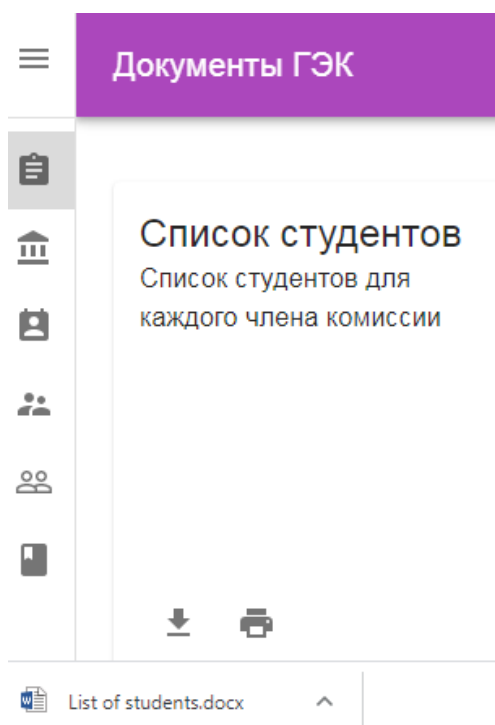


Рисунок 2 – Скачивание документа

По нажатию на кнопку «печать» (иконка «принтер») появится всплывающее окно для ввода необходимых данных. После подтверждения ввода данных, появится элемент загрузки документа, и произойдет открытие документа на печать (рисунок 3).

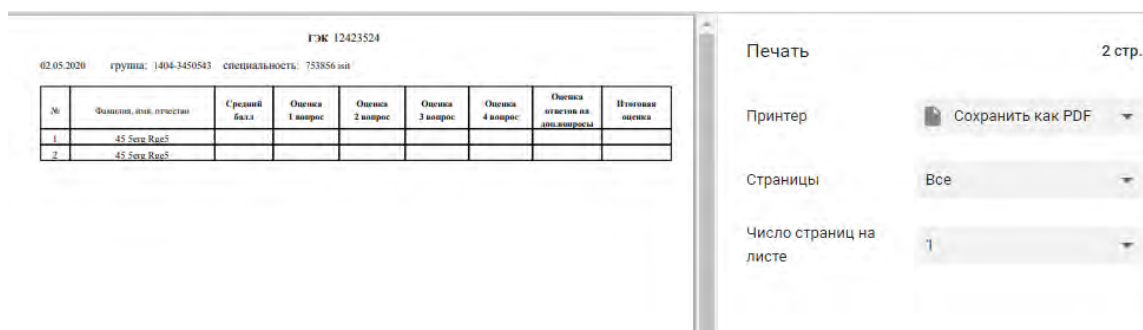


Рисунок 3 – Открытие документа на печать

Если в процессе формирования документа обязательные данные не были найдены, формирование документа останавливается, пользователю приходит уведомление об ошибке (рисунок 4). Текст уведомления позволяет понять причину ошибки, каких данных не хватает.

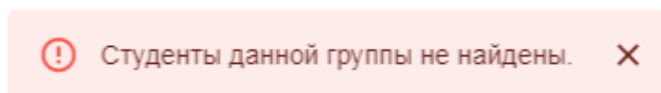


Рисунок 4 – Уведомление об ошибке в данных

В результате проделанной работы произведена автоматизация процесса формирования документов ГЭК, достигнутая созданием web-приложения. Web-приложение отвечает всем поставленным требованиям. В дальнейшем возможно расширение системы путем добавления новых документов.

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ**

Молодкин В А

Научный руководитель – Юденков В. С., к.т.н., доцент

Программное обеспечение выполняет следующие функции:

- Предоставление контроля и гибкого управления системой энергоснабжения
- Обеспечение бесперебойного энергоснабжения жилого помещения
- Снижение затрат на энергоснабжение
- Автоматизация процессов энергоснабжения
- Улучшение экологической обстановки за счет использования возобновляемых источников энергии.

Областью возможного практического применения является использование в частных домах для автоматического и ручного, дистанционного управления энергетическими ресурсами альтернативных источников энергии и согласования их с электрическими сетями общего назначения.

Структурная схема, разрабатываемой системы представлена на рисунке 1.

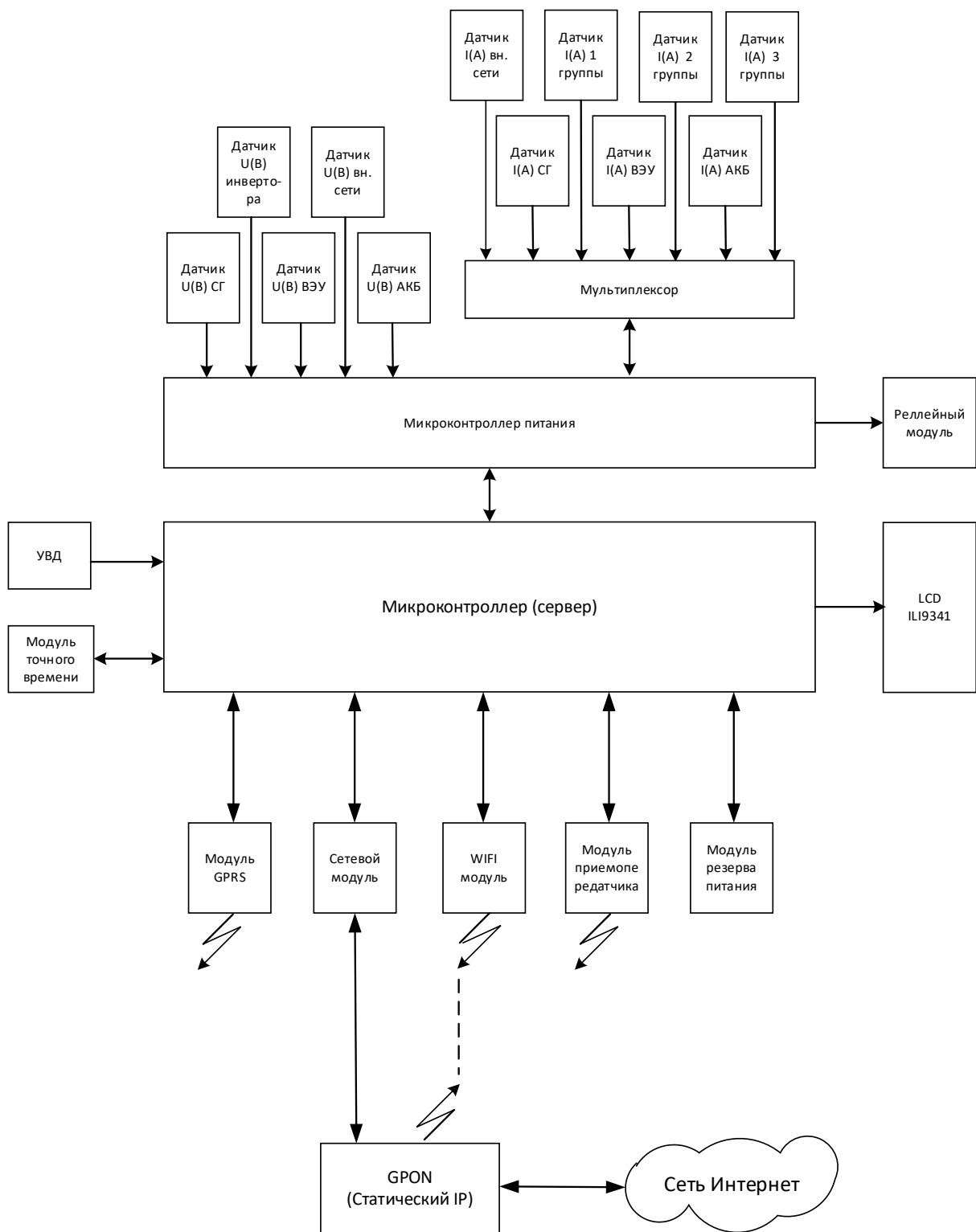


Рисунок 1 Структурная схема системы управления энергообеспечения

Общий алгоритм работы главного микроконтроллера системы автоматического управления системой энергообеспечения представлен на рисунке 2.

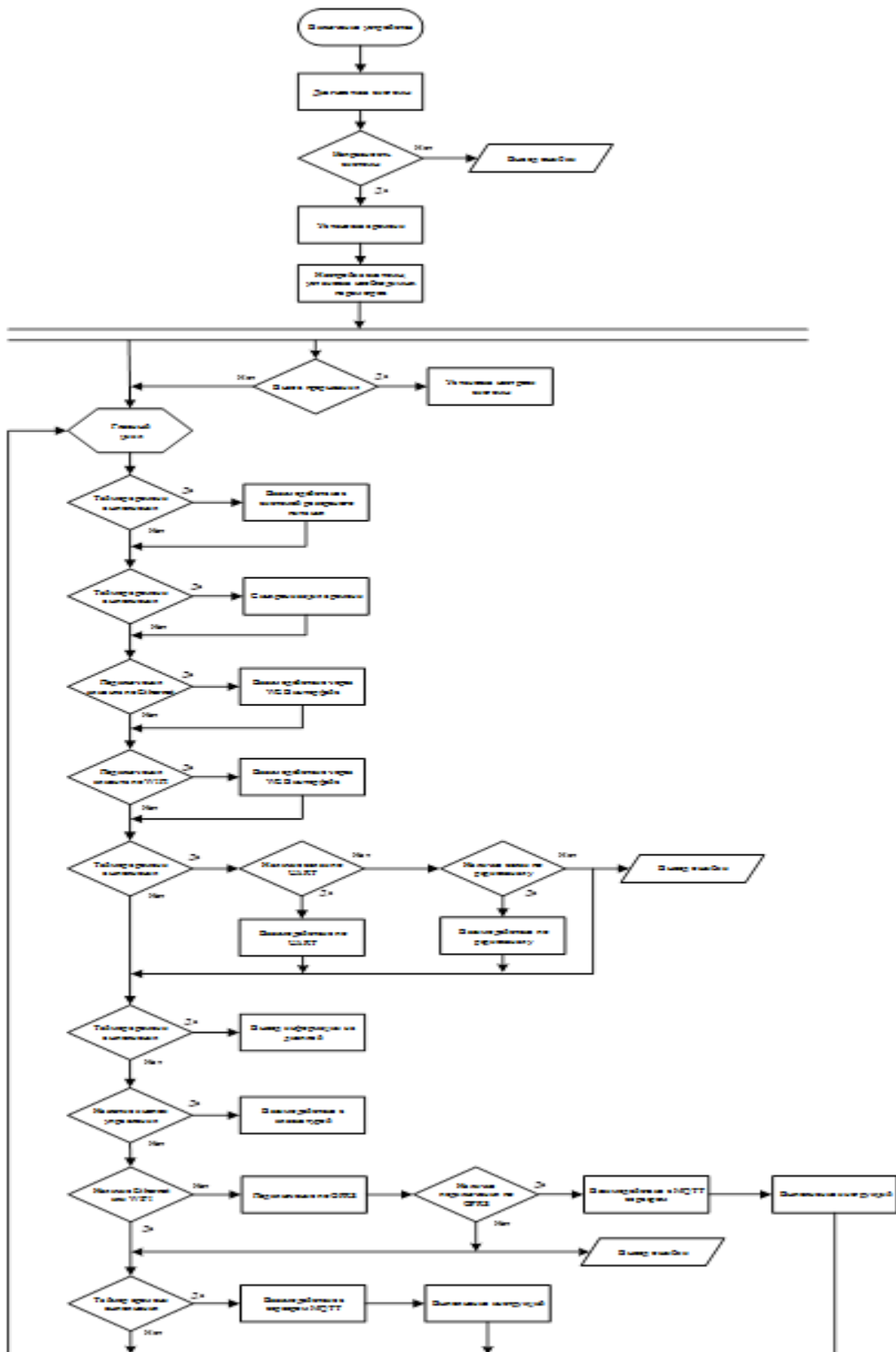


Рисунок 2 Алгоритм работы главного микроконтроллера.



Первая часть алгоритма, включает в себя диагностику системы и подключённых к ней датчиков и модулей. Если диагностика прошла успешно, все модули и датчики доступны, происходит установка времени и синхронизация этого времени со всеми модулями, подключенными в систему.

Вторая часть представляет собой основной цикл устройства. В цикле главный микроконтроллер через заданный таймером промежуток времени синхронизирует свое внутреннее время с автономными часами реального времени. Система постоянно взаимодействует с модулем резервного энергообеспечения для бесперебойной работы в случае отключения централизованного питания. Через заданное в настройках время микроконтроллер подключается по очереди с каждым модулем по протоколу UART. При отсутствии подключения система подключается по радиоканалу. При подключении одним из двух методов система обменивается настройками, текущим временем и данными с модулями и датчиками. В случае невозможности подключиться выводит ошибку.

Через время, заданное в таймере микроконтроллер обновляет информацию на экране. На экране отображается меню устройства, для его управления, а также информация о текущих состояниях устройств.

Клавиатура, подключенная к микроконтроллеру, обрабатывается им в зависимости от нажатых клавиш и производится управление системой и вывод информации.

При подключении клиента по Ethernet или WIFI происходит взаимодействие с клиентом через WEB – интерфейс. В заданное таймером время происходит обмен сообщениями через MQTT сервер.

При отсутствии подключений по Ethernet или WIFI происходит соединение по GPRS через мобильного оператора. В этом режиме происходит обмен сообщениями через MQTT сервер.

Главный микроконтроллер является серверной частью системы. В памяти его хранится HTML разметка WEB – приложения. Через главный микроконтроллер происходит обмен информацией со всеми подключаемыми устройствами, как по проводному, так и беспроводному интерфейсу. Накопленные в массивах данные о состоянии системы и отказах записываются на носитель информации, взаимодействие с которым реализуется программным обеспечением главного микроконтроллера.

Третья часть алгоритма вызывается при нажатии кнопки настройки, в этом случае вызывается исключение и цикл прерывается. После выполнения функции исключения цикл возобновляется.

Язык программирования Arduino является стандартным C ++ (используется компилятор AVR-GCC) с некоторыми особенностями, облегчающие написание программ.

Преимущества Arduino IDE:

- доступность;
- удобный для использования и понимания интерфейс;

– программа совместима со всеми версиями операционных систем Windows;

- наличие необходимых для работы инструментов;
- несколько вариантов языков программирования;
- возможность углубить знания языка C++;
- встроенный набор примеров программ;
- функции сохранения, экспорта, проверки, поиска, замены скетчей;
- наличие большого объема встроенных библиотек.

Программа главного микроконтроллера состоит из тринадцати разделов.

Первый раздел содержит подключаемые библиотеки, глобальные переменные, объекты классов библиотек, массивы, константы, директивы, ссылки на подключаемые файлы, установочную функцию setup в которой идет начальная инициализация всех методов объектов вызываемы единожды.

Второй раздел содержит пользовательские классы и объявляет объекты этих классов.

Третий раздел содержит функции работы с временем.

Четвертый раздел содержит общие функции, такие как преобразование данных.

Пятый раздел содержит функции обработчики кнопок.

Шестой раздел содержит функции работы с выводами микроконтроллера.

Седьмой раздел содержит функции начальной диагностики системы.

Восьмой раздел содержит функции коммуникации с другими устройствами по протоколу UART, радиоканалу.

Девятый раздел содержит функции для отработки команд по различным интерфейсам.

Десятый раздел содержит функции рисования на экране дисплея, а также отображения текста.

Одиннадцатый раздел содержит функции получения параметров системы.

Двенадцатый раздел содержит функции обеспечения работы сервера.

Тринадцатый раздел содержит главный цикл программы.

### **Литература**

12 C#: HypertextPreprocessor [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://php.net/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. – Дата доступа: 16.05.2018.

13 W3Schools OnlineWebTutorials [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <https://www.w3schools.com/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ. – Дата доступа: 16.05.2018

**СЕКЦИЯ ФИЗИКА**  
**ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИФРАКЦИИ ФРЕНЕЛЯ**

Серенкова Е.П.  
Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ БРОШЮРЫ ПО ТЕМЕ  
"ОПТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ"**

Сотникова А. А., Яцухно Я. С.  
Научный руководитель – Мартинович В. А., к.ф.-м.н., доцент

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА БАРКГАУЗЕНА В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ  
КОНТРОЛЕ**

Андреев В.А., Марчук К.А.  
Научный руководитель – Маркова Л.В., профессор, д.т.н.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В  
АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ващук К. В., Жаркова Д. О.  
Научный руководитель – Маркова Л. В., д. т. н., профессор

**ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА КАК  
ВОЗМОЖНОГО ВАРИАНТА ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО**

Булин М.Н.  
Научный руководитель - Маркова Л.В., д.т.н., профессор.

**ГЛОГРАФИЯ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ**

Т.С. Волк  
Научный руководитель – Русакевич Д.А., доцент, к.т.н.

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ МАСС ИЛИ ПУШКА  
ГАУССА**

Стрельцов З.А.  
Научный руководитель – Русакевич Д.А., доцент, к.т.н.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Аверьянова Е.В.  
Научный руководитель - Симонова - Лобанок М.П.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИФРАКЦИИ ФРЕНЕЛЯ

Серенкова Е.П.

Научный руководитель – Хорунжий И.А., к.ф.-м.н., доцент

При использовании лазеров в технологических приложениях, например, для лазерного отжига полупроводников, лазерной закалки металла, в медицине и в других случаях важную роль играет распределение интенсивности лазерного излучения по площади сечения пучка. Расчет распределения интенсивности излучения по сечению пучка является сложной задачей, которая не может быть решена аналитически, т.к. распространение излучения сопровождается явлениями интерференции и дифракции. Кроме того, на распределение интенсивности оказывает влияние множество факторов – размер исходного сечения пучка, его форма, длина волны, расстояние от лазера до объекта, прозрачность среды в которой распространяется излучение и т.д. Для расчета распределения интенсивности излучения можно успешно применять спектральные методы, основанные на преобразовании функции распределения напряженности электрического поля в световой волне в ряд Фурье. Для преобразования функции в ряд Фурье и обратного преобразования можно с высокой эффективностью использовать алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Впервые БПФ использовалось для расчета дифракции лазерного пучка в [1]. Суть методики применения БПФ для расчета дифракции лазерного пучка заключается в следующем. Распространение ограниченного лазерного пучка вдоль координаты  $Z$  описывается уравнением [1,2]:

$$2i \frac{\partial E}{\partial Z} = \frac{\partial^2 E}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial Y^2}, \quad (1)$$

здесь  $E$  – амплитуда напряженности электрического поля в световой волне,  $X, Y, Z$  – декартовы координаты,  $i$  – мнимая единица. Для нахождения решения этой задачи задается распределение интенсивности в плоскости  $X, Y$  при  $Z=0$ :

$$E(X, Y, 0) = E_0(X, Y) \quad (2)$$

Граничные условия имеют вид:

$$\lim_{X, Y \rightarrow 0} E(X, Y, 0) = 0 \quad (3)$$

Решение задачи ищется на квадратной области  $-\frac{L}{2} \leq X \leq \frac{L}{2}, -\frac{L}{2} \leq Y \leq \frac{L}{2}$ , путем разложения искомой функции в ряд Фурье:

$$E(X, Y, Z) = \sum_{k=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} \sum_{l=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} E_{k,l}(Z) e^{\frac{2\pi i}{L}(kX+lY)}. \quad (4)$$

Предполагается, что спектр функции  $E(X, Y, Z)$  ограничен или достаточно быстро убывает, вследствие чего сумма первых  $N^2$  гармоник позволяет воспроизвести функцию  $E(X, Y, Z)$  с необходимой точностью. После подстановки (4) в (1) уравнение (1) превращается в систему обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dE_{k,l}}{dZ} = \frac{i}{2} \left( \frac{2\pi}{L} \right)^2 (k^2 + l^2) E_{k,l}, \quad (5)$$

где индексы  $k$  и  $l$  изменяются от  $-\frac{N}{2}+1$  до  $\frac{N}{2}$  каждый, причем  $N$  должно быть равно  $2^n$ , где  $n$  – целое число. Полученная таким образом система уравнений имеет точное решение:

$$E_{k,l}(Z) = E_{k,l}(0) e^{\frac{i}{2} \left( \frac{2\pi}{L} \right)^2 (k^2 + l^2) Z}. \quad (6)$$

Для практической реализации этого алгоритма вводится пространственная сетка  $X_m = m\Delta X$ ,  $Y_n = n\Delta Y$ , где  $\Delta X = \Delta Y = \frac{L}{N}$ . По известным значениям амплитуды волны в узлах сетки при  $Z=0$  вычисляются начальные значения Фурье-гармоник для узлов сетки:

$$E_{k,l}(0) = \frac{1}{N^2} \sum_{m=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} \sum_{n=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} E_o(m\Delta X, n\Delta Y) e^{-\frac{2\pi i}{N}(km+ln)}, \quad (7)$$

Затем по формулам (6) вычисляются гармоники Фурье в координате  $Z$  и делается обратное преобразование Фурье. По рассчитанным значениям амплитуды напряженности электрического поля в узлах сетки вычисляется распределение интенсивности излучения в этих узлах в координате  $Z$ .

Для практической реализации данного алгоритма была написана компьютерная программа в среде Delphi и проведены расчеты дифракции лазерного пучка при различных параметрах.

Известно, что в тех случаях, когда выходное отверстие лазера открывает часть первой зоны Френеля имеет место дифракция Фраунгофера, а если открыто несколько зон, то дифракция Френеля. Если открыть очень большое количество зон Френеля, то будет иметь место геометрическая оптика [3].

Некоторые результаты, полученные с использованием описанного метода для расчета дифракции лазерного пучка круглого сечения радиусом 4 мм и равномерным начальным распределением интенсивности по площади сечения пучка, приведены на рисунках 1 и 2.

На рисунке 1 представлены распределения интенсивности излучения в относительных единицах (нормирование осуществлялось делением интенсивности на начальное значение) по диаметру пучка на расстояниях

соответствующих открытию 5 зон Френеля (а) и 5,5 зон Френеля (б). При длине волны  $\lambda=0,5 \cdot 10^{-6}$  м и радиусе пучка 4 мм расстояние, на котором окажутся открытыми 5 зон Френеля, составляет 6,4 м, а 5,5 зон – 5,82 м.

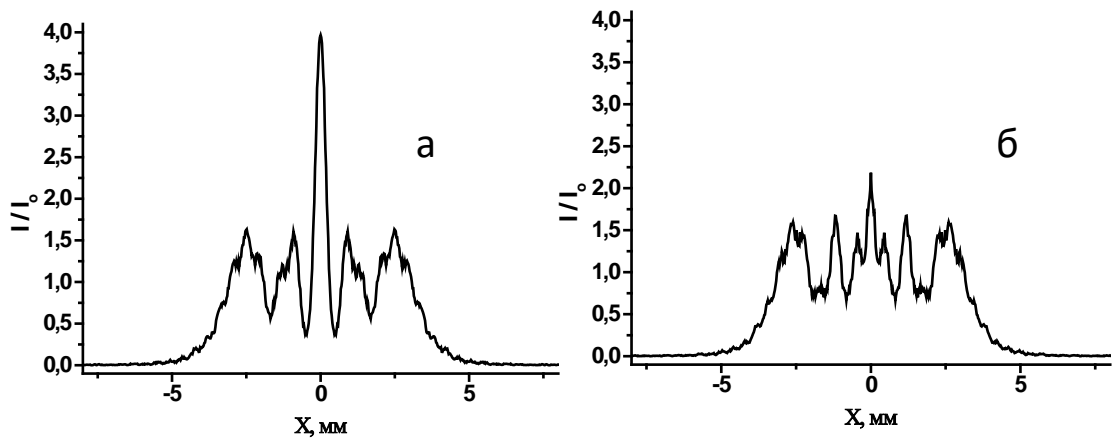


Рисунок 1 – Распределение интенсивности излучения по диаметру пучка на расстояниях соответствующих открытию 5 зон Френеля (а) и 5,5 (б).

Разработанная программа может быть использована в лабораторном практикуме по физике при изучении дифракции света.

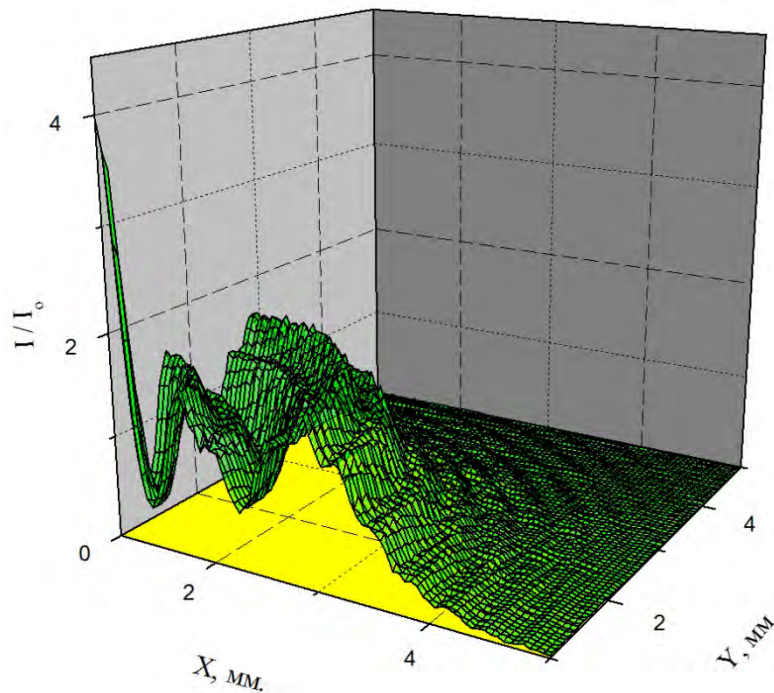


Рисунок 2 – Трехмерный график распределения интенсивности по площади сечения пучка на расстоянии, соответствующем 5 открытым зонам Френеля.

## Литература

1. Fleck, J.A. Time-Dependent Propagation of High Energy Laser Beams through the Atmosphere/ Fleck J.A., Morris J.J., Feit M.D.// Applied Physics, 1976, V. 10, N 2, P.129-160.
2. С.С. Чесноков. Быстрое преобразование Фурье в задачах теплового самовоздействия/С.С. Чесноков//Вестник Московского университета, Серия 3. Физика. Астрономия, 1980, Т.21, № 6, С.27-31.
3. И.В. Савельев. Курс общей физики: Учебное пособие. В 3-х томах. Т.2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., исп. / И.В. Савельев. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1988. – 496 С.

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ БРОШЮРЫ ПО ТЕМЕ "ОПТИЧЕСКИЙ ПИНЦЕТ"

Сотникова А. А., Яцухно Я. С.

Научный руководитель – Мартинович В. А., к.ф.-м.н., доцент

Работа с микрообъектами является неотъемлемой частью многих отраслей науки и техники. Данная работа посвящена устройствам механического манипулирования микрообъектами с помощью оптического излучения, которые, в свою очередь, получили название «оптические пинцеты».

Актуальность темы определяется возможностью исследования объектов на микро- и наноуровнях, а также изменения их физического состояния и структурной организации в результате механического действия когерентного электромагнитного излучения оптического диапазона на отдельные атомы и их комплексы.

Целью нашей работы является проведение библиографического анализа работ, посвященных механическому действию света на конденсированные среды и основанных на этом принципе функционирования оптических пинцетов, и создание брошюры, как компактного носителя любого рода информации, с целью информирования студентов в области развития современных оптических технологий.



Рисунок 1 - Главная страница брошюры





Рисунок 2 - Вторая страница брошюры

На сегодняшний день оптически пинцет набирает всё большую популярность в нано- и биотехнологиях. Оптический пинцет позволяет удерживать микрочастицы с помощью остро сфокусированного пучка света, а так же прикладывать силы к микрообъектам там, где механическое воздействие невозможно или губительно. При небольшой мощности излучения разрушительное действие лазерного излучения сводится к минимуму.

Оптическая манипуляция и удержание частиц с помощью лазеров основывается на явлении давления света, когда излучение представляется потоком частиц. Как известно, фотон несет в себе импульс  $p = h/\lambda$ , а при взаимодействии с веществом может происходить обмен импульсами, т.е. свет изменяет направление распространения. Это означает, что существует сила, связанная с этим изменением. Так при определенных условиях частица, изменившая направление светового потока, испытывает силы, направленные в область повышенной интенсивности.

При рассмотрении оптического захвата важно учитывать размеры исследуемых частиц [1], поскольку в зависимости от данной характеристики выбирается модель, описывающая взаимодействие света и изучаемого объекта. Так, при радиусе частицы больше  $\lambda/20$  рассмотрение стоит проводить с точки зрения геометрической оптики. А при захвате наночастиц (размером меньше  $\lambda/20$ ), их можно рассматривать как диполи, находящиеся во внешнем неоднородном электрическом поле.

Оптический пинцет – бесконтактный инструмент, использующий один или несколько лазерных пучков для генерации сил порядка пН, достаточных для манипулирования объектами микромира. Эта возможность представляет особый интерес в ряде областей: атомная физика, биология, микрохирургия, нанотехнологии и микромеханика, также при изучении свойств коллоидов, микропотоков и световых пучков. Оптическое манипулирование с помощью лазеров применимо к объектам от атомов до больших молекул и небольших диэлектрических частиц, варьирующихся в размере от десятков нанометров до десятков и сотен микрометров, также к таким биологическим объектам, как вирусы, отдельные живые клетки и внутриклеточные включения [2].

На наш взгляд, рассмотренная нами тема будет интересна. Посредством нашей брошюры студенты могут кратко ознакомиться с оптическим пинцетом и впоследствии заинтересоваться современными оптическими технологиями. Наша брошюра является активной, т.е. каждый пункт можно развернуть и ознакомиться более подробно с данной темой. Представленная брошюра имеет несколько разделов:

1. Что такое «оптический пинцет»;
2. Возможности «оптического пинцета»;
3. Объекты захвата;
4. Как ему это удается;
5. Область применения;
6. Интересные факты.

Для того, чтобы увидеть более подробную информацию по конкретному разделу, нужно всего лишь навести курсор на текст этого раздела, нажать на него правой кнопкой мыши. После этого нажатия программа перенесет вас на новую страницу с заданным разделом, где можно узнать более подробную информацию.

## Литература

1. Сойфер В. А. Оптическое манипулирование микрообъектами: достижения и новые возможности, порожденные дифракционной оптикой / В. А. Сойфер, В. В. Котляр, С. Н. Хонина // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2004. – Т.35. – вып.6. – С. 1370–1372.
2. Opticaltweezersforthemicromanipulationofplantcytoplasmandorganelles / С. Hawes, A. Osterrieder, I. A. Sparkes et al. // Current Opinion in Plant Biology. – 2010. – Vol.13. – I. 6. – P. 731–735.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА БАРКГАУЗЕНА В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ**

Андреев В.А., Марчук К.А.

