

Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского

Арзамасский филиал ННГУ

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
И
ПРИКЛАДНАЯ
МАТЕМАТИКА**

*Сборник статей участников
Всероссийской научно-практической конференции*

24–25 марта 2022 г.

Арзамас
Арзамасский филиал ННГУ
2022

УДК 519.72:004(063)
ББК 32.81+22.18я73
И 74

*Печатается по решению ученого совета Арзамасского филиала ННГУ
(протокол №8 от 24.11.2022 г.)*

Рецензенты:

начальник отдела информационных технологий ПАО АНПП «ТЕМП-АВИА»,
кандидат технических наук **С.Б. Жилина**;
декан факультета машиностроения, приборостроения, информационных технологий ФГБОУ
ВО НГТУ «Арзамасский политехнический институт (филиал)»,
кандидат физико-математических наук, доцент **Т.Е. Эварт**

Редакционная коллегия:

к.п.н., доцент **А.А. Статуев**, к.п.н., доцент **М.И. Фокеев**,
д.т.н., профессор **Н.П. Ямпурин**, д.ф.-м.н., профессор **П.В. Пакшин**,
к.т.н., доцент **В.И. Поздяев**, к.п.н., доцент **Е.А. Первушкина**

И 74 Информационные технологии и прикладная математика: сборник статей участников
Всероссийской научно-практической конференции (24–25 марта 2022 г.) / отв. ред.
А.А. Статуев; Арзамасский филиал ННГУ. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ,
2022. – 222 с.
ISBN 978-5-6046143-9-6

В сборнике представлены научные статьи, основанные на докладах Всероссийской научно-практической конференции «Информационные технологии и прикладная математика», прошедшей 24–25 марта 2022 года в городе Арзамасе. Среди авторов – студенты, аспиранты, молодые ученые из Москвы, Нижнего Новгорода, Кирова, Сыктывкара, Саранска и Арзамаса. Тематика сборника ориентирована на освещение актуальных вопросов теории и практики современной науки в области математики и информационных технологий. Особое внимание уделено таким направлениям, как прикладная математика, прикладная информатика, математическое моделирование, программирование, что обусловлено интенсивным развитием в последние годы соответствующих образовательных и научных направлений в российских вузах.

Издание адресовано студентам и аспирантам, интересующимся новейшими результатами фундаментальных и прикладных исследований по математике и информационным технологиям.

УДК 519.72:004(063)
ББК 32.81+22.18я73

ISBN 978-5-6046143-9-6

© Арзамасский филиал ННГУ, 2022

Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ	6
Белых Е.А. Реализация API для работы с таблицами при генерации документов	7
Бочкарева М.Д. Взаимосвязь сходимости бесконечного произведения и числового ряда	12
Бугорков А.Ю. Лабораторный силовой источник питания для исследования полупроводниковых приборов	16
Бузуева Ю.Е. Разработка прикладного решения для обучения детей дошкольного возраста	20
Буканов Г.А. Применение машинного обучения для подбора оптимальных параметров жадных алгоритмов в процессе настройки на особенности производства	24
Буянов А.Д., Куликов В.А. Разработка нейронной сети специального вида (автоэнкодера) для решения задачи редукции пространства многомерных функций	34
Голубева Е.П. Разработка электронного образовательного ресурса для обучения английскому языку учащихся начальной школы	39
Гусев М.Н., Писаревский Д.А. Электронное средство обучения «Основы веб-дизайна» на базе игровых и соревновательных элементов	44
Дельцова М.В. Разработка автоматизированного устройства тестирования реле	49
Дрямова Е.Е. Модуль контроля автономного источника питания	58
Дуева И.В. Оптимальные методы решения задач с поиском маршрута	62
Егунова Е.П. Гармонический анализ характеристик резонатора волнового твердотельного гироскопа	72
Ершов К.А. Возможности и недостатки применения VR- и AR-технологий в образовании	80
Знятдинов М.Р. Использование платформы Unity в образовательной робототехнике	84

<i>Зубков Н.В., Кечин Е.С.</i>	
Применение методик компьютерного моделирования для исследования кремниевых структур МЭМС-акселерометров	86
<i>Зубков Н.В., Кечин Е.С., Кочетков И.Е., Лазарев А.Е.</i>	
Применение имитационного моделирования при проектировании вихревого расходомера	93
<i>Исаев Е.М., Савельев В.Н.</i>	
Моделирование и выбор параметров модуля преселектора приемного тракта	98
<i>Казюлина Д.А., Кисуров Е.Д.</i>	
Виды инновационных продуктов в Нижегородской области	104
<i>Капунова Е.А.</i>	
Исследование характеристик индукционного датчика линейного перемещения для управления оптической системой	109
<i>Карпушкина А.Д.</i>	
Автоматизированные информационные системы с использованием чат-бота	114
<i>Колосков К.С.</i>	
Сравнительный анализ устройств контроля вибрационных воздействий	118
<i>Коляскин С.А.</i>	
Разработка портативного прибора для измерения вибрации в рамках модернизации виброметра D141	122
<i>Копосов А.С.</i>	
Сетевое управление с итеративным обучением при изменении эталонной траектории в условиях случайных возмущений	125
<i>Костюк В.И.</i>	
Нейросетевой синтез контура стабилизации угла тангажа летательного аппарата	135
<i>Кузнецов И.А., Лазарева Е.И.</i>	
Разработка функциональной схемы отладочно-печатного узла на базе отечественного микроконтроллера K1986BE92QI	144
<i>Липшева К.В.</i>	
Организация работы по повышению квалификации педагогических кадров в условиях дистанционного обучения	149
<i>Макарцева Т.В.</i>	
Реализация бесконтактного способа протечки	152
<i>Мангилев Л.С.</i>	
Создание приложения для реализации методов сортировки с помощью платформы Windows Forms	156

Охматов С.О.	
Проектирование навигационно-пилотажной информационной системы самолета	161
Позяев В.Н.	
Информационные технологии в растениеводстве	168
Потенга А.В.	
Использование информационных систем в отношении бездомных животных	174
Прохорова К.С.	
Комбинации и футбол	177
Сазанов А.А.	
Автоматизированная система учета «Учет договоров»	181
Сатканов А.А., Парадеев Д.С.	
Разработка приложения «виртуальная визитка» с использованием технологий Bluetooth и NFC	192
Серова Е.Р.	
Современный анализ на примере теории сходимости	196
Сустаева Е.А.	
Обзор использования MEMS-технологий для изготовления СВЧ электрорадиоэлементов	200
Федосеенко Д.С.	
Разработка алгоритма повышения достоверности определения координат	206
Харитонов Л.С.	
Разработка электронного учебного пособия по программированию на языке C++	211
Чиждкова Е.А.	
Графовые модели для выбора оптимального пути	218

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник статей Всероссийской конференции «Информационные технологии и прикладная математика» содержит аспирантские и студенческие научные статьи по следующим направлениям исследований: математический анализ, алгебра, математическая логика, геометрия, вычислительная математика, вычислительные системы, топология, дифференциальные уравнения, дискретная математика, информатика, математическое моделирование, математическая экономика, физика, прикладная математика, прикладная информатика, программирование, теоретическая кибернетика, теоретическая механика, теория вероятностей, математическая статистика, теория функций и др. Тематика сборника весьма широка и ориентирована на освещение актуальных вопросов теории и практики современной науки. Выполненные научные исследования и разработки представлены на конференциях и семинарах. Особое отношение к таким направлениям, как прикладная математика, прикладная информатика, прикладная экономика, математическое моделирование, программирование, обусловлено интенсивным развитием в последние годы в вузах соответствующих образовательных и научных направлений.

Выпуск содержит около сорока статей аспирантов и студентов вузов Москвы, Нижнего Новгорода, Кирова, Сыктывкара, Саранска, Арзамаса. Сборник адресован студентам и аспирантам, интересующимся новейшими результатами фундаментальных и прикладных исследований по различным направлениям науки. Сборник включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается в научной электронной библиотеке (www.elibrary.ru).

РЕАЛИЗАЦИЯ API ДЛЯ РАБОТЫ С ТАБЛИЦАМИ ПРИ ГЕНЕРАЦИИ ДОКУМЕНТОВ

Е.А. Белых

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

аспирант; e-mail: hunter_x5_95@mail.ru

Россия, Республика Коми, г. Сыктывкар

Научный редактор: Ю.В. Гольчевский, к.ф-м.н., доцент

Статья посвящена разработке на языке AWK API для взаимодействия с таблицами. Данный API в дальнейшем будет использоваться как в языке для генерации таблиц, описанном ранее, так и в качестве независимого интерфейса для работы с таблицами. В данной статье описана структура для представления таблиц в языке AWK, а также основные функции для работы с ними.

Ключевые слова: AWK; электронные таблицы; электронные документы.

Ранее в работе [1] был описан язык для генерации документов, включающих сложные таблицы. Данный язык состоит из основного языка шаблонов и нескольких вспомогательных языков. На данный момент производится переработка одного такого вспомогательного языка – языка для генерации сложных таблиц.

Одна из главных целей данной переработки – это расширение возможностей языка. Однако добавление нового функционала ведёт к усложнению программного кода. По этой причине было принято решение вынести всю работу с таблицами в отдельный API, с которым в дальнейшем будут взаимодействовать все другие части языка для генерации таблиц, что позволит локализовать все операции над таблицами в одном месте.

Основное требование к проектируемому API – это поддержка всех необходимых для генерации сложных таблиц функций, в первую очередь склейки и фильтрации таблиц, в AWK-окружении [2]. При этом данное API никак не должно зависеть от языка для генерации таблиц, так как в дальнейшем подразумевается возможность его использования в других проектах, использующих AWK.

Ключевым типом данных в языке AWK являются ассоциативные массивы, они же хеш-таблицы. Помимо них также имеются числа, целые и с плавающей точкой, а также строки. Все ассоциативные массивы одномерные, т.е. массив не может быть элементом другого массива. Структур и объектов в их обычном понимании также нет, однако они могут быть построены только на основе тех же ассоциативных массивов.

По этой причине при проектировании API первой задачей являлся выбор способа представления таблицы в виде ассоциативного массива.

Главная проблема заключается в невозможности создания многомерных массивов. Её помогает решить сам AWK: в нём имеется оператор «,», который при использовании внутри ключа массива заменяется на непечатный символ. Например, в команде

```
Table[73,2,3] = "123";
```

строка «73,2,3» при интерпретации будет заменена на строку «73@2@3», где «@» – определённый настройками интерпретатора непечатный символ. Заданные таким способом массивы не являются настоящими многомерными массивами, однако позволяют работать, например, с обычными таблицами, где число измерений известно заранее.

Все таблицы можно хранить в одном глобальном массиве «Table», обращаясь к ним по идентификатору. Каждая строка и каждый столбец таблицы могут иметь своё имя. При наличии имени у столбца или строки таблица также хранит его соответствие индексу данной строки или столбца. Каждая ячейка таблицы имеет значение и ряд атрибутов.

Обращение к описанным выше элементам в AWK-окружении будет выглядеть следующим образом:

Table[tid,"rows"]; – число строк таблицы.

Table[tid,"cols"]; – число столбцов таблицы.

Table[tid,"colname",id]; – имя столбца с индексом «id».

Table[tid,"colid",name]; – индекс столбца с именем name.

Table[tid,"rowname",id]; – имя строки с индексом «id».

Table[tid,"rowid",name]; – индекс строки с именем name.

Table[tid,x,y]; – значение ячейки таблицы на строке «x» в столбце «y».

Table[tid,x,y, attr]; – значение атрибута «attr» ячейки таблицы на строке «x» в столбце «y», где «tid» – идентификатор таблицы.

После того как был определён способ представления таблицы и её структура, были добавлены основные функции: копирование, склейка, чтение из CSV и фильтрация.

Для создания таблицы специальной функции нет – работа с ассоциативными массивами в AWK достаточно проста, чтобы это можно было осуществлять путём заполнения массива Table. Функция копирования таблицы:

function ta_copytable(dst, src, offr, offc, rows, cols, i, j), где «dst» – идентификатор копируемой таблицы, а «src» – идентификатор новой копии просто создаёт новый элемент в массиве Table и заполняет его данными таблицы «dst». Получить новый идентификатор таблицы можно с помощью глобальной переменной, содержащей общее количество таблиц, например, командой

tid = ++Tablecount, где «tid» – переменная, куда будет сохранён идентификатор. Выполнять другие операции кроме инкрементации с данной переменной не рекомендуется.

Одной из самых важных операций в языке для генерации сложных таблиц является склейка, т.е. когда две таблицы «соединяются» в одну по горизонтали или по вертикали:

function ta_tablenextto(t1, t2, vert, span,

tt, r, i, j, rows, cols, offr, offc, maxcols, maxrows), где «t1» – первая таблица, «t2» – вторая таблица, «vert» – равна 1 в случае склейки по вертикали и 0 при склейке по горизонтали, а «span» равна 1 в случае склейки без растяжения и 0 в случае склейки с растяжением. В случае, когда количество ячеек по оси, противоположной оси склейки (число столбцов при склейке по вертикали или число

строк при склейке по горизонтали), для обеих таблиц совпадает, данная операция выполняется посредством двух операций копирования:

- Создается таблица «г», которая будет содержать результат операции.

- В таблицу «г» копируется первая таблица.

- В таблицу «г» копируется вторая таблица со смещением, равным числу столбцов первой таблицы в случае склейки по вертикали или числу строк – первой таблицы в случае склейки по горизонтали.

- Возвращается идентификатор таблицы «г».

Проблема возникает, когда число ячеек по оси, противоположной оси склейки, не совпадает у двух таблиц. В этом случае есть две стратегии. Первая применяется при использовании склейки без растяжения (аргумент «span» равен 0). В этом случае просто применяется описанный выше алгоритм без каких-либо изменений. Результатом будет таблица с «дорисованными» лишними столбцами или строками, так, чтобы их число совпадало у обеих таблиц.

Вторая стратегия более сложная и обычно применяется для формирования заголовков сложных таблиц – это склейка с растяжением. При таком методе склейки та таблица, где число ячеек по оси, противоположной оси склейки меньше, чем у второй, «растягивается» по этой оси, а затем уже применяется описанный выше стандартный алгоритм склейки. Алгоритм «растяжения» выглядит следующим образом:

- Создается таблица «г», которая будет содержать результат операции и заполняются все её метаданные с учётом нового числа ячеек по растягиваемой стороне.

- Для каждой ячейки «i» стороны, противоположной растягиваемой стороне:

- Задать переменные «p» и «rj» равными «-1».

- Для каждой ячейки «j» растягиваемой стороны:

- Получить новый индекс ячейки по растягиваемой стороне:

$$c = oldside \frac{(j-1)}{newside+1}$$
, где «c» – новый индекс, «oldside» – старое количество ячеек по растягиваемой стороне, а «newside» – новое.

- Если ячейка «[i, j]» старой таблицы является продолжением растянутой ранее ячейки или если $c = p$:

- Если $pj \geq 0$, увеличить span-атрибут растягиваемой стороны ячейки, продолжением которой является данная ячейка, на 1 в новой таблице.

- Задать span-атрибут растягиваемой стороны данной ячейки в новой таблице.

- Копировать старое значение span-атрибута другой стороны данной ячейки в новую таблицу.

- Скопировать ячейку «[i, j]» старой таблицы в ячейку «[c, j]» или «[i, c]» новой таблицы, в зависимости от растягиваемой стороны.

- В любом другом случае:

- Присвоить переменной «p» значение «c».

- Присвоить переменной «rj» значение «j».

- Копировать значение соответствующей ячейки старой таблицы и его тип в ячейку новой таблицы.

- Задать span-атрибут растягиваемой стороны равным 1 в ячейке новой таблицы.

- Копировать старое значение span-атрибута другой стороны данной ячейки в ячейку новой таблицы.

Одним из самых важных форматов при работе с таблицами является CSV [3]. Несмотря на свою простоту и ограниченный функционал, данный формат является незаменимым при взаимодействии разных, сильно отличающихся друг от друга систем. Причиной этого является его простота – алгоритмы формирования и чтения CSV-файлов очень просты.

Формат CSV не поддерживает дополнительные атрибуты ячеек для таблиц. По этой причине данный формат не может представлять таблицы с растянутыми ячейками, описанные выше. Тем ни менее этот формат предполагается как основной формат входных данных в этом API.

Чтение CSV файла в этом API выполняется с помощью функции `function ta_csvtotable(fpath, defattr,`

`l, t, r, fc, fname, row, rows, i, j)`, где «`fpath`» – путь к CSV-файлу, а «`defattr`» – ассоциативный массив, указывающий, какие атрибуты по умолчанию и с какими значениями нужно присваивать всем ячейкам выходной таблицы: ключами являются имена атрибутов ячейки, а значениями, собственно, их значения по умолчанию.

Сам алгоритм чтения выглядит следующим образом:

- Выделить индекс «`t`» под таблицу, которая будет содержать данные CSV-файла.

- Заполнить в ней сведения об именах атрибутов ячеек и их количестве.

- Прочитать первую строку CSV-файла и разделить её на части по символу-разделителю.

- Полученные части являются заголовками столбцов. Заполнить с помощью них сведения об именах столбцов таблицы.

- Пока удастся получить строку CSV-файла с индексом «`r`»:

- Разделить эту строку на ячейки.

- Для каждой ячейки с индексом «`c`»:

- Заполнить атрибут «`type`» ячейки `[r, c]` таблицы «`t`», значением:

- `TA_FLOAT`, если значение данной ячейки соответствует регулярному выражению «`/^[0-9]*\.[0-9]+([eE][+-]?[0-9]+)?$/»`

- `TA_INT`, если значение данной ячейки соответствует регулярному выражению «`/^[0-9]+$/»`.

- `TA_STRING` в любом другом случае.

- Заполнить атрибуты по умолчанию ячейки `[r, c]` таблицы «`t`» в соответствии с массивом «`defargs`».

- Заполнить значение ячейки «`[r, c]`» таблицы «`t`», значением данной ячейки.

- Вернуть идентификатор таблицы «`t`».

При работе с таблицами часто необходимо выполнять поиск и фильтрацию содержимого. По этой причине в данном API имеется специальная функция `function ta_filter(t, rowfilter, colfilter, defs, rfnode, cfnode, vnode, i, j, k, res, r, c, row, col, attr)`, где «t» – идентификатор фильтруемой таблицы, «rowfilter» – фильтр строк, «colfilter» – фильтр столбцов, а «def» – определения переменных в случае использования их в фильтрах. Возвращаемое значение данной функции – это идентификатор новой таблицы, полученной в результате фильтрации. Сам алгоритм данной функции достаточно сложен и может являться темой отдельной статьи, и по этой причине здесь не описан.

В результате работы был спроектирован и реализован API для работы с таблицами на языке AWK. Предполагается, что данный API будет являться одним из ключевых элементов в новом варианте языка для генерации сложных таблиц, описанном в [1]. Также имеется возможность использования результата данной работы и в других проектах, так как предоставленный интерфейс является универсальным и позволяет работать с таблицами в любом AWK-окружении.

Дальнейшую работу планируется направить на добавление нового функционала в данный API. Предполагается, что это будет происходить по мере необходимости в ходе работы над проектами, которые будут его использовать.

Литература

1. Белых Е.А., Гольчевский Ю.В. Подход к проектированию языка подстановок для генерации электронных документов, содержащих сложные таблицы // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2019. – Т. 29. – Вып. 3. – С. 422–437.
2. The GNU Awk User's Guide. – URL: <https://www.gnu.org/software/gawk/manual/gawk.html> (дата обращения: 30.03.2022).
3. RFC 4180 – Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files. – URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4180> (дата обращения: 30.03.2022).

ВЗАИМОСВЯЗЬ СХОДИМОСТИ БЕСКОНЕЧНОГО ПРОИЗВЕДЕНИЯ И ЧИСЛОВОГО РЯДА

М.Д. Бочкарева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: mariapple6780@gmail.com
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Рассмотрен пример взаимосвязи между сходимостью и расходимостью ряда и бесконечного произведения. Доказана сходимость бесконечного произведения, следующая из сходимости ряда, а также расходимость. Исследована связь между бесконечными произведениями и рядами.

Ключевые слова: ряд; сходимость; расходимость; бесконечное произведение.

«Курс современного анализа» Э.Т. Уиттекера и Дж.Н. Ватсона представляет собою выдающийся образец классического стиля английской школы комплексного анализа. Эта книга далеко не утратила свою актуальность, свою «современность», несмотря на то, что первое русское издание вышло в 1933–1934 гг. и представляло собой перевод с четвёртого, стереотипного английского издания 1927 г.

В книге имеется значительное число задач. Большинство из них трудные, некоторые очень трудные. Все они своей формулировкой и, как правило, методом решения отличаются от тех задач, которые принято рассматривать в рамках обычного курса математического анализа. Для углублённого изучения этой дисциплины рассмотрение подобных задач чрезвычайно важно даже по той уже причине, что решение их расширяет математический кругозор студентов, знакомит их с нестандартными методами рассуждений.

Решений этих задач в книге нет. Задачи, видимо, были собраны авторами из математических журналов и книг того времени. И решения их, должно быть, были предложены авторами задач. В имеющейся ситуации они практически недоступны.

Предполагается, что по мере увеличения числа студентов, принимающих участие в решении этих задач, и соответственно по мере увеличения числа решённых задач, будет издан сборник, основную часть которого составят именно задачи, сформулированные в книге «Курс современного анализа» Э.Т. Уиттекера и Дж.Н. Ватсона, и решения этих задач.

Задача №20 [1, с.60]. Если $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ условно сходящийся ряд с вещественными членами, то $\prod_{n=1}^{\infty} (1+a_n)$ будет сходящимся (но не абсолютно) к нулю или расходящимся, смотря по тому, будет ли ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2$ сходиться или расходиться.

Решение.

Бесконечное произведение

$$\prod_{n=1}^{\infty} (1+a_n) \quad (1)$$

называется условно сходящимся в том и только в том случае, когда условно сходится числовой ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} \ln(1+a_n), \quad (2)$$

причём сходимость произведения равносильна сходимости ряда [3, с.58–59]:

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \quad (3)$$

Докажем это. Запишем условие Коши, которое выражает необходимое и достаточное условие сходимости ряда, для ряда (2): $\forall \varepsilon > 0 \exists N \forall n > N \forall p = 1, 2, \dots$:

$$\left| \sum_{k=n+1}^{n+p} \ln(1+a_k) \right| < \varepsilon. \text{ Рассмотрим неравенство } \ln(1+a_n) < a_n, \text{ откуда следует,}$$

что сходимость ряда (2) следует из условия критерия Коши для ряда (3).

$$\text{То есть пусть } \forall \varepsilon > 0 \exists N \forall n > N \forall p = 1, 2, \dots: \left| \sum_{k=n+1}^{n+p} \ln(1+a_k) \right| < \varepsilon \text{ и, т.к.}$$

$\ln(1+a_n) < a_n$, то сходимость ряда (2) следует из условия критерия Коши для

$$\text{ряда (3): } \forall \varepsilon > 0 \exists N \forall n > N \forall p = 1, 2, \dots: \left| \sum_{k=n+1}^{n+p} a_k \right| < \varepsilon. \text{ Отсюда следует, что}$$

ряды (3) и (2) сходятся одновременно, значит условно сходятся тоже одновременно, т.к. члены рядов произвольного знака.

Рассмотрим бесконечное произведение (1), представив его в следующем виде:

$$\prod_{n=1}^{\infty} (1+a_n) = (1+a_1)(1+a_2) \cdot \dots \cdot (1+a_n) \cdot \dots$$

Таким же образом распишем ряд (2) и преобразуем его, пользуясь свойством логарифмов:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \ln(1+a_n) = \ln(1+a_1) + \dots + \ln(1+a_n) + \dots = \ln[(1+a_1) \cdot \dots \cdot (1+a_n) \cdot \dots] = \ln \prod_{n=1}^{\infty} (1+a_n).$$

Теорема: для того чтобы сходилось бесконечное произведение

$$\prod_{n=1}^{\infty} (1+a_n), \text{ необходимо и достаточно, чтобы сходилась ряд (3) [1, с.59]. Мы уже}$$

говорили о том, что ряды (2) и (3) сходятся, в том числе условно, или расходятся одновременно, значит, для сходимости бесконечного произведения (1) необходимо и достаточно, чтобы сходился ряд (2).

Примеры:

$$1) \quad \prod_{n=2}^{\infty} \left(1 \pm \frac{1}{n^{\lambda}}\right), \lambda > 0$$

Бесконечное произведение п.1 сходится при $\lambda > 1$ (расходится при $\lambda \leq 1$),

если ряд $\sum_{n=2}^{\infty} \ln\left(1 \pm \frac{1}{n^{\lambda}}\right)$ сходится при $\lambda > 1$ (расходится при $\lambda \leq 1$) [3, с.60].

$$2) \quad \text{Бесконечное произведение } \prod_{n=2}^{\infty} \frac{n^3 - 1}{n^5 + 1} \text{ сходится (расходится), если ряд}$$

$$\sum_{n=2}^{\infty} \ln\left(\frac{n^3 - 1}{n^5 + 1}\right) \text{ сходится (расходится).}$$

Рассмотрим общий член ряда $\ln\left(\frac{n^3 - 1}{n^5 + 1}\right) \sim \frac{n^3 - 1}{n^5 + 1} \sim \frac{n^3}{n^5} = \frac{1}{n^2}$. Так как $2 > 1$, то ряд сходится и, следовательно, бесконечное произведение тоже сходится.

$$3) \quad \text{Бесконечное произведение } \prod_{n=1}^{\infty} \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} \text{ сходится (расходится), если}$$

$$\text{ряд } \sum_{n=1}^{\infty} \ln \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} \text{ сходится (расходится) [2].}$$

$$\text{Рассмотрим общий член ряда } \ln \frac{n}{\sqrt{n^2 + 1}} = \ln \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{n^2}}} = -\frac{1}{2} \ln\left(1 + \frac{1}{n^2}\right) \sim -\frac{1}{2n^2}.$$

Так как $2 > 1$, то ряд сходится и, следовательно, бесконечное произведение тоже сходится.

$$4) \quad \text{Бесконечное произведение } \prod_{n=1}^{\infty} n \sqrt{1 + \frac{1}{n^2}} \text{ сходится (расходится),}$$

$$\text{если ряд } \sum_{n=1}^{\infty} \ln\left(n \sqrt{1 + \frac{1}{n^2}}\right) \text{ сходится (расходится).}$$

$$\text{Рассмотрим общий член ряда } \ln n \sqrt{1 + \frac{1}{n^2}} = \frac{1}{n} \ln\left(1 + \frac{1}{n^2}\right) \sim \frac{1}{n^3}.$$

Так как $3 > 1$, то ряд сходится и, следовательно, бесконечное произведение тоже сходится.

Будем считать, что ряд (3) сходится, а ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2$ сходится или расходится. Тогда по формуле Тейлора:

$$\ln(1 + a_n) = a_n - \frac{a_n^2}{2} + o(a_n^2),$$

где $o(a_n^2)$ – бесконечно малая функция, куда входят все функции порядка выше 2, т.е. все функции более высокого порядка малости, чем a_n^2 .

Сумма двух рядов, один из которых сходящийся, сходится в том и только в том случае, если сходится второй ряд. Т.е. ряды $\sum_{n=1}^{\infty} (\ln(1 + a_n) - a_n)$ и $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2$

сходятся одновременно. Тогда, если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2$ сходится, то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \ln(1 + a_n)$

сходится, следовательно, по свойству рядов, если сложить (вычесть) два сходящихся ряда, то получится ряд сходящийся, ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \ln(1 + a_n)$ сходится. Тогда по

предыдущему рассуждению, бесконечное произведение (1) сходится, в частности к нулю (учитывая современный взгляд на бесконечные произведения можно сказать, что они считаются расходящимися, если значения их равны нулю. Это рассматривается затем, чтобы взаимосвязь между сходимостью рядов и соответствующих бесконечных произведений была «взаимно однозначной»).

Если ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2$ расходится, то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (\ln(1 + a_n) - a_n)$ тоже расходится, следовательно, по свойству рядов, если сложить сходящийся и расходящийся ряды, то получится ряд расходящийся, ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \ln(1 + a_n)$ расходится. Тогда по

предыдущему рассуждению, бесконечное произведение (1) расходится.

Задача полностью решена.

Литература

1. Уиттекер Э.Т., Ватсон Дж.Н. Курс современного анализа. Часть 1. Основные операции анализа. – М.: ГИФМЛ, 1963. – 343 с.
2. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Часть 1. – М.: Наука: Физматлит, 1998. – 616 с.
3. Кудрявцев Л.Д. Курс математического анализа. Ч. 2. – М.: ДРОФА, 2004. – 719 с.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СИЛОВОЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

А.Ю. Бугорков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: bugorlexa1987@gmail.com
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье сформулирована цель разработки силового источника питания для исследования полупроводниковых приборов, представлена структурная схема и приведен алгоритм работы с блок-схемой. В статье так же приведена схемотехническая реализация данного силового источника.

Ключевые слова: силовой источник тока; алгоритм работы; схема электрическая принципиальная.

Характеристики полупроводниковых сенсоров и радиоэлементов (транзисторы, диоды) определяются правильностью эксплуатации и качеством их изготовления. Технические характеристики приборов задаются на стадии производства и полностью определяются его технологическими особенностями и недостатками. Данный разброс должен быть достоверно определен на стадии контроля качества. Несовершенство технологического, лабораторного оборудования и соответствующих методик не позволяют в должной мере проводить эти проверки. Получаемые паспортизованные данные имеют определенный разброс (инструментальную погрешность) и при таком варианте проектирования происходит снижение показателей надежности, а для их удержания на требуемом уровне требуется заведомое снижение эксплуатационных нагрузок, завышение массы и габаритов.

Единственное решение этой проблемы – это создание специализированного узко ориентированного испытательного и лабораторного оборудования. Обычно такие устройства не выпускаются серийно, а разрабатываются под конкретную задачу индивидуально. С учетом вышесказанного в статье приведено описание силового лабораторного источника тока для исследования и испытания полупроводниковых изделий. Основными его характеристиками будет являться геометрия импульсов с переменной амплитудой и периодом, которые задаются параметрически. Источник питания является силовым, и формируемые импульсы по амплитуде должны обеспечить 380 А.

С учетом имеющегося опыта в проектировании лабораторных источников тока функциональная схема нового источника приведена на рисунке 1.

Схема электрическая принципиальная показана на рисунке 2.

Учитывая особенности построения источника тока, которые мы спроектировали на основе инверсного включения операционных усилителей, для правильного управления необходимо инвертировать управляющий сигнал. С этой целью он проходит через инвертирующий усилитель.

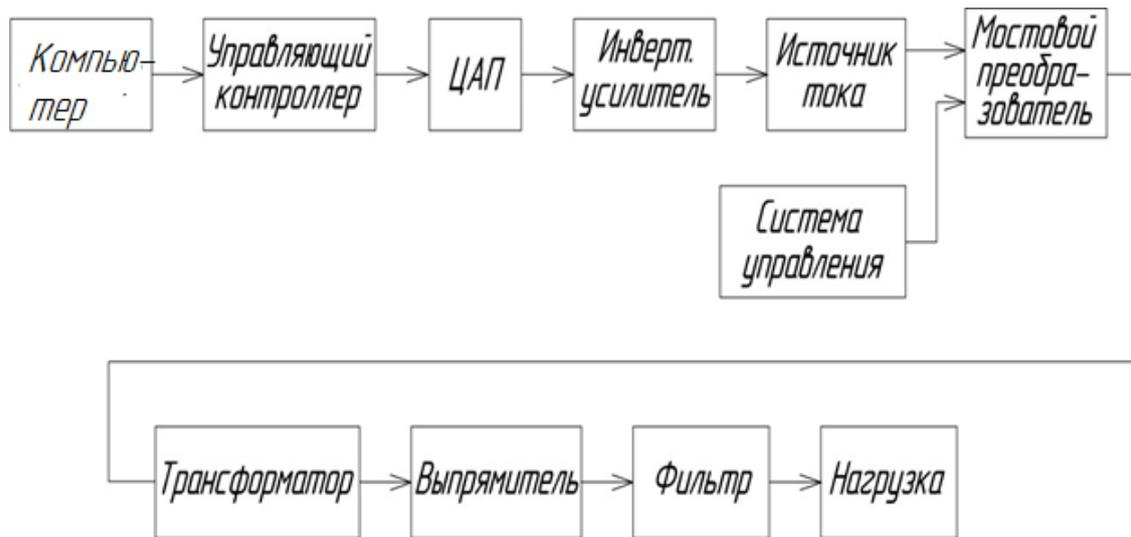


Рис.1. Схема функциональная лабораторного источника

Следующим этапом является преобразования управляющего напряжения в электрический ток. Дальнейшее преобразование тока осуществляется на мостовых транзисторах. Цель мостового преобразования тока – избежание насыщения сердечника катушки за счет протекания электрического тока в обе стороны. После этого происходит трансформаторное усиление тока (с возможностью максимального усиления до 380 А), его выпрямление и фильтрация. Сформированный сигнал используется для подачи на полупроводниковые приборы.

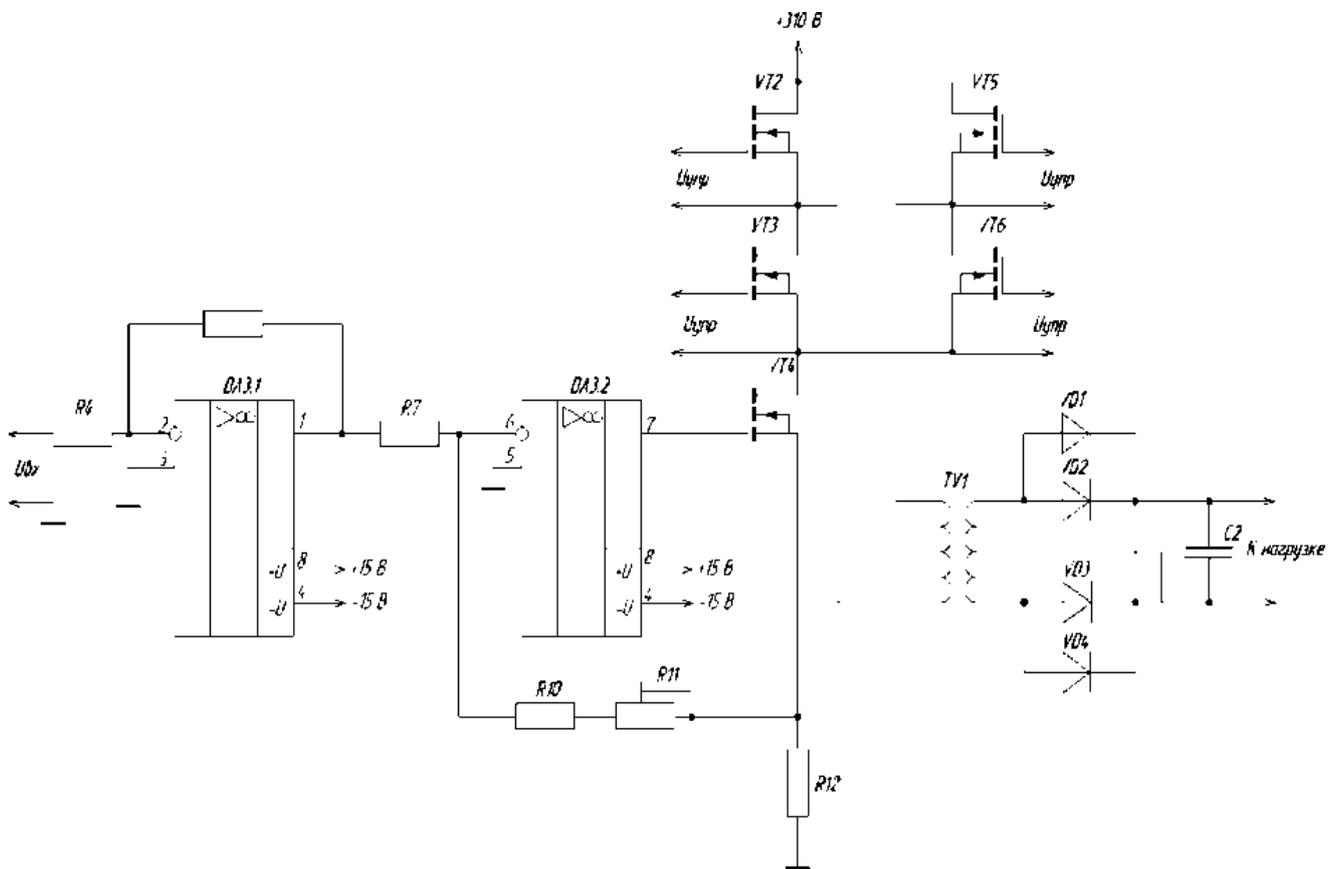


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная

Алгоритм работы в виде блок схемы показан на рисунке 3.

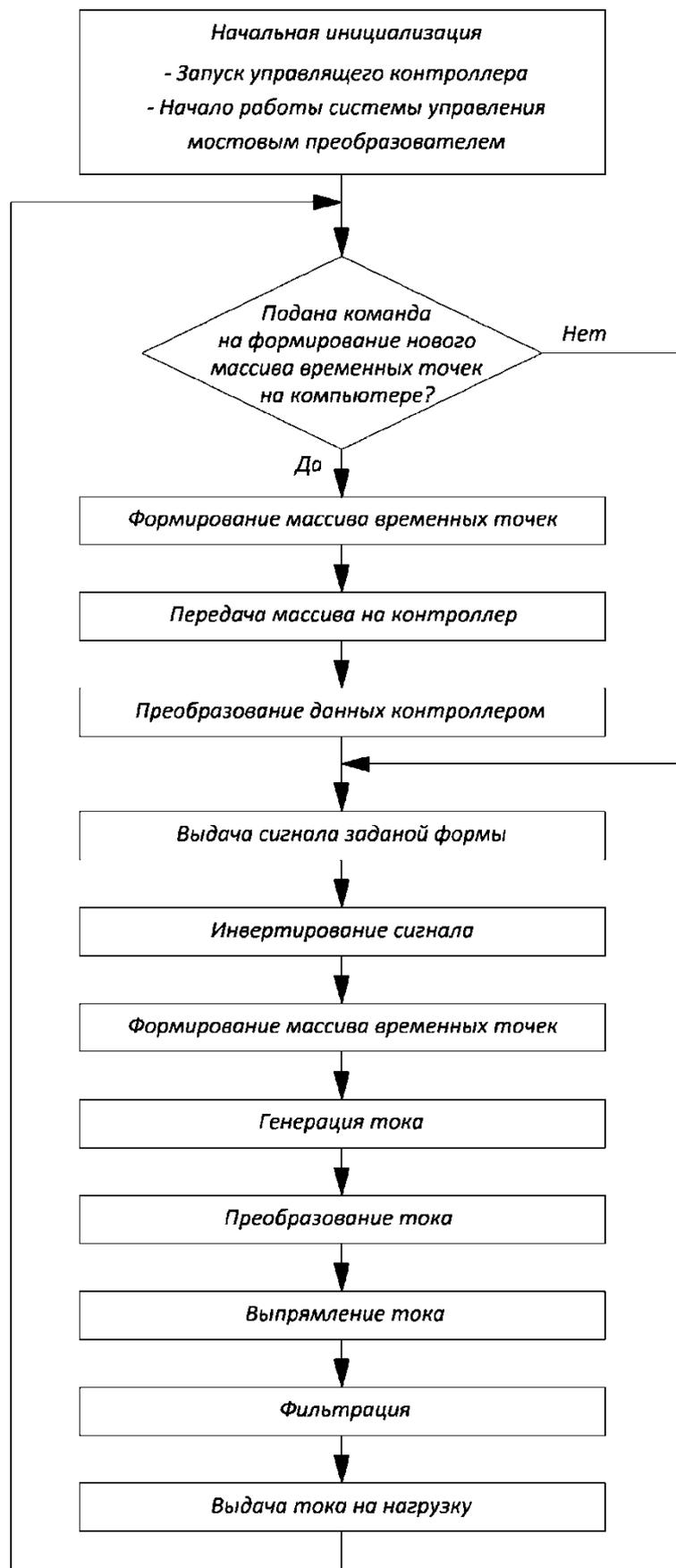


Рис. 3. Алгоритм работы

Старт работы стандартный – инициализация. Технически – это включение основной платы с микроконтроллером с последующим подключением к сети Internet. С точки зрения электрических сигналов инициализация завершена с появлением питания на мультивибраторе и при формировании стартового значения управляющего сигнала и открытием ключей.

После процедуры инициализации формируется команда для формирования множества точек – массива управления. Цель массива – определения параметрических характеристик формируемых импульсов. Массив после формирования кодируется в ASCII код. Когда массив задан и закодирован, происходит его ретрансляция через сеть Internet на контроллер.

Принятый массив на контроллер декодируется в числовые параметры, которые являются параметрами импульсов: амплитудой, частотой, скважностью. Численные параметры по средствам цифро-аналогового преобразования группируются в управляющий сигнал.

Учитывая требования по амплитуде выходного сигнала (до 380 А), в схеме использован транзисторный усилитель на основе трансформатора TV1 – ОСЗР-2,0-220/220 и диодного моста ОСЗР-2,0-220/220.

В качестве основного аналогового узла схемы – источника тока применен узел на основе операционного усилителя и полевого транзистора. Такая, на первый взгляд, простая схемотехническая реализация источника тока обеспечивает минимальный температурный дрейф из-за его практически полного отсутствия на усилителе и транзисторе. Эта схема позволяет более точно направлять и регулировать ток на нагрузке с другими вариантами построения источников тока.

Литература

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Бином, 2014. – 706 с.
2. Полещук А. Методы повышения качества измерения характеристик СПП в области статических потерь // Силовая электроника. – 2012. – №4. – С.14–16.
3. Хныков А.В. Теория и расчет многообмоточных трансформаторов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 112 с.

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Ю.Е. Бузуева¹, Л.В. Мухина²

Нижегородский губернский колледж

¹студент; e-mail: y.buzueva2002@mail.ru; ²преподаватель

Россия, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород

В статье проанализирована актуальность информатизации учебного процесса в дошкольном образовательном учреждении, необходимость разработки обучающего программного обеспечения для детей и дано описание процесса создания программного продукта.

Ключевые слова: проект; информационные технологии; информатизация образования; информационно-коммуникационные технологии в дошкольном образовании.

В настоящее время почти все аспекты жизни человека пересекаются с информационными технологиями. Происходит повсеместная автоматизация как рабочих, так и развлекательных, досуговых процессов.

Интеграция информационных технологий особо актуальна в сфере образования. Информатизация среднего и высшего образования уже давно является неотъемлемой частью учебного процесса. Для дошкольного образования этот метод является более свежим, но не менее актуальным. Автоматизируются как процессы непосредственного обучения, подачи материала, так и инструментарии отчетной и организационной деятельности.

Поскольку современное поколение детей намного быстрее попадает в информационную среду [1], получить внимание и заинтересованность ребенка становится все сложнее, а применение информационно-коммуникационных технологий помогают с этой проблемой справиться. Занятия с использованием электронных обучающих приложений имеют свою определенную специфику: привлечение большого иллюстративного материала, использование звуковых и видеозаписей. Все это вызывает яркие эмоции воспитанников, положительной стороны сказывается на результатах занятия [4].

В настоящее время рынок предлагает обилие компьютерных программ для дошкольников – аркад, стратегий, симуляторов. Такие программы называются развлекательными. Многие из них разработаны с коммерческой целью и не отвечают психолого-педагогическим требованиям.

Для разрешения всех вышеперечисленных проблем разрабатываются обучающие приложения. Они представляют содержание различных предметных областей в наглядной форме, благодаря чему ребенок гораздо успешнее овладевает материалом [1]. Более того, наглядность материала варьируется в зависимости от уровня развития ребенка. Специально разработанные обучающие компьютерные игры, соответствующие возрасту ребенка и его уровню развития, обеспечивают поэтапное формирование его пространственных представлений.

В дошкольном образовательном учреждении существовала необходимость создания обучающего приложения, которое включало бы в себя, помимо своих характерных особенностей, элементы развлекательных программ.

В рамках исследования было произведено изучение возможных программ для компьютерно-игрового комплекса учреждения. На основе этого выявлены и обнародованы темы, которые необходимо учитывать при разработке нового прикладного решения:

- 1) игры, развивающие память у ребенка;
- 2) работа с восприятием аудиофрагментов;
- 3) программы, направленные на развитие логики;
- 4) совершенствование внимательности, сосредоточенности у воспитанников.

В дополнение к этому хочется отметить, что игры, имеющие сюжетную составляющую, имеют больший интерес у детей, чем стандартные программы [3].

Условно разработка программного продукта была разделена на следующие этапы:

1. Дизайн.

Разработаны макеты экранной формы продукта, на основе которых был разработан интерфейс программы. Каждый блок уровней имел свою стилизацию.

2. Запись звукового сопровождения.

Для более удобного восприятия информации для детей возраста 5–7 лет были записаны аудиоинструкции. А чтобы сильнее погрузить пользователя в сюжет игры, созданы отдельные фрагменты с её героями.

3. Программирование экранных форм.

«Заставка» и «Приветствие» – формы выводятся при запуске программы (рис. 1). За каждым закреплен таймер, по истечению которого происходит переход между экранами. При загрузке первой формы также воспроизводится аудиофайл, который цикличен для всей программы.



Рис.1. Заставка приложения



Рис. 2. Сюжетная экранная форма

Сюжеты «Лес», «Речка» и «Сад» – данные формы отображаются перед одноименными уровнями блоков (рис. 2). Аналогично первым экранным формам работают по таймеру. По истечении определенного времени запускается звуковая дорожка с голосом героя, затем осуществляется переход на форму первых уровней. При желании можно пропустить уровень, в нижнем углу расположена кнопка перехода к следующему блоку.



Рис. 3. Уровень на сопоставление звуков

Блок уровней «Лес» предназначен для работы с восприятием у детей аудиофрагментов (рис. 3). При прохождении задействуются знания об окружающем мире. При нажатии на кнопку «Наушники» воспроизводится звук одного из представленных животных. При правильном выборе картинки запускается таймер для воспроизведения поощрительной музыки и перехода между формами.

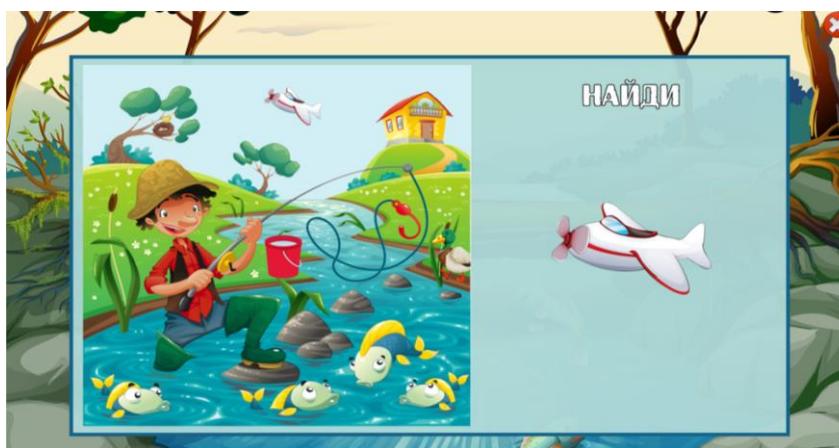


Рис. 4. Уровень на нахождение предмета

Блок уровней «Речка» – на экране представлено изображение, на котором следует найти определенный предмет (рис. 4). Название нужного объекта хранится в аудиофрагменте. В случае правильного выбора происходит переход на следующий уровень с соответствующим музыкальным сопровождением. Если возникают трудности по поиску изображения существует кнопка помощи. При нажатии на неё показывается конкретная картинка для нахождения.

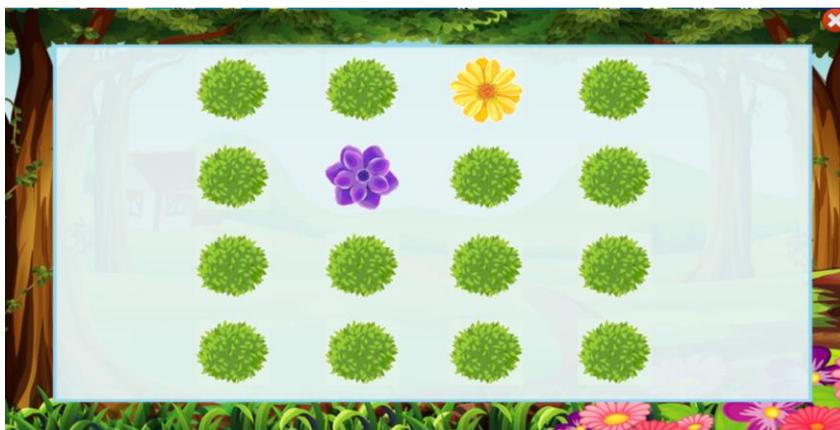


Рис. 5. Уровень нахождения пары

Блок уровней «Сад» – при загрузке формы отображаются элементы с одинаковым фоном (рис. 5). Нажатие по объекту открывает картинку, присвоенную ему ранее. Это стандартная игра «Найди пару»: если выбраны два одинаковых изображения, то они будут скрыты, в ином случае блоки принимают первоначальный вид.

Тестирование созданного продукта осуществлялось на занятиях подготовительной группы дошкольного образовательного учреждения. Со стороны педагогов получены положительные отзывы. Также стоит отметить высокую заинтересованность и яркие эмоции детей.

Разработанная прикладная программа была передана для постоянного использования в кабинет информационно-коммуникационных технологий дошкольного образовательного учреждения.

Литература

1. Гуляева Е.В., Соловьева Ю.А. Компьютерные игры в жизни дошкольников // Психологическая наука и образование. – 2012. – Т.17. – № 2. – С. 5–12.
2. Комарова Т.С., Комарова И.И., Туликов А.В. Информационно-коммуникативные технологии в дошкольном образовании: пособие для педагогов дошкольных учреждений, специалистов методических и ресурсных центров, работников органов управления образованием. – М.: МОЗАИКА-СИНТЕЗ, 2011. – 128 с.
3. Трифонова Е.В. Режиссерские игры детей дошкольного возраста. – М.: ИРИС ГРУПП, 2011. – 513 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЖАДНЫХ АЛГОРИТМОВ В ПРОЦЕССЕ НАСТРОЙКИ НА ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Г.А. Буканов

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

студент; e-mail: bukanovgleb02@gmail.com

Научный руководитель: М.С. Куликов, к.т.н., доцент

Россия, г. Н. Новгород

В статье рассматривается класс задач эффективного планирования и управления – задача распределения ресурсов в иерархической системе. Рассматривается решение смежной задачи о максимальном потоке. На конкретных примерах демонстрируется одна из возможностей настройки оборудования на особенности производства – управляющие параметры. Подбор параметров с помощью алгоритма Efficient Global Optimization (EGO).

Ключевые слова: теория расписаний; распределение ресурсов в иерархической системе; управляющие параметры для настройки оборудования на особенности производства; подбор параметров алгоритмом EGO.

Задачи планирования и оперативного управления возникают во многих областях человеческой деятельности, где необходима эффективная организация производственных процессов. Поэтому на производстве всё больше внимания уделяется данному классу задач. Важным классом задач эффективного планирования и управления является класс задач оптимального распределения ресурсов в иерархической системе.

В работе рассматривается задача формирования расписания выполнения работ проекта с учетом отношений предшествования и ограничения на ресурсы (Resource-Constrained Project Scheduling Problem. RCPSp) [1]. В задаче необходимо построить оптимальное расписание операций с учетом отношений предшествования, занятости станков и различного времени поступления партий в систему, без нарушения обговоренных требований, при котором целевая функция, чаще всего время выполнения всех партий будет стремиться к своему минимуму.

Класс задач эффективного управления и планирования является классом NP-трудных задач. Поэтому для получения решения используются эвристические алгоритмы, не гарантирующие, что полученное решение является оптимальным. В настоящее время существует большое количество эффективных алгоритмов и реализующих их программного обеспечения. К такому программному обеспечению можно отнести такие известные продукты как: Microsoft Project, Project Libre, PRIMAVERA, продукты 1С и др. Несмотря на это, существует целый ряд особенностей конкретных производственных систем, которые могут быть учтены только в специализированных алгоритмах и программном обеспечении.

Одним из способов настройки алгоритма на особенности производства является управляющие параметры. Данные параметры определяют поведение алгоритма в различных ситуациях и влияют на конечный результат распределения ресурсов в иерархической системе. Параметры, дающие оптимальное решение для одной системы, в общем случае не гарантируют получение лучшего решения

для другой, поэтому необходимо заниматься подбором управляющих параметров для конкретной системы. Данные параметры могут подбираться автоматически для получения решения поставленной задачи. С целью автоматической подбора управляющих параметров используют машинное обучение.

В работе будет рассматриваться один из возможных алгоритмов подбора параметров для получения решения задачи распределения ресурсов в иерархической системе – Efficient Global Optimization (EGO).

Смежной задачей оптимального распределения ресурсов в системе является задача о максимальном потоке сети [2], благодаря которой будет обеспечиваться максимальная занятость ресурсов в системе. Для получения решения данной задачи будет использоваться алгоритм Форда – Фалкерсона.

Основной целью статьи является разработка параметризованного алгоритма, решающего задачу распределения ресурсов в иерархической системе, и автоматическая настройка параметров алгоритма на особенности производства, с помощью алгоритма EGO.

Описание задачи. задается множество партий $S = \{1, \dots, m\}$ для каждой i партии определено множество операций, необходимых для выполнения конкретной партии: $O_i = \{o_{i1}, \dots, o_{in}\}$. Также дано множество всех ресурсов предприятия: $R = \{r_1, \dots, r_k\}$. Операция может выполняться на ограниченном числе ресурсов. Множество ресурсов, закрепленных за одной операцией, будем обозначать: $R_{i\tau} = \{r_j \mid \forall r_j \in R, \text{ что } o_{i\tau} \text{ может выполняться на } r_j\}$. Для каждой операции заданы времена обслуживания $p_{i\tau} > 0, i = \overline{1, m}, \tau = \overline{1, n}$.

Условие 1. Вводится понятие ограничения предшествования требований: $O_i \rightarrow O_j$, что операция j может быть назначена на ресурс не раньше окончания выполнения операции i . Данное ограничение нельзя нарушать.

Условие 2. Также партии и ресурсы могут поступать в систему в разное время. Поэтому операция не может быть назначена на ресурс, которого нет в системе. Или ресурс не может занять операция из партии, которая ещё не поступила на предприятие.

Партия завершается в момент времени, когда последняя операция из закрепленного множества операций завершит работу, обозначим это время за $t_{i\text{end}}$. Время поступления в систему конкретной партии за $t_{i\text{start}}$.

Момент поступления первой партии проекта обозначим за t_{start} . Весь проект завершается в момент времени, когда завершается последняя партия: t_{end}

Основная задача: определить моменты начала обслуживаний всех требований из партий таким образом, чтобы минимизировать заданную величину времени выполнения всего проекта, которая определяется следующий образом: $T = t_{\text{end}} - t_{\text{start}}, T \rightarrow \min$.

В ходе работы была реализована иерархическая структура функционирования промышленного предприятия:

- ресурс имеет свой четкий график работы, также информацию о времени поступления в систему;

- операция принадлежит партии, имеет своё фиксированное время выполнения на конкретной группе ресурсов, может быть 2 типов: прерываемые и не прерываемые. Имеет список операций – предшественников, которые необходимо выполнить, чтобы операция могла занять ресурс, также есть информация о последующих операциях;

- партия содержит в себе операции, имеет директивные сроки и дату поступления на производство.

Реализован классический фронтальный алгоритм решения задач оперативного управления [3]:

В момент времени t , называемый тактом времени, доступно $R_t = \{r_j \mid \forall r_j \in R, \text{ для } r_j \text{ верно условие 2}\}$ ресурсов. А также формируется множество операций $O_t = \{o_{it} \mid \forall o_{it} \in O_i, \text{ что верно условие 1, 2. } i = \overline{1, m}\}$, данное множество называется фронтом работы. Операция o_{it} может занять ресурс r_j , если $r_j \in R_{it}$, и также выполняется временное ограничение, с учетом типа конкретной операции. Операции занимают первый подходящий ресурс, без учета приоритета операций, дедлайнов партий и оптимального размещения.

Отметим отличия от классического фронтального алгоритма в разработанном алгоритме.

Во-первых, были добавлены стратегии сортировки операций во фронте по следующим параметрам:

- по ранним и поздним срокам начала. Раннее время начала показывает самое раннее время, когда операция может быть установлена на ресурс, а позднее время начала – самое позднее время, когда операция может занять ресурс, чем ближе у операции поздний срок начала, тем раньше операция должна установиться на ресурс;

- по весовому коэффициенту, отражающий количество последующих операций. Формируется следующим образом: с конца i партии присваивается значение: $\text{weightCoef}(o_{i\mu}) = \sum_{j=1}^k \text{weightCoef}(o_{ij}) + 1$, где $\mu = \overline{1, |O_i|}$, $k = |F|$. Множество F – множество последующих операций. Если $F = \emptyset$, первое слагаемое опускается. Чем больше данный коэффициент, тем больше последующих операций завязаны на этой конкретной операции;

- последний критерий учитывает время выполнения всех последующих операций. Для каждой операции i партии, начиная с конца, присваивается значение $\text{weightCoef}(o_{i\mu}) = \sum_{j=1}^k \text{weightCoef}(o_{ij}) + p_{i\mu}$, где $\mu = \overline{1, |O_i|}$, $k = |F|$. Множество F – множество последующих операций. Если множество $F = \emptyset$, первое слагаемое опускается.

После того как операции поступили во фронт, производится сортировка операций по выбранной стратегии. Чем выше приоритет операции, тем скорее она займет подходящий для неё ресурс.

Во-вторых, в разрабатываемом алгоритме решается задача максимизации занятости станков в конкретный момент времени. Операции расставляются таким образом, чтобы за формирование одного фронта работы занималось максимальное число ресурсов. Пример: операции из фронта занимали первый подходящий ресурс, из-за чего возникла следующая ситуация: операция А претендует на 1 и 2 ресурс, а операция Б только на ресурс 1, операция А приоритетнее, поэтому займет 1 ресурс, а операция Б уйдет на новый такт, но операцию А можно было поставить на 2, а операцию Б на 1.

С целью решения данной проблемы, рассматривается задача о максимальном потоке [3]. Формальное её описание следующее: дан ориентированный граф, имеющий две особые вершины – исток и сток, а на его ребрах указаны веса – пропускные способности. Цель: из истока в сток провести максимальный поток.

Выбор конкретной единицы ресурса при назначении операции не зависит от выбранной стратегии сортировки операций во фронте и может применяться совместно с любой из выбранных стратегий. Для решения задачи о максимальном потоке существуют уже известные алгоритмы: Форда – Фалкерсона, Эдмондса – Карпа, Диницы.

Для операций во фронте работы и для ресурсов, доступных в конкретный момент времени формируется матрица. В данной матрице отражаются связи операций с ресурсами. Для полученной матрицы запускается алгоритм Форда – Фалкерсона [2]. В результате работы получается матрица преобразований, которая содержит в себе информацию о расстановке операций на ресурсы и значение максимального потока сети. Согласно полученной матрице распределения, операции из фронта работы расставляются таким образом, чтобы обеспечить максимальную занятость ресурсов.

В-третьих, в разработанном алгоритме предусмотрена процедура, предназначенная для предотвращения проблемы забивания ресурсов менее приоритетными операциями. Пример: на один ресурс, который работает 8 часов, претендуют две операции, первая доступна в системе, выполняется 3 часа, дедлайн операции следующий месяц, вторая поступит в систему через 2 часа, выполняется 6 часов и дедлайн операции следующий рабочий день, по исходному алгоритму ресурс займет первая операция, а вторая не будет выполнена.

В алгоритм была добавлена процедура, чтобы во фронт поступали операции, доступные не только в конкретный момент времени, но и которые появятся в системе через некоторое время *period*, называемое временем окна. Данное время задается в секундах. В дальнейшем производится сортировка операций, согласно выбранной стратегии, и установка операций на ресурсы таким образом, чтобы обеспечить максимальную занятость ресурсов.

С целью обеспечения настройки алгоритма на особенности производства были выбраны следующие параметры в качестве управляющих:

- стратегия сортировки операций во фронте;
- значение *period* – время окна;

Применение различных наборов управляющих параметров алгоритма влияло на значение целевой функции T в процессе работы над тестовыми задачами распределения ресурсов в иерархической системе.

С целью автоматической подборки рассматривается алгоритм Efficient Global Optimization, впервые описанный в [4]. Алгоритм основывается на Байесовской оптимизации – метод оптимизации, описанный Йонасом Моцкусом в публикации [5]. Данный алгоритм реализован в библиотеке SMT: Surrogate Modeling ToolBox [6].

Для демонстрации работы алгоритма используется тестовая функция оптимизации – функция Бука: $f(x, y) = (x + 2y - 7)^2 + (2x + y - 5)^2 + 1$. Оптимум: $f(1, 3) = 1$.

Алгоритм принимает значение пределов: $-10 \leq x, y \leq 10$. Также множество трех точек: $\{(-10, -10), (0, 0), (10, 10)\}$.

Результаты работы отражены в таблице (см. Табл. 1):

Таблица 1

Работа алгоритма EGO над тестовой функцией оптимизации

Номер шага алгоритма	Оптимальное значение текущего шага	Значение ошибки полученного оптимума от фактического, процентов
1	75	7400
2	75	7400
3	68,7307714	6773,07714
4	21,3817098	2038,17098
5	21,3817098	2038,17098
6	7,8967576	689,67576
7	5,6840258	468,40258
8	5,4577610	445,7761
9	1,1415289	14,15289
10	1,0036653	0,36653
11	1,0036653	0,36653

Значение точки, в которой функция принимает минимальное значение: $(x, y) = (1.01542809, 2.96221399)$, $f(x, y) = 1.0036653$. Точка фактического оптимума: $(x, y) = (1, 3)$, $f(x, y) = 1$. Алгоритм EGO за 11 итераций смог найти точку, значение функции которой приближено к оптимуму. Значение ошибки составляет менее одного процента.

Была реализована связь алгоритма Efficient Global Optimization и алгоритма планирования и управления. Взаимодействие осуществляется путем вызова алгоритма Efficient Global Optimization из алгоритма оперативного управления и передачей полученного значения целевой функции при данном наборе управляющих параметров через конфигурационный файл. Последовательность выполнения действий следующая: выбираются отправные наборы управляющих параметров, для каждого набора вычисляется значение целевой функции T . Данные о наборах и значениях целевой функции заносятся в конфигурационный файл, запускается алгоритм EGO, интерпретируя функцию T как «функцию

черного ящика», алгоритм определяет и сохраняет в конфигурационный файл следующий набор параметров, после этого разработанный алгоритм определяет значение функции T при данном наборе параметров и заносит информацию в файл. Набор точек, передаваемых в EGO, увеличивается на единицу, данная операция повторяется n раз, значение n определяется пользователем. Предполагается, что будет уменьшаться значение целевой функции распределения ресурсов в иерархической системе.

В качестве верификационного базиса для подтверждения корректности разработанного алгоритма рассматривается следующая задача: на производство поступают три партии с различными временами прибытия и временами окончания.

Первое значение – время прибытия партии на производство, второе – директивный срок выполнения партии.

- партия А: 15.08.2021 10:00 --- 01.09.2021 00:00;
- партия В: 15.08.2021 13:00 --- 25.09.2021 00:00;
- партия С: 15.08.2021 15:00 --- 10.09.2021 00:00.

Заданы три ресурса:

- первый ресурс работает каждый день с 9:00 до 19:00, сразу доступен в системе;

- второй ресурс работает каждый день с 9:00 до 19:00, сразу доступен в системе;

- третий ресурс работает каждый день с 11:00 до 17:00, сразу доступен в системе.

$R = \{r_1, r_2, r_3\}$. Заданы группы ресурсов: множество всех групп ресурсов $G = 2^R$.

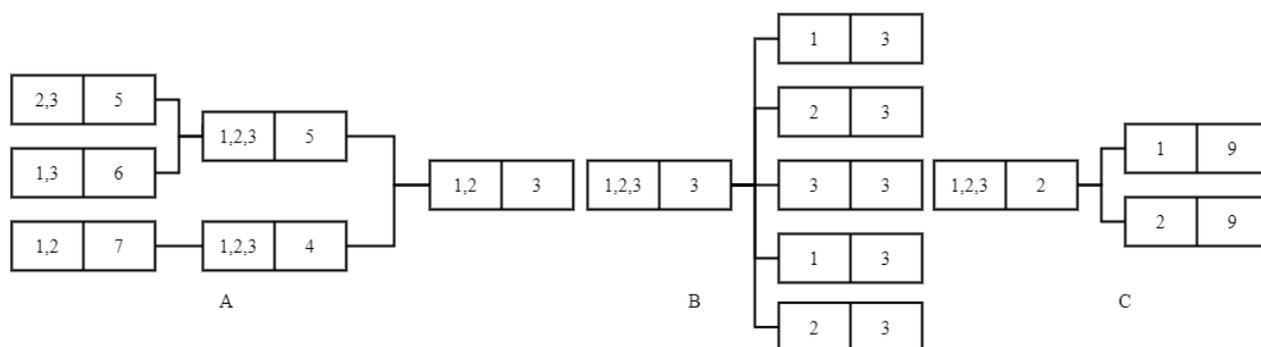


Рис. 1. Схема иерархии каждой партии первой задачи

Предшествование операций в партии определяется слева направо. Операция из партии представляется в виде двух ячеек: слева записаны ресурсы, на которые претендует данная операция, справа – время выполнения в часах.

Определены граничные условия, в пределах которых могут меняться управляющие параметры. Для параметров сортировки принято целочисленное значение от нуля до двух, где числу ставится соответствие, какая будет применяться стратегия сортировки:

- стратегия, основанная на количестве последующих операций;
- стратегия, основанная на времени выполнения последующих операций;
- стратегия, основанная на ранних и поздних сроках начала операции.

Для параметра, отвечающего за время $period$, определено целочисленное значение в пределах: $0 < period < 86000$. Верхняя граница соответствует 24 часам.

В таблице приведены наборы параметров, которые выбирались пользователем, и полученное значение целевой функции (см. Табл. 2).

Таблица 2

Результаты расстановки операций первой задачи с выбранными управляющими параметрами

Тип сортировки	period, секунд	T, секунд
1	36000	284400
0	10800	288000

Эти данные передаются алгоритму EGO в качестве отправных точек, а значение T в качестве значения для оптимизации. Результат работы алгоритма Efficient Global Optimization отражен в следующей таблице (см. Табл. 3).

Таблица 3

Результаты работы алгоритма EGO над целевой функцией для первой задачи

Итерация EGO	Тип сортировки	period, секунд	T, секунд
1 (стартовая)	0	10800	288000
2 (стартовая)	1	36000	284400
3	0	37634	288000
4	2	47112	277200
5	2	16972	277200
6	2	23114	277200

По полученным данным был построен график изменения лучшего значения целевой функции T (гистограмма. 1).



Гистограмма 1. Значение целевой функции T в результате работы алгоритма Efficient Global Optimization над первой задачей

Проводя анализ полученных результатов, алгоритм EGO за четыре итерации смог подобрать такой набор управляющих параметров, при котором целевая функция уменьшилась с 80 часов до 77 часов.

Возможно, что решение не зависит от особенностей производства, а полученный набор управляющих параметров является оптимальным для любого класса задач. Для подтверждения предположения, что для любой системы необходимы свои управляющие параметры, рассматривается нижеприведенная задача.

Первое значение – время прибытия партии на производство, второе директивный срок выполнения партии.

- партия А: 15.08.2021 9:00 --- 01.09.2021 00:00;
- партия В: 15.08.2021 11:00 --- 25.09.2021 00:00.

Заданы два ресурса:

- первый работает каждый день с 9:00 до 15:00, сразу доступен в системе;
- второй работает каждый день с 9:00 до 16:00, поступит в систему: 16.08.2021 9:00.

Заданы группы ресурсов: $G_1 = \{r_1\}$, $G_2 = \{r_1, r_2\}$.

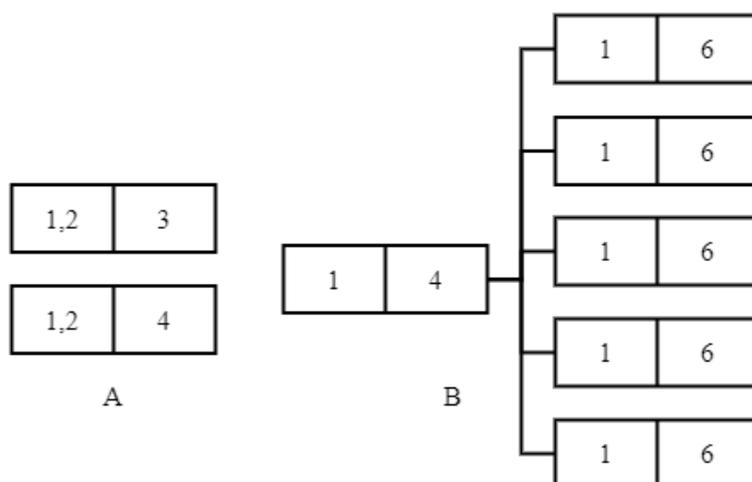


Рис. 2. Схема иерархии каждой партии второй задачи

Граничные условия берутся из предыдущей задачи. В таблице приведены три набора управляющих параметров, первый – оптимальный набор из предыдущей задачи, второй – один из стартовых наборов предыдущей задачи, третий – выбирается пользователем (см. Табл. 4).

Таблица 4

Результаты расстановки операций с выбранными управляющими параметрами		
Тип сортировки	period, секунд	T, секунд
2	16972	626400
0	10800	626400
1	3600	540000

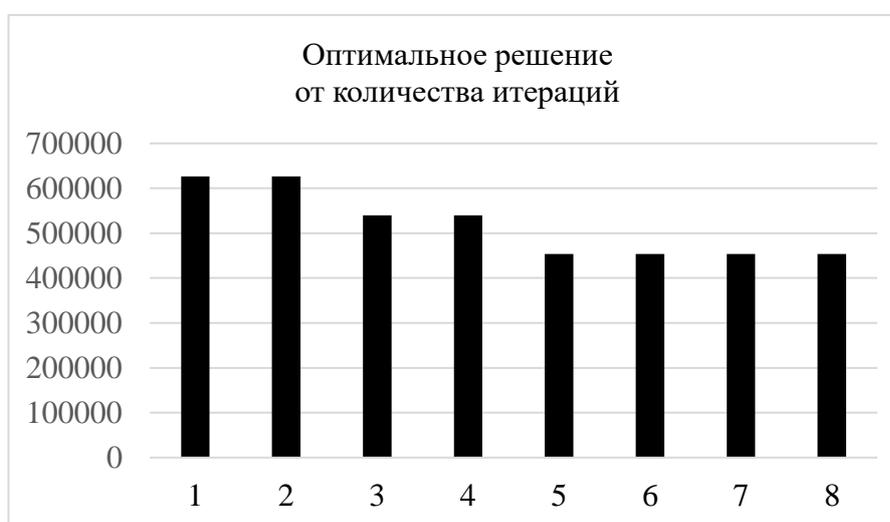
Результат работы алгоритма EGO отражен в таблице 5.

Таблица 5

Значения целевой функции при данных наборах управляющих параметров

Итерация EGO	Тип сортировки	period, секунд	T, секунд
1 (стартовая)	2	16972	626400
2 (стартовая)	0	10800	626400
3 (стартовая)	1	3600	540000
4	1	32	540000
5	1	77133	453600
6	1	81826	453600
7	0	78642	626400
8	1	78326	453600

По полученным данным был построен график изменения значения лучшего значения целевой функции T (гистограмма. 2).



Гистограмма 2. Значение целевой функции T в результате работы алгоритма Efficient Global Optimization

Проводя анализ полученных результатов, можно утверждать следующее: для каждой системы при настройке алгоритма на особенности производства оптимальные наборы управляющих параметров будут отличаться, также благодаря подбору управляющих параметров, с помощью алгоритма Efficient Global Optimization значение целевой функции уменьшилось с 174 часов до 126.

В заключение можно подвести итоги проделанной работы:

- был рассмотрен класс задач эффективного планирования и управления – класс задач распределения ресурсов в иерархической системе;
- дано формальное описание поставленной задачи и целевой функции,
- рассмотрен классический фронтальный алгоритм;
- рассмотрены и реализованы стратегии сортировки операций, поступивших во фронт работы;
- рассмотрена задача о максимальном потоке и алгоритм Форда – Фалкерсона, данная задача реализована в алгоритме эффективного планирования

и управления с целью обеспечения максимальной занятости ресурсов на каждом такте времени;

- реализовано время-окна `period`. Теперь во фронт работы поступают операции, которые доступны не только в конкретный момент времени, но и в системе через время `period`;

- алгоритм был параметризован как один из способов настройки оборудования на особенности производства. Выделены управляющие параметры на основе метода сортировки операций во фронте, значение `period`;

- рассмотрен алгоритм Efficient Global Optimization как один из возможных алгоритмов подбора оптимальных наборов управляющих параметров. Продемонстрирована работа алгоритма EGO над тестовой функцией оптимизации – функцией Бука;

- реализовано взаимодействие алгоритма планирования и управления с алгоритмом EGO. Для демонстрации дано описание конкретной модели функционирования предприятия. Отражены результаты работы над конкретными задачами (таблица. 2–5, гистограмма. 1–2).

Таким образом, в ходе проведенных исследований была подтверждена эффективность многопараметрического алгоритма поиска глобально-оптимального решения EGO для решения задач автоматической настройки параметризованного фронтального алгоритма на особенности задач, решаемых на конкретном производстве.

Литература

1. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы: учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 146–190.
2. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Алгоритмы: построение и анализ / под ред. И.В. Красикова. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – С.735–756.
3. Куликов М.С. Модели и методы распределительного типа при планировании и оперативном управлении производственными системами: дис. ... канд. тех. наук. – Н. Новгород, 2014. – С. 104–106.
4. Jones D.R., Schonlau M., Welch W.J. Efficient global optimization of expensive black-box functions // Journal of Global optimization. – 2013. №7. – P. 455–492.
5. Mockus J. On Bayesian methods for seeking the extremum. [In Optimization Techniques IFIP Technical Conference]. Springer, Berlin, Heidelberg, 1975, pp. 400–404.
6. SMT 1.1.0 documentation (2017). Available at: <https://smt.readthedocs.io/en/latest/index.html> (accessed 9 February 2022).
7. Schrijver A. On the history of the transportation and maximum flow problems // Mathematical Programming. – 2002, no.91. – P. 437–445.

**РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ
СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА (АВТОЭНКОДЕРА)
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РЕДУКЦИИ ПРОСТРАНСТВА
МНОГОМЕРНЫХ ФУНКЦИЙ**

А.Д. Буянов¹, В.А. Куликов²

Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского

¹студент; e-mail: ar.buyanow@yandex.ru

²студент; e-mail: kulikoff.profanya@yandex.ru

Научный руководитель: Н.В. Старостин, д.т.н., профессор
Россия, г. Н. Новгород

В статье анализируется проблема редукции пространства функций с помощью нейронных сетей специального вида – автоэнкодеров. Работа рассматривает несколько архитектур построения таких сетей с экспериментами их обучения и подбором гиперпараметров обучения.

Ключевые слова: редукция; нейронные сети; автоэнкодер; архитектура сетей; гиперпараметры.

При исследовании задач на поиск экстремума функций время решения растёт экспоненциально с ростом количества параметров функции, поэтому возникает необходимость редуцировать пространство параметров функции для повышения процессов эффективности глобальной оптимизации.

Один из способов редукции пространства параметров заключается в идентификации сильно значимых и мало значимых параметров, а также определение зависимых друг от друга параметров. Для решения проблемы редукции предлагается использовать нейронные сети специального вида – автоэнкодеры.

Автоэнкодеры – это нейронные сети прямого распространения, которые восстанавливают входной сигнал на выходе [1]. Внутри таких сетей имеется скрытый слой, который представляет собой закодированное представление исходной модели.

Автоэнкодер состоит из двух частей: энкодера g и декодера f . Энкодер переводит входной сигнал в код скрытого представления $h = g(x)$. Декодер восстанавливает сигнал по скрытому представлению $x = f(h)$. Таким образом, автоэнкодер, меняя веса в моделях, стремится к тождественному равенству $x = g(f(x))$, минимизируя какой-либо функционал ошибки, называемый loss-функцией: $L(x, f(g(x))) \rightarrow \min$.

При этом семейства функций энкодера и декодера как-то ограничены, чтобы автоэнкодер был вынужден отбирать наиболее важные свойства сигнала.

В контексте решения проблемы редукции пространства параметров функции $F(X)$ рассмотрены три простые архитектуры автоэнкодеров.

В качестве функции потерь (loss-функции) была выбрана средняя абсолютная разность между вектором $Y = F(X)$, рассчитанному по входному вектору x , и вектором $Y' = F(X')$, рассчитанному по выходному вектору автоэнкодера x'

Однослойный автоэнкодер. Модели энкодера и декодера имеют по одному полносвязному слою и слой скрытого представления (рис. 1).

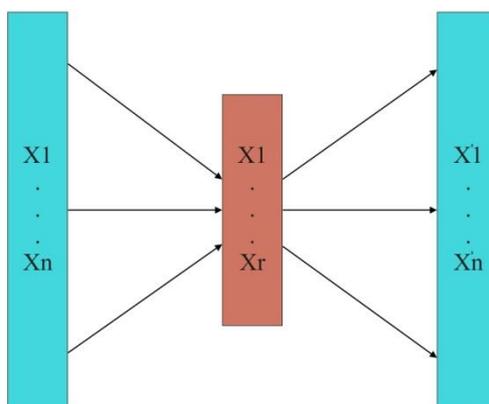


Рис. 1. Архитектура однослойного автоэнкодера

Двухслойный автоэнкодер. Модели энкодера и декодера имеют по два полносвязных слоя и слой скрытого представления (рис. 2).

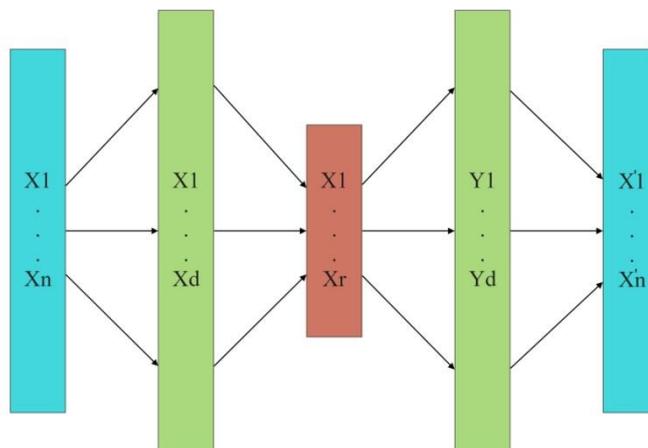


Рис. 2. Архитектура двухслойного автоэнкодера

Вариационный автоэнкодер. В модели энкодера входной вектор сжимается до размера внутреннего представления двумя независимыми полносвязными слоями. Получившиеся в скрытом представлении вектора принимаются за математическое ожидание и логарифм дисперсии. Создается вектор случайных величин с нормальным распределением, математическое ожидание и дисперсию которых получили на предыдущем слое. Кроме того, к критерию loss-функции добавляется расчёт расстояния Кульбака – Лейблера (KL). Таким образом, в процессе обучения такой модели автоэнкодера вектор скрытого слоя будет стремиться к нормальному распределению, как можно более близкому к стандартному [2; 3]. Модель декодера имеет один полносвязный слой (рис. 3).

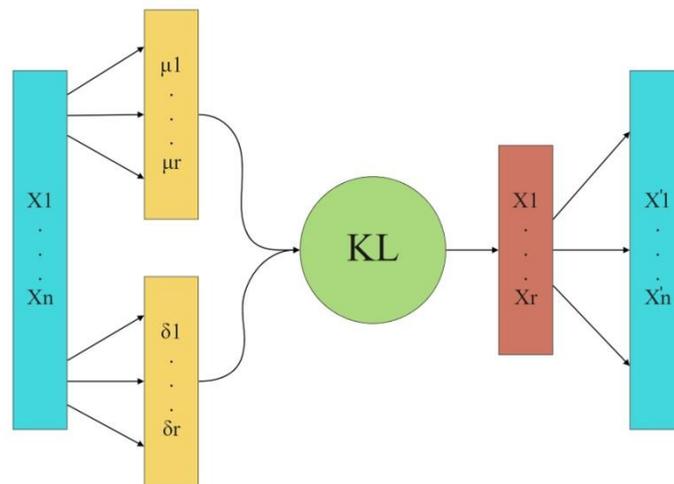


Рис. 3. Архитектура вариационного автоэнкодера

Для построения автоэнкодера с наилучшими показателями точности и сжатия необходимо подобрать оптимальную конфигурацию сети, выбрать размерность обучающей выборки и правила её генерации. Тестирование проводилось при количестве эпох обучения сетей равном 25 для всех типов автоэнкодеров. Для обучения сетей заранее был получен набор из 60000 точек, равномерно распределённых в области определения тестовой функции. Из этих данных были сгенерированы обучающие и валидационные выборки.

Для определения оптимальной конфигурации сети необходимо выделить набор гиперпараметров сети и использовать какой-либо алгоритм подбора гиперпараметров. Для тестирования выбраны следующие гиперпараметры: размер скрытого слоя, процент разделения тестовых данных на обучающую выборку и валидационную, количество эпох обучения, количество пакетов (батчей), на которое разобьётся выборка.

В качестве алгоритма подбора выбран алгоритм эффективной глобальной оптимизации (EGO), основанный на Байесовской оптимизации [4]. В программе применён алгоритм EGO из библиотеки `python smt.applications.EGO` [5].

Для тестирования была выбрана функция следующего вида: $F(X) = (x_1 - 100)^2 + (x_2 + 3)^2 + 5 * (x_3 + 10)^2$, где размерность пространства параметров: 6, количество незначащих переменных: 3, область определения $x_i \in R, i = \overline{1, 6}$, область значений $F(X) \in [0, +\infty]$. Параметры функции генерировались в диапазоне от 0 до 100. Область значений функции при таких значениях параметрах варьируется от 509 до 81109.

На графиках ниже приведены результирующие ошибки между эталонными и предсказанными значениями на наборе из 100 векторов. В качестве функции подсчёта ошибки для всех автоэнкодеров использовалась loss-функция, описанная выше.

На представленных результирующих графиках каждая гистограмма отвечает за один из значащих варьируемых параметров входных векторов функции. Каждый столбец гистограммы показывает значение ошибки на указанном

диапазоне значений данного варьируемого параметра, при этом остальные варьируемые параметры включают полный диапазон области определения. В заголовке графика указана средняя ошибка по всем диапазонам.

При обучении однослойного автоэнкодера удалось добиться минимального значения отклонения при сжатии до размерности 5 (рис. 4). Среднее отклонение от всего диапазона значений функции составляет 1,67%.

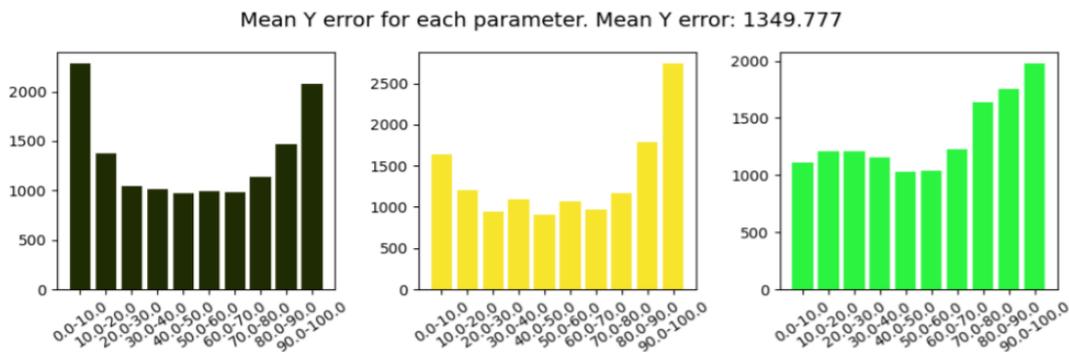


Рис. 4. Результаты обучения однослойного автоэнкодера

При обучении двухслойного автоэнкодера удалось добиться минимального значения отклонения при сжатии до размерности 5 (рис. 5). Среднее отклонение от всего диапазона значений функции составляет 1,09%.

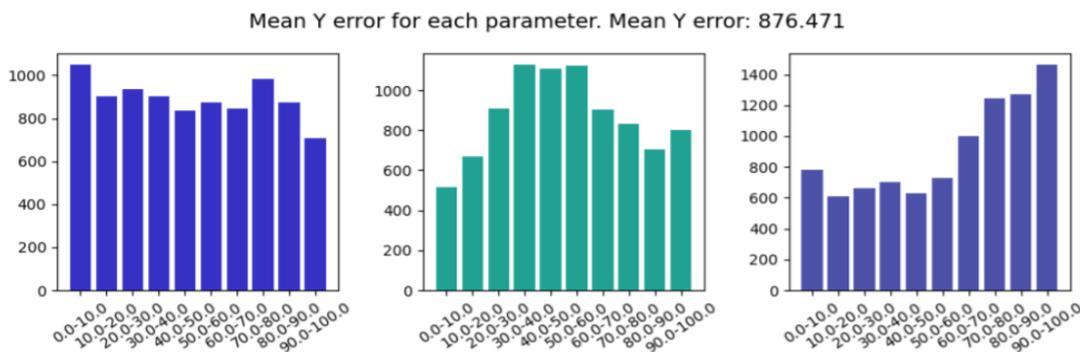


Рис. 5. Результаты обучения двухслойного автоэнкодера

При обучении вариационного автоэнкодера удалось добиться минимального значения отклонения при сжатии до размерности 4 (рис. 6). Среднее отклонение от всего диапазона значений функции составляет 4,97%.

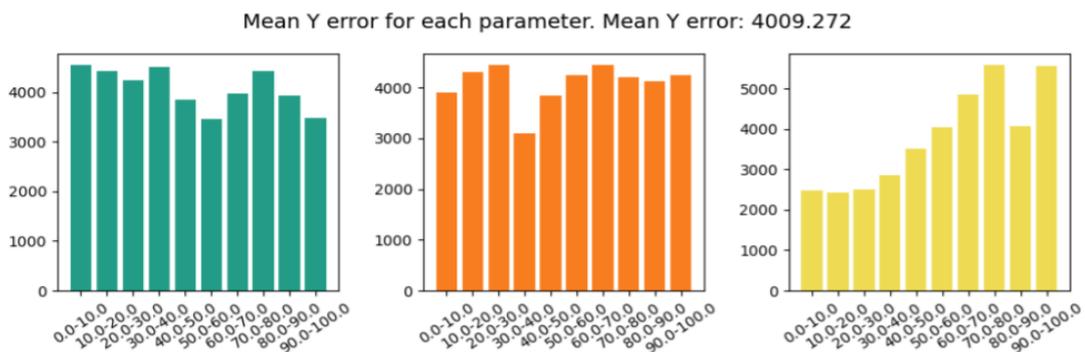


Рис. 6. Результаты обучения вариационного автоэнкодера

На основе полученных результатов видно, что удалось незначительно редуцировать пространство. Из сравнения результатов обучения однослойного и двухслойного автоэнкодера можно сделать вывод, что с увеличением количества слоёв автоэнкодера выходная ошибка уменьшается. Вариационный автоэнкодер показал наилучший результат сжатия пространства тестовой функции. При этом выходная ошибка вариационного автоэнкодера оказалась больше относительно других моделей. Предположительно, это связано с обучением на loss-функции с дополнительным критерием.

В ходе работы были рассмотрены и программно реализованы три модели автоэнкодеров, проведено их обучение на тестовой задаче. Полученные результаты экспериментов позволили сформулировать вывод о том, что нам удалось редуцировать пространство параметров тестовой функции на 1–2 параметра, причем ошибка на выходе оказалась достаточно маленькой. Кроме того, можно отметить, что увеличение количества слоёв сети уменьшает выходную ошибку.

К сожалению, рассмотренные архитектуры автоэнкодеров не позволили добиться идентификации всех незначущих параметров, что, в свою очередь, даёт необходимость в улучшении текущих архитектур. Например, путем увеличения количества слоёв, большего количества эпох обучения и расширения другими нейросетевыми подходами.

Перспективы дальнейшего изучения данного направления мы видим в возможности применения автоэнкодеров в повышении эффективности оптимизации на редуцированном пространстве, а также возможность использования таких сетей для аппроксимации функций.

Литература

1. Umberto Michelucci. «An Introduction to Autoencoders», 2022. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2201.03898> .
2. Diederik P Kingma, Max Welling. «Auto-Encoding Variational Bayes», 2013. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1312.6114> .
3. Carl Doersch. «Tutorial on Variational Autoencoders», 2016. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1606.05908> .
4. Donald R. Jones, Matthias Schonlau, William J. Welch. «Efficient global optimization of expensive black-box functions». – В: Journal of Global optimization, 1998. – 13(4). – P. 455–492.
5. Efficient Global Optimization (EGO). – Режим доступа: https://smt.readthedocs.io/en/latest/_src_docs/applications/ego.html

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО РЕСУРСА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ УЧАЩИХСЯ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Е.П. Голубева

Нижегородский губернский колледж
студент; e-mail: elizabeththefirst2002@gmail.ru
Научный руководитель: Л.В. Мухина, преподаватель
Россия, г. Нижний Новгород

В статье рассмотрена необходимость внедрения в процесс обучения электронных образовательных ресурсов. Проанализирована значимость использования информационных технологий в российском образовании. Показан пример разработки информационной системы для обучения английскому языку детей начальных классов.

Ключевые слова: электронный образовательный ресурс; информационные технологии; специфика преподавания английского языка.

Неотъемлемой частью обучения в школах в современном мире является внедрение в образовательный процесс современных средств обучения. Прежде всего, это заключается в процессе цифровизации образовательного контента [1]. В рамках данного направления реализуются государственные проекты по созданию специализированного ПО и обучающих платформ для повторения и закрепления знаний, полученных на уроках.

Но не все доступные на данный момент среды обучения соответствуют углубленной программе английского языка [2], так как большинство образовательных электронных ресурсов направлено на обучение по базовой программе. В связи с этим количество платформ, пригодных для использования в учебных заведениях, где предполагается углубленный уровень изучения предметов, сокращается.

Также ситуацию усугубляет тот факт, что современное поколение детей обладает клиповым мышлением [3]. Для усваивания ими информации необходимо многократное повторение материала. Однотипных заданий, представленных в учебниках, рабочих тетрадях и на различных платформах, недостаточно для полного усваивания информации детьми, поэтому возникает острая потребность в дополнительных источниках заданий для обобщения и закрепления материала.

Для решения поставленной проблемы было решено создать электронный образовательный ресурс «Test». Как уже было сказано выше, современное поколение детей обладают особенностями психологического развития, их внимание носит кратковременный характер. В этом случае смена видов деятельности, ресурсов и источников информации даже в рамках одного школьного урока (45 минут) просто необходима для лучшего усваивания материала. Для этого в приложении представлена возможность коллективной работы на уроке. В связи с этим «Test» можно применять не только как дополнительную платформу для закрепления материала, но и как основной помощник преподавателю на уроках. Специфика преподавания английского языка подразумевает использование

большого количества наглядностей [4], поэтому приложение содержит много иллюстраций, схем и т.д.

Также в разработанном программном продукте представлена возможность самостоятельных работ для индивидуальных занятий в рамках инклюзивного образования или дополнительных занятий. Результаты прохождения тестов заносятся в базу данных. Стоит отметить, что будет храниться не только окончательный результат, но и отметка о корректности выполнения каждого задания по отдельности. Это позволит преподавателям определить те разделы, в заданиях которых ученик чаще всего допускает ошибки, и уделять им больше внимания при работе.

После проведения анализа требований для разработки программы был выбран язык C#, поскольку он обеспечит легкое подключение и корректную работу с БД с помощью SQL-запросов и создание графического дизайна [5].

Стадию непосредственной разработки ПО можно разделить на две части.

Первая – это разработка SQL-запросов. Например, очистка временных таблиц, занесение данных из программы в БД, изменение цвета кнопки модуля в личном кабинете ученика, если данный тест был пройден.

Вторая – программирование форм [6].

При запуске приложения открывается главное меню. Оно содержит пять кнопок для выбора модуля учебной программы и переключатель для выбора режима работы (рис. 1).



Рис. 1. Главное меню

При переходе в любой модуль в режиме совместной работы на первой форме заданий расположены окна для ответов (либо переключатели) и кнопки проверки для каждого задания, при нажатии на которую появляется надпись о корректности выполнения задания. Также расположена кнопка «Далее», которая открывает следующую форму с упражнениями. На ней находятся окна для ответов и кнопки проверки и для перехода в главное меню (рис. 2).

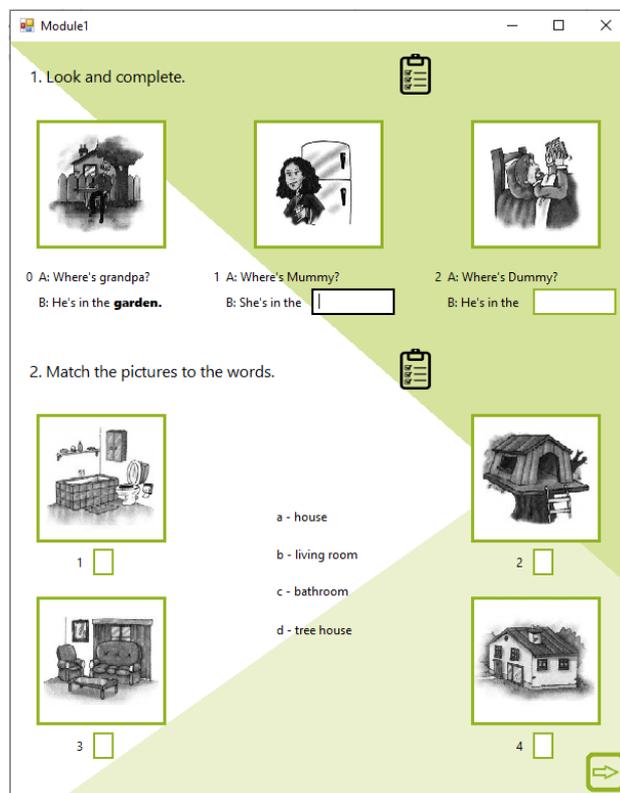


Рис. 2. Задания для совместной работы

При выборе режима самостоятельной работы сначала появляется окно регистрации, в котором расположены два окна для ввода данных и кнопка для перехода к дальнейшим заданиям (рис. 3). После нажатия на кнопку «Start», если все поля заполнены корректными данными, открывается личный кабинет. Он выглядит идентично главному меню, однако имеет одну отличительную особенность – пройденные блоки выделяются серым цветом (рис. 4).

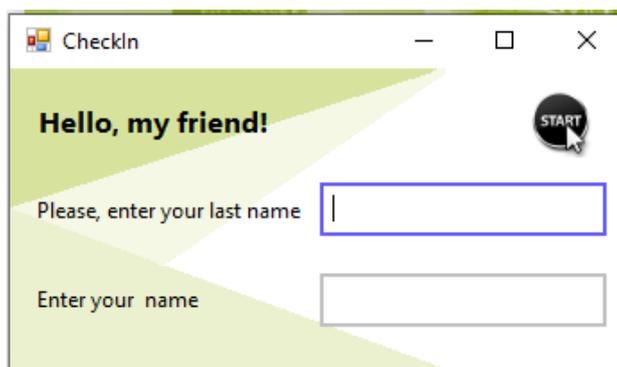


Рис. 3. Регистрация/Авторизация

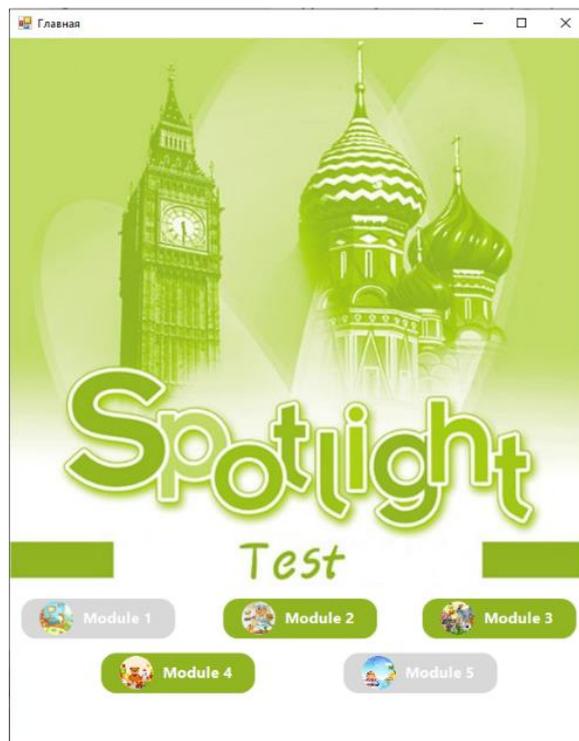


Рис. 4. Личный кабинет

На формах заданий также расположены окна для ответов и кнопки для перехода к следующим упражнениям.

На вторых формах модуля находится кнопка «My Score» (рис. 5), при нажатии на которую появляется форма с результатом прохождения теста. На ней также расположена кнопка перехода в главное меню (рис. 5).

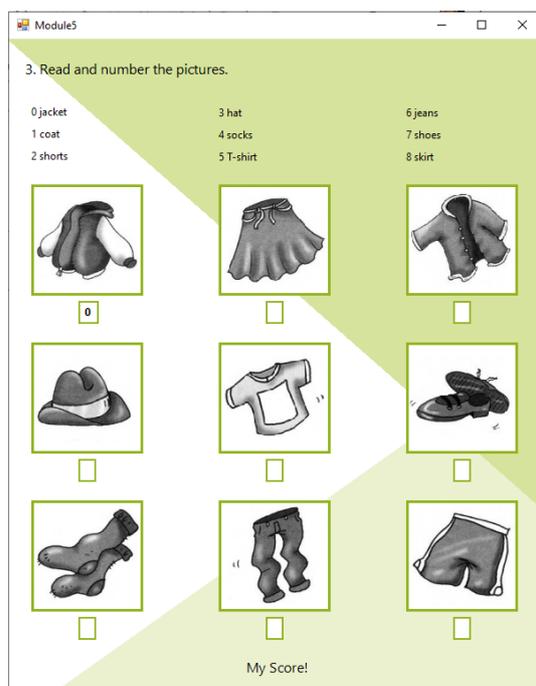


Рис. 5. Задания для самостоятельной работы

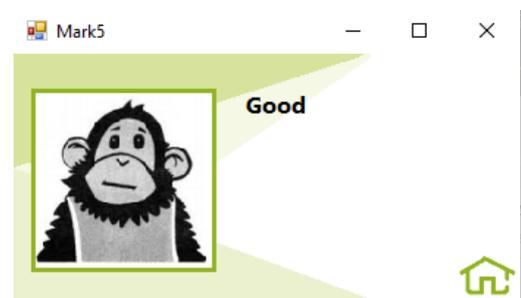


Рис. 6. Оценивание

Первичное тестирование данного приложения в работе с детьми показало, что смена источников информации положительно влияет на внимательность и концентрацию детей. Использование информационных технологий повышает желание детей работать в течение урока, поскольку в обучении появляются игровые элементы.

Литература

1. Интерактивное обучение: современные технологии на уроках. – Режим доступа: <https://externat-foxford-ru.turbopages.org/externat.foxford.ru/s/polezno-znat/>
2. Spotlight 2. – Режим доступа: <http://getspeak.ru/uchebniki-i-u/spotlight/spotlight-2/>
3. Клиповое мышление как проблема школьника, учителя, родителей. – Режим доступа: <https://eduinspector.ru/2015/12/31/klipovoe-myshlenie-kak-problema-shkolnika-uchitelya-roditelej/>
4. Специфика преподавания английского языка в начальной школе. – Режим доступа: <https://urok-1sept-ru.turbopages.org/urok.1sept.ru/s/articles/662913?>
5. Рихтер Джеффри. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.0 на языке C#. – М.: Питер, 2019. – 928 с.
6. Васильев А.Н. Программирование для начинающих на C#. Самоучитель. – М.: Litres, 2018. – 600 с.

ЭЛЕКТРОННОЕ СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ «ОСНОВЫ ВЕБ-ДИЗАЙНА» НА БАЗЕ ИГРОВЫХ И СОРЕВНОВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

М.Н. Гусев¹, Д.А. Писаревский²

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
Арзамасский политехнический институт (филиал)

^{1,2}студенты; e-mail: kitres@apingtu.edu.ru

Научный руководитель: Н.А. Пакшина, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Настоящая статья посвящена новым инновационным технологиям обучения – применению командного тестирования и кроссвордов на примере изучения темы «Основы web-дизайна».

Ключевые слова: лекции; тесты; игровые элементы; кроссворды; соревнования.

С основами Web-дизайна студенты начинают знакомиться в курсах «Информационные технологии» и «Компьютерные технологии обучения», а продолжают углублять свои познания, уже будучи магистрантами, изучая дисциплину «Компьютерные технологии в науке и образовании».

Оформительская работа по созданию Web-ресурсов большинству студентов нравится, поэтому практические и лабораторные занятия проходят без необходимости применения каких-то дополнительных мотивационных мер со стороны преподавателя. Изучение же теоретических блоков, особенно справочного характера, будь то теги, атрибуты языка HTML, а также всевозможные свойства и значения таблиц стилей CSS, воспринимается как достаточная скучная процедура. Но совсем исключить из курса знакомство с основами нельзя, поэтому возникла необходимость разнообразить этот процесс, ведь ничто так не притупляет интерес к дисциплине как однообразно построенные занятия.

Изложение нового учебного материала не должно быть монотонным, и блоки проверки и закрепления изученного должны быть организованы как можно менее однообразно. Именно о них мы и поговорим в данной статье.

Анонимный опрос студентов показал, что далеко не все из них относятся к компьютерному тестированию положительно. Приблизительно 10% отозвались негативно об электронных средствах контроля, около 50% – нейтрально, и только 40% дали положительную оценку [1, с. 7]. Но несмотря на это, тестирование занимает все более прочные позиции. И вопрос не в том, стоит или не стоит разрабатывать тестирующие системы, а в том, как делать их более эффективными и удобными в употреблении как для студентов, так для преподавателей.

Перед авторами стояла задача разработать ряд электронных средств проверки и закрепления знаний студентов при изучении теоретических основ web-дизайна. Работы проводились в двух направлениях.

Первый подход предполагал разработку тестирующей программы, позволяющей проводить публичное командное тестирование во время лекционных занятий. Второй – создание электронного кроссворда, с помощью которого можно

было повторять и закреплять изученный материал на практических и лабораторных занятиях.

Начнем рассмотрение с командного тестирования. Почему мы остановились на такой форме проверки знаний?

Одним из ценных свойств данной формы проведения занятий является то, что внимание всей группы привлечено к процедуре тестирования. Все студенты видят вопросы, а также правильные и ошибочные ответы, таким образом, повторяют и лучше запоминают изученный материал. Стоит отметить, что любая организация занятия, включающая элементы публичных действий, способствует более ответственной работе студентов, поскольку они не столь старательны, если им предстоит демонстрировать свои знания или работу только преподавателю. Добавим, что тесты могут выполнять не только контролирующую функцию, но и служить для повторения материала [2, с. 163].

Прототип подобной системы командной проверки знаний был впервые реализован студентом кафедры прикладной математики А.С. Копосовым по темам «Возможности MATLAB и YALMIP» и «Матричные уравнения и неравенства» [3; 4].

В нашем случае стояла задача адаптировать программу и разработать тесты по отдельным разделам темы «Оформление Web-страниц», задача является актуальной, поскольку эта тема обязательна для изучения для всех направлений подготовки нашего вуза.

В результате был создан тест из 16 вопросов в базе, при этом каждой команде задается по 8 вопросов в случайном порядке. Как проходит процедура тестирования?

Из студентов формируются две команды, выбирается капитан и название, после чего происходит авторизация, т.е. капитаны вводят названия своих команд. Экран разбит на две части, на каждой из которых поочередно выводятся вопросы то для одной, то для другой команды (рис. 1). При появлении затруднений у команды имеется возможность один раз за игру обратиться за помощью к другим членам команды. По окончании на экране появляется результат (рис. 2).

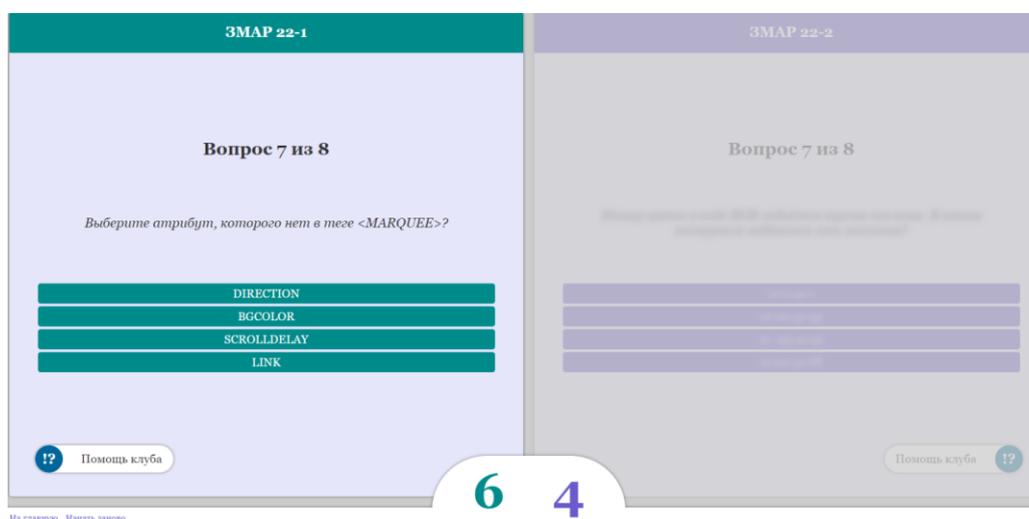


Рис. 1. Интерфейс программы командного тестирования

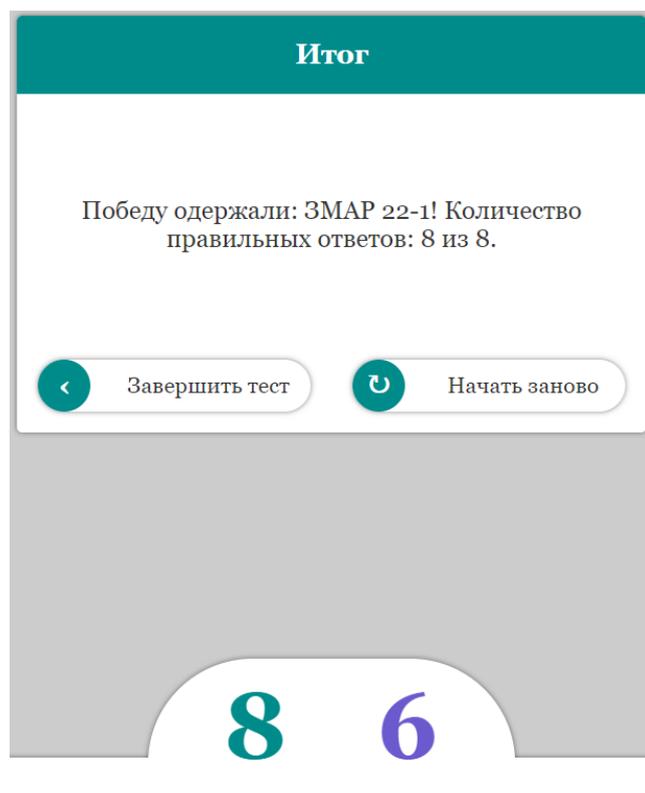


Рис. 2. Пример выведения итогов тестирования

Студенты группы наблюдают весь процесс тестирования, т.е. они имеют возможность учиться на чужих ошибках. Как успехи, так и промахи сокурсников определенным образом положительно сказываются на усвоении материала.

Теперь рассмотрим реализацию подхода с использованием электронных кроссвордов. Кроссворд (англ. Crossword) – интеллектуальная игра по заполнению словами переплетенных рядов клеток. В нашей стране они появились всего век назад. Первый российский кроссворд был составлен в 1920 году писателем Владимиром Набоковым, а в СССР первый кроссворд опубликовали только в 1929 году [5]. Электронные варианты кроссвордов были реализованы значительно позже.

Разгадывание тематических кроссвордов способствует развитию определенных полезных навыков: овладению терминологией в конкретной предметной области, умению пользоваться справочными изданиями и др.

В данном случае была поставлена задача создать программный продукт, позволяющий производить проверку знаний материала по каскадным таблицам стилей (Cascading Style Sheets) при помощи тематического кроссворда.

Учебные кроссворды для студентов не должны быть большими и занимать много аудиторного времени. Поэтому решено было составить кроссворд на знание основных свойств CSS, всего из шести терминов (рис. 3). В данной программе предусмотрен вывод инструкции по работе, а также имеется режим проверки, когда в случае ошибочных ответов происходит закрашивание клеток красным цветом.

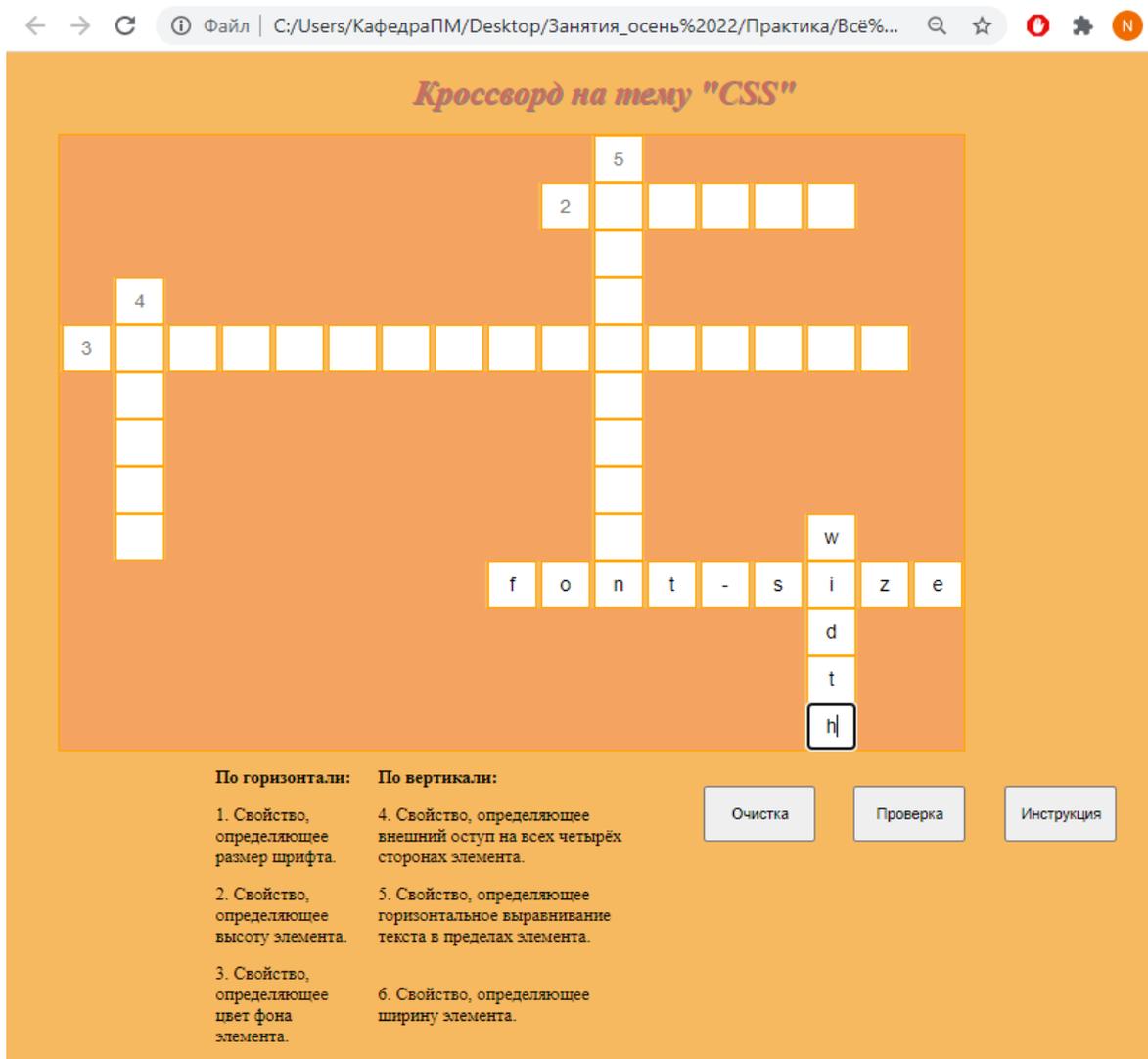


Рис. 3. Пример кроссворда на знание основных свойств CSS

Опытная эксплуатация показала, что при разгадывании кроссвордов студенты чувствуют себя более комфортно, нежели при обычном тестировании. Многие авторы отмечали, что учебные кроссворды составлять значительно сложнее, нежели обычные, по причине ограниченности запаса слов определенной областью знаний. Еще сложнее составлять кроссворды по разделам конкретных дисциплин.

В определенной мере такие кроссворды похожи на тесты с открытым полем ответа, т.е. практически не дают подсказок и при их использовании отсутствует угадывание, которое является большим минусом традиционных средств компьютерной проверки.

Обе рассмотренные системы разработаны с помощью языков HTML, JavaScript и средства оформления CSS. Они прошли опытную эксплуатацию в группах МА 21ПМ, МА22Р, ЗМАР 22-1, ЗМАР 22-2. Как показала проверка, использование этих средств обучения в учебном процессе делает занятия более оживленными и интересными.

Литература

1. Пакшина Н.А., Емельянова Ю.П. Основы построения тестов и тестирующих программ: учебное пособие. – Н. Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 164 с.
2. Пакшина Н. А., Копосов А.С. Командные тесты по теории управления как средство промежуточного контроля знаний студентов // Аналитическая механика, устойчивость и управление: Труды XI Международной Четаевской конференции, посвященной 115-летию со дня рождения Н.Г. Четаева и памяти академика АН РТ Т.К. Сиразетдинова, Казань, 13–17 июня 2017 года. – Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2017. – С. 162–167.
- 3 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020667717 Российская Федерация. Система командного тестирования: № 2020661733: заявл. 25.09.2020: опубл. 29.12.2020 / А.С. Копосов, Н.А. Пакшина.
4. Копосов А.С., Пакшина Н.А. Командное публичное тестирование на занятиях по теории управления // Информационные системы и технологии ИСТ-2017: материалы докладов XXIII Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию НГТУ – Нижегородского политехнического института, Нижний Новгород, 21 апреля 2017 года. – Н. Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2017. – С. 353–359.
5. Мирзабекова Н.Д. Методика составления и решения кроссвордов на уроках обществознания // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». – URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006597> (дата обращения: 06.10.2022).

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УСТРОЙСТВА ТЕСТИРОВАНИЯ РЕЛЕ

М.В. Дельцова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; e-mail: marina_kopteva_93@mail.ru
Научный руководитель: В.А. Шаров, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье изложен процесс разработки устройства на базе микроконтроллера. Рассматриваются возможности микроконтроллера и варианты их применения для управления участками схемы в целях обеспечения автоматизации процесса тестирования реле.

Ключевые слова: автоматизация; микроконтроллер; тестирование реле.

Для проведения технологической тренировки реле РПС45 РС4.520.755-10/-05 и РЭС60 РС4.569.435.01.01-РС4.569.435-01.07 на входном контроле предприятия-изготовителя аппаратуры с применением указанных реле используется схема, указанная на рисунке 1.

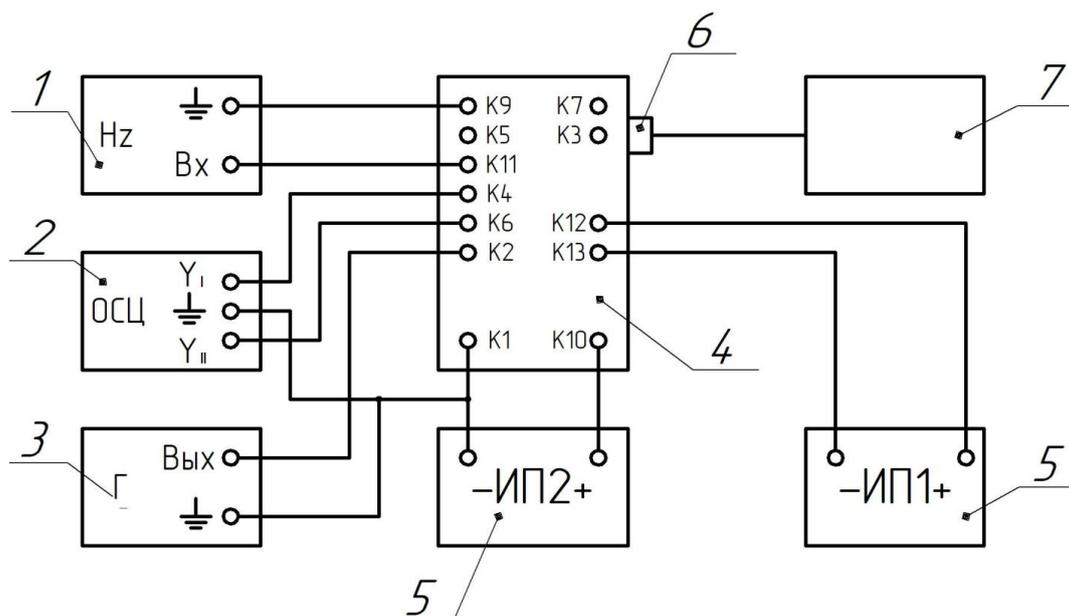


Рис. 1. Схема подключения приборов

1 – частотомер типа ЧЗ-33; 2 – осциллограф типа С1-17; 3 – генератор типа Г5-26; 4 – проверочная схема; 5 – источники питания типа Б5-8; 6 – разъем РС19 или любой другой; 7 – сборки с проверяемыми реле РПС45 или РЭС60.

Проверочная схема (рис.1) обеспечивает контроль переключения одновременно 10 штук реле соответствующего типа от подачи на обмотку импульсов тока заданной длительности (10...50 мс) и амплитуды (16...30 В).

У данной схемы существует ряд недостатков:

- 1) схема не автоматизирована и требует постоянного контроля оператора за приборами;
- 2) элементная база проверочной схемы поз.4 устарела;
- 3) если в процессе тестирования одно из реле не переключилось в нужное положение, останавливается работа всей схемы. Для продолжения тестирования необходимо неисправное реле заменить на технологическое;
- 4) нет индикации неисправного реле. Неисправное реле необходимо искать вручную при помощи мультиметра.

Задачей при разработке автоматизированного устройства тестирования реле является устранение вышеизложенных недостатков.

Перед разработкой схемы необходимо определить:

1. Каким способом будет обеспечиваться автоматизация устройства?
2. Как будет выбираться тип исполнения реле?
3. По каким признакам определяется неисправность реле?
4. Как будут считываться сигналы от переключения реле в управляющем устройстве?
5. Как будет выводиться итоговая информация?
6. Есть ли необходимость остановок в процессе измерения?
7. Как будет обеспечиваться переключение уровней напряжения подаваемых на катушки реле при разных типах проверок?
8. Как будет обеспечиваться отсчет времени подачи напряжения на катушку?
9. Каков общий алгоритм измерений?

Разбирая вышеуказанные вопросы, будем прорабатывать детали разрабатываемой схемы устройства.

1. Автоматизация может быть обеспечена разработкой комбинационной схемы на логических элементах. Но при необходимости внесения в эту схему дополнительного исполнения типа реле, схему придется модернизировать на физическом уровне, т.е. добавлять новые логические элементы.

Сейчас очень популярными стали микроконтроллеры. Они применяются в бытовой технике, офисной технике, роботах, на производстве и т.д. Одними из самых известных являются микроконтроллеры AVR семейства Mega. Например, сердцем Arduino Uno R3 является ATmega328. Микроконтроллеры AVR семейства Mega имеют:

- FLASH-память объемом от 8 до 256 Кбайт;
- ОЗУ объемом от 512 байт до 8 Кбайт;
- EEPROM объемом от 256 байт до 4 Кбайт;
- арифметико-логическое устройство процессора подключено непосредственно к регистрам общего назначения, что позволяет микроконтроллеру выполнять большинство команд за один такт;
- большое число источников прерываний (до 45 внутренних и до 32 внешних);
- наличие векторной системы прерываний с поддержкой очереди прерываний;

- возможность конфигурации выводов на выполнение определенной функции;
- выводы могут быть запрограммированы на вход или выход независимо друг от друга;
- возможность установки напряжения питания на выводах за счет включения подтягивающих резисторов;
- 8-разрядные таймеры/счетчики;
- 16-разрядные таймеры/счетчики;
- генераторы сигнала с ШИМ разрядностью 8 бит (один из режимов работы 8-разрядных таймеров/счетчиков);
- одно-, двух- и трехканальные генераторы ШИМ-сигнала для разных моделей составляет 8...10 бит или 1...16 бит;
- многоканальный 10-разрядный АЦП как с несимметричными, так и с дифференциальными входами;
- универсальный последовательный интерфейс USI, который может использоваться в качестве интерфейса I²C [1].

На базе микроконтроллера с такими характеристиками можно построить автоматизированное устройство тестирования реле. Проблему добавления в схему режимов тестирования дополнительных исполнений реле можно решить перезаписью программы микроконтроллера, просто подобрав микроконтроллер с размером FLASH памяти чуть большим, чем необходимо для основной программы.

2. Реле РПС45 и РЭС60 тестируются на разном напряжении, поэтому перед началом проверки необходимо указать тип реле и его исполнение.

Микроконтроллер может принимать сигналы с кнопок, тумблеров, потенциометров и энкодеров, а выдавать сигналы на светодиодные лампочки, семи-сегментные индикаторы и символьные ЖКИ индикаторы. Наиболее удобно использовать символьный ЖКИ индикатор для отображения меню с вариантами типа и исполнения реле, а выбор и переключение с помощью энкодера с кнопкой. Одним из популярных является символьный ЖКИ индикатор на базе контроллера HD44780. Такой индикатор поддерживает кириллицу, что облегчит работу оператора.

Подключение контактов ЖКИ: V_{SS} – подключается к нулевому потенциалу; V_{DD} – к положительному полюсу питания; V_0 – подключается через потенциометр к положительному полюсу питания и служит для регулировки яркости ЖКИ индикатора; R_s – служит для определения ЖКИ индикатором какой код ему послали – команду или символ; R_w – определяют направление данных на передачу или считывание из дисплея, нам необходимо только передавать - подключаем его к земле; E – напряжение на этом контакте указывает о готовности данных к приему или передаче; D_0-D_7 – выводы передачи данных; A – анод подсветки, подключается к плюсу, K – катод подсветки, подключается к земле.

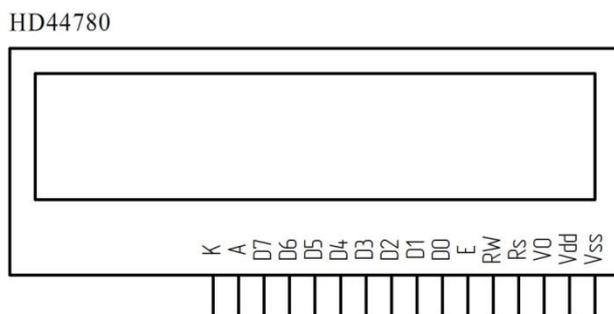


Рис.2. Расположение выводов ЖКИ

Для передвижения по меню отображаемом на ЖКИ используем энкодер с кнопкой. Подключим его по схеме, изображенной на рисунке 3.