Научный руководитель – Маркова Л.В., профессор, д.т.н.

По мере того, как общество становится все более высокотехнологичным и конструкция машин усложняется, устранение последствий отказов, а иногда и катастроф становится более дорогостоящим. В связи с этим встает вопрос о предотвращении выхода из строя машин и оборудования, продлении сроков эксплуатации отдельных узлов и деталей, а также контроль их остаточного ресурса. Одной из ключевых задач становится контроль и управление остаточными напряжениями в металлических изделиях на этапе производства и эксплуатации машин. При этом актуальной задачей является, в частности, разработка методов и средств неразрушающего контроля изделий, изготовленных из ферромагнитных материалов. Для контроля ферромагнитных изделий широко используются методы магнитной дефектоскопии, основанные на анализе характера намагничивания в средних или сильных магнитных полях. В последние годы особый интерес представляет метод, в основе которого лежит эффект Баркгаузена [1-4].

Целью данной работы является анализ перспектив и проблем применения эффекта Баркаузена при разработке методов неразрушающего контроля, которые получили название методов магнитных шумов.

Эффект Баркгаузена состоит в следующем. Ферромагнитные материалы состоят из микроскопических магнитных областей (доменов), которые спонтанно намагничены по определенным кристаллографическим направлениям, и отделены друг от друга границами – доменными стенками. Помещение исследуемого материала в магнитное поле вызывает движение границ доменов [5]. При наложении внешнего магнитного поля идет процесс намагничивания ферромагнетика, который состоит из трех основных стадий: смещения, вращения и парапроцесса. Стадия смещения соответствует области слабых магнитных полей, где кривая намагничивания идет наиболее круто, а процесс намагничивания осуществляется путем смещения границ между доменами [2]. Исследование кривой намагничивания показало, что в области смещения изменение намагниченности происходит скачкообразно, т. е. при плавном изменении внешнего магнитного поля намагниченность образца изменяется скачками. Эти необратимые скачкообразные смещения границ, вызванные рядом факторов (наличием неоднородностей, внутренних напряжений, структурных изменений и др.), и представляют собой скачки Баркгаузена (рис. 1) [3]. При этом параметры скачков Баркгаузена (число скачков за

данный интервал времени, временные интервалы между скачками, форма скачков, спектральное распределение скачков) определяются этими факторами, что позволяет создавать методы контроля состояния ферромагнитных изделий.

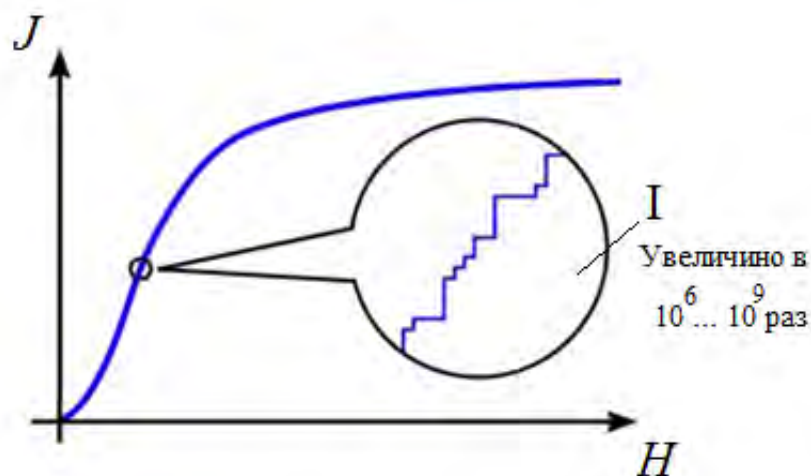


Рисунок 1- Кривая намагничивания ферромагнетика [3]:  $H$  – напряженность внешнего магнитного поля,  $J$  – намагниченность ферромагнетика,  $I$  – скачки Баркгаузена.

Схема установки, реализующей метод магнитных шумов для контроля остаточных напряжений, представлена на рис. 2 [3].

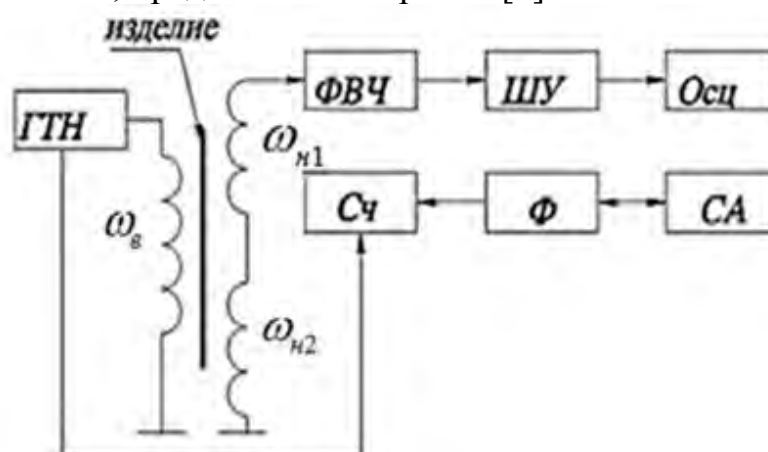


Рисунок 2 - Схема установки для изучения параметров шумов Баркгаузена [3]: ГТЧ-генератор треугольного напряжения,  $\omega_B$ -возбуждающая обмотка,  $\omega_{H1}$  и  $\omega_{H2}$  - измерительные обмотки, ФВЧ –фильтр высоких частот, ШУ –широкополосный усилитель, Осц-осциллограф, СА –спектральный анализатор, Ф -формирователь, Сч – счётчик.

Генератор треугольного напряжения низкой частоты ГТЧ подключен к возбуждающей обмотке  $\omega_B$  выполненной в виде соленоида. Измерительные обмотки  $\omega_{H1}$  и  $\omega_{H2}$  включены дифференциально, напряжения с частотой тока возбуждения в них вычитаются, а спектры магнитных шумов суммируются, т. к. они обусловлены различными участками контролируемого изделия. Сигнал с измерительных обмоток поступает на фильтр высоких частот ФВЧ, который подавляет сигнал тока возбуждения (обычно частотой не выше 100

Гц) и пропускает сигналы магнитных шумов в частотном диапазоне  $10^4..10^6$  Гц. Сигнал с выхода ФВЧ усиливается широкополосным усилителем ШУ и анализируется осциллографом, спектральным анализатором СА. После прохождения через формирователь Ф, счётчик Сч подсчитывает количество импульсов за период перемагничивания. Устройство может использоваться для контроля внутренних механических напряжений, толщины упрочненного слоя и др. параметров ферромагнитных изделий [3].

Достоинствами методов магнитных шумов являются: возможность квазистатического намагничивания, получения информации на уровне микроструктуры ферромагнитного изделия, оперативность, низкая стоимость, относительно невысокие требования к подготовке поверхности области контроля [4]. Устройство может использоваться для контроля ферромагнитных изделий в машиностроительной, авиационной, автомобильной и других отраслях промышленности. Однако низкая чувствительность при измерениях на материалах с высокой твердостью, нелинейность характеристики при деформациях сжатия, погрешность при низких уровнях напряжений сдерживает широкое применение методов магнитных шумов. В настоящее время ведутся работы по повышению чувствительности метода путем создания новых технических и программных решений для обработки сигналов [1].

### Литература

1. Филинов В.В. [Разработка средств неразрушающего контроля изделий из ферромагнитных сталей на основе использования магнитных шумов / В.В. Филинов, С.А. Микаева, М.С. Родюков, А.В. Филинова // Российский технологический журнал.](#) – 2017. – №3. – С. 114–123.
2. Рудяк В.М. Эффект Баркгаузена / В.М. Рудяк // *Успехи технических наук.* – 1970. – Том 101, № 3. – С. 429–462.
3. Толмачев [И.И.](#) Магнитные методы контроля и диагностики: Учебное пособие. – 2008. – 216 с.
4. Neslušán M. Monitoring of Hard Milled Surfaces via Barkhausen Noise Technique / M.Neslušán, T.Hrabovský, M.Čilliková, A.Mičietová // *Procedia Engineering.* – 2015. – №132. – P. 472–479.
5. Miriam Rocío Neyra Astudillo. Correlation between Martensitic Phase Transformation and Magnetic Barkhausen Noise of AISI 304 Steel / Miriam Rocío Neyra Astudillo, Marcelo Núñez Nicolás, José Ruzzante [and others] // *Procedia Materials Science.* – 2015. – №9. – P. 435-443.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Ващук К. В., Жаркова Д. О.

Научный руководитель – Маркова Л. В., д. т. н., профессор

Одной из важнейших задач современной автомобильной промышленности является повышение качества, снижение материалоёмкости, энергопотребления. Автомобильная промышленность производит приблизительно 100 миллионов автомобилей ежегодно, каждый из которых содержит 500 килограммов штампованных деталей из листового металла. С целью уменьшения веса и сокращения расхода топлива в автомобильной промышленности перспективно использование легких материалов (высокопрочных сталей и сплавов алюминия) при изготовлении тонких корпусов и приборных панелей автомобилей [1]. Однако высокопрочные стали и сплавы алюминия имеют низкую пластичность, что затрудняет использование традиционных технологических процессов штамповки. Для решения этой проблемы разработаны импульсные методы штамповки для легких листовых материалов, такие как взрывная, электромагнитная и электрогидравлическая штамповка [2].

Цель данной работы: проанализировать известные методы формования материалов тонких автомобильных панелей, выявить из них самый высокоэффективный метод.

Сущность процесса штамповки взрывом состоит в том, что при взрыве происходит резкий скачок давления в воде, образуемая при этом энергия используется для формовки изделий. Взрывная штамповка является одним из самых высокоскоростных технологических процессов. Однако взрывная штамповка предусматривает использование взрывчатых веществ, что повышает опасность производства.

Электромагнитная штамповка заключается в использовании электромагнитных сил, возникающих в результате взаимодействия магнитных полей индуктора и заготовки, отталкивающих их друг от друга с высокой скоростью за очень короткий промежуток времени, при этом заготовка деформируется по матрице. Недостатком электромагнитной штамповки является то, что технология позволяет использовать только материалы с высокой электропроводностью.

Недостатки взрывной и электромагнитной штамповки преодолены в технологическом процессе электрогидравлического формования, основанного на электрогидравлическом эффекте.

Электрогидравлический эффект состоит в возникновении сверхвысоких импульсных гидравлических давлений при высоковольтном электрическом разряде в жидкой среде [3].

Устройство для электрогидравлического формования (штамповки, вытяжки) выполнено в виде матрицы 4 с полостью 3, заполненной воздухом или находящейся под вакуумом (рис. 1). Крышкой полости служит деформируемый листовой материал 2. Над деформируемым листом расположена камера с рабочей жидкостью 5 и рабочими электродами 1. Разряд осуществляется между двумя электродами или между электродом и деформируемым листом [4].

Во время процесса электрогидравлического формования накопленная на конденсаторе электрическая энергия разряжается на электроды 1, которые находятся в заполненной рабочей жидкостью 5 камере. Небольшое количество жидкости между кончиками электродов 1 начинает испаряться, образуя плазменный канал. Электрический ток продолжает идти по каналу, преобразуя электрическую энергию во внутреннюю энергию плазменного пузыря. Это происходит за очень короткий промежуток времени (обычно менее 100 микросекунд). Затем начинается взрывное расширение канала путем образования высокоскоростных ударных волн в жидкости, что и вдавливает заготовку 2 в матрицу 4 через вакуумную полость 3.

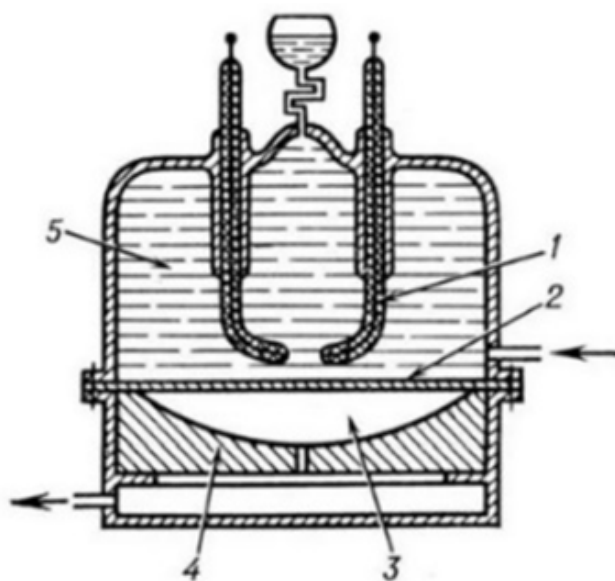


Рисунок 1 - Схема устройства для электрогидравлической штамповки: 1 – электроды; 2 – заготовка; 3 – вакуумная полость; 4 – матрица; 5 – рабочая жидкость

Метод позволяет получать легкие тонкостенные (толщиной до 5 мм) изделия с габаритными размерами до 1800 мм.

Проведенный анализ импульсных методов штамповки показал, что наиболее перспективной технологией для формования листовых заготовок из высокопрочных сталей и сплавов алюминия при изготовлении тонких корпусов и приборных панелей автомобилей является электрогидравлический метод.

Однако использование данной технологии в серийном производстве ограничено необходимостью замены рабочей жидкости перед изготовлением каждого изделия, что снижает скорость производства.

Для внедрения электрогидравлической технологии в серийном производстве в настоящее время ведутся работы, в частности компанией Ford, направленные на решение проблемы замены рабочей жидкости и автоматизацию технологического процесса [4].

### Литература

1. V. Psyk, D. Risch, B.L. Kinsey, A.E. Tekkaya, and M. Kleiner. Electromagnetic forming – a review//Journal of Materials Processing Technology. – 2011. – V. 211, N 5. – P. 787–829.
2. A.V. Mamutov, S.F. Golovashchenko, J.J. Bonnen, A.J. Gillard, S.A. Dawson, L. Maison. Electrohydraulic Forming of Light Weight Automotive Panels//Journal of 7th International Conference on High Speed Forming. – 2016.– P. 3-13.
3. Юткин, Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности/Л. А. Юткин. – Ленинград: «Машиностроение» Ленинградское отделение, 1986. – 254 с.
4. U.S. Department of Energy, Industrial Technologies Program, Electrohydraulic Forming of Near Net Shape Automotive Panels 2011, 2 pages



## ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОЯДЕРНОГО СИНТЕЗА КАК ВОЗМОЖНОГО ВАРИАНТА ЭНЕРГИИ БУДУЩЕГО

Булин М.Н.

Научный руководитель - Маркова Л.В., д.т.н., профессор.

На современном этапе развития человечества наблюдается тенденция по замене привычных энергоносителей на альтернативные либо возобновляемые источники энергии. Одним из возможных вариантов энергии будущего является термоядерный синтез, однако разработка управляемого термоядерного синтеза (УТС), несмотря на все свои достоинства, сталкивается с рядом трудностей как с физической, так и с технической стороны.

Наиболее исследованной установкой для проведения управляемой термоядерной реакции (УТР) является «токамак», для надёжной работы которого необходимо одновременное выполнение трёх главных условий:

- скорость ударов ядер друг с другом в плазме должна равняться её температуре  $T_p$  внутри термоядерного реактора (ТЯР) (для D – T  $T_p > 10^8$  К);
- выполнение критерия Лоусона, имеющего для термоядерной реакции D – T следующий вид:  $n_p \tau_p > 10^{20}$  см<sup>-3</sup>·с, где  $n_p$ ,  $\tau_p$  – плотность и время удержания высокотемпературной плазмы в активной зоне ТЯР;
- критерий «зажигания» смеси легких ядер [1].

При реализации на практике УТР исследователи и конструкторы столкнулись с рядом проблем, затруднивших создание полноценного «токамака».

Изначально основной проблемой ТЯР была нестабильность горячей плазмы, то есть плазменный шнур в тороидальной камере имел переменную толщину или же вообще прерывался с остановкой протекания кольцевого тока. Проблема была решена при помощи увеличения размеров вакуумной камеры и применения полоидального магнитного поля.

В токамаке набор катушек, расположенных вокруг плазменной камеры в форме «бублика», создает основное тороидальное магнитное поле, где проводящее плазменное кольцо служит единственной вторичной обмоткой огромного трансформатора. Импульс тока в первичной обмотке (индукторе) индуцирует большой ток во вторичной обмотке, то есть в самом плазменном кольце. Этот индуцированный плазменный ток сопровождается полоидальным магнитным полем. Сочетание полоидального поля с основным тороидальным приводит к спиральному магнитному полю. Полученная таким образом магнитная структура состоит из бесконечного множества вложенных тороидальных магнитных поверхностей. Такая доработка позволила уменьшить утечку частиц и тепла из плазмы.

Впоследствии повышению стабильности сопутствовало введение в эксплуатацию принципиально новых ТЯР типа «стелларатор», в которых магнитное поле наводится внешними катушками. В своей базовой конфигурации дополнительные спиральные катушки (геликоидальные) вокруг тороидальной плазмы обеспечивают необходимую дополнительную закрутку тороидального магнитного поля, создаваемого основными катушками поля (рис. 1).



Рисунок 1 - Схемы термоядерных реакторов «токамак» (а) и «стелларатор» (б).

Ещё одной проблемой стала высокая стоимость трития  ${}^3_1\text{H}$  – сверхтяжелого изотопа водорода  ${}^1_1\text{H}$  с периодом полураспада 12,3 года (По состоянию на 2019 год 1 кг трития стоил около 30 млн. \$ США). На 2015 год мировой запас трития составлял приблизительно 20 кг [2]. К примеру, для загрузки всех тритиевых подсистем токамака ITER понадобится около 3 кг трития, а также около 1 кг трития на каждый год его работы [3].

По предположениям физиков использование изотопа лития значительно упростит процесс создания топлива для ТЯР. Предполагается, что нейтроны, образующиеся в реакциях слияния  $\text{D} - \text{T}$ , будут использоваться для получения трития путем бомбардировки «бланкета» с находящимся внутри изотопом лития  ${}^6_3\text{Li}$ . Такой вариант в перспективе сможет решить проблему с нехваткой природного трития для осуществления УТС. Однако это лишь теория, недоказанная опытом, поскольку работающих промышленных термоядерных реакторов пока нет.

Также для ТЯР характерно сильное нейтронное излучение, пагубно влияющее на его рабочий ресурс, т.е. атомы материалов, из которых сделана конструкция стенок реактора, могут поглощать нейтроны, превращаясь в радиоактивные изотопы, в результате чего в конструкции реактора будет накапливаться радиоактивность (нейтронный поток в ТЯР почти в 10 раз мощнее подобного в ядерном реакторе).

С целью минимизации этого негативного явления ставится задача разработать такие материалы, которые были бы устойчивы к нейтронному облучению. Одну из таких исследовательских работ проводит нидерландский ядерный центр NRG совместно со шведской компанией Studsvik, которые

разработали легированную сталь Eurofer97. Данная сталь обладает всеми необходимыми качествами как по прочности, так и по радиоактивной безопасности [4].

Для поиска, тестирования и исследования подобного рода материалов в 2018 г. была открыта IFMIF (Международная установка по облучению термоядерных материалов). Установка IFMIF представляет из себя два небольших сильноточных ускорителя дейтронов (ионов дейтерия) до энергии примерно 40 МэВ и литиевой мишени (льющегося потока жидкого лития, толщиной 25 мм). В настоящее время прототип устройства успешно построен в Роккашо, Япония [5].

Главной проблемой токамаков в настоящее время является возникновение непредсказуемых неустойчивостей, приводящих к нестабильному режиму работы ТЯР при повышении давления в горячей плазме. Для существенного улучшения параметров работы ТЯР необходимо увеличить мощность, что потребует повышения давления в плазме, так как скорость слияния ядер при заданной температуре пропорциональна квадрату давления.

Таким образом, на сегодняшнем этапе нельзя говорить о создании полноценного промышленного ТЯР, поскольку до сих пор остаётся большое количество нерешённых задач, которые предстоит исследовать учёным-физикам и инженерам. Ведутся работы над созданием экспериментального ТЯР ITER, который в последствии должен стать базой для тестирования существующих задач и решения новых, что стало значительным шагом на пути к исследованию УТС.

## Литература

1. М. И. Баранов. Антология выдающихся достижений в науке и технике. Часть 46: Термоядерная энергетика. Термоядерные реакторы и электростанции: ретроспектива исследований управляемого термоядерного синтеза, их современное состояние и будущее // Электротехника и электромеханика. – 2018. №6. - С. 3-17.
2. А. Семёнов. Дейтерий и тритий: водород, да не тот //Наука и жизнь. - 2018. - №8. С. 45 – 51.
3. Fusion as a sustainable energy source // ITER–URL: [https://www.iter.org/FAQ#collapsible\\_2](https://www.iter.org/FAQ#collapsible_2). – Date of access: 02.04.2020.
4. Rieth, M.; Schirra, M.; Falkenstein, A.; Graf, P.; Heger, S.; Kempe, H.; Lindau, R.; Zimmermann, H. (2003). EUROFER 97, Tensile, Charpy, Creep and Structural tests // Institut für Materialforschung, Forschungszentrum Karlsruhe. Scientific Report (FZKA-6911.) – URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/270055720/3814432>.
5. What is IFMIF // IFMIF / Eveda – URL: [https://www.ifmif.org/?page\\_id=6](https://www.ifmif.org/?page_id=6) – Date of access: 13.04.2020.

## ГОЛОГРАФИЯ В ВОЕННОМ ДЕЛЕ

Т.С. Волк

Научный руководитель – Русакевич Д.А., доцент, к.т.н.

**Введение.** Целью данной работы стало изучение истории создания и получения голограмм, их применение и перспективы использования в военном деле.

**Основная часть.** *Голография* (от греч. *holos* — весь, полный и *grapho* — пишу) — метод записи и восстановления волновых полей, основанный на регистрации интерференционной картины, формируемой волнами, исходящими от объекта и опорного источника.

Голография, согласно определению, приведенному в книге Кольера Р., Беркхарда К. и Лина Л. «Оптическая голография» – это интерференционный метод регистрации световых волн, дифрагировавших на объекте, освещенном когерентным светом. При этом после дифракции волны должны проинтерферировать с согласованной с ними по фазе опорной волной. Если волны обладают достаточной степенью когерентности, то распределение разности их фаз в пространстве остается постоянным в течение времени, необходимого для регистрации голограммы.

Идея голографии была выдвинута и экспериментально проверена польским физиком М. Вольфке (1883-1947). Его работа была опубликована еще в 1920 г., но была забыта. Эту идею независимо от Вольфке вновь предложил и обосновал в [1947 году](#) (задолго до изобретения лазеров) [Денеш Габор](#). Он же придумал само слово «голография», которым он подчеркнул полную запись оптических свойств объекта.

Наиболее широкое применение голография находит в науке и технике. Голографическими методами контролируют точность изготовления изделий сложной формы, исследуют их деформации и вибрации. Для этого деталь, подлежащую контролю, облучают светом лазера, и отраженный свет пропускают сквозь голограмму эталонного образца. При отклонении размеров от эталонных, искажении формы и появлении поверхностных напряжений возникают полосы интерференции, число и расположение которых характеризует степень отличия изделия от образца или величину деформаций. Аналогичным образом исследуют обтекание тел потоками жидкости и газа: голограммы позволяют не только увидеть в них вихри и области уплотнений, но и оценить их интенсивность. С помощью голограммы можно видеть сквозь матовое стекло или другую рассеивающую свет преграду. С рассеивателя снимают голограмму и совмещают одно из восстановленных с нее изображений с самим рассеивателем. Световые волны, идущие навстречу друг другу от голограммы и от рассеивателя, складываются и взаимно уничтожаются. Преграда исчезает, а предмет, лежащий за ней, становится виден во всех подробностях.

У современных технологов появилась новая идея. Она основана на способности лазера по заданной программе "сделать" из заготовки деталь любой формы и размера. Достаточно внутрь технологического лазера вставить голограмму эталонной детали, чтобы избавиться от необходимости писать программу и настраивать лазерную установку. Голограмма сама "подберет" такую конфигурацию луча и распределение его интенсивности, что "вырезанная" деталь будет точной копией эталона.

## Практическая часть

### Создание мультиплексной голографической установки

Голографическая установка представляет собой усеченную пирамиду из прозрачного пластика и дисплей с диагональю 8"-10". В качестве дисплея используется планшет (монитор), на который предварительно загружено видео. Причем видео состоит из на 4 взаимно перпендикулярных одинаковых изображений (см. рис.1).



Рисунок 1

Инструменты и материалы, которые были использованы в ходе работы:

- ✓ Пластик (материал может быть и иным, главное чтоб он был прозрачен и мог отражать свет)
- ✓ Нож канцелярский
- ✓ Скотч
- ✓ Линейка (30-50см)

Из пластика при помощи канцелярского ножа вырезаем 4 трапеции с соотношением сторон 6:1:3,5 (240мм:40 мм:140мм).

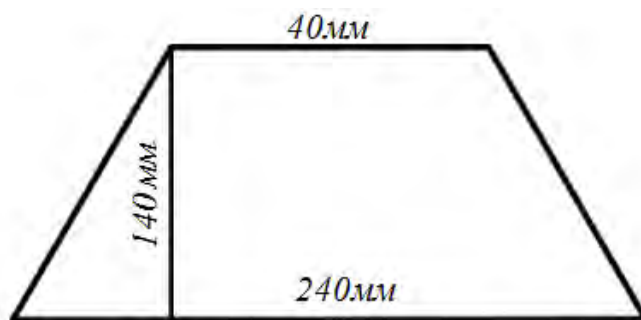


Рисунок 2

После склеиваем эти части между собой скотчем, получая усеченную пирамиду (см. рисунок 3)

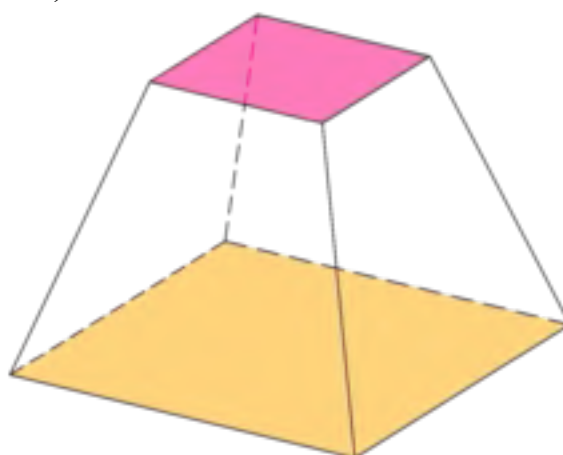


Рисунок 3

Вид готовой мультиплексной голографической установки представлен на рисунках 4 и 5.



Рисунок 4



Рисунок 5

**Заключение.** Голограммы позволяют отражать объекты в трёхмерном пространстве даже без применения специальных очков. Такое изображение можно использовать на презентациях, деловых мероприятиях, в музеях, во флагманских магазинах — везде, где важно взаимодействие с объектом.

В ходе данной работы с помощью непрофессионального оборудования и некритичных к требованию высокой когерентности источников была создана установка для демонстрации 3D-голограмм. Применение которой, на мой взгляд, позволит сделать учебный процесс более современным, захватывающим и интересным.

### Литература

1. <https://robo-hunter.com/news/8-primenenii-3d-gologrammi-uje-seichas> © robo-hunter.com
2. <https://robo-hunter.com/news/8-primenenii-3d-gologrammi-uje-seichas> © robo-hunter.co
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Голография#>
4. [http://ens.tpu.ru/POSOBIE\\_FIS\\_KUSN/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%B8%20%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B.%20%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%B8%20%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/09-6.htm](http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%B8%20%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B.%20%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%B8%20%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/09-6.htm)
5. <https://physoptika.ru/difrakciya-sveta/ponyatie-o-golografii.html>
6. <http://www.holography.ru/phys3rus.htm>
7. <https://zreni.ru/1684-fizicheskie-osnovy-golografii.html>

8. <http://www.holography-journal.com/%D0%BE-%D0%B6%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F-%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%B8/>

<http://www.diagram.com.ua/info/engineering-and-technology/engineering-and-technology016.shtml>



## ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ МАСС ИЛИ ПУШКА ГАУССА

Стрельцов З.А.

Научный руководитель – Русакевич Д.А., доцент, к.т.н.

### Введение

В данной работе мы исследуем электромагнитный ускоритель массы или Гауссову пушку, которая известна всем любителям компьютерных игр и научно-фантастической литературы. Он был назван в честь немецкого физика Карла Гаусса, который заложил основы математической теории электромагнетизма. Электромагнетизм-это раздел физики, изучающий законы и явления, возникающие между электрическими и магнитными объектами и процессами.

Карл Гаусс вместе с физиком Вильгельмом Вебером провел плодотворные исследования в области земного магнетизма. Они также проводили исследования в области электромагнетизма, электродинамики, электричества и индукции. Электромагнитная индукция-это явление возникновения электрического тока, электрического поля или электрической поляризации, когда магнитное поле изменяется во времени или когда материальная среда движется в магнитном поле.

Считается, что идея пушки Гаусса была впервые выдвинута французскими инженерами Фашоном и Вильпле в 1916 году. Их модель электромагнитного ускорителя массы разгоняла снаряд, имевший массу 50 граммов, до скорости 200 м/с. Также в 1915 г. русский инженер Подольский и Ямпольский разработали проект 50-метровой пушки, работающей по схожему принципу. Но воплотить свой проект в реальности им так и не удалось.

### Основная часть

Теоретически возможно использовать электромагнитный ускоритель массы для вывода легких спутников на орбиту, поскольку стационарное использование может иметь большой источник энергии.

Преимуществом пушки Гаусса по сравнению с другими видами оружия является возможность гибко варьировать начальную скорость и энергию снаряда. Кроме того, выстрел из пушки Гусса бесшумный. Но есть и недостаток-низкий КПД, который составляет не более 27% и связанные с этим высокие энергозатраты. Поэтому в наше время пушка Гаусса применима только в качестве любительской установки. Однако идея может получить вторую жизнь, если будут изобретены новые компактные и мощные источники питания.

Из всех видов электромагнитного оружия Гауссовская пушка является самой простой в изготовлении.

Несмотря на свою простоту, пушка Гаусса имеет невероятно большой простор для конструкторских решений и инженерных изысканий, поэтому это направление достаточно интересно и перспективно.

В цилиндрической обмотке при протекании через нее электрического тока возникает магнитное поле. Это магнитное поле внутри катушки втягивает снаряд из ферромагнетика, а затем он начинает ускоряться. На концах снаряда образуются полюса, ориентированные соответственно полюсам катушки, из-за чего после прохождения центра обмотки снаряд притягивается в противоположном направлении, то есть замедляется. Если в тот момент, когда снаряд находится в середине обмотки, ток в ней исчезает, то магнитное поле исчезнет и снаряд, набравший скорость, свободно пролетит через другой конец обмотки. Для наибольшего эффекта импульс тока в соленоиде должен быть кратковременным и мощным. Как правило, для генерации такого импульса используются электролитические конденсаторы с высоким рабочим напряжением.