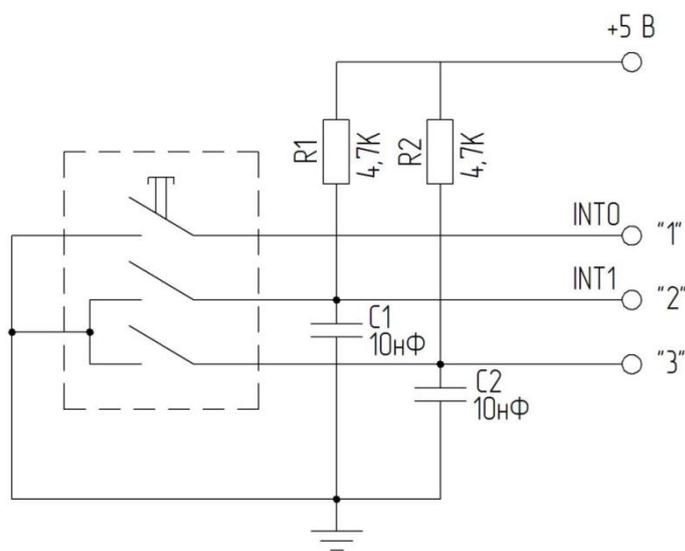


Рис.3. Подключение энкодера к микроконтроллеру

При вращении ручки энкодера в точках 2 и 3 появятся положительные импульсы. Появление этих импульсов будет не синхронным, они идут с небольшим отставанием друг от друга. При вращении по часовой стрелки в точке 2 появится положительный импульс, а в точке 3 импульс появится с небольшим отставанием. При вращении против часовой стрелки сначала появится импульс в точке 3, а затем в точке 2. Для регистрации вращения энкодера и определения направления вращения можно использовать внешнее прерывание программы микроконтроллера по нарастающему фронту сигнала на выводе INT1. При вращении энкодера в точке 2 появится положительный фронт. Благодаря прерываниям, микроконтроллер поймет, что началось вращение энкодера. Затем считает напряжение в точке 3. Если напряжение нулевое, значит ручку крутят по часовой стрелки. Если напряжение в точке 3 положительное, значит, ручку энкодера крутят в обратном направлении.

Для регистрации момента нажатия кнопки энкодера подключим точку 1 к выводу INT0 и запрограммируем подключение подтягивающего резистора. В разомкнутом положении в точке 1 будет присутствовать положительный

потенциал, а при замыкании кнопки – нулевой. Запрограммируем регистрацию прерывания по низкому уровню на выводе INT0. Таким образом, микроконтроллер сможет зарегистрировать нажатие кнопки энкодера.

3. Чтобы понять, по каким признакам определять неисправность реле, необходимо рассмотреть принцип его работы.

Схема электрическая принципиальная РПС45 указана на рисунке 4. При протекании тока через рабочую обмотку А-В замыкаются контакты 12–13 и 22–23. При протекании тока через отбойную обмотку В-Г замыкаются контакты 11–12 и 21–22.

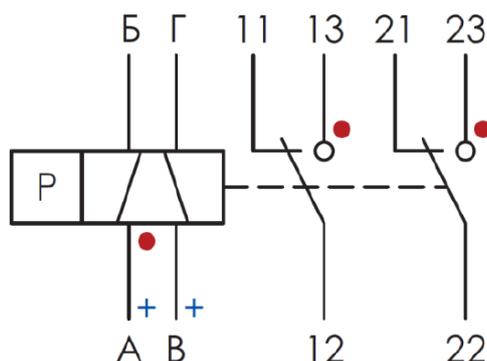


Рис.4. Схема электрическая принципиальная реле РПС45

Схема электрическая принципиальная РЭС60 указана на рисунке 5. При протекании тока через обмотку А-В замыкаются контакты 12–13 и 22–23.

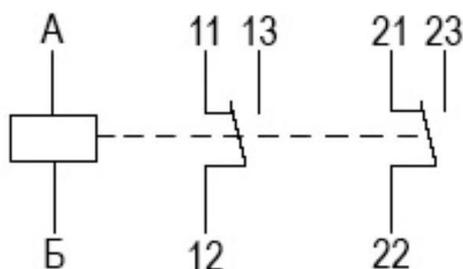


Рис.5. Схема электрическая принципиальная реле РЭС60

Если при протекании тока через обмотку реле необходимые контакты не замкнутся, это будет считаться неисправностью реле.

4. Для считывания микроконтроллером сигналов от переключения реле подключим контакты 11–13 и 21–23 через резистор к напряжению питания, а выводы микроконтроллера между резистором и контактами реле, как указано на рисунке 6.а). Таким образом, когда контакты реле будут разомкнуты, на выводе РСINTn установится положительный потенциал, а когда замкнуты – нулевой. Чтобы определить, что реле сработало или нет, необходимо считать информацию с выводов PINx. Можно использовать схему (рис. 6.б), подключив

резисторы внутри микроконтроллера программно. Схема и алгоритм программы будет работать также.

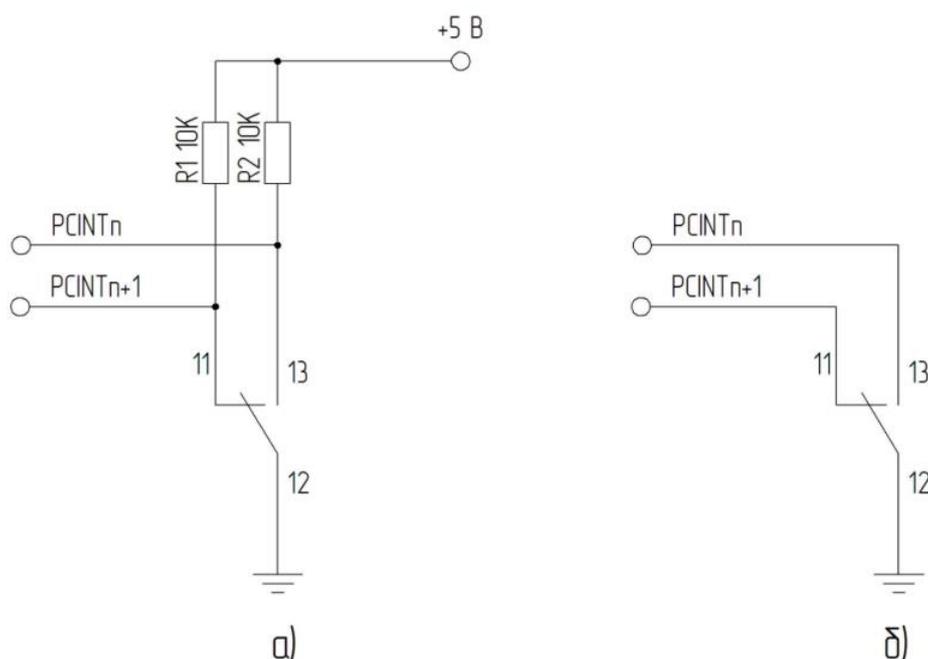


Рис.6. Подключение микроконтроллера к выводам реле РПС45

5. После проведения тестирования информация о результатах проверки реле будет выводиться на экран ЖКИ индикатора.

6. Для определения годности реле необходимо регистрировать наличие замыкания контактов реле в момент подачи напряжения на обмотку реле. Цикл подачи и снятия напряжения на обмотку должен повторяться 100 раз. Для определения исправности реле необходимо в EEPROM памяти микроконтроллера создать таблицу значений напряжений, которые должны быть при нормальной работе реле. И в момент тестирования реле создавать аналогичную таблицу для каждого проверяемого реле. По окончании всех циклов проверки эти таблицы необходимо сравнить. Если они совпадут – реле исправно, если нет – реле не прошло тестирование. Таким образом, если контакты одного из реле не замкнутся при подаче напряжения на обмотку реле, нет необходимости выполнять полную остановку программы, т.к. неисправность одного или нескольких реле не влияет на ход проверки других реле.

7. В зависимости от типа реле микроконтроллером должно выбираться напряжение от 16 В до 30 В, подаваемое на катушки реле.

Для этого можно использовать схемы, где напряжение регулируется подстройкой резистора. Сейчас существуют потенциометры, изменяющие сопротивление при управлении по интерфейсу I²C (рис. 7). Также можно использовать возможность микроконтроллера регулировать напряжение с помощью ШИМ-сигнала (рис. 8).

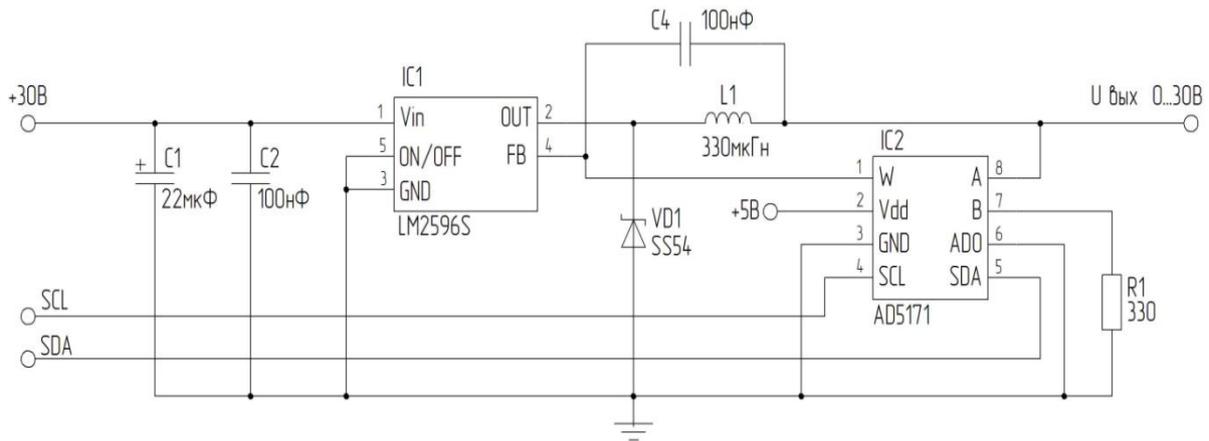


Рис.7. Управление напряжением подстроечным резистором

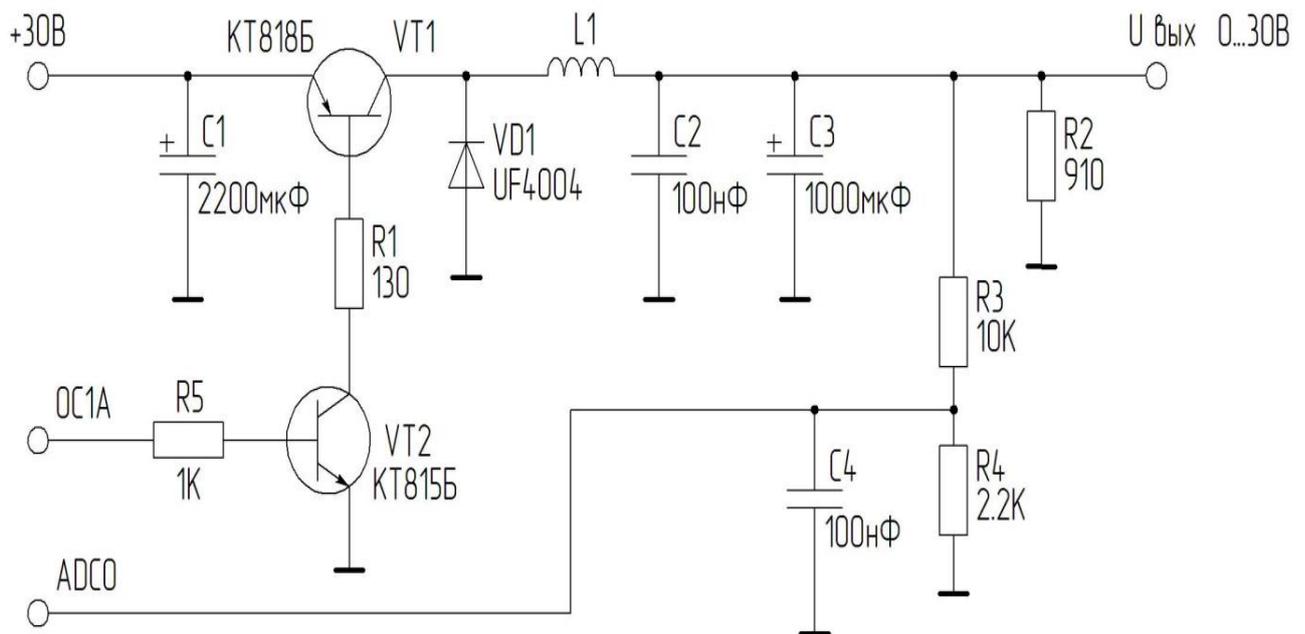


Рис.8. Управление напряжением ШИМ сигналом

8. Время подачи напряжения на катушку составляет от 10 до 50 мс. Это время должно регулироваться микроконтроллером. Для этого будем использовать таймер/счетчик с предустановкой делителя тактового сигнала. Для того чтобы не занимать АЛУ микроконтроллера постоянным считыванием значения напряжения на контактах реле, в течение подачи напряжения на катушку реле используем прерывания по изменению состояния сигнала на выводах PCINT0...PCINT15. Запретим разрешение этих прерываний, когда напряжение с катушки будет снято.

9. Составим общий алгоритм измерений.

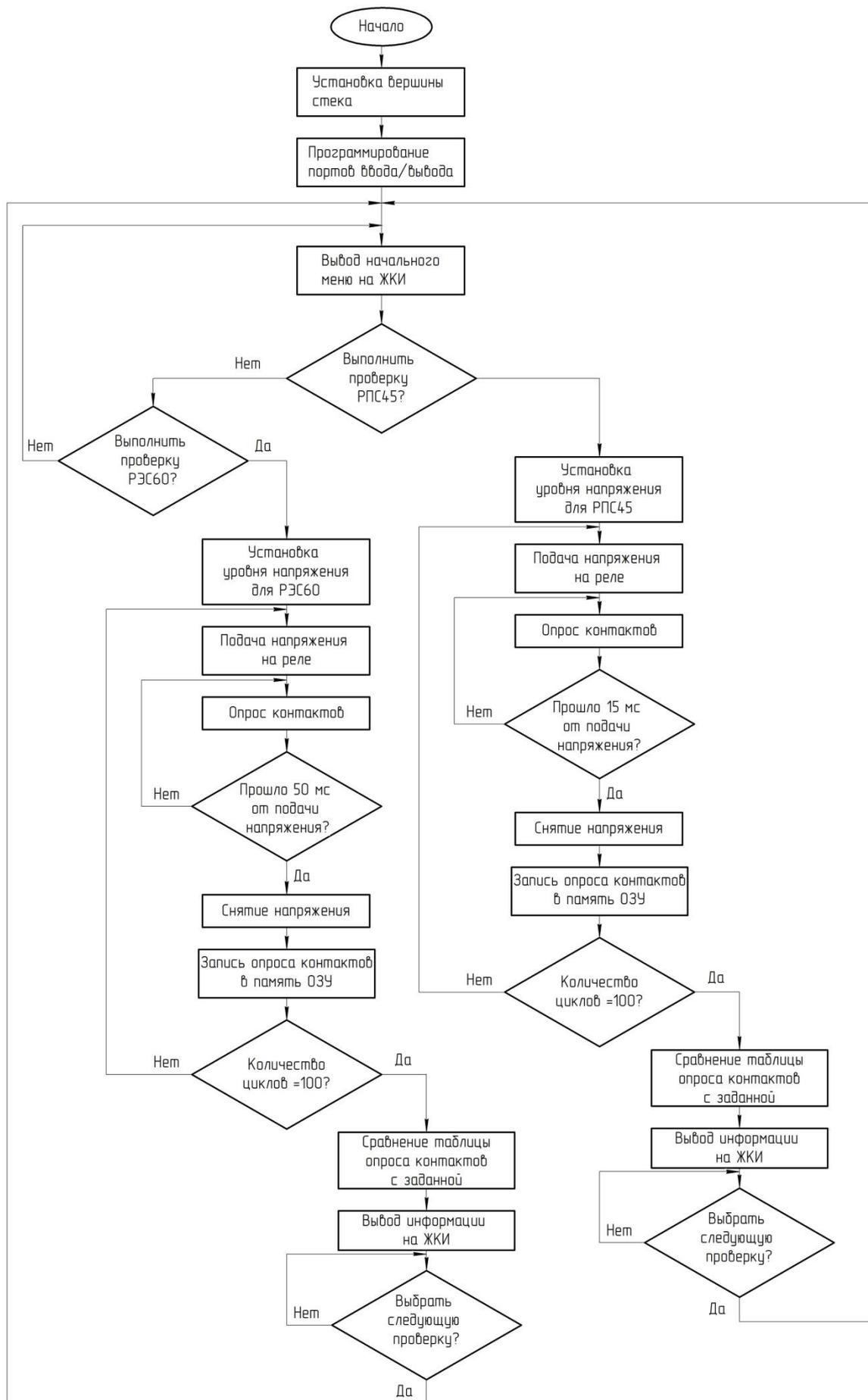


Рис.9. Общий алгоритм измерений

Разрабатываемое устройство выполняет тестирование реле автоматически. За счет этого сокращается количество подключаемых приборов. Новая схема будет состоять из источника питания, автоматизированного устройства тестирования реле и колодки с проверяемыми реле.

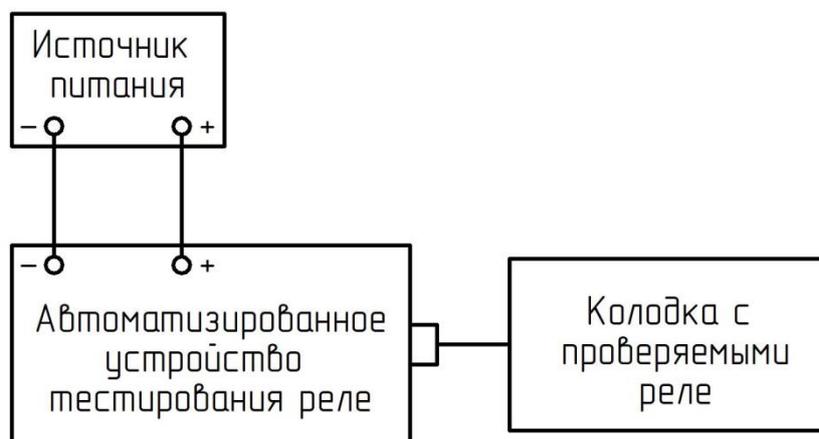


Рис. 10. Схема подключения приборов с применением автоматизированного устройства тестирования реле

Таким образом, использование разрабатываемой схемы реализует все поставленные задачи, сокращает время тестирования реле и количество подключаемых к схеме приборов.

Литература

1. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы «ATMEL». – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. – 560 с.
2. Белов А.В. Самоучитель разработчика устройств на микроконтроллерах AVR. – СПб.: Наука и техника, 2008. – 544 с.

МОДУЛЬ КОНТРОЛЯ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Е.Е. Дрямова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Арзамасский политехнический институт (филиал)

студент; e-mail: kitres@apingtu.edu.ru

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

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье показана необходимость создания модуля контроля автономного источника питания, приведена его блок-схема, описано функциональное назначение входящих в нее узлов. Приведен пример компоновки модуля и его функциональная схема.

Ключевые слова: модуль контроля; оперативный ток; автономный источник питания.

Исследование автономного источника питания – очень важная задача в любом комплексе, который включает в себя аккумуляторные батареи. При эксплуатации не по документации аккумуляторы могут потерять надежность и работоспособность – произойдет падение номинальной емкости, тем самым снизится время автономной работы. Основная задача – оптимальный режим заряда с минимальным временем и оптимальными токовыми характеристиками, что позволит максимально продлить ресурс автономного источника питания.

Система контроля автономного источника питания необходима для мониторинга текущих электрических и эксплуатационных характеристик элементов модуля оперативного постоянного тока. Этот мониторинг необходим для определения вторичных показателей, описывающих работу модуля и прогнозирования нештатных режимов работы.

Такие системы позволяют производить замеры напряжения и тока на автономном источнике питания в режиме реального времени, что позволяет производить эффективное управление вольтамперной характеристикой. Комплекс также позволяет определять температуры внутри камеры, это позволяет избежать перегрева и отказа аккумуляторной батареи.

Важнейшая функция такой системы контроля – это не просто контроль параметров в режиме реального времени, но и формирование комплекса команд для системы управления постоянным током, которая производит своевременное управление комплексом (система высшего уровня) предупреждая или устраняя нештатные режимы работы. В состав комплекса входит ряд типовых звеньев: преобразователи аналого-цифровые, предназначенные для преобразования аналоговых сигналов с сенсоров; реле управления уровнями и модули контроля пульсаций напряжения, элементы ввода вывода информации и другие.

Модуль должен обладать возможностью оперативного решения ряда задач по контролю текущего состояния сопротивления изоляции коммутационных проводов, систем защиты изоляторов, определению скачков и просадок напряжения на автономном источнике питания. Еще одна отправка задача – определение не симметрии токов и напряжения на отдельных частях автономных источников питания, входящих в состав батареи аккумуляторов.

Данный модуль является универсальным, т.к. не требует регулировок и настроек в процессе эксплуатации, что позволяет интегрировать его даже в существующие комплексы контроля оперативного тока.

Блок-схема модуля контроля автономного источника питания приведена на рисунке 1.

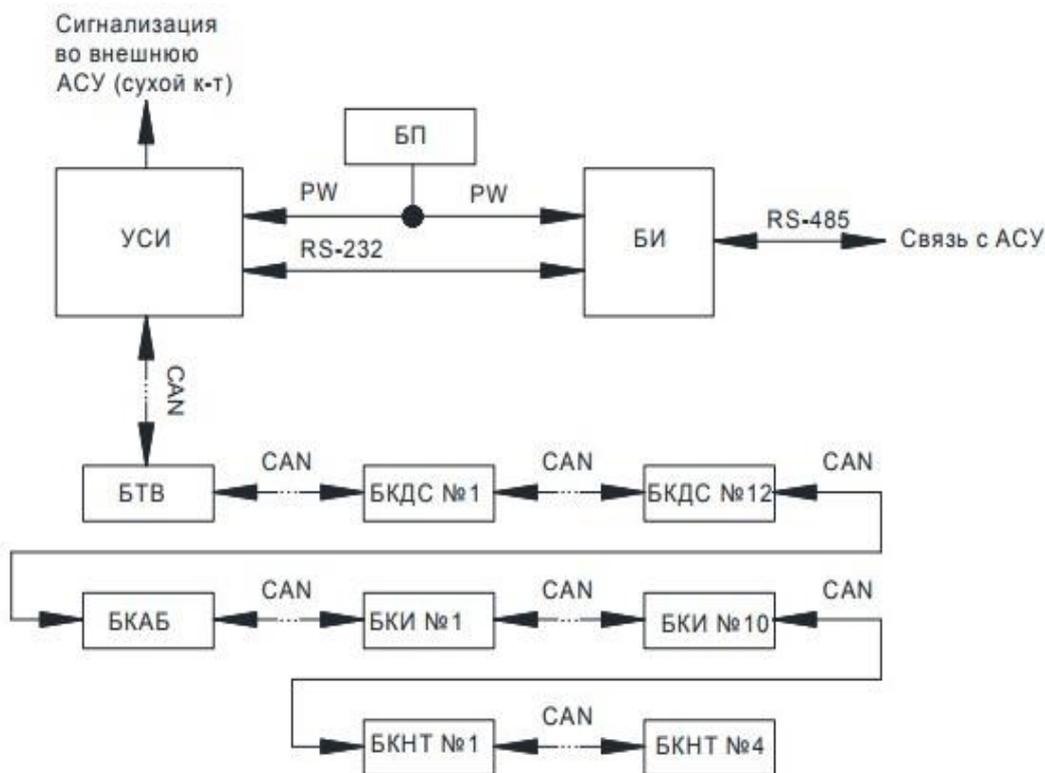


Рис. 1. Блок-схема модуля контроля автономного источника питания

В состав модуля контроля автономного источника включены блок индикации для визуализации информации, модуль сбора информации (УСИ), блок эквивалентных сигналов (БТВ), модуль питания (ИП), модуль измерения напряжения и тока (БКДС), модуль мониторинга сопротивления (БКИ), модуль анализа цифровых сигналов (БКДС), измерительный блок аналоговых электрических сигналов (БКНТ), блок мониторинга аккумулятора (БКАБ).

Обмен данными между элементами модуля осуществляется посредством шины CAN, напряжение питающей шины 24 В. Функциональный набор блоков получает команды через индикаторный модуль. Данный модуль формирует набор команд исходя из анализа информационных сигналов с блока УСИ.

Блок формирования эквивалентных сигналов на основе полученных данных определяет фактическое сопротивление всей изоляции и отдельных ее секций; разность потенциалов относительно главной шины нулевой шины в различных узловых точках модуля.

По стандарту напряжение питания таких систем не должно превышать 24 В. С учетом различной мощности допускается применение высокомоощных источников питания. Размещение функциональных блоков комплекса показано на рисунке 2.

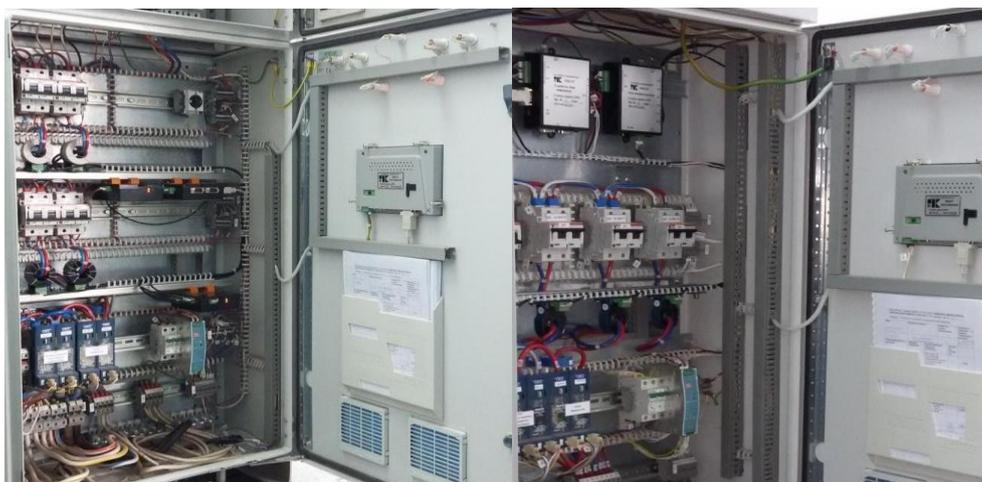


Рис. 2. Внешний вид модуля

Индикационный блок (рис. 3) – это промышленный модуль, который выполняет функцию не только отображения информации, но осуществляет функцию управления комплексом с хранением основных параметров и действий в журнале событий.



Рис. 3. Индикационный блок

Основная техническая сложность, возникающая при заряде автономных источников питания, – это определение параметров и режимов заряда, которые минимально снижают его ресурс и позволяют достоверно определять заряд по косвенным показателям.

Исследование значимых параметров при исследовании щелочных автономных источников питания показали, что наибольшему изменению подвержены напряжение, температура и давление внутри аккумуляторной батареи. Изменение параметров в процессе цикла заряда различно и не дает полной информации о заряде.

С учетом промышленного назначения данного модуля контроль заряда осуществляется по напряжению на клеммах батареи, хотя при малых токах изменение напряжения минимально, но такой вариант контроля в сочетании с измерением температуры позволяет сохранить ресурс аккумуляторной батареи с небольшим ее недозарядом.

С помощью модуля контроля возможны также измерения и диагностика напряжения несимметрии на клеммах аккумуляторной батареи и температуры внутри модуля. Функциональная схема показана на рисунке 4.

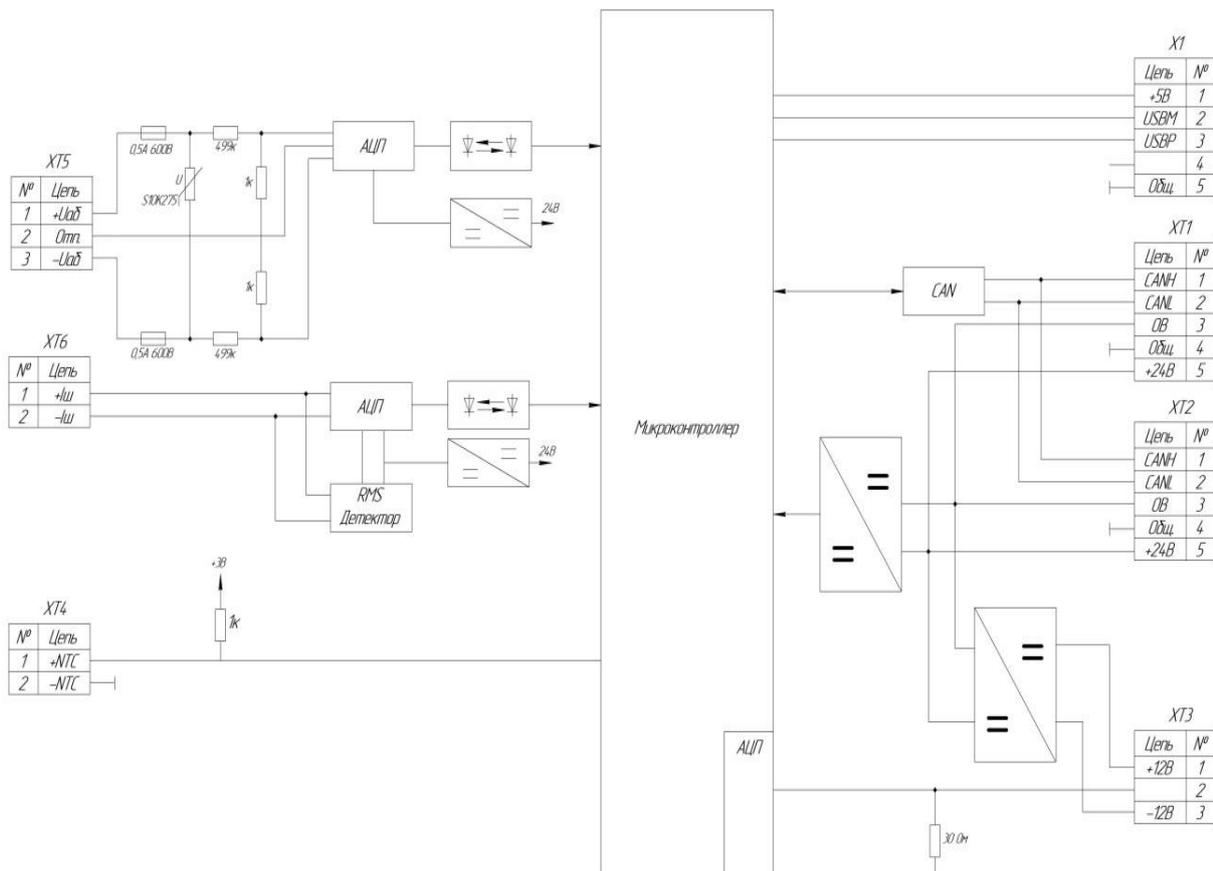


Рис. 4. Функциональная схема

Основой схемы является специализированный микроконтроллер, который производит анализ и управления различными элементами модуля, на основании сигналов с аналоговых контуров, прошедших через АЦП. Для передачи управляющих команд к элементам управления использован CAN-интерфейс.

Острая необходимость в создании и модернизации объектов энергетического комплекса влечет за собой необходимость использования надежных и высокоинтеллектуальных систем бесперебойного электропитания, удовлетворяющих современным требованиям эксплуатации.

Литература

1. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 112 с.
2. Гусев Ю.П., Поляков А.М. Электрофизические процессы в аккумуляторах электростанций при коротких замыканиях // Известия РАН. Энергетика. – 2001. – №4. – С. 99–105.
3. Хендерсон П. Функциональное программирование: Применение и реализация. – М.: Мир, 1983. – 349 с.
4. Антонов Л.Е., Ворошилов А.А., Смирнов П.А. Электромагнитные помехи в сети оперативного постоянного тока. Влияние аккумуляторной батареи // Новости ЭлектроТехники. – 2015. – № 2. – С. 1–15.

ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ С ПОИСКОМ МАРШРУТА

И.В. Дужева

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
студент; e-mail: duevaira@yandex.ru

Научный руководитель: М.Е. Сангалова, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В данной статье рассматривается решение маршрутной задачи, подобной задаче коммивояжера. Оцениваются возможные методы и выбираются оптимальные из них.

Ключевые слова: теория графов; задача коммивояжера; кратчайший маршрут.

Задача нахождения кратчайшего пути является фундаментальной и часто входит как подзадача в другие оптимизационные задачи. В некоторых приложениях числа, ассоциированные с дугами, представляют не длины, а какие-нибудь другие характеристики, и требуется найти оптимальный путь при каком-нибудь критерии оптимальности. Но задача о кратчайшем пути является наиболее общей задачей в классе задач об оптимальных путях. Алгоритм нахождения кратчайшего пути обычно может быть модифицирован для нахождения оптимальных путей при других критериях оптимальности.

В настоящем исследовании рассмотрим решение практической задачи на поиск оптимального метода.

Задача. По шести городам Нижегородской области (Нижний Новгород, Кстово, Лысково, Арзамас, Лукоянов и Сергач), нужно провести автобусный тур. Экскурсоводу необходимо составить наиболее выгодный по времени маршрут так, чтобы каждый город посещался один раз и пунктом отправления и прибытия являлся Нижний Новгород. Время, затраченное на дорогу (в минутах) между городами, возьмем из сервиса Яндекс.Карты, выбирая движение на авто и занесем в таблицу (см. Табл.). Обозначим города числами: Нижний Новгород (1), Кстово (2), Лысково (3), Арзамас (4), Лукоянов (5) и Сергач (6).

Таблица

	1	2	3	4	5	6
1		36	87	96	141	133
2	36		56	81	143	92
3	87	56		112	140	58
4	96	81	112		56	124
5	141	143	140	56		77
6	133	92	58	124	77	

Так как наша задача схожа с задачей коммивояжера, то мы можем применить те же методы:

- методы Монте-Карло – любая вычислительная процедура, включающая в себя приемы статистической выборки (без ЭВМ, снабженного датчиками случайных чисел, вычисления оптимального маршрута займут много времени);

- метод ветвей и границ – общий алгоритмический метод для нахождения оптимальных решений различных задач оптимизации, особенно дискретной и комбинаторной оптимизации;

- метод генетических алгоритмов – эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе (не является гарантированно точным и оптимальным);

- алгоритм муравьиной колонии – один из эффективных полиномиальных алгоритмов для нахождения приближённых решений задачи коммивояжёра, а также решения аналогичных задач поиска маршрутов на графах (не является точным);

- метод полного перебора (не удобен при большом количестве объектов);

- алгоритм Прима – используется для построения дерева с минимальным весом;

- алгоритм Дейкстра – подходит для решения задач о кратчайших путях для взвешенного ориентированного графа.

Решение. Отметим числами все города из условия и отметим дороги линиями (рис.1 А). Построим граф, соответствующий ситуации задачи, где рёбра – это дороги, а вес рёбер – время проезда от города к городу. Получившийся граф будет полным и помеченным (рис.1 Б).

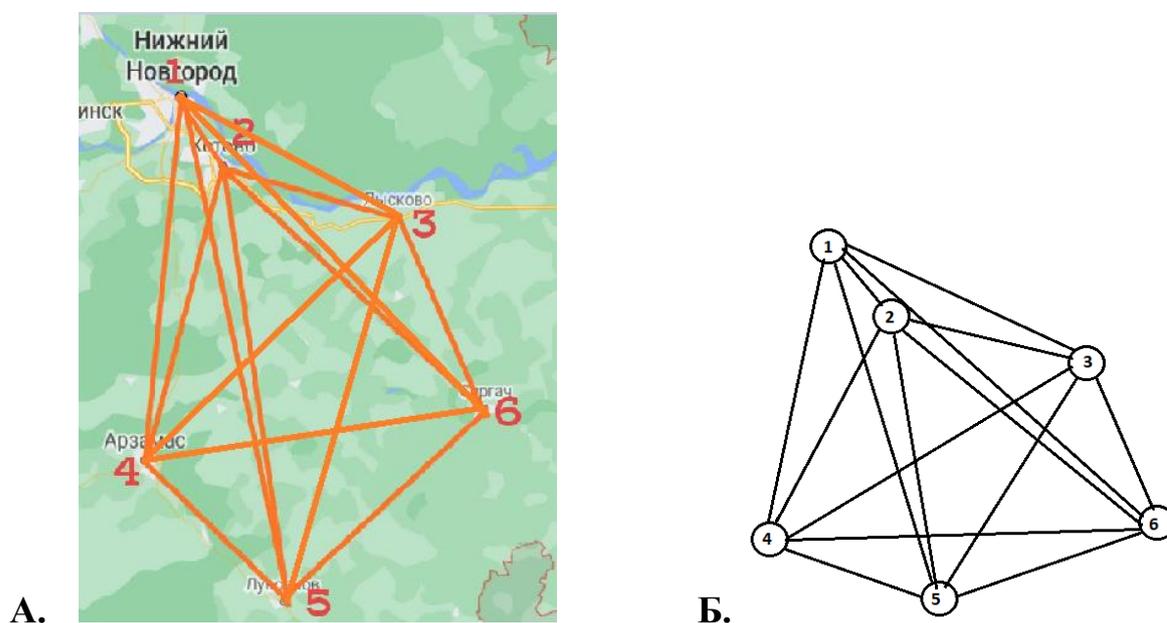


Рис 1. А. Построение графа на выбранной местности; Б. Изображение графа в соответствии с выбранными городами

1. Метод ветвей и границ.

Ищем гамильтонов цикл наименьшего веса.

Шаг №0. Возьмем в качестве произвольного маршрута: $X_0 = \{(1,2)(2,3)(3,4)(4,5)(5,6)(6,1)\}$. Тогда $F(X_0) = 36 + 56 + 137 + 56 + 77 + 128 = 490$. Для определения нижней границы множества

воспользуемся операцией редукции или приведения матрицы по строкам, для чего необходимо в каждой строке матрицы D найти минимальный элемент по i : $d_i = \min(j) d_{ij}$ Данные из таблицы переписем в матрицу, где по главной диагонали всегда будут 0, так как в данном графе нет петель.

ij	1	2	3	4	5	6	d_i
1	0	36	92	96	141	128	36
2	36	0	56	81	143	92	36
3	92	56	0	137	135	58	56
4	96	81	137	0	56	133	56
5	141	143	135	56	0	77	56
6	128	92	58	133	77	0	58

Затем вычитаем d_i из элементов рассматриваемой строки. В связи с этим во вновь полученной матрице в каждой строке будет как минимум один ноль.

ij	1	2	3	4	5	6
1	0	0	56	60	105	92
2	0	0	20	45	107	56
3	36	0	0	81	79	2
4	40	25	81	0	0	77
5	85	87	79	0	0	21
6	70	34	0	75	19	0

Такую же операцию редукции проводим по столбцам, для чего в каждом столбце находим минимальный элемент по j : $d_j = \min(i) d_{ij}$

ij	1	2	3	4	5	6
1	0	0	56	60	105	92
2	0	0	20	45	107	56
3	36	0	0	81	79	2
4	40	25	81	0	0	77
5	85	87	79	0	0	21
6	70	34	0	75	19	0
d_j	0	0	0	0	0	2

После вычитания минимальных элементов получаем полностью редуцированную матрицу, где величины d_i и d_j называются константами приведения.

ij	1	2	3	4	5	6
1	0	0	56	60	105	90
2	0	0	20	45	107	54
3	36	0	0	81	79	0
4	40	25	81	0	0	75
5	85	87	79	0	0	19
6	70	34	0	75	19	0

Сумма констант приведения определяет нижнюю границу $H = \sum d_i + \sum d_j = 300$. Элементы матрицы d_{ij} соответствуют расстоянию от пункта i до пункта j .

Время, затраченное на маршрут, определяется выражением:
 $F(M_k) = \sum d_{ij}$

Причем каждая строка и столбец входят в маршрут только один раз с элементом d_{ij}

Шаг №1. Определяем ребро ветвления и разобьем все множество маршрутов относительно этого ребра на два подмножества (i,j) и (i^*,j^*) .

С этой целью для всех клеток матрицы с нулевыми элементами заменяем поочередно нули на M (бесконечность) и определяем для них сумму образовавшихся констант приведения, они приведены в скобках.

ij	1	2	3	4	5	6	d_i
1	0	0(56)	56	60	105	90	56
2	0(56)	0	20	45	107	54	20
3	36	0(0)	0	81	79	0(19)	0
4	40	25	81	0	0(44)	75	25
5	85	87	79	0(64)	0	19	19
6	70	34	0(39)	75	19	0	19
d_j	36	0	20	45	19	19	0

$d(1,2) = 56 + 0 = 56$; $d(2,1) = 20 + 36 = 56$; $d(3,2) = 0 + 0 = 0$; $d(3,6) = 0 + 19 = 19$; $d(4,5) = 25 + 19 = 44$; $d(5,4) = 19 + 45 = 64$; $d(6,3) = 19 + 20 = 39$; Наибольшая сумма констант приведения равна 64 для ребра (5,4), следовательно, множество разбивается на два подмножества (5,4) и (5*,4*).

Исключение ребра (5,4) проводим путем замены элемента $d_{54} = 0$ на M , после чего осуществляем очередное приведение матрицы расстояний для образовавшегося подмножества (5*,4*), в результате получим редуцированную матрицу.

ij	1	2	3	4	5	6	d_i
1	0	0	56	60	105	90	0
2	0	0	20	45	107	54	0
3	36	0	0	81	79	0	0
4	40	25	81	0	0	75	0
5	85	87	79	M	0	19	19
6	70	34	0	75	19	0	0
d_j	0	0	0	45	0	0	64

Нижняя граница гамильтоновых циклов этого подмножества:
 $H(5^*,4^*) = 300 + 64 = 364$.

Включение ребра (5,4) проводится путем исключения всех элементов 5-ой строки и 4-го столбца, в которой элемент d_{45} заменяем на M , для исключения образования негамильтонова цикла.

В результате получим другую сокращенную матрицу, которая подлежит операции приведения. После операции приведения сокращенная матрица будет иметь вид:

<i>ij</i>	1	2	3	5	6	<i>d_i</i>
1	0	0	56	105	90	0
2	0	0	20	107	54	0
3	36	0	0	79	0	0
4	40	25	81	0	75	25
6	70	34	0	19	0	0
<i>d_j</i>	0	0	0	19	0	44

Сумма констант приведения сокращенной матрицы: $\sum d_i + \sum d_j = 44$

Нижняя граница подмножества (5,4) равна:

$$H(5,4) = 300 + 44 = 344 \leq 364$$

Поскольку нижняя граница этого подмножества (5,4) меньше, чем подмножества (5*,4*), то ребро (5,4) включаем в маршрут с новой границей $H=344$.

Шаг №2. Повторяем Шаг №1, определяем ребро ветвления и разобьем все множество маршрутов относительно этого ребра на два подмножества (*i,j*) и (*i*,j**).

<i>ij</i>	1	2	3	5	6	<i>d_i</i>
1	0	0(56)	56	86	90	56
2	0(35)	0	20	88	54	20
3	36	0(0)	0	60	0(50)	0
4	15	0(15)	56	0	50	15
6	70	34	0(20)	0(60)	0	0
<i>d_j</i>	15	0	20	60	50	0

$d(1,2) = 56$; $d(2,1) = 35$; $d(3,2) = 0$; $d(3,6) = 50$; $d(4,2) = 15$; $d(6,3) = 20$; $d(6,5) = 60$.

Наибольшая сумма констант приведения равна 60 для ребра (6,5), следовательно, множество разбивается на два подмножества (6,5) и (6*,5*). Исключаем ребро (6,5). В результате получим редуцированную матрицу.

$$H(6^*, 5^*) = 404.$$

<i>ij</i>	1	2	3	5	6	<i>d_i</i>
1	0	0	56	86	90	0
2	0	0	20	88	54	0
3	36	0	0	60	0	0
4	15	0	56	0	50	0
6	70	34	0	<i>M</i>	0	0
<i>d_j</i>	0	0	0	60	0	60

Включаем ребро (6,5), а элемент d_{56} заменяем на *M*, для исключения образования негамильтонова цикла. В результате получим другую сокращенную матрицу, которая подлежит операции приведения. После операции приведения сокращенная матрица будет иметь вид:

<i>ij</i>	1	2	3	6	<i>d_i</i>
1	0	0	56	90	0
2	0	0	20	54	0
3	36	0	0	0	0
4	15	0	56	50	0
<i>d_j</i>	0	0	20	0	20

Сумма констант приведения сокращенной матрицы: $\sum d_i + \sum d_j = 20$. $H(6,5) = 364 \leq 404$. Для исключения подциклов запретим следующие переходы: (4,6). Ребро (6,5) включаем в маршрут с границей $H = 364$.

Шаг №3. Продолжим определять ребро ветвления и разбивать все множество маршрутов относительно этого ребра на два подмножества (*i,j*) и (*i*,j**).

<i>ij</i>	1	2	3	6	<i>d_i</i>
1	0	0(36)	36	90	36
2	0(15)	0	0(36)	54	0
3	36	0(0)	0	0(54)	0
4	15	0(15)	36	0	15
<i>d_j</i>	15	0	36	54	0

$d(1,2) = 36$; $d(2,1) = 15$; $d(2,3) = 36$; $d(3,2) = 0$; $d(3,6) = 54$; $d(4,2) = 15$.

Наибольшая сумма констант приведения равна 54 для ребра (3,6), следовательно, множество разбивается на два подмножества (3,6) и (3*,6*). Исключаем ребро (3,6), после чего осуществляем очередное приведение матрицы расстояний для образовавшегося подмножества (3*,6*), в результате получим редуцированную матрицу. $H(3^*, 6^*) = 418$.

<i>ij</i>	1	2	3	6	<i>d_i</i>
1	0	0	36	90	0
2	0	0	0	54	0
3	36	0	0	<i>M</i>	0
4	15	0	36	0	0
<i>d_j</i>	0	0	0	54	54

Включаем ребро (3,6), а элемент d_{63} заменяем на *M*, для исключения образования негамильтонова цикла. В результате получим другую сокращенную матрицу, которая подлежит операции приведения. После операции приведения сокращенная матрица будет иметь вид:

<i>ij</i>	1	2	3	<i>d_i</i>
1	0	0	36	0
2	0	0	0	0
4	15	0	36	0
<i>d_j</i>	0	0	0	0

Сумма констант приведения сокращенной матрицы: $\sum d_i + \sum d_j = 0$. Нижняя граница подмножества (3,6) равна: $H(3,6) = 364 + 0 = 364 \leq 418$. Чтобы исключить подциклы, запретим следующие переходы: (4,6), (4,3).

Поскольку нижняя граница этого подмножества (3,6) меньше, чем подмножества (3*,6*), то ребро (3,6) включаем в маршрут с новой границей $H = 364$.

Шаг №4. Определим ребро ветвления и разобьем все множество маршрутов относительно этого ребра на два подмножества (i,j) и (i^*,j^*) .

ij	1	2	3	d_i
1	0	0(36)	36	36
2	0(15)	0	0(36)	0
4	15	0(15)	0	15
d_j	15	0	36	0

$d(1,2) = 36$; $d(2,1) = 15$; $d(2,3) = 36$; $d(4,2) = 15$. Наибольшая сумма констант приведения равна 36 для ребра (2,3), следовательно, множество разбивается на два подмножества (2,3) и $(2^*,3^*)$.

Исключаем ребро (2,3), после чего снова осуществляем приведение матрицы расстояний для образовавшегося подмножества $(2^*,3^*)$, в результате получим редуцированную матрицу. $H(2^*,3^*) = 364 + 36 = 400$.

ij	1	2	3	d_i
1	0	0	36	0
2	0	0	0	0
4	15	0	0	0
d_j	0	0	36	36

Включаем ребро (2,3), а элемент d_{32} заменяем на M . В результате получим другую сокращенную матрицу, которая подлежит операции приведения. После операции приведения сокращенная матрица будет иметь вид:

ij	1	2	d_i
1	0	0	0
4	15	0	0
d_j	15	0	15

Сумма констант приведения сокращенной матрицы: $\sum d_i + \sum d_j = 15$. Нижняя граница подмножества (2,3) равна: $H(2,3) = 379 \leq 400$. Поскольку нижняя граница этого подмножества (2,3) меньше, чем подмножества $(2^*,3^*)$, то ребро (2,3) включаем в маршрут с новой границей $H = 379$.

В соответствии с этой матрицей включаем в гамильтонов маршрут ребра (1,2) и (4,1). В результате гамильтонов цикл образуют ребра: (1,2), (2,3), (3,6), (6,5), (5,4), (4,1). Все условия задачи соблюдены, а значит, оптимальное время, затраченное на весь маршрут, равно $F(M_k) = 379$.

2. Алгоритм Прима для циклов.

Найдем ребро наименьшего веса: (1,2) с весом 36 и к его концу присоединяем второе ребро наименьшего веса, не считая первого. Продолжим эти действия, пока не получится дерево, включающее все вершины нашего исходного графа. Получим связный граф без циклов с ребрами (1,2), (2,3), (3,6), (6,5), (5,4) (рис.2).

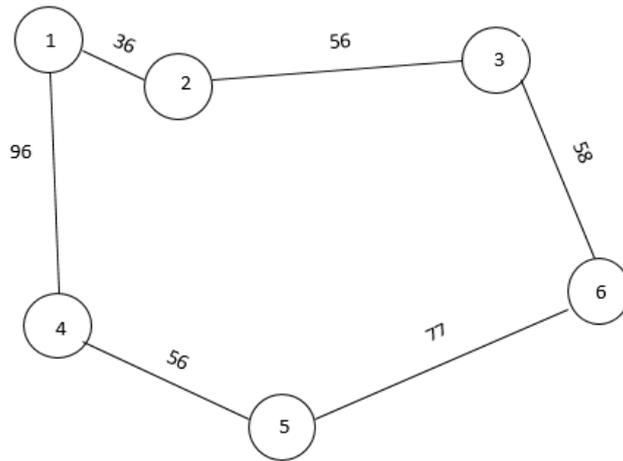


Рис.2. Связный граф без циклов

По условию задачи пункт отправления и пункт прибытия совпадают, значит, проведем ребро между точками 1 и 4, так как это первая и последняя точки данного графа соответственно. Просуммируем все ребра получившегося графа:

$$\sum q_6 = 36 + 56 + 58 + 77 + 56 + 96 = 379$$

Итого, оптимальное время, затраченное на маршрут, равно 379.

3. Алгоритм Дейкстры.

Шаг 0. Все вершины получают временные метки, равные бесконечности (∞), кроме вершины 1, которая получает постоянную метку 0 (рис.3).

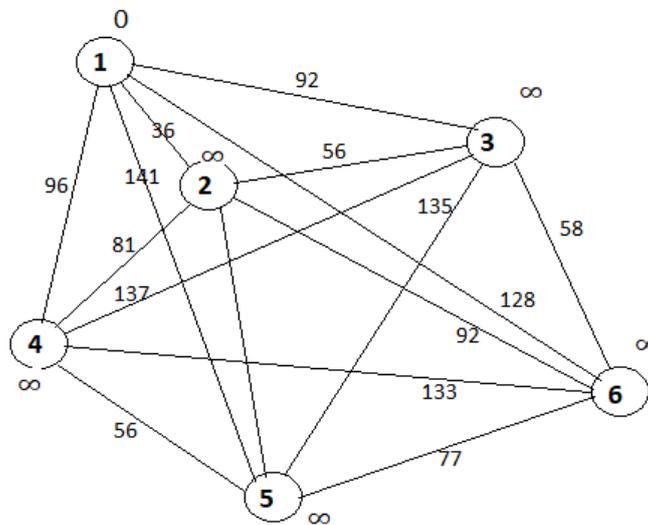


Рис.3.

Шаг 1. Среди вершин, смежных с 1, самый минимальный вес, равный 36, имеет вершина 2. Она получает постоянную метку 36, а вершину 1 помечаем как посещенную. То же самое проделываем с другими смежными вершинами и присваиваем им другие постоянные метки. У нас дан полный граф, поэтому все вершины приобретут постоянные метки (рис.4).

Шаг 2. Теперь найдем вершину, смежную со 2, с минимальным весом.

$$\min\{l_{13}; l_2 + l_{23}\} = \min\{92; 36 + 56\} = 92 \rightarrow l_3$$

$$\min\{l_{16}; l_2 + l_{26}\} = \min\{128; 36 + 92\} = 128 \rightarrow l_6$$

$$\min\{l_{15}; l_2 + l_{25}\} = \min\{141; 36 + 143\} = 141 \rightarrow l_5$$

$$\min\{l_{14}; l_2 + l_{24}\} = \min\{96; 36 + 81\} = 96 \rightarrow l_4$$

Минимальный вес имеет вершина 3 с меткой 92. Помечаем вершину 2, как посещенную. Другим вершинам присваиваем новые метки (рис. 5).

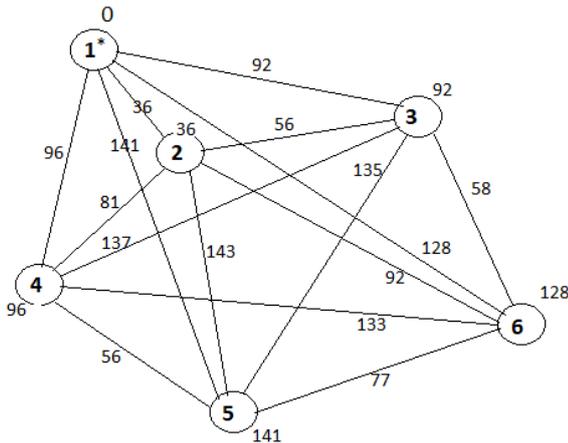


Рис.4.

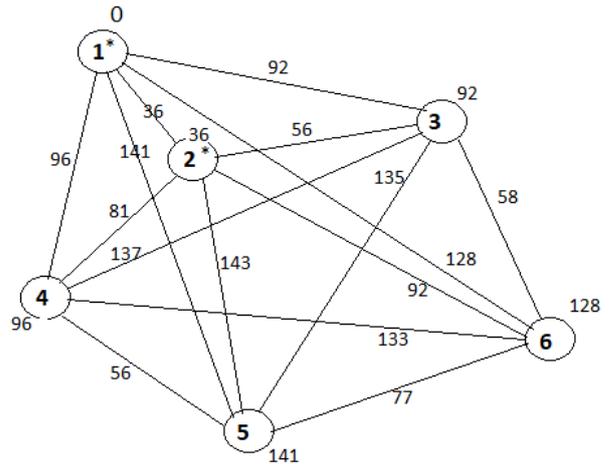


Рис.5

Шаг 3. Найдем минимальный вес вершины, смежной с 3.

$$\min\{l_{14}; l_3 + l_{34}\} = \min\{96; 92 + 137\} = 96 \rightarrow l_4$$

$$\min\{l_{15}; l_3 + l_{35}\} = \min\{141; 92 + 135\} = 141 \rightarrow l_5$$

$$\min\{l_{16}; l_3 + l_{36}\} = \min\{128; 92 + 58\} = 128 \rightarrow l_6$$

Вершина 4 получает постоянную метку 96, а вершина 3 помечается, как посещенная.

Шаг 4.

$$\min\{l_{15}; l_4 + l_{45}\} = \min\{141; 96 + 56\} = 141 \rightarrow l_5$$

$$\min\{l_{16}; l_4 + l_{46}\} = \min\{128; 96 + 133\} = 128 \rightarrow l_6$$

Шаг 5.

$$\min\{l_{15}; l_6 + l_{65}\} = \min\{141; 128 + 77\} = 141 \rightarrow l_5$$

Мы вычислили кратчайшие расстояния от вершины 1 до любой другой.

Но нам нужно найти кратчайший путь, проходящий через все вершины и составляющий гамильтонов цикл. Если вершине 1 приписана постоянная метка 0, то можно посмотреть все соседние вершины и найти ту, метка которой отличается от метки вершины 1 на длину соединяющей их дуги. Это вершина 2 с меткой 36. Закрепляем это ребро и ищем следующую вершину с меткой, отличающейся от метки вершины 2 на длину соединяющей их дуги. Вершина 3 подходит, значит закрепляем и это ребро и оставляем вершину 2 с постоянной

меткой. Продолжаем процесс и доходим до последней вершины. У нас уже получился граф с вершинами 1,2,3,6,5,4. Пока что это дерево, и чтобы достроить граф до гамильтонова цикла, нужно последнюю вершину соединить ребром с первой. Тогда у нас выполняются все условия задачи, а время, затраченное на весь путь, составит 379 минут.

Ответ: 379 минут.

Исходя из полученных вычислений, можно сказать, что метод ветвей и границ, хоть и объемный, но эффективный метод для решения подобного типа задач, так как при любых исходных данных он позволяет прийти к верному ответу.

Алгоритм Прима приводит к тому же самому ответу, однако с помощью этого алгоритма можно построить только дерево наименьшего веса. При адаптации данного метода к условиям других задач результат не всегда будет верным.

Говоря про алгоритм Дейкстры, можно заметить, что метод очень удобен для поиска кратчайшего расстояния от одной вершины до другой. При поиске же кратчайшего замкнутого маршрута данные вычисления не всегда могут помочь, так как на выходе можем получить дерево, которое уже нельзя будет достроить до цикла, не нарушив условия задачи.

Таким образом, можно сказать, что задачи с поиском маршрута решаются разными методами, исходя из условий самой задачи, но для оптимизации этих методов приходится привносить в них небольшие изменения, модификации для более быстрого и точного результата.

Литература

1. Абакумов Е., Ижболдин О., Курляндчик Л., Нецветаев Н. Кратчайшие сети // Квант. – 1990. – С. 7.
2. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы. Модели вычислений. Структуры данных: учебник. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. – С. 307.
3. Елисеев Е.М., Елисеев М.Е. Основы дискретной математики: учебное пособие. – Арзамас: АГПИ им. А.П. Гайдара, 2005. – С. 120.
4. Мудров В.И. Задача о коммивояжёре. – М.: Знание, 1969. – С. 64.
5. Ху Т.Ч., Шинг М.Т. Комбинаторные алгоритмы / пер. с англ. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2004. – С. 330.
6. Дудева И.В. Оптимальные методы решения задач с поиском маршрута // Информационные технологии и прикладная математика: материалы Всероссийского научно-практического семинара аспирантов и студентов имени Л.В. Широкова. – Арзамас: АФ ННГУ, 2021.

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗОНАТОРА ВОЛНОВОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ГИРОСКОПА

Е.П. Егунова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; e-mail: eep_90@mail.ru
Научный руководитель: А.Н. Долгов, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассмотрен гармонический анализ характеристик резонатора волнового твердотельного гироскопа. результаты моделирования позволили выявить причины существенного повышения нулевого сигнала при воздействии вибрации. Кроме этого, проведенный анализ показал принципиальную возможность оптимального проектирования ответственных элементов, когда без изготовления экспериментального образца реально узнать эволюцию его характеристик.

Ключевые слова: волновой твердотельный гироскоп; металлический резонатор; синусоидальная вибрация; моделирование.

Учитывая то, что волновой твердотельный гироскоп (ВТГ), который еще называют Кориолисовым вибрационным гироскопом, – прибор вибрационного принципа действия, очень важно, особенно при военном назначении, правильно выбрать геометрические размеры отдельных элементов. В настоящее время, с учетом большого ассортимента систем автоматизированного проектирования, это становится еще более актуальным.

Все этапы НИР по проектированию технических систем могут начинаться с моделирования принципа работы объекта исследования в САЕ системах методом конечных элементов.

После выполнения сравнительного анализа получается, что для проектирования и анализа резонатора и ВТГ в целом хорошо подходит Solid Works. Этот продукт компании Desault Systems имеет очень удобный интерфейс, прост в 3-D моделировании и создании сборок, легко и безошибочно открывает экспортируемые модели и распознаёт их геометрию. Модуль анализа Simulation имеет богатый объём исследований, необходимых для качественного проектирования изделий с учетом всех предъявляемых современных требований. Исходя из вышеизложенного, для исследования влияния конструктивных параметров резонатора на его собственные характеристики будет использоваться Solid Works Simulation.

За основу выбрана конструкция резонатора, представленная на рисунке 1.

Резонатор имеет следующие геометрические размеры элементов:

- внешний диаметр резонатора $d=22,8$ мм;
- толщина стенки оболочки резонатора $t=0,9$ мм;
- диаметр крепежной ножки 4,8 мм;
- длина ножки основания 10 мм;
- толщина доньшка резонатора 0,6 мм;
- длина оболочки резонатора 14 мм;
- переход оболочки резонатора к доньшку:
- внутренний радиус сопряжения 0,5 мм;

- радиус сопряжения ножки с доньшком 0,5 мм;
- наружная фаска $\Phi=0,5 \times 45^\circ$.

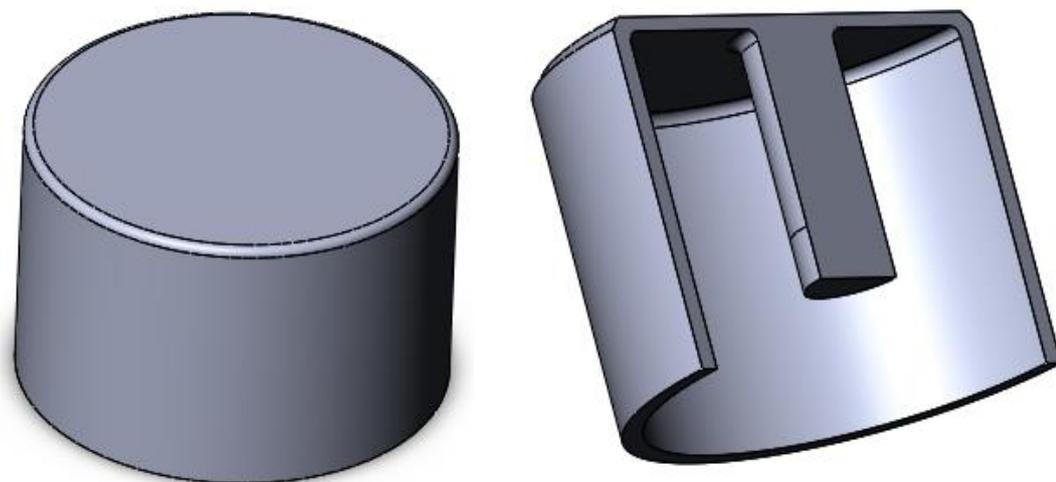


Рис. 1. Модель резонатора

Такой резонатор был спроектирован в ходе выполнения научно-исследовательской работы по рекомендациям отечественных разработчиков ВТГ, после чего запущен в производство. Материалом резонатора является прецизионный сплав 46НХТЮ. Моделирования резонатора и каких-либо прочностных расчетов не производилось. В настоящей работе осуществляется попытка «умного» проектирования для повышения эффективности проектных и конструкторских работ.

В качестве нагрузки применим синусоидальную вибрацию с амплитудой ускорения $6g$ в частотном диапазоне от 20 до 2000 Гц, как и предполагается по ГОСТ РВ 20.39.304-98 «Требования стойкости к воздействию внешних факторов».