На практике конструкция простейшей пушки Гаусса представляет собой медную проволоку, намотанную в несколько слоев на диэлектрическую трубку и конденсатор большой емкости. Снаряд помещается внутрь трубки непосредственно перед началом обмотки, а затем предварительно заряженный конденсатор замыкается на обмотку с помощью электрического ключа.

Параметры обмотки, снаряда и конденсаторов должны быть подобраны таким образом, чтобы при приближении снаряда к середине обмотки ток в последней успевал уменьшиться до минимального значения, т.е. заряд конденсаторов был бы полностью израсходован. В этом случае КПД одноступенчатого электромагнитного ускорителя будет максимальным.

### **Описание схемы**

Пушка Гаусса, состоит из параллельно соединённых конденсаторов и катушки индуктивности.

#### **1.2.1 Конструктивные элементы**

##### **Источник питания**

Источник питания с выходным напряжением от 9 В до 24В.

##### **Конденсаторы**

Мы использовали 2 электролитических конденсаторов емкостью по 10000мкФ, рассчитанных на напряжение до 36 В.

##### **Катушка индуктивности**

Катушку индуктивности мы решили изготовить из медной проволоки диаметром 1 мм.

### Провод монтажный

Для сборки схемы мы использовали монтажный провод с площадью поперечного сечения 1 мм<sup>2</sup> и медной жилой.

### Кнопки миниатюрные с фиксацией

1 кнопка служит для подачи открывающего напряжения на конденсаторы, 2 кнопка - служит для подачи напряжения от конденсаторов к катушке индуктивности.

### 1.2. 2. Сборка установки

Из вышеперечисленных элементов в ходе работы была собрана следующая схема:

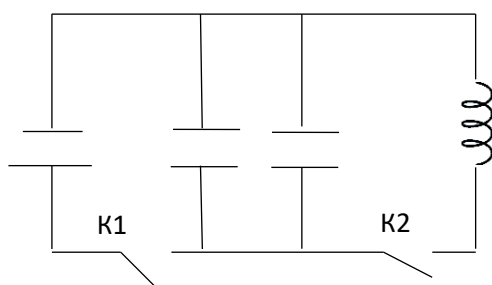


Рис.1 - Схема установки

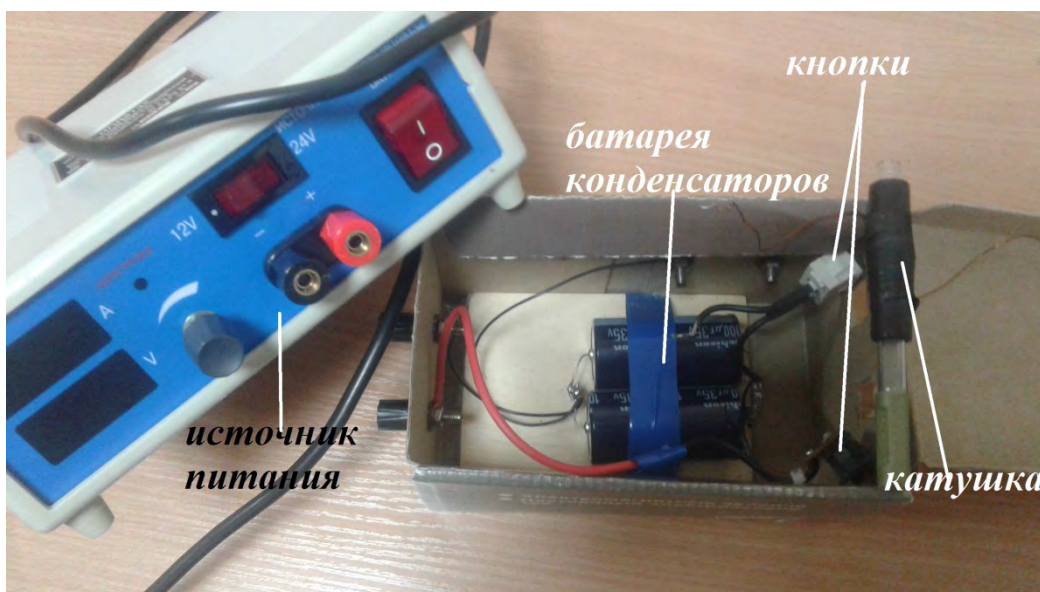


Рис.2 - Фотография установки

### Порядок действий для выстрела

После подключения проводов к источнику питания (ИП) включите ИП и переключить тумблер на 24В. Переключатель K1 в положение "Вкл.". В то

же время значения на амперметре ИП изменяются от 2А до 0А в течение 2 секунд.

Переменный ток от ИП подается на батарею конденсаторов. По мере того как конденсаторы заряжаются, показания амперметра уменьшаются. После того как значение на амперметре будет равно 0А, необходимо привести выключатель в положение "Выкл.". Во время уменьшения значений на амперметре батарея конденсаторов успевает зарядиться до ~24 В. Чтобы сделать выстрел, теперь достаточно нажать кнопку управления К2, которая соединяет батарею конденсаторов с катушкой. После выстрела, прежде чем снова зарядить конденсаторы, нужно еще раз нажать кнопку К2, потому что используется кнопка "блокировка".

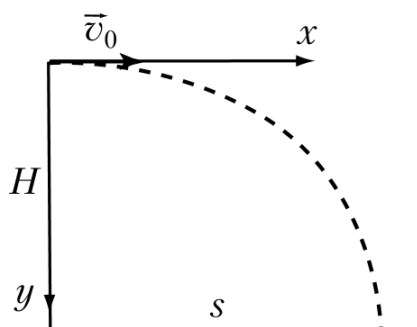
### **Предмет исследования**

Магнитное поле, создаваемое катушкой, можно разделить на три области в том порядке, в котором пуля проходит через них при ускорении: область низкой плотности магнитных линий, область высокой плотности неоднородных силовых линий (здесь пуля ускоряется больше всего) и область однородного поля.

Несмотря на то, что импульс тока на индукторе очень короткий, начальное положение пули в стволе должно быть таким, чтобы, когда пуля находится в середине катушки, в ней не было тока. Если пулю перед выстрелом разместить слишком близко к центру катушки, то, во-первых, магнитное поле в области ускорения будет близко к равномерному, а во-вторых, пуля, прошедшая среднюю катушку, будет тормозиться тем же магнитным полем, через которое она была ускорена. Поэтому в этом случае эффективность установки будет незначительной. Если пуля изначально расположена слишком далеко от середины катушки, то, во-первых, в области ускорения плотность линий магнитного поля будет мала, а во-вторых, пуля не успеет достичь области высокой плотности неоднородных линий магнитного поля во время ускорения. Поэтому положение пули перед выстрелом очень важно, что было подтверждено экспериментально.

Кроме того, линейный размер и форма пули также играют важную роль в ускорении. Чтобы эффективность электромагнитного ускорителя была максимальной, пуля должна быть относительно тонким стержнем. Длина стержня должна быть приблизительно равна длине силовых линий высокой плотности неоднородного магнитного поля. Если пуля длиннее, то ее масса увеличится, а магнитная сила, действующая на нее, практически не изменится (силы, действующие на пулю в областях однородного поля и низкой плотности силовых линий, очень малы). Если пуля короче, то разница в плотности силовых линий на ее концах будет незначительной, следовательно, уменьшение массы пули окажет гораздо меньшее влияние на ее скорость, чем уменьшение магнитной силы. Этот факт был также подтвержден экспериментально в ходе работы.

Мы ожидали, что созданный ими электромагнитный ускоритель будет иметь КПД около нескольких процентов, что соответствует скорости пули от 20 до 60 метров в секунду. Еще до первых экспериментов супервайзер предложил метод измерения начальной скорости. Установка должна была быть собрана из двух листов фольги на расстоянии около 1,5 см друг от друга, источника постоянного напряжения и осциллографа, соединенных последовательно. Пуля определенной длины должна была замыкать цепь, а осциллограф должен был фиксировать время замыкания. Этот метод подходит для измерения высоких скоростей пули из-за высокой точности осциллографа. К сожалению, наши ожидания не оправдались, и наибольшая скорость пули, которая была достигнута, составила 14,5 м/с. Для таких малых скоростей лучше подходит более простой метод, заключающийся в измерении дальности полета пули при стрельбе горизонтально с известной высоты. Именно этот метод мы использовали во время наших экспериментов.



### Эксперимент 1

*Цель:* проверить работоспособность собранной нами установки

*Ход работы:* мы подключили к батарее конденсаторов катушку №1; заряжали конденсаторы до момента, когда погасла лампочка, отключили установку от внешнего источника питания и пустили ток к катушке.

Пуля вылетела из пушки с довольно низкой скоростью.

Этот опыт показал верность собранной нами схемы, но также доказал, что у пушки Гаусса очень низкий КПД.

### Эксперимент 2

*Цель:* исследование зависимости скорости пули от количества задействованных слоёв проволоки в катушке.

*Использовалась катушка №1.*

*Пуля – стальной стержень массой 3 г и длиной 45 мм.*

*Ход работы:* как мы уже описывали выше, мы определяли скорость снаряда по расстоянию, которое он пролетел при горизонтальном броске.

$$v = \frac{L}{t} = \frac{L}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \sqrt{\frac{L^2 g}{2h}}$$

Мы зарядили конденсаторы, выключив ток от внешнего источника питания через несколько секунд после того, как погасла лампочка. Далее пустили ток к катушке и измерили расстояние между проекцией конца ствола пушки на пол и точкой падения пули. Высоту падения мы измеряли как расстояние между центром ствола и полом. Для каждого количества задействованных слоев мы провели по 7 выстрелов.

Далее приведены результаты эксперимента:

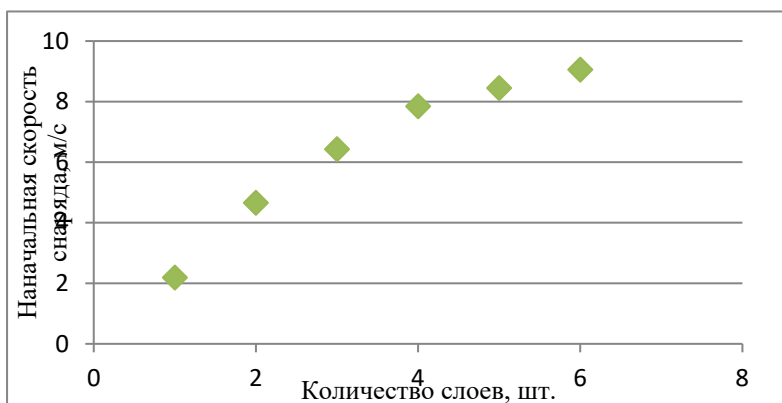
Количество слоев, шт.	1	2	3	4	5	6
Дальность полета снаряда, м	1,08	<del>2,20</del>	3,06	3,78	4,08	4,26
	1,05	<del>2,29</del>	3,07	3,80	4,14	4,27
	<del>1,02</del>	2,25	3,17	<del>3,90</del>	3,99	4,51
	1,04	2,24	3,08	<del>3,69</del>	<del>3,95</del>	4,46
	1,05	2,22	<del>3,03</del>	3,82	4,06	4,35
	1,03	2,25	3,12	3,74	4,01	4,38
	<del>1,15</del>	2,26	3,13	3,70	<del>4,17</del>	4,31
Средняя дальность полета, м	1,05	2,24	3,09	3,77	4,06	4,35

Начальная высота: 1,13м.

Скорости снаряда по приведенной выше формуле:

Количество слоев, шт.	1	2	3	4	5	6
Средняя скорость, м/с	2,19	4,66	6,43	7,85	8,45	9,06

*График зависимости начальной скорости снаряда от количества слоев:*



В этом эксперименте мы увидели, что количество слоёв катушки для оптимального КПД больше, чем количество слоёв в катушке №1. Таким образом, для достижения наивысшей скорости снаряда и КПД, нужно было намотать новую катушку с большим количеством слоёв и так, чтобы средний диаметр её задействованных слоёв был оптимален при большем их количестве. Далее мы называем её катушкой №2.

### Эксперимент 3

*Цель:* исследование зависимости скорости пули от количества задействованных слоёв проволоки в катушке.

*Использовалась катушка №1.*

*Пуля – стальной стержень массой 3 г и длиной 45 мм.*

*Ход работы:* как и в эксперименте 2, мы определяли скорость снаряда по пройденному им расстоянию при горизонтальном выстреле.

Эксперимент проводился так же, как и эксперимент 2, но в катушку был вставлен ферритовый сердечник.

*Результаты эксперимента:*

При одном слое проволоки снаряд из пушки не вылетел.

Количество слоёв, шт.	2	3	4	5	6
Дальность полета снаряда, м	1,46	2,63	3,56	3,76	4,13
	1,45	2,72	3,54	4,02	4,20
	1,40	2,67	3,68	3,63	4,19
	1,42	2,74	3,57	3,93	4,21
	1,43	2,71	3,52	3,96	4,18
	1,46	2,62	3,59	3,67	4,17

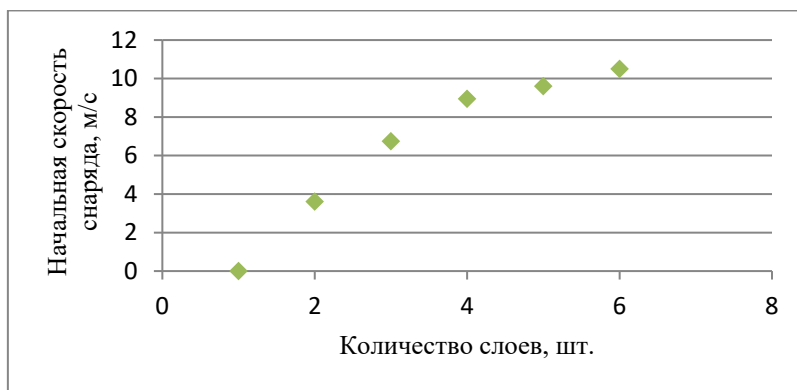
	1,51	2,72	3,54	3,83	4,19
Средняя дальность полета, м	1,44	2,69	3,57	3,83	4,19

Начальная высота: 0,78м

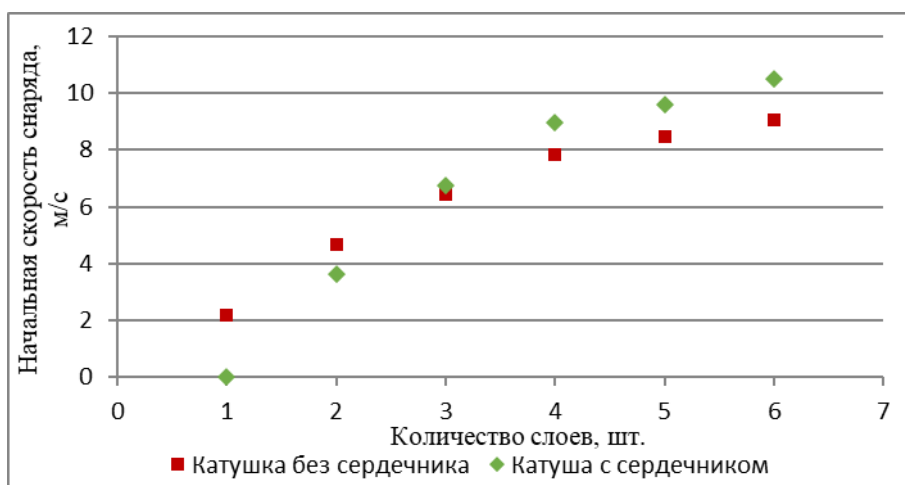
Скорости снаряда, рассчитанные по приведенной выше формуле:

Количество слоев, шт.	2	3	4	5	6
Средняя скорость, м/с	3,61	6,74	8,95	9,60	10,50

График зависимости начальной скорости снаряда от количества слоев:



Как мы видим, при использовании 1 и 2 слоев скорость снаряда была меньше, чем без ферромагнетика, при использовании 3-6 слоев – больше. При сопоставлении графиков из экспериментов 2 и 3 видно, что при увеличении количества слоев положительное влияние ферромагнитного сердечника на начальную скорость пули (и на КПД установки) усиливается:



## Погрешности



Для данной формулы:  $v = \frac{L}{t} = \frac{L}{\sqrt{\frac{2h}{g}}} = \sqrt{\frac{L^2 g}{2h}}$  формула относительной погрешности выглядит так:  $\varepsilon = \sqrt{\varepsilon(L)^2 + \frac{1}{2}\varepsilon(g)^2 + \frac{1}{2}\varepsilon(h)^2}$ .

Абсолютную погрешность рулетки мы приняли за 5 мм (поскольку сложно точнее определить расстояние, пройденное пулей и также сложно оценить точную высоту ствола), и, поскольку все наши измерения много больше 500 мм, можно сказать, что относительные погрешности всех линейных измерений много меньше 1%. Относительная погрешность ускорения свободного падения составляет  $\frac{0,05}{9,8} \times 100\% = 0,51\%$ . Таким образом, если мы подставим максимально возможные значения погрешностей в указанную выше формулу, относительная погрешность все равно составит менее 1%.

## Заключение

В ходе работы нами был создан собственный рабочий прототип пушки Гаусса. Также было проведено исследование некоторых её свойств.

В ходе экспериментов подтвердились прогнозы о зависимости начальной скорости пули от её положения относительно катушки перед выстрелом, а также от количества задействованных слоёв проволоки в многослойной катушке.

Выяснилось, что ферритовый сердечник внутри катушки оказывает существенное влияние на начальную скорость пули: он может её увеличивать или уменьшать, в зависимости от количества используемых слоёв.

При экспериментах с катушкой на 15 слоёв оказалось, что наибольшая скорость пули достигается при подключённых 11 слоях, а дальнейшее увеличение количества слоёв приводит к уменьшению скорости пули.

Таким образом, чтобы пушка Гаусса работала наилучшим образом, параметры конденсаторов, катушки и пули должны быть точно согласованы.

## Литература

1. Выстрел в будущее: пушка Гаусса своими руками. <http://www.popmech.ru/diy/7864-vystrel-v-budushchee-pushka-gaussa-svoimi-rukami/>
2. Лабораторное оборудование. Пушка Гаусса. <http://www.coilgun.eclipse.co.uk/experiments.html>
3. Пушка Гаусса основы. <http://www.coilgun.eclipse.co.uk/theory.html>
4. Сайт Гаусс. <http://www.gauss2k.narod.ru/>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аверьянова Е.В.

Научный руководитель - Симонова - Лобанок М.П.

Блокчейн называют лучшим инструментом нынешнего десятилетия. Тем не менее, общество не совсем понимает эту технологию и не знает, в чем причина проблем, стоящих на пути ее успеха. Попытаемся разобраться в этих проблемах. Свои первые шаги блокчейн сделал в 2014 году. Его появление вселило надежды определенной части граждан, которые все больше теряли доверие к традиционным банковским продуктам.

Так что же такое блокчейн? В переводе с английского блокчейн это «цепочка блоков». Дать определение блокчейну в нескольких словах нелегко, поскольку каждый читатель, опираясь на свой образ мышления, свои достижения и опыт, будет воспринимать те или иные формулировки по-разному. Ниже мы приведем несколько определений, которые позволят лучше понять, что же такое блокчейн [1].

Упрощенное: блокчейн - это большая бухгалтерская книга, или журнал, куда каждый может вносить записи и в которой он может иметь доступ к огромному количеству компьютеров, разбросанных по всему миру.

Базовое: блокчейн – программный продукт, который позволяет хранить и преобразовывать получаемые при помощи интернета данные защищенным и прозрачным, способом, не имея при этом центрального управляющего органа.

Буквальное: блокчейн, описывает цепочку блоков, в которых хранится информация самого разного вида: транзакции, контракты, произведения искусств, и т.д.

Техническое: блокчейн – это технология организации базы данных, опирающихся на интернет и полностью использующие все его достоинства, включающая открытый протокол и способность к расчету и шифрованию. Эту распределенную базу данных транзакций, можно сравнить с бухгалтерской книгой, в которой каждая новая транзакция записывается следом за предыдущей без возможности изменить или уничтожить предшествующие записи. Эта книга активна, составлена в хронологическом порядке, распределена, проверена и защищена от фальсификации системой распределения доверий (консенсусом) между участниками системы (узлами).

Основные принципы технологии блокчейна [1]:

- децентрализация;
- отказ от посредников;
- прозрачность и неизменность;
- распределенный консенсус;
- безопасность;
- прослеживаемость.

Как работает блокчейн? Для создания и работы блокчейна необходимы реестр (строка блоков), шифрование с помощью ключа (закрытый или открытый) для защиты сделки, алгоритм (на основе консенсуса) для проверки транзакций, а также одноранговая или децентрализованная сеть (компьютерная сеть, основанная на равноправии участников). По мере необходимости добавляются новые участники. Вот вкратце, все необходимые элементы. Чтобы работала система.

Внедрение блокчейна на предприятии необходимо осуществлять продуманно. Не надо начинать с того, что технология блокчейна значительно меняет структуру предприятия и систему его работы, тогда она может быть воспринята как угроза. Если же, наоборот, допустить что блокчейн может облегчить работу, устранить заторы в сетях, улучшить отношения с клиентами и поставщиками, ускорить финансовые потоки и уменьшить расходы, тогда блокчейн воспринимается как источник дополнительных возможностей.

Предприятия ведут борьбу за рынки сбыта, создавая продукты в постоянно меняющихся условиях. Смартфоны, электронная торговля, социальные сети, технологические революции последних десятилетий перемешали все карты и создали цифровую пропасть между различными предприятиями даже одной отрасли. Тем, кто не сумел адаптироваться, пришлось заплатить высокую цену или просто исчезнуть как, например Кодак, когда появилась цифровая фотография. В такой нестабильной среде главная задача - уловить технологические изменения на наиболее ранних стадиях.

Учитывая опыт прошлого, можно посоветовать представителям любой сферы деятельности внимательно отслеживать все, что в ней происходит, и делать наброски решений в виде блокчейна, чтобы избежать разрушения вашей текущей модели от рук конкурентов, оказавшихся более проворными и гибкими в отношении цифровой трансформации.

После определения принципов технологии блокчейна и ее возможного воздействия на бизнес предприятия необходимо себе задать несколько вопросов [2]:

1. Какие процессы на предприятии будут изменены или будут затронуты технологией блокчейна?
2. Какие открываются возможности и какие возникают риски в связи с использованием блокчейна в существующей на предприятии бизнес-модели?
3. Какие приоритетные направления в области рисков и возможностей?
4. Кто будет участниками (узлами) блокчейна?
5. Какой консенсус будет предусмотрен, и какие типы авторизации вы предполагаете настроить в вашем варианте блокчейна?
6. Какие затраты, сроки и ограничения для реализации данного блокчейна?

7. Какие риски, связанные с вашим вариантом реализации? Каковы возможные последствия?
8. Как вы собираетесь организовывать испытания блокчейна, и на каких процессах?
9. Есть ли на вашем предприятии специалисты и технические возможности для внедрения блокчейна или вам придется привлекать их со стороны ?

Конечно, этот список не является исчерпывающим, и вопросы будут варьироваться в зависимости от типа предприятия, его бизнес - модели, уровня цифрового преобразования и т.д.

Компании, которые внедряют технологию блокчейна, могут сократить расходы, повысить надежность и безопасность своих баз данных, оптимизировать и ускорить обмен с третьими лицами, обеспечить мгновенные выплаты и т.д.

Они также могут рационализировать свою внутреннюю деятельность, а также процессы, происходящие у них с клиентами и поставщиками. В итоге они могут самостоятельно преобразовать свою деятельность полностью или частично в «цепочку блоков»[2].

Сформулируем основные аспекты бизнеса, при наличии которых использование блокчейна будет давать наилучшие результаты:

- если вам необходимо хранить данные;
- необходимо иметь нескольких участников записи;
- работать необходимо с участниками, интересы которых расходятся или между ними отсутствует доверие.

Завтра широкая общественность откроет для себя, благодаря технологии блокчейна и протоколам распределенного консенсуса, отказ от посредников, цифровые валюты, мгновенные транзакции, рыночные площадки и социальные сети без посредника, услуги коллективного страхования без центрального управления, прозрачную демократию, умные города многое другое. Сегодня, когда мы перемещаемся от сайта к сайту или осуществляем транзакции с помощью компьютера или смартфона, нам нет необходимости понимать, что такое Интернет и как он работает. Тоже самое произойдет и с блокчейном, когда им начнут широко пользоваться и будут, разработаны удобные интерфейсы (совокупность средств, методов и правил взаимодействия между элементами системы).

Технология блокчейна не исчезнет. Она пришла, чтобы остаться и глубоко преобразовать нашу экономику и наше общество т.к. это рычаг, позволяющий проложить дорогу для инноваций и способ создания новых услуг или продуктов. Кроме того, это прекрасная возможность открыть для предприятия новые горизонты.

## **Литература**

1. Л. Лелу. Блокчейн от А до Я. Москва, Бомбора, 2018 г.- 248 с.
2. М.Свон. Схема новой экономики. Москва, Олимп Бизнес, 2017 г.-150 с.

**СЕКЦИЯ МАТЕМАТИКА**  
**ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ**

**МОДЕЛЬ РАВНОВЕСНЫХ ЦЕН. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

Сахарова Е.В., Калачик А.С.  
Научный руководитель – Кузьмицкая Э.Е., ст. преподаватель

**АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОАО “БЕЛАЗ”**

Киселевич А.С., Пунько П.М.  
Научный руководитель – Щукин М.В., к.ф.-м.н., доцент

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЕ ФОНДОВОГО РЫНКА США**

Пунько П. М., Романюк Е.С.  
Научный руководитель – Щукин М.В., к.ф.-м.н., доцент

**СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ЭЭС**

Лукашевич Д.А., Лялюк Д.С., Бурдин Д.А.  
Научный руководитель - Королёва М.Н., ст. преподаватель

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕДУКТОРА**

Крижановский И.С., Яковлев Д.  
Научный руководитель - Марцинкевич В.С., старший преподаватель

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОВОКУПНОГО ДОХОДА СЕМЬИ**

Хурсанов М.А.  
Научный Руководитель – Щукин М.В., к.ф.-м.н., доцент

**РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ НА ANDROID ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА**

Зорько А. М., Квачёнок Н. А.  
Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент

### **МЕТОД ЗЕЙДЕЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ**

Марчук К.А.

Научный руководитель- Королева М.Н., старший преподаватель

### **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БАЛЛА ЦТ ПО МАТЕМАТИКЕ ОТ СРЕДНЕГО БАЛЛА АТТЕСТАТА.**

Несон М.С. ; Щигельский А.С.

Научный руководитель – Чепелев Н.И. , к. ф.-м. н., доцент

### **ОПЕРАТОРНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Мешкова А.Н.

Научный руководитель - Кленовская И.С., старший преподаватель

### **ПАРАДОКС СИМПСОНА**

Лящук А.О., Шавель В. А.

Научный руководитель - Шавель Н.А., к.ф.-м.н., доцент

### **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В РАСЧЕТАХ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ**

Борщевский А.В., Булин М.Н., Тарасевич Д.Д.

Научный руководитель – Королёва М.Н., старший преподаватель

### **ПРОГРАММНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИКИ НАСЕЛЕНИЯ И ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ**

Гаврилов Д.А.

Научный руководитель - Якимович В.С., к.п.н., доцент

### **ПРОЯВЛЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ**

Гаврилов Д.А.

Научный руководитель - Якимович В.С., к.п.н., доцент

### **РАЗЛОЖЕНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА В ГАРМОНИЧЕСКИЙ РЯД ФУРЬЕ**

Рябцев И.А.

Научный руководитель - Кленовская И.С., старший преподаватель

### **РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУАССОНА В ИНЖЕНЕРНОМ ДЕЛЕ**

Люкевич В.В., Пальчатая А.А.

Научный руководитель – Королева М.Н., старший преподаватель

### **ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Сахнович А.Д.

Научный руководитель – Кураленко М.В., ст. преподаватель

### **КВАТЕРНИОНЫ**

Хилюк И.М.

Научный руководитель: Лошкарева С.Ю., к.ф.-м.н., доцент

### **ПРОГРАММА ПОШАГОВОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ЖОРДАНА-ГАУССА В СРЕДЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ МАТТЕМАТИСА**

Кириченко Д.А.

Научный руководитель – Ласый П.Г., к.ф.-м.н., доцент

### **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА**

Калита А.И.

Научный руководитель – Чепелева Т.И., к. т. н., доцент

### **ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРУЖЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ**

Миллер В.А.

Научные руководители - Рудый А.Н., к.ф.-м.н., доцент;

Матвеева Л.Д., к.ф.-м.н., доцент

### **ЗАДАЧА ВЫБОРА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Аниско В.

Научный руководитель – Лебедева Г.И., к.т.н., доцент



**ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЕТ МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО  
БАЛАНСА В EXCEL**

Устинович К.А.

Научный руководитель – Кузьмицкая Э.Е., старший преподаватель

**UNTERSUCHUNG DYNAMISCHER PROZESSE IN EINEM  
EINFACHWIRKENDEN PNEUMATISCHEN KOLBENANTRIEB**

Antonov N.G.

Koordiniert von Oberhochschullehrerin - Woronowitsch G. K., k.t.n., docent

**МОДЕЛЬ РАВНОВЕСНЫХ ЦЕН. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ**

Сахарова Е.В., Калачик А.С

Научный руководитель –Кузьмицкая Э.Е., ст. преподаватель

Набор цен, при котором прибыль каждого объекта равна нулю, в том случае, когда уровень зарплаты позволяет приобрести весь конечный продукт  $Y$  системы, называется равновесным.

Теорема о равновесных ценах: множество цен, пропорциональных коэффициентам суммарной потребности в труде, является множеством цен равновесия для всех видов конечной продукции, т.е. не зависит от задания вектора  $Y$ .

Модель равновесных цен является балансовой моделью, двойственной к модели Леонтьева. Она позволяет прогнозировать цены на продукцию отраслей при известных значениях норм добавленной стоимости, а также изменение цен и инфляцию, вызванные изменением цены в одной из отраслей.

Предположим, что по отношению к межотраслевому балансу (МОБ) отчётного периода в плановом периоде прогнозируется изменение цен в каждой отрасли  $j$  в  $p_j$  раз при тех же натуральных значениях валового продукта  $X_j$  и конечного продукта  $Y_j$ . Тогда в таблицу МОБ можно ввести индексы цен  $p_j$  и получить новую таблицу, по которой можно построить модель равновесных цен.