Для этого воспользуемся частотным анализом, поскольку любое динамическое исследование строится именно на нем. К месту крепления резонатора приложим синусоидальную вибрацию, что имитирует вибрационные испытания.

Результаты представим в виде диаграмм ускорений, напряжений, перемещений и амплитудно-частотных характеристик.

На рисунке 2 представлена диаграмма ускорений. Видно, что максимальная величина составляет $10g$, что несущественно превышает задающее значение. Судя по диаграмме вертикальных ускорений, их появление связано с наличием собственной частоты (3180,5 Гц). Именно поэтому их величина обрывается величиной $10g$, то есть это не максимально возможное значение, поскольку резонанс наступает на частоте 3180,5 Гц. Чтобы в этом удостовериться и сравнить величину виброперегрузки в минимальной и максимальной областях, выберем две точки на диаграмме (рис. 3) и построим для них АЧХ (рис. 4).

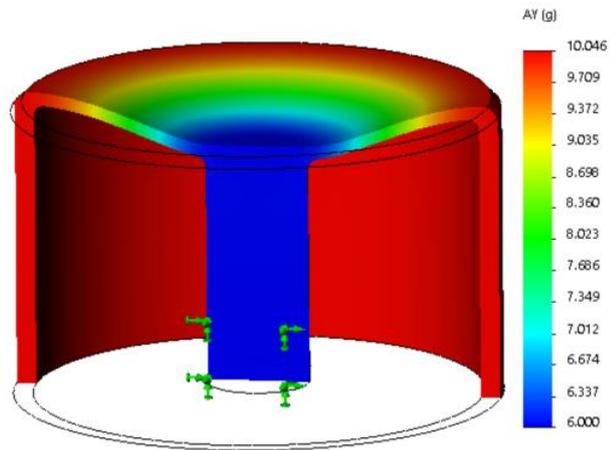


Рис. 2. Диаграмма осевых ускорений

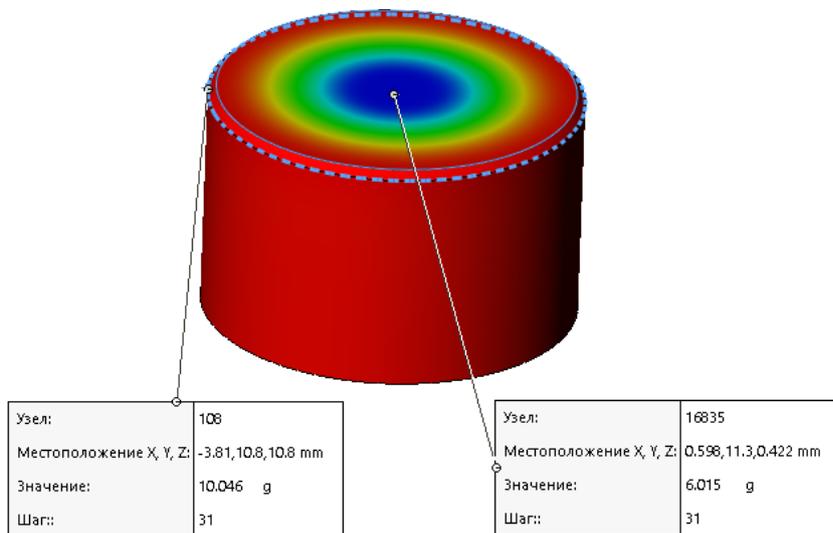


Рис. 3. Выбор точек для сравнения ускорений

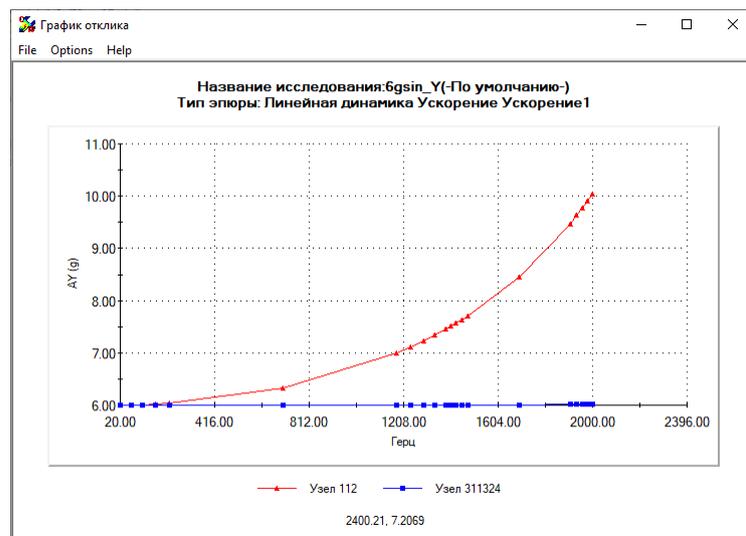


Рис. 4. АЧХ при осевом воздействии синусоидальной вибрации

Рассмотрим диаграмму напряжений (рис. 5).

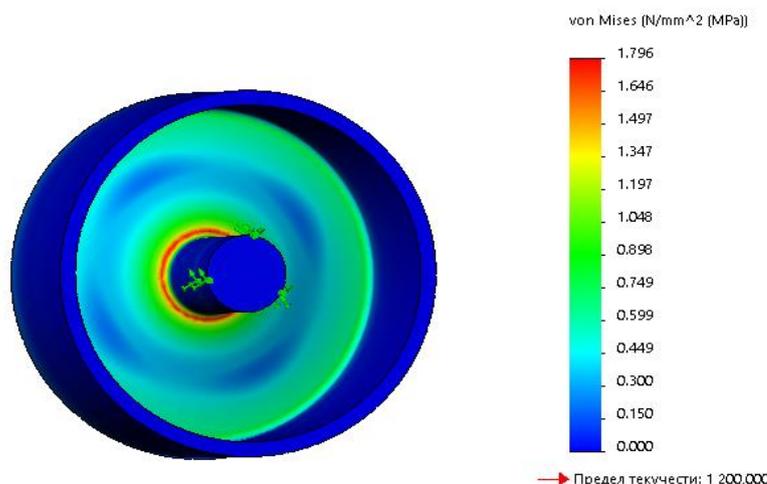


Рис. 5. Диаграмма напряжений

По диаграмме видно, что максимальная величина напряжений составляет менее 2 МПа, что свидетельствует об очень высоком запасе прочности, отсутствии пластических деформаций, поэтому не влияет на ресурс конструкции.

Приведем диаграмму перемещений (рис. 6).

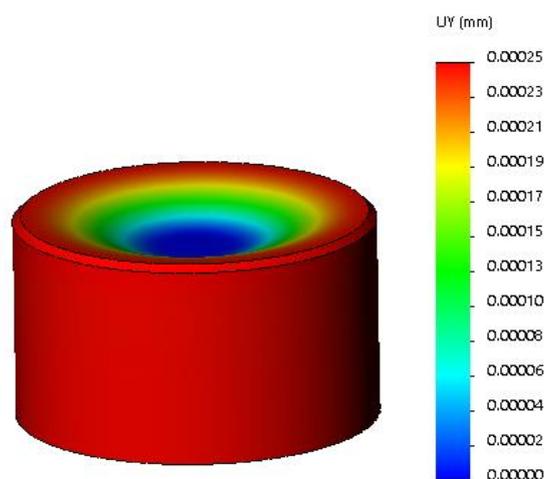


Рис. 6. Диаграмма осевых перемещений

Диаграмма осевых перемещений очень информативна. Она показывает, что центральная часть (ножка) резонатора неподвижна, а по мере удаления к внешнему диаметру перемещения возрастают и достигают значения 0.25 мкм. Такое обстоятельство негативно сказывается на работе пьезокерамических пластин, прикрепленных к доньшку в количестве 8 штук через 45°. В результате такого воздействия эти пластины испытывают поперечный изгиб и выдают информацию, не связанную с действием угловой скорости. Обнаруженный факт может объяснять резкое увеличение нулевого сигнала в конце его записи при вибрационных испытаниях.

Рассмотрим влияние синусоидальной вибрации при воздействии в направлении, перпендикулярном оси симметрии (рис. 7).

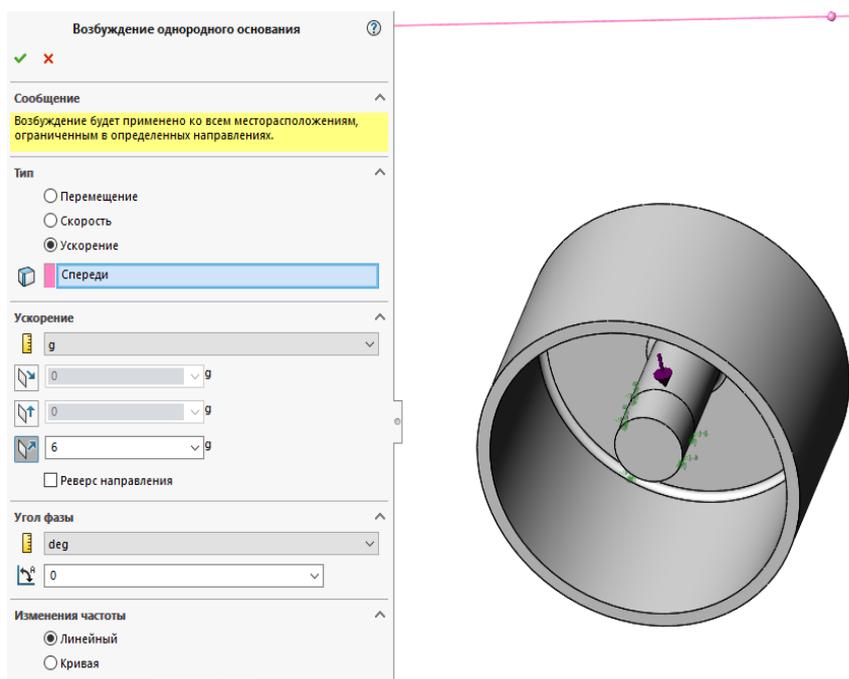


Рис. 7. Задание синусоидальной вибрации вдоль оси симметрии

Приведем аналогичные результаты. Начнем с диаграммы ускорений по оси Z (рис. 8), перпендикулярной оси симметрии.

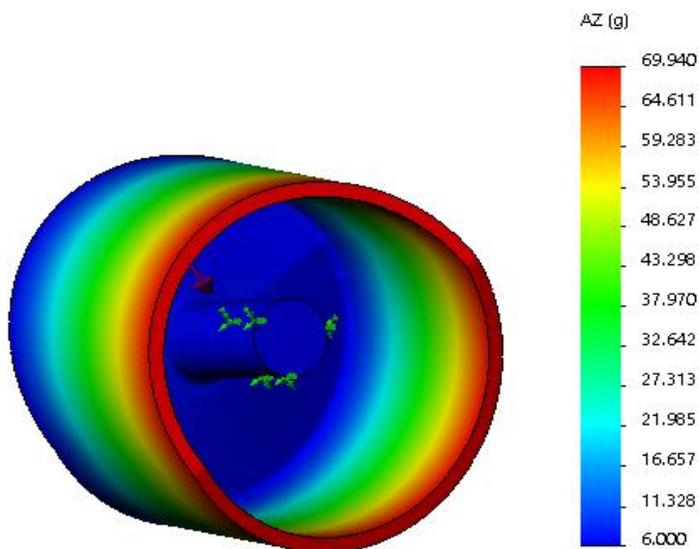


Рис. 8. Диаграмма ускорений по оси, перпендикулярной оси симметрии резонатора

Приведем АЧХ (рис. 9), снятую в точках, указанных на рисунке 10.

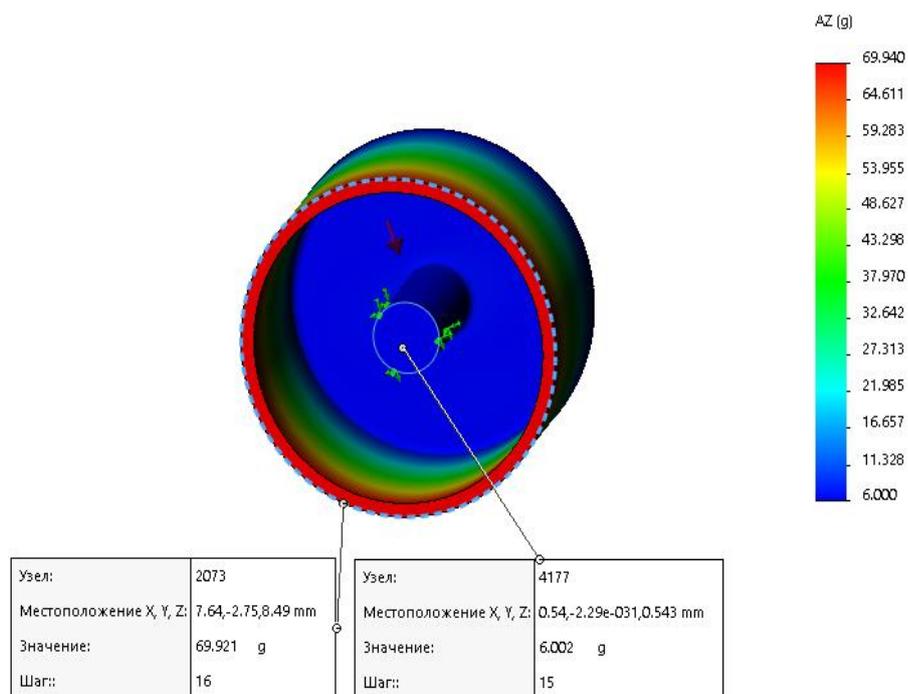


Рис. 9. Выбор исследуемых точек

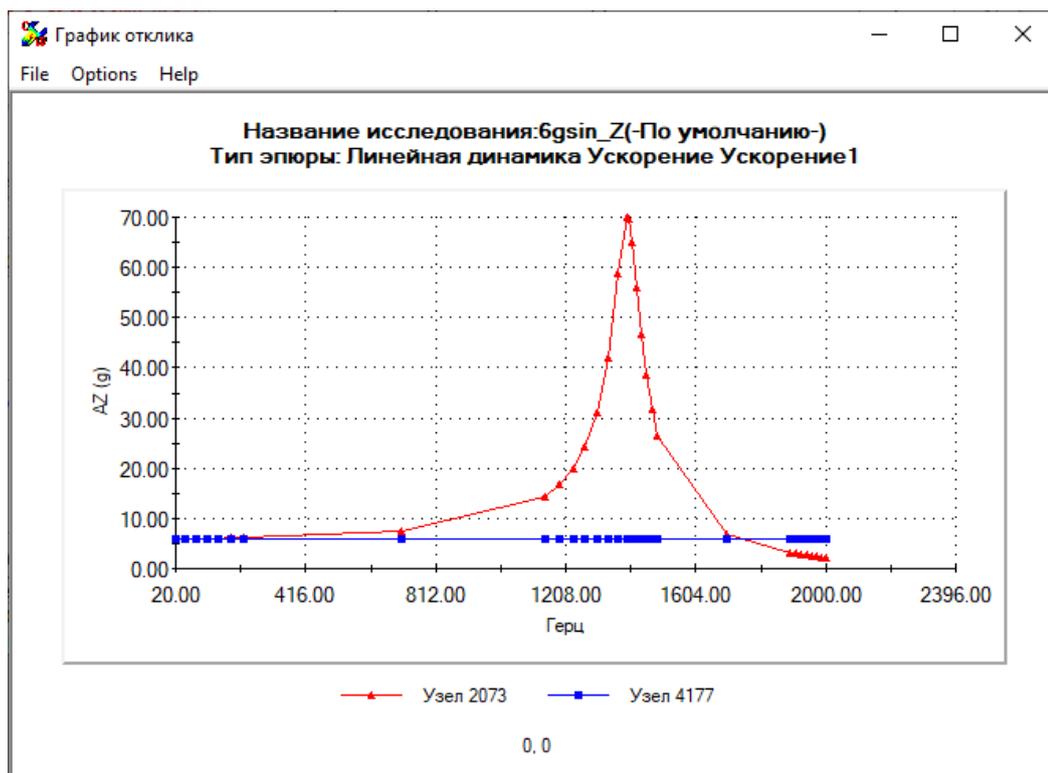


Рис. 10. АЧХ по оси Z, перпендикулярной оси симметрии

Максимальной амплитуде колебаний соответствует частота 1385 Гц, то есть первая собственная частота, представляющая собой качания резонатора из-за деформации доньшка. По всей видимости, это основная причина резкого дрейфа гироскопа в середине испытаний.

Приведем диаграмму напряжений (рис. 11). В этом случае величина напряжений на порядок выше, чем в предыдущем случае, и составляет почти 30 МПа. Однако на ресурс резонатора и появление пластических деформаций такое обстоятельство не вызывает опасения.

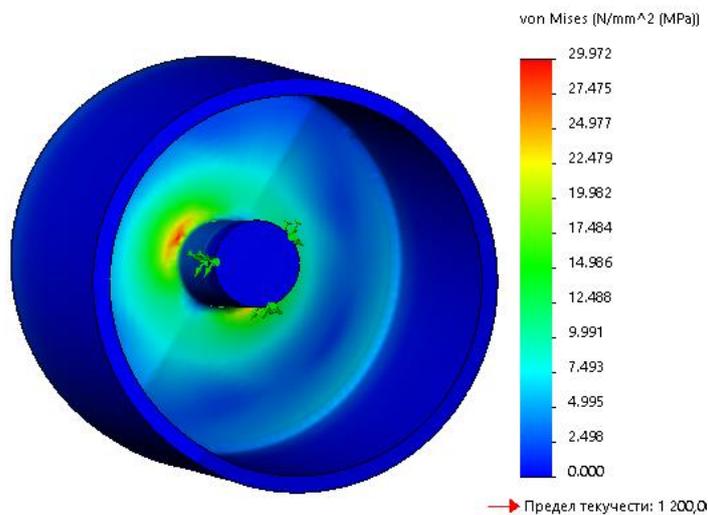


Рис. 12. Диаграмма напряжений

Рассмотрим диаграмму перемещений (рис. 2.17) по оси возбуждения.

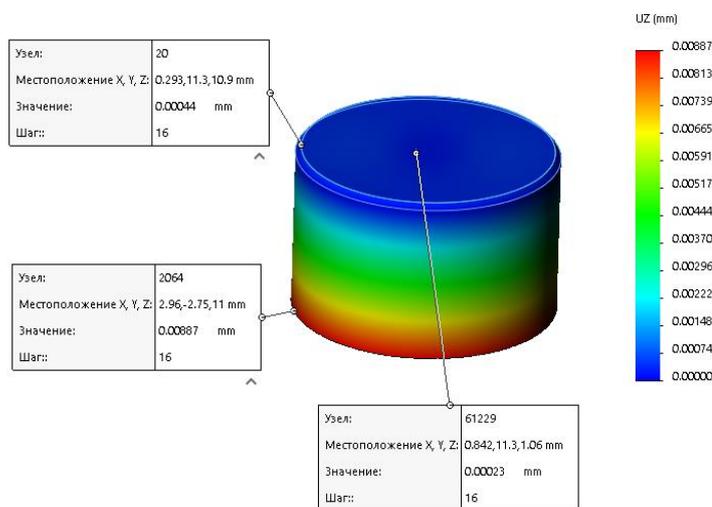


Рис. 12. Диаграмма перемещений по оси Z, перпендикулярной оси симметрии

Диаграмма показывает, что максимальные отклонения (качания) резонатора в области рабочего кольца составляют около 9 мкм, а в зоне сопряжения доньшка с внешним диаметром – 0,4 мкм. Последнее свидетельствует о деформации растяжения-сжатия пьезоэлементов.

Учитывая специфику первой формы колебаний, в процессе качаний доньшко деформируется вдоль оси симметрии, поэтому актуально привести диаграмму осевых перемещений (рис. 13), несмотря на то, что возбуждение происходит перпендикулярно оси симметрии.

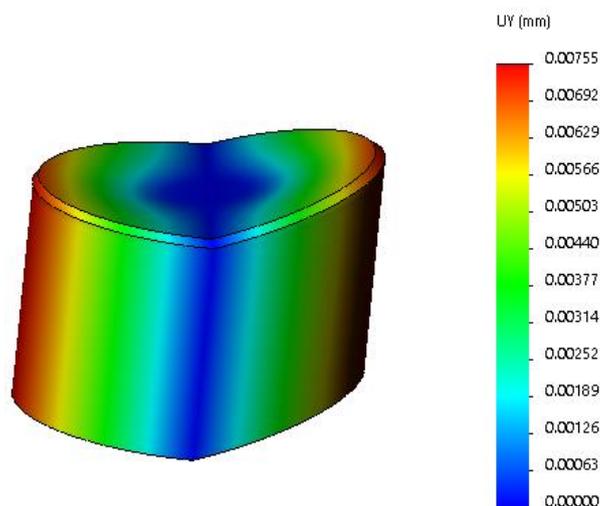


Рисунок 13. Диаграмма осевых перемещений вдоль оси Y

Действительно, перемещения составляют 7,5 мкм, что более чем на порядок выше величины, в случае воздействия вибрации вдоль оси симметрии. Более того, такое обстоятельство заставляет задуматься о прочности пьезоэлементов, поскольку их материал является хрупким, а сами элементы имеют толщину 0,32 мм.

Таким образом, результаты моделирования позволили выявить причины существенного повышения нулевого сигнала при воздействии вибрации. Кроме этого, проведенный анализ показал принципиальную возможность оптимального проектирования ответственных элементов, когда без изготовления экспериментального образца реально узнать эволюцию его характеристик.

Литература

1. Лунин Б.С. Физико-химические основы разработки резонаторов волновых твердотельных гироскопов. – М.: Изд-во МАИ, 2005. – 224 с.
2. Измайлов Е.А. Волновой твёрдотельный гироскоп // Патент RU. – №. 2164006. (2004).
3. АО «Топсистемы». T-FLEX Анализ. Пособие по работе с системой. – М., 2011. – 201 с.
4. Журавлев В.Ф., Климов Д.М. Волновой твердотельный гироскоп. – М.: Наука, 1985. – 125 с.

ВОЗМОЖНОСТИ И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ VR- И AR- ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

К.А. Еришов

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
студент; e-mail: Kirillvoshre@gmail.com

Научный руководитель: Е.А. Первушкина, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье анализируются перспективы применения VR- и AR-технологий в образовательной сфере. Рассматриваются примеры успешных интеграций технологий VR в обучение; Достоинства и недостатки данной технологии.

Ключевые слова: виртуальная реальность; дополненная реальность; информатизация образования; VR; AR.

С эволюцией человечества, с развитием грамотности и письменности развивались и технологии передачи информации это в свою очередь напрямую влияло на возможности образования и чем качественней передача информации, тем более эффективно становится образовательная программа.

В современном мире существует огромное количество способов передачи информации, а с недавнего времени стало развиваться направление донесения информации в интерактивной и игровой форме. Примером таких форм преподнесения информации служат системы, основанные на технологиях виртуальной и дополненной реальности. Убедиться в популярности данной технологии, можно взглянув на исследования рынка AR/VR в мире, компанией Huawei [1].

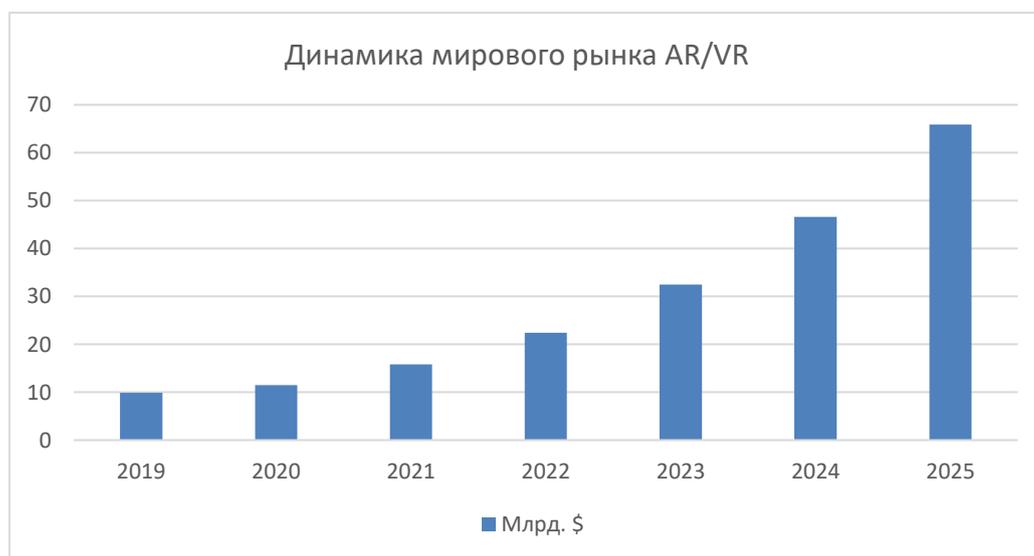


Рис. 1. Диаграмма прогноза мирового рынка VR/AR компанией Huawei

Виртуальная и дополненная реальность отличаются тем, что виртуальная реальность – это искусственно созданный мир, который подчиняется своим законам, а дополненная проецирует объекты на уже существующие в реальном мире, например, анимацию или кровеносную систему на человека [2]. Также существует

смешанная реальность, которая объединяет реальные и виртуальные элементы. Но такая система чаще используется в производстве, чем в обучении [2; 3].

Простейшим примером дополненной реальности являются маски в различных социальных сетях, таких как «ВКонтакте» или «Instagram». В образовании такая система используется для введения в процесс обучения интерактивна, выведения полезной информации над объектами. В обучении такая система может быть реализована как в виде приложения на телефоне, так и в виде очков.

Не секрет, что для многих виртуальная реальность, на первый взгляд, воспринимается как забава, но в этом нет их вины ведь основными потребителями VR оборудования являются как раз геймеры. Согласно исследованию Sketchfab, проведенном на 1000 представителей сообщества 3D-специалистов игровой контент составляет больше половины всего VR-медиа.

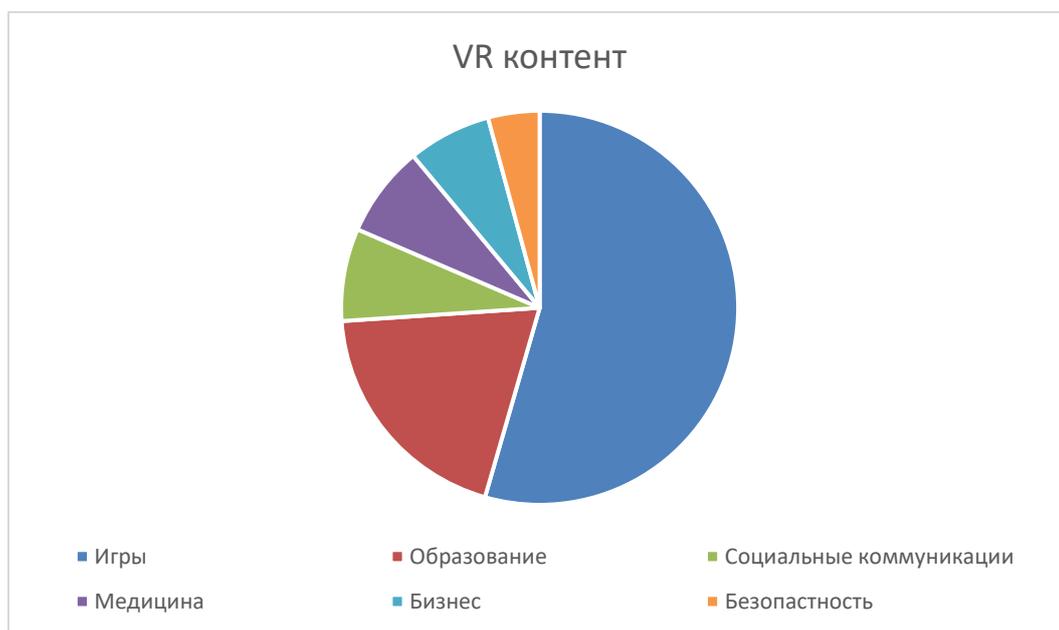


Рис. 2. Диаграмма области применения технологий VR

Но возможности VR в образовании намного шире, благодаря искусственно созданной реальности в которую полностью погружают ученика, возможен просмотр образовательного материала в формате 360°. Данный формат позволяет ученику лучше сосредоточиться на образовательном контенте, в отличие от обычного просмотра видео на экране, где в его поле зрения попадают другие предметы, которые могут отвлечь ученика, да и сам ученик не полностью вовлечен. При просмотре видео в VR ученик не только больше заинтересован, но и получит более глубокие ощущения. При проведении экспериментов в школе учителя замечали, что после проведения урока в VR, отстающие ученики, благодаря заинтересованности, смогли получить новые знания, а также использовать их на тесте [5].

Также в виртуальной реальности возможно моделирование ситуаций и отработка действий в этих ситуациях. Например, очень часто для обучения той или иной специальности требуется практика, ну и конечно отработка действий, как в медицине или производстве. Но чаще всего условия для практики создать

очень затратно или практически невозможно, а то и вовсе опасно. В этом случае ситуацию спасает именно VR, с помощью качественной образовательной программы ученик может отработать различные сценарии, визуально и машинально запомнить расположение тех или иных объектов. Примером такого приложения может служить «Тренажер по заправке мешка биореактора для BIOCAD» от компании Modum Lub. Для избежания поломки дорогого оборудования, новые сотрудники компании BIOCAD перед процедурой заправки дорогостоящего мешка биореактора, изучают регламент работы с оборудованием в VR. Данные о прохождении автоматически анализируются и отображаются в панели администратора [5].

Польза от такого вида обучения доказана не только личными ощущениями участников, но и исследованием компании Modum Lub совместно с центром НТИ ДВФУ. Суть исследования заключалась в проведении VR-интенсива по физике в пяти школах и колледжах разных городов, в эксперименте принял участие 61 школьник. В исследовании основная группа проходила интенсивный курс в формате смешанного обучения, чередуя VR-занятия с обсуждениями в группе. В то же время другая группа изучала тот же материал с учебниками и тетрадями. Итоги подводились на основании школьных тестов по двум группам, а впоследствии по результатам экзаменов. В результате прохождения VR-обучения у группы вырос на 28,8% средний балл по тесту, у второй же группы результаты остались на прежнем уровне [4]. Хотя проведение такого рода обучения положительно влияет на результаты обучения и заинтересованность учащихся, все еще предстоит изучить со всех сторон воздействие VR на обучающихся и их результаты обучения. Это и ряд других причин являются сдерживающим фактором для полноценного внедрения VR в систему образования.

Еще одним сдерживающим фактором является спорное мнение касательно популярного вопроса о вреде VR для зрения. В этом плане нельзя однозначно сказать «вредно» или «безопасно», можно назвать виртуальную реальность обоюдно острым мечом, она может как помочь, так и навредить. Обуславливается это такими факторами, как, во-первых, отсутствие единых стандартов и сертификатов, из-за чего выпускаемое оборудование может быть плохого качества и вызывать негативные последствия; во-вторых, индивидуальность организма каждого человека. Исходя из этого специальные упражнения в VR могут как помочь в лечении амблиопии, косоглазия, в приобретении коммуникативных навыков детей с отклонениями [6], так и вызвать раздражение глаз, тошноту, головокружение и даже эпилепсию. В основном такие случаи происходят при длительном использовании оборудования, поэтому производители устанавливают рекомендуемые ограничения в использовании: от 12 лет, не более 40 минут.

Еще одним минусом внедрения такой системы является цена оборудования и обучающего материала, ведь комплект для обучения восьми учеников может доходить до 729 тыс. руб. в зависимости от комплектации. Образовательного контента же на данный момент доступно немного, что приводит к необходимости создания нового образовательного материала. Само создание этого

материала является трудоемким процессом, и на данный момент разрабатывается частными компаниями, из-за чего имеет высокую стоимость.

Вне всяких сомнений VR-технологии имеют огромный потенциал в обучении и в дальнейшем будут только развиваться, но в ближайшее время ожидать такой вид обучения в рядовых образовательных учреждениях не стоит. Как и для любой технологии, перед внедрением требуется провести множество исследований, создать систему обучения, разработать нормы использования и сертификаты качества, создать систему для проверки пригодности учащихся к VR-обучению, обучить персонал, поэтому по прогнозам, привычной для учеников такая система сможет стать только во второй половине 20-х годов, а то и вовсе в 30-х годах XXI века.

Литература

1. Исследование Huawei: рынок AR/VR в России достигнет 7 млрд руб. к 2025 году. – URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/245949291> (дата обращения: 14.04.2022).

2. Волинов М.М., Китов А.А., Горячкин Б.С. Виртуальная реальность: виды, структура, особенности, перспективы развития // E-Scio. – 2020. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-vidy-struktura-osobennosti-perspektivy-razvitiya/viewer> (дата обращения: 14.04.2022).

3. Рахматуллаев А.Н. Технология виртуальной реальности // Молодой ученый. – 2021. – №18 (360). – С. 50–58. – URL: <https://moluch.ru/archive/360/80615/> (дата обращения: 14.04.2022).

4. Подпетелько К.В. Магические очки: проблемы и преимущества VR-обучения в школе. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/education/5d8df78d9a7947725033da5a> (дата обращения: 14.04.2022).

5. Технологи AR и VR в образовании. – URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/435996/> (дата обращения: 14.04.2022).

6. Хиллис Е.М., Кащенко Т.П., Карнюшкина Т.А. Влияние использования шлема виртуальной реальности на зрительные функции // Медицина труда и промышленная экология. – 2006. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-vidy-struktura-osobennosti-perspektivy-razvitiya/viewer> (дата обращения: 14.04.2022).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАТФОРМЫ UNITY В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКЕ

М.Р. Знятдинов

Московский городской педагогический университет
студент

Россия, г. Москва; e-mail: vostroknutov_i@mail.ru

В статье рассматривается возможное использование платформы Unity в образовательной робототехнике.

Ключевые слова: робототехника; интерактивность; Unity.

В настоящее время с развитием цифровых технологий в области образования проходит активное внедрение различных способов и инструментов для более удобного и современного интерактивного взаимодействия преподавателями с учащимися. Особенно это актуально в направлении «Образовательная робототехника», в котором затрагиваются сферы инженерии, программирования и проектирования, сложные для восприятия и изучения для большинства обучающихся. В данной области правильное использование цифровых инструментов позволяет активизировать образовательный процесс, привлекать больший интерес к робототехнике и инженерным наукам и избежать потерю знаний во время обучения. Одним из таких инструментов является платформа Unity.

Unity – это среда разработки, позволяющая создавать приложения для большого числа платформ, включающих в себя персональные компьютеры, мобильные устройства, интернет-приложения и пр. Образовательная версия Unity бесплатна; визуальная среда разработки программы и модульная система компонентов позволяет создавать интерактивные приложения для образовательного курса, а кроссплатформенность позволит взаимодействовать с другими инструментами, например, Arduino. Использование Unity позволяет дополнить образовательный процесс элементами игры.

Дидактические возможности Unity объединяют в себя массу методов и педагогических технологий, позволяющих вести образовательную деятельность на новом и современном уровне. Под дидактическими свойствами того или иного средства обучения, в том числе и информационно-коммуникационных технологий, следует понимать природные, технические, технологические качества объекта, те его стороны, аспекты, которые могут использоваться с дидактическими целями в учебно-воспитательном процессе.

Проекты в Unity создаются из сцен, объектов в сценах и сценариев, написанных на языках программирования C#, JavaScript и других. Расчет физики производит физический движок PhysX, позволяющий создавать на занятиях технически точные игровые ситуации и сюжеты, в которые вплетаются образовательные задачи. Такие игровые технологии позволяют нивелировать трудности восприятия материала и повышают познавательную активность учащихся.

Продуктом приложения может быть как презентационный проект для демонстрации на экране, так и полноценная игра, где преподаватели и ученики в роли игроков будут взаимодействовать друг с другом и с окружающим миром внутри игры. Подобные приложения позволяют заменить настоящее оборудование на виртуальное, а очную форму обучения – на дистанционную.

Таким образом, платформа Unity является цифровой технологией, способной расширить как образовательный процесс, так и интерактивную форму обучения.

Литература

1. Среда для разработки. Unity Technologies. – Режим доступа: <https://unity.com/> (дата доступа: 25.10.2021).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИК КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЕМНИЕВЫХ СТРУКТУР МЭМС-АКСЕЛЕРОМЕТРОВ

Н.В. Зубков¹, Е.С. Кечин²

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)

¹магистрант; e-mail: slava.soko2016@yandex.ru

²магистрант; e-mail: egorkechin@mail.ru

Научный руководитель: В.И. Поздяев, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Представлена методика анализа характеристик механических подвижных узлов МЭМС-акселерометров с помощью программного обеспечения ANSYS Mechanical. Методика позволяет проводить анализ влияния статических и динамических нагрузок на подвижный узел в виде чувствительного элемента на упругом подвесе.

Ключевые слова: акселерометр; механический подвижный узел; кремниевый маятник; компьютерное моделирование; метод конечных элементов.

В настоящее время микроэлектромеханические системы (МЭМС) являются актуальным и перспективным направлением в приборостроении. Особое место среди приборов, основанных на технологиях МЭМС, занимают акселерометры – устройства, измеряющие проекцию кажущегося ускорения [1].

Известно, что одним из важнейших компонентов датчиков МЭМС, обеспечивающих точность измерений, а также стабильность выходных характеристик прибора, является его первичный преобразователь, или емкостной датчик угла.

Принцип действия емкостного датчика угла заключается в преобразовании измеряемого ускорения, действующего вдоль оси чувствительности датчика (на механический подвижный узел), в выходное напряжение, пропорциональное измеряемому ускорению [1].

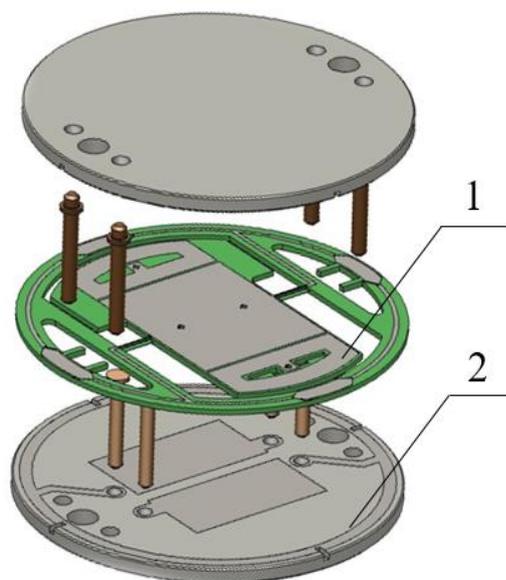


Рис. 1. Емкостной датчик угла МЭМС-акселерометра
1 – механический подвижный узел; 2 – керамические корпуса

В реальности же на механический подвижный узел может воздействовать сразу несколько внешних механических нагрузок, различных по величине и своей природе, к таким можно отнести перекрестные ускорения, внешние вибрационные и ударные нагрузки. В этих случаях точность проводимого измерения будет зависеть от множества факторов, судить о наличии которых в реальности возможно только лишь по параметрам выходного сигнала первичного преобразователя.

Поэтому актуальным вопросом является применение различных методик компьютерного моделирования элементов МЭМС, с целью целостного анализа функционирования системы. МЭМС представляют собой микроминиатюрные изделия достаточно сложной конфигурации, и возможность предотвращения ошибок при их создании, которую может предоставить математическое моделирование, является ключевым моментом в достижении экономической целесообразности и конкурентоспособности разработки МЭМС.

В основе компьютерного моделирования лежит процесс создания компьютерного двойника – 3d-модели реального объекта (рис. 2), с описанием его основных свойств и параметров.

Рассмотрим процесс, частный случай – моделирование функциональной 3d-модели механического подвижного узла компенсационного МЭМС-акселерометра.

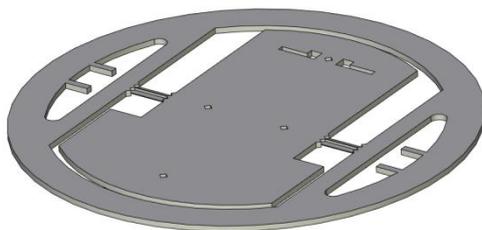


Рис. 2. Кремниевый маятник

Функциональная модель 3d-механического подвижного узла в прикладной САД-программе позволяет реализовать следующие задачи:

- исследование динамических характеристик, при воздействии различного рода ускорений, вибрационных нагрузок и т. д.;
- анализ геометрических параметров реализуемых кремниевых структур в сравнении с эталонной 3d-моделью;
- возможность проведения экспериментального исследования новых типов конструкций подвижных узлов, без дополнительных затрат на изготовление макетов;
- возможность доработки и модификации конструкций подвижного узла на стадии изготовления датчика.

Компьютерное моделирование кремниевого маятника проведем методом конечных элементов, с помощью программного обеспечения ANSYS Mechanical.

В основе моделирования в программном пакете ANSYS Mechanical лежит несколько этапов:

1. Построение 3d-модели исследуемой системы, в соответствии с заданными геометрическими параметрами реального объекта.

На рисунке 3 представлена 3d-модель исследуемого кремниевого маятника.

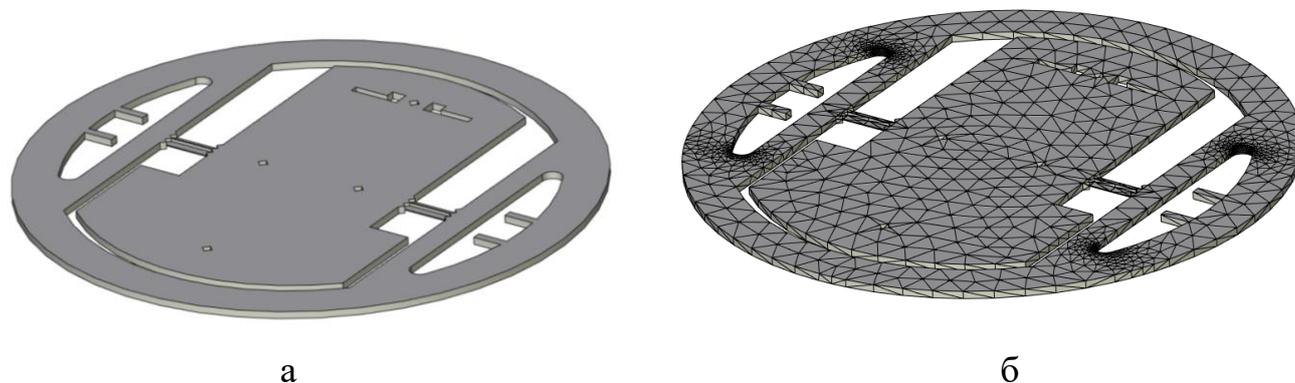


Рис. 3. 3d-модель кремниевого маятника типа «коромысло»

2. Задание физических свойств материалов, используемых в системе.

Материалы и их свойства определяются функцией Engineering Data.

Физические свойства материала Кремний (Si), применяемого при моделировании, приведены в таблице.

Таблица

Параметр	Плотность	Модуль Юнга	Модуль сдвига	Коэффициент Пуассона
Значение	$\rho = 2,33 \text{ г/см}^3$	$E = 131 \text{ ГПа}$	$G = 79,9 \text{ ГПа}$	0,266

3. Генерация сетки конечных элементов.

При генерации сетки конечных элементов используется модуль Mesh. Определяющим является набор параметров генерируемой сетки, именно от нее зависят точность и скорость моделирования.

Для получения приемлемого решения, с достаточной точностью и небольшим временем расчета, генерируемая сетка имеет следующие параметры: число элементов – 908, число расчетных узлов – 2204, форма элементов – треугольники, параллелепипеды и тетраэдры.

Итоговый вариант сетки конечных элементов для исследуемого объекта приведен на рисунке 4 б.

4. Исследование динамических характеристик объекта.

Проведение анализа моделей движения механического подвижного узла с помощью модуля «Modal» заключается в поиске резонансных частот маятника на определенном диапазоне частот, в нашем случае 30–5000 Гц, с постоянным входным воздействием 50g.

В результате моделирования получены модели движения (деформации) подвижного узла, соответствующие конкретному диапазону собственных частот.

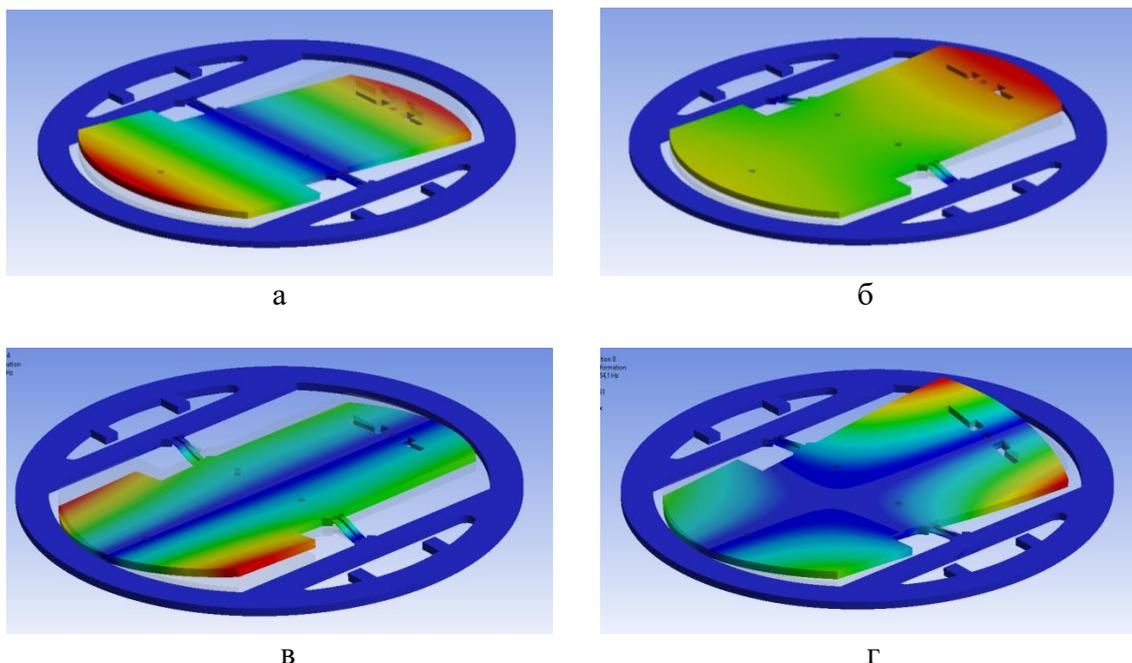


Рис. 4. Исследование динамических характеристик механического подвижного узла: а – изгибные колебания 35,26 Гц; б – пластинчатые колебания 1338,2 Гц; в – изгибные колебания (продольные) 2671,4 Гц; г – совокупность колебаний 5554,1 Гц

Таким образом, полученные модели перемещения механического подвижного узла подтверждают принцип построения рассматриваемой конструкции маятника типа «коромысло» – работа в соответствии с угловой моделью движения (а). Модель движения (б) близка к плоскопараллельной модели движения. В свою очередь, модели движения (в), (г) не соответствуют ни одной из применяемых моделей движения маятника.

5. Анализ геометрических параметров реализуемых кремниевых структур в сравнении с эталонной 3d-моделью.

Геометрическая погрешность изготовления кремниевых структур обуславливается сложностью процесса изготовления механического подвижного узла, в частности, геометрии упругих подвесов – торсионов, работающих на кручение при угловом перемещении маятника [2].

Процесс проведения оценочного расчёта прочности двух типов подвесов: а) с погрешностью геометрических параметров, смоделированного на базе реального образца, б) также эталонного образца – выполним с помощью программы Ansys. На рисунке 5 приведены 3d-модели исследуемых маятников.

Результаты распределения эквивалентных напряжений на торсионе с геометрической погрешностью (а), а также на торсионе эталонного образца (б) при статической нагрузке 50g представлены на рисунке 6.

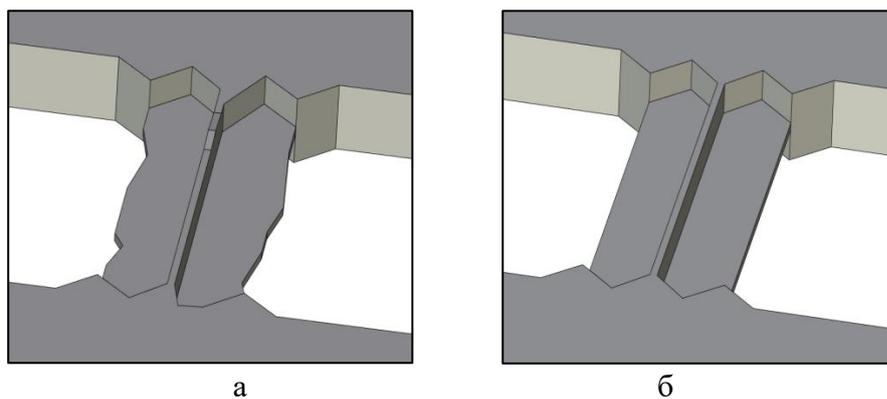


Рис. 5. Исследуемые 3D-модели

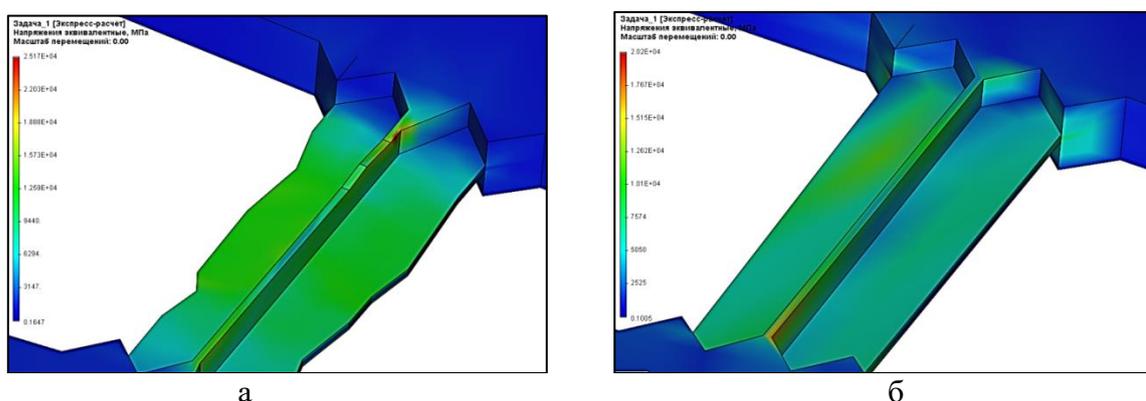


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений при статической нагрузке 50g

В результате проводимого исследования было выявлено, что концентрация эквивалентных напряжений в торсионе с геометрической погрешностью имеет усредненный численный показатель $1,57 \cdot 10^4$ МПа, с максимальной концентрацией напряжений в критических местах, достигающей $2,51 \cdot 10^4$ МПа. В свою очередь концентрация эквивалентных напряжений в торсионе эталонного образца не превышает $0,7574 \cdot 10^4$ МПа, с максимальной концентрацией напряжений в критических местах, достигающей $1,51 \cdot 10^4$ МПа.

Таким образом, можно сделать вывод:

- Полученные показатели возникающих эквивалентных напряжений входят в предельно допустимый диапазон модуля упругости кремния 2500 ГПа;
- Рассматриваемая конструкция подвеса с геометрической погрешностью при статической нагрузке 50g работоспособна (без учёта усталостной прочности).

6. Возможность проведения экспериментального исследования новых типов конструкций механических подвижных узлов, без дополнительных затрат на изготовление макетов, экономически целесообразна.

В основу проводимого исследования положена ранее рассмотренная задача разработки конструкции механического подвижного узла для диапазонов измеряемого ускорения менее 10g [3]. 3D-модель ранее представленной конструкции приведена на рисунке 7.

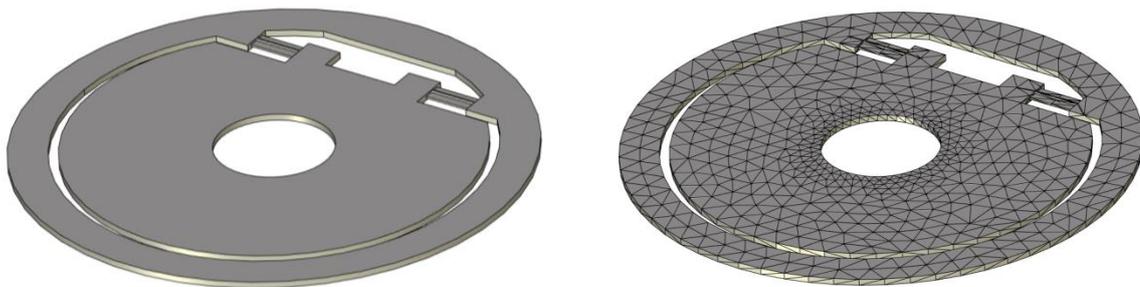


Рис. 7. 3d-модель кремниевой конструкции «чистого маятника»

Одной из особенностей представленной конструкции механического подвижного узла являются упругие подвесы крестообразной формы сечения в разрезе, примененные в ранее рассмотренной конструкции маятника типа «кормысло». Данная конструктивная особенность обеспечивает необходимый показатель соотношения жесткость/чувствительность, при реализации объемных катушек магнитоэлектрического датчика момента, образующих совместно с кремниевым маятником измерительный узел.

Проведем моделирование воздействия широкополосной случайной вибрации с помощью модуля «Random Vibration» (процесс моделирования аналогичен ранее рассмотренному).

Результат моделирования:

- а) величина отклонения маятника равна $1,72 \cdot 10^{-6}$ м;
- б) возникающие эквивалентные напряжения в торсионе равны $1,21 \cdot 10^4$ МПа (приведены на рисунке 8).

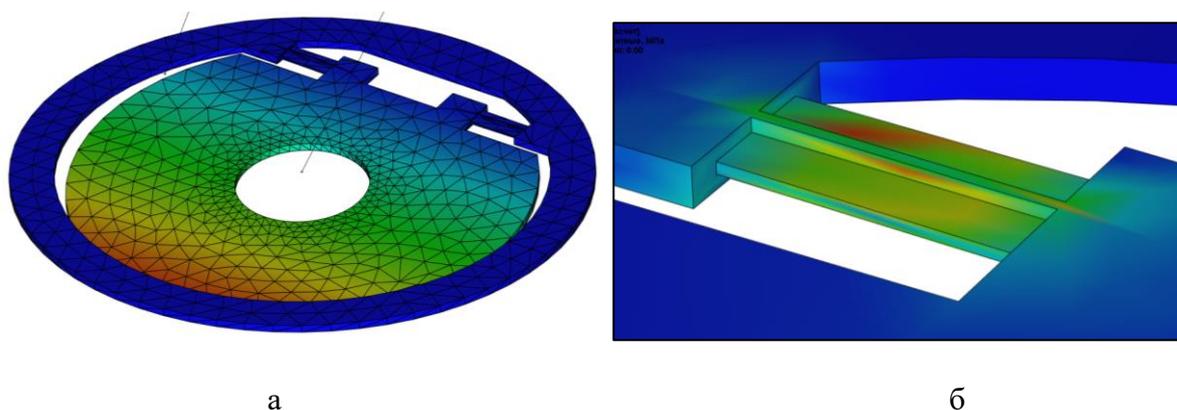


Рис. 8. Исследование характеристик механического подвижного узла
а – отклонение маятника; б – эквивалентные напряжения в торсионе

График модели движения подвижного узла при воздействии широкополосной случайной вибрации приведен на рисунке 8.

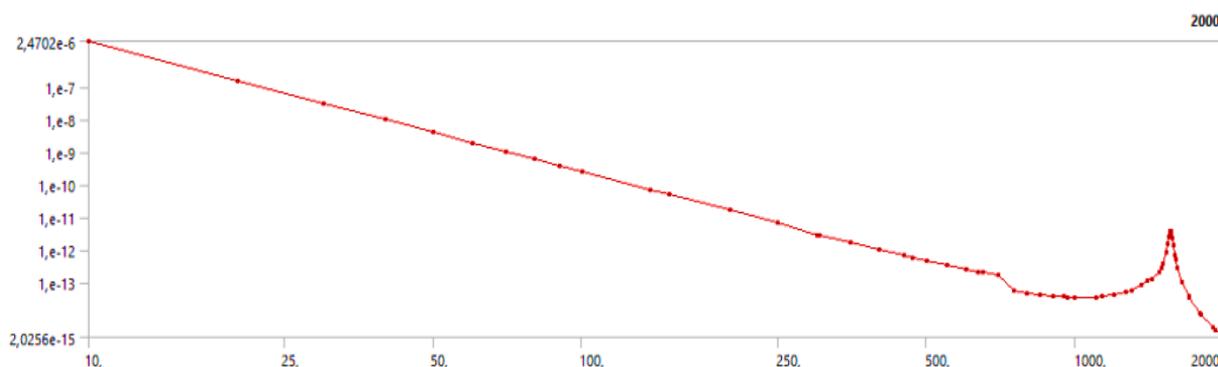


Рис. 9. Исследование характеристик механического подвижного узла конструкции «чистого маятника»

В соответствии с полученным результатом можно сделать вывод, что механический подвижный узел (конструкции «чистого» маятника) с достаточной чувствительностью воспринимает ускорение на низких диапазонах частот 10-250 Гц. Резонанс частот маятника – резкий всплеск амплитуды – достигается на частоте 1600 Гц.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было проведено имитационное моделирование микромеханического подвижного узла с помощью метода конечных элементов в программном обеспечении Ansys Mechanical. Моделирование включает в себя анализ кремниевых структур нескольких конфигураций, результатом которого являются основные статические, динамические и прочностные характеристики конструкций микромеханического подвижного узла.

Литература

1. Распопов В.Я. Микромеханические приборы. – М.: Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. Ветрова Е.В. Особенности создания чувствительных элементов кремниевых и кварцевых маятниковых акселерометров // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2017. – Т. 4. – Вып. 2. – С. 95–102.
3. Зубков Н.В. Линейка компенсационных микромеханических МЭМС-акселерометров // Будущее технической науки: сборник материалов XX Всероссийской молодежной научно-техн. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2021. – 445 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ВИХРЕВОГО РАСХОДОМЕРА

Н.В. Зубков¹, Е.С. Кечин², И.Е. Кочетков³, А.Е. Лазарев⁴

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Арзамасский политехнический институт (филиал)

¹магистрант; e-mail: slava.soko2016@yandex.ru

²магистрант; e-mail: egorkechin@mail.ru

³магистрант; e-mail: kitres@apingu.edu.ru

⁴магистрант; e-mail: kitres@apingu.edu.ru

Научный руководитель: В.И. Поздьяев, к.т.н., доцент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматривается эффективность использования имитационного моделирования при проектировании вихревого расходомера на примере определения оптимальной формы контактирующей части первичного датчика с измеряемой средой в вихревом расходомере.

Ключевые слова: вихревой расходомер; имитационное моделирование; дорожка «Кармана».

Вихревой расходомер – это устройство, предназначенное для учета расхода измеряемой среды (жидкости, газа и пара) [1]. На рисунке 1 изображена функциональная схема для базового вихревого расходомера. Он состоит из трудно обтекаемого тела с трапецевидной призматической формой, которое жестко крепится внутри измеряемой части трубопровода, электронного блока и первичного преобразователя.

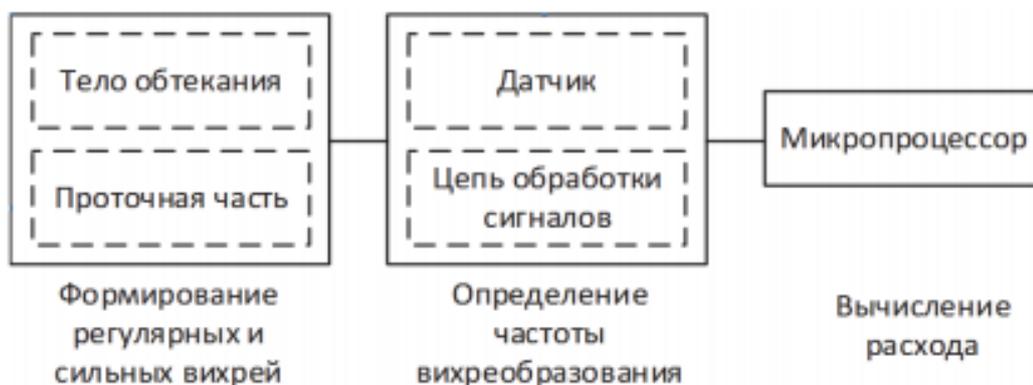


Рис. 1. Функциональная схема вихревого расходомера

В рассматриваемом расходомере в роли первичного преобразователя применяется пьезоэлектрический датчик, способ измерения которого основан на определении изгибных напряжений [2]. Данный способ обладает рядом преимуществ по сравнению с методами:

- детектирование пульсации вихрей;
- ёмкостной метод;
- фиксация вихрей с помощью ультразвуковой волны;
- термоанемометрический и терморезистивный метод детектирования;

– фиксация на основе электромагнитных свойств [3].

Цель данной работы – определение оптимальной формы части (сенсора) преобразователя, контактирующей с измеряемой средой, с помощью применения имитационного моделирования.

Конструкция пьезоэлектрического преобразователя для вихревого расходомера изображена на рисунке 2.

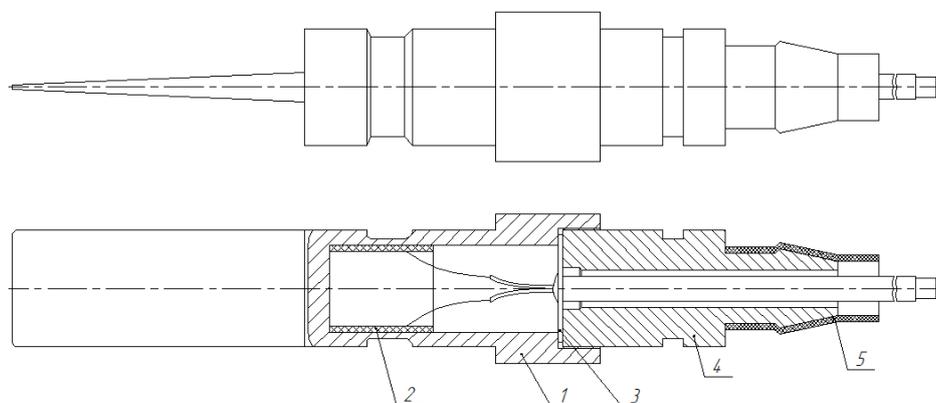


Рис. 2. Пьезоэлектрический преобразователь: 1 – корпус; 2 – пьезоэлектрический элемент; 3 – токосъёмники; 4 – ниппеля; 5 – кабель [4]

К критериям оптимальности выбора формы сенсора относятся:

- показатель величины коэффициента запаса прочности не менее 2;
- наименьший показатель падения давления на измерительном участке;
- наибольший показатель эффективной площади сенсора.

Для определения оптимальной формы сенсора датчика, т.е. части преобразователя, контактирующей с измеряемой средой, воспользуемся программным пакетом T-Flex. Принцип имитационного моделирования заключается в создании 3Д-модели исследуемого объекта с последующей разбивкой на мельчайшие части (создание сетки), а также с определением граничных условий и нагрузок.

На рисунке 3 проиллюстрированы 3Д-модели с заданной сеткой, нагрузкой и граничным условием.

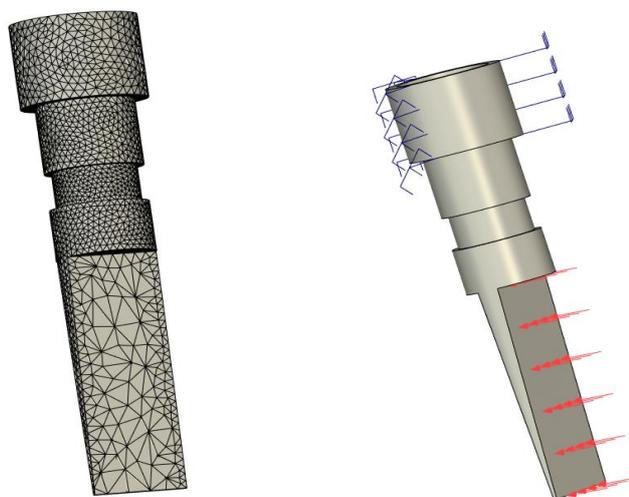


Рис. 3. Создание сетки, нагрузки и граничного условия

На рисунке 4 наглядно изображены результаты распределения напряжения при действии нагрузки, создаваемой вихреобразованием. Максимальные показатели напряжения приходятся на тонкостенный участок, с обратной стороны которого располагается пьезоэлемент.

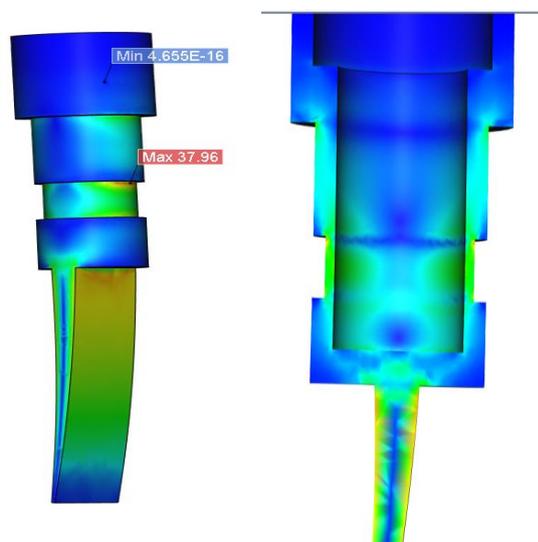


Рис. 4. Визуализация результата моделирования распределения напряжения при действии нагрузки от вихреобразования

Первоначально форма крыла сенсора была выполнена в виде прямоугольной балки, но так как показатели коэффициента запаса прочности оказались выше требуемых, мы решили оптимизировать форму крыла.

На рисунке 5 проиллюстрированы результаты имитационного моделирования, а именно распределение показателей коэффициента запаса по эквивалентным напряжениям.

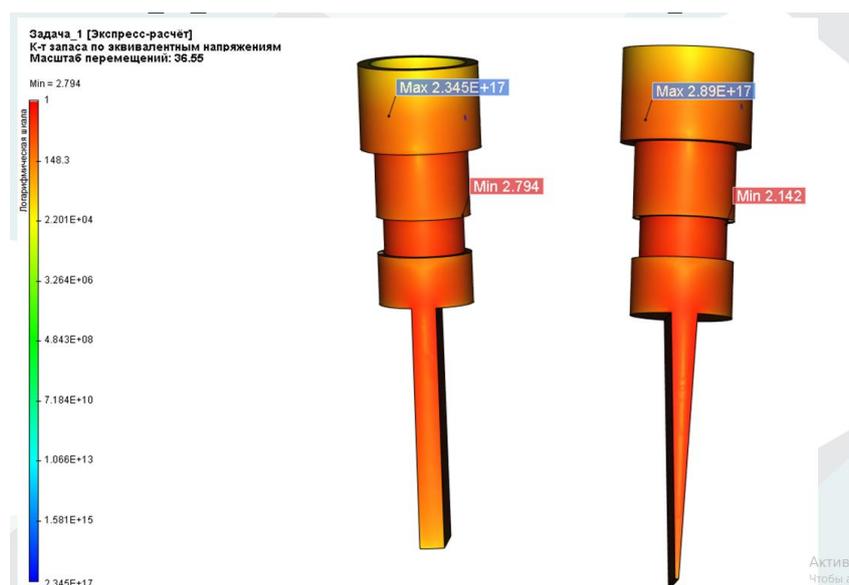


Рис. 5. Визуализация распределения величины коэффициента запаса прочности конструкции

Так как преобразователь имеет контактирующую часть с измеряемой средой, то он создает падение давления на этом участке. Поэтому при помощи программного пакета ANSYS CFX определим показания падения давления в зависимости от выбранной формы крыла.

Визуализация перераспределения давления на измерительном участке проиллюстрирована на рисунке 6.

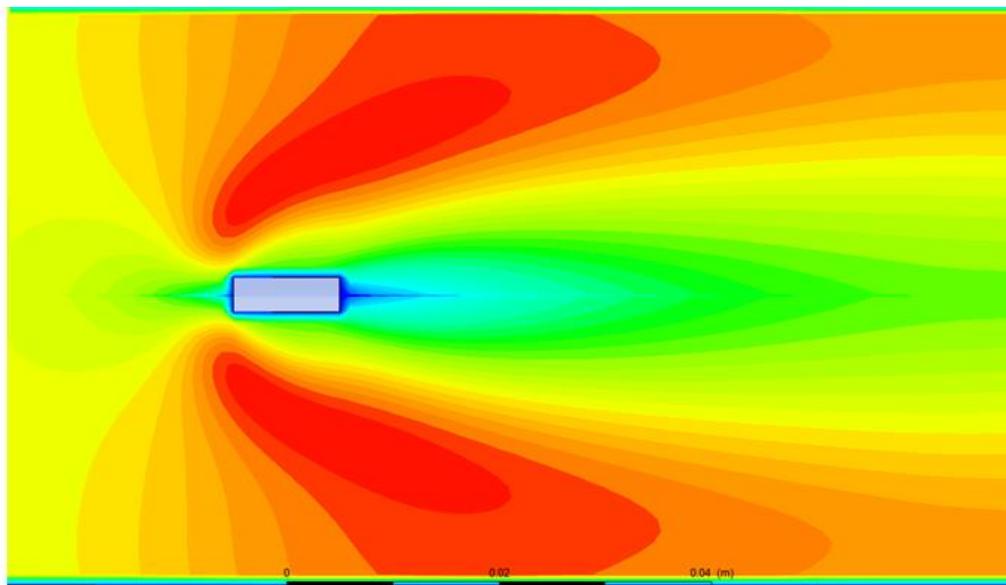


Рис. 6. Визуализированная картина перераспределения давления при взаимодействии измеряемого вещества с сенсором

В таблице отображены результаты имитационного моделирования и показатели для клиновидной формы крыла с различным углом наклона.

Таблица

Показания сенсора в зависимости от угла наклона крыла					
Наименование	Градусы, °				
	0	1	2	3	4
Коэффициент запаса прочности	2,79	2,51	2,32	2,14	1,92
Падение давления, Па	982	954	929	901	878
Эффективная площадь, мм ²	1988	2016	2044	2072	2100

Из таблицы видно, что наилучший показатель по запасу прочности демонстрирует прямоугольная форма, но по двум другим критериям у неё наихудшие показатели.

Клиновидная форма с углом наклона 4 градуса имеет запас прочности меньше двух, поэтому не желательно рассматривать данную конструкцию.

Вывод. Для использования в вихревых расходомерах оптимальной формой сенсора является клиновидная балка с углом наклона 3° для типоразмера измерительного трубопровода 100 мм. Данная конструкция обладает наименьшими показателями по падению давления, наилучшим показателем по генерируемому заряду с пьезоэлемента, а коэффициент запаса прочности удовлетворяет

требуемые значения. Использование иммитационного моделирования позволяет снизить финансовые затраты при разработке новых устройств.

Литература

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества: справочник. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение: Ленингр. отд-ние, 1989. – 700 с.
2. Расходомер «Rosemount 8800D». – URL: <http://mysagni.ru/fea/ait/1699-kursovaya-rabota-po-tip-rosemount-8800d.html>// (дата обращения: 15.10.2021).
3. Кечин Е.С. Актуальные вопросы разработки вихревых расходомеров // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: сборник – Н. Новгород, 2021. – 355 с.
4. Кечин Е.С., Зубков Н.В. Разработка пьезоэлектрического датчика для вихревого расходомера // Наука молодых: сборник научных статей участников XIV Всероссийской научно-практической конференции (22–23 декабря 2021 г.) / отв. ред. С.В. Напалков, науч. ред. В.В. Глебов, Т.Т. Щелина; Ассоциация ученых г. Арзамаса, Арзамасский филиал ННГУ, СУНЦ ННГУ, АПИ (филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Арзамас: Арзамасский филиал ННГУ, 2021. – 548 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ ПРЕСЕЛЕКТОРА ПРИЕМНОГО ТРАКТА

Е.М. Исаев¹, В.Н Савельев²

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас
e-mail: kitres@apingtu.edu.ru

²Волжский государственный университет водного транспорта
к.т.н., доцент; Россия, г. Н. Новгород; e-mail: fds@vgavt-nn.ru

Статья посвящена программному расчету параметров преселектора приемного тракта – коэффициентов усиления каскадов и чувствительности. Рассматривается использование стандартной элементной базы для реализации преселектора

Ключевые слова: приемный тракт; моделирование; модуль преселектора; коэффициент усиления; чувствительность.

Важнейшим свойством беспроводных каналов связи (далее – радиоканалов) является их общедоступность, т.е. возможность использования одной и той же среды распространения всеми радиотехническими устройствами, что обеспечивает одновременное функционирование большого количества линий радиосвязи [1]. Однако, тогда на входе приёмного устройства всегда, кроме принимаемого сигнала, будут присутствовать сигналы от других радиостанций, которые искажают первичный сигнал, непосредственно отображающий передаваемое сообщение. Степень искажения первичную сигнала определяет правильность принятого сообщения, т.е. его достоверность. Для повышения высокой достоверности принятого сообщения принимают комплекс мер, среди которых наиболее важные:

- радиосвязь на оптимально выбранных частотах, свободных от помех;
- использование сложных видов радиосигналов, которые обеспечивают надёжность радиосвязи при меньших значениях отношения сигнал/шум;
- применение направленных передающих и приёмных антенн;
- помехоустойчивое кодирование передаваемых сигналов;
- оптимальная обработка сигналов на борту летательного аппарата.

В радиостанциях метрового диапазона длин волн одним из основных узлов приемного тракта является модуль преселектора [5], поскольку его характеристики определяют помехозащищенность и надежность радиосвязи.

Структурная схема модуля преселектора (МП) приведена на рисунке 1. Его выходной сигнал коммутируется либо на гетеродин приемника (ПРМ), либо на вход усилителя мощности (УМ). Наиболее сложным является узел усиления и фильтрации, который кроме каскадов усиления содержит фильтры нижних и высоких частот (ФНЧ и ФВЧ), полосно-пропускающие фильтры (ППФ) и фильтры промежуточных частот (ПЧ). Они необходимы для отстройки от частот других радиостанций и подавления комбинационных частот на выходе преобразователей (конверторов) частот [2]. Для уменьшения массогабаритных показателей и упрощения конструкции узлы МП используют как для приема, так и передачи сигналов (режим возбуждения), что делается с помощью антенного коммутатора

(АК). Атенюатор ослабляет входной сигнал МП, и расчет его параметров – отдельная задача, решаемая в данной статье.

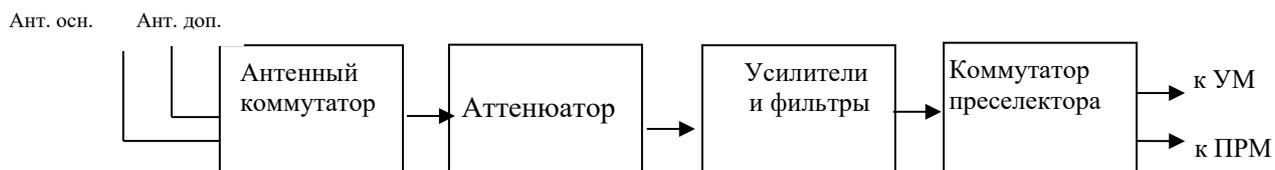


Рис. 1. Структурная схема модуля преселектора

Амплитуда ВЧ напряжения на выходе усилителей МП ограничена требованием оптимальной работы узлов УМ и ПРМ и составляет: минимальный уровень – 20 мкВ, максимальный – 0,6 В. На входе преселектора минимальный уровень входного сигнала должен быть не менее 2 мкВ, а максимальный – не более 0,5 В.

Таким образом, приемный тракт должен обеспечить относительно постоянный коэффициент усиления [5], который составляет при минимальном уровне входного сигнала

$$K_{U_{\min}} = \frac{20}{2} = 10 \text{ или не менее } 20 \text{ дБ}, \quad (1)$$

а при максимальном уровне входного сигнала

$$K_{U_{\max}} = \frac{0,6}{0,5} = 1,2 \text{ или не более } 1,6 \text{ дБ}, \quad (2)$$

то есть приемный тракт при максимальном сигнале должен его ослаблять, а при минимальном – передавать полностью на выход. Данные требования выполнимы, поскольку в составе МП предусмотрен управляемый аттенюатор, который при достижении определенного уровня сигнала на антенном входе включается в режим ослабления сигнала.

Основными параметрами приемного тракта и преселектора являются коэффициент шума и чувствительность [5]

Коэффициент шума приемного тракта определяется по формуле:

$$F = F_1 + \frac{(F_2 - 1)}{K_{n1}} + \frac{(F_3 - 1)}{K_{n1} \cdot K_{n2}} + \frac{(F_4 - 1)}{K_{n1} \cdot K_{n2} \cdot K_{n3}} + \dots + \frac{(F_i - 1)}{K_{n1} \cdot K_{n2} \cdot K_{n3} \cdot \dots \cdot K_{n(i-1)}}, \quad (3)$$

где F_i – коэффициент шума и K_{ni} – номинальный коэффициент усиления мощности i -го узла приемного тракта;

Чувствительность зависит от пороговой мощности приемного тракта и вычисляется по формуле:

$$P_{\text{пор}} = -174 + F[\text{дБ}] + 10 \lg(\Delta f[\text{Гц}]), \text{ дБ/мВт}, \quad (4)$$

где $P[\text{дБ/мВт}] = 10 \lg \frac{P[\text{мВт}]}{1 \text{ мВт}}$ – уровень мощности по отношению к мощности в 1 мВт; F , дБ – коэффициент шума и $\Delta f = 25$ кГц – полоса пропускания соответственно приемного тракта. Тогда пороговая чувствительность приемного тракта определяется по формуле:

$$U_{пор}[мкВ] = 10^6 \sqrt{\frac{R[Ом] \cdot 10^{\frac{P_{пор}[\frac{дБ}{МВт}]}{10}}}{10^3}}, \quad (5)$$

где $R = 50$ Ом – волновое сопротивление приемного тракта.

Значит, необходимо выбрать коэффициенты усиления и коэффициенты шума каждого каскада (усилителя) приемного тракта таким образом, чтобы для минимального уровня входного сигнала (2 мкВ) общий коэффициент усиления составил бы не менее 20 дБ. Затем проверить возможность работы преселектора при большом сигнале (1 В) и сформулировать требования к ослаблению сигнала аттенюатором.

Исходя из справочных данных электрорадиоэлементов и опыта инженерного проектирования [4] при моделировании работы МП для пассивных устройств приемного тракта задаемся следующими усредненными потерями:

- ППФ: 4 дБ;
- фильтры ПЧ: 5 дБ;
- фильтры ФНЧ и ФВЧ: 1 дБ;
- аттенюатор, коммутаторы: 1 дБ;
- диодные смесители (конвертеры): 10 дБ.

Расчет коэффициентов усиления каскадов преселектора и чувствительности приемного тракта проведен программным путем [6] по формулам (1) и (2) представлен на рисунках 2–6, где введены обозначения: К – коэффициент усиления, а индексы обозначают: «п» и «ш» – для преселектора и шума, «и» и «р» – по напряжению и мощности.

Кп, дБ		4,00		7,00		0,00		9,00		20,00
Ки, раз		1,58		2,24		1,00		2,82		10,00
Кр, раз		2,51		5,01		1,00		7,94		100,00
чувствительность, мкВ	1,50	Входная часть	2,38	Преселектор	5,32	Конвертер частоты 1	5,32	Конвертер частоты 2		15,00
макс. доп. уровень вход. сигнала, В	0,50		0,09		0,20		0,20			0,56
Кш, дБ		6,00		5,90		14,06		14,70		9,70
Киш, раз		2,00		1,97		5,05		5,43		3,06
Крш, раз		3,98		3,89		25,49		29,50		9,34
Волновое сопротивление приемного тракта:										
R, Ом	50									
Полоса пропускания приемного тракта:										
Δf, Гц	25000									
Пороговая мощность:										
Рпор, дБ/МВт	-120,32									
Пороговая чувствительность:										
Uпор, мкВ	0,22									
Коэффициент усиления приемного тракта при минимальном уровне входного сигнала:										
Ku min, раз	10,00									

Рис. 2. Результаты расчета коэффициентов усиления и шума приемного тракта

Кп, дБ		-1,00		-1,00		-1,00		7,00	4,00
Ки, раз		0,89		0,89		0,89		2,24	1,58
Кр, раз		0,79		0,79		0,79		5,01	2,51
чувствит-ть, мкВ	1,5	АК	1,34	ФНЧ +ФВЧ	1,19	Аттенюатор	1,06	МШУ	2,38
макс. доп. уровень, В	0,50		0,45		0,40		0,04		0,09
Кш, дБ		1,00		1,00		1,00		3,00	6,00
Киш, раз		1,12		1,12		1,12		1,41	2,00
Крш, раз		1,26		1,26		1,26		2,00	3,98
Ослабление аттенюатора при макс. уровне вход. сигнала:									
Кп, дБ						-20,0			
Ки, раз						0,10			
Кр, раз						0,01			

Рис. 3. Результаты расчета коэффициентов усиления и шума входной части приемного тракта

Кп, дБ		-1,00		7,00		-5,00		7,00		-1,00	7,00
Ки, раз		0,89		2,24		0,56		2,24		0,89	2,24
Кр, раз		0,79		5,01		0,32		5,01		0,79	5,01
U, мкВ (при min сигнале)	2,38	ВЧ коммут	2,12	МШУ	4,74	ППФ	2,67	МШУ	5,97	ВЧ коммут	5,32
U, В (при max сигнале)	0,09		0,08		0,18		0,10		0,22		0,20
Кш, дБ		1,00		3,00		5,00		3,00		1,00	5,90
Киш, раз		1,12		1,41		1,78		1,41		1,12	1,97
Крш, раз		1,26		2,00		3,16		2,00		1,26	3,89

Рис. 4. Результаты расчета коэффициентов усиления и шума МП

Кп, дБ		-10,00		12,00		-2,00		0,00
Ки, раз		0,32		3,98		0,79		1,00
Кр, раз		0,10		15,85		0,63		1,00
U, мкВ (при min сигнале)	5,32	диодный СМ1	1,68	УПЧ1	6,70	ПАВ- фильтр1	5,32	
U, В (при max сигнале)	0,20		0,06		0,25		0,20	
Кш, дБ		10,00		4,00		2,00		14,06
Киш, раз		3,16		1,58		1,26		5,05
Крш, раз		10,00		2,51		1,58		25,49

Рис. 5. Результаты расчета коэффициентов усиления и шума первого конвертора частоты

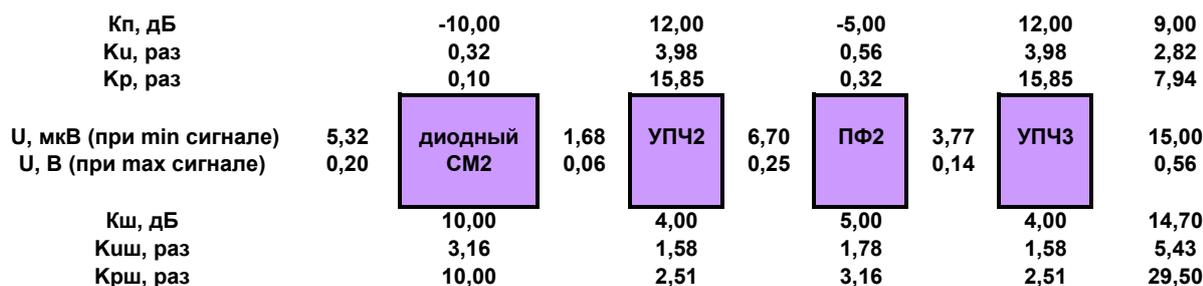


Рис. 6. Результаты расчета коэффициентов усиления и шума второго конвертора частоты

Практически используют два преобразователя тракта приема (конверторы частоты 1 и 2). Исходными для расчета являются уровень сигнала на выходе, уровень сигнала на входе УМ и коэффициенты передачи для всех каскадов тракта возбуждения сигнала. Для расчетов можно воспользоваться экспериментальными данными для каскадов, которые приведены в таблице.

Таблица

Коэффициенты передачи каскадов тракта возбуждения

	Конвертор частоты 1	Конвертор частоты 2	Преселектор	Антенный коммутатор
Кп, дБ	0	9	7	-1

Из справочных данных и инженерной практики известно, что уровень сигнала на выходе составляет 0,25 В, а уровень сигнала на входе УМ должен составлять не менее 1,5 В.

Результаты расчётов, полученные аналогично приёмному тракту, приведены на рисунке 7, откуда видно, что уровень сигнала на входе УМ составляет $1,58 \text{ В} \geq 1,5 \text{ В}$, т.е. данные требования выполнены.



Рис. 7. Результаты расчета коэффициентов усиления тракта в режиме передачи сигналов

Выводы.

1. Проведено моделирование работы преселектора – основного узла приемного тракта радиостанции метрового диапазона длин волн, которое показало возможность его реализации на современной элементной базе.
2. Сформулированы требования к реализации аттенюатора преселектора.

Литература

1. Застела М.Ю. Радиотехнические системы: учеб. пособие / под. ред. М.Ю. Застела. – М.: Юрайт, 2021. – 495с.: ил.
2. Шарапов Ю.И. Преобразование сигнала без комбинационных частот. – М.: ИПРЖР, 2001.
3. Сидоров М.П., Савельев В.Н. Построение аналого-цифрового приемовозбудителя на отечественной элементной базе // Социально-экономические и технические проблемы оборонно-промышленного комплекса России: история, реальность, инновации: сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции. - Арзамас: АПИ НГТУ. – 2021. – С.306–310.
4. Ред Э. Справочное пособие по высокочастотной схемотехнике: Схемы, блоки, 50-омная техника / под ред. Ю.А. Лурье. – М.: Мир, 1990. – 256 с.
5. Проектирование радиоприемных устройств: учебное пособие / под ред. А.П. Сиверса. – М.: Сов. радио, 1976. – 486 с.
6. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2003. – 448 с.

ВИДЫ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Казюлина¹, Е.Д. Кисуров²

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

¹студент; e-mail: daryakazyulina@mail.ru

²студент; e-mail: ekisurov@gmail.com

Научный руководитель: Е.А. Первушкина, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье анализируются проблемы и перспективы применения инновационных продуктов в сфере ИТ. На примере Нижегородской области рассматриваются примеры реализуемых продуктов.

Ключевые слова: инновация; инновационный продукт.

В современном мире рынок инновационных продуктов не организован, но он является важной частью экономической инфраструктуры. Нижегородская область состоит в числе крупнейших промышленных центров России. Также регион относится к группе «сильных инноваторов», заняв 4-е место по величине инновационной составляющей инвестиционного резерва среди регионов всей страны. Логика рыночного развития позволяет выявлять и сопоставлять основные направления в научно-техническом развитии экономики [2].

Инновационная деятельность является неотъемлемой частью развития современного производства. Еще в 1911 г. Й. Шумпетер упомянул термин «инновации» в своей работе «Теория экономического развития», которая посвящена новейшим комбинациям производственных процессов, сформированных в процессе реорганизации производства при использовании передовых технических решений. Современное производство никогда не останавливается в развитии технологий. Большинство отраслей приходится модернизировать, улучшать и стараться максимально удешевить процессы производства. В настоящий момент в России начали делать акцент на внедрение инноваций в производство, а также на развитие образования, которое неразрывно связано с усовершенствованием производственных технологий.

В данной статье предпринята попытка оценить инновационную деятельность предприятий Нижегородской области в сфере ИТ. В ходе исследования использовались статистический, аналитический методы анализа. В настоящее время можно выделить 17 крупнейших ИТ-компаний, зарегистрированных и ведущих деятельность на территории Нижегородской области. Для этого была выгружена база данных информационной системы Seldon по кодам квэд 61, 46.51. Основным ранжирующим показателем стал оборот от ИТ-деятельности на период 2020 года. В итоговый рейтинг включены компании с оборотом от 150 млн руб.

Сфера IT-производства

Организация	Оборот IT-услуг, млн руб. без НДС в 2020 г.	Основной вид деятельности	Кол-во штатных сотрудников на 2020 г.	Кол-во филиалов / представительств компаний в ПФО на 01.08.2021	Оборот на 1 сотрудника в 2020 г., млн руб.
«Сонет»	1707,3	Системная сетевая интеграция, хранение и обработка данных	178	1	16,1
ГК «МАЙ»	з/д	Системная сетевая интеграция, хранение данных	90	1	з/д
ГК «IT-компании Lad»	з/д	Системная сетевая интеграция, веб-сервисы, приложения для мобильных платформ	507	1	з/д
STM Labs	360,2	Системная сетевая интеграция, BSS/OSS решения	97	1	3,7
«Ланит- Поволжье»	з/д	Системная и сетевая интеграция	38	1	з/д
«МФИ Софт»	15627	Системная и сетевая интеграция систем ИБ, фильтрация интернет-трафика, СОРМ, антифрод-систем	378	1	41,3
«НОВАКАРД»	2428	Разработка систем электронных платежей, программ лояльности, мобильных приложений	383	1	6,3
Orio Innovation	2193,2	ПО контроля связи автоматизации производства	1185	6	1,9
HARMAN	1602,8	ПО для IoT и больших корпоративных систем, разработка мобильных устройств	638	2	2,5

SWTec	1220,4	Мобильные и веб-приложения, ПО для автомобильного рынка	220	1	6
«АйТиДом»	726,4	Системная и сетевая и сетевая интеграция, хранение данных	28	1	25,9
«ГАРДА ТЕХНОЛОГИИ»	549	Разработка систем защиты от угроз ИБ, хранение данных, фильтрация интернет-трафика	153	1	3,6
Open Cascade	546,2	Разработка программных решений для цифровизации промышленности	303	1	1,8
«Теком»	387,3	ПО для мониторинга качества вещания и управления сетями связи, автоматизация	158	1	2,5
«ГЛОБУС-ИТ»	з/д	Мобильные и веб-приложения + ML	132	1	4,6
«РЦ «АСКОН-Поволжье»»	325,8	3D ПО	26	7	12,5
«НКТ»	314,6	Мобильные приложения P7-Офис	25	4	12,6

Из данной таблицы следует, что Нижегородская область весьма развита в сфере IT-производства. Вклад ресурсов в инновационную сферу производства напрямую отражает процесс ее развития. Предприятие часто сталкивается с проблемой нехватки ресурсов: это дефицит кадров, обладающих высокой квалификацией; затрудненный доступ к получению государственных инвестиций; невысокий уровень финансово-экономического развития предприятий. На данный момент ведущей является стратегия нового технологического развития, которая непосредственно влияет на формирование национальной информационной системы всей страны. Процессы научно-технологического развития обусловлены особенностями территориального расположения, которые складываются из трудовых, ресурсных, технологических и экономических факторов [4].

Для оценки общей тенденции к росту внедрения инноваций в производственном процессе можно проанализировать затраты предприятия на инновационную деятельность организаций, работающих в сфере IT.



Рис. 1. Затраты на технологические инновации

Исходя из данного графика, можно сделать вывод о том, что имеется небольшой спад активности затрат на технологические инновации в связи с кризисом [3].

Также судя по структуре затрат на технологические инновации организаций Нижегородской области, в 2021 году заметен рост затрат на исследования и разработку новейших продуктов, услуг, а также методов их производства [1].



Рис. 2. Структура затрат на технологические инновации

Инновационная деятельность является неотъемлемой частью для развития любой экономической системы, а также обеспечивает высокий уровень конкурентоспособности. Формирование основы устойчивого экономического роста страны в целом и отдельно конкретного региона напрямую зависит от степени развития инновационной сферы.

Нижегородская область имеет уникальный потенциал в сфере IT-производства, который содержит научно-производственные объединения, а также организации, имеющие высокотехнологичное производство и реализующие самые передовые и перспективные проекты [4].

Однако отмечается недостаток ресурсов, которые выделяются на развитие инновационных технологий, что, в первую очередь, сказывается на передовых отраслях, таких как IT-сферы производства. Поэтому стоит увеличить затраты на разработку и внедрение инновационных технологий, которые будут благотворно влиять на модернизацию, оптимизацию и улучшение производственных процессов.

Литература

1. Матяш Н.В. Инновационные педагогические технологии: Проектное обучение. – М.: Academia, 2018. – 256 с.
2. Москвитин Г.И., Вершинина О.В. Инновационные технологии в экономике и менеджменте. – М.: Русайнс, 2019. –192 с.
3. Бережной В.И., Бережная О.В., Бережная Е.В. Прикладные научные исследования: экономика и инновационные технологии управления. – М.: Русайнс, 2018. – 832 с.
4. Гуслова М.Н. Инновационные педагогические технологии: учебник. – М.: Academia, 2018. – 672 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКЦИОННОГО ДАТЧИКА ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ

Е.А. Капунова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: kapunova.lena@mail.ru
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В данной статье рассматривается вопрос контроля положения оптических элементов в оптико-электронных устройствах при изменении поля зрения путем перемещения какого-либо из них относительно оптической оси.

Ключевые слова: датчик линейного перемещения; оптическая система; модуль управления; синусоидальный сигнал.

Датчики линейного перемещения используются для получения данных об абсолютном или относительном изменении положения объекта в пространстве в одном выделенном направлении. По принципу функционирования датчики линейного перемещения разделяются на контактные/бесконтактные, по измеряемой величине – звуковые, оптические, индукционные, емкостные и резистивные [1; 2]. Каждый тип датчиков имеет свои преимущества и недостатки, из которых складывается предпочтительная область их применения. Звуковые и оптические датчики наиболее эффективны, когда между датчиком и объектом находится значительный промежуток свободного пространства (десятки сантиметров и более) для точного разделения зондирующего и отраженного сигналов во времени. Резистивные датчики склонны к износу, так как основаны на перемещении скользящих контактов по поверхности материала с заданным удельным сопротивлением и имеют гистерезис из-за их конечных размеров. Емкостные датчики отлично подходят при измерении перемещений на сверхкороткие расстояния (от микрон до миллиметров) из-за обратно пропорциональной зависимости емкости конденсатора, образованного референсными плоскостями. Индукционные датчики являются наиболее удобными при измерении перемещений на расстояния от миллиметров до десятков сантиметров с большой точностью (до сотен микрон).

Если мы говорим о стандартных автоматизированных объективах, разработанных для фото- и видеокамер, в них для изменения фокусного расстояния системы применяются пьезоэлектрические приводы. Обратная связь для контроля положения оптических элементов относительно предыдущего состояния обычно отсутствует. Это непринципиально, если речь идет о наблюдении за объектом на расстоянии нескольких метров или десятков метров. Другое дело, когда в оптической системе, рассчитанной на наблюдение за объектом на дальних дистанциях (сотни метров или километры), реализуется одновременно два режима работы – широкопольный, когда угол обзора близок к 180° , и узкопольный, когда угол обзора сокращается до долей градуса. Здесь необходимы существенные перемещения оптических элементов (сантиметры) с точностью до долей миллиметра с привязкой к постоянной виртуальной шкале. Вместо пьезопроводов уже

должны быть использованы механизмы на червячном принципе, а контроль положения обеспечиваться в широком диапазоне при минимально возможном гистерезисе.

Исследуем характеристики индукционного датчика линейных перемещений MHR 500 от компании TE Connectivity [3] в качестве наиболее подходящего претендента на роль организатора обратной связи в оптической системе с переменным полем зрения.

Датчик перемещения

Для управления датчиком линейного перемещения MHR 500 требуется модуль управления, основанный на генераторе синусоидального сигнала с требуемыми параметрами

Характеристики модуля управления:

- Напряжение питания: 3–12 вольт;
- Форма выходного сигнала: синус;
- Диапазон частот: 10 кГц;
- Диапазон выходного сигнала: 0,05–3 В.

Такой модуль был разработан автором статьи на базе микросхемы ICL8038 [4]. Кроме синусоидального сигнала с регулируемой частотой и амплитудой модуль также выдает сигнал в виде меандра и пилы, необходимых в проведении исследований характеристик датчика.

Конструктивно датчик представляет собой три независимых катушки индуктивности, выводы от которых либо соединяются последовательно, либо подключаются к компараторам или дифференциальным усилителям. Катушки заключены в единый корпус в виде полого цилиндра. Внутри корпуса перемещается калиброванный металлический сердечник заданного размера, который может свободно перемещаться по всей своей длине внутри корпуса и полностью выходить из него с обеих сторон.

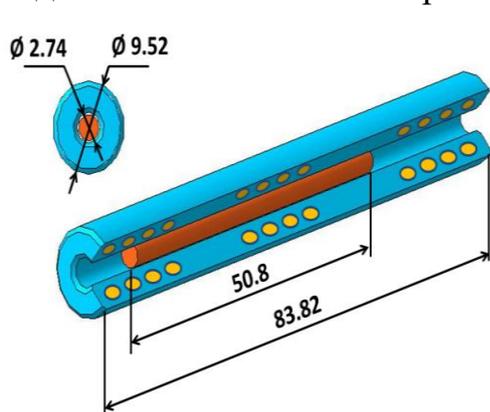


Рис. 1. Конструкция датчика MHR 500

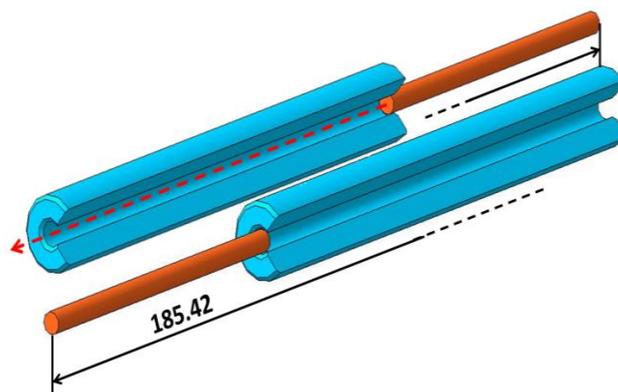


Рис. 2. Диапазон перемещений сердечника в датчике MHR 500

Стенд для исследования характеристик датчика

Для исследования таких характеристик датчика, как его линейность, чувствительность, точность перемещения, была изготовлена специальная оснастка, ставшая базой для экспериментального стенда (рис.3).

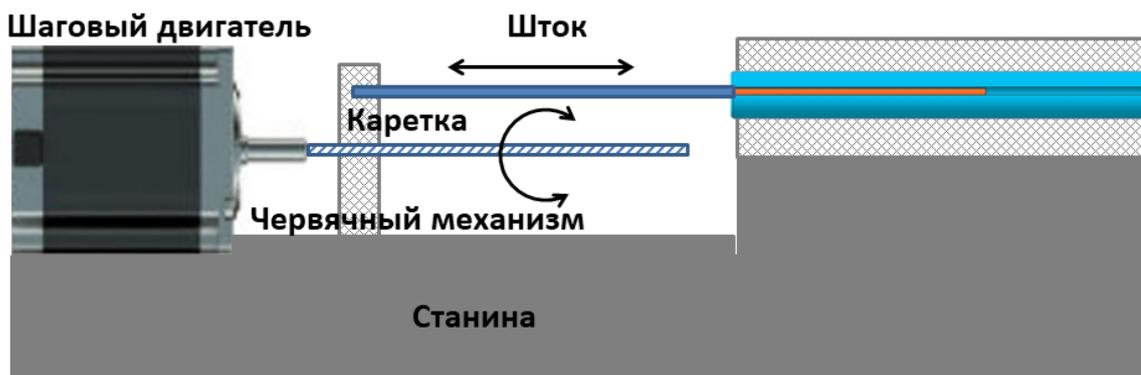


Рис. 3. Экспериментальный стенд для исследований характеристик датчика MHR 500

Шаговый двигатель, управляемый микроконтроллером Atmega 128 в связке с драйвером LM358, перемещает каретку, скользящую вдоль направляющих. Каретка соединена с шаговым двигателем червячным механизмом, что позволяет трансформировать вращение вала двигателя в поступательное движение каретки. На каретке закреплен шток из PLA пластика, к концу которого приклеен измерительный сердечник датчика. Вся конструкция закреплена на массивной металлической станине для обеспечения жесткости и гашения вибраций.

Сигнал с датчика регистрировался цифровым осциллографом Tektronix TDS3032, а также поступал на АЦП на основе микросхемы AD7680ARMZ для дискретизации и отправлялся на персональный компьютер через последовательный интерфейс. Режим передвижения штока задавался также при помощи персонального компьютера, к которому был подключен контроллер посредством интерфейса UART. Питание датчика осуществлялось при помощи источника синусоидального сигнала [5].



Рис. 4. Функциональная схема экспериментального стенда для исследования характеристик датчика

Тестирование проходило в двух (обобщенно) режимах:

1. Перемещение сердечника между крайними положениями внутри датчика «туда-обратно» с постоянной скоростью;
2. Перемещение штока с постоянной скоростью с полным выходом сердечника из датчика.

На рисунках 6–7 приведены некоторые осциллограммы, снятые для одного из вариантов подключения выводов катушек индуктивности датчика

к источнику питания и осциллографу (рис.5). Здесь центральная катушка была возбуждающей, подключенной к генератору синусоидального сигнала, а крайние – принимающие, соединенные последовательно и подключенные к осциллографу. Движение сердечника было организовано с постоянной высокой линейной скоростью (до 10 см/с), в силу требований к скорости перестройки поля зрения оптической системы. Червячная передача с мелким шагом резьбы 0,2 мм в совокупности с шаговым двигателем в 400 шагов на оборот обеспечивала точность линейного перемещения до 250 мкм.

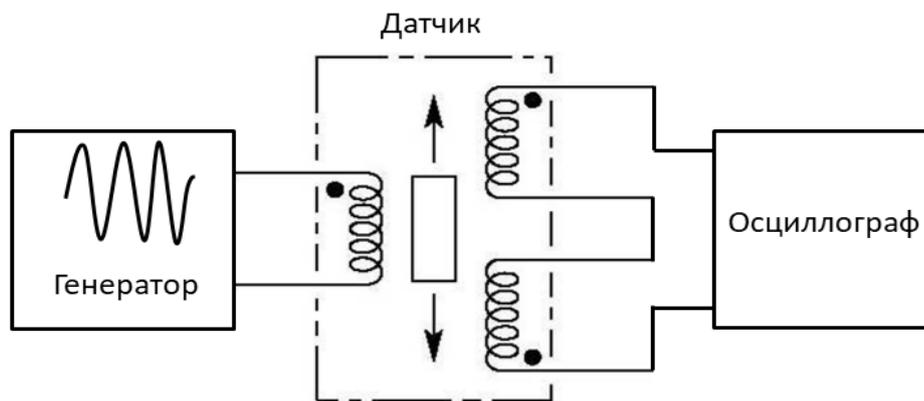


Рис. 5. Одна из исследованных схем подключения датчика к генератору (источнику питания) и осциллографу

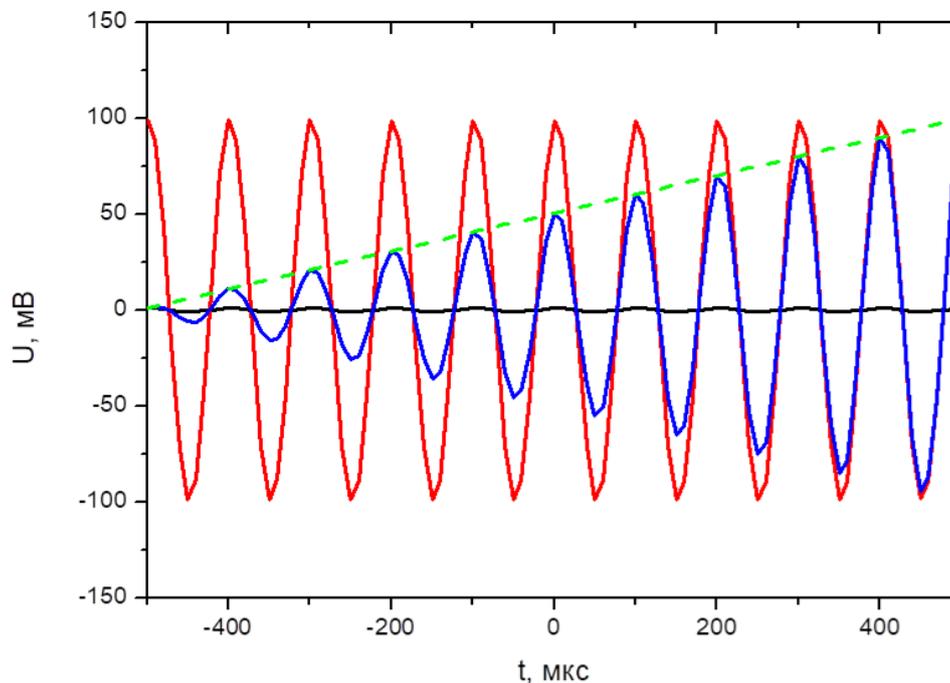


Рис. 6. Осциллограммы, снятые в процессе испытания датчика: черная кривая соответствует положению сердечника по центру средней катушки индуктивности датчика, красная – у одного из краев, синяя – линейное движение сердечника со скоростью 0,082 м/с (в масштабе), зеленая – огибающая для красной кривой

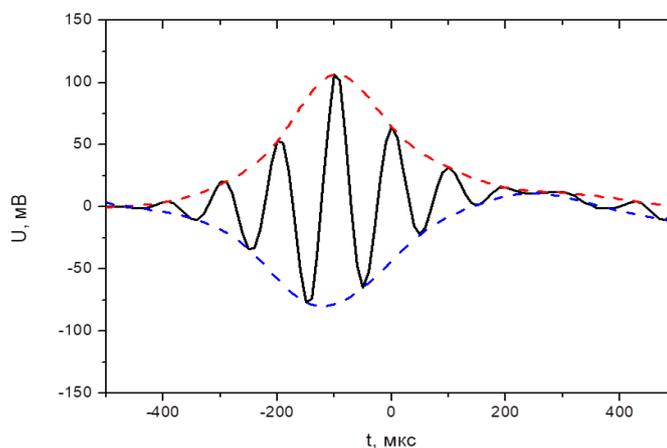


Рис. 7. Осциллограмма, снятая при прохождении сердечника от центра до полного выхода из датчика со скоростью 0,082 м/с (красная и синяя кривые – верхняя и нижняя огибающая соответственно).

Заключение

В результате исследований, проведенных для определения реальных характеристик [6] индукционного датчика линейных перемещений MHR 500 от компании TE Connectivity как вероятного устройства для прецизионного определения положения оптического элемента в схеме с переменным полем зрения, можно сделать следующие выводы:

1. Датчик предварительно подходит для контроля перемещения оптических элементов с точностью до 250 мкм при движении с высокими линейными скоростями (до 10 см/с).
2. Нелинейность выходных характеристик датчика присутствует только при выходе сердечника из корпуса, что выражается в неравнозначности верхней и нижней огибающих сигнала в пределах 10% от нормы.

В продолжение решения текущих прикладных задач будут проведены экспериментальные и расчетно-теоретические исследования оптической системы с данным датчиком в составе системы фокусировки (изменения поля зрения), а также инженерный анализ электрических схем питания и управления параметрами датчика с целью исследования влияния на его характеристики температуры и механических нагрузок для оптимизации конструкции в целом.

Литература

1. Датчики линейного перемещения. – URL: https://www.tmljp.ru/information/datchiki_peremeshcheniya_vybor_i_primery_iskpolzovaniya/
2. Датчики перемещения. – URL: <https://www.kipia.ru>
3. Индукционный датчик. – URL: <https://terussia.ru/>
4. Федотов А.В. Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 176 с.
5. Юдин А.В. Датчики технических параметров / Рыбинский государственный авиационный технический университет им. П.А. Соловьева. – Рыбинск, 2014 г.
6. Ануфриев В., Лужбинин А., Шумилин С. Методы обработки сигналов индуктивных датчиков линейных и угловых перемещений // Современная электроника. – 2014. – №4.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАТ-БОТА

А.Д. Карпушкина¹

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

¹студент; e-mail: karpushkina02@list.ru

Научный руководитель: Е.А. Первушкина, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В данной статье рассмотрены понятие автоматизированной информационной системы и ее применение на предприятиях; преимущества и недостатки чат-ботов; описаны их функции и внедрение в компании.

Ключевые слова: информационная система; бизнес-процессы; чат-бот.

На каждом предприятии есть такое структурное подразделение как отдел кадров. Эффективность работы организации во многом зависит от профессионализма сотрудников, прием которых осуществляет именно это подразделение. Сотрудники отдела кадров должны быстро и качественно собрать информацию о человеке, обработать и проверить ее, а затем предоставить вышестоящему руководству. Чем раньше руководитель получит информацию, тем быстрее будет заполнено рабочее место, и предприятие будет работать, не останавливая работу. Функциональная роль сотрудника отдела кадров организации связана с необходимостью обработки и учета больших объемов информации, с анализом загрузки работников, объема выполняемых работ, уточнением должностных инструкций, а также с оценкой целесообразности существующей структуры организации. Все вышеперечисленные процессы выполняются сотрудниками отдела кадров вручную, ввиду этого процессы получают весьма трудоёмкими и затратными по времени. Создание автоматизированной системы позволит решить данные проблемы, а также обеспечит быстрый и удобный поиск информации о каждом сотруднике. Учет этой информации «вручную» зачастую приводит к ошибкам и задержкам. В связи с этим встает вопрос о необходимости автоматизации работы и актуальности исследований в данной области.

Зачастую автоматизированные информационные системы могут позволить себе только крупные компании, так как высокая стоимость не приемлема для малочисленных предприятий. Но покупка готового продукта не гарантирует применение автоматизированной информационной системы в деятельности компании. Нужны были дополнительные услуги: настройка программы под предприятие, сопровождение продукта, обучение и повышение квалификации персонала.

Автоматизированная информационная система (АИС) – это совокупность компьютерного оборудования, программного обеспечения, микропрограммного обеспечения или любой их комбинации, интегрированных для выполнения конкретных операций обработки информации, таких как передача, вычисление, расширение, обработка и хранение информации.

АИС имеет два уровня: на первом происходит поддержание процесса стратегического управления (то есть концепция процесса управления предприятия,

которая рассматривает бизнес-процессы как особые ресурсы). На втором уровне происходит управление внешней и внутренней эффективностью. Основное предназначение АИС заключается не только в сохранении электронных информационных систем, но и обеспечении доступа к ним других отделов.

Бизнес-процесс – совокупность взаимосвязанных мероприятий или работ, направленных на создание определённого продукта или услуги для потребителей. Управленческая концепция BPM рассматривает бизнес-процессы как важные ресурсы предприятия и предполагает управление ими как одну из ключевых организационных систем.

Для разработки автоматизированной информационной системы под конкретное предприятие изначально нужно определиться с главными функциями, иначе для чего создавать «лишние» функции, которые будут затруднять работу отдела кадров и занимать ресурсы предприятия. Выделим несколько основных трудоемких бизнес-процессов: прием на работу, увольнение, перевод, формирование отпуска, учет и начисление заработной платы. Среди сопутствующих бизнес-процессов, которые используют единичные компании, можно назвать: подбор кандидатов, планирование структуры и штатного расписания, управление обучением и планирование карьерного роста в организации.

При неавтоматизированном выполнении текущих процессов время для сбора и обработки информации о сотруднике значительно возрастает. Таким образом, для эффективного распределения рабочего времени необходимо наличие автоматизированной системы.

При разработке АИС нужно руководствоваться следующими требованиями:

1. Сравнение существующих функций системы с поставленными задачами (гибкость и адаптация проекта к различным условиям).

2. Соотношение цены и качества продукта (простота, надежность и быстродействие продукта. Стоимость программы должна превышать стоимости внедрения).

У крупных компаний операторы не справляются с количеством запросов. Альтернативным решением этой проблемы будет создание чат-бота. Это программа, которая выясняет потребности пользователей и помогает в их удовлетворении. Функциональность бота создается под конкретную задачу с учетом специфики предприятия. Часто используемыми функциями являются техническая поддержка, консультация по вопросу, поиск информации, рассылка сообщений, предоставление актуальной информации. Чат-бот автоматически отвечает пользователю текстом или голосовыми сообщениями, предоставляет ссылку на запрашиваемую информацию. Виртуальный собеседник ведет коммуникацию от лица компании с целью упростить онлайн-общение. Он используется как альтернатива переписке с живым человеком или звонку менеджеру компании. Но у таких программ есть и недостатки: чат-боты распознают только шаблонные, ключевые слова и при возникновении нестандартной ситуации сотрудник компании должен подключиться к диалогу с пользователем. Боты не подходят для компаний, предоставляющих индивидуальные консультации, в которых

зачастую возникают нестандартные ситуации. Не всегда чат-бот может предоставить качественную поддержку клиентам, задавая стандартные и уточняющие вопросы, пользователь может просто покинуть платформу, не получив ответа.

«1С: Предприятие» является гибкой настраиваемой системой, с помощью которой можно решать широкий круг задач в сфере автоматизации деятельности предприятий. Специфические алгоритмы конфигурации описываются в системе «1С: Предприятие 8.3» при помощи программной компоненты «Конфигуратор» в программных модулях, содержащих тексты на встроенном языке системы.

С помощью данной платформы, содержащей боты и специальные объекты, можно организовать диалог с пользователем. Общение пользователя с прикладным решением происходит через привычный интерфейс. Пользователь платформы может найти сотрудника, получить любую информацию по фрагменту, написать сообщение, а также позвонить через систему взаимодействия. Для этого необходимо добавить роль с полными правами и два вспомогательных модуля. Методы, отвечающие за функциональность бота, будут реализованы на сервере. Разработчики оповещения, реагирующие на всевозможные действия пользователя, осуществлены на клиенте. Распознав только что введенные пользователем символы, бот мгновенно предложит найденные варианты. Если предложенные версии не подходят пользователю, тогда он может повторно отправить фрагмент запроса. В таком случае бот попросит уточнить свой выбор, предоставив ссылки с совпадениями. Чтобы узнать подробнее про сотрудника или объект, достаточно нажать на ссылку и бот выдаст более детальную информацию. При этом если сотрудник в данный момент на работе, можно отправить ему сообщение в любое мобильное приложение или по электронной почте, нажав на гиперссылку.

Популярность ботов среди пользователей объясняется тем, что многие предпочитают писать в чат, а не звонить – это быстрее и комфортнее. А для бизнеса чат-боты – инструмент автоматизации, дополнительный маркетинговый канал и способ распространения контента. Они помогают снять рутинные задачи с сотрудников, сократить время на информационную поддержку, ускорить обслуживание и повысить его качество [2].

Неоспоримым преимуществом автоматизированных систем является то, что они не требуют никаких дополнительных вложений, достаточно легко поддаются необходимым корректировкам в соответствии с требованиями рабочего процесса компании.

Еще некоторое время назад автоматизацию воспринимали как способ сокращения времени на написание отчетов. На сегодняшний день все ее преимущества оценены по достоинству. При этом была определена ее главная цель – быстрое предоставление информации, которая необходима для принятия стратегических решений в вопросах управления и анализа ресурсов предприятия.

Литература

1. Варзунов А.В., Торосян Е.К., Сажнева Л.П. Анализ и управление бизнес-процессами: учебное пособие / Университет ИТМО. – СПб., 2016. – 122 с.

2. Еськин Е.И., Катермина Т.С. Разработка чат-бота, его возможности и организация полноценного чата с оператором // Научный электронный журнал «Меридиан». – 2020. – №15 (49). – С. 1–3.

3. Медведев М.А., Пяткова А.Н. Оптимизация бизнес-процессов компании путем внедрения многофункциональной системы / Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург, 2020. – 118 с.

4. Первушкина Е.А., Трухманов В.Б. Опыт включения программного продукта «1С:Предприятие 8» в образовательную деятельность в рамках дисциплины «Информатика и программирование» для бакалавров направления подготовки «Прикладная информатика» // Новые информационные технологии в образовании: сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции / под общ. ред. Д.В. Чистова. – М.: Общество с ограниченной ответственностью «1С-Публишинг», 2020. – С. 226–228.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

К.С. Колосков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; e-mail: kirill.koloskov@gmail.com
Научный руководитель: Н.В. Жидкова, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье произведен обзор и сравнение устройств контроля вибрационных воздействий, доказана целесообразность дальнейшей модернизации отечественного виброметра D181.

Ключевые слова: виброметр; вибрационные воздействия; виброускорение; виброскорость; виброперемещение; MEMS; акселерометр.

«Современные машины отличает способность работать в условиях повышенных скоростей и нагрузок, разных рабочих режимов, при этом испытывая негативные воздействия окружающей среды» [1].

Техническое обслуживание и ремонт большинства машин и механизмов продолжают выполнять по регламенту, где интервал между техническим обслуживанием от года до нескольких лет. Поэтому на многих предприятиях остро стоит вопрос возможности обслуживания отечественных агрегатов по их фактическому состоянию. Одним из основных методов с целью повышения надежности и безопасности работы машин является установление более жестких ограничений на их вибрацию.

В течение многих лет вибрационное состояние машин оценивают путем измерения среднего квадратичного значения (СКЗ) виброскорости. Широкое распространение измерения именно параметра виброскорости связано с тем, что этот параметр в большей степени учитывает энергетическое воздействие контролируемой точки на опоры от тех сил, которые вызвали вибрацию. Однако в качестве измеряемой величины во многих случаях, когда доминирующая составляющая вибрации распространяется в области верхних или нижних частот, используется дополнительно виброускорение и виброперемещение. Вибрация любого работающего агрегата никогда не является гармоническим процессом, а значит, не существует простых соотношений между виброускорением, виброскоростью и виброперемещением. В качестве вывода может быть использовано утверждение, что «вибрационное состояние машин может быть определено через каждую из трех величин, описывающих вибрацию, – перемещение, скорость и ускорение». Таким образом, даже в рамках одного агрегата для различных его точек могут быть применены различные измеряемые величины.

Виброметр D181 позволит производить все три вида измерений параллельно. Даже если основным мониторинговым показателем все равно остается СКЗ виброскорости, исключается возможность упущения из вида изменений других величин, при анализе записанных во внутреннюю память прибора трендов.

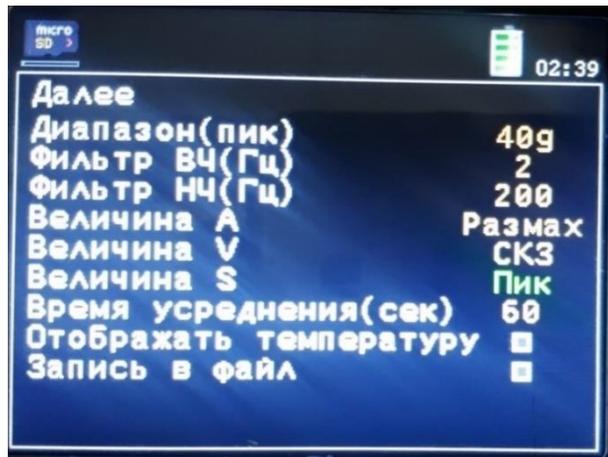


Рис. 1. Режим параллельного отображения изменяемых данных

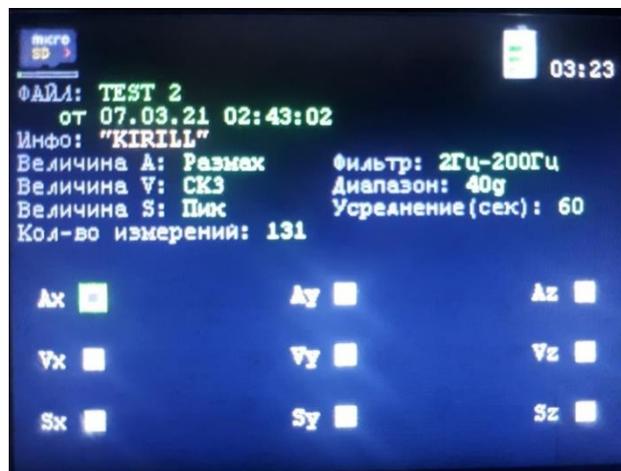


Рис. 2. Выбор необходимого тренда для отображения



Рис. 3. Пример тренда виброскорости

Следует отметить, что вибрацию любого агрегата следует измерять в нескольких плоскостях, чтобы не упустить из виду возможные критические превышения. При этом, если речь идет о вибрации опор валопроводов, то ее необходимо измерять не только на всех опорах, но и в трех взаимно перпендикулярных направлениях: вертикальном, горизонтально поперечном и горизонтально-осевом по отношению к оси вращения валопровода.

Зачастую форма корпусов современных агрегатов исключает возможность поперечного закрепления акселерометра во всех трех необходимых точках измерения. В этом случае акселерометры, способные одновременно измерять вибрацию в трех взаимноперпендикулярных плоскостях, считаются просто необходимыми. В остальных случаях, трехкоординатные акселерометры, при их использовании в составе портативного виброметра, дополнительно экономят время при проведении измерений.

К сожалению, когда речь заходит о многоканальных измерениях, выбор измерительного прибора происходит среди сложных и дорогостоящих устройств, требующих некоторой квалификации от оператора. Однако применение трехкоординатного MEMS-акселерометра позволило разработать серию промышленных датчиков вибрации типа 1D200 с выходным интерфейсом RS485 по протоколу ModbusRTU.

При этом виброметр D181 остается в нише «простейших виброметров», но при этом способен измерять и отображать вибрацию по трем осям и показывать на цветном дисплее сразу девять значений одновременно. Подобное быстроедействие стало возможно благодаря тому, что контроллер располагается в датчике, который, в свою очередь, передает уже обработанные готовые значения (данные) на устройство.

Из дополнительных, но важных настроек и функций, которыми обладает виброметр D181, стоит отметить:

- выбор полосового фильтра в соответствии с руководящими документами, уровень допустимой вибрации различных машин измеряется в различных диапазонах частот, несоблюдение данных условий повлечет за собой некоторые результаты измерений;

- выбор количества (времени) усреднения (нестабильная работа механизма или посторонние факторы зачастую приводят к тому, что оператору сложно остановить взгляд на одном показании виброметра, так как оно может нестабильно изменяться в широком диапазоне – в этом случае увеличение времени усреднения – единственный вариант для сохранения верного значения);

- встроенный в акселерометр датчик температуры (рост температуры объекта исследования зачастую является сопутствующим фактором начала появления неисправности);

- встроенная карта памяти microSD и наличие USB-интерфейса позволяет оперативно передавать информацию во внешние диагностические и мониторинговые системы.

К аналогам на российском рынке можно отнести виброметры моделей ВК-5М и К1 (см. Табл.).

Таблица

Сравнительная характеристика устройств контроля вибрационных воздействий

Характеристики	Модели виброметров		
	K1	BK-5M	D181
Количество измеряемых каналов	1	1	3
Изменяемые параметры:			
- виброускорение	-	+	+
- виброскорость	+	+	+
- виброперемещение	-	+	+
Детекторы			
- размах	-	-	+
- ПИК	-	-	+
- СКЗ	+	+	+
Встроенная память	-	-	+
Выбор фильтров	-	-	+
Наличие дополнительных опций			
- усреднение	-	-	+
- датчик температуры	-	-	+

По результатам сравнения мы имеем превосходство над аналогами, еще важно то, что все они относятся к одной ценовой категории.

Подводя итог, можно уверенно сказать, что проведение диагностики на предприятиях является важным условием повышения эффективности их работы. Контроль вибрационных воздействий – очень важный параметр не только для бытового измерения, но и промышленных предприятий, которые в условиях импортозамещения и наложенных санкций должны продолжать свою работу.

Литература

1. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях.
2. ГОСТ ИСО 7919-1-2002. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах.
3. ГОСТ Р ИСО 20816-1-2021. Вибрация. Измерения вибрации и оценка вибрационного состояния машин.
3. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
4. Неразрушающий контроль металлов и изделий: справочник / П.И. Беда, Б.И. Выборнов, Ю.А. Глазков и др.; под ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
5. Юркевич В.В., Схиртладзе А.Г. Надёжность и диагностика технологических систем. – М.: Академия, 2011. – 304 с.

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВИБРАЦИИ В РАМКАХ МОДЕРНИЗАЦИИ ВИБРОМЕТРА D141

С.А Коляскин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; e-mail: kolyaskin@gtlab.pro
Научный редактор: В.А. Шаров, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В данной статье рассмотрены фундаментальные моменты производства виброметра D141, его уникальный режим работы и значимые моменты по его модернизации.

Ключевые слова: виброметр D141; вибрация; измерение вибрации.

Согласно ГОСТ ИСО 10816, одним из наиболее эффективных критериев оценки технического состояния машин и оборудования является мониторинг способов измерения вибрации на невращающихся деталях. Чтобы не использовать сложные диагностические алгоритмы и дорогостоящие измерительные системы, часто бывает достаточно измерить величину вибрации с помощью портативного специализированного устройства – измерителя вибрации (виброметр). В других случаях виброметр может дополнять стационарную систему сбора и обработки данных.