Таблица

1

Межотраслевой баланс с учетом индекса цен

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3		
1	$p_1 X_{11}$	$p_1 X_{12}$	$p_1 X_{1n}$	$p_1 Y_1$	$p_1 X_1$
2	$p_2 X_{21}$	$p_2 X_{22}$	$p_2 X_{2n}$	$p_2 Y_2$	$p_2 X_2$
3	$p_n X_{n1}$	$p_n X_{n2}$	$p_n X_{nn}$	$p_n Y_n$	$p_n X_n$
Добавленная стоимость	$Z'_1$	$Z'_2$	$Z'_n$		
Валовый продукт	$p_1 X_1$	$p_2 X_2$	$p_n X_n$		

Рассмотрим открытую модель условной трёх отраслевой экономики, для которой известна матрица  $A$  коэффициентов прямых материальных

затрат. Первая и вторая отрасли имеют экзогенные цены, в третьей отрасли цены могут регулироваться.

$$A = \begin{bmatrix} 0,05 & 0,2 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,2 \\ 0,1 & 0,2 & 0,05 \end{bmatrix}$$

Определим, какое влияние в условиях рынка оказывает увеличение цены на продукцию первой и второй отрасли на 30% при неизменном коэффициенте добавленной стоимости в третью отрасль; увеличение цены на продукцию первой отрасли на 30% при неизменном коэффициенте добавленной стоимости в третью отрасль.

Рассчитаем матрицу «затраты - выпуск»  $E - A$ :

$$E - A = \begin{bmatrix} 0,95 & -0,2 & -0,25 \\ -0,25 & 0,75 & -0,2 \\ -0,1 & -0,2 & 0,95 \end{bmatrix}.$$

Из формулы модели равновесных цен

$$\bar{p}(E - A) = \bar{d}$$

получаем:

$$(p_1, p_2, p_3) \cdot \begin{pmatrix} 0,95 & -0,2 & -0,25 \\ -0,25 & 0,75 & -0,2 \\ -0,1 & -0,2 & 0,95 \end{pmatrix} = (d_1, d_2, d_3);$$

$$\begin{cases} 0,95p_1 - 0,25p_2 - 0,1p_3 = d_1 \\ -0,2p_1 + 0,75p_2 - 0,2p_3 = d_2 \\ -0,25p_1 - 0,2p_2 + 0,95p_3 = d_3 \end{cases}$$

Здесь  $\bar{p}=(p_1, p_2, p_3)$  – вектор индекса цен;  $\bar{d}=(d_1, d_2, d_3)$  – вектор доли добавленной стоимости в валовом выпуске отраслей в новом варианте межотраслевого баланса (МОБ).

Из исходного МОБ ( $p_1=p_2=p_3=1$ ):

$$\begin{cases} 0,95 - 0,25 - 0,1 = d_1 \\ -0,2 + 0,75 - 0,2 = d_2 \\ -0,25 - 0,2 + 0,95 = d_3 \end{cases} ; \quad \begin{cases} d_1 = 0,6 \\ d_2 = 0,35 \\ d_3 = 0,5 \end{cases}$$

Из первого расчётного МОБ ( $p_1=p_2=1,3; d_3=0,5$ ):

$$\begin{cases} 0,95 \cdot 1,3 - 0,25 \cdot 1,3 - 0,1p_3 = d_1 \\ -0,2 \cdot 1,3 + 0,75 \cdot 1,3 - 0,2p_3 = d_2 \\ -0,25 \cdot 1,3 - 0,2 \cdot 1,3 + 0,95p_3 = 0,5 \end{cases} ; \quad \begin{cases} d_1 = 0,796 \\ d_2 = 0,487 \\ p_3 = 1,142 \end{cases}$$

Таким образом, при увеличении цены в первой и второй отрасли на 30%

при неизменном коэффициенте добавленной стоимости в третью отрасль, цена в третьей отрасли выросла на 14,2%, доля добавленной стоимости в валовом выпуске первой отрасли увеличилась на 13,26% (с 0,6 до 0,796), доля добавленной стоимости в валовом выпуске второй отрасли увеличилась на 39,14% (с 0,35 до 0,487).

Из второго расчётного МОБ ( $p_1 = 1,3; p_2 = 1; d_3 = 0,5$ ):

$$\begin{cases} 0,95 \cdot 1,3 - 0,25 \cdot 1 - 0,1p_3 = d_1 \\ -0,2 \cdot 1,3 + 0,75 \cdot 1 - 0,2p_3 = d_2 \\ -0,25 \cdot 1,3 - 0,2 \cdot 1 + 0,95p_3 = 0,5 \end{cases}; \quad \begin{cases} d_1 = 0,877 \\ d_2 = 0,274 \\ p_3 = 1,079 \end{cases}$$

Таким образом, при увеличении цены в первой отрасли на 30% при неизменной цене во второй отрасли и неизменном коэффициенте добавленной стоимости в третью отрасль, цена в третьей отрасли увеличилась на 7,9%, доля добавленной стоимости в валовом выпуске первой отрасли увеличилась на 46,18% (с 0,6 до 0,877), доля добавленной стоимости в валовом выпуске второй отрасли уменьшилась на 21,71% (с 0,35 до 0,274).

Установим финансовую возможность роста цен в первой отрасли при неизменных ценах во второй отрасли и неизменном коэффициенте добавленной стоимости в третью отрасль.

Из третьего расчётного МОБ ( $p_1 \rightarrow \max$ ;  $p_2 = 1$ ;  $d_3 = 0,5$ ;  $d_1 < 1$ ;  $d_2 < 1$ ):

$$\begin{cases} 0,95p_1 - 0,25 \cdot 1 - 0,1p_3 = d_1 < 1 \\ -0,2p_1 + 0,75 \cdot 1 - 0,2p_3 = d_2 < 1. \\ -0,25p_1 - 0,2 \cdot 1 + 0,95p_3 = 0,5 \end{cases}$$

В результате преобразований имеем:

$$p_1 = 3,8p_3 - 2,8 \rightarrow \max$$

$$0,3229 < p_3 < 1,1140.$$

Откуда получаем:  $p_1 < 1,4330$ .

Таким образом, увеличение цены в первой отрасли при неизменных ценах во второй отрасли и неизменном коэффициенте добавленной стоимости в третью отрасль возможно не более, чем на 43,3%. При этом цена в третьей отрасли увеличится не более, чем на 11,4%.

## Литература

1. Экономико-математические методы и модели : учеб. пособие (курс лекций) / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 178 с.
2. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 368 с.

## **АНАЛИЗ ФИНАНСОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ОАО “БЕЛАЗ”**

Киселевич А.С., Пунько П.М.

Научный руководитель – Щукин М.В., к.ф.-м.н., доцент

Наша работа заключается в анализе финансового положения ОАО “БЕЛАЗ”. Главной целью которого является выяснение возможности покупки данных акций, в случае если акции окажутся в открытой продаже. Для этого мы используем методику, разработанную американским экономистом Бенджамином Грэхемом.

В 1996 году предприятие “БЕЛАЗ” было преобразовано в ОАО “БЕЛАЗ”. В связи с этим его финансовая отчётность появилась в свободном доступе

В настоящее время на предприятии выпускаются карьерные самосвалы, производственная техника для работы в карьерах, машины для подземных работ. По оценке предприятия, оно занимает 27,3 % мирового рынка карьерных самосвалов грузоподъёмностью более 90 т. За 2018 год БелАЗ произвёл 802 карьерных самосвала особо большой грузоподъёмности (90 тонн и выше), это рекорд за всю историю предприятия. Экспорт вырос на 30,3 %, до 990,8 млн долларов. Основная доля продукции поставлялась в Россию (58,4 %) и страны СНГ (27,5 %). На БелАЗе успешно реализуется один из крупнейших на территории СНГ инвестиционных проектов. Завершено два из трех запланированных этапов технического перевооружения производства. Для этого были заключены контракты и соглашения на поставку оборудования чешской фирмой «ALTA» и Чешским Экспортным Банком. Из эксплуатации выведено 435 единиц устаревшего оборудования, а введено свыше 300 единиц нового на сумму более \$ 90 млн. В результате показатель износа технологического оборудования снизился с 89% до 59%. На предприятии продолжается обновление, создаются высокотехнологичные производственные мощности.

Ниже приведены вычислены согласно методике Бенджамина Грэхема.

Цены до 2016 года были пересчитаны с учётом деноминации.

Таблица анализа ценных бумаг ОАО "БЕЛАЗ"		
	бел. руб.	долл. США
Цена акции (31 декабря 2015 года)	88	47.39
Количество обыкновенных акций	2697219	
Рыночная стоимость акций	237 355 272	127 821 208
Общая капитализация	237 355 272	127 821 208
Объем продаж за 2015 год	659 079 500	354 935 374
Чистая прибыль за 2015 год	19 509 000	10 506 220
Прибыль на одну акцию в 2015 году (EPS)	7,23	3,89
Средний размер прибыли на одну Акцию в 2012 - 2014 году (EPS)	4,21	5,18
Бухгалтерская стоимость акции	254,9	137,27
Г. Коэффициенты:		
Цена/прибыль (P/E) за 2015 год	12,6	12,6
Цена/прибыль (P/E) за 2012 - 2014 годы	25,97	25,97
Цена акции/бухгалтерская стоимость	0,345	0,345
Чистая прибыль/объем продаж за 2015 год	2,96	2,96
Чистая прибыль на одну акцию/ /бухгалтерская стоимость акции (%)	2,83	2,83
Текущие дивиденды	0	0
Текущие активы	685 093 626	370 320 878
Текущие обязательства (Долгосрочные обязательства)	406 424 400	218 872 529
Текущие активы/текущие обязательства.	1,68	1,68
Темпы роста EPS, %	71,73	-24,9

### Рентабельность

Если судить по коэффициенту “чистая прибыль / бухгалтерская стоимость акции”, то ОАО “БЕЛАЗ” с 2012 – 2014 год имела достаточно высокий показатель рентабельности, но начиная с 2014 – 2015 год показатель

рентабельности значительно снизился. Это связано с тем, что 2014 - 2015 год был кризисным.

### **Стабильность**

Этот показатель измеряется на основании максимального отклонения значения доход/акция (EPS) в течение любого года из последних десяти от его среднего значения за три предыдущих года. Мы не можем характеризовать стабильность потому что не обладаем необходимым объемом информации о работе компании отчёты у нас есть за 4 года. Мы можем только сказать, что доходность несколько менялась из-за кризиса 2014 года. Но при этом мы наблюдаем отклонения, что говорит о некоторой нестабильности. Снижение доходности произошло в 2014 – 2015 году.

### **Рост прибыли**

Показатель P/E в 2012 – 2014 был высоким и был равен 25,97, что очень много для рыночной цены акции. Доход значительно вырос за 2015 год, а номинальная цена осталась та же, поэтому P/E стал 12,5. Поскольку торгов по этим акциям не происходит, то это за счёт того, что выросла прибыль, а номинальная стоимость осталась прежней, есть уменьшение этого коэффициента. По Бенджамину Грэхему, если этот коэффициент меньше 15, то цена хорошая для покупки этих акций.

### **Финансовое состояние**

Рассматриваемое нами ОАО “БЕЛАЗ” находится в стабильном финансовом состоянии, о чем свидетельствует достаточное значение коэффициента “текущие активы / текущие обязательства”, который составляет 1,68 и близко к пороговой черте 2, которую предлагает Бенджамин Грэхем. Обязательства есть, но они не чрезмерны. Но если уменьшить долгосрочные обязательства, то финансовое положение компании улучшится. Довольно большой объем долгосрочной задолженности. Привилегированных акций нет.

### **Дивиденды**

По этому параметру, положение компании мы рассмотреть не можем, так как дивидендов у компании ОАО “БЕЛАЗ” нет. В США многие компании платят дивиденды. Солидными компаниями считаются те, которые регулярно выплачивают дивиденды. Ценовой динамики у нас нет, потому что есть только номинальная цена акции, по критерию ценовая динамика мы не характеризуем эту компанию.

**Вывод:** Проанализировав данные, мы сделали следующие выводы:

- 1) Предприятие является прибыльным на протяжении многих лет.

2) Финансовое состояние достаточно стабильное поскольку обязательства не чрезмерны.

3) При выходе на рынок (в свободную продажу) при определенной цене акции мы бы рассмотрели вопрос о покупке этих акций.

### **Литература**

[Электронный ресурс]– Режим доступа. Дата доступа 20.05.2020

Источник:

[http://www.minfin.gov.by/securities\\_department/results/results\\_OAO/](http://www.minfin.gov.by/securities_department/results/results_OAO/)

[Электронный ресурс]– Режим доступа. Дата доступа 20.05.2020

Источник: <https://bookshake.net/b/razumnoy-investor-bendzhamin-greham>



## **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЕ ФОНДОВОГО РЫНКА США**

Пунько П. М., Романюк Е.С.

Научный руководитель – Щукин М.В., к.ф.-м.н., доцент

Работа посвящена анализу состояния фондового рынка акций США. Как известно капитализация фондового рынка Соединённых Штатов Америки подвержена колебания с течением времени. Иногда общая стоимость акций фондового рынка увеличивается с течением времени, иногда общая стоимость всех акций фондового рынка-уменьшается. Целью данной работы является анализ состояния фондового рынка Соединённых Штатов Америки. Это нужно для предсказания времени возможного появления рецессии. В работе использовался метод введения специального коэффициента равного отношению капитализации фондового рынка Соединённых Штатов Америки к валовому внутреннему продукту Соединённых Штатов Америки за этот же год. В нашем исследовании мы взяли этот коэффициент за отправную точку и изучали его поведение на протяжении 40 лет. Для этого были взяты данные из открытых источников (расположенных в сети интернет) содержащие статистические данные о капитализации фондового рынка Соединённых Штатов Америки и валового продукта Соединённых Штатов Америки в эти годы. Было проанализировано поведение этого коэффициента за истекшие четыре десятилетия. В процессе анализа коэффициента особое внимание уделялось кризисам. За выбранный нами период их было несколько. Первый кризис, который неблагоприятно отразился на экономике, произошел в США 10 марта 2000 года и назывался Кризис доткомов.

Интернет коммерция начала набирать обороты. В эту область начали поступать значительные инвестиции. Индекс NASDAQ до марта 2000 года рос большими темпами и достиг отметки в 5000 пунктов. Но возложенные надежды не могли оправдаться. Первые интернет компании еще не научились полностью использовать весь потенциал электронной коммерции, реализовывать товары и услуги через интернет в больших объемах. Экономический пузырь рос. Фондовый рынок перестал питать деятельность интернет-компаний с устойчивым вектором на убыточность. Рухнувший рынок акций перекрыл вливание инвестиций в эту область. Еще в 1934 году, американский экономист Бенджамин Грэхем в своих книгах предостерегал вкладывать деньги в подобные компании, которые имеют малую прибыль и высокую стоимость. Капитализация фондового рынка США упала с 15трлн. долларов в 2000 году, до 11трлн долларов в 2002. Самой знаменитой жертвой краха доткомов стал сервис Yahoo, котировки которого потеряли около 98% своей стоимости, но на деятельности компании это никак практически не сказалось. компания как работала, так и работает по сей день, оставаясь

крупным американским порталом. Тогда как, компания Google вышла на международный рынок.

Финансовый кризис 2007—2008 годов, это второй кризис, начался он с ипотечного кризиса в США, банкротства банков и падения цен на акции, проложив путь мировому экономическому кризису (иногда называемому «великой рецессией»).

Начальной стадией мирового финансово-экономического кризиса послужил ипотечный кризис в США, первые признаки которого проявились в 2006 году в снижении числа продаж домов, а к весне 2007 года переросли в кризис высоко рискованных ипотечных. Летом 2007 года кризис из ипотечного начал перерастать в финансовый и затрагивать не только США. Начались банкротства крупных банков, спасение банков со стороны национальных правительств. В 2008 году кризис приобрёл мировой характер и начал проявляться в повсеместном снижении объёмов производства, снижении спроса и цен на сырьё, росте безработицы.

Следующим был экономический спад 2011 года, он был скорее второй волной всемирного кризиса 2008 года. Мировой финансовый кризис 2011г. начался из-за того, что правительства не смогли стимулировать рост своих экономик и разобраться с госфинансами, следствием чего стала потеря доверия со стороны бизнеса, сокращение расходов и инвестиций, что привело к высокой безработице и низкому росту экономики. И это затронуло большинство крупнейших стран мира.

Кризис 2020 года. Пандемия коронавируса негативно повлияла на деловую активность во всем мире. Вследствие введения жестких карантинных мер в США ряд компаний прекратил свое существование или начали сокращать работников. Сфера недвижимости в марте претерпела значительный материальный ущерб. В частности, продажа жилых домов, квартир сократилась на 22,3% по сравнению с предыдущим месяцем. А по данным Национальной ассоциации строителей, показатель строительства новых жилых домов потерпел наибольшее падение в истории, опустившись до минимума с июня 2012 года.

Производство в США снизилось до уровня 1946 года из-за пандемии: что прогнозируют экономисты на 6,3%. Уровень промышленного производства США уменьшился на 5,4%, что стало самым большим падением с 1946 года.

На фоне широкомасштабного временного закрытия ряда малых и средних компаний из-за коронавируса, объемы розничных продаж в Соединенных Штатах тоже рекордно снизились в марте. В частности, этот показатель опустился на 8,7%, сообщили в Министерстве торговли. Показатель производственной деятельности Федерального резерва

Филадельфии резко снизился в марте этого года, опустившись до самого низкого уровня с июля 1980 года.

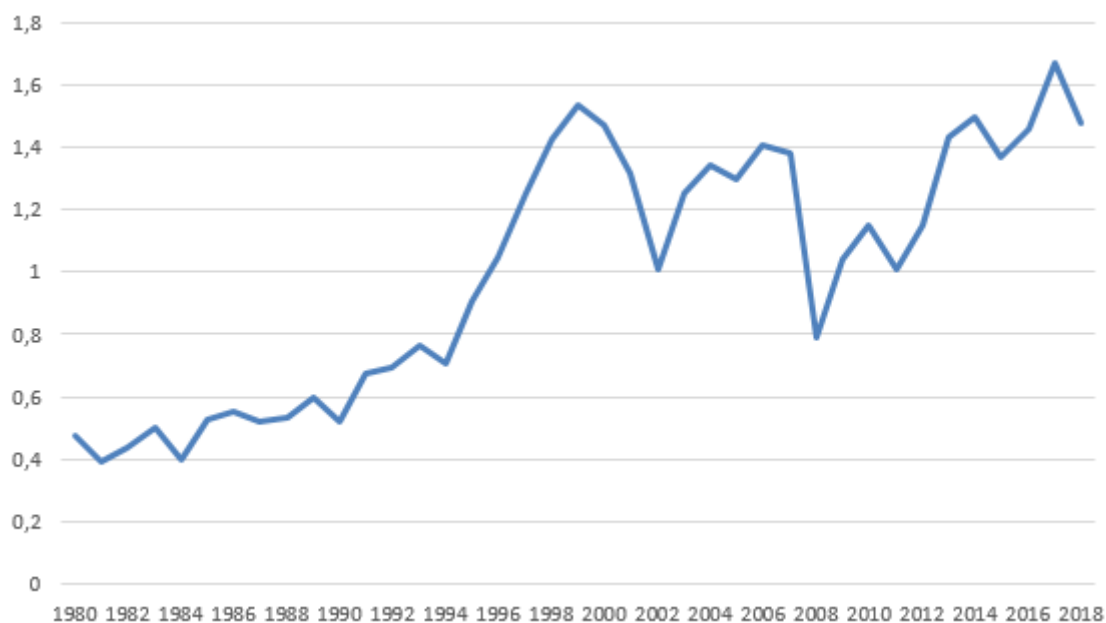


Рисунок 1. Отношение капитализации фондового рынка Соединённых Штатов Америки к валовому внутреннему продукту Соединённых Штатов Америки.

Мы проанализировали поведение этого коэффициента за истекшие четыре десятилетия. По результатам работы, мы получили, что этот коэффициент достиг значения 1.67 в 2018 году, что значительно превышает его значения перед кризисом 2008 года, когда он составлял 1.4 и перед кризисом 2000 года, когда он составлял 1.32, таким образом мы видим, что фондовый рынок Соединённых Штатов Америки весьма перегрет в 2019 году и вложенные в этот рынок 1000 долларов в 2019 году вполне может превратиться в 600 долларов в 2020 году. Сейчас, в 2020 году, мы это и наблюдаем. Результаты работы носят рекомендательный характер для профессиональных инвесторов, и могут быть рекомендованы, например, Национальному банку Республики Беларусь, для анализа мировой финансовой ситуации. Экономическая эффективность данной работы может быть весьма высока, поскольку позволяет оценить возможность вложения инвестиций в покупку акций американских корпораций институциональными и индивидуальными инвесторами. Используя результаты этой работы, можно выбрать оптимальное время для покупки акций Американских корпораций, что позволит заработать сотни миллионов рублей. Исследования эти весьма важны есть необходимость проведения подобных исследований каждый год. Это необходимо для того чтобы

выбирать оптимальное время для инвестирования средств в акции Американских корпораций.

### Литература

1. <http://svspb.net/danmark/vvp-stran.php> (Электронный ресурс. Дата доступа 10.05.2020)
2. <https://data.worldbank.org/indicator/CM.MKT.LCAP.CD?locations=US> (Электронный ресурс. Дата доступа 11.05.2020)

**СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ЕЭС**

Лукашевич Д.А., Лялюк Д.С., Бурдин Д.А.

Научный руководитель - Королёва М.Н., ст. преподаватель

Данные о количестве аварий сформированы на основе актов расследования причин аварий на объектах электроэнергетики, размещенных в ПАК «База аварийности в электроэнергетике», а также аварий, расследование которых не завершено или не проводилось. В статистике аварий всегда учитываются аварии, произошедшие как по причинам, связанным с недостатками в технологической деятельности компаний, так и по причинам, независящим от них (воздействия посторонних лиц и организаций, птиц и животных, сверхнормативных стихийных явлений и иных форс-мажорных обстоятельств).

Учитывая факторы, способствующие аварийности рассчитаем вероятность аварии на ОЭС Северо-Запада (поставщик электроэнергии в Беларусь).

Так, поражение током птиц и животных может привести к повреждению линий электропередач и прерыванию поставок электричества, создавая проблему для энергораспределительных компаний в местностях, где часто происходят случаи поражения птиц электротоком. Повреждение из-за короткого замыкания, когда птица соприкасается с фазами или делает контакт между фазой и землей, может повредить волокна кабеля, но чаще всего короткие замыкания повреждают оборудование (например, трансформаторы, перегоревшие предохранители, громоотводы). Вероятность замыкания линии электропередачи птицей или животным в среднем составляет порядка 0,0009 процента. Вероятность того, что замыкание произойдет из-за стихийного бедствие по среднестатистическим данным составляет 0,0014 процента. Вероятность поломки оборудования на 2014 год составляет  $(1,83/1000)=0,00183$ . По известным данным рассчитаем общую вероятность отключения линии не учитывая человеческий фактор (т.к. это невозможно предвидеть). Вероятность первого события составит  $P(A)=0,0009$ , Второго-  $P(B)=0,0014$ , Третьего-  $P(C)=0,00183$ . Вероятность поломки равна:

$$P(A1) = 1 - P(A) = 1 - 0,01669 = 0,98331$$

$$P(B1) = 1 - P(B) = 1 - 0,0014 = 0,9986 \quad P(C1) = 1 - P(C) = 1 - 0,00183 = 0,99817$$

$$P(A1B1C1) = P(A1) \cdot P(B1) \cdot P(C1) = 0,98331 \cdot 0,986 \cdot 0,99817 = 0,9833$$

Вероятность того, что линия в течении года выйдет из строя составит:

$$P(1-A1B1C1) = 1 - P(A1) \cdot P(B1) \cdot P(C1) = 1 - 0,99817 = 0,00183$$



Вентильный зал ВПТ

Год	2016	2017	2018
Удельная аварийность	1,40	1,13	0,94

Рассчитаем на сколько в среднем снижается аварийность после принятия программы по снижению потерь электрической энергии в 2015 году, сделаем это зная данные по удельной аварийности за 2016-2018 года.

Учитывая, что в 2014 году удельная аварийность составляла 1,83 на 1000 условных единиц всего электросетевого оборудования, то в 2016 году удельная аварийность составила уже 1,4 на 1000 условных единиц, то есть наблюдалось снижение на  $1 - \frac{100 \cdot 1,43}{1,83} = 21,86\%$ , в 2017 году аварийность снизилась на  $1 - \frac{100 \cdot 1,13}{1,43} = 20,98\%$  по отношению к 2016 году, в 2018 году снижение составило  $1 - \frac{100 \cdot 0,94}{1,13} = 16,81\%$ . Программа рассчитана на 5 лет, то есть до 2020 года. Рассчитаем как снижение аварийности оборудования повлияло на вероятность выхода из строя линии, учитывая то, что:

$$P(A1) = 1 - P(A) = 1 - 0,0009 = 0,9991$$

$$P(B1) = 1 - P(B) = 1 - 0,0014 = 0,9986$$

За 2018 год- $P(C)=0,00094$ , за 2017-  $P(C)=0,00113$ ,

$$P(C1) = 1 - P(C) = 1 - 0,00094 = 0,99906$$

$$P(A1B1C1) = P(A1) \cdot P(B1) \cdot P(C1) = 0,9991 \cdot 0,9986 \cdot 0,99906 = 0,98419$$

Вероятность того, что линия в течении года выйдет из строя составит:

$$P(1-A1B1C1) = 1 - P(A1) \cdot P(B1) \cdot P(C1) = 1 - 0,98419 = 0,01581$$

Как видим за 4 года аварийность снизилась на:

$$d = 0,01669 - 0,01581 = 0,00088$$

2016	2017	2018	2019	2020	Итого 2016-2020
55 500	70 500	62 500	61 500	74 500	324 500

В таблице видно финансирование, затраченное на закупку и установку нового оборудования (указано в тыс. рос. рублей). В период с 2016 по 2020 затрачено 324,5 млн. рублей, если же учитывать период в 2016-2018 года, то затрачено 188,5 млн. рублей. Сумма, которая затрачивается на устранения среднестатистической аварии плюс материальный ущерб, нанесенный электроснабжающей организацией потребителю, составляет в среднем 10 млн. рублей. В 2018 году произошло 2265 аварий, таким образом, суммарный ущерб составил  $2265 \cdot 10 = 22650$  млн. рублей.

Если учесть снижение аварийности за 4 года, то получаем экономию в  $22650 \cdot 0,00088 = 19,932$  млн.рублей. за 2018 год относительно 2016 года.

Глубоко изучив систему аварийности на объектах ЕЭС, мы пришли к следующему выводу: внедрение нового оборудования (АСУТП, СТАТКОМ, УШР, токоограничивающее устройство на основе сверхпроводников) позволяет повысить надежность работы, снизить роль человеческого фактора, повысить экологичность, сокращение затрат на собственные нужды. Несмотря на большие затраты в период внедрения нового оборудования, экстенсивный рост даст положительный эффект в экономическом и технологическом плане.

### Литература

1. <https://minenergo.gov.ru/node/989> (Электронный ресурс. Режим доступа).
2. <http://static.government.ru/media/files/MUNhgWFddP3Uff9RJASDW9VxP8zwcB4Y.pdf> (Электронный ресурс. Режим доступа).
3. [https://www.fsk-ees.ru/shareholders\\_and\\_investors/disclosure\\_of\\_information/annual\\_report/s/?sphrase\\_id=60016](https://www.fsk-ees.ru/shareholders_and_investors/disclosure_of_information/annual_report/s/?sphrase_id=60016) (Электронный ресурс. Режим доступа).
4. <https://www.rbc.ru/rbc500> (Электронный ресурс. Режим доступа).
5. [https://www.fsk-ees.ru/shareholders\\_and\\_investors/dis..](https://www.fsk-ees.ru/shareholders_and_investors/dis..) (Электронный ресурс. Режим доступа).

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕДУКТОРА

Крижановский И.С., Яковлев Д.

Научный руководитель - Марцинкевич В.С., старший преподаватель

Рассмотрим одноступенчатый редуктор, расчётная схема которого изображена на рисунке 1.

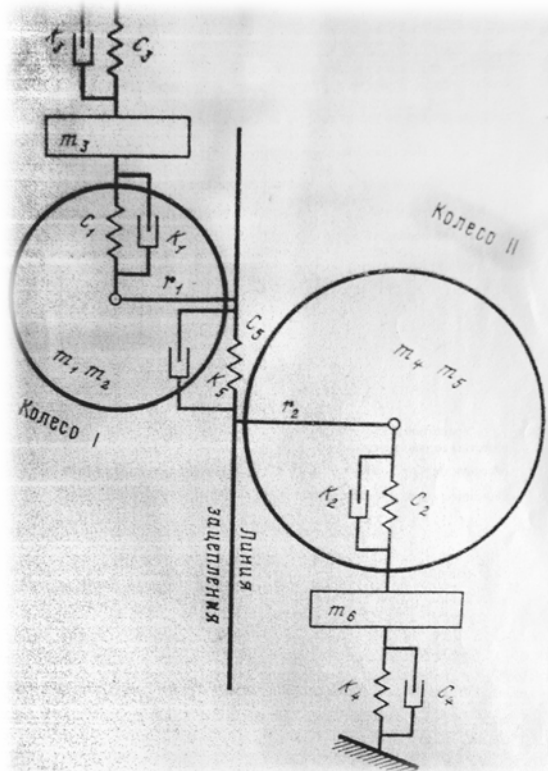


Рисунок 1 – Расчётная схема редуктора

Он состоит из двух косозубых шевронных колёс в подшипниках скольжения. Модель имеет 6 степеней свободы. Обобщённые координаты  $x_1, x_4$  – углы поворота колёс I и II;  $x_2, x_5$  – перемещение колёс I и II в направлении зацепления;  $x_3, x_6$  – перемещение подшипников колёс I и II в направлении линии зацепления. Источником возмущающих сил считается накопленная погрешность  $\Delta$  колеса I.

Колебательные процессы в редукторе описываются системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 \ddot{x}_1 + c_5 r_1 y + k_5 r_1 \dot{y} = -c_5 r_1 \Delta, \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_1 (x_2 - x_3) + c_5 y + k_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_5 \dot{y} = -c_5 \Delta, \\ m_3 \ddot{x}_3 - c_1 (x_2 - x_3) + c_3 x_3 - k_1 (\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + k_3 \dot{x}_3 = 0, \\ m_4 \ddot{x}_4 - c_5 r_2 y - k_5 r_2 \dot{y} = c_5 r_2 \Delta, \\ m_5 \ddot{x}_5 + c_2 (x_5 - x_6) - c_5 y + k_2 (\dot{x}_5 - \dot{x}_6) - k_5 \dot{y} = c_5 \Delta, \end{array} \right.$$



$$m_6 \ddot{x}_6 - c_2(x_5 - x_6) + c_4 x_6 - k_2(\dot{x}_5 - \dot{x}_6) + k_4 \dot{x}_6 = 0.$$

Здесь  $r_1, r_2$  – радиусы основных окружностей колёс I и II;  $m_1, m_4$  – их моменты инерции;  $m_2, m_5$  – их массы;  $m_3, m_6$  – массы подшипников колёс I и II;  $c_1, c_2$  – жёсткости колёс I и II;  $c_3, c_4$  – жёсткости стула подшипников колёс I и II;  $c_5$  – жёсткость зацепления;  $y = r_1 x_1 + x_2 - r_2 x_4 - x_5$ ;  $k_i$  – коэффициенты демпфирования в соответствующей жёсткости.