Из-за довольно суровых условий эксплуатации вибрационные измерители должны конструктивно соответствовать определенному набору критериев. Это означает, что устройство должно быть выполнено в прочном, устойчивом к пыли и влаге металлическом корпусе, защищенном от электрических помех, с другой стороны, оно должно быть компактно и достаточно эргономично, чтобы пользователь мог удобно управлять устройством в течение длительного периода времени.

Виброметр (рис. 1) выполнен в эргономичном алюминиевом корпусе с собственной толщиной 2 мм, что позволяет избежать электромагнитных помех. Он оснащен разъемом «TNC», подходящим для входного сигнала от зарядного устройства IEPЕ или преобразователя напряжения, разъемом «microUSB» для связи с компьютером и для зарядки аккумулятора, встроенного в датчик вибрации. Для поддержания длительной бесперебойной работы в измерителе вибрации установлена батарея большой емкости емкостью 4000 мАч.

Преимущество программного обеспечения виброметра D141, помимо параллельного отображения значений ускорения, скорости и перемещения, – возможность отображать регистрирующие спектры или сигналы на дисплее (рис. 2) и, при



Рис. 1.
Общий вид виброметра

необходимости, записать на встроенную карту памяти для последующей обработки с помощью специализированного программного обеспечения на стационарном ПК.

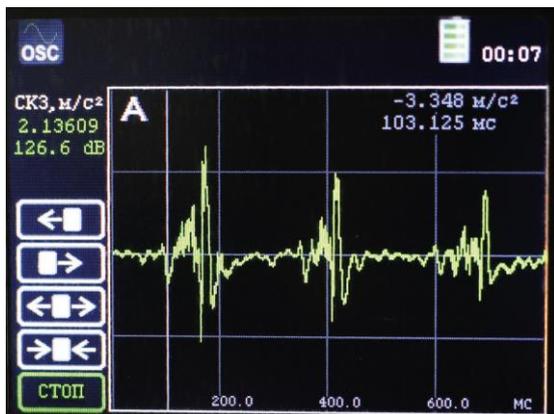


Рис. 1. Режим «осциллограф».
Окно измерения

Отображение спектрограммы и формы сигнала в реальном времени стало более информативным благодаря упрощению электрической схемы за счет замены аналоговых фильтров высоких и низких частот цифровыми, снижению по общему энергопотреблению устройства и увеличению выбора фильтров во всем рабочем диапазоне частот.

Подавляющее большинство современных измерительных приборов и измерительных систем невозможно представить без автоматизированной обработки данных измерений и связанного с ними программного обеспечения. В то же время под программным обеспечением понимаются алгоритмы обработки данных и программы, реализующие эти алгоритмы на языке программирования, а также программы отображения данных и другие программы управления и помощи. Использование программного обеспечения внутри измерительной системы или в сочетании с ней также обеспечивает дополнительные функции управления и обработки данных в дополнение к решению основных задач удобным и эффективным способом.

Программное обеспечение вибрационного измерителя будет постоянно находиться в стадии совершенствования и доработки в соответствии с отзывами клиентов. Какие новые функции будут доступны в следующем обновлении прошивки, зависит только от предпочтений пользователя.

Виброметр D141 стандартно оснащен промышленным датчиком со стандартным выходным напряжением IEPЕ, но для проведения измерений могут быть подключены и зарядовые датчики, за счет встроенного усилителя. Другими словами, в зависимости от температуры объекта или, например, динамического диапазона измеряемого процесса, к измерителю вибрации может быть подключен либо стандартный датчик IEPЕ, либо датчик с зарядовым выходом.

Мощный процессор, работающий в сочетании с АЦП 51,5 кГц, позволяет использовать различные цифровые фильтры высоких и низких частот, что позволяет выстраивать более точные спектрограммы. Данные, измеренные с помощью виброметра D141, могут быть записаны как в виде табличных данных с числовыми значениями ускорения, скорости и движения на карту памяти Micro SD для последующего создания тенденций, связанных со временем измерения, так и в формате «wave». Для обработки спектрограмм или осциллограмм на ПК необходимо использовать программное обеспечение ООО «ГТЛаб».

Чтобы обновить прошивку виброметра, вам необходимо подключить виброметр к USB-порту ПК с помощью USB-интерфейсного кабеля и переместить файл с последней версией программного обеспечения в каталог загрузки

на съёмном носителе (microSD) устройства. Вы также можете извлечь съёмный носитель (microSD) из виброметра D141 и подключить носитель к ПК через кардридер и переместить файл в каталог загрузки с последней версией программного обеспечения.

Подводя итог, мы можем отметить следующее: проведение диагностики с помощью виброметра D141, управление производственными процессами на предприятиях является важным условием повышения эффективности их функционирования. Особое значение данное мероприятие имеет для предприятий оборонно-промышленного комплекса, которые вынуждены продолжать свое развитие в условиях практической изоляции от иностранных предприятий, производящих необходимые комплектующие при использовании различных инноваций, реализации программы импортозамещения, возможном сокращении государственного бюджета и ориентации, в этом случае, на производство гражданской продукции, продукции двойного назначения.

Литература

1. Гусев В.Г., Гусев Ю.М.: Электроника: учебное пособие. – М: Высшая школа 1991. – 622 с.
2. Гусев В.Г., Мулик А.В. Проектирование электронных аналоговых измерительных устройств: учеб. пособие. – Уфа: УАИ, 1990. – 97 с.
3. Гусев В.Г., Мулик А.В. Аналоговые измерительные устройства: учеб. пособие. – Уфа: УГАТУ, 1996. – 147с.
4. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990.
5. Неразрушающий контроль металлов и изделий. Справочник / под ред. Г.С. Самойловича. – М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
6. Юркевич В.В., Схиртладзе А.Г. Надёжность и диагностика технологических систем. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 304 с.

СЕТЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЭТАЛОННОЙ ТРАЕКТОРИИ В УСЛОВИЯХ СЛУЧАЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

А.С. Коросов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
аспирант; e-mail: korosov96@yandex.ru
Научный руководитель: П.В. Пакшин, д.ф.м.н., профессор
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Рассматривается задача синтеза управления с итеративным обучением (УИО) сетевой системой при изменении эталонной траектории выходного сигнала. Сетевая система состоит из одинаковых подсистем (агентов), которые представляют собой дискретные линейные динамические объекты, работающие в повторяющемся режиме. Каждый объект находится под действием случайных возмущений, а их выходные переменные измеряются с шумами. Синтез управления основан на дивергентном методе векторной функции Ляпунова. С целью уменьшения переходной ошибки, вызываемой изменением эталонной траектории, предложено специальное правило переключения закона УИО. Для демонстрации эффективности метода приводятся результаты моделирования закона управления группой манипуляторов с гибким звеном.

Ключевые слова: сетевое управление; управление с итеративным обучением; стохастические системы; системы с переключениями; изменение эталонной траектории выходного сигнала; векторная функция Ляпунова.

Активное развитие интеллектуального производства создает потребность в новых исследованиях и разработках в области интеллектуального управления, и управление с итеративным обучением (УИО) можно классифицировать как одно из направлений этой области. УИО применяется к системам, которые многократно выполняют одну и ту же операцию, возвращаясь в исходное состояние после каждого повторения. Данный подход предполагает, что задан некоторый эталон выполнения операции, к которому стремится система, улучшая свои показатели от повторения к повторению за счет результатов, полученных ею ранее.

Метод УИО эффективно применяется к различным классам систем. В частности, в работе [1] рассматривается задача УИО системой, эталонная траектория которой может быть изменена в ходе ее работы. С целью уменьшить величину переходной ошибки авторы предлагают специальное правило переключения закона УИО в момент изменения эталонной траектории.

В работе [2] решается аналогичная задача, но для стохастических систем. Дополнительно учитывается, что вместе с эталонной траекторией могут быть изменены и параметры системы. Предложенный авторами подход к управлению основан на дивергентном методе векторной функции Ляпунова в сочетании с фильтром Калмана, и он так же, как и в [1], подразумевает переключение закона УИО в момент изменения эталонной траектории. Такой подход позволил достичь высокой точности работы системы и значительно уменьшить величину переходной ошибки.

В данной работе результаты из [2] распространяются на случай с сетевой системой, когда исходная система представляет собой группу одинаковых объектов (агентов), связанных между собой информационной сетью, динамика каждого из которых аналогична динамике системы, рассмотренной в [2].

Постановка задачи. Рассмотрим сетевую систему из N линейных стохастических подсистем (агентов), функционирующих в повторяющемся режиме. Динамика агента i на повторении k описывается следующей дискретной моделью в пространстве состояний:

$$\begin{aligned} x_i(k, p + 1) &= A_m x_i(k, p) + B_m u_i(k, p) + D_m \omega_i(k, p), \\ y_i(k, p) &= C x_i(k, p), \\ y_{vi}(k, p) &= y_i(k, p) + G_m v_i(k, p), \\ i &= 1, \dots, N, k \geq 0, 0 \leq p \leq T - 1, \end{aligned} \quad (1)$$

где $x_i(k, p) \in \mathbb{R}^{n_x}$ – вектор состояния, $u_i(k, p) \in \mathbb{R}^{n_u}$ – вектор управления, $\omega_i(k, p) \in \mathbb{R}^{n_\omega}$ – вектор шумов объекта, $y_i(k, p) \in \mathbb{R}^{n_y}$ – вектор выходных переменных (профиль повторения), $y_{vi}(k, p) \in \mathbb{R}^{n_{vy}}$ – вектор измеренных выходных переменных, $v_i(k, p) \in \mathbb{R}^{n_v}$ – вектор шумов измерений, $T < \infty$ – продолжительность повторения. Граничные условия $x_i(k, 0)$ и $u_i(0, p)$ будем считать известными.

Предполагается, что шумы объекта $\omega_i(k, p)$ и шумы измерений $v_i(k, p)$ представляют собой независимые гауссовские белые шумы с ковариационными матрицами

$$S_{\omega i} = E[\omega_i(k, p)\omega_i^T(k, p)], S_{v i} = E[v_i(k, p)v_i^T(k, p)],$$

где E – символ математического ожидания. Также предположим, что $\omega_k(p)$ не зависит от начального вектора состояния.

Режим $m = 1, 2$ определяет эталонную траекторию выходного сигнала

$$y_{ref}(p) = \begin{cases} y_{ref1}(p), & k < k_s, \\ y_{ref2}(p), & k \geq k_s, \end{cases}$$

где k_s – момент переключения режима, и матрицы A_m, B_m, D_m и G_m агентов, при этом тройки (A_m, B_m, C) полностью управляемы и наблюдаемы, а CB_m невырожденные. Матрицы системы остаются неизменными до и после переключения режима.

Связи между агентами представим в виде направленного графа $\mathcal{G} = (\mathcal{J}, \mathcal{E})$, где $\mathcal{E} \subseteq \mathcal{J} \times \mathcal{J}$ – ребра графа. Возможность доступа агента i к выходным данным агента j задается ребром, направленным от вершины j к вершине i и обозначаемым упорядоченной парой $(j, i) \in \mathcal{E}$. Элементы матрицы смежности $\mathcal{S}(\mathcal{G})$ задаются следующим образом: $s_{ij} > 0$, если $(j, i) \in \mathcal{E}$, $s_{ij} = 0$ в противном случае, $s_{ii} = 0$. Матрица Лапласа графа \mathcal{G} задается выражением

$$\mathcal{L}(\mathcal{G}) = \begin{bmatrix} \sum_{j=1}^N s_{1j} & -s_{12} & \cdots & -s_{1N} \\ -s_{21} & \sum_{j=1}^N s_{2j} & \cdots & -s_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -s_{N1} & -s_{N2} & \cdots & \sum_{j=1}^N s_{Nj} \end{bmatrix}.$$

Введем ошибку обучения

$$e_i(k, p) = y_{ref}(p) - y_i(k, p). \quad (2)$$

Задача заключается в поиске такого управления (протокола) $u_i(k, p)$, который позволит достичь консенсус в следующем смысле:

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} E[\|e_i(k, p)\|] &= \|e_i(\infty, p)\|, \\ \lim_{k \rightarrow \infty} E[\|u_i(k, p)\|] &= E[\|u_i(\infty, p)\|], \quad k \geq 0, \end{aligned} \quad (3)$$

и существует $k = k^*$ такое, что для $k \geq k^*$

$$E[\|e_i(k+1, p)\|] - E[\|e_i(\infty, p)\|] \leq E[\|e_i(k, p)\|] - E[\|e_i(\infty, p)\|], \quad (4)$$

при условии, что $E[\|u_i(k, p)\|^2]$ и $E[\|e_i(k, p)\|^2]$ ограничены для всех k и p , где $u_i(\infty, p)$ именуется как обученное управление.

Закон УИО для агента i на повторении $k+1$ будем формировать в виде

$$u_i(k+1, p) = u_i(k, p) + \Delta u_i(k+1, p), \quad i = 1, \dots, N, \quad (5)$$

где $\Delta u_i(k+1, p)$ – корректирующая добавка для агента i .

Также будем учитывать, что $y_{ref}(p)$ может быть доступна только некоторым агентам, которых далее будем называть глобальными лидерами. Возможность получения агентами информации об эталонной траектории выходного сигнала задается матрицей $\mathcal{R} = \text{diag}[\mathcal{r}_j]_{j=1}^N$, где $\mathcal{r}_j = 1$, если j имеет доступ к $y_{ref}(p)$, и $\mathcal{r}_j = 0$ в противном случае.

Агент, не являющийся глобальным лидером, может получить информацию либо от глобального лидера, либо от любого другого агента, которого будем называть локальным лидером. Принимающий информацию агент является ведомой системой, и предполагается, что он может получать информацию только от одного лидера и не может передать ему свои данные.

Обозначим за k_{si} момент переключения режима для агента i . Для глобальных лидеров данный момент совпадает с k_s , т. е. $k_{si} = k_s \forall i: \mathcal{r}_i = 1$. Переключение режима ведомой системы происходит на следующем повторении после переключения ее локального лидера, т. е. $k_{si} = k_{sj} + 1 \forall i, j: (j, i) \in \mathcal{E}$.

Решение задачи. Поскольку (2) недоступна для измерения, вместо нее будем использовать $\hat{e}_i(k, p) = y_{ref}(p) - \hat{y}_i(k, p)$, где $\hat{y}_i(k, p) = C\hat{x}_i(k, p)$, а $\hat{x}_i(k, p)$ – оценка состояния агента i , полученная с использованием фильтра Калмана

$$\begin{aligned} \hat{x}_i(k, p+1) &= A_m \hat{x}_i(k, p) + B_m u_i(k, p) + \\ &+ F_{im} (y_{vi}(k, p) - C \hat{x}_i(k, p)), \quad i = 1, \dots, N, \quad m = 1, 2, \end{aligned}$$

где F_{im} – матрица усиления наблюдателя.

Корректирующую добавку в (5) для агента i на повторении $k+1 \neq k_{si}$ будем формировать в виде

$$\begin{aligned} \Delta u_i(k+1, p-1) &= K_{1m} \hat{\eta}_i(k+1, p) + \\ &+ K_{2m} \left(\sum_{j \in N_i} s_{ij} (\hat{e}_i(k, p) - \hat{e}_j(k, p)) + \mathcal{r}_i \hat{e}_i(k, p) \right), \end{aligned} \quad (6)$$

где $\hat{\eta}_i(k+1, p) = \hat{x}_i(k+1, p-1) - \hat{x}_i(k, p-1)$ – вектор приращения оценки состояния, K_{1m} и K_{2m} – матрицы протокола в режиме m ,

$N_i = \{j \in N | (j, i) \in \mathcal{E}\}$ – множество агентов, информация о которых доступна агенту i .

Введем вектор приращения ошибки оценивания $\tilde{x}_i(k, p) = x_i(k, p) - \hat{x}_i(k, p)$ как $\tilde{\eta}_i(k + 1, p + 1) = \tilde{x}_i(k + 1, p) - \tilde{x}_i(k, p)$ и запишем систему (1) для $k + 1 \neq k_{si}$ в терминах приращений и $\hat{e}_i(k, p)$:

$$\begin{aligned} \hat{\eta}_i(k + 1, p + 1) &= A_m \hat{\eta}_i(k + 1, p) + F_{im} C \tilde{\eta}_i(k + 1, p) + \\ &\quad + B_m \Delta u_i(k + 1, p - 1) + F_{im} G_m \Delta v_i(k + 1, p - 1), \\ \tilde{\eta}_i(k + 1, p + 1) &= (A_m - F_{im} C) \tilde{\eta}_i(k + 1, p) + \\ &\quad + D_m \Delta \omega_i(k + 1, p - 1) - F_{im} G_m \Delta v_i(k + 1, p - 1), \\ \hat{e}_i(k + 1, p) &= -C A_m \hat{\eta}_i(k + 1, p) - C F_{im} C \tilde{\eta}_i(k + 1, p) + \\ \hat{e}_i(k, p) - &- C B_m \Delta u_i(k + 1, p - 1) - C F_{im} G_m \Delta v_i(k + 1, p - 1), \end{aligned} \quad (7)$$

где $\Delta v_i(k + 1, p - 1) = v_i(k + 1, p - 1) - v_i(k, p - 1)$, $\Delta \omega_i(k + 1, p - 1) = \omega_i(k + 1, p - 1) - \omega_i(k, p - 1)$.

Второе уравнение в системе (7) не зависит от других, поэтому $\tilde{\eta}_i$ можно рассматривать как внешнюю ограниченную переменную и в дальнейшем будем использовать следующую систему:

$$\begin{aligned} \hat{\eta}_i(k + 1, p + 1) &= A_m \hat{\eta}_i(k + 1, p) + \\ &\quad + B_m \Delta u_i(k + 1, p - 1) + F_{im} G_m \Delta v_i(k + 1, p - 1), \\ \hat{e}_i(k + 1, p) &= -C A_m \hat{\eta}_i(k + 1, p) + \hat{e}_i(k, p) - \\ &\quad - C B_m \Delta u_i(k + 1, p - 1) - C F_{im} G_m \Delta v_i(k + 1, p - 1). \end{aligned} \quad (8)$$

Введем расширенные векторы

$$\begin{aligned} \hat{\eta}(k, p) &= \begin{bmatrix} \hat{\eta}_1(k, p) \\ \vdots \\ \hat{\eta}_N(k, p) \end{bmatrix} \\ \hat{e}(k, p) &= \begin{bmatrix} \hat{e}_1(k, p) \\ \vdots \\ \hat{e}_N(k, p) \end{bmatrix} \\ v(k, p) &= \begin{bmatrix} \Delta v_1(k, p) \\ \vdots \\ \Delta v_N(k, p) \end{bmatrix} \\ \Delta \omega(k, p) &= \begin{bmatrix} \Delta \omega_1(k, p) \\ \vdots \\ \Delta \omega_N(k, p) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

и запишем замкнутую систему (8) с учетом (6) относительно этих векторов:

$$\begin{aligned} \hat{\eta}(k + 1, p + 1) &= (\bar{A}_{11m} + \bar{B}_{1m} \bar{K}_{1m} \bar{\mathcal{H}}_1) \hat{\eta}(k + 1, p) + \\ &\quad + (\bar{A}_{12} + \bar{B}_{1m} \bar{K}_{2m} \bar{\mathcal{H}}_2) \hat{e}(k, p) + \bar{F}_m \bar{G}_m \Delta v(k + 1, p - 1), \\ \hat{e}(k + 1, p) &= (\bar{A}_{21m} + \bar{B}_{2m} \bar{K}_{1m} \bar{\mathcal{H}}_1) \hat{\eta}(k + 1, p) + \\ &\quad + (\bar{A}_{22} + \bar{B}_{2m} \bar{K}_{2m} \bar{\mathcal{H}}_2) \hat{e}(k, p) - \bar{C} \bar{F}_m \bar{G}_m \Delta v(k + 1, p - 1), \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} \bar{A}_{11m} &= I_N \otimes A_m, \bar{A}_{12} = 0, \bar{A}_{21m} = I_N \otimes (-C A_m), \bar{A}_{22} = I_N \otimes I_{n_y}, \\ \bar{B}_{1m} &= I_N \otimes B_m, \bar{B}_{2m} = I_N \otimes (-C B_m), \bar{K}_{1m} = I_N \otimes K_{1m}, \bar{K}_{2m} = I_N \otimes K_{2m}, \end{aligned}$$

$$\bar{\mathcal{H}}_1 = I_N \otimes I_{n_x}, \bar{\mathcal{H}}_2 = (\mathcal{L} + \mathcal{R}) \otimes I_{n_y}, \bar{F}_m = \text{diag}[F_{jm}]_{j=1}^N, \\ \bar{G}_m = I_N \otimes G_m, \bar{C} = I_N \otimes C.$$

Система (9) записана в стандартной форме повторяющегося процесса и дальнейший анализ будет основываться на теории устойчивости стохастических повторяющихся процессов с переключениями [3].

Определение 1. Дискретный повторяющийся процесс (9) называется устойчивым по второму моменту вдоль повторений, если

$$\lim_{k,p \rightarrow \infty} E[\|\hat{\eta}(k,p)\|^2 + \|\hat{\epsilon}(k,p)\|^2] \leq \Gamma < \infty,$$

где Γ не зависит от N .

Также определим векторную функцию Ляпунова в виде

$$V_m(\xi, \epsilon) = \begin{bmatrix} V_{1m}(\xi) \\ V_{2m}(\epsilon) \end{bmatrix}, \xi \in \mathbb{R}^{n_x}, \epsilon \in \mathbb{R}^{n_y}, \quad (10)$$

где

$$V_{1m}(\xi) > 0, \xi \neq 0, V_{2m}(\epsilon) > 0, \epsilon \neq 0, \text{ и } V_{1m}(0) = 0, V_{2m}(0) = 0 \quad (m = 1, 2).$$

Определим дискретный аналог дивергенции (10) в виде

$$\mathcal{D}V_m(\xi, \epsilon) = E[V_{1m}(\hat{\eta}(k+1, p+1)) | \hat{\eta}(k+1, p) = \xi, \hat{\epsilon}(k, p) = \epsilon] - \\ - V_{1m}(\xi) + E[V_{2m}(\hat{\epsilon}(k+1, p)) | \hat{\eta}(k+1, p) = \xi, \hat{\epsilon}(k, p) = \epsilon] - V_{2m}(\epsilon).$$

Теорема 1. Если существует векторная функция Ляпунова (10) и положительные скаляры c_1, c_2, c_3 и γ_m такие, что

$$c_1 \|\xi\|^2 \leq V_{1m}(\xi) \leq c_2 \|\xi\|^2, \\ c_1 \|\epsilon\|^2 \leq V_{2m}(\epsilon) \leq c_2 \|\epsilon\|^2, \\ \mathcal{D}V_m(\xi, \epsilon) \leq \gamma_m - c_3 (\|\xi\|^2 + \|\epsilon\|^2),$$

то повторяющийся процесс (9) устойчив по второму моменту вдоль повторений. Более того, $E[\|e(k,p)\|^2]$ не увеличивается монотонно с увеличением k если $k \neq k_{si}$, и ограничено если $k = k_{si}$ для всех $0 \leq p \leq N-1$ и выполнены условия (3).

Данная теорема доказывается по аналогии с доказательством теоремы 1 из [3], поэтому здесь оно будет опущено.

Согласно теореме 1, в момент изменения эталонной траектории монотонная сходимость может нарушиться, а ошибка обучения может превысить допустимый предел. Следовательно, закон управления должен быть разработан таким образом, чтобы минимизировать влияние переключения режима на ошибку.

Выберем компоненты векторной функции Ляпунова в виде квадратичных форм

$$V_{1m}(\xi) = \xi^T \bar{P}_{1m} \xi, V_{2m}(\epsilon) = \epsilon^T \bar{P}_{2m} \epsilon, \quad (11)$$

где $\bar{P}_{1m} = I_N \otimes P_{1m}$, $\bar{P}_{2m} = I_N \otimes P_{2m}$. Вычисляя дивергенцию функции (10) с учетом (11), получим

$$\mathcal{D}V(\xi, \epsilon) = \begin{bmatrix} \xi \\ \epsilon \end{bmatrix}^T (\Phi_m^T \bar{P}_m \Phi_m - \bar{P}_m) \begin{bmatrix} \xi \\ \epsilon \end{bmatrix} + \\ + 2(\text{tr}[\bar{P}_{1m} S_{1m}] + \text{tr}[\bar{P}_{2m} S_{2m}]), \quad (12)$$

где

$$\Phi_m = \bar{A}_m + \bar{B}_m \bar{K}_m \bar{\mathcal{H}}, \bar{A}_m = \begin{bmatrix} \bar{A}_{11m} & \bar{A}_{12} \\ \bar{A}_{21m} & \bar{A}_{22} \end{bmatrix}, \bar{B}_m = \begin{bmatrix} \bar{B}_{1m} \\ \bar{B}_{2m} \end{bmatrix}, \bar{\mathcal{H}} = \text{diag}[\bar{\mathcal{H}}_1 \quad \bar{\mathcal{H}}_2],$$

$$\bar{P}_m = \text{diag}[\bar{P}_{1m} \quad \bar{P}_{2m}], \bar{K}_m = [\bar{K}_{1m} \quad \bar{K}_{2m}], S_{1m} = \text{diag}[S_{1jm}]_{j=1}^N,$$

$$S_{2m} = \text{diag}[S_{2jm}]_{j=1}^N, S_{1im} = F_{im} G_m S_{vi} G_m^T F_{im}^T, S_{2im} = C F_{im} G_m S_{vi} G_m^T F_{im}^T C.$$

Предположим, что $\gamma_m = 2(\text{tr}[\bar{P}_{1m} S_{1m}] + \text{tr}[\bar{P}_{2m} S_{2m}])$ и \bar{P}_m являются решением матричных неравенств

$$\begin{aligned} & (\bar{A}_m + \bar{B}_m \bar{K}_m \bar{\mathcal{H}})^T \bar{P}_m (\bar{A}_m + \bar{B}_m \bar{K}_m \bar{\mathcal{H}}) - \bar{P}_m + \\ & + \bar{Q}_m + (\bar{K}_m \bar{\mathcal{H}})^T \bar{R}_m (\bar{K}_m \bar{\mathcal{H}}) \leq 0, \bar{P}_m > 0, \end{aligned} \quad (13)$$

где $\bar{Q} > 0$, $\bar{R} > 0$ – весовые матрицы, которые имеют вид $\bar{Q} = \text{diag}[\bar{Q}_1 \quad \bar{Q}_2]$,

$$\bar{Q}_1 = I_N \otimes Q_1, \bar{Q}_2 = I_N \otimes Q_2, \bar{R} = I_N \otimes R.$$

Тогда в соответствии с (12) выполняются условия теоремы 1. Используя лемму Шура о дополнении, сведем неравенства (13) к следующей системе матричных уравнений и неравенств:

$$\begin{bmatrix} \bar{X}_m & (\bar{A}_m \bar{X}_m + \bar{B}_m \bar{Y}_m \bar{\mathcal{H}})^T & \bar{X}_m & (\bar{Y}_m \bar{\mathcal{H}})^T \\ \bar{A}_m \bar{X}_m + \bar{B}_m \bar{Y}_m \bar{\mathcal{H}} & \bar{X}_m & 0 & 0 \\ \bar{X}_m & 0 & \bar{Q}^{-1} & 0 \\ \bar{Y}_m \bar{\mathcal{H}} & 0 & 0 & \bar{R}^{-1} \end{bmatrix} \succcurlyeq 0, \quad (14)$$

$$\bar{X}_m > 0, \bar{\mathcal{H}} \bar{X}_m = \bar{Z}_m \bar{\mathcal{H}},$$

где

$$\begin{aligned} \bar{X}_m &= \text{diag}[\bar{X}_{1m} \quad \bar{X}_{2m}], \bar{X}_{1m} = I_N \otimes X_{1m}, \bar{X}_{2m} = I_N \otimes X_{2m}, \\ \bar{Y}_m &= [\bar{Y}_{1m} \quad \bar{Y}_{2m}], \bar{Y}_{1m} = I_N \otimes Y_{1m}, \bar{Y}_{2m} = I_N \otimes Y_{2m}, \\ \bar{Z}_m &= \text{diag}[\bar{Z}_{1m} \quad \bar{Z}_{2m}], \bar{Z}_{1m} = I_N \otimes Z_{1m}, \bar{Z}_{2m} = I_N \otimes Z_{2m}. \end{aligned}$$

При этом матрицы протокола для (6) определяются как $K_{1m} = Y_{1m} Z_{1m}^{-1}$ и $K_{2m} = Y_{2m} Z_{2m}^{-1}$.

Ошибка обучения относительно оценки выходного сигнала для глобального лидера i на повторении $k + 1 = k_{si}$ описывается уравнением

$$\begin{aligned} & \hat{e}_i(k_{si}, p) = \hat{e}_i(k_{si} - 1, p) \\ & - C(A_2 \hat{x}_i(k_{si}, p - 1) - A_1 \hat{x}_i(k_{si} - 1, p - 1)) - \\ & - C(B_2 - B_1)u_i(k_{si} - 1, p - 1) - CB_2 \Delta u_i(k_{si}, p - 1) - \\ & - C(F_{i2} C \tilde{x}_i(k_{si}, p - 1) - F_{i1} C \tilde{x}_i(k_{si} - 1, p - 1)) - \\ & - C(F_{i2} G_2 v_i(k_{si}, p - 1) - F_{i1} G_1 v_i(k_{si} - 1, p - 1)) + r(p) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\forall i: r_i = 1,$$

где $r(p) = y_{ref2}(p) - y_{ref1}(p)$. С целью уменьшить переходную ошибку в момент переключения режима, найдем корректирующую добавку для (5) из условия минимизации (15). Для этого введем функционал

$$J_{sl} = E[\|\hat{e}_i(k_{si})\|^2 | \hat{e}_i(k_{si} - 1, p), \hat{x}_i(k_{si} - 1, p)]. \quad (16)$$

Решая задачу минимизации (16) при условии (15), получим, что корректирующая добавка $\Delta u_i(k+1, p-1)$ для глобального лидера i в момент переключения $k+1 = k_{si}$ будет иметь вид

$$\begin{aligned} \Delta u_i(k_{si}, p-1) = & (CB_2)^{-1} \hat{e}_i(k_{si}-1, p) - \\ & -(CB_2)^{-1} C(A_2 \hat{x}_i(k_{si}, p-1) - A_1 \hat{x}_i(k_{si}-1, p-1)) - \\ & -(CB_2)^{-1} C(B_2 - B_1) u_i(k_{si}-1, p-1) + (CB_2)^{-1} r(p) \end{aligned} \quad (17)$$

$\forall i: r_i = 1.$

Поскольку ведомая система не имеет непосредственный доступ к эталонной траектории и получает информацию о выходном сигнале от лидера, то для поиска ее корректирующей добавки в момент $k+1 = k_{si}$ введем вектор

$$\varepsilon_i(k_{si}, p) = s_{ij} \left(\hat{y}_j(k_{si}-1, p) - \hat{y}_i(k_{si}, p) \right), \quad (18)$$

где j – номер лидера ведомой системы i . По аналогии с предыдущей техникой (18) в момент $k+1 = k_{si}$ можно переписать как

$$\begin{aligned} \varepsilon_i(k_{si}, p) = & s_{ij} \left(\hat{y}_j(k_{si}-1, p) - \hat{y}_i(k_{si}-1, p) \right) - \\ & - s_{ij} C(A_2 \hat{x}_i(k_{si}, p-1) - A_1 \hat{x}_i(k_{si}-1, p-1)) - \\ - s_{ij} C(B_2 - B_1) u_i(k_{si}-1, p-1) - & s_{ij} CB_2 \Delta u_i(k_{si}, p-1) - \\ - s_{ij} C(F_{i2} C \tilde{x}_i(k_{si}, p-1) - F_{i1} C \tilde{x}_i(k_{si}-1, p-1)) - & \\ - s_{ij} C(F_{i2} G_2 v_i(k_{si}, p-1) - F_{i1} G_1 v_i(k_{si}-1, p-1)) & \end{aligned} \quad (19)$$

$\forall i, j: (j, i) \in \mathcal{E}.$

Введем функционал

$$J_{sf} = E[\|\varepsilon_i(k_{si})\|^2 | \varepsilon_i(k_{si}-1, p), \hat{x}_i(k_{si}-1, p)],$$

И, решая задачу его минимизации при условии (19), получим, что корректирующая добавка $\Delta u_i(k+1, p-1)$ для ведомой системы i на повторении $k+1 = k_{si}$ будет иметь вид

$$\begin{aligned} \Delta u_i(k_{si}, p-1) = & (CB_2)^{-1} \left(\hat{y}_j(k_{si}-1, p) - \hat{y}_i(k_{si}-1, p) \right) - \\ & -(CB_2)^{-1} C(A_2 \hat{x}_i(k_{si}, p-1) - A_1 \hat{x}_i(k_{si}-1, p-1)) - \\ & -(CB_2)^{-1} C(B_2 - B_1) u_i(k_{si}-1, p-1) \quad \forall i, j: (j, i) \in \mathcal{E}. \end{aligned} \quad (20)$$

Полученные результаты можно обобщить в виде следующей теоремы.

Теорема 2. Закон УИО (5) для системы (1) с корректирующей добавкой (6) при $k+1 \neq k_{si}$, где матрицы усиления находятся из решения системы матричных уравнений и неравенств (14), и с корректирующей добавкой (17) для глобальных лидеров и (20) для ведомых систем при $k+1 = k_{si}$ обеспечивает консенсус в смысле (3)-(4).

Доказательство. Если $k \neq k_{si}$, то в соответствии с теоремой 1, как показано выше, $E[\|e_i(k, p)\|] - E[\|e_i(\infty, p)\|]$ монотонно убывает с увеличением k . При $k = k_{si}$ легко показать, что $E[\|e_i(k_{si}, p)\|^2]$ и $E[\|\Delta u_i(k_{si}, p)\|^2]$ ограничены. Следовательно, условия консенсуса (3) и (4) выполняются при $k^* = \max k_{si}$.

Пример. В качестве агентов будем рассматривать одинаковые манипуляторы с гибким звеном. Динамика движения манипулятора с учетом случайных возмущений описывается следующей моделью в пространстве состояний:

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A_{cm}x(t) + B_c(u(t) + \mu(t)), \\ y_\rho(t) &= Cx(t) + \rho(t),\end{aligned}\quad (21)$$

где $x = [\theta \quad \alpha \quad \dot{\theta} \quad \dot{\alpha}]^T$, θ – угол поворота сервопривода, α – угол отклонения звена, $u = \tau$ – крутящий момент, приложенный к основанию гибкого звена,

$$A_{cm} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{K_s}{J_{eq}} & -\frac{B_{eq}}{J_{eq}} & 0 \\ 0 & -\frac{K_s(J_l(m)+J_{eq})}{J_{eq}J_l(m)} & \frac{B_{eq}}{J_{eq}} & 0 \end{bmatrix}, B_c = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{J_{eq}} \\ -\frac{1}{J_{eq}} \end{bmatrix}, C = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0],$$

K_s – жесткость звена, J_{eq} – момент инерции сервопривода, B_{eq} – коэффициент вязкого трения сервопривода, $J_l(m)$ – момент инерции звена относительно центра масс, $\mu(t)$ и $\rho(t)$ – независимые непрерывные гауссовские белые шумы объекта и измерения соответственно с постоянными интенсивностями Q_n и R_n .

Были приняты следующие значения параметров однозвенных гибких манипуляторов:

$$\begin{aligned}K_s &= 1,3 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}, J_{eq} = 2,08 \times 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2, B_{eq} = 0,004 \text{ Н}\cdot\text{м}/(\text{рад/с}), \\ Q_n &= 0,5 \times 10^{-4}, R_n = 0,1 \times 10^{-5}.\end{aligned}$$

Период повторения составляет 3 секунды, а эталонная траектория выходного сигнала имеет вид

$$y_{ref}(t) = \begin{cases} \pi \left(\frac{t^2}{6} - \frac{t^3}{27} \right), & k < k_{si}, \\ \frac{\pi}{2} \sin \frac{\pi t}{6}, & k \geq k_{si}. \end{cases}$$

Момент инерции звена $J_l(1) = 0,0038 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ при $k < k_{si}$, и $J_l(2) = 0,008 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ при $k \geq k_{si}$.

Дискретизация по времени динамики (21) дает модель в пространстве состояний (1) для проектирования УИО с $A_m = \exp(A_{cm}T_s)$ и $B_m = \int_0^{T_s} \exp(A_{cm}\tau) B_c d\tau$, где T_s – период дискретизации, $\omega_i(k, p)$ и $v_i(k, p)$ – независимые дискретные белые гауссовские шумы с ковариациями $S_{\omega i} = I_{n_x}$ и $S_{v i} = I_{n_y}$,

$$D_m = \left[\int_0^{T_s} \exp(A_{cm}\tau) B_c Q_n B_c^T (\exp(A_{cm}\tau))^T d\tau \right]^{\frac{1}{2}}, G_m = \left(\frac{R_n}{T_s} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Рассмотрим сетевую систему из трех последовательно соединенных манипуляторов, один из которых является глобальным лидером, остальные – ведомыми системами. В этом случае первая ведомая система получает информацию от глобального лидера и передает свой выходной сигнал второй. Такая конфигурация информационной сети задается матрицами

$$\mathcal{L} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}, \mathcal{R} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Выберем период дискретизации $T_s = 0,01$ сек. Тогда получим следующие матрицы усиления фильтра Калмана:

$$F_{i1} = [0,7106 \quad -0,5711 \quad 16,0723 \quad -12,8866]^T,$$

$$F_{i2} = [0,7038 \quad -0,6084 \quad 15,5888 \quad -13,9268]^T.$$

Решая (14) с весовыми матрицами $Q_1 = \text{diag}[1 \quad 1 \quad 10^{-3} \quad 10^{-5}]$, $Q_2 = 10^6$, $R = 10^{-3}$ получим следующие матрицы протокола для (6):

$$K_{11} = [-41,1744 \quad -1,2927 \quad -0,413 \quad -0,0051], K_{12} = 19,614,$$

$$K_{21} = [-41,4145 \quad -1,2967 \quad -0,4141 \quad -0,0049], K_{22} = 19,8935.$$

Для корректирующих добавок (17) и (20) были получены следующие числовые значения матриц:

$$(CB_2)^{-1} = 42,0854, (CB_2)^{-1}CA_2 = [42,0854 \quad 1,2982 \quad 0,4169 \quad 0,0043],$$

$$(CB_2)^{-1}CA_1 = [42,0854 \quad 1,2963 \quad 0,4169 \quad 0,0043],$$

$$(CB_2)^{-1}C(B_2 - B_1) = -3,1275 \times 10^{-6}.$$

Чтобы оценить эффективность этого закона УИО, введем среднеквадратическую ошибку в виде

$$E_i(k) = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{p=0}^{T-1} \|e_i(k, p)\|^2}.$$

На рисунках 1 и 2 представлены графики среднеквадратических ошибок выходных сигналов агентов без учета корректирующих добавок (17), (20) и с учетом их соответственно. Переключение лидера происходит на повторении 30, а переключение первой и второй ведомых систем – на повторениях 31 и 32 соответственно. Полученные результаты демонстрируют, что полученный закон УИО действительно помогает снизить величину переходной ошибки в момент переключения эталонной траектории.

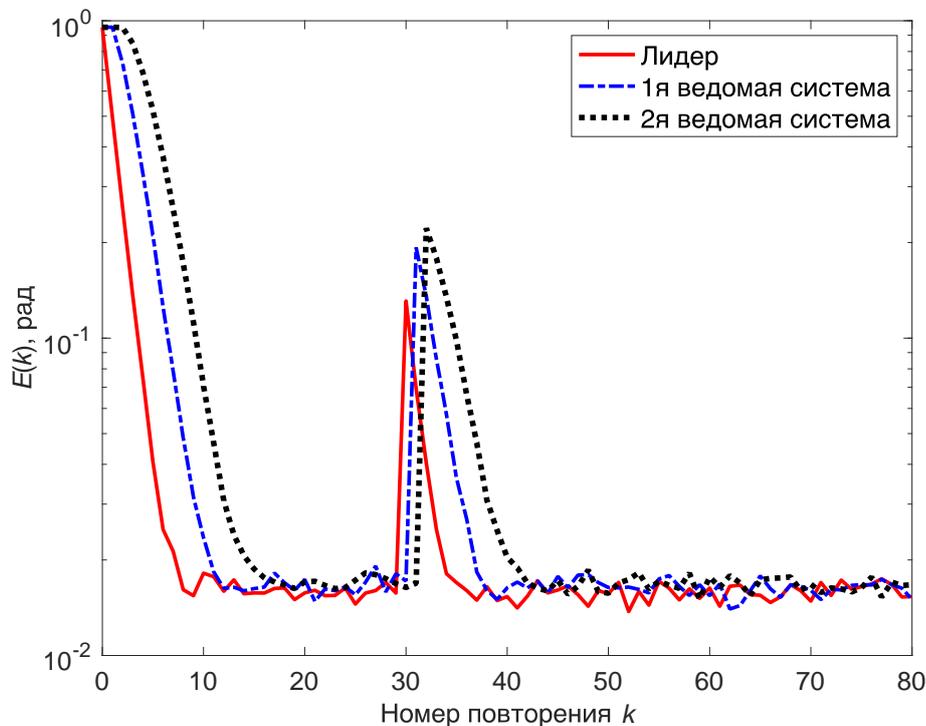


Рис. 1. Среднеквадратические ошибки агентов без переключения закона УИО (логарифмический масштаб)

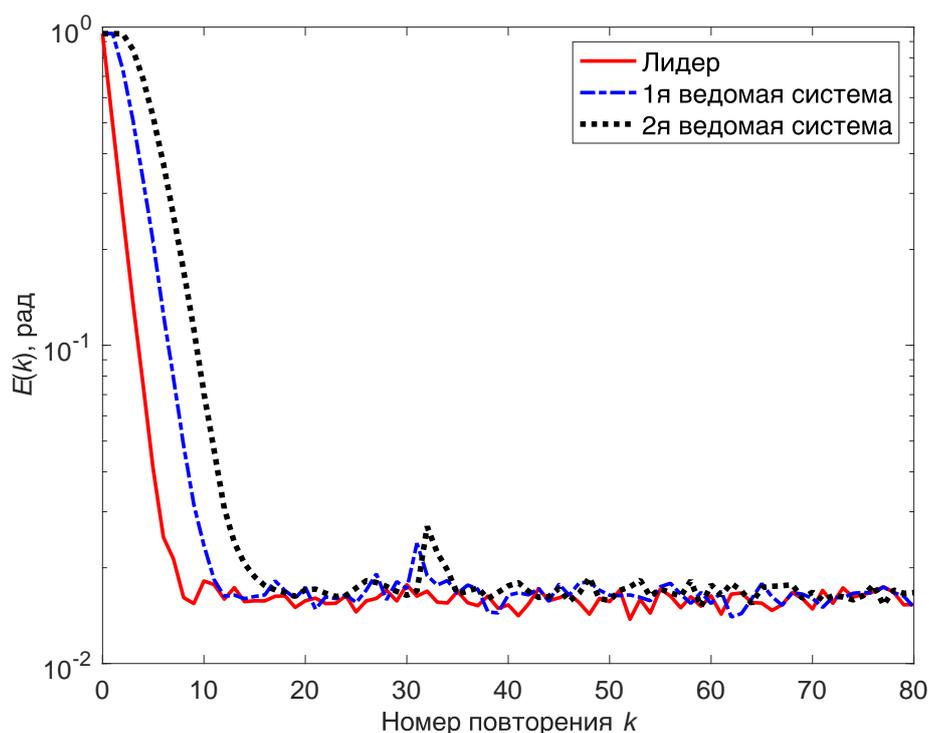


Рис. 2. Среднеквадратические ошибки агентов при переключении закона УИО (логарифмический масштаб)

Заключение. В данной работе получено решение задачи УИО сетевой системой при изменении эталонной траектории выходного сигнала во время работы системы. Предложенный алгоритм переключения управления позволяет значительно компенсировать переходную ошибку, однако рассмотренная постановка задачи накладывает некоторые ограничения на конфигурацию информационной сети. Полученное решение не допускает взаимного обмена информацией между агентами, поскольку в этом случае невозможно произвести переключение режимов. Также если агенты соединить последовательно, то задержка переключения последней ведомой системы будет зависеть от количества агентов в сети, и в некоторых случаях она может занять длительное время. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть сетевые системы более общей конфигурации.

Литература

1. Balta E.C., Tilbury D.M., Barton K. Switch-Based Iterative Learning Control for Tracking Iteration Varying References // IFAC PapersOnLine. – 2020. – Vol. 53. – P. 1493–1498. – 2020.12.1940.
2. Pakshin P., Emelianova J., Emelianov M. Iterative learning control of stochastic linear systems under switching of the reference trajectory and parameters // 2021 29th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED). – 2021. – P. 1311–1316. – DOI 10.1109/MED51440.2021.9480192.
3. Pakshin P., Emelianova J. Iterative learning control design for discrete-time stochastic switched systems. // Automation and Remote Control. – 2020. – Vol. 81. – №11. – P. 2011–2025.

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда №22-21-00612

НЕЙРОСЕТЕВОЙ СИНТЕЗ КОНТУРА СТАБИЛИЗАЦИИ УГЛА ТАНГАЖА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В.И. Костюк

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: wizardsteam@mail.ru
Научный руководитель: Т.Е. Эварт, к.ф.-м.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Рассматривается алгоритм обучения глубоких нейронных сетей на основе обучения с подкреплением. Решается задача синтеза контура стабилизации угла тангажа летательного аппарата в широком диапазоне заданных значений.

Ключевые слова: машинное обучение; синтез контура стабилизации; глубокие нейронные сети; глубокий детерминированный градиент стратегий.

Основными назначениями системы стабилизации летательного аппарата является обеспечение устойчивости и управляемости на всей траектории полета [1]. Общепринятой техникой синтеза является построение линейного адаптивного закона управления, однако в случае сильной нелинейности и неопределенности динамических характеристик летательного аппарата приведенный метод показывает недостаточную эффективность.

В настоящее время для решения подобных задач хорошо зарекомендовали себя методы машинного обучения и глубокие нейронные сети. Применение парадигм машинного обучения позволяет выявлять и анализировать сложные уникальные структуры с большим пространством состояний, а применение глубоких нейронных сетей аппроксимировать полученные результаты.

Рассмотрим обучение агента для синтеза контура стабилизации по углу тангажа на основе линейных уравнений продольного короткопериодического движения с помощью методов обучения с подкреплением.

Обучение с подкреплением – парадигма машинного обучения, в которой изучается последовательное принятие решений для достижения поставленной цели. При таком подходе обучаемый не получает информации о том, какие действия следует выполнять, вместо этого он узнает о последствиях своих действий. В основе обучения с подкреплением лежит идея об активном взаимодействии со средой методом проб и ошибок. Основная задача состоит в контроле и оптимизации взаимодействий агента, принимающего решения, и физического или виртуального мира – окружающей среды. Взаимодействие агента с окружающей средой в определенный момент времени t сводится к действиям a_t , имеющим некоторые последствия. В результате агент получает от среды обратную связь в форме нового состояния s_t и вознаграждения r_t (рис. 1).

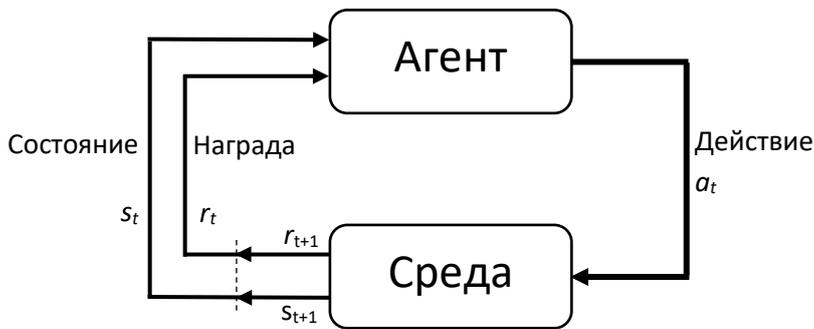


Рис. 1. Взаимодействие агента со средой

Постановка задачи с помощью методов обучения с подкреплением сводится к предположению, что среда представляет собой Марковский процесс принятия решений, который описывает способ последовательного принятия решений, когда выбранное действие влияет только на следующие состояния и результаты. Конечная цель – найти такую, которая позволяет достигать максимума суммарного вознаграждения [2].

Последовательность состояний и действий Марковского процесса принятия решений называется траекторией τ . Каждой траектории соответствует последовательность вознаграждений r_t , начисляемых за действия a_t .

Представим **классификацию алгоритмов обучения с подкреплением**. Для эффективного применения алгоритмов обучения с подкреплением следует четко определять класс задач, который тот или иной алгоритм способен решить. В первом приближении все алгоритмы можно разделить на модельные и безмодельные, в зависимости от априорной информации о среде.

Наиболее простыми являются модельные алгоритмы, поскольку позволяют сразу анализировать все возможные траектории с различными состояниями и производить выбор наиболее оптимальных. Однако в большинстве случаев описать модель окружения либо невозможно, либо очень сложно. Поэтому на практике наибольшее применение получили безмодельные алгоритмы.

Безмодельные алгоритмы не располагают априорной информацией об окружающей среде, представляя модель в виде «черного ящика», и производят обучение с совместным исследованием окружения. В основе процесса обучения лежит прогонка траекторий при заданной стратегии с последующей оценкой качества и улучшения агента. Для данного типа алгоритмов в простейшем варианте используется обучение, основанное на методе Монте-Карло.

Алгоритм глубокого детерминированного градиента стратегий (deep deterministic policy gradient) – первый детерминированный алгоритмом типа «исполнитель – критик», в котором глубокие нейронные сети используются для обучения как исполнителя, так и критика [3]. Он является безмодельным алгоритмом с разделенной стратегией и развивает идеи алгоритма детерминированного градиента стратегии с применением некоторых более осмотрительных решений для повышения устойчивости.

Разработка модели обучения заключается в следующем. Для применения алгоритмов обучения с подкреплением необходимо поставить задачу и цель

обучаемого агента. Задачей обученного агента является подбор передаточных чисел контура стабилизации. Целью агента является обеспечение устойчивости на конкретном режиме с требуемым качеством по переходному процессу по известному набору наблюдений.

Моделью окружения является замкнутый контур стабилизации в продольном канале. В качестве объекта управления используются следующие линеаризованные уравнения продольного короткопериодического движения летательного аппарата, представленные в форме пространств состояний:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \vartheta}{dt^2} + a_{11} \frac{d\vartheta}{dt} + a_{12} \alpha &= -a_{13} \delta_z \\ \frac{d\theta}{dt} - a_{42} \alpha &= a_{43} \delta_z \\ \frac{d\vartheta}{dt} &= \omega_z \\ \vartheta &= \theta + \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

где $a_{11} = -\frac{m_z^{\omega_z} qSL^2}{J_z V}$ – аэродинамическое демпфирование ЛА;

$a_{12} = -\frac{m_z^{\alpha} qSL^2}{J_z}$ – статическая устойчивость;

$a_{13} = -\frac{m_z^{\delta_z} qSL^2}{J_z}$ – эффективность рулевых органов управления;

$a_{42} = \frac{c_y^{\alpha} qS}{mV}$ – приращение угловой скорости к касательной траектории, вызванное отклонением угла атаки;

$a_{43} = \frac{c_y^{\delta_z} qS}{mV}$ – приращение угловой скорости к касательной траектории, вызванное отклонением руля высоты;

$m_z^{\omega_z}, m_z^{\alpha}, m_z^{\delta_z}$ – производная от коэффициента момента инерции m_z по угловой скорости, углу атаки α и углу отклонения руля высоты δ_z ;

$c_y^{\alpha}, c_y^{\delta_z}$ – производная от коэффициента подъемной силы c_y по углу атаки α и углу отклонения руля высоты δ_z ;

$\vartheta, \theta, \alpha$ – углы тангажа, наклона траектории и атаки;

δ_z – отклонение руля высоты;

V – скорость объекта;

g – ускорение свободного падения.

Систему уравнений (1) удобно представлять в форме пространств состояний. Тогда (1) примет вид:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

где $x = [\alpha \quad \omega_z \quad \vartheta]^T$; $y = [\alpha \quad \omega_z \quad \vartheta]^T$ $u = \delta_z$

$$A = \begin{bmatrix} -a_{42} & 1 & 0 \\ -a_{12} & -a_{11} & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} -a_{43} \\ -a_{13} \\ 0 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Модель привода описывается следующей передаточной функцией:

$$\frac{\delta_z}{\delta_z^{zad}} = \frac{1}{0.01s + 1}$$

где δ_z^{zad} – сигнал, подаваемый на привод.

Закон формирования управляющего сигнала в контуре по углу тангажа представлен в следующей форме:

$$\delta_z^{zad} = k_n \Delta \vartheta + k_{wz} \omega_z + k_a \alpha$$

Полная модель окружения представлена на рисунке 2.

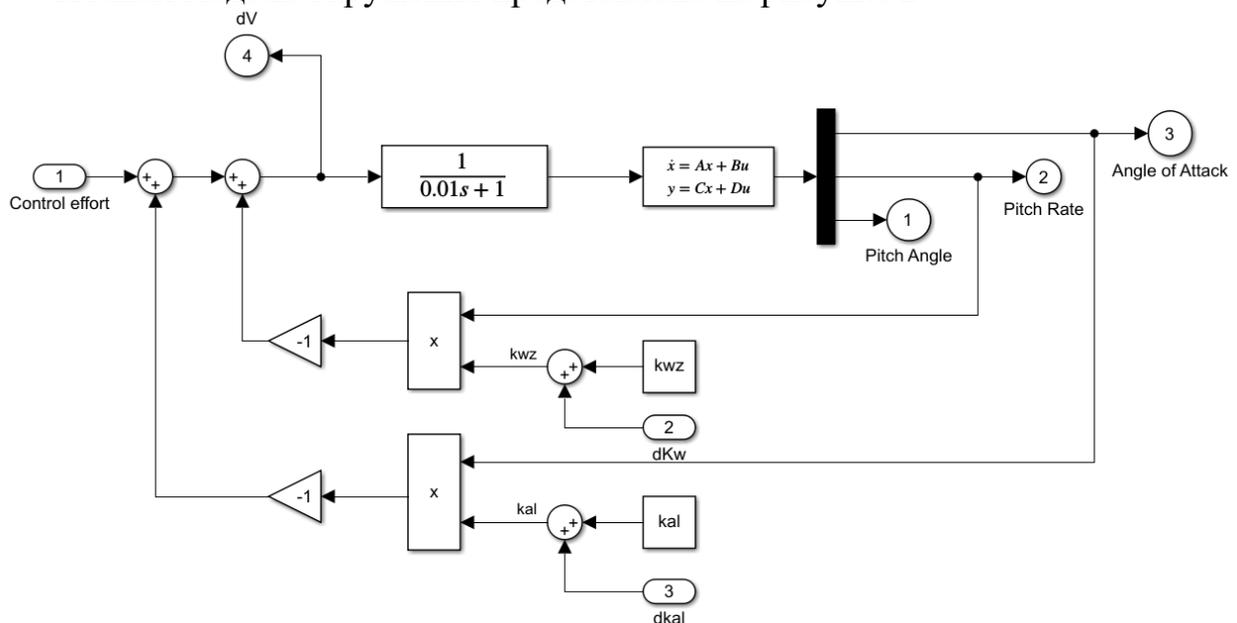


Рис. 2. Структурная схема замкнутого контура стабилизации по углу тангажа

Рассматриваемая модель окружения является детерминированной, все известные состояния системы определены, будем представлять ее в виде «черного ящика». Также предположим, что наблюдения модели могут быть только углы тангажа, атаки и траектории, их производные, рассогласование заданного и отработанного сигнала угла тангажа и заданный сигнал тангажа.

Определим агента и алгоритм обучения. Разработку и обучения агента производим с помощью средств программного комплекса MATLAB: «Deep Network Designer» и «Reinforcement Learning Designer».

Разрабатываемый агент состоит из «исполнителя» и «критика». Каждый из них представлен глубокой нейронной сетью, которая состоит из двух

полносвязных слоев с размером скрытого слоя в 150 нейронов. За полносвязными слоями следует слой нелинейной функции активации – гиперболический тангенс. На рисунке 3 показаны архитектуры исполнителя и критика [4].

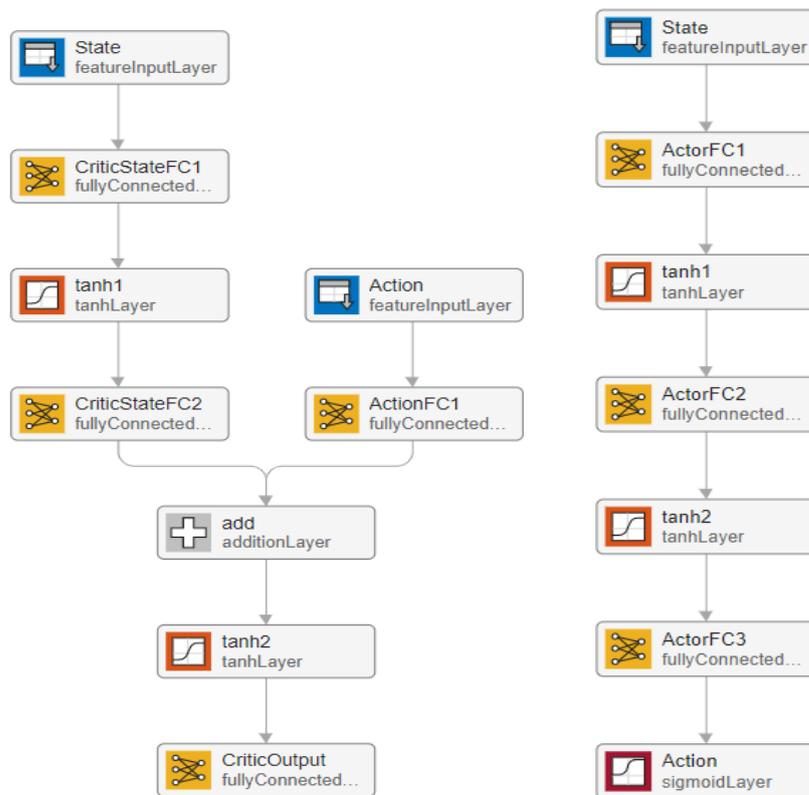


Рис. 3. Архитектура «исполнителя» и «критика» (справа налево)

Для обучения агента в данном окружении используем рассмотренный ранее алгоритм глубокого детерминированного градиента стратегии.

На выбор оптимальной траектории сильное влияние оказывает построение **эффективной функции вознаграждения**.

В качестве наблюдений обучения будем рассматривать рассогласование заданного эталонного и отработанного сигнала, заданный сигнал угла тангажа, текущий угол атаки и угловую скорость. Описанная модель наблюдений представлена блоком «generate observation» на рисунке 4.

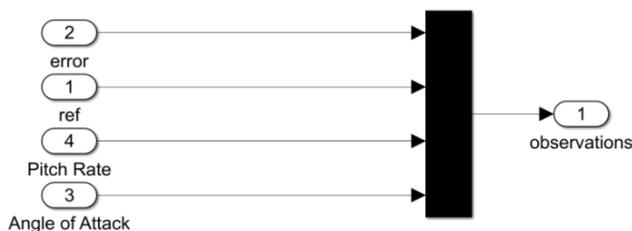


Рис. 4. Наблюдения, получаемые агентом из среды

Под заданным эталонным сигналом будем понимать заданный сигнал, проходящий через эталонное звено, описывающее желаемый переходной процесс. Модель эталонного звена представлена ниже [5].

$$W_9 = \frac{1}{0.16s^2 + 2 \cdot 0.4s + 1}$$

Для синтеза контура стабилизации на этапе подбора передаточных чисел достаточным для обеспечения устойчивости с малостью затраченных управлений будет являться линейно – квадратичный критерий, в сочетании с экспонентой в следующей форме:

$$r_t = \left[e^{w_1 (\Delta\vartheta)^2} + e^{w_2 (\delta_z^{\text{зад}})^2} \right] - 2 - w_3 \cdot EB,$$

где w_1, w_2, w_3 – весовые коэффициенты;

EB – параметр, показывающий что значение угла тангажа превысило максимально допустимое значение, в таком случае агент получает огромную отрицательную награду.

Рассмотренный критерий возможно расширить, введя нормирование параметров, что позволяет учитывать предельное отклонение угловых величин объекта и исполнительного устройства. В результате увеличивается скорость сходимости и устойчивость обучения [3]:

$$r_t = \left[e^{w_1 \left(\frac{\Delta\vartheta}{g_{\text{max}}} \right)^2} + e^{w_2 \left(\frac{\delta_z^{\text{зад}}}{\delta_{z \text{ max}}^{\text{зад}}} \right)^2} \right] - 2 - w_3 \cdot EB,$$

где $\delta_{z \text{ max}}^{\text{зад}}$ – максимальное значение управляющего сигнала, подаваемого на привод;

$\Delta\vartheta_{\text{max}}$ максимальное значение отклонения, заданного эталонного от измеряемого угла тангажа.

Достижение схожего качества переходного процесса возможно при подборе различных комбинаций передаточных чисел. Агент в процессе поиска способен завышать (занижать) какой-либо из коэффициентов усиления, что в результате приводит к изменению всех остальных передаточных чисел.

Окончанием обучения будем считать превышение определенного уровня средней наградой, рассчитанной за последние 20 шагов.

Таким образом, разработка модели обучения для синтеза контура стабилизации на этапе поиска передаточных чисел завершена. Структурная схема построенной модели обучения представлена на рисунке 5.

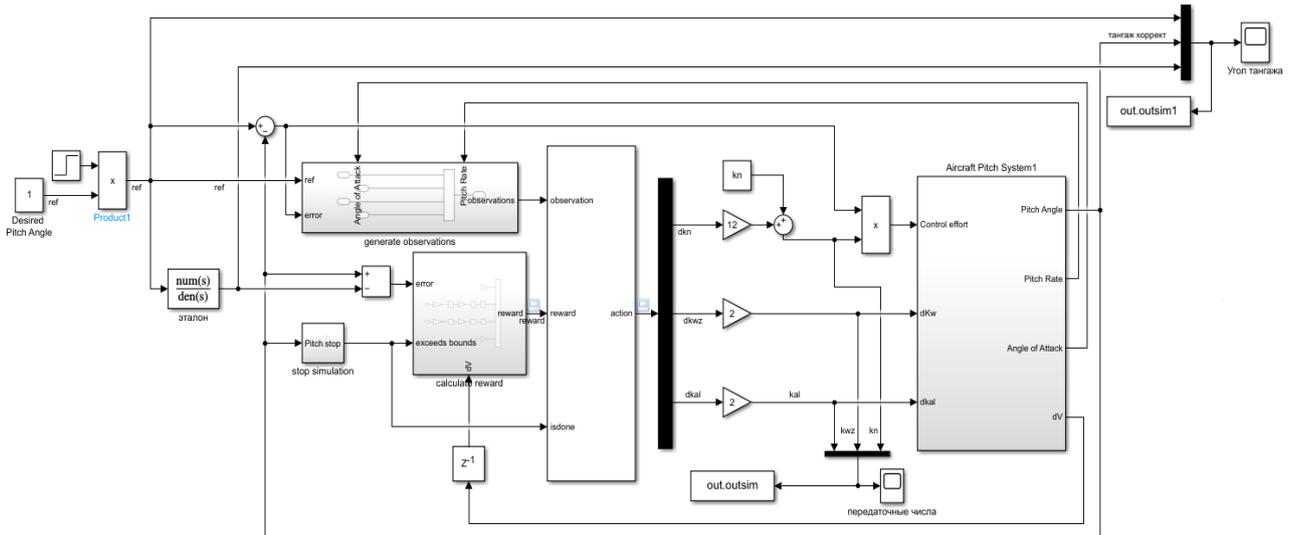


Рис. 5. Структурная схема разработанной модели ОП

Выполним **численное моделирование и анализ полученных результатов**, а также проведем обучение разработанной модели и оценим качество получаемых переходных процессов. На рисунке 6 показаны и график обучения агента. На рисунках 7–8 представлены график переходного процесса и соответствующие ему передаточные числа, которые подбирала обученная нейронная сеть.

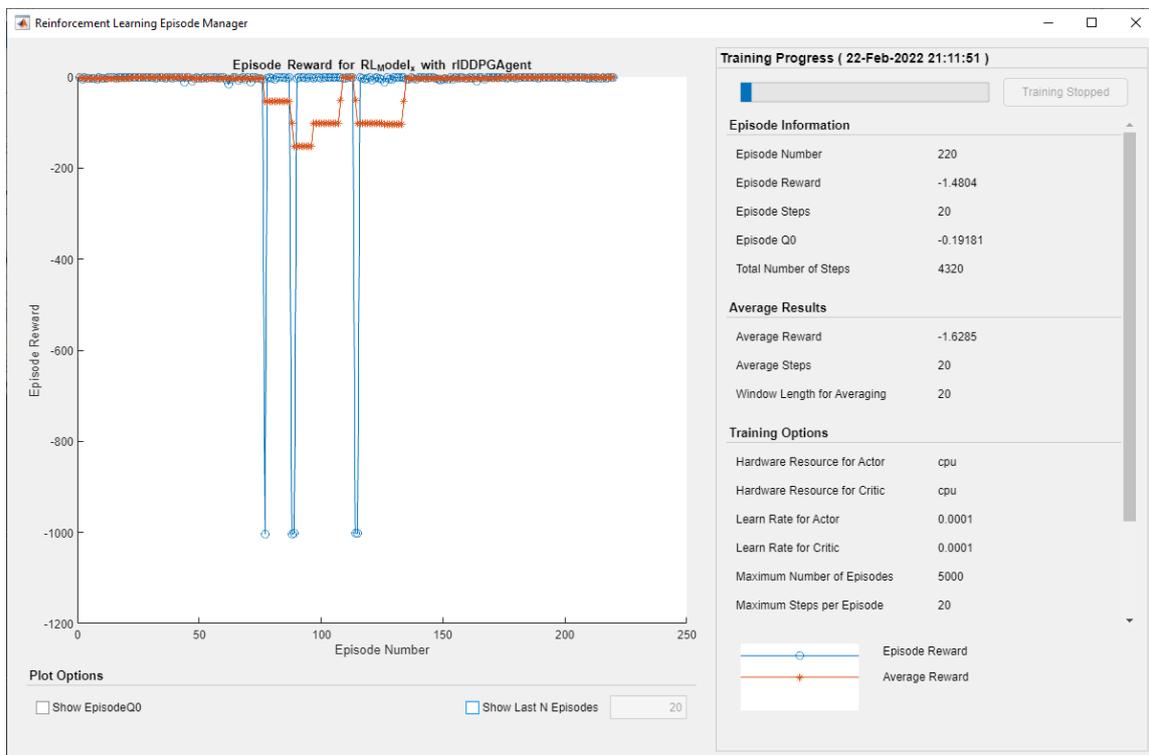


Рис. 6. График обучения глубокой нейронной сети

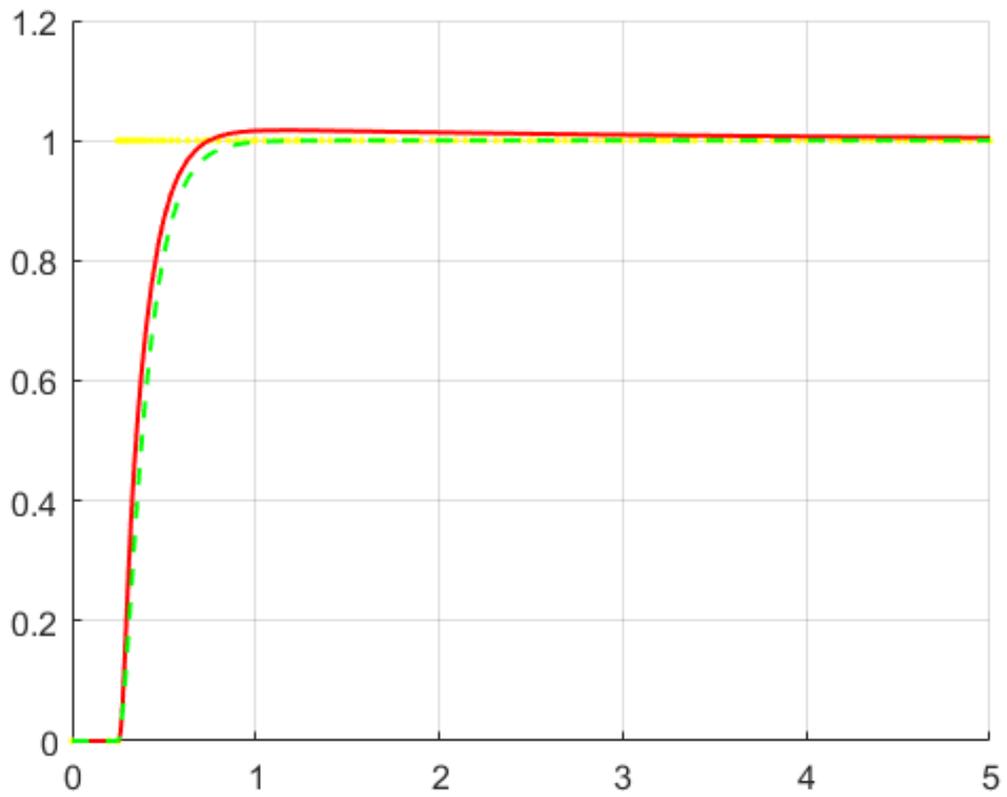


Рис. 7. Получившийся переходной процесс

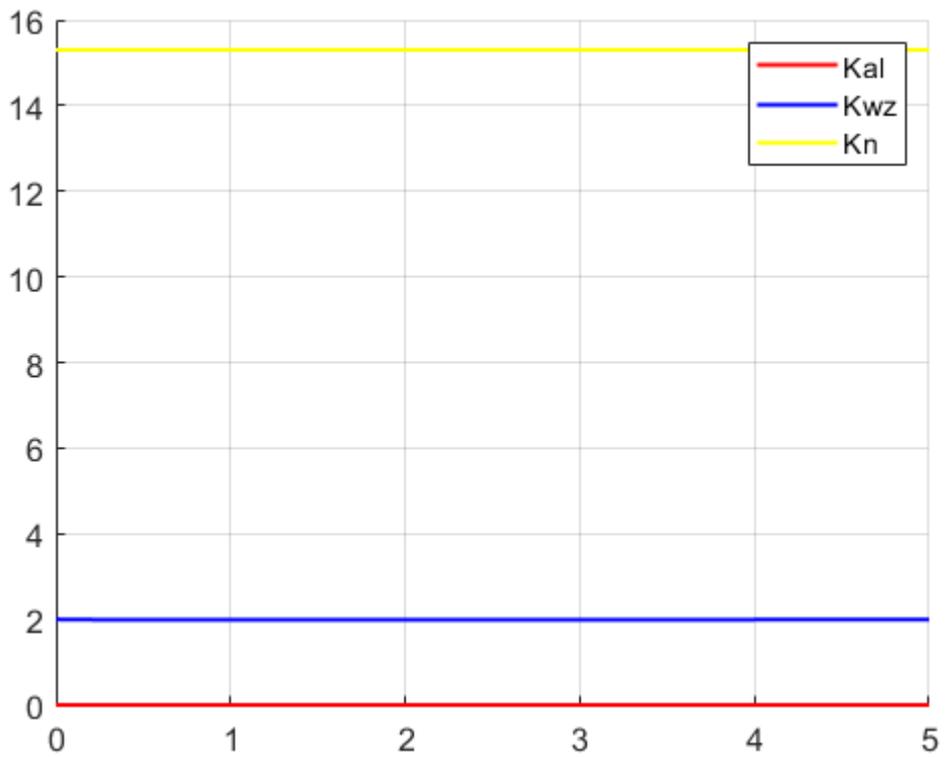


Рис. 8. Подобранные передаточные числа

Заключение

На основе рассмотренных принципов и элементов обучения с подкреплением была выбрана архитектура «исполнитель – критик» для глубокой нейронной сети, в качестве метода обучения выбран алгоритм глубокого детерминированного градиента стратегий. Разработана модель обучения для контура стабилизации по углу тангажа продольного короткопериодического движения летательного аппарата. После проведения численного моделирования в пакете MATLAB была получена обученная нейронная сеть, способная производить подбор передаточных чисел в контуре стабилизации по углу тангажа, обеспечивающая необходимое качество переходного процесса.

Литература

1. Топчеев Ю.И., Потемкин В.Г., Иваненко В.Г. Системы стабилизации / редкол. Б.А. Рябов, А.С. Шаталов, В.А. Боднер, Ю.И. Топчеев. – М.: Машиностроение, 1974. – 248 с.
2. Andrea Lonza. Reinforcement Learning Algorithms with Python. Learn, understand, and develop smart algorithms for addressing AI challenges / Алгоритмы обучения с подкреплением на Python / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 286 с.
3. Саттон Р. С., Барто Э. Дж. Обучение с подкреплением. 2020.
4. Adyasha Mohanty, Emma Schneider. Tuning of an Aircraft Pitch PID Controller with Reinforcement Learning and Deep Neural Net.
5. Hyo-Sang Shin, Shaoming He and Antonios Tsourdos. A Domain-Knowledge-Aided Deep Reinforcement Learning Approach for Flight Control Design, 2020.

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОТЛАДОЧНО-ПЕЧАТНОГО УЗЛА НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МИКРОКОНТРОЛЛЕРА K1986BE92Q1

И.А. Кузнецов¹, Е.И. Лазарева²

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Арзамасский политехнический институт (филиал)

^{1,2}магистранты; e-mail: kuznetsov.il.1998@gmail.com

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

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

В статье рассмотрена актуальность и функциональная схема отладочно-печатного узла на базе отечественного микроконтроллера K1986BE92Q1.

Ключевые слова: функциональная схема; отладочно-печатный узел; микроконтроллер; K1986BE92Q1.

В настоящее время микроконтроллеры применяются во всех областях жизнедеятельности человека, и сфера их использования постоянно расширяется. Основные области их применения:

- робототехника;
- авиационная промышленность;
- железнодорожный транспорт;
- автомобили;
- промышленное оборудование;
- светофоры;
- компьютерная техника; средства связи;
- медицинское оборудование;
- бытовая техника и др.

Всё чаще на российских предприятиях используют отечественные микроконтроллеры. Отсюда следует актуальность разработки ОПУ на отечественном микроконтроллере K1986BE92Q1.

Микроконтроллер – это специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными приборами и устройствами. Современные микроконтроллеры включают в себя множество периферийных устройств:

- универсальные цифровые порты;
- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;
- различные интерфейсы ввода-вывода: такие как UART, I²C, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet;
- широтно-импульсные модуляторы (ШИМ-контроллер);
- таймеры;
- массивы встроенной флеш-памяти;
- встроенные тактовый генератор и сторожевой таймер [1].

В настоящее время существует более 200 разновидностей микроконтроллеров. Широкое распространение у разработчиков получили следующие микроконтроллеры:

- 8-битные микроконтроллеры Pic компании Microchip Technology и AVR от Atmel;

- 16-битовые MSP 430 фирмы TI;

- 32-битные ARM от одноименной компании.

Наиболее востребованными и обладающими большим потенциалом являются 32-битные микроконтроллеры архитектуры ARM. Эти процессоры потребляют мало энергии и обладают хорошей производительностью, поэтому находят широкое применение в производстве мобильных телефонов, игровых консолей, маршрутизаторов и т.д.

Для изучения новых микроконтроллеров, а также для отладки уже имеющихся программ можно использовать несколько методов:

1. Использовать программы симуляторов.

2. Собирать прототип на макетной плате.

3. Использовать отладочно-печатный узел (ОПУ).

Однако первые два метода имеют существенные недостатки:

1. Работа в симуляторе часто отличается от работы в реальности.

2. Отсутствие некоторых микроконтроллеров и других логических элементов в программах симуляторов.

3. При сборке на макетной плате можно совершить ошибку и повредить микроконтроллер или совершить ошибку при подключении, что приведет к ложным ошибкам в написанной программе.

4. Дополнительные траты на программатор/интерфейс связи с компьютером.

Таким образом, применение ОПУ является лучшим методом для изучения и отладки микроконтроллеров.

ОПУ – это специально собранное устройство, которое использует максимальное количество узлов микроконтроллера для тестирования.

При помощи ОПУ функционирование микроконтроллера можно проверить на эталонной демопрограмме, а встроенные системы отладки позволяют загружать новую программу в микроконтроллер одним действием.

Таким образом, применение ОПУ является лучшим методом для изучения и отладки микроконтроллеров.

Также ОПУ служит удобным средством для быстрого прототипирования и изучения узлов, проверки идей и методов. Можно собрать устройство (узел) на ОПУ, проверить, что проект работает корректно, при необходимости внести изменения, а уже отлаженную программу использовать в реальном проекте.

Широкое применение ОПУ нашли в следующих областях:

1. Учебные заведения (высшие учебные заведения, школы, уроки дополнительного образования «Робототехника»). Применяются для ознакомления студентов и учеников с принципом работы микроконтроллеров и для изучения языков их программирования.

2. Отделы и лаборатории разработки цифровой техники. Основное применение – это отладка программ для разрабатываемых проектов.

В настоящее время на рынке представлено большое количество моделей ОПУ нескольких фирм-производителей.

В таблице 1 приведены краткие характеристики ОПУ, предлагаемых на рынке.

Таблица 1

Краткие характеристики ОПУ			
Название	МИЛАНДР K1986BE92QI	LDM-START- K1986BE92QI	STM32L100C- DISCO
Микроконтроллер	K1986BE92QI	K1986BE92QI	STM32F103C8T6
Питание, В	5	5	5
Количество задействованных выводов	43	43	37
Связь UART-USB	Нет	Есть	Есть
Возможность программирования без программатора	-	+	+
Индикатор питания	+	+	+
Количество доступных для программирования светодиодов	4	1	1
Количество доступных для программирования кнопок	7	3	1
Цена, руб.	8000	2600	3400

Как видно из приведенных данных, нижняя граница ценового диапазона лежит в пределах 2600 рублей, при этом технические параметры ОПУ различных фирм фактически сопоставимы.

Следует признать, что даже самые дешевые модели выполняют все функции ОПУ и обладают хорошими характеристиками.

Наиболее распространёнными отечественными микроконтроллерами являются микроконтроллеры от фирмы «Миландр» [2].

На практике ОПУ применяются достаточно часто, а иногда необходимо использовать сразу несколько ОПУ, поэтому возникает потребность в ОПУ с малыми габаритами без лишних периферийных устройств (индикаторы, экраны, наличие большого количества кнопок, потенциометров энкодеров и др.). Также отказ от дополнительной периферии сказывается на ценовом показателе, что также немаловажно.

Основным элементом любого отладочного-печатного узла является микросхема, с которой планируется работать. В данном случае основным элементом ОПУ является микроконтроллер.

Питание микроконтроллера осуществляется от 3,3 вольт. Любые отклонения от данного напряжения негативно сказываются на микроконтроллере: так, при отклонении в большую сторону возможна полная утрата работоспособности, а при падении в меньшую сторону – нестабильная работа с частыми сбоями и перезагрузкой.

Для решения проблемы питания микроконтроллера необходимо использовать линейный стабилизатор с малым падением напряжения на выходе 3,3 вольт.

На вход стабилизатора будет подаваться напряжение 5 вольт от разъема USB TYPE-C или от внешнего источника питания. Для возможности удобного включения/выключения ОПУ между источником питания 5 вольт и линейным стабилизатором 3,3 вольт необходимо предусмотреть тумблер. После линейного стабилизатора необходимо установить индикатор напряжения, для оповещения пользователя о наличии или отсутствии напряжения питания. Для защиты источников питания необходимо установить защитные диоды между источником питания и тумблером включения/выключения.

Также важной особенностью любого ОПУ является возможность быстрого подключения периферийных устройств. Для достижения этого на плате присутствуют разъемы питания для подключения внешних устройств разного номинала напряжения: 3,3 и 5 вольт, а все порты ввода/вывода выводятся на внешний разъем.

Для стабильной работы микроконтроллера с высокой производительностью необходим качественный источник тактового сигнала. Исходя из этого, необходимо установить внешний кварцевый резонатор, который обладает высокой точностью и стабильностью.

Микроконтроллер имеет несколько режимов работы. Выбор способа режима работы определяется состоянием на выводах MODE [0:2]. Описание режимов работы от состояния MODE приведено в таблице 2.

Таблица 2

Режимы первоначального запуска микроконтроллера

MODE[2:0]	Режим	Описание
000	Микроконтроллер в режиме отладки	Процессор начинает выполнять программу из внутренней Flash-памяти программ. При этом установлен отладочный интерфейс JTAG_B
001	Микроконтроллер в режиме отладки	Процессор начинает выполнять программу из внутренней Flash-памяти программ. При этом установлен отладочный интерфейс JTAG_A
010-011	Микроконтроллер в режиме отладки	Процессор конфигурирует внешнюю системную шину в режим работы ROM с Wait_States = 0xF и начинает выполнять программу из внешней памяти, установленной на внешней системной шине. При этом разрешается работа отладочного интерфейса JTAG_B
100	Зарезервировано	-
101	UART загрузчик без отладки	Микроконтроллер через интерфейс UART2 на выводах PD[1:0] получает код программы в ОЗУ для исполнения. При этом отладочный интерфейс JTAG/SW заблокирован
110	UART загрузчик без отладки	Микроконтроллер через интерфейс UART2 на выводах PF[1:0] получает код программы в ОЗУ для исполнения. При этом отладочный интерфейс JTAG/SW заблокирован
111	Зарезервировано	-

Для быстрого выбора режима работы микроконтроллера необходимо установить переключатель состояний выводов MODE.

Для простого подключения SW-программатора необходимо предусмотреть специальный разъем для подключения.

Для возможности записи программы без использования программатора и сторонних преобразователей необходимо оснастить ОПУ USB-UART преобразователем и современным разъемом USB TYPE-C, при помощи которого он будет соединяться с компьютером. Также еще одну важную функцию, которую выполняет USB-UART преобразователь, – обмен данными по RS-232 с компьютером.

Для быстрой работы с ОПУ ее необходимо оснастить пользовательскими светодиодами и кнопками, также необходимо реализовать возможность их отключения, когда они не задействованы.

На основании вышеприведенных данных получаем функциональную схему, изображенную на рисунке 1.

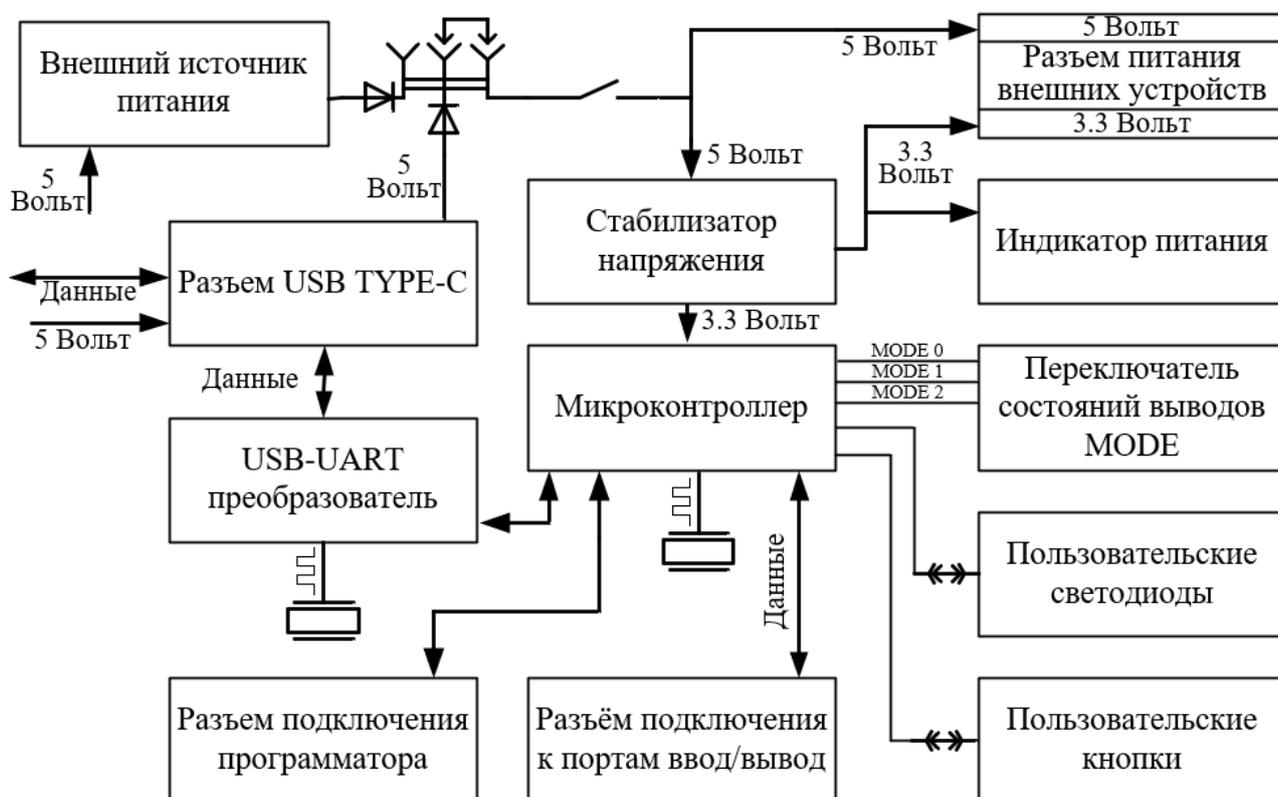


Рис. 1. Функциональная схема отладочного печатного узла

Литература

1. Электрические и электронные аппараты: учебник и практикум для академического бакалавриата / под ред. П.А. Курбатова. – М.: Юрайт, 2016. – 440 с
2. Евдокимов А.П., Владимиров Л.Л. Программирование микроконтроллера K1986VE92Q1 компании «МИЛАНДР». – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. – 76 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПО ПОВЫШЕНИЮ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В УСЛОВИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

К.В. Липшева

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
магистрант; e-mail: Liphseva98@mail.ru
Научный руководитель: О.Е. Андреев, к.ист.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В данной статье изучается вопрос об особенностях повышения квалификации педагогических работников в условиях пандемии, а также действия национальных ограничительных мер в общественной жизни.

Автор приходит к выводу о необходимости развития цифровых технологий и возможностей дистанционного образования в системе квалификационной подготовки работников образовательной сферы.

Ключевые слова: повышение квалификации; ФГОС; Федеральный закон об образовании; цифровое обучение; дистанционное обучение.

Для полноценного функционирования общества и государства необходимы высококвалифицированные кадры, способные качественно выполнять свою работу. Но с каждым днем мы узнаем всё больше и больше, и поэтому требуется всегда быть в курсе основных событий. Это касается как обычной жизни, так и профессиональной деятельности. Для этого существуют различные курсы: курсы профессиональной переподготовки, курсы повышения квалификации и т.д. Последнее мы разберем более подробно.

Повышение квалификации – это один из видов профессионального обучения персонала. Целью данного вида обучения является повышение уровня теоретических знаний, совершенствование практических умений и навыков, повышающихся в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов. Другими словами, повышение квалификации направлено на приобретение профессиональных знаний, умений и навыков, обеспечивающих рост мастерства работника по его профилю.

Существует несколько аспектов, указывающих на необходимость повышения квалификации:

1. Требования ФГОС и профессиональных стандартов.
2. Актуальность знаний и интерес со стороны учащихся.
3. Современные проблемы, оказывающие влияние на необходимость получения новых знаний.

Деятельность педагога регламентируется большим количеством методических и нормативных документов, в том числе Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) и профессиональными стандартами. Педагог, который повышает свою квалификацию на регулярной основе, знает о всех новшествах в сфере образования, может использовать в своей работе новые формы, технологии и методы обучения. Такие трудовые кадры пользуются большим спросом на рынке труда, особенно в условиях постоянных образовательных реформ.

Квалификация педагога позволяет оценивать его с двух сторон. С одной стороны, квалификация рассматривается как потенциальная возможность педагога выполнять сложную педагогическую деятельность. С другой стороны – это уровень интеллектуального развития педагогического работника.

Программы повышения квалификации помогают педагогу всегда быть в курсе изменений, которые происходят в сфере его деятельности; быть теоретически подготовленным и интересным для своих учеников. В том случае если педагог желает выполнять свою работу на должном уровне, он должен проявлять желание и на обновление и усовершенствование своих знаний и навыков.

Процесс профессионального развития педагога многоаспектен. Уровень профессионального мастерства можно повысить, участвуя в семинарах, круглых столах, стажировках и т.д. Но единственная возможность документально засвидетельствовать полученные знания и навыки – это прохождение курсов профессиональной подготовки в образовательных организациях, где по результатам обучения выдается соответствующее удостоверение.

Согласно Федеральному закону об образовании №273-ФЗ, повышение квалификации педагогических работников проводится минимум раз в три года. Обучение проходит в учебных заведениях, которые имеют соответствующие лицензии и аккредитации на ведение деятельности подобного рода. В том случае если образовательное учреждение само направляет педагога на курсы, обучение оплачивается из бюджета школы. Однако педагогический работник вправе выбрать курсы согласно его интересам и проходить их за свой счет.

Программа повышения квалификации направлена на совершенствование и (или) получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности, и (или) повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации. Программы могут быть разные, в том числе и краткосрочные, но объемом не менее 16 академических часов.

Пандемия COVID-19 внесла существенные изменения в нашу жизнь. Вместе с ней пришел ряд трудностей и ограничений, с которыми пришлось столкнуться каждому члену нашего общества.

Большая часть педагогического состава привыкла работать в очном режиме, используя привычные методы работы. В настоящее время возникла потребность у педагогов в повышении квалификации, приобретении знаний, умений и навыков для организации учебного процесса в цифровом формате. Педагогам стали доступны курсы по организации дистанционного обучения от 72 до 300 академических часов.

Самым популярным образовательным порталом для этих целей стал «Единый урок. РФ». Данный сайт предлагает различные курсы по повышению квалификации или по профессиональной переподготовке педагогов. Материал курсов представлен в формате, доступном для самостоятельного изучения. Для измерения уровня знаний используется метод тестовых заданий. В дополнение на данном ресурсе располагаются школьные методички по предметам, профилактические программы и пособия, а также программы по подготовке к ЕГЭ и многое другое.

В сфере организации курсов повышения квалификации для педагогических работников «Единый урок. РФ» представляет собой ресурс, который охватывает несколько десятков предметных областей, а также предоставляет возможности по развитию образовательной работы в учебных учреждениях, расширению правовых и информационно-коммуникационных компетенций педагогов. Различная (по объему) продолжительность прохождения курсов позволяет педагогическим работникам вариативно подойти к процессу участия в образовательных программах. Удобная в использовании цифровая платформа обеспечивает высокую эффективность осуществления мероприятий по кадровой подготовке специалистов образовательных учреждений.

«Единый урок. РФ» не единственная платформа данного формата. Кроме неё не менее популярны «Инфоурок» и «Мультиурок». «Мультиурок» известен также под названием «Видеоурок». Эти образовательные порталы ориентируются на взаимодействие не только с педагогами, но и с учениками. Оба ресурса занимаются созданием познавательного видеоконтента и размещением его на платформе «Youtube».

Дистанционное обучение очень удобно. Во-первых, можно проходить курсы в любое удобное для себя время. Во-вторых, не нужно никуда ехать, можно учиться из дома при помощи компьютера. В-третьих, так соблюдаются требования по социальному дистанцированию. Но также есть и минусы данного обучения: никто не может гарантировать, что курсы проходит именно тот человек, который на них записан; низкий уровень усвоения получаемых знаний.

Профессия педагога требует постоянного совершенствования и регулярного обновления знаний, применения в работе современных и наиболее результативных технологий и обучающих методов. Все это возможно лишь при непрерывном обучении, повышении квалификации. Поэтому для предоставления качественных образовательных услуг педагогу необходимо проходить обучающие курсы с целью повышения его компетенций и профессиональной пригодности. Повышая свой профессиональный уровень, педагог обязан помнить: обучение – это процесс, который продолжается всю жизнь.

Внедрение цифровых технологий, рациональное использование возможностей дистанционного обучения позволит с высокой степенью эффективности обеспечить непрерывный процесс кадровой подготовки работников образования. Использование различных цифровых платформ в сфере кадровой политики государства является уникальным современным инструментом. В данной деятельности существенно возрастает индивидуальный профессиональный уровень самостоятельной подготовки педагогов.

Литература

1. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон РФ от 29.12.2012 № 273-ФЗ // Справ.-правовая система «КонсультантПлюс».
2. Полонский В. М. Словарь по образованию и педагогике. – М.: Высшая школа, 2004. – 512 с.

РЕАЛИЗАЦИЯ БЕСКОНТАКТНОГО СПОСОБА ПРОТЕЧКИ

Т.В. Макарецва

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: kitres@apingu.edu.ru
Научный руководитель: В.А. Шаров, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье произведено описание структурной схемы бесконтактного датчика протечки с возможностью автономной работы и вариантом подключения к системе автоматического управления «Умный дом». В статье на основании структурной схемы составлена электрическая схема.

Ключевые слова: датчик протечки; сенсор; инструментальный усилитель; система автоматического управления.

На сегодняшний день эффективное развитие науки заключается в том, чтобы интегрировать результаты научной деятельности в промышленное производство. Благодаря применению систем автоматического управления, построенных на датчиках первичной информации, значительно возрастает качество и производительность труда. Это приводит к возможности решения ранее нереализуемых задач. Такая связь промышленности и техники существенно ускоряет научно-технический прогресс.

С учетом вышесказанного основная цель прикладной науки – это создание новых физических принципов, например, для построения датчиков первичной информации, т.к. основным сдерживающим фактором при проектировании систем автоматического управления является отсутствие нужных датчиков.

Наиболее перспективными в настоящий момент являются беспроводные или бесконтактные датчики. Анализ рынка показывает большое количество инерциальных датчиков и практически полное отсутствие специализированных, одним из которых является датчик утечки.

В процессе его разработки, при формировании структуры, необходимо наиболее полно учесть все предъявляемые требования. На рисунке 1 показана роль разрабатываемого бесконтактного датчика протечки в составе системы. Его предполагается использовать в системе «Умный дом», он должен передавать информацию о наличии жидкости в зоне чувствительности в систему автоматического управления. При этом должно происходить дублирование сигнала в виде звукового оповещения. Датчик выполняет две основные функции: автономное изделие и составная часть системы «Умный дом».

На рисунке 1а описан вариант с самостоятельной работой изделия. В таком случае полностью отсутствуют какие-либо связанные с ним системы. Датчик выступает роль законченного изделия

Рисунок 1б демонстрирует работу разрабатываемого датчика как составной части системы «Умный дом». При таком использовании датчик выступает в качестве чувствительного сенсора, который при достижении погорелого значения уровня жидкости, используя беспроводной канал связи, отправляет пакеты

данных в головную систему, сигнализируя об отказе. Функция звукового оповещения является вторичной.

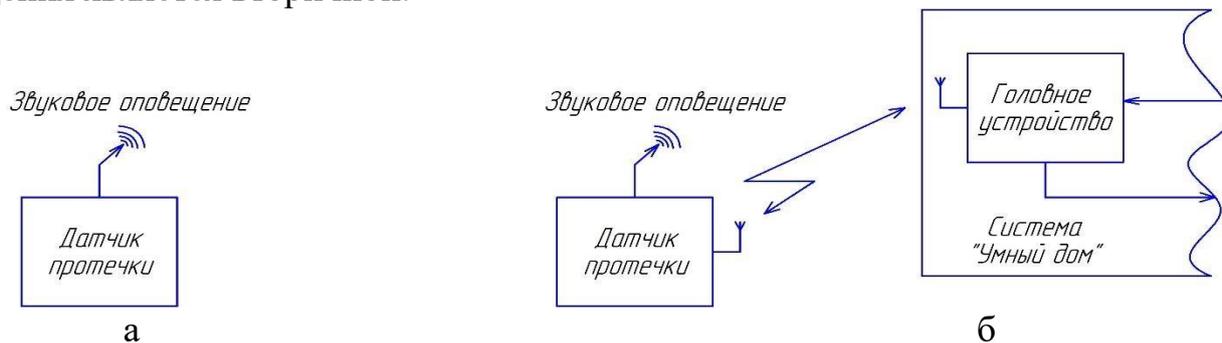


Рис. 1. Функциональные назначения датчика протечки

В формировании узла, отвечающего за воспроизведение звука, используется система, которая реализует следующие функции:

- использование GPRS-каналов связи для отправки оповещения определенной группе пользователей;
- формирование команды для центрального вычисленного устройства с последующим отключением водоснабжения.

Литературный обзор и патентный поиск показывают наличие на отечественном рынке законченных систем по сигнализации протечки. Самой распространённой системой является «Аквасторож». Основным ее недостатком является отсутствие в наборе функций возможности использовать телефонную сеть для оперативного информирования и оповещения о нештатной ситуации.

С учетом описанных недостатков существующих систем и на основании сформированных требований структурная схема бесконтактного датчика протечки имеет вид, показанный на рисунке 2.

Анализ литературных источников [1; 2] позволил при разработке учесть методологию создания измерительных модулей на основе электронных средств.

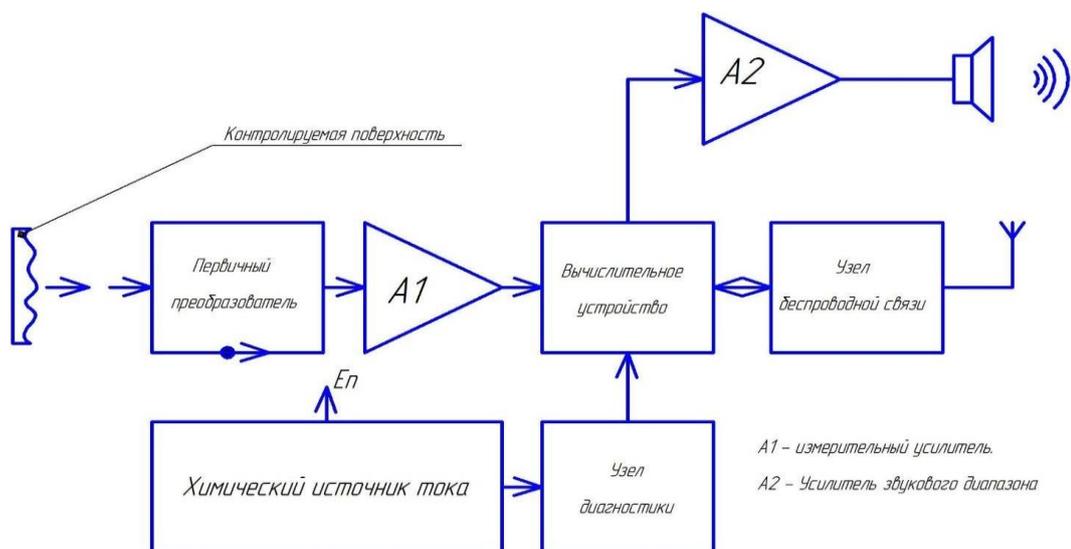


Рис. 2. Структура бесконтактного датчика протечки

Чувствительным элементом проектируемого датчика, который детектирует наличие жидкости на рабочей поверхности, является сенсор. По техническим требованиям, которые предъявляются к аналоговой аппаратуре, рабочая площадь сенсора должна быть не менее 15 мм². Аналоговый сигнал с сенсора поступает на инструментальный усилитель, после чего сигнал подаётся на вычислительное устройство. Инструментальный вычислитель выполняет очень важную роль – усиление малого сигнала с первичного преобразователя. Основное требование к данному усилителю – минимальный дрейф нулевого сигнала.

На вычислительном устройстве осуществляется реализация математического алгоритма. Она заключается в обработке аналогового сигнала с инструментального усилителя и в определении уровня влажности. Как только величина аналогового сигнала превышает определенный уровень, вычислительное устройство формирует команду на узел беспроводной связи и динамик.

Посредством узла беспроводной связи формируется команда «Осторожно вода» и на центральное устройство системы «умный дом» поступает соответствующий сигнал, с целью привлечения большего внимания за счет большего звукового давления, которое формируется посредством усилителя А2 низких частот.

Для обеспечения правильной работы используется диагностический узел, основная задача которого – мониторинг аккумуляторной батареи. При низком заряде батареи вычислительное устройство переводит датчик в режим экономии энергии. Это позволяет на низком заряде продолжить работу. При этом звуковое оповещение отключено, сформирован сигнал «малый заряд батареи», но по беспроводному каналу на минимальной мощности происходит передача информации в головное вычислительное устройство.

На основе описанной структурной схемы разработана электрическая схема (рис. 3).

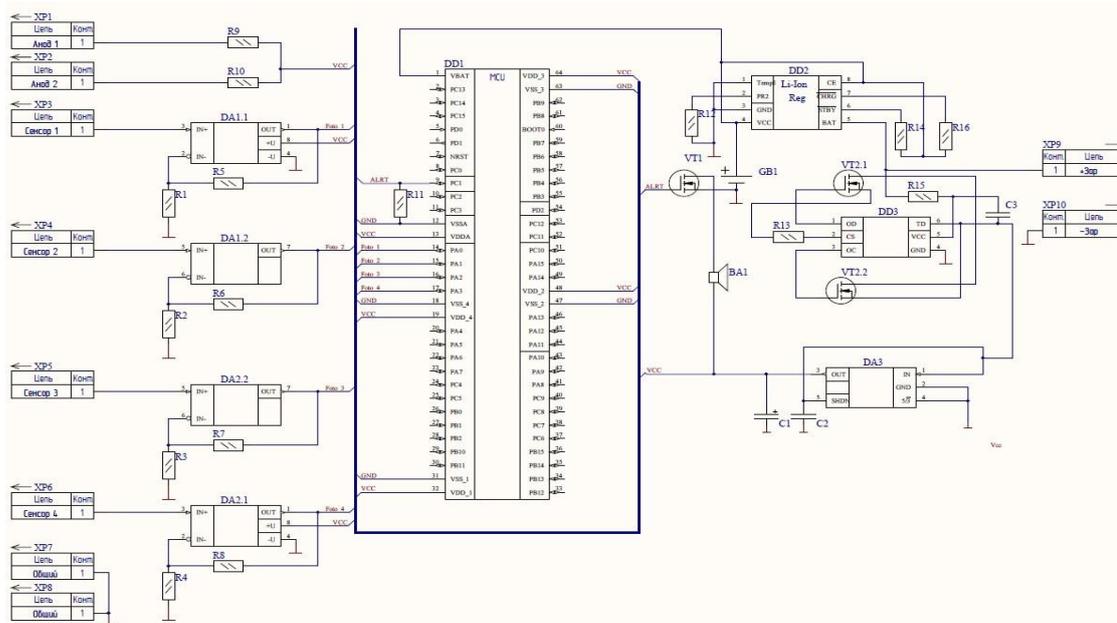


Рис. 3. Электрическая схема датчика

Учитывая важность безошибочного определения протечки, в системе предусмотрено четырехкратное резервирование измерительного тракта. В составе цепей резервирования используются четыре измерительных сенсора и два удвоенных инструментальных усилителя.

Данная система нашла практическую и коммерческую реализацию.

Литература

1. Горячева Е.П., Прошин А.А., Юрков Н.К. Современные системы определения протечки воды // NovaInfo.Ru. – 2016. – Т. 1. – № 55. – С. 45–49.
2. Горячева Е.П., Горячева Е.П., Каримов И.И., Мухамбетов А.М. Радиочастотная идентификация как элемент контроля объектов // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2016. – № 2. – С. 154–155.
3. Падолко Е.П. Основные понятия имитационного моделирования и построение имитационной модели системы массового обслуживания // Современные информационные технологии. – 2012. – № 15. – С. 43–45.
4. Горячева Е.П., Меркульев А.Ю., Юрков Н.К. К вопросу об оценке адекватности модели // Молодой ученый. – 2014. – № 2 (61). – С. 153–155.

СОЗДАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ СОРТИРОВКИ С ПОМОЩЬЮ ПЛАТФОРМЫ WINDOWS FORMS

Л.С. Мангилев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: lionfirst0103@mail.ru
Научный руководитель: Т.Е. Эварт, к.ф.-м.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Представлена разработка приложения, позволяющего автоматизировать различные методы сортировки. Графический интерфейс создан с помощью платформы .NET с применением технологии Window Forms. Разработанное приложение создано для решения различных прикладных задач, связанных с обработкой массивов данных, которые содержат в себе большое количество элементов.

Ключевые слова: методы сортировки; графическое приложение; интегрированная среда разработки Visual Studio.

В настоящее время в различных областях науки и промышленности часто стоят задачи обработки массивов данных, которые содержат большое количество элементов: базы данных, библиотеки, интернет-каталоги. Становится актуальным создание графических приложений, которыми смогут пользоваться специалисты своей предметной области.

В данной статье рассматривается разработка приложения с графическим интерфейсом в среде Visual Studio, позволяющего сортировать введенные пользователем элементы массива наиболее распространенными методами сортировки: методами пузырька, вставками, выбором и Шелла [1].

Для создания приложения с пользовательским интерфейсом используется платформа Window Forms [2]. Различные функции вызываются из графического окна стандартного вида, при этом элементы интерфейса (кнопки, меню, слайдеры, надписи) задаются пользователем.

В созданном графическом приложении в окне содержатся: поле для ввода значений массива, список в виде переключателей для выбора метода сортировки, поле для вывода значений отсортированного массива, кнопки, при нажатии на которые открываются окна с описанием каждого метода. Данные окна представлены на рисунке 1.

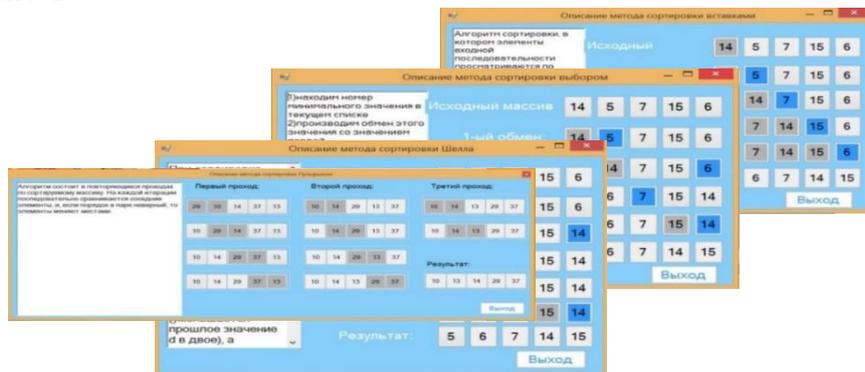


Рис. 1. Окна графического интерфейса с описанием методов сортировки

Компоненты приложения имеют множество свойств, задаваемых по умолчанию. В созданном приложении для переключателей выбраны названия методов сортировки: «сортировка методом «пузырька», «сортировка выбором», «сортировка вставками», «сортировка Шелла», для закрытия приложения предусмотрена кнопка «Выход».

Методы сортировки реализованы согласно блок-схемам, представленным на рисунках 2–5.

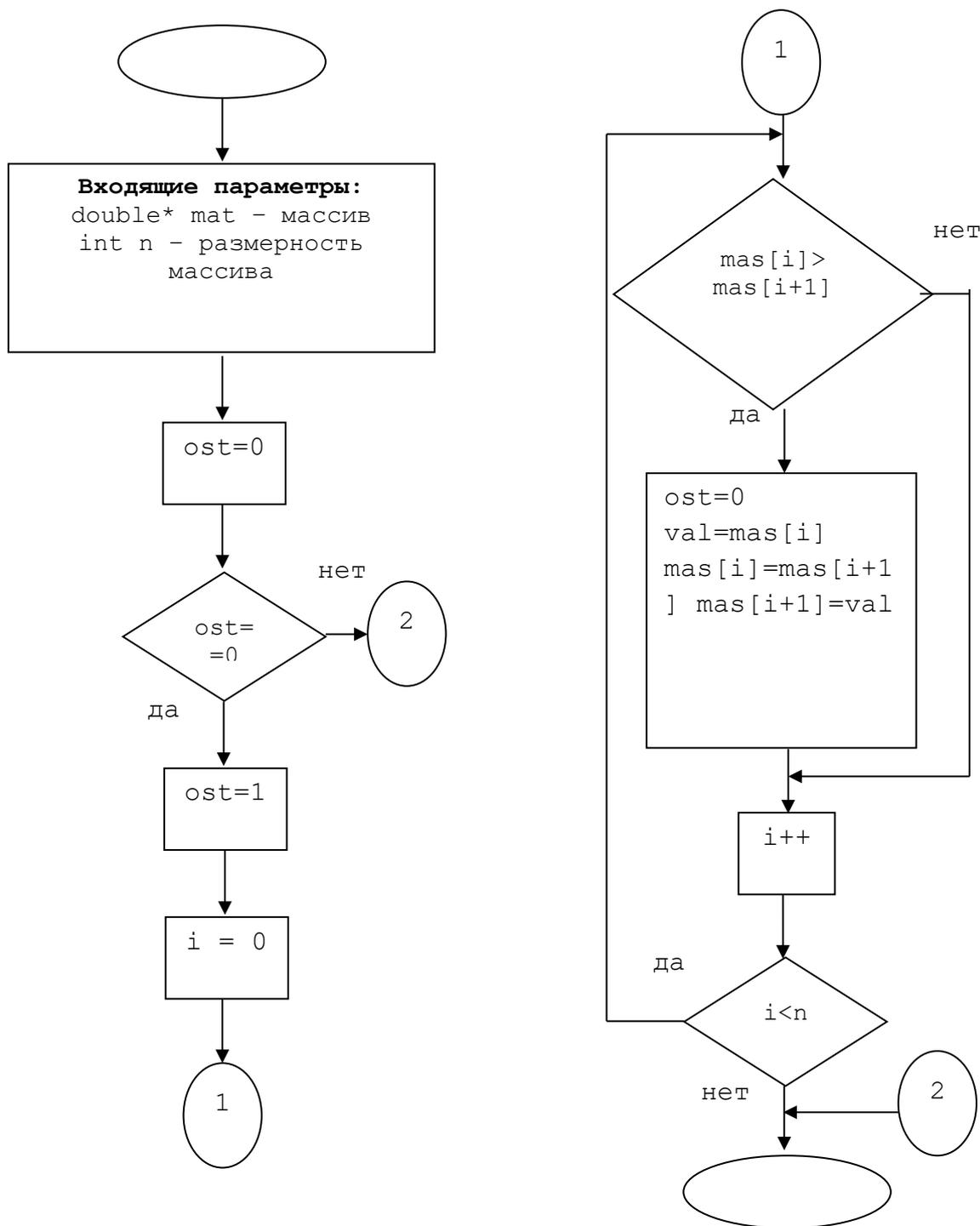


Рис. 2. Метод сортировки пузырьком

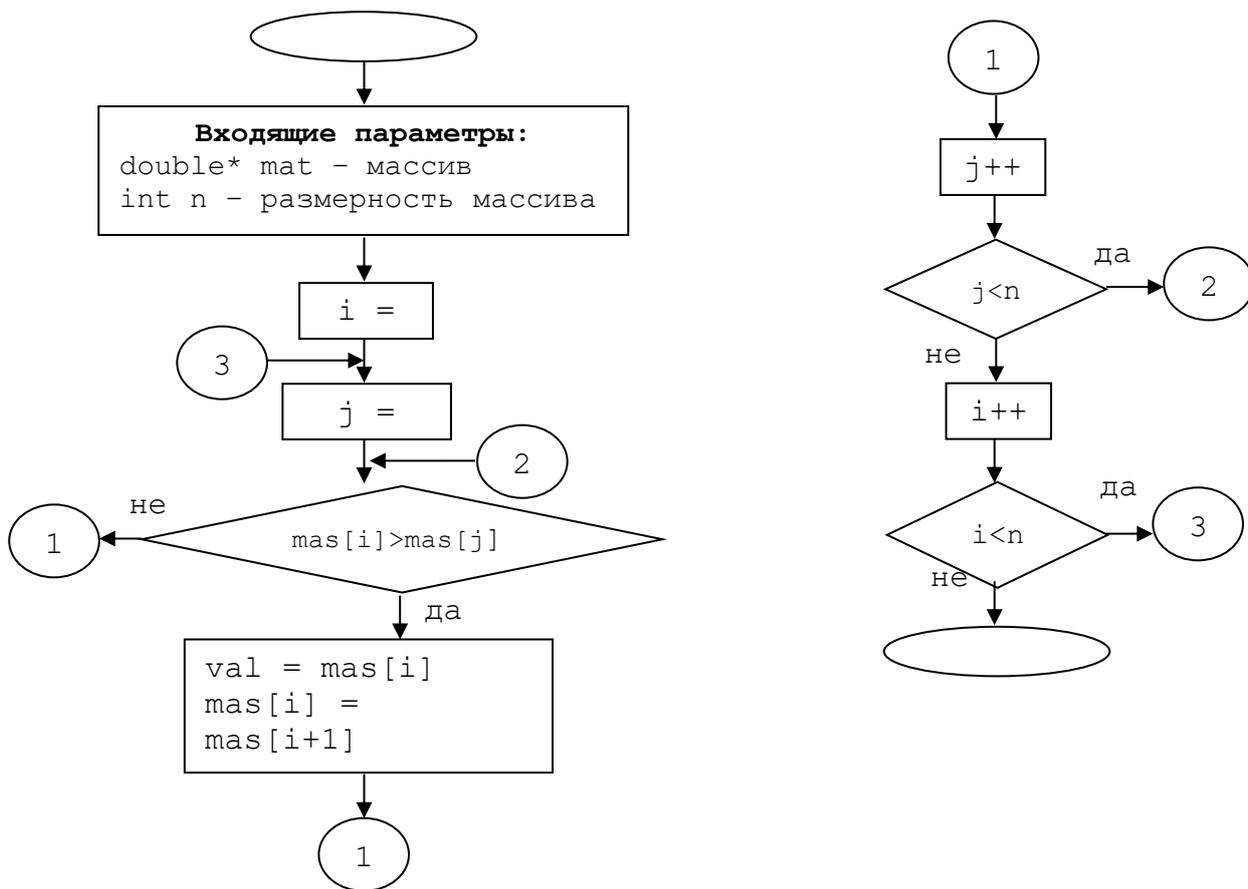


Рис. 3. Метод сортировки выбором

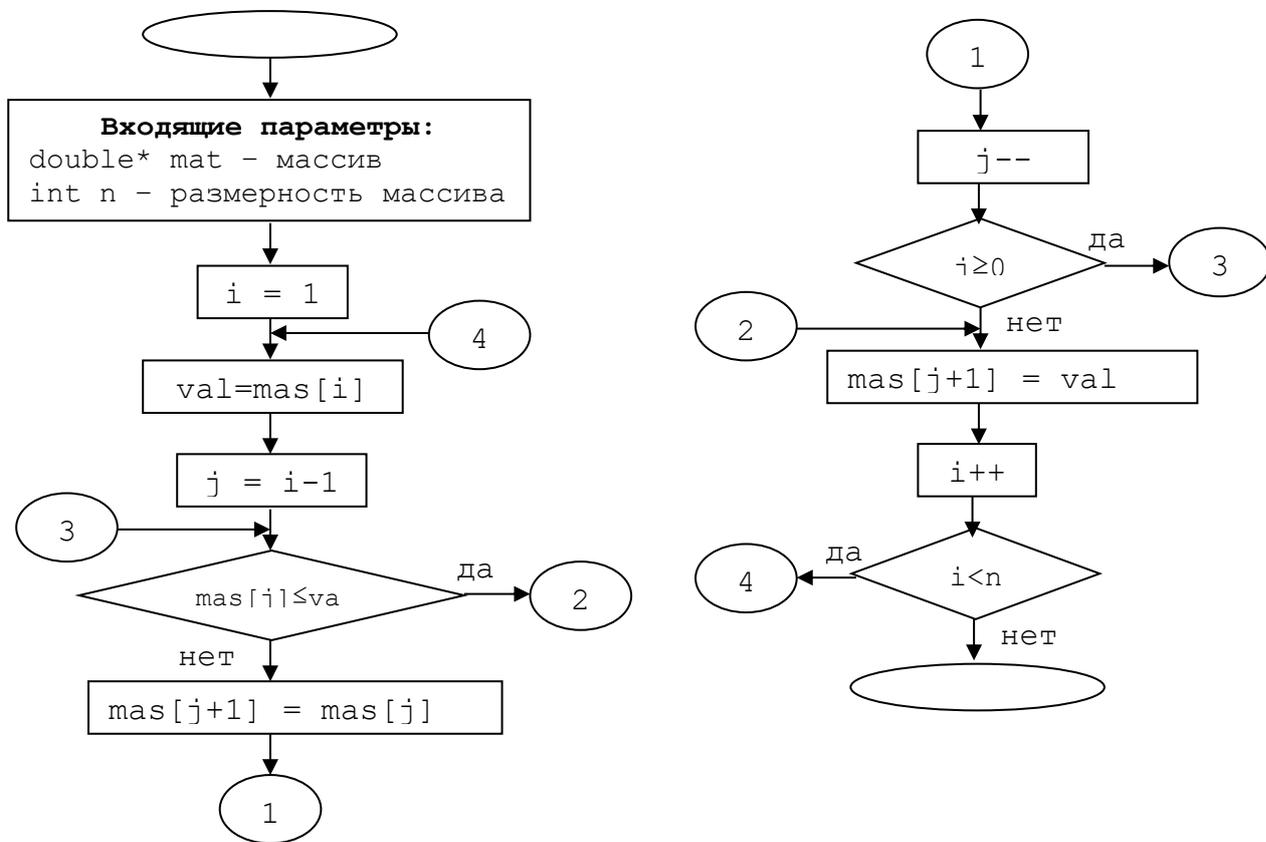


Рис. 4. Метод сортировки вставками

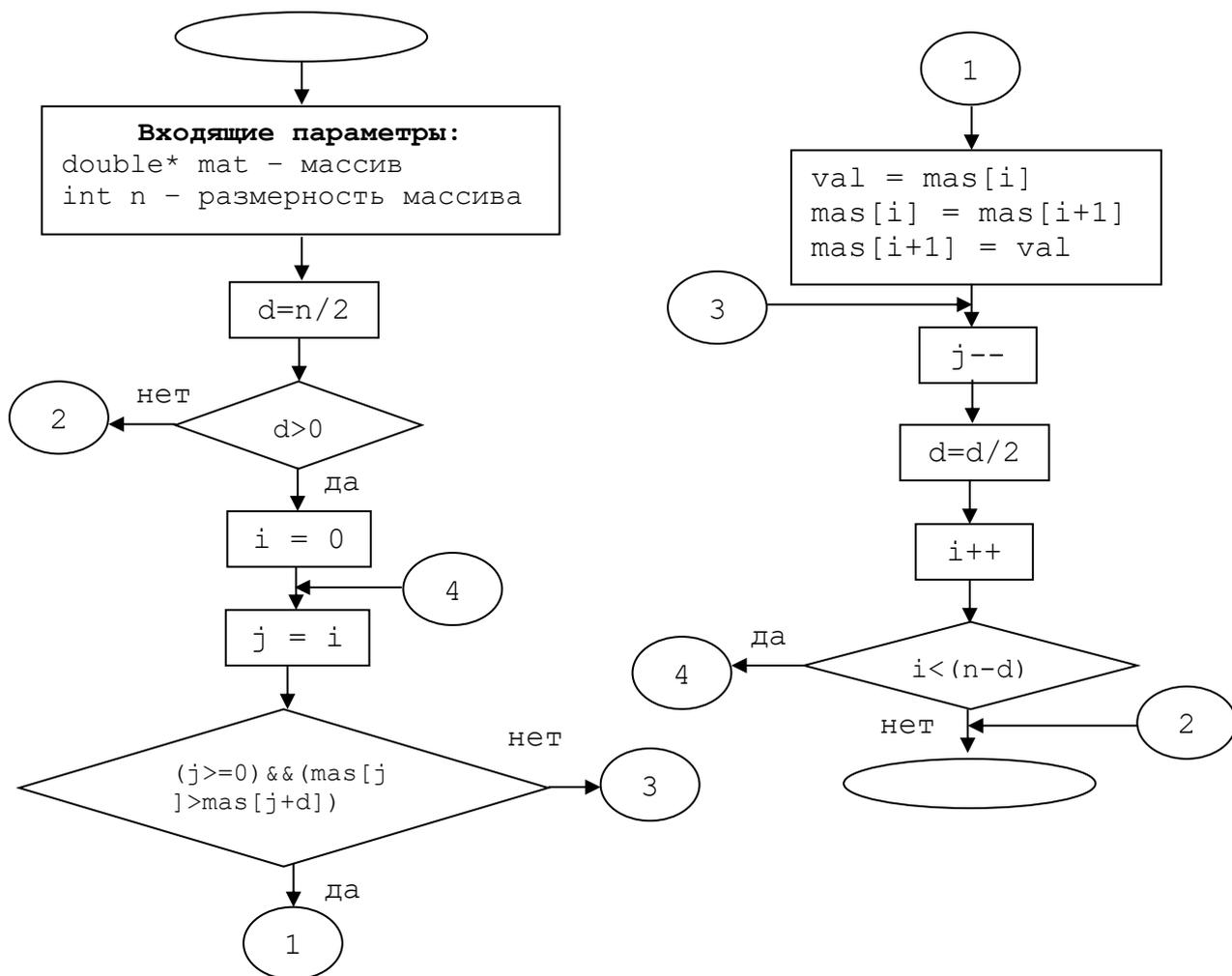


Рис. 5. Метод сортировки Шелла

При работе с созданным графическим приложением нужно заполнить значениями поле для ввода и выбрать метод сортировки. Созданное приложение Windows Forms Application в Microsoft Visual Studio 2019 [3] представлено на рисунке 6.

Главный показатель для сравнения двух или более алгоритмов сортировки – вычислительная сложность. Она определяет функцию зависимости двух переменных – время работы алгоритма и размер входных данных. Для того чтобы описать подобную функцию, можно использовать символ «O». Оценка вычислительной сложности – это асимптотический показатель, который применяется в случае бесконечного увеличения размеров сортируемых массивов. С помощью этого показателя можно определить примерное время выполнения сортировки, а также сравнить уровень эффективности используемых алгоритмов. Временная сложность выполняемого алгоритма во многом зависит от того, о каком именно объеме обрабатываемых данных идет речь. Например, если объем массива будет небольшим, то разница по времени выполнения сортировки разными методами будет практически незаметной. Соответственно, если исходный массив имеет большой размер, разница по времени выполнения также увеличится.

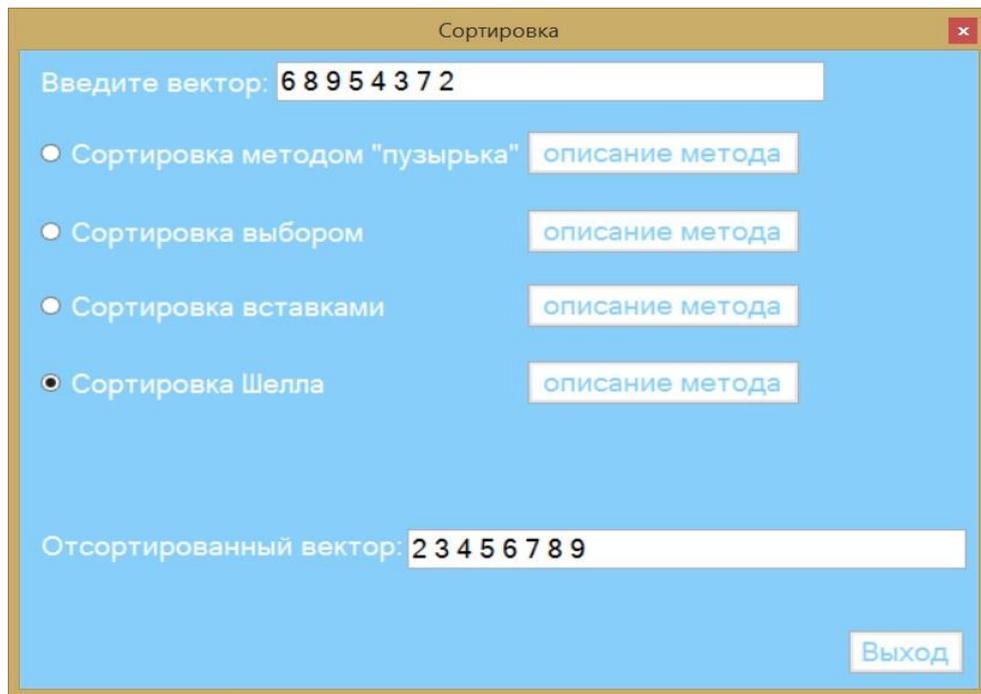


Рис. 6. Окно графического интерфейса

Литература

1. Беляева И.В., Беляев К.С. Методы сортировок и их реализации: методические указания к М54 выполнению лабораторных работ. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 48 с.
2. Белая Т.И. Программирование: основы языка C++ : учебное пособие. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. – 171 с.
3. Моренкова О.И., Парначева Т.И. Программирование на языке C/C++: практикум для СПО. – Саратов: Профобразование, 2021. – 102 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАВИГАЦИОННО-ПИЛОТАЖНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА

С.О. Отмахов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; e-mail: serotmahov@rambler.ru
Научный руководитель: Н.П. Ямпурин, д.т.н., профессор
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассмотрена структурная схема интегрированной навигационно-пилотажной информационной системы самолета, описан принцип ее работы и применение.