Накопленная погрешность  $\Delta$  представляется в виде  $\Delta = \Delta_0 \sin 2\pi f t$ , где  $f$  – частота вращения колеса I – меняется в рабочем диапазоне  $f_{\text{нач}} \leq f \leq f_{\text{кон}}$ .

При каждом фиксированном  $f$  установившееся решение системы (1) ищется в виде  $x_i = a_i \sin(2\pi f t + t_i)$ .

Вычисляются амплитудно-частотные характеристики  $a_i(f)$  при  $1 \leq i \leq 6$ , ускорения  $u_i(f)$  при  $1 \leq i \leq 6$  и динамические усилия  $P_i(f)$  в жёсткостях  $c_i$  при  $1 \leq i \leq 5$ . Вычисляются также собственные частоты системы (1) при  $\Delta = 0$  и  $k_i = 0$ .

В качестве варьируемых рассматривается 11 параметров:  $(\alpha_1, \dots, \alpha_{11}) = (m_1, \dots, m_6, c_1, \dots, c_5)$ . Редуктор предназначен для снижения виброактивности по различным выходным характеристикам, в различных точках механизма, на различных частотах. Естественно, что задача эта является многокритериальной.

Сформулируем 14 критериев  $\Phi_v, v = \overline{1,14}$ , значение которых желательно уменьшить.

Для сохранения записей введём обозначения

$$\bar{F} = \frac{1}{f_{\text{кон}} - f_{\text{нач}}} \int_{f_{\text{нач}}}^{f_{\text{кон}}} F(f) df,$$

$$\max F = \max_{f_{\text{нач}} \leq f \leq f_{\text{кон}}} F(f).$$

Тогда нетрудно записать все критерии:

1. Средние и максимальные значения амплитуд перемещений (в микронах) подшипников колёс I и II соответственно:

$$\Phi_1 = \bar{a}_3, \Phi_2 = \max a_3, \Phi_3 = \bar{a}_6, \Phi_4 = \max a_6;$$

2. Средние и максимальные значения амплитуд ускорений (в децибелах) подшипников колёс I и II соответственно:

$$\Phi_5 = \bar{U}_3, \Phi_6 = \max U_3, \Phi_7 = \bar{U}_6, \Phi_8 = \max U_6;$$

3. Средние и максимальные значения амплитуд динамических усилий (в ньютонах), передаваемых с подшипников колёс I и II на фундамент:

$$\Phi_9 = \bar{P}_3, \Phi_{10} = \max P_3, \Phi_{11} = \bar{P}_4, \Phi_{12} = \max P_4;$$

4. Масса деталей вращения:  $\Phi_{13} = m_2 + m_5$ ;

5.  $\Phi_{14}$  – число собственных частот, попадавших в рабочий диапазон  $f_{\text{нач}} \leq f \leq f_{\text{кон}}$ .

Осуществим поиск наилучшего решения. Оптимальным принимается такое решение, которое при одних и тех же материалах и технологических условиях обеспечивает редуктору наименьшую материалоемкость и заданную долговечность. Для решения этой задачи применяется метод исследования пространства параметров, описанный в работе 1. Разработанная методика позволяет решать проблему не только сокращения сроков конструирования, но и обеспечивать оптимальность параметров по показателям надёжности и материалоемкости редукторов. Таким образом, учитывается несколько критериев одновременно и выбираются критериальные ограничения с учётом возможности проектируемых редукторов.

### Литература

1. Соболев, И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. – М.: Наука, 1981.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВОКУПНОГО ДОХОДА СЕМЬИ

Хурсанов М.А.

Научный Руководитель – Щукин М.В., к.ф-м.н., доцент

Уровень дохода семьи является одним из важнейших показателей благосостояния в обществе, он определяет социальные возможности членов семьи: качество отдыха, получение образования, удовлетворение различных потребностей, поддержание здоровья и т.п. Основными источниками доходов населения, в основном, являются заработная плата на основной работе и/или по совместительству, социальные выплаты, доходы от собственной и предпринимательской деятельности, стипендии и другие виды доходов. На уровень дохода семьи оказывают влияние различные внешние факторы, начиная от величины дохода членов семьи и заканчивая динамикой розничных цен. Так как все названные факторы непредсказуемы, то они по-разному влияют на установление совокупного дохода семьи. И нас заинтересовало, какое распределение имеет случайная величина, равная доходу семьи за календарный год. Чтобы получить ответ на данный вопрос, было проведено анонимное анкетирование среди тридцати девяти моих сокурсников с целью получения первичных эмпирических данных.

Таблица 1 – Совокупный доход семьи за 12 месяцев

Область/доход семьи в бел. рублях						Город	
Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская	Минск	
20000	25000	25185	35087	20400	10300	4000	22500
15600	25000	24000	219000	2800	20400	9280	12000
99876	5960	32000	9600	30000	9000	4000	2
3600	5000	20000		6000 <sup>3</sup>	12000	5000	24000
10800				37100		0000	16800
20400							23000

Исходя из полученных данных, сложно сказать, к какому именно закону распределения наша случайная величина относится. Но мы можем предположить, что она может иметь вид нормального распределения, хотя есть данные американских авторов, что совокупный доход семьи не распределен по нормальному закону [1]. Чтобы установить вид распределения, мы подвергнем нашу выборку проверке несколькими критериями: критерий согласия Пирсона и Колмогорова.

Для того, чтобы произвести проверку по критерию согласия Пирсона, данную выборку необходимо систематизировать и произвести вычисления

классических параметров: выборочное среднее, выборочная дисперсия и т.д., которые нам пригодятся для дальнейших расчетов.

Таблица 2 – Систематизированные данные для проверки согласия Пирсона

	5000	12500	17500	22500	27500
значения	$-\infty-$ 10000	10000- 15000	15000- 20000	20000- 25000	25000- $+\infty$
частота	8	5	6	9	11
частость	$0,20$ 5	0,128	0,154	0,231	0,282
P'	6,3	7,4	9,17	8,1	8,15

$$F_{(39)}^*(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ 0,205 & \text{при } 0 < x \leq 10000 \\ 0,333 & \text{при } 10000 < x \leq 15000 \\ 0,487 & \text{при } 15000 < x \leq 20000 \\ 0,718 & \text{при } 20000 < x \leq 25000 \\ 0,820 & \text{при } 25000 < x \leq 30000 \\ 1 & \text{при } x > 30000 \end{cases}$$

$$\bar{x}_B = 18269,23$$

$$D_B = 68639053,25$$

$$\sigma_B = 8284,86$$

$$s^2 = 70445344,13$$

$$s = 8393,17$$

$$R = 22500$$

$$M_0^* = 25769,23$$

$$Me = 21987,1$$

Имея систематизированные данные произведем проверку согласия Пирсона при уровне значимости  $\alpha = 0,01$ :

$$P_1 = \Phi_0\left(\frac{10000 - 18269,23}{8284,86}\right) - \Phi_0(-\infty) = \frac{1}{2} - \Phi_0(0,99) = 0,5 - 0,339 = 0,161$$

$$P_2 = \Phi_0\left(\frac{15000 - 18269,23}{8284,86}\right) - \Phi_0\left(\frac{10000 - 18269,23}{8284,86}\right) = -\Phi_0(0,39) + \Phi_0(0,99) = 0,189$$

$$P_3 = \Phi_0\left(\frac{20000 - 18269,23}{8284,86}\right) - \Phi_0\left(\frac{15000 - 18269,23}{8284,86}\right) = \Phi_0(0,21) + \Phi_0(0,39) = 0,235$$

$$P_4 = \Phi_0\left(\frac{25000 - 18269,23}{8284,86}\right) - \Phi_0\left(\frac{20000 - 18269,23}{8284,86}\right) \\ = \Phi_0(0,81) - \Phi_0(0,21) = 0,2078$$

$$P_5 = \Phi_0(\infty) - \Phi_0\left(\frac{25000 - 18269,23}{8284,86}\right) = \frac{1}{2} - \Phi_0(0,81) = 0,5 - 0,291 \\ = 0,209$$

$$\alpha = 0,01$$

$$k=2$$

$$x_{\text{набл}}^2 = \left(\frac{8^2}{6,3} + \frac{5^2}{7,4} + \frac{6^2}{9,17} + \frac{9^2}{8,1} + \frac{11^2}{8,15}\right) - 39 = 42,3 - 39 = 3,3$$

$$x_{\alpha,k}^2 = 9,2$$

$$x_{\alpha,k}^2 > x_{\text{набл}}^2$$

Как мы видим, из полученных результатов, у нас нет оснований отвергнуть проверяемую гипотезу о том, что рассматриваемая нами случайная величина распределена по нормальному закону.

Произведем проверку гипотезы по критерию согласия Колмогорова при уровне значимости  $\alpha = 0,01$ , используя ранее систематизированные данные.

Вычислим теоретические значения функции распределения:

$$F^*(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{S\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}\right)} dt = \frac{1}{2} + \phi\left(\frac{x - \bar{x}}{s}\right)$$

Найдем наибольшее отклонение, затем вычислим значение критерия:

$$\lambda = \max|F(x_i) - F^*(x_i)| \cdot \sqrt{n} = 0,148 \cdot \sqrt{39} = 0,9242$$

Таблица 3 – Данные для проверки согласия Колмогорова

$F^*(x_i)$	$F(x_i)$	$ F(x_i) - F^*(x_i) $
0,057	0,205	0,148
0,2482	0,333	0,0848
0,4641	0,487	0,0229
0,6915	0,718	0,0265
0,8389	0,820	0,0189

Так как  $\lambda \leq \lambda_{\text{табл}} = 1,36$ , то распределение можно считать нормальным при уровне значимости 0,05. При данном уровне значимости отвергать гипотезу нет оснований.

Исходя из расчетов, у нас нет оснований отвергать гипотезу о том, что совокупный доход семьи в данной выборке имеет вид нормального

распределения, хотя в американской литературе утверждается об обратном [2].

### **Литература**

1. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам / Дмитрий Письменный. – 3-е изд. – М.: Айрис-пресс, 2008. – 288 с. – (Высшее Образование).
2. Psychology for AP / David G. Myers – Palgrave Macmillan: 2015. – 944 с.

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ НА ANDROID ДЛЯ КАЧЕСТВЕННОЙ И КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ 1 КУРСА

Зорько А. М., Квачёнок Н. А.

Научный руководитель – Юринок В.И., к.т.н., доцент

Актуальность разработки данного приложения обусловлена необходимостью наблюдения за поступившими студентами, ведением статистики. Благодаря разработанному приложению, мы можем как визуально, так и количественно оценить ежегодное изменение результатов успеваемости поступивших студентов, таких как оценка по математике в школе, средний балл в школе, баллы за ЦТ по математике и сумма баллов для поступления.

Для данного проекта было разработано Android приложение Statistic, основанное на разделении студентов по успеваемости.

Приложение Statistic разработано с использованием языка программирования Java в среде разработки AndroidStudio. После установки приложения на смартфон открывается главный экран (см. рис. 1). В нижнем правом углу находится кнопка, открывающая фрагмент добавления группы (см. рис. 2). Этот фрагмент содержит текстовое поле ввода «Введите номер группы» и кнопку «Сохранить». После нажатия на кнопку «Сохранить» в списке, расположенном на главном экране, (см. рис. 1), появляется новый элемент с номером созданной группы. В верхней части экрана располагается поле «Поиск». При заполнении этого поля, список групп будет фильтроваться в зависимости от введённого запроса. По нажатию на ячейку группы будет осуществлён переход на новую активность

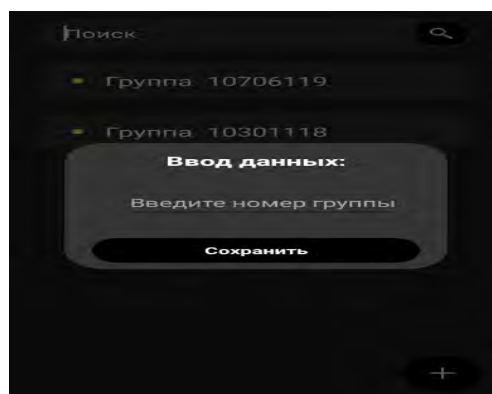


Рисунок 1. Главный экран.

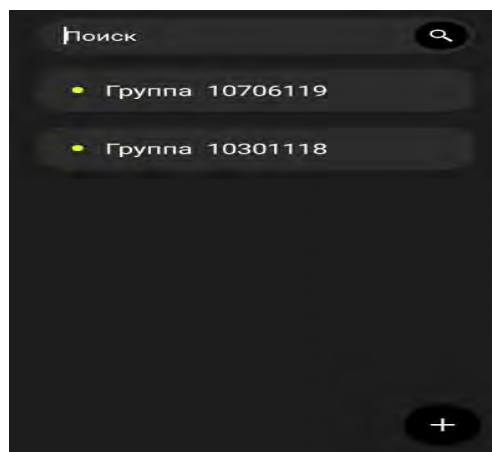


Рисунок 2. Экран создания групп.

На активности «Список студентов», изображенной на рисунке 3, сверху располагается номер группы, а правее в углу находится кнопка добавления студента. После нажатия откроется фрагмент «Окно добавления студента» изображенный на рисунке 4. В данном окне располагаются следующие поля, обязательные для ввода:

- ФИО студента
- Средний балл в школе
- Оценка по математике в школе
- Результат ЦТ по математике
- Сумма баллов ЦТ и среднего балла со школы

Внизу фрагмента находится кнопка «Сохранить», по нажатию на которую в случае валидности всех полей, новый студент будет создан и добавлен в список, находящийся на активности «Список студентов». На рисунке 3 основную часть экрана занимает список студентов относящихся к открытой группе. Каждая ячейка данного списка содержит в себе все данные, которые были введены при создании студента.

На нижней части экрана находится панель с тремя кнопками слева направо:

- Список студентов (Рисунок 3)
- Окно с круговыми диаграммами (Рисунок 5, 6)

Для переключения между экранами используются либо кнопки на нижней панели, либо жест «свайп».



Рисунок 3. Список студентов.

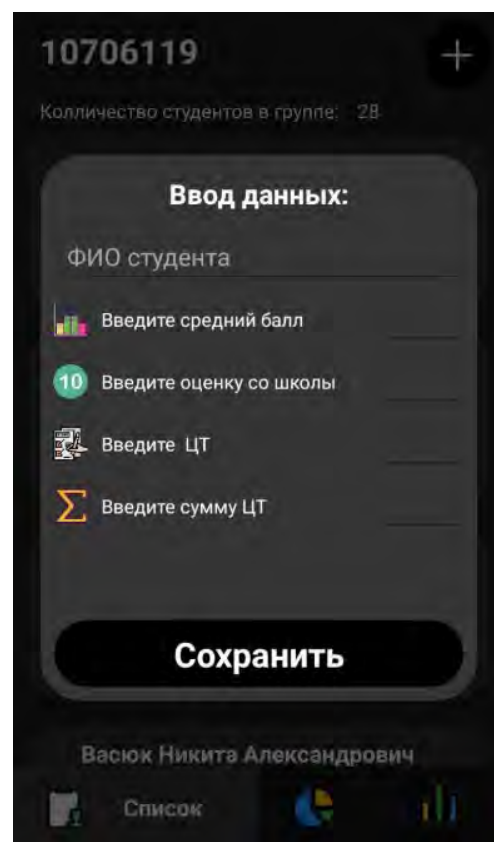


Рисунок 4. Окно добавления студента.



На рисунках 5 и 6 изображены круговые диаграммы, включающие в себя:

- График с баллами за ЦТ;
- График со всеми баллами (ЦТ + средний балл в школе);
- График с средним баллом в школе;



Рисунок 6. Окно с круговыми диаграммами (ч. 2).

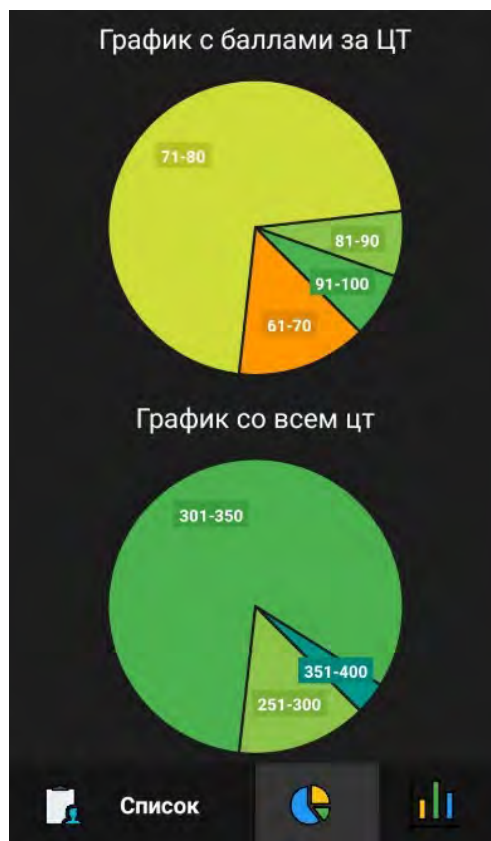


Рисунок 5. Окно с круговыми диаграммами (ч. 1).

Так же можно изобразить столбчатые диаграммы, включающие в себя:

- График с баллами за ЦТ;
- График со всеми баллами (ЦТ + средний балл в школе);
- График с средним баллом в школе;
- График с оценкой в школе по математике.

Используя данное приложение, преподаватели и деканат могут оперативно сравнивать ежегодные результаты поступивших студентов, как внутри группы, так и между группами любых факультетов. Кроме того приложение можно рассматривать как инструмент для составления и ведения рейтинга студентов внутри групп.

## МЕТОД ЗЕЙДЕЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ

Марчук К.А.

Научный руководитель- Королева М.Н., старший преподаватель

Возрастающая роль математического моделирования в технике обусловлена характерными особенностями развития техники. Это усложнение технических проектов, суровые технико-экономические условия, высокие требования к качеству при серийном производстве, сжатые сроки проектирования и разработки новых продуктов. В то же время математическое моделирование опирается на большой парк компьютеров, которые различаются принципом работы и уровнем специализации, методами программирования и организацией связи с внешними устройствами.

Большинство инженерных задач могут быть решены на машинах с использованием стандартных алгоритмов и программ. В таких случаях инженеру достаточно знать о возможностях, которые могут быть в его распоряжении, но рано или поздно возникнет необходимость в написании программ для решения новых задач. Зачастую инженер в своей деятельности сталкивается с необходимостью решать громоздкие системы уравнений, например, полученные по законам Кирхгофа (СЛАУ). Если их необходимо вычислять с заданной точностью, то лучше применить метод Зейделя.

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ &\vdots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n \end{aligned}$$

Метод Зейделя (иногда называемый методом Гаусса-Зейделя) является модификацией метода простой итерации, заключающейся в том, что при вычислении очередного приближения  $x^{(k+1)}$ , его уже полученные компоненты  $x_1^{(k+1)}, \dots, x_{i-1}^{(k+1)}$  сразу же используются для вычисления  $x_i^{(k+1)}$ . В координатной форме записи метод Зейделя имеет вид:

$$\begin{aligned} x_1^{(k+1)} &= b_1 + a_{12}x_2^k + \dots + a_{1n}x_n^k \\ x_2^{(k+1)} &= b_2 + a_{21}x_1^{(k+1)} + \dots + a_{2n}x_n^k \\ &\vdots \\ x_n^{(k+1)} &= b_n + a_{n1}x_1^{(k+1)} + \dots + a_{nn}x_n^k \quad (k=0,1,2,\dots). \end{aligned}$$

где  $x^{(k)}$  - некоторое начальное приближение к решению.

Условие окончания итерационного процесса Зейделя при достижении точности  $\varepsilon$  в упрощенной форме имеет вид:

$$\|x^{(k+1)} - x^{(k)}\| \leq \varepsilon.$$

Следует обратить внимание на особенность метода Зейделя, которая состоит в том, что полученное в первом уравнении значение  $x_1$  сразу же используется во втором уравнении, а значения  $x_1, x_2$  – в третьем уравнении и т. д. То есть все найденные значения  $x_i$  подставляются в уравнения для нахождения  $x_{i+1}$ .

Преимущества данного метода:

1. Дает большой выигрыш в точности, так как метод Зейделя существенно уменьшает число умножений и делений.
2. Метод Зейделя являются абсолютно сходящимся, т.е. для него нет необходимости вводить достаточные условия сходимости в отличие от метода простой итерации.
3. Кроме того, метод Зейделя может оказаться более удобным при программировании, так как позволяет накапливать сумму произведений без записи промежуточных результатов.

### Литература

1. Визуальная среда программирования в Mathcad [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://bourabai.kz/einf/mathcad/index.htm>.
2. Математика в инженерии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nauchforum.ru/studconf/tech/17/53944>.
3. Метод Зейделя [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://e-lib.gasu.ru/eposobia/metody/R\\_1\\_5.html](http://e-lib.gasu.ru/eposobia/metody/R_1_5.html).
4. Математическое моделирование и информационные технологии [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://omgtu.ru/general\\_information/institutes/engineering\\_institute/department\\_of\\_quot\\_mechanical\\_engineering\\_quot/educational-methodical.docx](https://omgtu.ru/general_information/institutes/engineering_institute/department_of_quot_mechanical_engineering_quot/educational-methodical.docx).

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БАЛЛА ЦТ ПО МАТЕМАТИКЕ ОТ СРЕДНЕГО БАЛЛА АТТЕСТАТА.

Несон М.С. ; Щигельский А.С.

Научный руководитель – Чепелев Н.И. , к. ф.-м. н., доцент

При решении многих практических задач приходится искать статистическую зависимость одной случайной переменной от второй. Для получения такой зависимости используются средства математической статистики.

Пусть случайная величина  $X$  – средний балл аттестата,  $Y$  – балл ЦТ по математике. Рассмотрим двумерную случайную величину  $(X;Y)$ . Для исследования статистических величин  $(X;Y)$  отобрано 114 абитуриентов АТФ. По их данным вычислены:  $\bar{x} = 80,06$ ;  $\bar{y} = 54,06$ ;  $\sigma_x = 5,74$ ;  $\sigma_y = 6,9$ ;  $r_b = 0,156$ . Если сравнить с данными 218 г. [ 1 ]  $\bar{x} = 87$ ;  $\bar{y} = 61,63$ . В 2019 году баллы по ЦТ считались по новой методике. Но всё равно разность балла аттестата и балла по ЦТ по математике приблизительно одинаковая.

Выборочный коэффициент корреляции  $r_b$  вычисляется по данным выборки. Так как выборочный коэффициент корреляции по модулю малое число, то между случайными величинами  $X$  и  $Y$  существует слабая зависимость.

Так как  $r_b \neq 0$ , то возникает вопрос: объясняется ли это существующей связью между статистическими величинами  $X$  и  $Y$ , или вызвано случайными факторами. Для этого проверим гипотезу о равенстве нулю коэффициента корреляции генеральной совокупности при уровне значимости  $\alpha=0,05$ .

Для этого вычислим статистику  $T_{\text{набл.}} = \frac{|r| \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = 1,67$ . По таблице критических точек распределения Стьюдента по уровню значимости  $\alpha$  и числу степеней свободы  $\nu = n-2$  определим  $T_{\text{кр.}} = T(0,025;112) = 1,984$ . Так как  $T_{\text{набл.}} < T_{\text{кр.}}$ , то и нет оснований отвергать гипотезу о равенстве нулю коэффициента корреляции. Следовательно, между средним баллом аттестата и балла ЦТ по математике не существует корреляционной зависимости.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Так как  $\bar{x} - \bar{y} = 26$  баллов, то либо средний балл аттестата завышен, либо сложными являются материалы тестирования по математике;
2. Между баллом по математике на ЦТ и средним баллом аттестата существует слабая зависимость, либо полностью отсутствует.

## Литература

1. <http://www.bntu.by/fitr.htm>. pp.223-224.
2. Гмурман, В.Е. Руководство по решению задач по теории вероятностей и математической статике / В.Е. Гмурман – Москва: Высшая школа, 2005.

## ОПЕРАТОРНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Мешкова А.Н.

Научный руководитель - Кленовская И.С., старший преподаватель

Операторный метод – это метод расчёта переходных процессов в электрических цепях, основанный на замещении действительных функции времени  $i(t)$ ,  $u(t)$ , называемые оригиналами, некоторыми новыми функциями, называемыми операторными изображениями  $I(p)$ ,  $U(p)$ .

Переход от оригинала функции  $f(t)$  к ее операторному изображению  $F(p)$  устанавливается на основе прямого преобразования интеграла Лапласа:

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-p \cdot t} \cdot dt,$$

где  $p = \sigma + j \cdot \omega$  – комплексный оператор Лапласа.

Данное преобразование позволяет заменить операции дифференцирования и интегрирования над оригиналами функций на операции умножения и деления над операторными изображениями этих функций, что значительно упрощает расчет переходных процессов.

Условно расчет переходных процессов данным методом можно разделить на 3 этапа.

На 1-м этапе расчета по законам электротехники составляется система дифференциальных уравнений для оригиналов функций, далее эти функции подвергаются преобразованию Лапласа, после чего система дифференциальных уравнений для оригиналов принимает вид системы алгебраических уравнений для операторных изображений этих функций.

На 2-ом этапе выполняется решение системы алгебраических операторных уравнений относительно искомой функции, в результате чего получают выражение искомой функции в операторной форме  $F(p)$ .

На 3-м этапе выполняется обратный переход от найденного операторного решения для искомой функции  $F(p)$  к соответствующей ей функции времени  $f(t)$ .

Обратный переход от операторного изображения функции  $F(p)$  к ее оригиналу  $f(t)$  устанавливается на основе обратного преобразования Лапласа:

$$f(t) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot j} \cdot \int_{\sigma-j\omega}^{\sigma+j\omega} F(p) \cdot e^{p \cdot t} \cdot dp.$$

Однако на практике для перехода от изображения функции к её оригиналу используются формула разложения и таблицы соответствия.

Мгновенные значения тока  $i(t)$  и напряжения  $u(t)$  на идеальных элементах электрических схем связаны между собой дифференциальной формой уравнений:  $u_R(t) = i \cdot R$  – для резистора;  $u_L(t) = L \cdot \frac{di}{dt}$  – для катушки индуктивности;  $u_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i \cdot dt + u_C(0)$  – для конденсатора. Применим к дифференциальным уравнениям преобразование Лапласа и получим соответствующее им операторные изображения:

$$U_R(p) = I(p) \cdot R,$$

$$U_L(p) = I(p) \cdot pL - L \cdot i(0),$$

$$U_C(p) = I(p) \cdot \frac{1}{pC} + \frac{u_C(0)}{p}.$$

Как отмечалось ранее переход от операторного изображения функции к ее оригиналу, т.е. к функции времени  $f(t)$ , осуществляется двумя способами.

Первый способ – по таблице соответствия. В этом случае операторное выражение искомой функции  $F(p)$  преобразуется к одному из табличных видов и по таблице соответствия определяется оригинал функции  $f(t)$ .

Второй способ – по формуле разложения.

При решении системы операторных уравнений для искомой функции получают операторное выражение  $F(p)$  в виде дроби, в числителе и знаменателе которой стоят степенные полиномы:

$$F(p) = \frac{a_n \cdot p^n + a_{n-1} \cdot p^{n-1} + \dots + a_1 \cdot p + a_0}{b_m \cdot p^m + b_{m-1} \cdot p^{m-1} + \dots + b_1 \cdot p + b_0} = \frac{N(p)}{M(p)}.$$

При выполнении условий:  $m > n$  и уравнение  $M(p) = 0$  не содержит кратных корней, выражение  $F(p) = \frac{N(p)}{M(p)}$  может быть представлена в виде суммы простых дробей:

$$F(p) = \frac{N(p)}{M(p)} = \frac{A_1}{p - p_1} + \frac{A_2}{p - p_2} + \dots + \frac{A_m}{p - p_m} = \sum_{k=1}^{k=m} \frac{A_k}{p - p_k}.$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_m$  – постоянные коэффициенты,

$p_1, p_2, \dots, p_m$  - корни уравнения  $M(p) = 0$ .

Для определения коэффициента  $A_1$  умножим обе части уравнения на множитель  $(p - p_1)$  и найдем предел выражения  $F(p)$  при  $p \rightarrow p_1$ . В правой части уравнения получаем  $A_1$ , а в левой – неопределенность, так как  $M(p_1) = 0$ .

Раскроем эту неопределенность по правилу Лопитала:

$$A_1 = \lim_{p \rightarrow p_1} \frac{N(p)}{M(p)} \cdot (p - p_1) = \lim_{p \rightarrow p_1} \frac{N(p) \cdot 1 + (p - p_1) \cdot N'(p)}{M'(p)} = \frac{N(p)}{M'(p)}.$$

Таким образом получаем следующий вид функции:

$$F(p) = \frac{N(p_1)}{M'(p_1)} \cdot \frac{1}{p - p_1} + \dots + \frac{N(p_m)}{M'(p_m)} \cdot \frac{1}{p - p_m} = \sum_{k=1}^{k=m} \frac{N(p_k)}{M'(p_k)} \cdot \frac{1}{p - p_k}.$$

По таблице соответствия находим, что операторному изображению

$$F(p) = \frac{A_k}{p - p_k} \text{ соответствует оригинал } f(t) = A_k \cdot e^{p_k t}$$

Отсюда оригинал искомой функции получает вид:

$$f(t) = \sum_{k=1}^m \frac{N(p_k)}{M'(p_k)} e^{p_k t}.$$

Это уравнение получило название формулы разложения и используется для перехода от операторного изображения функции к ее оригиналу.

Для наглядности применения данного метода в расчетах переходных процессов приведем пример такого расчета. Пусть в электрической цепи (рисунок 1) требуется найти закон изменения тока, протекающего через резистор  $R_3$ .

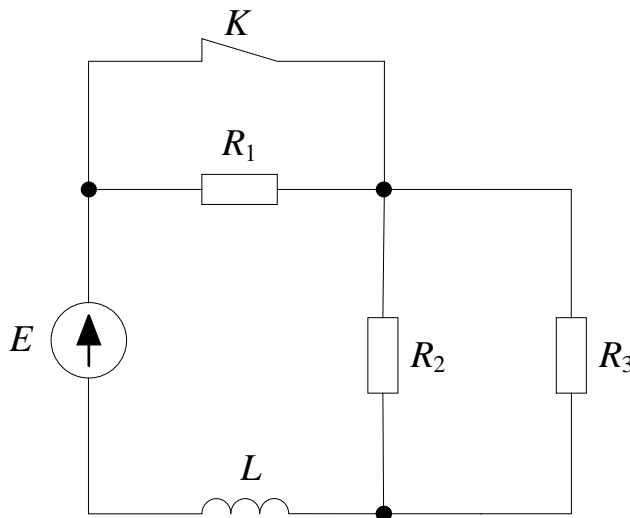


Рисунок 1 – Исходная схема электрической цепи



Для начала рассчитаем независимые начальные условия и найдем ток катушки до коммутации. Расчет проведем в соответствии с рисунком 2.

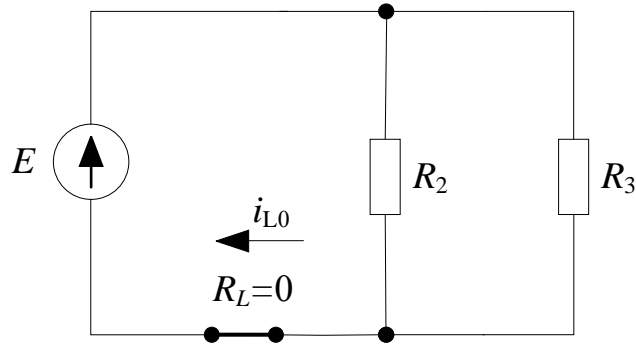


Рисунок 2 – Схема цепи для докоммутационного режима

В докоммутационном режиме ключ  $K$  замкнут. Сопротивление катушки в этом режиме равно нулю.

Находим ННУ:

$$i_L(0) = \frac{E \cdot (R_2 + R_3)}{R_2 \cdot R_3}.$$

Составим операторную схему замещения цепи после коммутации, заменив необходимые элементы их изображениями (рисунок 3).

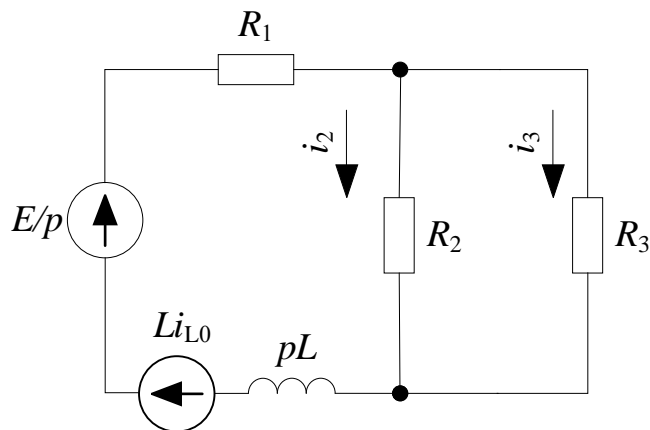


Рисунок 3 – Операторная схема замещения в послеконмутационном режиме

Составим уравнение для изображения искомого тока по методу двух узлов:

$$i_3 = \frac{(E + pL \cdot i_L(0)) \cdot R_2}{p \cdot (R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_3 \cdot pL + R_2 \cdot R_1 + R_2 \cdot pL)} = \frac{N(p)}{M(p)}.$$

Для того, чтобы применить теорему разложения найдем корни уравнения  $M(p) = 0$ :

$$p \cdot (R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_3 \cdot pL + R_2 \cdot R_1 + R_2 \cdot pL) = 0.$$

Получаем:  $p_0 = 0$ ,

$$p_1 = \frac{-(R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_1)}{L \cdot (R_3 + R_2)}.$$

Искомую функцию тока выведем, применив теорему разложения:

$$i_3(t) = \frac{N(p_0)}{M'(p_0)} \cdot e^{p_0 t} + \frac{N(p_1)}{M'(p_1)} \cdot e^{p_1 t}.$$

### **Литература**

1 Учебное пособие для студентов электротехнических специальностей.  
Мазуренко А.А. Белорусский национальный технический университет –  
Кафедра Электротехника и электроника – Минск 2013 г. – 211 стр.

2 Toehelp.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа:  
<https://toehelp.ru/theory/toe/lecture27/lecture27.html>. – Дата доступа: 20.05.2020.

3 Свободная энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]. –  
Режим доступа :  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Операторный\\_метод\\_расчёта\\_переходных\\_процес\\_сов](https://ru.wikipedia.org/wiki/Операторный_метод_расчёта_переходных_процес_сов) – Дата доступа : 20.05.2020.

## ПАРАДОКС СИМПСОНА

Лящук А.О., Шавель В. А.

Научный руководитель - Шавель Н.А., к.ф.-м.н., доцент

*В любом наборе статистических данных может таиться то, что способно полностью перевернуть результат с ног на голову.*

Теория вероятностей и математическая статистика представляют собой области математики, необычайно богатые парадоксами, порой настолько противоречащими здравому смыслу, что поверить в них трудно даже после того, как правильность их подтверждена доказательством [1].

Условно можно выделить два типа парадоксов. Первый тип – это так называемые истинные парадоксы, которые связаны с неоднозначной интерпретацией аксиоматики теории вероятностей. Второй тип – это парадоксы, в которых происходит интуитивное понимание условий в ошибочном ключе, в результате чего решение задачи в рамках аксиоматики кажется парадоксальным. Такие парадоксы называют контринтуитивными.

Парадокс Симпсона относится к контринтуитивным явлениям в статистике, когда при наличии нескольких групп данных, в которых наблюдается одинаково направленная зависимость, при объединении групп эта зависимость исчезает или даже меняется на противоположную.

Это явление было описано Эдвардом Симпсоном в 1951 году и Удни Юлом в 1903 году. Название «парадокс Симпсона» впервые предложил Колин Блит в 1972 году. Однако, так как Симпсон фактически не был первооткрывателем этого эффекта, некоторые авторы используют безличные названия, например, «парадокс объединений».

Данный парадокс часто встречается при анализе статистических данных в социальных науках и медицине и может приводить к совершенно ошибочным выводам в исследованиях.

Рассмотрим пример возникновения парадокса Симпсона в работе менеджера. В традиционных продажах уровень конверсии — это соотношение между количеством всех клиентов, которые проявили интерес к некоторому продукту, и тех из них, кто совершил покупку. Вся работа по продвижению в компании во многом направлена именно на увеличение этого показателя.

Предположим, что фирма занимается продажами неких продуктов А и В. Менеджер по продажам оценивает результаты работы с потенциальными клиентами, которых заинтересовали данные продукты.

Всего

Продукт	Количество клиентов	Количество продаж	Конверсия продаж
А	1000	80	8%
В	1000	100	10%

Анализируя 1000 обращений по продукту А и 1000 обращений по продукту В, менеджер оценивает, что в первом случае реальными покупателями стали 80 клиентов, тогда как во втором случае реальными клиентами стали 100 человек. Соответственно, уровень конверсии для продукта А составляет 8%, а для продукта В он равен 10%. Таким образом, можно сделать вывод, что продукт В определённо предпочтительней для компании по этому показателю.

Но старательный менеджер хочет дополнительно проанализировать эти результаты с гендерной точки зрения и рассчитывает эти данные по отдельности для клиентов-мужчин и клиентов-женщин. В итоге он получает следующие таблицы.

Мужчины

Продукт	Количество клиентов	Количество продаж	Конверсия продаж
А	100	24	24%
В	300	63	21%

Женщины

Продукт	Количество клиентов	Количество продаж	Конверсия продаж
А	900	56	6,2%
В	700	37	5,3%

То, что уровень конверсии продаж при работе с клиентами-мужчинами намного выше, чем при работе с клиентами-женщинами вполне ожидаемо, так как большинство мужчин не склонно слишком долго обременять себя изучением вариантов покупок. Неожиданно другое. Теперь продукт А стал определённо предпочтительней продукта В по уровню конверсии, причём как для клиентов-мужчин (24% для продукта А против 21% для продукта В), так и для клиентов-женщин (6,2% для продукта А против 5,3% для продукта В). Налицо парадокс Симпсона.

И неизбежный вопрос – какие данные следует учитывать менеджеру в ситуации принятия решения – агрегированные или разделённые? В общем случае нет единого ответа на этот вопрос. В исследованиях было показано, что в одних случаях правильнее учитывать агрегированные данные, а в других – разделённые. Таким образом, правильное решение ситуативно, важна история и причинно-следственные связи, лежащие в основе приведенных данных, и каждая история диктует свой выбор.

В нашем примере мы можем предположить, что так называемая «скрытая» переменная – пол клиента, возможно, оказывает серьёзное влияние на его заинтересованность продуктом А или В. Мы видим, что число женщин, интересующихся продуктом А, в 9 раз превышает число интересующихся им мужчин. В то же время для продукта В этот показатель чуть больше 2. Если менеджер оценивает ситуацию таким образом, что специфика продукта А, действительно, более интересна для женщин, что наиболее вероятно в нашей ситуации, то ему следует ориентироваться на разделённые данные. Если это не так, то предпочтительней агрегированные данные.

В заключение отметим, что большинство данных представляет собой лишь некую математическую модель гораздо более сложной области. Поэтому правильная обработка этих данных лежит на стыке математики, статистики, информатики и знаний в той конкретной сфере, к которой относятся анализируемые данные. Парадокс Симпсона демонстрирует важность продуманной интерпретации данных относительно реального мира, а также демонстрирует опасность упрощения более сложной картины в попытках решить все проблемы с единой точки зрения на данные.

### **Литература**

1. Секей Г. Парадоксы в теории вероятностей и математической статистике — М.: Мир, 1990. - 240 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ В РАСЧЕТАХ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Борщевский А.В., Булин М.Н., Тарасевич Д.Д.

Научный руководитель – Королёва М.Н., старший преподаватель

Надежность системы электроснабжения является одной из актуальных задач современной электроэнергетики. Она состоит из многих моментов: надежность ее отдельных элементов и их соединения, наличие быстродействующих чувствительных селективных релейных защит, качество эксплуатации электрооборудования, степень автоматизации электрических сетей. Однако предварительный расчет вероятности возникновения неполадок в энергосистеме является основой оценки надежности электроснабжения.

Расчет надежности заключается в определении её показателей, основываясь на элементах теории вероятностей и математической статистики. За случайные величины принимают отказы работы элементов в системе электроснабжения и время работы электрооборудования до возникновения отказа.

Рассмотрим ряд показателей, применяемых для оценивания надежности электрооборудования до первого отказа.

Вероятность работы без отказа  $P(t)$  – вероятность, характеризующая отсутствие отказа в данном временном интервале  $(0, t)$  в системе либо элементе.

$P(t)$  определяется как отношение элементов  $N(t)$ , которые без отказа проработали до момента  $t$ , к общему числу всех элементов  $N(0)$ :

$$P(t) = \frac{N(t)}{N(0)};$$

Вероятность отказа  $Q(t)$  — вероятность, характеризующая появление отказа в интервале времени  $(0, t)$ :

$$Q(t) = \frac{n(0, t)}{N(0)};$$

где  $n(0, t)$  – число элементов, отказавших за интервал  $(0, t)$ .

Частота отказов  $a(t)$  – первая производная от функции вероятности отказа, определяющая вероятность отказа элемента за единицу времени  $(t, t + \Delta t)$ .

$$a(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}.$$

Исходя из определения вероятности отказа, можно записать формулу частоты отказов через следующее соотношение:

$$a(t) = \frac{n(t, \Delta t)}{N(0) \cdot \Delta t},$$

где  $n(t, \Delta t)$  – количество элементов, которые вышли из строя за промежуток времени от  $t$  до  $(t + \Delta t)$ .

Частота отказов, вероятность безотказной работы и вероятность отказа связаны следующими зависимостями:

$$P(t) = \int_1^x a(x) dx,$$

$$Q(t) = \int_0^1 a(x) dx,$$

Интенсивность отказов – условная вероятность отказа после момента  $t$  за единицу времени  $t$  при условии, что до момента тотказа элемента не было.

Интенсивность отказов имеет экспоненциальный закон распределения.

Интенсивность отказов связана с частотой отказов и вероятностью безотказной работы:

$$\lambda(t) = \frac{a(t)}{P(t)}.$$

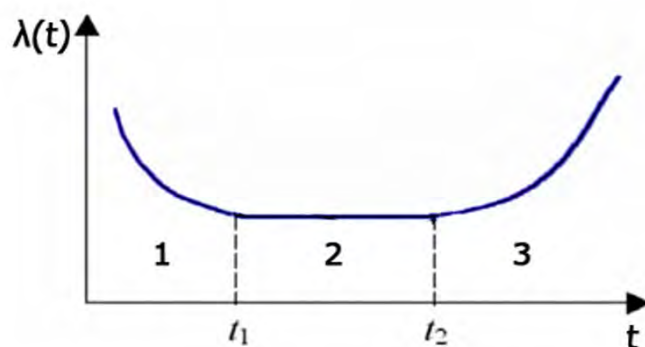


Рисунок 1. График интенсивности отказов.

График интенсивности отказов можно разделить на три зоны. На первом участке графика преобладают приработочные отказы. Второй участок графика - это период нормальной эксплуатации. Интенсивность отказов в период нормальной эксплуатации практически не зависит от времени. Третий участок графика соответствует периоду старения, в котором отказы возникают из-за ухудшения физико-химических свойств элементов.

Таким образом, можно сказать, что элементы теории вероятности применимы в различных сферах деятельности человека. В электроэнергетике теория вероятности позволяет на практике определить возможность выхода из строя некоторого элемента сети энергоснабжения, вероятность его безотказной работы, вероятность отказов, их частоту и интенсивность.

### **Литература**

1. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике. Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергия, 1990 – 204 с.
2. Михайлов В.В. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоиздат, 1982 – 130 с.
3. Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Е. А. Бричкова. - Мн:ТетраСистемс, 1999. - 640с.



## **ПРОГРАММНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИКИ НАСЕЛЕНИЯ И ТРУДОВЫХ РЕСУРСОВ**

Варвашевич М. С.

Научный руководитель – Чепелева Т. И., к. т. н., доцент

Важнейшей задачей государственного регулирования рынка труда является прогнозирование трудовых ресурсов с учетом показателей демографической ситуации. Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь ежегодно осуществляет разработку прогноза баланса трудовых ресурсов по стране, областям, г. Минску. По прогнозам идет процесс сокращения численности трудоспособных лиц. В 2023 году в связи с завершением пенсионной реформы ожидается сокращение численности трудоспособного населения до 5424 тыс. чел. Общая численность населения Республики Беларусь по данным Белстата в 2019 году составила 9475 тыс. человек (трудоспособных – 5434 тыс. чел.) на начало года, по переписи населения в 2019 году – 9 413 446 чел., по Минску – 1992 тыс. чел., а по переписи 2019 г. – 2 018 281 чел. Статистические данные о численности, составе и движения населения Республики Беларусь являются важнейшими универсальными блоками национальных информационных ресурсов. Человеческий фактор – это важнейший фактор функционирования всей системы рыночных отношений [1,2].

Составлена программа на языке PYTHON, позволяющая произвести расчет основных показателей статистики населения и трудовых ресурсов при исходных данных: наличное население, временно проживающее население, временно отсутствующее население, новорожденные, постоянное население, ушедшие из жизни, прибывшие на постоянное место жительства, выбывшие из государства.

Программным образом находится: наличное населения на конец года, постоянное население на начало и на конец года, средняя численность населения, коэффициент рождаемости, коэффициент смертности, коэффициент естественного прироста, коэффициент оборотов населения, коэффициент жизненности, коэффициент экономичности воспроизводства населения, коэффициент прибытия, коэффициент выбытия, коэффициент интенсивности миграции, коэффициент эффективности миграции, коэффициент общего прироста, механическое движение населения, общий абсолютный прирост, среднегодовая численность женщин 15-49 лет.

Составленная программа на языке PYTHON позволяет определить статистику трудовых ресурсов по следующим исходным данным: доля населения трудоспособного возраста, коэффициент занятости всего населения, количество людей, вступивших в трудовой возраст в течение года, количество людей, поступивших на работу в течение года, количество людей

подросткового и пенсионного возраста, количество людей, выбывших из трудового возраста в связи с выходом на пенсию, количество людей, прекративших работать подросткового и пенсионного возраста, количество умерших людей из занятого населения, количество людей умерших из занятого населения в трудоспособном возрасте, количество людей трудоспособного возраста, перешедших на инвалидность 1-й и 2-й групп, прекративших работу, увеличение количества безработных за отчетный год, количество безработных на конец года.

По статистике трудовых ресурсов получены следующие показатели: численность населения трудоспособного возраста на начало и конец отчетного года, численность занятого населения на начало и конец отчетного года, численность экономически активного населения на начало и конец отчетного года, коэффициент общего прироста (убыли) населения трудоспособного возраста и занятого населения, численность естественного пополнения и естественного выбытия (убыли) трудовых ресурсов и коэффициента их естественного воспроизводства, коэффициент экономической активности населения, уровень (коэффициент) безработицы.

Под воспроизводством населения следует понимать процесс последовательной схемы поколений, который обеспечивает непрерывность существования человеческой популяции. Таким образом единство процессов рождаемости и смертности составляет содержание воспроизводства населения. Для воспроизводства населения, согласно Белстат, на одну женщину должно приходиться 2,15 ребенка, в Беларуси коэффициент воспроизводства составляет 1,62. Всего в Беларуси в прошлом году родилось 116 тыс. детей.

По Республике Беларусь уровень безработицы в III квартале 2019 года составил 3,9% от численности всей рабочей силы. По информации Белстат, уровень занятости населения Республики Беларусь в III квартале текущего года составил 68,3%. При сборе информации включалось население в возрасте от 15 до 74 лет включительно.

Поскольку неэффективное распределение трудовых ресурсов, может привести к снижению конкурентоспособности экономики Беларуси, то разработанная программа позволит провести анализ функционирования рынка труда Беларуси с тем, чтобы определить, какие вызовы он ставит перед экономической политикой.

## Литература

1. Дашинская Н. П. Статистика государственных учреждений: учеб. пособие. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2008. – 271 с.

2. Статистика: Учебник для вузов (+СД) / Под ред. И. И. Елисеевой. –СПб.: Питер, 2012. – 368 с.

## ПРОЯВЛЕНИЕ ВЕКТОРНЫХ ПОЛЕЙ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭНЕРГЕТИКЕ

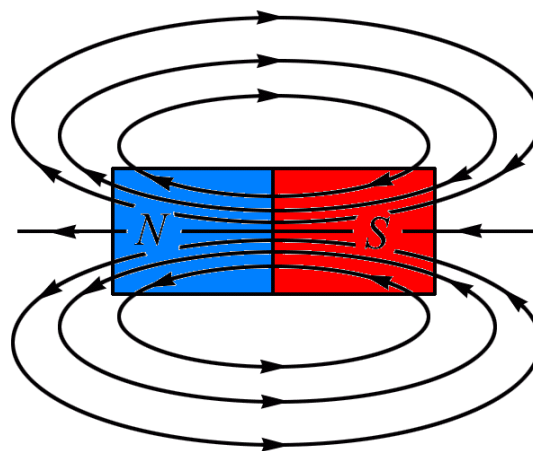
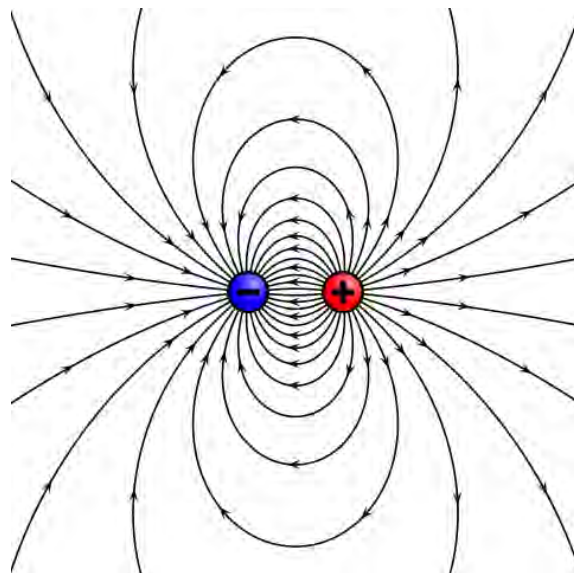
Гаврилов Д.А.

Научный руководитель - Якимович В.С., к.п.н., доцент

Векторное поле – это отображение, которое каждой точке рассматриваемого пространства ставит в соответствие вектор с началом в этой точке. Существует множество примеров векторных полей, которые окружают человека в повседневной жизни (поля давлений, температур и т. д.). Рассмотрим примеры векторных полей, наблюдающихся в энергетике

Электротехника, как и почти любая энергетическая дисциплина, занимается изучением электромагнитных полей. Электромагнитное поле содержит в себе сразу несколько векторных полей: электрическое и магнитное. Электрическое поле характеризуется такими векторными величинами, как напряженность электрического поля  $\vec{E}$  и вектор электрического смещения  $\vec{D}$ . Магнитное поле характеризуется такими векторными величинами, как вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  и вектор напряженности магнитного поля  $\vec{H}$ .

Для облегчения восприятия электрических и магнитных векторных полей вводятся силовые линии (линии, в каждой точке которых вектор  $\vec{E}$  или вектор  $\vec{B}$  являются касательными). Пример таких полей с силовыми линиями представлен на рисунке 1.



а

б

а – электрическое поле; б – магнитное поле

Рисунок 1 – Визуализация полей с помощью силовых линий

Если углубиться в теорию векторных полей, а именно в такие характеристики векторных полей в трехмерном пространстве как циркуляция, градиент и т. д., то наиболее распространенными характеристиками в электротехнике являются ротор, дивергенция и поток векторного поля.

Дивергенция – дифференциальный оператор, обозначающий пространственную расходямость или сходямость векторного поля (она аналогична скалярному произведению). В электротехнике под дивергенцией часто понимается теоретически вычисляемая расходямость или сходямость силовых линий электрического или магнитного полей. В электротехнике дивергенция проявляется, например, в формуле, отражающей скорость нарастания числа линий тока, отнесенной к единице объема:

$$\operatorname{div} \vec{F} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oiint \vec{F} \cdot d\vec{A}}{\Delta V},$$

В зависимости от знака  $\operatorname{div} \vec{F}$  можно охарактеризовать конкретную точку пространства как источник или сток электрического или магнитного поля:

- $\operatorname{div} \vec{F} > 0$  – данная точка является источников поля;
- $\operatorname{div} \vec{F} < 0$  – данная точка является стоком поля;
- $\operatorname{div} \vec{F} = 0$  – данная точка не источник и не сток поля.

Ротор векторного поля  $F(x, y, z)$  – дифференциальный оператор, который преобразует один вектор в другой (он аналогичен векторному произведению). Данный вектор является мерой “завихренности” поля в данной точке. В точке  $A(x, y, z)$  ротор векторного поля можно определить так:

$$\operatorname{rot} \vec{F} = \vec{i} \left( \frac{\partial F_z}{\partial y} - \frac{\partial F_y}{\partial z} \right) + \vec{j} \left( \frac{\partial F_x}{\partial z} - \frac{\partial F_z}{\partial x} \right) + \vec{k} \left( \frac{\partial F_y}{\partial x} - \frac{\partial F_x}{\partial y} \right).$$

При  $\operatorname{rot} \vec{F} = 0$  – поле безвихревое.

Поток векторного поля в электротехнике играет особую роль. Так, из равенства потока вектора плотности тока сквозь некоторую поверхность видно, что электрический ток скалярная величина:

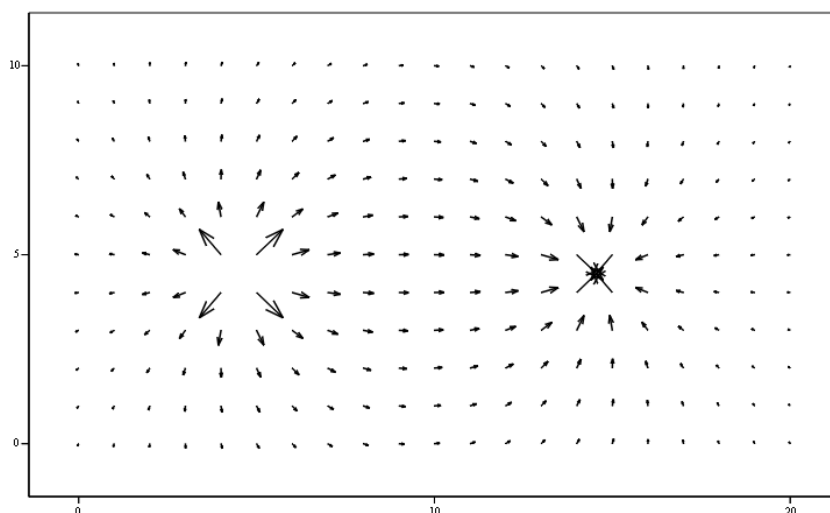
$$i = \iint_S \vec{j} d\vec{S}.$$

Также в электротехнике широко проявляет себя теорема Остроградского-Гаусса. Так, поток вектора напряженности электрического поля через замкнутую поверхность в вакууме равен алгебраической сумме всех зарядов, расположенных внутри поверхности, деленной на электрическую постоянную  $\epsilon_0$ :

$$\Phi_E = \iint_S E_n dS = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Линии  $\vec{E}$ , выходящие из объема, ограниченного данной поверхностью, создают положительный поток, а линии входящие в объем – отрицательный поток.

На рисунке 2 представим графическую диаграмму электрического поля



двухпроводной линии, выполненной в программе MathCAD.

Рисунок 2 – Электрическое поле двухпроводной линии

### Литература

1. Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://electro.bntu.by/user/LK\\_TOE\\_2.pdf](http://electro.bntu.by/user/LK_TOE_2.pdf). – Дата доступа: 17.05.2020.
2. Cyberleninka [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prakticheskoe-primeneniye-elementov-teorii-polya-v-elektrotehnike/viewer>. – Дата доступа: 18.05.2020.
3. Ens.tpu [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ens.tpu.ru/POSOBIE\\_FIS\\_KUSN/Электростатика.%20Постоянный%20Ток/02-3.htm](http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/Электростатика.%20Постоянный%20Ток/02-3.htm) – Дата доступа: 18.05.2020.
4. Репозиторий БНТУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/6178/Primeneniye\\_MathCAD\\_v\\_reshenii\\_zadach\\_ehlektrotekhniki.pdf?se](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/6178/Primeneniye_MathCAD_v_reshenii_zadach_ehlektrotekhniki.pdf?se) – Дата доступа: 17.05.2020.

## РАЗЛОЖЕНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА В ГАРМОНИЧЕСКИЙ РЯД ФУРЬЕ

Рябцев И.А.

Научный руководитель - Кленовская И.С., старший преподаватель

В электроэнергетике стандартной формой напряжения и тока является синусоидальная. Однако форма напряжения и тока может быть несинусоидальной. Причины возникновения несинусоидальных токов и напряжений могут быть обусловлены несколькими факторами:

- нелинейность элементов электрической цепи, т.е. параметры элементов зависят от мгновенного значения тока и напряжения, например, выпрямители тока или напряжения;
- параметрические элементы цепи, чьи значения изменяются во времени;
- несинусоидальность источника питания;
- совокупность всех вышеназванных факторов.

Искажение формы напряжения и тока нежелательно, потому что это приводит к дополнительным потерям энергии, а также к снижению КПД. Синусоидальность электроэнергии один из параметров ее качества при покупке или продаже, поэтому все стараются ослабить несинусоидальные токи и напряжения. В цепях автоматики и связи, где несинусоидальные токи и напряжения лежат в основе принципа действия устройств, задача наоборот заключается в их усилении и передаче с наименьшими искажениями.

Из математики известно, что любая периодическая функция времени, может быть представлена гармоническим рядом Фурье:

$$u(t) = U_0 + Um_1 \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha_1) + Um_2 \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha_2) + \dots = \\ = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} Um_k \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \alpha_k),$$

где  $U_0$  – постоянная составляющая;

$Um_k \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \alpha_k)$  –  $k$ -ая гармоническая составляющая.

Отдельные гармоники в этом ряде Фурье можно представить в виде синусной и косинусной составляющих:

$$Um_k \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \alpha_k) = Um_k \cdot \cos(\alpha_k) \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) + Um_k \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t) \cdot \sin(\alpha_k) = \\ = Us_k \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) + Uc_k \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t).$$

И тогда весь ряд Фурье примет вид:



$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_{s_k} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) + \sum_{k=1}^{\infty} U_{c_k} \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t).$$

При расчете первым делом определяется постоянная составляющая:

$$U_0 u(t) = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt.$$

Далее считаются косинусные и синусные составляющие:

$$U_{s_k} = \frac{2}{T} \int_0^T u(t) \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) \cdot dt,$$

$$U_{c_k} = \frac{2}{T} \int_0^T u(t) \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t) \cdot dt.$$

Далее необходимо определить количество гармоник  $M$ , на которые нужно разложить несинусоидальное напряжение или ток.

Таким образом конечная формула разложения несинусоидального напряжения в гармонический ряд Фурье будет выглядеть так:

$$\begin{aligned} u(t) &= U_0 + \sum_{k=1}^{k=M} U_{m_k} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t + \alpha_k) = \\ &= U_0 + \sum_{k=1}^{k=M} U_{s_k} \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) + \sum_{k=1}^{k=M} U_{c_k} \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t) \end{aligned}$$

Для перехода от одного ряда Фурье к другому можно использовать соотношение между коэффициентами двух рядов Фурье:

$$U_{s_k} = U_{m_k} \cdot \cos(\alpha_k),$$

$$U_{c_k} = U_{m_k} \cdot \sin(\alpha_k),$$

$$U_{m_k} = \sqrt{U_{s_k}^2 + U_{c_k}^2},$$

$$\alpha_k = \arctg \frac{U_{c_k}}{U_{s_k}}.$$

При расчете стоит помнить, что сопротивления катушки индуктивности и конденсатора изменяются при увеличении порядка гармоники:

$$X_L = i \cdot \omega \cdot L \cdot k,$$

$$X_C = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C \cdot k}.$$

Таким образом, возможность разложения периодических несинусоидальных электрических величин в ряд Фурье позволяет свести расчет электрических цепей с линейными элементами при воздействии несинусоидальных ЭДС к расчету цепей с постоянными и синусоидальными токами.

На первом этапе выполняется разложение несинусоидального воздействия в ряд Фурье. В результате определяются амплитуды и начальные фазы гармоник. На втором этапе производится расчет цепи для каждого из слагаемых гармонического ряда (для каждой гармоники). Теоретически ряд Фурье содержит бесконечное число слагаемых. Однако он быстро сходится. Поэтому для получения требуемой степени точности достаточно рассмотреть небольшое число гармоник. Далее частные решения, полученные на втором этапе, суммируются для того, чтобы определить форму искомых напряжений и токов.

Приведем пример. Разложить в ряд Фурье напряжение с ЭДС источника (рисунок 1) и  $E_m=140$ :

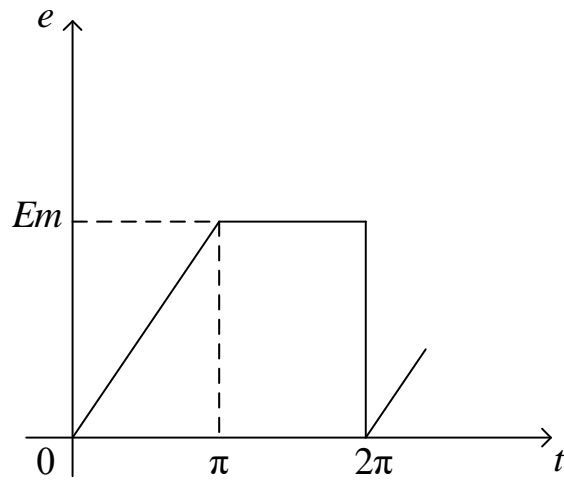


Рисунок 1 – Кривая ЭДС источника

Количество гармоник  $k$ , на которые мы будем разлагать ЭДС, примем равным 3. Функцию ЭДС в MathCAD выразим с помощью линейной интерполяции оператором *linterp*. Выразив функцию через изменение по оси  $X$  и  $Y$  Рассчитаем коэффициенты ряда (постоянную составляющую  $A_0$ , квадратурные составляющие  $B_{km}$  и  $C_{km}$ ) по общеизвестным формулам высшей математики (приложение А):

$$A_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \int_0^{2 \cdot \pi} e(t) \cdot dt = 105,$$

$$B_{km} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2 \cdot \pi} e(t) \cdot \sin kt \cdot dt = \begin{pmatrix} -44,563 \\ -22,282 \\ -14,855 \end{pmatrix},$$

$$C_{km} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{2 \cdot \pi} e(t) \cdot \cos kt \cdot dt = \begin{pmatrix} -28,370 \\ \approx 0 \\ -3,152 \end{pmatrix}.$$

Зададим амплитуды гармоник и их начальные фазы:

$$A_{km} = \sqrt{(B_{km})^2 + (C_{km})^2} = \begin{pmatrix} 52,828 \\ 22,282 \\ 15,185 \end{pmatrix},$$

$$\psi_k = \operatorname{arctg} \frac{C_{km}}{B_{km}} = \begin{pmatrix} 212,50^\circ \\ 180,00^\circ \\ 191,98^\circ \end{pmatrix}.$$

Теперь запишем ряд в виде суммы гармоник:

$$\begin{aligned} e(t) &= A_0 + \sum_{k=1}^5 A_{km} \cdot \sin(kt + \psi_k) = \\ &= 105 + 58,828 \cdot \sin(1 \cdot t + 212,50^\circ) + 22,282 \cdot \sin(2 \cdot t + 180,00^\circ) + 15,185 \cdot \sin(3 \cdot t + 191,98^\circ) \end{aligned}$$

### Литература

1 Теоретические основы электротехники. Учебное для студентов электротехнических специальностей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://electro.bntu.by/user/LK\\_TOE\\_1.pdf](http://electro.bntu.by/user/LK_TOE_1.pdf). – Дата доступа : 10.05.2020.

2 Цепи несинусоидального тока. Методические указания для выполнения расчетно-графических работ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://window.edu.ru/resource/420/74420/files/ПГЗ№5.pdf>. – Дата доступа : 17.05.2020.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПУАССОНА В ИНЖЕНЕРНОМ ДЕЛЕ**

Люкевич В.В., Пальчастая А.А.

Научный руководитель – Королева М.Н., старший преподаватель

Теория вероятностей и математическая статистика приобрели сейчас настолько огромное практическое значение в инженерном деле, что в современных учреждениях образования подготовки бакалавров по техническим направлениям этой дисциплине отводится весьма значительная роль. Знание вероятностных закономерностей, свободное владение методами построения вероятностных моделей профессиональных задач является необходимым элементом подготовки конкурентоспособных инженеров, востребованных на рынке труда.

Такие темы как математическое ожидание дискретной СВ, дисперсия СВ, распределение Пуассона, показательное распределение и другие используют в инженерном деле. Например, в энергетике используют законы распределения СВ при анализе расчета районных электрических сетей. Для примера рассмотрим такой закон распределения как распределение Пуассона. Этот метод используют в инженерии для определения вероятности появления некоторого числа событий (отказов) на заданном интервале времени при условии независимости и совместности событий (отказов).

Распределение Пуассона используется в тех случаях, когда на определенном интервале от 0 до  $t$  случайное событие возникает с небольшой вероятностью, которая равна  $p$ .

Существует три простых свойства, которыми обладают потоки событий:

1. Поток событий называется стационарным, когда вероятность попадания того или иного количества событий на период времени протяженностью  $t$  зависит только от длины участка и не зависит от того, в каком месте на оси  $0t$  находится участок.

2. Поток событий называется потоком без последствия, в том случае, когда для любых неперекрывающихся периодов времени число событий, попадающих на один из них, не зависит от количества событий, попадающих на другие.

3. Поток событий называется ординарным, если вероятность попадания на элементарный период  $\Delta t$  двух или более событий пренебрежимо мало если сравнивать с вероятностью попадания одного события.

В том случае, если поток событий обладает всеми тремя качествами (т.е. стационарный, ординарный и не имеет последствий), то он называется простейшим и описывается выражением:

$$P_m = \frac{A^m}{m!} e^{-A}$$

где  $P_m$  — вероятность появления  $m$  событий  $v$  в заданном интервале  $t$ ;  
 $A$  -математическое ожидание событий в том же интервале времени  $t$ .  
 Среднее количество отказов изделия в установленном промежутке времени  $t$  в теории надежности называется показателем надежности.

Для простейшего потока отказов принимают  $A = \lambda t$ , тогда

$$P_m = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda t}$$

где  $\lambda$  — интенсивность случайного события (параметр закона Пуассона).

Главные характеристики распределения Пуассона:

1. Дисперсия  $\sigma^2(v) = \lambda t$ , причем  $M(v) = \sigma^2(v)$  - особенность данного распределения;

2. Математическое ожидание  $M(v) = \lambda t$ .

Распределение Пуассона рассматривается как один из случаев биномиального распределения, когда вероятность  $p$  стремится к нулю (т.е.  $q = 1 - p \rightarrow 1$ ), на практике это совпадение принимаемо при  $p < 0,1$ . Однако, в отличие от самого биномиального распределения, при котором величина  $m \leq N$ , в распределении Пуассона на  $m$  сверху не накладывается ограничение ( $m \geq 0$ ).

При  $m = 0$ , можно получить вероятность безотказной работы за период времени:

$$P_0 = P(t) = \exp(-\lambda t)$$

Таким образом экспоненциальный закон надежности является частным случаем распределения Пуассона.

Биномиальное распределение используют для любого  $p$ , а распределение Пуассона — только для невеликого  $p$ . По этой причине в математическом смысле закон распределения Пуассона уже биномиального распределения, но в физическом значении он шире из-за своего применения. Например, для ремонтируемой РЭС после завершения периода приработки, когда  $\lambda = \frac{1}{T_{cp}} = const$ , случайное количество отказов в процессе эксплуатации распределено согласно закону Пуассона, а вероятность возникновения событий будет одинакова:

$$P_m(t) = \frac{1}{m!} \left(\frac{t}{T_{cp}}\right)^m e^{-t/T_{cp}}$$

### Литература:

1. Гук Ю. Б. Теория надежности. Введение: учеб. пособие / Ю. Б. Гук, В. В. Карпов, А. А. Лapidус. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 171 с.
2. Бочаров П. П., Печинкин А. В. Теория вероятностей. Математическая статистика. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2005. – 296 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Сахнович А.Д.

Научный руководитель – Кураленко М.В., ст. преподаватель

### **Введение**

В приложениях математики к различным отраслям науки дифференциальные уравнения играют важную роль. Их использование – наиболее эффективное и распространенное средство решения многих прикладных задач. Одной из отраслей, активно использующих дифференциальные уравнения на практике, является физика. Часто при изучении различных физических явлений не удается непосредственно найти законы, связывающие величины, характеризующие то или иное явление. Но, в то же время, без проблем можно установить зависимость между их производными или дифференциалами. При этом будут получены уравнения, содержащие неизвестные функции под знаком производной или дифференциала.

### **Принципы составления дифференциальных уравнений по условиям задач**

Универсальных правил для составления дифференциальных уравнений не существует, однако в большинстве своем можно выделить следующие этапы методики решения прикладных задач с использованием дифференциальных уравнений:

- 1) Внимательный разбор условия задачи и составление чертежа, отражающего ее суть;
- 2) Определение математической зависимости между переменными величинами и их приращениями, замена их соответствующими дифференциалами, составление дифференциального уравнения;
- 3) Интегрирование полученного уравнения и нахождение его общего решения;
- 4) Определение частного решения задачи на основе заданных начальных условий;
- 5) Определение, по мере необходимости, вспомогательных параметров (например, коэффициентов пропорциональности и др.) с использованием для этого дополнительных условий задачи;

6) Вывод общего закона рассматриваемого процесса и числовое определение величин;

7) Анализ полученного результата.

В качестве примера рассмотрим физическую задачу о движении планет, приводящую к системам дифференциальных уравнений второго порядка.

### Движение планет

**Задача.** Найти закон движения планет Солнечной системы, в частности, движения Земли вокруг Солнца, основываясь на законе всемирного тяготения, не учитывая при этом влияния других планет.

**Решение.** Пусть Солнце находится в начале системы координат  $xOy$ , а Земля в момент  $t$  движения по солнечной орбите имеет текущие координаты  $(x, y)$ .

В качестве положительных направлений векторов примем направления  $+x$  и  $+y$ .

Из рисунка 1 видно, что действующая на Землю сила  $F$  раскладывается на горизонтальную и вертикальную составляющие соответственно  $F \cos \theta$  и  $F \sin \theta$ .

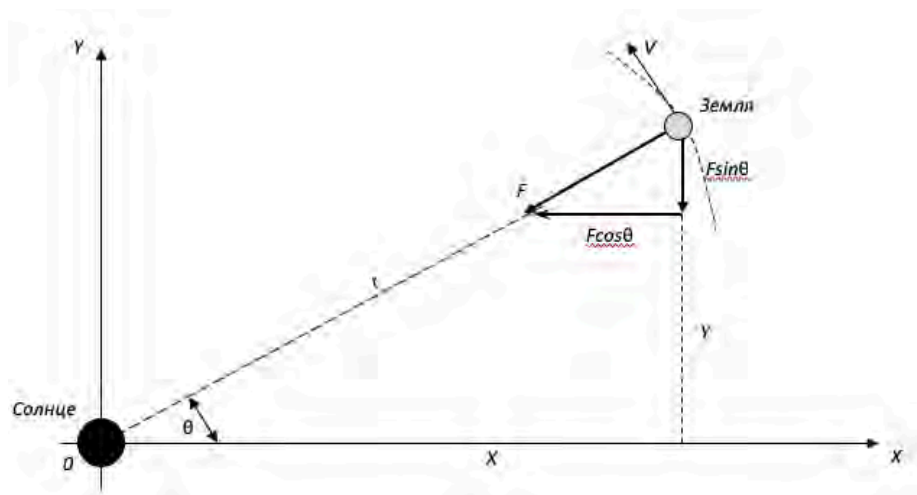


Рисунок 6

Пусть  $M$  – масса Солнца,  $m$  – масса Земли.

Тогда на основании закона всемирного тяготения второго закона динамики  $F = ma$  получаем

$$F = \frac{kM_1M_2}{d^2} \quad \text{и}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -F \cos \theta = -\frac{kMm}{r^2} \cos \theta, \quad (1)$$

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -F \sin \theta = -\frac{kMm}{r^2} \sin \theta, \quad (2)$$

Учитывая, что  $\sin \theta = \frac{y}{r}$  и  $\cos \theta = \frac{x}{r}$ ,  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ , используя  $v = kM$ , уравнения (1) и (2) примут вид

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{vx}{(x^2 + y^2)^{3/2}}, \quad \frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{vy}{(x^2 + y^2)^{3/2}}. \quad (3)$$

Начальные условия:  $t = 0, x = a, y = 0, \frac{dx}{dt} = 0, \frac{dy}{dt} = v_0$ .

Теперь нужно решить систему дифференциальных уравнений (3), удовлетворяющую этим начальным условиям.

Так как  $x = r \cos \theta$  и  $y = r \sin \theta$ , то дифференцируя эти выражения по  $t$  обозначая соответствующие производные сверху точкой, подставляя полученные результаты в систему (3) и выполняя некоторые преобразования, получаем:

$$\ddot{r} - r\dot{\theta}^2 = -\frac{v}{r^2}. \quad (4)$$

$$2\dot{r}\dot{\theta} + r\ddot{\theta} = 0. \quad (5)$$

Соответственно необходимо представить начальные условия в полярных координатах:

$$\text{при } t = 0 \quad r = a, \theta = 0, \dot{r} = 0, \dot{\theta} = \frac{v_0}{a}. \quad (6)$$

Теперь необходимо решить систему уравнений (4) и (5), удовлетворяющую начальным условиям (6).

Замечая, что левая часть уравнения (5) представляет выражение  $\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dt}(r^2 \dot{\theta})$ , можем его заменить уравнением  $\frac{d}{dt}(r^2 \dot{\theta}) = 0$

или

$$(r^2 \dot{\theta}) = C_1. \quad (7)$$



Из условий (6) видим, что при  $t = 0$   $r = a$  и  $\dot{\theta} = \frac{v_0}{a}$ . Используя это, из уравнения (7) получаем (8) и уравнение (4) будет выглядеть следующим образом:

$$\dot{\theta} = \frac{av_0}{r^2}; \quad (8)$$

$$\ddot{r} = \frac{a^2v_0^2}{r^3} - \frac{v}{r^2}. \quad (9)$$

Уравнение (9) решим методом понижения порядка, и рассмотрим только положительный корень:

$$\frac{dr}{dt} = \sqrt{\left(v_0^2 - \frac{2v}{a}\right) + \frac{2v}{r} - \frac{av_0^2}{r^2}}. \quad (10)$$

Для описания траектории Земли при ее движении необходимо получить уравнение, связывающее  $r$  и  $\theta$ . Разделим уравнение (10) на (8) и получим уравнение содержащее  $r$  и  $\theta$ , но не включающее  $t$ .

$$\frac{dr}{d\theta} = r\sqrt{Ar^2 + 2Br - 1}, \quad (11)$$

где  $A = \frac{1}{a^2} - \frac{2v}{a^3v_0^2}$ ,  $B = \frac{v}{a^2v_0^2}$ .

Разделяем переменные, интегрируем и получаем

$$\int \frac{dr}{r\sqrt{Ar^2 + 2Br - 1}} = \int d\theta = \theta + C_3. \quad (12)$$

Применяя подстановку  $r = \frac{1}{u}$ ,  $dr = -\frac{du}{u^2}$  и преобразовывая, получаем

$$\arccos \frac{u - B}{\sqrt{A + B^2}} = \theta + C_3. \quad (13)$$

Общее решение  $u = B + \sqrt{A + B^2} \cos(\theta + C_3) = B[1 + e \cos(\theta + C_3)]$ ,

где  $e = \frac{\sqrt{A + B^2}}{B} = \frac{av_0^2}{v} - 1$ .

Так как  $u = \frac{1}{r}$ , то  $r = \frac{\frac{a^2v_0^2}{v}}{1 + e \cos(\theta + C_3)}$ .

Начальное условие:  $\theta = 0 \quad r = a$ . Отсюда

$$a(1 + e \cos C_3) = \frac{a^2 v_0^2}{v}.$$

Сокращаем на  $a$  и переносим единицу в правую часть уравнения, и затем снова сокращая обе части равенства на  $e$ , получим искомую зависимость  $r = f(\theta)$ :

$$r = \frac{a^2 v_0^2}{v(1 + e \cos \theta)}.$$

### Литература

1. Пономарев К. К., Составление дифференциальных уравнений: Учебное пособие. – Мн., «Вышэйш. школа», 1973. – 560 с.

## КВАТЕРНИОНЫ

Хилюк И.М.

Научный руководитель: Лошкарева С.Ю., к.ф.-м.н., доцент

Кватернионы – система гиперкомплексных чисел, образующая векторное пространство размерностью четыре над полем вещественных чисел. Предложены Уильямом Гамильтоном в 1843 году.

Кватернионы удобны для описания изометрий трёх- и четырёхмерного евклидовых пространств, и поэтому получили широкое распространение в механике. Также их используют в вычислительной математике, например, при создании трёхмерной графики.

Кватернион представляет собой упорядоченную четверку действительных чисел  $s, a, b, c$ , которые связаны с четырьмя базисными элементами  $1, i, j, k$ , обладающими следующими свойствами:

$$\begin{aligned} i^2 = j^2 = k^2 &= -1 \\ ij = k, \quad jk = i, \quad ki = j, \\ ji = -k, \quad kj = -i, \quad ik = -i. \end{aligned}$$

Кватернион  $Q$  разделяют на скалярную часть  $s$  и векторную  $v$ , так что  $Q = (s, \bar{v}) = (s, ai + bj + ck)$   $s, a, b, c \in R$ .

Алгебра кватернионов

1) Сложение

$$Q_1 + Q_2 = (s_1 + s_2) + (v_1 + v_2).$$

2) Произведения кватернионов

$$Q_1 \circ Q_2 = (s_1 s_2 - (\bar{v}_1 \cdot \bar{v}_2) + (s_1 \bar{v}_2 + s_2 \bar{v}_1 + \bar{v}_1 \times \bar{v}_2).$$

3) Умножение кватерниона на скаляр

$$\alpha \cdot Q = (\alpha \cdot s_q) + (\alpha \cdot \bar{v}_q).$$

4) Сопряженный кватернион  $\tilde{Q}$

$$\tilde{Q} = (s - \bar{v}).$$

5) Норма кватернион  $\|Q\|$

$$\|Q\| = Q \circ \tilde{Q} = (s^2 + x^2 + y^2 + z^2) = \tilde{Q} \circ Q.$$

6) Кватернион  $Q$ , с единичной нормой  $\|Q\| = 1$ , называется единичным.

7) Модуль кватерниона

$$Q = \sqrt{\|Q\|}.$$

8) Обратный кватернион  $Q^{-1}$ , это такой кватернион, для которого характерно равенство:  $Q \circ Q^{-1} = Q^{-1} \circ Q = 1$

$$Q^{-1} = \frac{\tilde{Q}}{\|Q\|}.$$

Тригонометрическая форма записи кватерниона

$$Q = |Q| \left( \frac{s}{|Q|} + \frac{\bar{v}}{|Q|} \right) = |Q| (\cos \varphi + \bar{e} \sin \varphi).$$

Одна из самых важных причин использования кватернионов в компьютерной графике заключается в том, что кватернионы очень хорошо описывают повороты в пространстве. Кватернионы избавляют от проблем, отягощающих другие способы поворота точек в 3D-пространстве, такие как складывание рамок, в котором проблема заключается в представлении поворота в углах Эйлера.

### Литература

- 1) А.О. Ватульян. Кватернионы // Математика: Ростовский государственный университет, Ростов-на-Дону, 1999. – С. 177–120.
- 2) JeremiahvanOosten. UnderstandingQuaternions [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа <https://www.3dgep.com/understanding-quaternions/#Reference>. – Дата доступа: 25.06.2012.  
Кватернион // Википедия. [2020—2020]. Дата обновления: 28.02.2020.  
URL: <https://ru.wikipedia.org/?oldid=105384420> (дата обращения: 28.02.2020).

## ПРОГРАММА ПОШАГОВОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ЖОРДАНА-ГАУССА В СРЕДЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ MATHEMATICA

Кириченко Д.А.

Научный руководитель – Ласый П.Г., к.ф.-м.н., доцент

Система компьютерной алгебры *Mathematica* является одной из самых востребованных в научной среде и образовательном пространстве. Это объясняется исключительной мощностью этого программного продукта, его дружественным интерфейсом и наличием многочисленных пакетов приложений в самых различных областях.

Настоящая программа реализует классический метод Жордана-Гаусса решения произвольной системы линейных алгебраических уравнений. Она состоит из восемнадцати модулей, основными являются два: **SolSys** и **StepByStep**. Первый модуль служит для решения системы и вывода общего и базисного решений, второй управляет пошаговым решением системы. В качестве примера приведем код второго модуля.

```
StepByStep[x_]
:= Module{{YesNo, ijMatrix, iVector, wAB, pAB, changeBasis, logBasis}},
Print[x];

If[! testA, InputA[ ]; Return[ ]; If[MatrixQ[B], B
= Flatten[B]; If[! testB, InputB[ ]; Return[ ]; OutPutSystem; wAB
= extendedMatrix; ijMatrix = wBasis = pwBasis = {}; YesNo
= "Нет";

changeBasis = "Да"; logBasis = False; While[changeBasis == "Да",
While[YesNo == "Нет", i = j = 0;

While[! testij || (wAB[[i, j]] == 0), ijInput = ijDialogInput;

If[testijInput, i = ijInput[[1]]; j = ijInput[[2]]; iVector
= Flatten[Cases[ijMatrix, {i, _}]]; If[logBasis || (iVector
≠ {}), pwBasis = wBasis]; If[iVector ≠ {}, wBasis
= Cases[wBasis, Except[iVector[[2]]]]; ijMatrix
= Cases[ijMatrix, Except[iVector]]; ijMatrix
= ijMatrix ∪ {{i, j}}; If[! logBasis && (iVector == {}), pwBasis
= wBasis]; wBasis
= wBasis ∪ {j}; PrintStr["Номер разрешающей строки i = " <
> ToString[i] <> ", номер разрешающего столбца j = " <>
```

```

ToString[j] <> ": "; pAB = wAB; wAB[[i]] = wAB[[i]]/wAB[[i,j]]; For[k
= 1, k ≤ m, k ++,
If[k ≠ i, wAB[[k]] = wAB[[k]] - wAB[[i]]wAB[[k,j]]]; For[k = 1, k
≤ m, k ++, wAB[[k,j]] = 0]; wAB[[i,j]
= 1; CellPrint[Cell[BoxData[RowBox[{"(", GBox[pAB, pwBasis], ")"}], "", "("],
GBox[wAB, wBasis], ")"}]], FontWeight → Bold, Background
→ RGBColor[0.8, 1., 0.8],
CellMargins → {{50, Inherited}, {0, 0}}, CellFrame
→ {{3, 0}, {0, 0}}]; If[VerifywBasis&&Length[wBasis]!
= rangMatrix[extendedMatrix], PrintStr["Ранг матрицы системы равен"
<> ToString[rangMatrix[A]] <> ", ранг расширенной матрицы равен" <
> ToString[rangMatrix[extendedMatrix]] <
> ". Система несовместна!"]; Return[]]; If[!logBasis, YesNo
= "Да/Нет";
While[(YesNo ≠ "Да")&&(YesNo ≠ "Нет"), YesNo
= YesNoInput["Есть базис? "]]; PrintStr["Есть базис? ..." <>
YesNo <> "."]; If[VerifywBasis, Which[YesNo =
= "Да", PrintStr["Верно! Базис есть."], YesNo =
= "Нет", PrintStr["Неверно! Базис есть."]; YesNo = "Да"],
Which[YesNo == "Да", PrintStr["Неверно! Базиса нет."]; YesNo
= "Нет", YesNo =
= "Нет", PrintStr["Верно! Базиса нет."]], YesNo
= "Да"]; logBasis = True; BasisNumbers
= wBasis; logStepByStep = True; SolSys[];
logStepByStep = False; If[rangMatrix[A] =
= n, Return[]]; changeBasis
= "Да/Нет"; While[(changeBasis ≠ "Да")&&(changeBasis
≠ "Нет"),
changeBasis = YesNoInput["Изменить базис? "]];
PrintStr["Изменить базис? ..." <> changeBasis <> "."]; If[changeBasis
== "Да", YesNo = "Нет";
OutPutSys = True]]]

```

Для работы с программой создана палитра **PLinSystem2020**, которая содержит восемь команд:

Ввод $m, n \rightarrow$	<b>Inputmn</b> [■]
-------------------------	--------------------

Ввод матрицы  $A \rightarrow$  ***InputA***[■]  
 Формульный ввод  $A \rightarrow$  ***FinputA***[■]  
 Ввод столбца  $B \rightarrow$  ***InputB***[■]  
     Формульный ввод  $B \rightarrow$  ***FinputB***[■]  
 Решение системы  $\rightarrow$  ***SolSys***[■]  
     Step by step решение  $\rightarrow$  ***StepByStep***[■]  
 О программе  $\rightarrow$  ***About***[■]

Первая команда ***Inputmn***[■] используется для ввода числа уравнений  $m$  и числа неизвестных  $n$  системы.

Вторая и третья команды служат для ввода матрицы  $A$  коэффициентов системы. По команде ***InputA***[■] коэффициенты вводятся поэлементно, причем они могут быть рациональными или действительными числами, а также значениями любых числовых функций программы *Mathematica*. Команда ***FinputA***[■] позволяет записать единое аналитическое выражение для коэффициентов в виде:

$$a_{i\_j\_} := f[i, j];$$

где  $f[i, j]$  – любая числовая функция программы *Mathematica*.

Аналогично можно ввести и элементы столбца  $B$  правых частей системы – команды ***InputB***[■] и ***FinputB***[■].

При вводе всех данных следует придерживаться синтаксиса программы *Mathematica* ([1, 2] или Help программы).

Для решения системы в автоматическом режиме используется команда ***SolSys***[■]. По этой команде программа выводит жорданову форму расширенной матрицы системы и предлагает ввести список номеров базисных неизвестных, после чего, в случае совместности системы, она выводит ее общее решение и соответствующее базисное решение. Для удобства базисные неизвестные выводятся на красном фоне, их значения – на желтом.

Полезной для обучения методу Жордана-Гаусса является команда пошагового решения системы ***StepByStep***[■]. Она в цикле, шаг за шагом, запрашивает номера разрешающей строки и разрешающего столбца, пересчитывает и выводит расширенную матрицу системы до тех пор, пока не будет получен базис или не будет установлено, что система несовместна. В случае совместности выводится общее и соответствующее базисное решение системы. Затем программа предлагает изменить базис и, если предложение

принято, то она, после ввода номеров разрешающей строки и разрешающего столбца, пересчитывает базис и для нового базиса выводит жорданову форму расширенной матрицы системы, а также общее и соответствующее базисное решение.

Последняя команда **About**[■] выводит информацию о работе с программой.

Помимо использования этой программы при обучении методу Жордана-Гаусса, ее несложно модифицировать для решения задачи линейной оптимизации симплекс-методом.

## Литература

1. <https://www.wolfram.com/language/elementary-introduction/2nd-ed/?source=nav> (Электронный ресурс. Режим доступа).
2. <https://reference.wolfram.com/language/> (Электронный ресурс. Режим доступа).



## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАВМАТИЗМА

Калита А.И.

Научный руководитель – Чепелева Т.И., к. т. н., доцент

Созданная в Республике Беларусь система охраны труда является достаточно эффективной. Коэффициент производственных травм по отношению к другим государствам не велик. В международной практике важную роль играет при оценке состояния охраны труда и производственного травматизма показатель частоты производственного травматизма. Показатель частоты производственного травматизма – это есть численность потерпевших на производстве в расчете на 100 тысяч работающих, которые застрахованы по обязательному страхованию от несчастных случаев и профессиональных заболеваний.

Коэффициент частоты производственного травматизма в Республике Беларусь в 2019 году со смертельным исходом составил 3.6, не превысил европейский, на 1.8 ниже российского и на 7.7 ниже по отношению к коэффициенту всего мира, однако выше на 2.2 по сравнению с Германией. В 2018 году из-за травматизма по данным Белстата потеряно 73.2 тыс. человеко-дней, а в 2019 году – 79.4 тыс., что на 6.2 тыс. человеко-дней больше, а это привело к значительному экономическому ущербу. В 2019 году в Республике Беларусь по данным БРУСП «Белгосстрах» было застраховано 3 939 980 человек по обязательному страхованию от несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве, что на 11 тыс. меньше по сравнению с 2018 г. (3 940 988).

Коэффициент частоты производственного травматизма в 2019 году составил 51,8, ниже нежели в 2018 году (53,7). Коэффициент частоты травматизма со смертельным исходом, т. е. численность погибших на производстве в расчете на 100 тысяч застрахованных, снизился с 3,7 до 3,6.

Причинами травматизма являются, как правило, не совсем надлежащие условия труда и сниженный уровень техники безопасности в отдельных организациях. Могут быть травмы из-за неисправности оборудования, расчетно-исследовательских недостатков и от технологических нарушений. Уровень травматизма зависит также от квалификации и профессии работника, от его психологического настроения, возраста, состояния здоровья и т. п.

Используются абсолютные и относительные показатели для расчета травматизма по числу пострадавших и тяжести травм [1]. Абсолютные показатели – это число случаев и число пострадавших, получивших травматологическое заболевание, возможно инвалидность, число умерших от этих заболеваний, а также число человеко-дней временной нетрудоспособности при травматизме.

При расчете относительных показателей травматизма определяют уровень, частоту и тяжесть. Они обычно рассчитываются на 1000 или на 10000 человек.

Уровень травматизма или коэффициент нетрудоспособности – это число дней временной нетрудоспособности работников на 10 тыс. человек. Иногда уровень травматизма измеряют удельным весом условно потерянных лиц в их общей численности за год, т.е. измеряться может отношением числа дней нетрудоспособности работников к числу рабочих дней в году.

Частота травматизма – это число случаев в расчете на один рабочий день, или удельный вес пострадавших от числа работающих, или берется число случаев пострадавших на 10 тыс. работников.

Тяжесть травматизма обычно вычисляется продолжительностью нетрудоспособности на одного пострадавшего.

Проведен статистический анализ травматизма и временной нетрудоспособности работников. Для этого составлена программа на языке C++, позволяющая определить:

1. Коэффициенты частоты заболеваний в базисном и отчетном периодах.
2. Коэффициенты тяжести заболеваний в базисном и отчетном периодах.
3. Коэффициенты опасности заболеваний в базисном и отчетном периодах.

Коэффициенты рассчитывались с учетом: средней величины однодневного пособия, средней дневной заработной платы, абсолютного размера пособий по временной нетрудоспособности, числа застрахованных лиц, среднесписочной численности рабочих в базисном и отчетном периодах, числа дней нетрудоспособности (общего числа оплаченных дней) в базисном и отчетном периодах, числа случаев временной нетрудоспособности в базисном и в отчетном периодах.

Проведена проверка полученных данных опасности заболеваний в базисном и в отчетном периодах. Эти цифры совпали при произведении коэффициента частоты заболеваний на коэффициент тяжести заболеваний в соответствующих периодах. Программным образом проведен расчет и получена геометрическая интерпретация изменения коэффициента опасности заболеваний, а также изменения коэффициента опасности заболеваний за счет частоты заболеваний и за счет тяжести заболеваний.

По работе сделан вывод, состоящий в том, что в отчетном периоде по сравнению с базисным скорость заболеваний снизилась на 140 дней, причем за счет изменения тяжести заболеваний она снизилась на 7 дней, а за счет опасности заболеваний – на 134 дня.

## Литература

1. Статистика: показатели и методы анализа: справ. пособие / Под ред. М. М. Новикова. – Минск: Современная школа, 2005 г. – 628 с.

## ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРУЖЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

Миллер В.А.

Научные руководители - Рудый А.Н., к.ф.-м.н., доцент;

Матвеева Л.Д., к.ф.-м.н., доцент

Сегодня многие страны сталкиваются с острой проблемой перегруженности транспортной сети в крупных городах и возникновением вследствие этого заторов на дорогах, которые увеличивают расход топлива при езде, срывают ритмичность поставок и приносят существенный экономический ущерб. Так, ещё в 2009 году главный государственный инспектор безопасности дорожного движения Российской Федерации Виктор Кирьянов сообщил, что ущерб от автомобильных пробок в Москве составляет 40 млрд. рублей в год [1], а по данным исследования 2018 года американской компании INRIX годовой ущерб от пробок в США составляет 87 миллиардов долларов или \$1,348 и 97 часов времени в пересчёте на одного водителя. [2]

К основным причинам возникновения заторов относят:

- низкую культуру вождения, несоблюдение ПДД;
- плохое качество дорог;
- осадки, туман и прочие климатические условия;
- проведение на дорогах ремонтных работ;
- выход из строя светофоров, стёртую дорожную разметку, а также отсутствие необходимых дорожных знаков;
- перегрузку транспортной сети.

На практике было доказано, что именно последняя причина является наиболее значимой: обеспеченность населения легковыми автомобилями непрерывно растёт, из-за чего в транспортной сети крупных городов фактическое количество подвижного состава на дорогах может не соответствовать их проектной пропускной способности.

Эффект возникновения пробок при отсутствии аварий на дорогах (явление «фантомных» пробок) хорошо описывает компьютерная симуляция Нагель-Шрекенберга. Полученный на её основе график зависимости потока автомобилей от средней плотности движения показывает наличие порогового уровня, после которого вероятность образования затора резко возрастает.

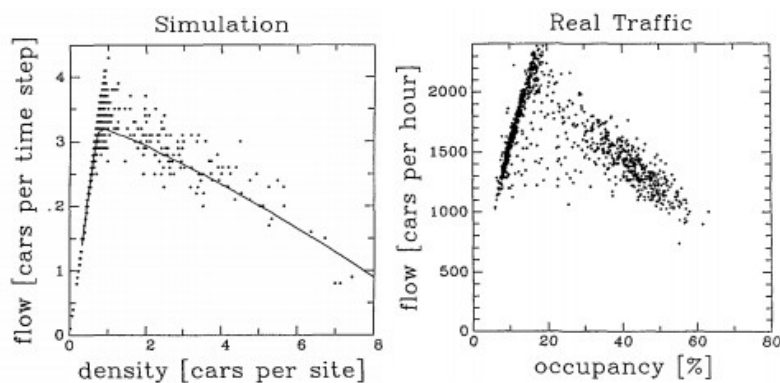


График зависимости потока автомобилей от средней плотности движения [3]

Разработанный в представленном исследовании алгоритм нахождения наиболее надёжного маршрута на первом этапе предполагает разбиение транспортной сети на отдельные участки (дуги) и оценку вероятности попадания автомобиля в затор для этих дуг в зависимости от соотношения их пропускных способностей и потока автомобилей в определённый момент времени. Далее, по аналогии с алгоритмом Дейкстры нахождения кратчайшего пути, при помощи инструментария теории вероятностей находится путь с максимальной вероятностью того, что автомобиль ни разу не попадёт в затор при прохождении по нему. Полученный маршрут движения признаётся оптимальным по критерию надёжности.

Алгоритм нахождения пути максимальной вероятности может быть внедрён в Яндекс-Карты или Google-Maps компаниями, которые ведут статистику заторов на дорогах в крупных городах и могут оперативно оценивать плотность транспортного потока на участках транспортной сети, прокладывая для пользователей оптимальные маршруты.

## Литература

1. Подсчитан ущерб от автомобильных пробок [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/1102562>
2. INRIX: Congestion Costs Each American 97 hours, \$1,348 A Year [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.prnewswire.com/news-releases/inrix-congestion-costseach-american-97-hours-1-348-a-year-300793672.html>
3. A cellular automaton model for freeway traffic [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://hal.archivesouvertes.fr/file/index/docid/246697/filename/ajp-jp1v2p2221.pdf>

## ЗАДАЧА ВЫБОРА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Анисько В.

Научный руководитель – Лебедева Г.И., к.т.н., доцент

Задача выбора подвижного состава своей целью имеет обеспечить эффективную работу транспорта на маршрутной сети и повысить уровень качества пассажирских перевозок.

Следует выделить два класса задач:

- задачу выбора подвижного состава;
- задачу распределения автобусов по маршрутам.

Практически это взаимосвязанные задачи. Различие состоит в том, что распределение представляет собой выбор потребного количества автобусов при введении дополнительного ограничения на общее количество автобусов, подлежащих распределению.

При отсутствии колебания пассажиропотока по времени и расстоянию и регулярном движении автобусов потребное количество подвижного состава определяется по формуле

$$A = \frac{P}{W},$$

где  $W$  – производительность автобуса;  $P$  – пассажиропоток.

Однако такой вариант встречается редко.

Основной особенностью пассажиропотоков являются их колебания в пространстве и времени. Это накладывает определенный отпечаток на решение рассматриваемой задачи.

В начальный период автомобилизации выбор подвижного состава осуществлялся исходя из технических характеристик автобусов. Затем больше внимания стало уделяться экономическим и эксплуатационным показателям. В настоящее время для выбора подвижного состава используются:

- метод сравнения сумм расходов автотранспортных предприятий при различных вариантах;
- табличный метод для определения вместимости автобусов;
- графический метод, основанный на построении пространственных эпюр;
- метод оценки эффективности использования автобусов на маршруте величиной среднегодовых приведенных затрат, необходимых для обслуживания маршрута автобусами;

- критерий минимума народнохозяйственных затрат при соответствующих ограничениях на количество и вместимость подвижного состава.

Ряд авторов (Е.Н. Буман, Ю.Н. Шульга и др.) предприняли попытку решить рассматриваемую задачу в вероятностной постановке. Однако ввиду неполного учета факторов, влияющих на выбор подвижного состава, и разного определения закона подхода пассажиров к остановке эти задачи практического применения не получили.

Большой частью используется метод выбора требуемого количества автобусов исходя из пассажиропотока на наиболее загруженном участке (И.Л. Цеханович, М.Д. Блатнов и др.):

$$A = \frac{P_{\max} \cdot t_{\text{об}} \cdot k_T}{\bar{g} \cdot T \cdot k_H},$$

где  $P_{\max}$  – максимальный пассажиропоток участка;  $t_{\text{об}}$  – продолжительность оборотного рейса;  $\bar{g}$  – расчетная вместимость одного автобуса;  $k_T$  – коэффициент технической готовности автобусов;  $k_H$  – коэффициент наполнения автобуса.

Распределение автобусов по маршрутам осуществляется исходя из:

1) равенства коэффициентов использования вместимости на наиболее загруженных участках маршрута;

2) пропорциональности числа автобусов ( $A$ ) количеству пассажиро-километров, приходящихся на каждый маршрут:

$$A = \frac{W_i \cdot A_{\text{ср}} \cdot d_v}{\sum W_i},$$

где  $A_{\text{ср}}$  – среднесписочное количество автобусов;  $d_v$  – коэффициент выпуска автобусов;  $W_i$  – количество пассажиро-километров на  $i$ -м маршруте;

3) равенства вероятности отказов в посадке пассажиров (И.В. Спирин и др.):

$$\sum_{j=1}^n |P_{\text{отк}_j} - P_{\text{отк}_{\text{ср}}}| \rightarrow \min,$$

$$\text{где } P_{\text{отк}_{\text{ср}}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n P_{\text{отк}_j};$$

4) среднеквадратического значения пассажиропотока на участке маршрута;

5) минимума народнохозяйственных затрат.



Решение задачи осуществляется с использованием методов линейного программирования, динамического программирования и др.

Задача выбора подвижного состава может быть решена в двух постановках:

- вместимость автобуса является произвольной величиной;
- вместимость автобуса выбирается из заданного ряда.

В общем случае рассматриваемая задача должна учитывать интересы и пассажиров, и АТП, которые являются противоречивыми. А именно: с точки зрения пассажиров на маршрутах необходимо иметь как можно больше автобусов и как можно большей вместимости. С точки зрения АТП количество автобусов и их вместимость по возможности должны быть уменьшены.

Потребность населения в передвижениях определяется уровнем развития общества, его социальной структурой, уровнем развития общественного производства, сложившимся укладом жизни, характером расселения и т. д. Перемещения людей можно представить в виде суммы передвижений (корреспонденции).

Согласно традиционным подходам к организации пассажирских перевозок общественным транспортом все передвижения жителей можно разделить на передвижения с трудовыми, деловыми, учебными и культурно-бытовыми целями. При расчетах количества перемещений, совершаемых одним жителем города за год, население, с точки зрения одинаковой занятости и равной транспортной потребности, принято делить на следующие группы: самостоятельное население, учащиеся, несамостоятельное население.

Объем трудовых передвижений самостоятельного населения определяется по формуле:

$$Q_{см}^m = 2 \cdot (N_{общ} - N_{ст} - N_{нс}) \cdot D_p$$

где  $N_{общ}$  - общая численность жителей города, тыс. чел.;  $N_{ст}$  - численность учащихся высших и средних учебных заведений, тыс. чел.;  $N_{нс}$  - численность несамостоятельного населения, тыс. чел.

Подвижность несамостоятельного населения:

$$Q_{нс}^m = \frac{2 \cdot N_{нс} \cdot D_p \cdot d_{нс}}{100}$$

где  $d_{нс}$  - трудовая подвижность несамостоятельного населения в % от градообразующей.

Трудовая подвижность студентов:

$$Q_c^m = 2 \cdot N_{см} \cdot D_y$$

где  $D_y$  - дни учебы студентов, дн.

Деловая подвижность:

$$Q_d = d_{cl}(P_c^m + P_{nc}^m + P_{cm}^m)/100$$

где  $d_{cl}$  - доля деловых передвижений, в % от трудовой подвижности.

Культурно-бытовые передвижения:

$$Q_{kb} = P_{kb} \cdot N_{общ}$$

где  $P_{kb}$  - культурно-бытовые перемещения на 1 жителя в год.

Общая подвижность населения города:

$$Q_{общ} = Q_{cm}^m + Q_{nc}^m + Q_d + Q_{kb}.$$

### Литература

1. Монахов, В.М. Методы оптимизации / В.М. Монахов, Э.С. Беляев, Н.Я. Краснер. М., Просвещение, 1978.
2. Спирин, И.В. Исследование вопросов выбора и распределения подвижного состава на городских автобусных маршрутах / И.В. Спирин. М., НИИАТ, 1979.

## ПОСТРОЕНИЕ И РАСЧЕТ МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА В EXCEL

Устинович К.А.

Научный руководитель – Кузьмицкая Э.Е., старший преподаватель

С помощью таблицы межотраслевого баланса в стоимостном выражении представляются экономические связи между чистыми отраслями непроеизводственной сферы и внешним миром, которые возникают при производстве, распределении продукции, работ и услуг.

Таблица 1

Межотраслевой баланс производства и потребления продукции

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечный продукт $Y$	Валовой продукт $X$
1				$Y_1$	$X_1$
2	$11$	$12$	$1n$	$Y_2$	$X_2$
...				...	...
n	$21$	$22$	$2n$	$Y_n$	$X_n$
	$n1$	$n2$	$nn$		
Добавленная стоимость	$1$	$2$	$n$	$\sum_{i=1}^n Y_i =$	
Валовой продукт	$1$	$2$	$n$		$\sum_{i=1}^n X_i = \sum_j$

Структура таблицы представлена 3 квадрантами. В первом квадранте отражены  $X_{ij}$  межотраслевые потоки, характеризующие промежуточные затраты отраслей при производстве продукции, работ, услуг. Второй квадрант составляет конечный продукт  $Y$ , в котором представлено конечное использование продукции отраслей, распределенное на конечное потребление, инвестиции, экспорт и импорт. Третий квадрант представлен

добавленной стоимостью  $Z$ , присоединенной в отраслях к затратам продукции других отраслей при производстве продукции, работ, услуг.

В межотраслевом балансе имеют место следующие балансовые соотношения:

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + Y_i, \quad i = 1, 2, \dots, n,$$

$$Z_j = X_j - \sum_{i=1}^n X_{ij},$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = \sum_{j=1}^n Z_j, \quad (1.1)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = \sum_{j=1}^n X_j.$$

$X_{ij}$  – стоимость продукции  $i$ -ой отрасли, потреблённой в  $j$ -ой отрасли в течение года (межотраслевые поставки);

$Y_i$  – объем потребления продукции  $i$ -ой отрасли в непроизводственной сфере;

$Z_j$  – добавленная стоимость в  $j$ -ой отрасли, которая включает оплату труда, чистый доход, амортизацию.

Основу экономико-математической модели межотраслевого баланса представляет матрица, содержащая коэффициенты прямых затрат на производство единицы продукции.

Коэффициенты прямых затрат определяются по формулам:

$$a_{ij} = X_{ij}/X_j, \quad i, j = 1, 2, \dots, n. \quad (1.2)$$

Из (1.2) следует, что:

$$X_{ij} = a_{ij}X_j. \quad (1.3)$$

$$X_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + Y_i \quad (1.4)$$

или в матричном виде:

$$X = AX + Y \quad (1.5)$$

Откуда следует:

$$Y = (E - A)X \quad (1.6)$$

$$X = (E - A)^{-1}Y \quad (1.7)$$

Система уравнений (1.4), (1.5), (1.6) называется статической моделью Леонтьева. Рассмотрим данную модель на примере задачи с применением *MSExcel*. По матрице коэффициентов прямых затрат  $A$  и вектору конечной продукции  $Y$  (рисунок 1) определить:

- 1) матрицу коэффициентов полных материальных затрат  $B = (E - A)^{-1}$ ;
- 2) вектор валовых выпусков  $X$ .

Построить таблицу межотраслевого баланса отчётного периода.

По вектору валовых выпусков  $X_{пл}$  построить таблицу межотраслевого баланса планового периода (рисунок 5).

Матрица А			Вектор У
0,1	0	0,3	450
0,1	0,2	0	250
0,2	0,1	0,4	950

Рисунок 1. Исходные данные по матрице коэффициентов прямых затрат  $A$  и вектору конечной продукции  $Y$

Найдём матрицу коэффициентов полных материальных затрат  $B=(E-A)^{-1}$ . Для этого введём в таблицу Excel матрицу  $E$  (единичную матрицу) и рассчитаем матрицу затраты-выпуск  $E-A$ , а затем с помощью функции МОБР рассчитаем обратную ей матрицу  $B=(E-A)^{-1}$  (рисунок 2).

Для расчёта обратной матрицы выделим диапазон для возвращения результата, вызовем функцию МОБР и введём в нее массив, соответствующий матрице  $E-A$ .

Матрица E		
1	0	0
0	1	0
0	0	1
Матрица E-A		
0,9	0	-0,3
-0,1	0,8	0
-0,2	-0,1	0,6
Матрица B		
1,25984	0,07874	0,62992
0,15748	1,25984	0,07874
0,44619	0,23622	1,88976

Рисунок 2. Расчет матрицы коэффициентов полных материальных затрат

Рассчитаем вектор валовых выпусков  $X$ , который находится в результате умножения матрицы коэффициентов полных затрат  $B$  на вектор конечной продукции  $Y$  (рисунок 3).

Для расчета на листе Excel выделим диапазон для возвращения результата, вызовем функцию МУМНОЖ и введём в нее массивы матрицы  $B$  и вектора  $Y$ .

Вектор X=BY
1185,03937
460,6299213
2055,11811

Рисунок 3. Расчет вектора валовых выпусков  $X$

По полученным значениям строится таблица межотраслевого баланса, в которой рассчитывается добавленная стоимость (рисунок 4).

Межотраслевые поставки  $X_{ij}$  находятся путем перемножения соответствующих элементов матрицы прямых затрат  $a_{ij}$  на валовый продукт потребляющей отрасли  $X_j$  (формула (1.3)).

Добавленная стоимость  $Z_j$  находится как разница между валовым продуктом  $X_j$  и суммой столбца квадранта промежуточного потребления (первый квадрант) соответствующей потребляющей отрасли.

Производящие отрасли	Таблица МОБ отчетного периода			Конечный продукт	Валовый продукт
	Потребляющие отрасли				
	1	2	3		
1	118,5039	0	616,5354331	450	1185,03937
2	118,5039	92,12598	0	250	460,6299213
3	237,0079	46,06299	822,0472441	950	2055,11811
Добавленная стоимость	711,0236	322,4409	616,5354331	1650	
Валовый продукт	1185,039	460,6299	2055,11811	1650	

Рисунок 4. Таблица межотраслевого баланса отчётного периода

Так как на рисунке 4 выполняется балансовое соотношение, где сумма конечного продукта равна сумме добавленной стоимости, то мы можем убедиться в правильности наших расчетов.

Вектор $X_{пл}$
600
700
1000

Рисунок 5. Исходные данные для построения таблицы межотраслевого баланса планового периода

Для построения таблицы межотраслевого баланса планового периода определяем вектор конечной продукции  $Y$  путем умножения матрицы затраты-выпуск  $(E-A)$  на вектор валовых выпусков  $X_{пл}$  (рисунок 6).

Производящие отрасли	Таблица МОБ планового периода			Конечный продукт	Валовый продукт
	Потребляющие отрасли				
	1	2	3		
1	60	0	300	240	600
2	60	140	0	500	700
3	120	70	400	410	1000
Добавленная стоимость	360	490	300	1150	
Валовый продукт	600	700	1000	1150	

Рисунок 5. Таблица межотраслевого баланса планового периода

Убедившись в верности балансового соотношения, делаем вывод о правильности расчетов.

## Литература

1. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. — М.: Финансы и статистика, 2001. — 368 с.
2. Мур, Д. Экономическое моделирование в Microsoft Excel / Д. Мур, Л. Уэдерфорд. — 6-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1024 с.

## UNTERSUCHUNG DYNAMISCHER PROZESSE IN EINEM EINFACHWIRKENDEN PNEUMATISCHEN KOLBENANTRIEB

Antonov N.G.

Koordiniert von Oberhochschullehrerin - Woronowitsch G. K., k.t.n., docent

Die dynamischen Eigenschaften eines einfachwirkenden Kolbenantriebs (Abb. 1) können durch Lösen eines ODE-Systems bestimmt werden, das die Hauptprozesse in einem pneumatischen Antrieb beschreibt. Die Luftmasse im Arbeitshohlraum zu einem beliebigen Zeitpunkt ist gleich:

$$M = \rho(V_0 + V) = \left[ \frac{P}{RT} \right] (V_0 + S_{\pi} \Delta l) \quad (1)$$

wobei  $\rho$  die Gasdichte ist;  $V_0$  ist das Anfangsvolumen des Hohlraums;  $V$  ist der variable Teil des Volumens des Hohlraums;  $S_{\pi}$  ist die Kolbenfläche;  $P$  - Druck im Arbeitsraum;  $P$  ist die Gaskonstante;  $T$  ist die absolute Temperatur des Gases;  $\Delta l$  - Verschiebung des Kolbens.

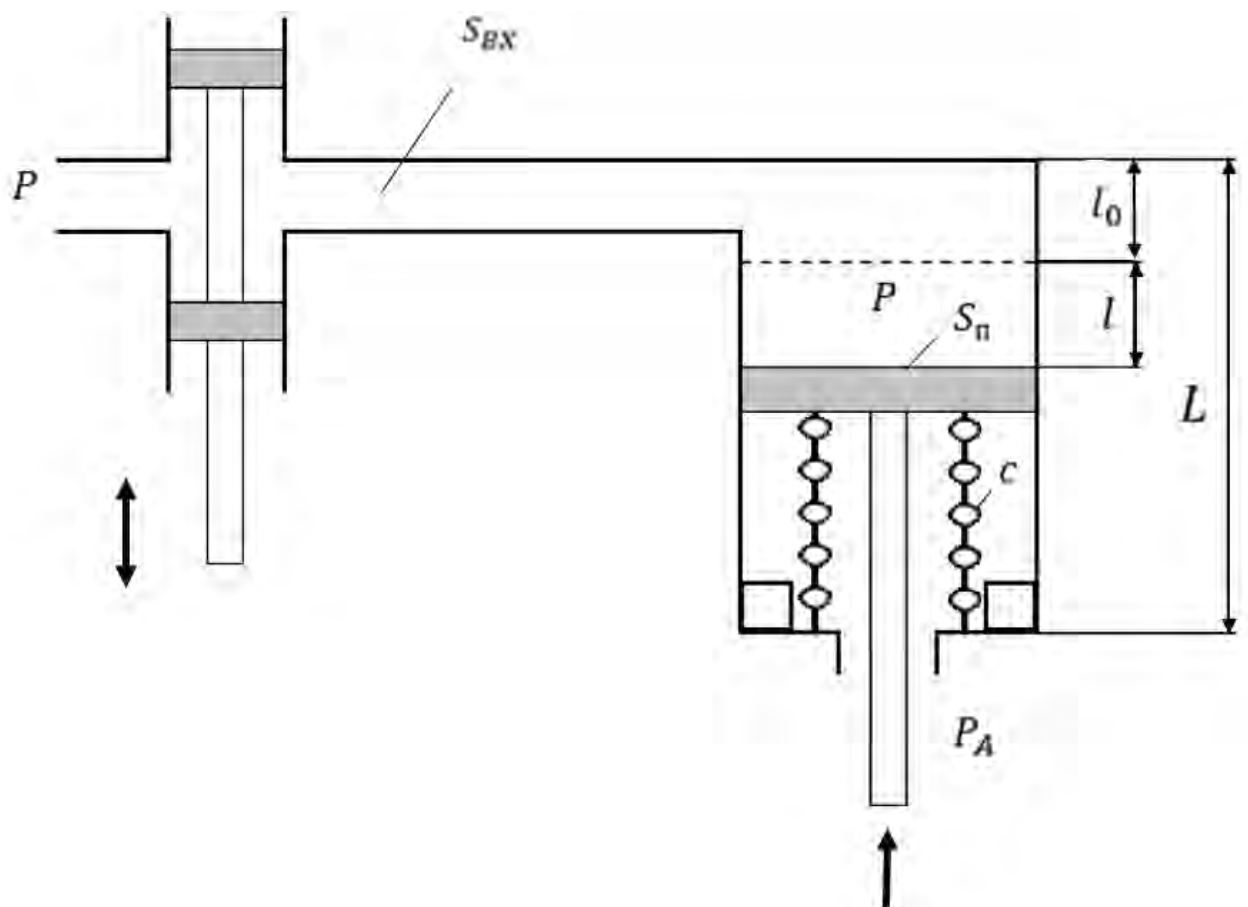


Abb.1

Wenn wir Gleichung (1) in Bezug auf die Zeit differenzieren, erhalten wir:

$$\frac{dM}{dt} = g = \frac{1}{RT} \frac{dP}{dt} (S_{\Pi} l_0 + S_{\Pi} \Delta l) + \frac{P}{RT} S_{\Pi} \frac{dl}{dt}$$



$$\frac{dP}{dt} = - \frac{P \frac{dl}{dt}}{l_0 + l} + \frac{RT}{S_{\Pi}} \frac{g}{l_0 + l}$$

Dabei ist  $l_0$  die Ausgangsposition des Kolbens.

Der Massenstrom von Gas  $g$  ist eine Funktion der Zeit und ist gleich:

$$g = \begin{cases} \mu S_{BX} P' \sqrt{\frac{1}{2RT}} & \text{Für unterkritische Momente } \left(\frac{P}{P'} < 0,5\right) \\ \mu S_{BX} \sqrt{\frac{2}{RT}} \sqrt{P(P' - P)} & \text{Für überkritischen Moment } \left(\frac{P}{P'} > 0,5\right) \end{cases}$$

Wobei  $\mu$  - Durchflusskoeffizient;  $S_{BX}$  - Einlassbereich;  $P'$  ist der Versorgungsdruck. Die Bewegungsgleichung beim Bewegen des Kolbens in Vorwärtsrichtung lautet:

$$S_{\Pi}(P - P_A) = m \left( \frac{d^2 l}{dt^2} \right) + N$$

Wobei  $P_A$  - Umweltdruck;  $m$  ist die Masse des Kolbens;

$N = c(l_0 + l) + N_{T\Pi} + N_{\Pi} + N_B$  - äußere Kräfte, die auf den Kolben wirken, wobei

$c$ - Federsteifigkeit;  $N_{T\Pi}$  ist die Reibungskraft;  $N_{\Pi}$ - die auf den Kolben wirkende Kraft;  $N_B$  ist das Gewicht des Kolbens.

$$\frac{dl}{dt} = v;$$

$$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{1}{m}\right)(S_{\Pi}P - cl - S_{\Pi}P_A - N_{T\Pi} - N_{\Pi} - N_B - cl_0)$$



Somit wird die Dynamik des kolbenpneumatischen Aktuators durch das folgende ODE-System beschrieben:

$$\frac{dl}{dt} = v;$$

$$\dot{v} = a_1 P + a_2 l + a_3;$$

$$\dot{p} = \frac{a_4 P v}{a_5 + l} + \frac{a_6 g(P)}{(a_5 + l)},$$

Wobei  $a_1 = \frac{S_{\Pi}}{m}$ ;  $a_2 = \frac{c}{m}$ ;  $a_3 = \frac{-S_{\Pi} P_A - N_{TP} - N_{\Pi} - c l_0}{m}$ ;  $a_4 = -1$ ;  $a_5 = l_0$ ;

$$a_6 = \frac{RT}{S_{\Pi}}; \quad g(P) = \begin{cases} a_7, & \text{wenn } P/a_9 < 0,5; \\ a_8 \sqrt{P(a_9 - P)}, & (2); a_7 = \\ & \text{wenn } P/a_9 > 0,5; \end{cases}$$

$$\mu S_{BX} P \sqrt{1/(2RT)};$$

$$a_8 = \mu S_{BX} \sqrt{2/(RT)}; a_9 = P'.$$

Ein Ersatzschaltbild zum Lösen des Systems (2) unter Verwendung des PA-6-Komplexes ist in Abbildung (2) dargestellt.

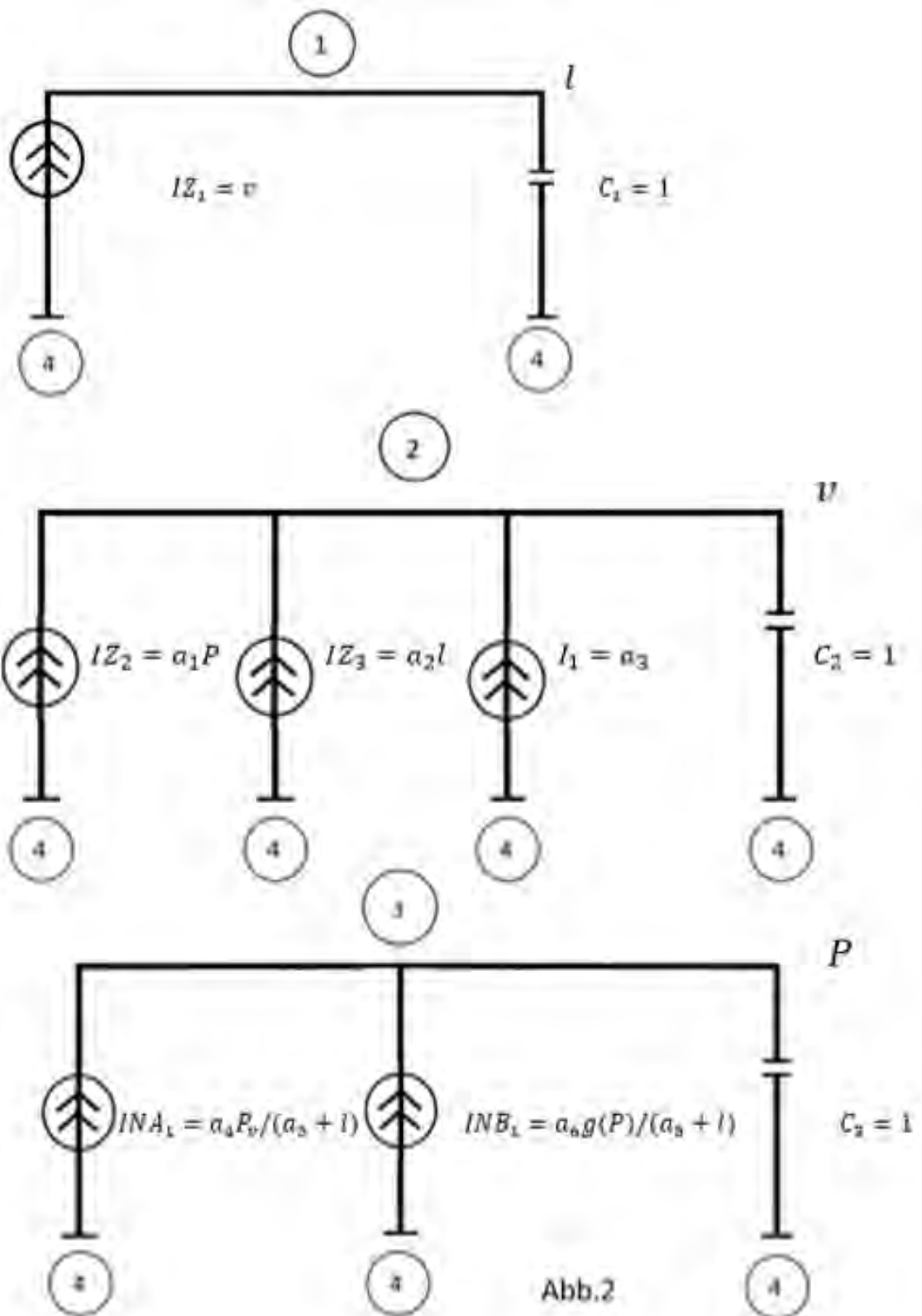


Abb.2