Ключевые слова: индикатор; датчик; акселерометр; гироскоп; алгоритмы.

Для решения задач самолетовождения, включающих работу экипажа по обеспечению навигации и пилотирования, на самолетах применяются очень сложные человеко-машинные системы. Пилотажно-навигационная информация поступает к экипажу от бортовых и наземных технических средств, от системы управления воздушным движением или непосредственно через наблюдение внешнего пространства [1]. Такие комплексные навигационно-пилотажные системы для повышения их точности и надежности наделяются различными видами избыточности: структурной, режимной, функциональной, информационной, параметрической, временной. Это позволяет осуществлять навигацию в любых условиях полета при любых возможных отказах частей системы.

Современное воздушное оборудование оснащается сложным и дорогостоящим комплексом навигационных приборов, автоматов, систем. Они выполняют все бесчисленные подсчеты, связанные со взлетом, пилотированием, навигацией, работой авиадвигателей и других систем, посадкой самолета. Результаты сообщаются в форме ряда цифр, точно говорящих летчику, что нужно делать с самолетом.

Применение интегрированной информационной системы навигационно-пилотажных параметров позволяет:

- существенно улучшить габаритно-весовые характеристики пилотажно-навигационного комплекса;
- обеспечить идентичность показаний наземного и бортового индикаторов пилотажно-навигационной информации;
- повысить надежность пилотажно-навигационного комплекса за счет применения различных датчиков для основного индикатора (от внешних инерциальных навигационных систем (ИНС) и для интегрированного прибора (от датчиков, входящих в состав индикатора);
- обеспечить требуемые точностные, эксплуатационные характеристики.

Информационная система навигационно-пилотажных параметров самолета – система, предназначенная для замены ряда резервных пилотажно-навигационных электромеханических приборов, которая обеспечивает автономное измерение и индикацию пространственного положения ЛА, т.е. функционирующая без включения в ее состав стабилизированной платформы [1].

Гироскопические системы и приборы ориентации (ГСО) подвижных объектов нашли широкое развитие и применение благодаря замечательному свойству их автономности, которое заключается в том, что приборы и системы, основанные на применении гироскопов, в отличие от радиолокационных и оптических систем ориентации, определяют положение подвижных объектов без каких-либо физических связей с Землей, незащищенных от внешних искусственных воздействий, создающих помехи в работе этих систем или приводящих к полному нарушению их работоспособности.

ГСО служат для определения углового положения движущегося объекта (самолета, ракеты и т.п.) относительно некоторой опорной системы координат, связанной с гиropлатформой или вычисляемой аналитически на основе измерений каких-либо отдельных параметров ориентации (углов, угловых скоростей или ускорений).

Принципиально система может быть построена без включения в ее состав стабилизированной платформы.

В соответствии с этим ГСО в настоящее время разделяют на два класса: платформенные и бесплатформенные (бескарданные) (БСО). В первом применяются гироскопические стабилизированные платформы (ГСП), которым сообщаются три угловые степени свободы относительно корпуса объекта с помощью подвеса того или иного типа. Во втором реализуется бесплатформенная схема построения ГСО на основе гироскопических датчиков, устанавливаемых непосредственно на корпусе летательного аппарата.

В системах ориентации без стабилизированной платформы чувствительные элементы – акселерометры и гироскопы – монтируются на соответствующей плате, которая крепится на корпусе объекта.

Построение БСО является основным путем развития систем ориентации, позволяя получать исчерпывающую информацию об угловом движении объекта, а при определенных условиях, и линейном.

Информационная система навигационно-пилотажных параметров самолета на базе бескарданной системы ориентации, встроенных датчиков давления и активной матричной жидкокристаллической панели заменяет ряд пилотажно-навигационных электромеханических приборов и предназначена для измерения, индикации и выдачи потребителю гиромагнитного курса, углов крена и тангажа, барометрической высоты, приборной скорости, вертикальной скорости, числа Маха. Структурная схема системы состоит из блока ориентации и индикации (БОИ) и магнитометра МА-8.

Блок БОИ устанавливается на приборную доску и включает в себя ЖК-индикатор, блок чувствительных элементов, датчик давлений и электронные модули. Информационная система объединяет в своем составе группу приборов с выходом на единый индикатор и призвана заменить такие приборы, как авиагоризонт, баровысотомер, курсовую систему, систему воздушных скоростей. Такое построение системы позволит сэкономить место на приборной доске, увеличить информативность и надежность работы системы.

Система обеспечивает измерение и индикацию параметров в соответствии с перечнем и характеристиками, приведенными в таблице.

Таблица

Наименование параметра	Диапазон измерения	Инструментальная погрешность, 3σ , \pm	Значение параметра
Угол крена, γ°	± 360	0,5 4	В установившемся горизонтальном полете После выполнения координированных виражей и разворотов на 180° за 3 мин
Угол тангажа, ν°	± 360	0,5 4	В установившемся горизонтальном полете После выполнения координированных виражей и разворотов на 180° за 3 мин
Гироманнитный курс, ψ°	± 360	2	При горизонтальной составляющей напряженности МПЗ (0,06..0,27) Эрс
Абсолютная барометрическая (геопотенциальная) высота, $H_{абс}$, м	от минус 500 до 18 000	$10\text{м} \pm 0,002 H_{абс}$	
Приборная скорость, $V_{приб}$, км/ч	от 50 до 1400	7 км/ч 5 км/ч 5 км/ч 8 км/ч	100 500 1000 1400
Вертикальная барометрическая скорость, V_{σ} , м/с	от минус 250 до 250	0,4 м/с 0,45 м/с 0,55 м/с 0,6 м/с 1,5 м/с 3,0 м/с	0 4 10 20 100 250
Число Маха, ед.	от 0,01 до 2	0,01 0,02	$H_{абс} = 0$ $H_{абс} = 15000$

Электронный индикатор на основе полноцветного матричного ЖКИ служит для отображения пилотажной информации (рис.1).



Рис.1. Вид отображаемой информации на индикаторе

Система имеет три основных режима функционирования:

- тест-контроль;
- начальная выставка;
- работа.

Сразу после подачи питания система переходит в режим «Тест-контроль», который осуществляет контроль технического состояния системы. Расширенный предполетный контроль помимо датчиков охватывает также аппаратные средства ЭВМ (оперативное (ОЗУ) и постоянное (ПЗУ) запоминающие устройства) при помощи тестовых программ и блоки питания путем проверки уровней выходных напряжений через АЦП с выводом результатов контроля на индикатор.

Если в процессе контроля выявлен отказ, то на экране должно появиться сообщение «Отказ системы» с кодом отказа, указывающим на неисправный узел. В случае успешного завершения система автоматически переходит в режим «Начальная выставка».

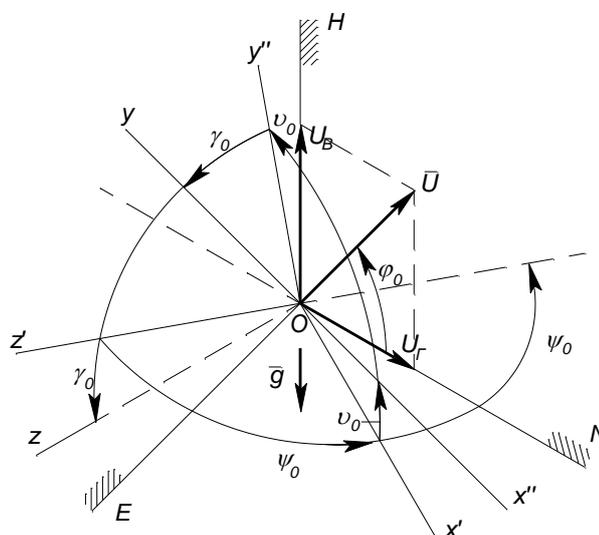


Рис.2. Определение начальной ориентации БСО

При бесплатформенной схеме построения системы ориентации гироскопы и акселерометры размещаются непосредственно на корпусе ЛА или монтируются в блоки, которые затем жестко укрепляются на нем. Поэтому под начальной выставкой БСО понимают геометрический способ согласования приборной системы координат $Ox_1y_1z_1$, а следовательно, и системы координат $OXYZ$, связанной с корпусом ЛА, с осями стартовой системы $O\xi\eta\gamma$, определенным образом ориентированной в азимуте относительно осей географической системы $OENH$, либо аналитический метод определения параметров ориентации, характеризующих начальное положение осей Ox , Oy , Oz относительно $OENH$. Техническая реализация по первому способу при высоких требованиях к точности и времени процесса выставки очень сложна. Поэтому наиболее перспективным методом выставки как бесплатформенных, так и платформенных гироскопических систем ориентации, находящихся в фиксированном положении относительно корпуса ЛА, в настоящее время является аналитический способ.

Современные БСО представляют собой сложный комплекс измерительных устройств – гироскопов и акселерометров, и вычислителя – бортовой ЦВМ, выполняющей обработку информации, поступающей в нее в виде сигналов с соответствующих измерителей. Для получения на выходе БЦВМ информации о параметрах ориентации обработка сигналов измерительных элементов должна осуществляться по определенным алгоритмам.

Особенностью БСО является то, что в БЦВМ поступает ограниченный объем информации о параметрах, характеризующих реальное движение объекта. На основе ограниченной информации, получаемой путем измерений векторных параметров, характеризующих действительное движение объекта, БЦВМ должна вычислять совокупность параметров, знание которых необходимо для управления движением.

Вычисление параметров ориентации в БСО осуществляется с использованием соответствующих уравнений, формульных зависимостей и соотношений, устанавливающих связи между измеряемыми векторами и величинами, их называют функциональным алгоритмом (математической моделью) БСО.

Разработка функционального алгоритма системы является операцией, предшествующей всем последующим работам. От того, насколько удачно будет спроектирован функциональный алгоритм БСО, существенно зависят и требования к БЦВМ. В силу этого разработку функционального алгоритма следует осуществлять с учетом того факта, что его последующая реализация осуществляется в БЦВМ, где выполняются арифметические операции над приближенными числами, представленными в соответствующем коде.

В уравнениях определения параметров ориентации в качестве переменных целесообразнее использовать направляющие косинусы или параметры Родрига – Гамильтона.

При проектировании функционального алгоритма БСО следует также стремиться к тому, чтобы алгоритм удовлетворял следующим основным требованиям:

- алгоритм должен быть методически точным, т.е. должен базироваться на строгих механико-математических зависимостях;

- упрощения алгоритма, необходимость в которых возникает при учете соображений, связанных с практическим применением системы, должны приводить к методическим погрешностям, не менее чем на порядок меньшим, чем погрешности БСО, вызванные влиянием погрешностей измерительных элементов.

Алгоритм встроенного контроля предназначен для обеспечения предполетного расширенного контроля (режим «Тест-контроль») и фоновой проверки исправности системы (в режиме «Работа»).

В процессе фоновой проверки аналитическим способом по вероятностным критериям производится оценка достоверности информации датчиков: ДУС, акселерометров, датчика давления, магнитометра.

Структурная схема алгоритмов, входящих в состав матобеспечения системы, и их взаимодействие представлено на рисунках 3 и 4.

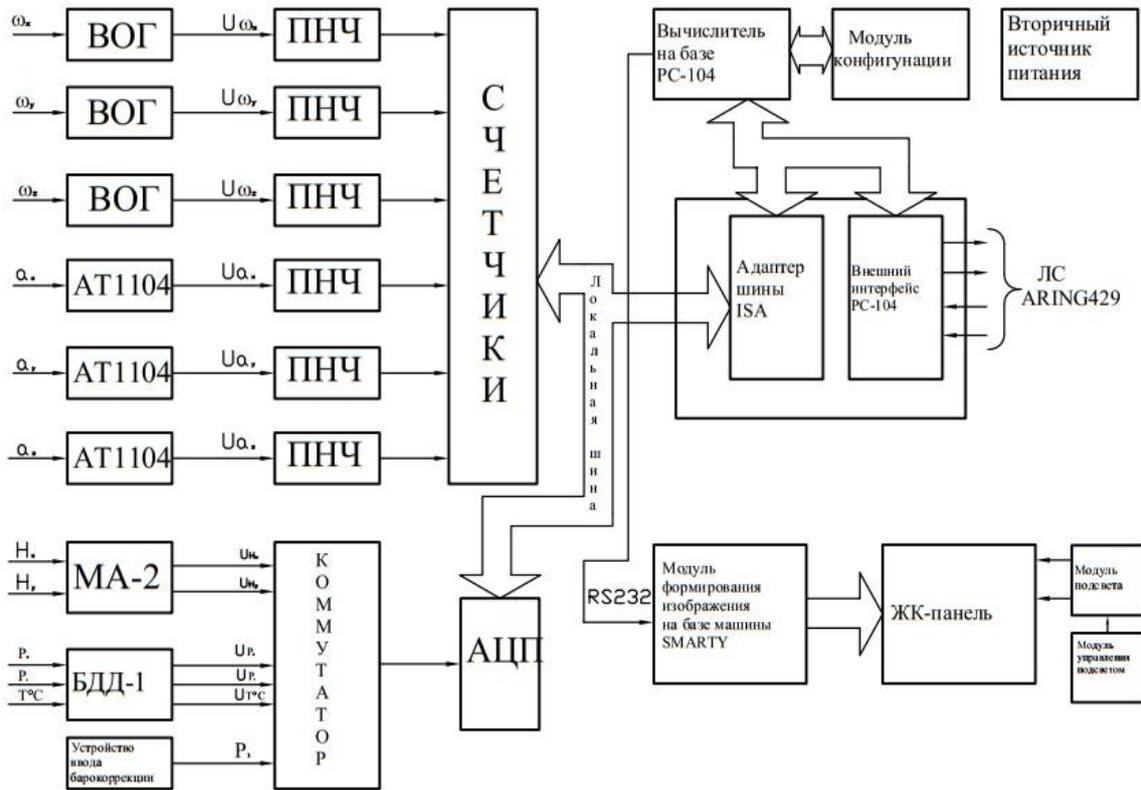


Рис.3. Структурная схема алгоритмов

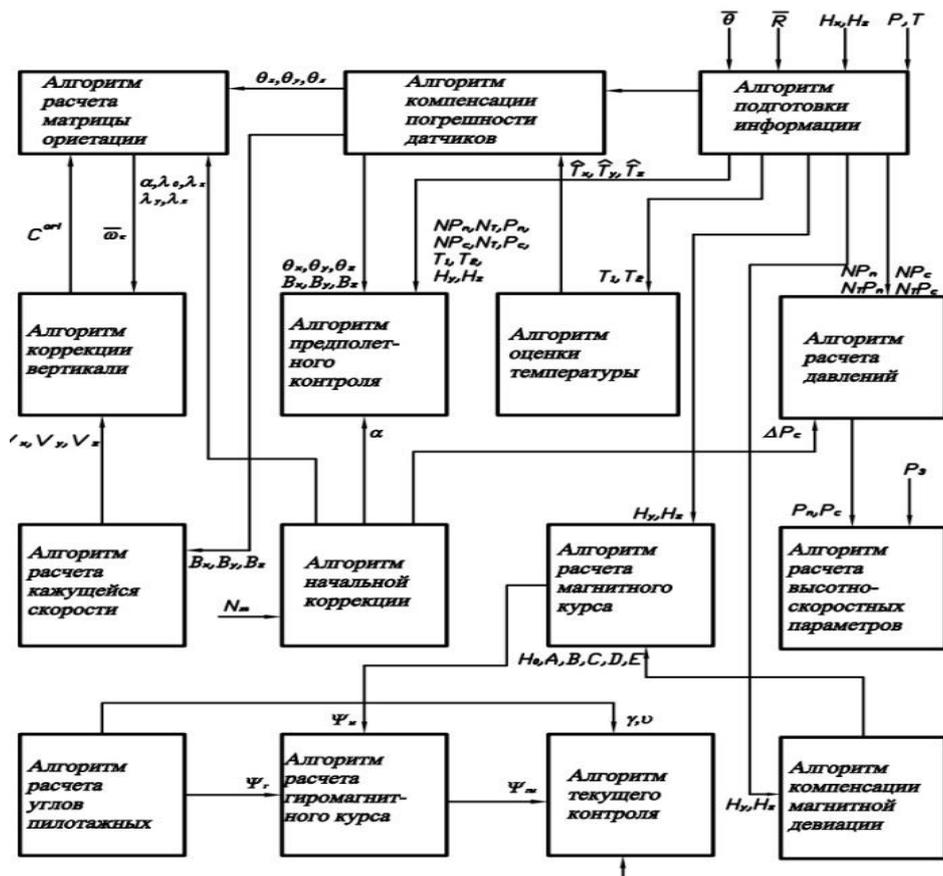


Рис.4. Структурная схема взаимодействия алгоритмов

Для повышения точности автономной работы информационной системы навигационно-пилотажных параметров самолета обычно осуществляют калибровку, под которой понимается процесс уточнения различного рода систематических составляющих погрешностей инерциальных чувствительных элементов [2]. Задачу калибровки можно сформулировать как оценку систематической составляющей по измерениям, которые «засорены» погрешностями.

Структурная схема каналов измерения линейного ускорения, угловой скорости, температуры представлена на рисунке 5.

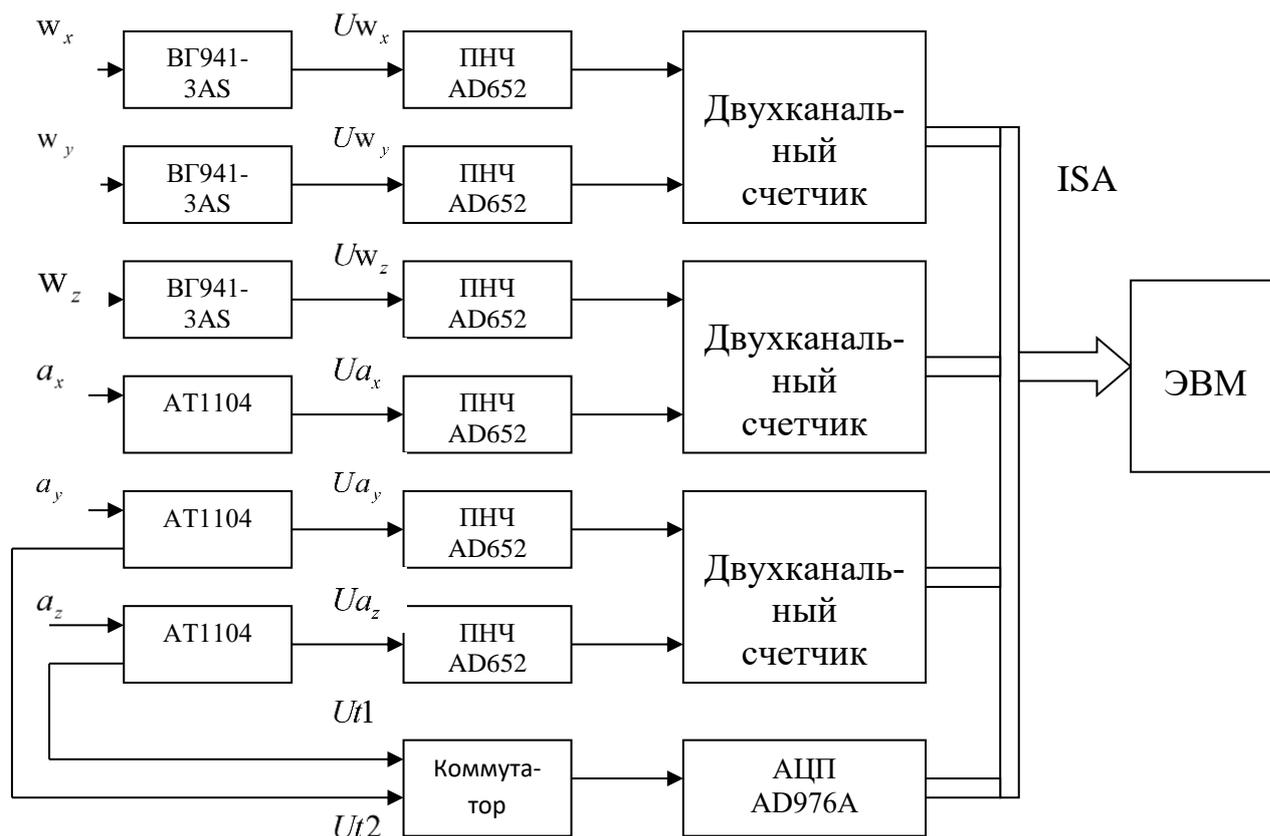


Рис.5. Структурная схема каналов измерения линейного ускорения

Литература

1. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – М.: Наука, 1992. – 253 с.
2. Дмитроченко Л.А. Основы проектирования алгоритмов инерциальных навигационных систем. – М.: МАИ, 1987. – 38 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

В.Н. Позяев

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
студент; e-mail: lavatory@list.ru

Научный руководитель: Е.А. Первушкина, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматриваются тенденции внедрения информационных технологий в сельском хозяйстве на примере растениеводства. Описываются и анализируются различные способы сбора и обработки данных о состоянии почвы и растений. Приводится краткий обзор возможностей программного обеспечения для применения в агропромышленных предприятиях и фермерских хозяйствах.

Ключевые слова: информационные технологии; растениеводство; сбор и обработка данных.

При внедрении информационных технологий в АПК, в частности в растениеводство первым шагом является составление точных электронных карт, прикладными аспектами создания которых занимается геоинформатика. Электронная карта поля представляет геоинформационную систему (ГИС), содержащую информацию о контуре, расположении и составе поля. У электронной карты есть множество применений. Например, с ее помощью можно рассчитать реальную площадь поля, используемую площадь; сделать выводы о составе почвы и ее плодородии; отслеживать состояние растений в динамике; производить точный расчет ГСМ, норм высева семян и внесения удобрений, количества используемых пестицидов; вести историю полей, включающую журнал севооборота, статистику урожайности; контролировать качество проведения сельскохозяйственных работ. В будущем эти карты понадобятся для движения беспилотной техники по полю, разработка которой ведется всеми развитыми странами мира.

Электронная карта (рис.1) имеет сложную структуру с множеством тематических слоев. При использовании электронной карты, как и любой ГИС, используются несколько видов работ с географическими данными: обработка, анализ и отображение пространственных данных и связанных с ними непространственных [1]. Данные, которые содержит карта необходимо регулярно обновлять, причем с различной периодичностью. Информацию о границах поля достаточно обновлять один раз в год, в то время как данные о состоянии растений, температуре и влажности почвы собираются в течение всего периода выращивания.

Сбор актуальных данных для составления электронных карт производят тремя взаимодополняющими способами: спутниковые снимки; аэрофотосъемка; непосредственно на земле.

Для составления карт применяют снимки с высоким разрешением, сделанные со спутников оптического зондирования земли (рис.2). Снимки используют для определения границ, для этого производят очерчивание вручную (ГИС панорама, АгроМон) или с применением алгоритмов машинного зрения (OneSoil). Также спутниковые снимки позволяют следить за развитием растений при

помощи вегетационных индексов NDVI (нормализованный относительный индекс растительности), находить проблемные участки поля, определять сельскохозяйственные культуры и прогнозировать урожайность. Для этого используются программы дешифровки спутниковых снимков, сначала обрабатываются растровые изображения, затем, при необходимости, создаются векторные или полигональные 3d-модели. Для хранения геотегов может использоваться формат .kml. К минусам можно отнести невозможность использования спутниковых снимков, сделанных в облачную погоду (детализация ниже чем у снимков с БПЛА), невозможность оперативного контроля (спутник делает снимки с определенной периодичностью). Из плюсов – нет необходимости нанимать специалистов, способных работать с БПЛА, развитое ПО, возможность интеграции с ERP-системами. В 1С:ERP Агропромышленный комплекс 2 реализована интеграция с сервисом Agro API (OpenWeather Великобритания) на условиях дополнительной подписки.

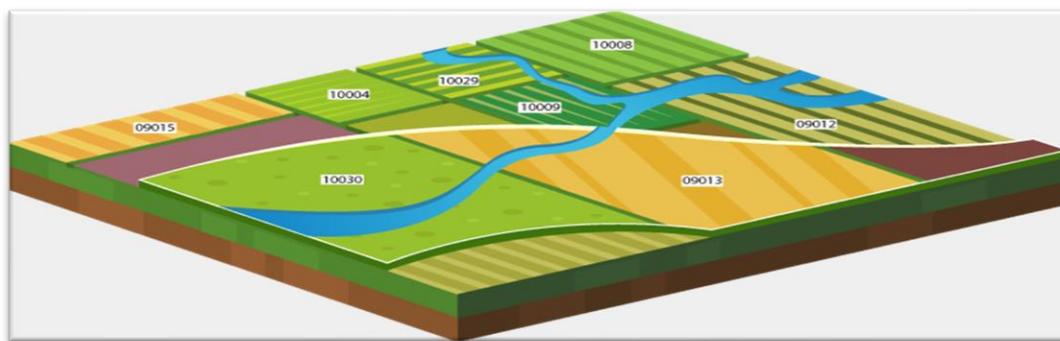


Рис. 1. Вариант электронной карты



Рис. 2. Спутниковый снимок

Аэрофотосъемка способна значительно дополнить спутниковые снимки. В настоящее время аэрофотосъемку осуществляют с борта БПЛА. Сильной стороной съемок с беспилотников является возможность осуществления мультиспектральной съемки (рис.3). При такой съемке формируются одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных спектрах электромагнитного излучения. Комбинации этих изображений позволяют выделить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом спектре. Данные, полученные с помощью мультиспектральных камер, позволяют зафиксировать изменения, происходящие на поле задолго до того как эти изменения проявятся в видимом спектре. Например, с помощью такой съемки можно обнаружить сорняки или больные растения, выявить участки, на которых происходит отставание в росте, пропуски при обработке фунгицидами. Еще одним весомым плюсом использования съемок с БПЛА является возможность их получения почти в любое время, что позволяет оперативно принимать управленческие решения.

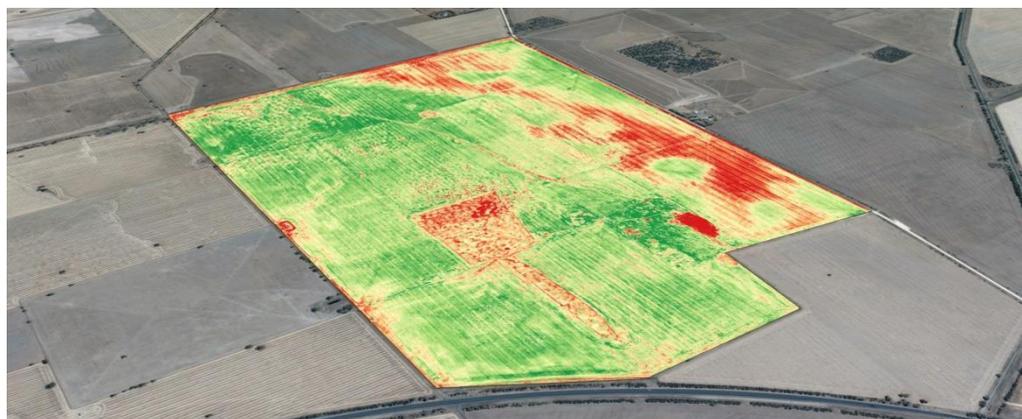


Рис. 3. Мультиспектральная съемка

Сбор данных на земле позволяет получить самые достоверные данные. Любые алгоритмы обработки спутниковых и аэрофотоснимков требуют проверки непосредственно в поле. Объезд с GPS/ГЛОНАС приемником на данный момент является самым доступным методом уточнения границ участков. Системы спутниковой навигации и автоматизации работы с/х машин установлены на большинстве современной с/х техники, но без электронных карт невозможно эти системы использовать на 100%. В 1С:ERP Агропромышленный комплекс 2 реализована интеграция с такими GPS/ГЛОНАС системами мониторинга транспорта, как Omnicom; Автограф; Wialon; Cropio.

Наиболее важными сведениями являются сведения о состоянии почвы, собранные различными датчиками. Сбор данных на поле с помощью датчиков осуществляется двумя способами: первый – установка датчиков на с/х технику или мобильные платформы, второй – установка стационарно. Первым способом измеряют электропроводность почв (рис.4), производят съемку в различных спектрах излучения, отбирают пробы, проверяют плотность слоев, измеряют высоту растений. Мощным инструментом являются системы картирования

урожайности. С помощью специальных датчиков, установленных на уборочной технике, и систем спутниковой навигации создаются пространственно ориентированные карты урожайности [2]. По этим картам можно узнать, где находятся более плодородные зоны полей, и производить, например, пробный сев на участках с одинаковой урожайностью.



Рис. 4. Устройство измерения электропроводности

Вторым способом, установленными стационарно датчиками, измеряют влажность, температуру, кислотность. Отдельно следует отметить полевые метеостанции (рис.5), позволяющие узнать количество осадков, направление и скорость ветра, влажность воздуха, количество солнечной радиации в течение вегетационного периода.



Рис. 5. Метеостанция агронома

Сбор данных датчиками в настоящее время получил распространение в «умных теплицах» (рис.6) и вертикальных фермах. В теплицах используется субстрат известного состава, исключается влияние погоды, поддерживается строго заданный микроклимат и световой режим. Это позволяет применять датчики более простой и дешевой конструкции. К тому же для «умных теплиц» требуется менее продвинутое ПО.



Рис. 6. Теплица автоматизированная

В отличие от теплиц, в поле необходимо собирать и анализировать больше информации. Датчики должны быть расположены на разной глубине, в почве и на поверхности. Невозможность использования проводных датчиков обуславливает необходимость применения более сложных беспроводных систем с автономным питанием. Еще одной проблемой является то, что датчики, устанавливаемые в грунт, необходимо калибровать в месте установки. Принцип их работы основан на измерении электропроводности [3], а эта величина зависит от химического состава, структуры и плотности почвы.

Представим обзор некоторых возможностей ГИС Панорама Агро.

Основные функции программы – внутрихозяйственный учёт земель сельскохозяйственного назначения и автоматизация управления системой земледелия предприятия. ГИС обеспечивает ведение паспортов полей с привязкой к карте, создание и редактирование границ сельскохозяйственных угодий, планирование агротехнических мероприятий, автоматизированный учёт агротехнических мероприятий, подготовку заданий водителям/механизаторам, автоматический расчёт показателей фактически выполненных работ, тематическое картографирование полей и обмен информацией с внешними программами.

Программа использует данные дистанционного зондирования земли (ДДЗ) всех распространенных геопорталов. Реализованы функции спутникового мониторинга за счет получения геопривязанных значений вегетационных индексов, карт зонирования и дифференцированного внесения удобрений с помощью внешнего сервиса Geosys («ВНИИГеосистем»). Интегрирован режим ретроспективного анализа данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Есть возможность автоматической геопривязки маршрута полета БПЛА.

В программе разработаны алгоритмы, позволяющие в зависимости от содержания химических элементов в почве создавать визуальные тематические карты. Для создания тематической карты распределения химических элементов

в почве необходимо на каждом сельхозугодье занести данные агрохимического обследования по основным показателям [4].

Назовем некоторые возможности OneSoil.

OneSoil – бесплатная платформа для точного земледелия. Состоит из веб-приложения и мобильного приложения. Платформа использует спутниковые мультиспектральные снимки и обрабатывает их с помощью алгоритмов машинного обучения. В приложении приводятся данные о границах полей, индексы NDVI, строятся графики эффективных температур и накопленных осадков. Есть возможность визуализации данных с бортовых компьютеров сельхозтехники. Даются рекомендации о времени проведения сельхозработ. Создаются карты для дифференцированного внесения удобрений и карты урожайности. Пользователь может делать заметки с привязкой к местоположению. С помощью специального модема программа может обмениваться данными с бортовыми компьютерами с/х техники. При использовании метеодатчиков появляется возможность просматривать температуру почвы, воздуха, их влажность, атмосферное давление и освещённость на участке поля.



Рис.7. Метеодатчик OneSoil

Литература

1. Географические информационные системы. Курс лекций: учебное пособие / А.А. Калинин, А.М. Бондаренко, Б.Н. Строгий, М.Н. Семенцов. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 58 с.
2. Картирование урожайности / Е.В. Труфляк. – Краснодар: КубГАУ, 2016 – 13 с.
3. Труфляк Е.В. Сенсорика. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 33 с.
4. Программа для автоматизации управления деятельностью сельскохозяйственного предприятия («Панорама АГРО»). Руководство Оператора ПАРБ.00012-01 34 01. Л. 46, 2015.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОТНОШЕНИИ БЕЗДОМНЫХ ЖИВОТНЫХ

А.В. Потенга

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
студент; e-mail: potengangie@gmail.com

Научный руководитель: А.А. Статуев, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматривается возможное применение информационных систем и технологий в идентификации бездомных животных.

Ключевые слова: приложение; информационная система; интернет-ресурс; QR-код.

Использование информационных технологий затрагивает все сферы жизни человека, не остаются без внимания и домашние животные. Производители предлагают огромное количество всевозможных гаджетов для ухода, развлечения, организации питания, отслеживания и контроля поведения питомцев.

Любящие и заботливые хозяева используют различные технологии для отслеживания активности животного, передачи собранной информации на смартфон, отслеживания местоположения, распознавания по отпечатку носа и многое другое.

Однако, если оглядеться, на улицах можно заметить большое количество животных, по тем или иным причинам оставшихся без дома. В своей статье мы постараемся ответить на вопрос «Могут ли современные технологии облегчить существование бездомных животных?»

На наш взгляд, использование технологий для бездомных животных позволило бы упростить и ускорить процесс пристраивания их в добрые руки новых хозяев, ведь у желающих приютить уличных собак возникают трудности, которые препятствуют получению подробной информации о животных, проходящих рядом или лежащих на тротуаре. Доступ к информации о бездомных животных может спасти жизни уличных собак и облегчить процесс присвоения людям, которые желают их приютить.

На наш взгляд, использование информационных технологий в отношении бездомных животных очень важно для современного мира. Возможность проводить регистрацию уличных собак в базе данных и наличие онлайн-профиля с подробной информацией о них поможет будущим хозяевам как можно быстрее и проще обзавестись новыми питомцами.

Мы предлагаем создать информационную систему, содержащую сведения о бездомных собаках, прошедших через приюты, ветеринарные клиники и другие организации, занимающиеся бездомными животными. Необходимо мобильное приложение, считывающее информацию через QR-код.

В сети Интернет можно наблюдать несколько уже существующих сервисов для идентификации животных через QR-код. Например, сервис animal-id направлен на регистрацию животных в международную базу и заведение онлайн-профилей питомцам для упрощения поиска в случае потери.

Информационная система для идентификации бездомных животных имеет похожий принцип работы:

1. Сканирование QR-кода, который размещён на бирке в ушах собаки, с помощью камеры на смартфоне;

2. Отображение в браузере на телефоне после сканирования QR-кода онлайн-профиля бездомного животного с подробной информацией о нём (кличка, пол, возраст, прививки, стерилизация/кастрация, прикрепление к приюту, наличие паспорта).

Пользователь, имея доступ к информации о бездомном животном, изучает её, а затем он имеет возможность обратиться к приюту, который указан в онлайн-профиле собаки, для её присвоения себе.

В процессе разработки данной информационной системы идентификации бездомных животных были решены следующие задачи:

1. Осуществлен анализ уже существующих аналогичных веб-сервисов.

2. Осуществлена разработка кода.

3. Разработана структура и дизайн сайта.

4. Проведено тестирование по работе сервиса.

Для создания сайта использовались такие языки программирования:

– HTML – язык разметки, который используется для структурирования и отображения веб-страницы и её контента в браузере;

– JavaScript – динамический язык программирования, который может обеспечить динамическую интерактивность на веб-сайтах;

– CSS – формальный язык, служащий для описания внешнего вида документа с использованием языка разметки;

– PHP – серверный язык, применяемый прежде всего для разработки веб-приложений.

Для генерации QR-кода существует огромное количество сервисов в сети Интернет, например, QR Coder.ru. А тестирование включает в себя проверку основного функционала сервиса, его работоспособности, работу кнопок на сайте и проверку работы перехода сервиса на сторонний сайт.

На рисунке 1 представлена схема, которая отображает процесс взаимодействия пользователя с системой.

Можно с полной уверенностью заявить о том, что запуск данного проекта сможет улучшить огромное количество жизней бездомных собак, а также ускорить и облегчить процесс присвоения уличных животных добрым хозяевам.

В современном мире информационные технологии стремительно развиваются. Их не перестают совершенствовать и доводить до более высокого уровня. Стоит ли говорить о том, что круг использования этих технологий тоже растёт? В настоящее время информационные технологии используют абсолютно везде: в медицине, банках, образовательных учреждениях, туризме и так далее. Почему бы не начать использовать информационные системы и на бездомных животных, которые так нуждаются в нашей помощи?

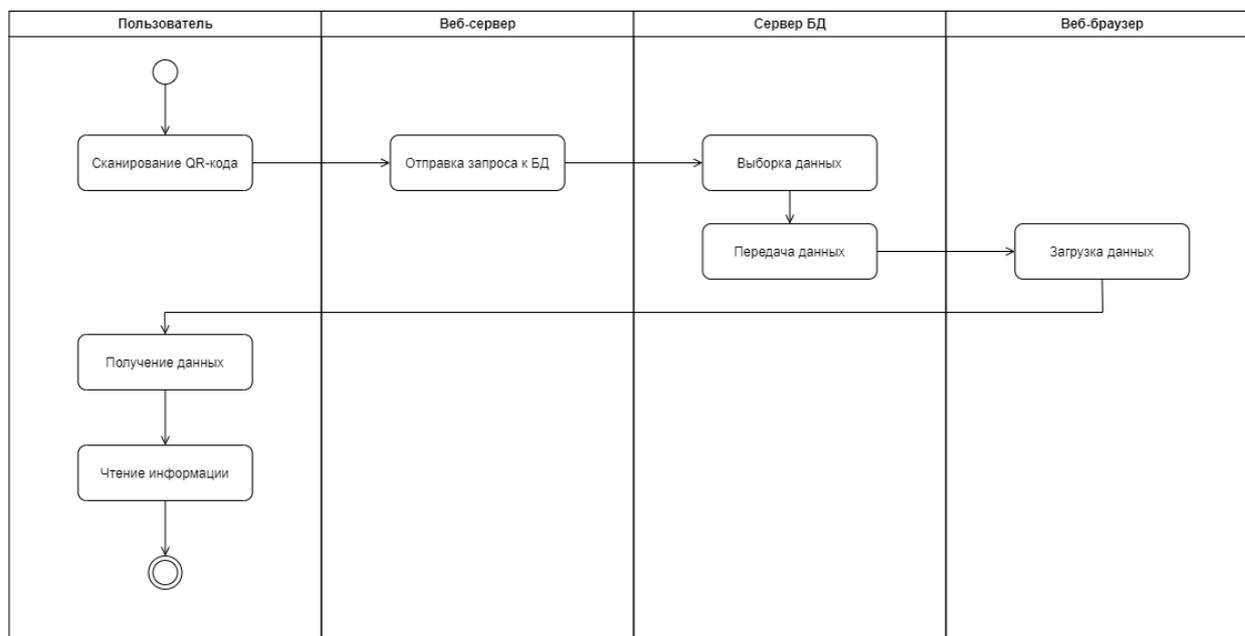


Рис. 1. Взаимодействие пользователя с системой

Литература

1. Единая база данных чипированных животных. – URL: <https://www.animal-id.ru/> (дата обращения: 20.10.2022).
2. Международная база данных чипированных собак, кошек и других животных. – URL: <https://animalface.ru/> (дата обращения: 20.10.2022).
3. Национальная база данных электронной идентификации. – URL: <http://www.russiapet.net/index.php> (дата обращения: 20.10.2022).

КОМБИНАЦИИ И ФУТБОЛ

К.С. Прохорова

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

студент; e-mail: kprohorova65@gmail.com

Научный руководитель: М.Е. Сангалова, к.п.н., доцент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье обсуждается связь комбинаторики и футбола. Описываются источники комбинаций: жеребьевка, выбор игроков команды и полевого состава, ход игры. Составлены и решены задачи на комбинации в футболе.

Ключевые слова: комбинация; комбинаторика; футбол; вероятность.

Что же это такое комбинаторика?

Комбинаторика – раздел математики, изучающий комбинации и перестановки предметов, – возник в XVI в., когда большое место занимали азартные игры в жизни общества того времени. Стремление выиграть явилось движущей силой развития комбинаторики [1].

В повседневной жизни часто встречаются объекты, которые можно рассматривать как комбинаторные. Примером является спорт номер один в мире – футбол.

В футболе существует огромное количество ситуаций, в которых можно поступить абсолютно по-разному: исполнение углового удара, вынос мяча от ворот, штрафной удар в непосредственной близости от ворот соперника – и это только самые распространенные ситуации.

Очень ярким примером появления различных комбинаций является выбор тренером стартового состава, который появится на поле с первых минут матча. Обычно в распоряжении специалиста порядка тридцати футболистов, но в заявку на матч он может внести всего восемнадцать.

Также комбинации в футболе имеют место не только на поле, но и за его пределами. Благодаря всякого рода комбинациям выстраиваются кубковые сетки, календарный план соревнований, команды получают свои номера при жеребьевке, которые во многом определяют их судьбу.

Еще одним источником комбинаторных задач в футбольной сфере служат букмекерские конторы. Это огромный бизнес, который захватил практически весь футбольный рынок. Букмекеры сейчас являются спонсорами многих топовых клубов, что говорит об их сверхприбыли. Они выставляют десятки котировок и комбинаций на каждый матч. Можно поставить даже на самые казалось незаметные моменты игры, например, количество ввода мяча из аута. Даже сами коэффициенты на события – это результат использования знаний комбинаторики. На них влияет большое количество факторов от силы и положения команды в турнирной таблице до участия одного определенного игрока в матче. На каждый отдельный матч даются определенные котировки. На каждое событие матча дается коэффициент, который складывается из множества факторов. Эти коэффициенты на протяжении матча могут меняться, причем, происходит это

неимоверно быстро. Команда забивает гол, и коэффициенты уже совсем другие. И таких комбинаций миллионы, на результат матча и значение коэффициентов может повлиять практически что угодно: от гола, который существенно меняет расклад сил, до травмы лидера команды, от которой так называемый «кэф» не сильно изменится. Из отдельных частей у любителей спорта складывается некоторая картина, они видят расклады на матчи и соответственно делают ставки, которые могут принести им прибыль. О том, как обыграть букмекеров и постоянно выигрывать, хотят узнать многие любители ставок. Они придумывают разные комбинации и тактики по тому, как приумножить свои средства. Есть те, кто рискуют и ставят на высокие и очень заманчивые коэффициенты, которые могут принести большие и быстрые деньги, но риск «прогореть» высок. Профессиональные ставочники обычно ставят на несколько видов спорта, по нескольким линиям на самые различные коэффициенты, чтобы даже при условии «прогорания» нескольких ставок человек не ушел в минус.

Задача 1. На последних минутах матча «Спартак» получил право на пробитие штрафного удара. К мячу подошёл Александр Соболев. Он может попасть в стенку с вероятностью 0,3, пробить выше ворот с вероятностью 0,5 и забить гол с вероятностью 0,2. Найдите вероятность того, что Александр либо забьёт 2 гола, либо пробьёт выше ворот.

Решение: Нас интересует вероятность события A – забьёт 2 гола или пробьёт выше ворот. $A = B + C$.

Нужно подсчитать вероятность B и C и сложить их.

Вероятность B :

$$1) 0,3 * 0,2 * 0,2$$

$$2) 0,2 * 0,3 * 0,2$$

$$3) 0,2 * 0,2 * 0,3$$

Это комбинации со стенкой, так как в условии не сказано, что будет три удара.

$$1) 0,5 * 0,2 * 0,2$$

$$2) 0,2 * 0,5 * 0,2$$

$$3) 0,2 * 0,2 * 0,5$$

Это комбинации с ударом выше ворот.

Вероятность C – пробьёт все три удара выше ворот.

$$\text{Вероятность: } 0,5 * 0,5 * 0,5$$

$$\text{Находим вероятность } A: 0,3 * 0,2 * 0,2 * 3 + 0,5 * 0,2 * 0,2 * 3 + 0,5 * 0,5 * 0,5 = 0,036 + 0,06 + 0,125 = 0,221 = 22,1\%$$

$$\text{Ответ: } 0,221.$$

Задача 2. У ворот сборной России угловой удар. У вратаря нашей команды Игоря Акинфеева есть выбор, как сыграть. Он может выйти из ворот на перехват мяча, оставить верховую борьбу защитниками, встать на ближнюю штангу и командовать обороной. Найдите вероятность того, что наш страж ворот пойдёт на перехват мяча, если все действия вратаря считать равновероятными.

Решение: Рассматриваются четыре хода событий: перехват мяча, верховая борьба защитников, положение на ближнюю штангу и командование обороной.

Нас интересует только один исход (перехват мяча), следовательно, вероятность равна $1/4=0,25$.

Ответ: 0,25.

Задача 3. В футбольной команде имеется 18 полевых игроков и 2 вратаря. Сколькими способами можно выбрать играющий состав, состоящий из 10 игроков и 1 вратаря?

Решение: Для решения мы выбираем число сочетаний, так как нам не важен порядок игроков, и игрок может занимать только одну роль.

$$C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!} - \text{формула числа сочетаний [1].}$$

Число способов выбора играющего состава, состоящего из 10 игроков и 1 вратаря, равно произведению числа сочетаний:

$$C_{18}^{10} \cdot C_2^1 = \frac{18!}{10!(18-10)!} \cdot \frac{2!}{1!(2-1)!} = 43758 \cdot 2 = 87516$$

Ответ: 87516 способов

Задача 4. Сколькими способами можно выбрать четырех футболистов из 11 для прохождения допинг-контроля.

Решение: В данной задаче рассматривается неупорядоченная четвёрка (к примеру, Женя, Саша, Андрей, Ваня). Число таких четвёрок равно числу перестановок четырёх элементов, то есть $4! = 24$, то есть (Женя, Саша, Андрей, Ваня), (Женя, Саша, Ваня, Андрей), (Женя, Ваня, Саша, Андрей), (Женя, Андрей, Ваня, Саша) и т.д.

Первого человека выбираем 11 способами, второго- 10 способами, третьего – 9 способами и четвёртого – 8 способами.

Количество способов выбора четырех футболистов из 11 для прохождения допинг-контроля равно $\frac{11 \cdot 10 \cdot 9 \cdot 8}{4!} = \frac{7920}{24} = 330$.

Ответ: 330 способов.

Задача 5. В футбольной команде имеется 10 полевых игроков и 1 вратарь. Сколькими способами тренер может распределить роли футболистов на поле по сбалансированной схеме 4-4-2, если в его распоряжении вратарь, защитники, полузащитники, нападающие.

Решение: Положение вратаря определяется единственным образом.

Далее распределяем полевых игроков.

Расстановка 4-4-2 имеет три четких линии: линию защиты, линию полузащиты и линию нападения. Схема состоит из 4 защитников, 4 полузащитников и 2 нападающих.

Число способов распределения ролей футболистов на поле равно произведению числа сочетаний:

$$C_{10}^4 \cdot C_6^4 \cdot C_2^2 = \frac{10!}{4! \cdot (10-4)!} \cdot \frac{6!}{4! \cdot (6-4)!} \cdot 1 = 210 \cdot 15 = 3150$$

Ответ: 3150 способов.

Из всего вышесказанного следует, что футбол и комбинаторика неразрывно связаны между собой. Комбинаторику можно назвать одной из составляющих самой популярной игры в мире. Если из футбола убрать комбинаторику,

то мы получим простое и довольно-таки примитивное перекачивание мяча, которое никак не будет заставлять миллионы людей откладывать свои дела и идти на стадион или хотя бы включать прямую трансляцию.

Таким образом, комбинаторика имеет огромное значение в различных областях науки и техники. С комбинаторными величинами приходится иметь дело представителям многих специальностей: ученому, химику, биологу, конструктору, диспетчеру и т.д. Комбинаторика используется в музыке, в различных играх (нарды, шашки, шахматы). В каждой из этих игр приходится рассматривать различные сочетания фигур, и выигрывает тот, кто их лучше изучает [2].

Литература

1. Виленкин Н.Я., Виленкин А.Н., Виленкин П.А. Комбинаторика. – М.: ФИМА, МЦНМО, 2006. – 400 с.
2. Баннаи Э., Ито Т. Алгебраическая комбинаторика. Схемы отношений. – М.: Мир, 1987. – 375 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА «УЧЕТ ДОГОВОРОВ»

А.А. Сазанов

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
магистрант; e-mail: aski1@mail.ru
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматриваются возможности разработанной для университета системы учета договоров.

Ключевые слова: договор; дополнительное соглашение; фреймворк; автоматизированная система учета; контрагент; отчет; разграниченный доступ.

В организациях, работающих с большим количеством контрагентов, всегда есть необходимость в автоматизированных системах учета (АСУ) договоров. Рассматриваемый филиал университета не исключение. Ежедневно заключается множество различных договоров, за которые отвечают разные подразделения. Договоры, касающиеся баз практик, создаются на кафедрах. Договоры, касающиеся оплаты за обучение, создает приемная комиссия, а потом они переносятся в бухгалтерию.

Для некоторых типов договоров в университете предусмотрены свои АСУ (например, для учета и управления контингентом студентов, в которой заводятся договоры об обучении). Также договоры об обучении дополнительно учитываются в бухгалтерии в системе 1С. Существуют также множество дополнительных соглашений, выпускаемых к договорам практически вручную, учет которых не ведется в существующих АСУ.

В связи с этим возникла необходимость централизованного учета договоров организации, в том числе с указанием места хранения оригинала договора и отслеживанием сроков окончания действия. Требуется обеспечить разграниченный доступ к различным договорам для различных подразделений (бухгалтерии, юридического отдела, факультетов, кафедр), возможность автоматизированного учета, создания и печати различных дополнительных соглашений с различными видами печатных форм; реализовать некоторые отчеты, необходимые подразделениям, в частности, отчет для бухгалтерии по действующим договорам об обучении с учетом всех дополнительных соглашений и приказов о стоимости обучения, влияющих на сумму договора.

Для построения автоматизированной системы учета управления и хранения договоров «Учет договоров» (далее АСУ «Учет договоров») был выбран корпоративный РНР фреймворк, на базе которого уже были реализованы несколько клиент-серверных модулей, используемых в организации. Это дало возможность оформить пользовательский интерфейс в единой корпоративной логике и стиле, что значительно упростило освоение навыков работы пользователей с новой системой.

Фреймворк был разработан с учетом поддержки разграничения прав доступа пользователей, что позволяет администрировать и гибко настраивать

доступ к различным компонентам (модулям системы) для различных пользователей, а также использовать единые авторизационные данные для различных модулей системы, в том числе и модулей, не входящих в рассматриваемую систему.

Редактирование пользователя

Логин

Пароль

Включен

Права:

Модуль "Менеджер модулей" (<i>op</i>)	Нет доступа	Пользователь	Администратор
Модуль "Общие справочники" (<i>cmn</i>)	Нет доступа	Пользователь	Администратор
Модуль "Реестр приказов о стоимости" (<i>rco</i>)	Нет доступа	Пользователь	Администратор
Модуль "Реестр договоров" (<i>rc</i>)	Нет доступа	Пользователь	Администратор
Список договоров (<i>contractb_list</i>)	Нет доступа	Просмотр	Редактирование Администрирование
Редактор договора (<i>contractb_edit</i>)	Нет доступа	Просмотр	Редактирование Администрирование
Сохранение договора (<i>contractb_save</i>)	Нет доступа	Разрешено	
Удаление договора (<i>contractb_del</i>)	Нет доступа	Разрешено	
Справочник типов договоров (<i>contr_type_list</i>)	Нет доступа	Просмотр	Редактирование Администрирование
Редактор типа договора (<i>contr_type_edit</i>)	Нет доступа	Просмотр	Редактирование Администрирование
Сохранение типа договора (<i>contr_type_save</i>)	Нет доступа	Разрешено	
Удаление типа договора (<i>contr_type_del</i>)	Нет доступа	Разрешено	

Рис. 1. Пример редактирования прав пользователей

Работа с системой начинается с окна авторизации.

Инструментарий АФ ННГУ

Авторизация

Логин

Пароль

Рис. 2. Страница авторизации

АСУ «Учет договоров» состоит из трех основных модулей:

- общие справочники;
- реестр приказов о стоимости;
- реестр договоров.

Модуль «Общие справочники» служит для хранения списков различных сущностей, предназначенных для использования в разных модулях. В него входят следующие основные справочники:

- Подразделения – подразделения, используемые в модулях, в частности, иерархия факультетов и кафедр для справочников направлений, программ подготовки и нормативных сроков подготовки.

- Направления подготовки. Информация о направлениях подготовки, реализующихся в университете. Хранится название, код специальности, уровень образования, флаг архивного статуса.

- Программы подготовки. Информация о программах подготовки – название; код специальности; направление подготовки, к которому относится данная

программа; подразделение, реализующее программу (факультет и кафедра); флаг архивного статуса.

- Формы обучения – реализуемые формы обучения (очная, очно-заочная, заочная и др.).

- Уровни образования – реализуемые уровни образования (среднее профессиональное образование, бакалавриат, магистратура и др.).

- Категории студентов. Информация о доступных категориях студентов (без дополнительных условий или переведенные из определенных вузов), которая применяется для правильного определения стоимости обучения из приказов о стоимости обучения для разных категорий студентов.

- Нормативные сроки. Информация о нормативных сроках обучения, которые относятся к определенному уровню образования, направлению и программе подготовки, форме обучения и году начала реализации программы с данными параметрами.

Общие справочники

Нормативные сроки обучения программам					
	Уровень	Программа (Направление)	Форма	Год начала	Срок освоения
		Новый срок			
1	Магистратура	Антикризисное управление Государственное и муниципальное управление 38.04.04	Заочная	2015	2 года 5 месяцев
2	Бакалавриат	Биология Педагогическое образование 44.03.01	Заочная	2015	5 лет
3	Бакалавриат	Биология Педагогическое образование 44.03.01	Заочная (ускоренная)	2016	4 года
4	Магистратура	Биология в новой образовательной практике Педагогическое образование 44.04.01	Очная	2015	2 года
5	Магистратура	Биология в новой образовательной практике Педагогическое образование 44.04.01	Заочная	2015	2 года 5 месяцев
6	Бакалавриат	Биология и география Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) 44.03.05	Очная	2015	5 лет

Рис. 3. Справочник «Нормативные сроки»

- Контрагенты. Кроме основных сведений о контрагенте, необходимых для договора, также хранится тип контрагента (физическое лицо, студент, юридическое лицо). Дополнительно на странице контрагента представлены все договоры, в которых он используется, с возможностью перейти в модуль «Реестр договоров» на соответствующий договор для его просмотра или правки.

Модуль «Реестр приказов о стоимости» отвечает за хранение приказов о стоимости обучения и проживания в общежитиях. Приказы, касающиеся обучения, утверждаются университетом и вносятся в систему.

По данному виду приказов идет подбор стоимости для определенного студента при добавлении договора или составлении дополнительных соглашений, касающихся стоимости обучения.

В них указывается стоимость обучения для определенного уровня образования, курса обучения, факультета, направления, формы обучения и категории студента. Также для отделения среднего профессионального образования указывается уровень образования при поступлении (на базе 9 или 11 класса).

Реестр приказов о стоимости

admin_gc		Приказы о стоимости обучения				
Выйти		Новый приказ				
Меню Модули Об обучении Об общежитиях		Номер	Дата	Учебный год	Статус	
		1	407-ОП	08.06.2021	2021 / 2022	Утвержден
		2	381-ОП	28.05.2021	2021 / 2022	Утвержден
		3	285-ОП	05.06.2020	2020 / 2021	Утвержден
		4	АФ 60-ОП	29.05.2020	2020 / 2021	Утвержден
		5	АФ 140-ОП	19.12.2019	2019 / 2020	Утвержден
		6	АФ 120-ОП	05.11.2019	2019 / 2020	Утвержден
		7	АФ 69-ОП	26.06.2019	2019 / 2020	Утвержден
		8	АФ 67-ОП	13.06.2019	2019 / 2020	Утвержден

Рис. 4. Раздел «приказы о стоимости обучения»

Приказ о стоимости обучения						
Статус приказа	Утвержден					
Номер	407-ОП					
Дата	08.06.2021					
Учебный год (указывается первый год)	2021					
Гражданство	Для граждан РФ					
Стоимости						
СПО		Бакалавриат, специалитет		Магистратура		
1 курс		2 курс		3 курс		4 курс
Печатная версия						
№ п/п	Факультет	Направление	Форма обучения	Категория студента	Уровень при поступлении	Стоимость
1	Отделение среднего профессионального образования	Пожарная безопасность (20.02.04)	Очная	Без дополнительных условий	на базе 11 классов или СПО	61300
2	Отделение среднего профессионального образования	Программирование в компьютерных системах (09.02.03)	Очная	Без дополнительных условий	на базе 11 классов или СПО	61300
3	Отделение среднего профессионального образования	Программирование в компьютерных системах (09.02.03)	Очная	Без дополнительных условий	на базе 9 классов	61300
4	Отделение среднего профессионального образования	Электрические станции, сети и системы (13.02.03)	Очная	Без дополнительных условий	на базе 11 классов или СПО	61300

Рис. 5. Редактор приказа о стоимости

На каждый год выпускаются несколько приказов: приказы о стоимости обучения для первых курсов, на которые ведется набор студентов в данном учебном году по всем направлениям и другим параметрам; приказы о стоимости обучения для второго и последующих курсов на текущий год обучения (стоимость меняется согласно коэффициенту инфляции и другим параметрам). Иногда есть необходимость внести изменения в уже утвержденных приказах, тогда выпускаются и вносятся в систему дополнительные приказы об стоимости для некоторых определенных групп параметров, которые перекрывают стоимости из ранних приказов.

Модуль «Реестр договоров» – основной модуль, в котором осуществляется учет договоров: ввод, хранение, печать, дополнительные расчеты.

Для данного модуля предусмотрены дополнительные справочники.

Справочник «Типы договоров» хранит в себе виды договоров, которые поддерживает система, например, договор об обучении. Также видом договора

являются различные дополнительные соглашения, для них возможно указать привязку к основному типу договора, например, дополнительное соглашение о стоимости обучения.

Справочник типов договоров

	Название	Основной договор
	Новый тип договора	
1	Договор найма специализированного жилого помещения (студенты)	
2	Договор об обучении	
3	Инновационные площадки	
4	Доп. соглашение - Маткапитал	Договор об обучении
5	Доп. соглашение - Объединение в ФЕМН	Договор об обучении
6	Доп. соглашение - Стоимость	Договор об обучении

Рис. 6. Справочник типов договоров

Также для типа договора предусмотрена привязка печатной формы, выбираемой по умолчанию.

Справочник «Печатные формы» содержит информацию о печатных формах, доступных для некоторых типов договоров, для которых существует необходимость вывода договора на бумажный носитель из данной системы. Печатная форма привязывается к определенному типу договора, при этом к типу договора может относиться много печатных форм, они отличаются в основном по дате создания. Но для определенных типов договоров предусмотрены различные печатные формы, отличающиеся содержанием. Например, для дополнительного соглашения о стоимости разные печатные формы предусмотрены в зависимости от плательщика, указанного в соглашении (студент, студент и плательщик – физическое лицо, студент и плательщик – организация). К каждой печатной форме также указывается файл шаблона и при необходимости реквизиты по умолчанию.

Редактирование печатной формы

Тип договора	Договор об обучении (Доп. соглашение - Стоимость)
Файл шаблона	rc/tmpl/contracts/html_pv_edudop_2020-07-10_396-OD_p4.php
Название	Студент 20xx Приказ 396-ОД (Приложение 4)
Дата начала действия	10.07.2020
Реквизиты по умолчанию	От 27.06.2022 (По ширине страницы (КБК 706))

[Печатная версия формы](#)

Рис. 7. Редактор печатной формы

Из данного справочника возможен вывод печатной формы с полями для рукописного ввода данных для проверки текста формы или составления и заполнения полей определенного типа договора от руки.

Справочник «Реквизиты университета» содержит различные виды реквизитов университета, отличающихся по дате применения или адаптированных под разные типы внешнего вида печатной формы договора (для узкого столбца или для всей ширины страницы).

Справочник «Представители университета» содержит информацию о представителях университета для подставления в договор в правильной форме

с указанием основания действия представителя (например, директор на основании доверенности).

Представители университета

	Фамилия и инициалы	Действует на основании	Дата начала действия
Новый представитель			
1		доверенности № 53/22 от 01.03.2022	01.03.2022
2		доверенности № 4/22 от 10.01.2022	10.01.2022
3		доверенности № 264/21 от 30.12.2021	30.12.2021
4		доверенности № 205/21 от 08.11.2021	08.11.2021

Рис. 8. Справочник «Представители университета»

Справочник «Места хранения» содержит список мест хранения оригинала договора: в администрации, в учебно-методическом отделе, в бухгалтерии и т.д.

Раздел «Импорт договоров» предназначен для импорта отдельных типов договоров, в частности реализован импорт договоров об обучении. Для учета и управления контингентом студентов в университете внедрена автоматизированная система учета «Галактика ERP». Большая часть договоров об обучении создается в данной системе приемной комиссией еще на этапе зачисления будущих студентов. Из нее возможна выгрузка данных о договорах об обучении в файл, затем данный файл подгружается в разделе «Импорт договоров» и импортируется в базу договоров.

Импорт договоров об обучении

Загрузка файла

Тип файла Выгрузка студентов

Файлы для импорта

	Файл	Тип файла	Дата загрузки	
1	Stud_2022-08-17.csv	Выгрузка студентов	2022-08-17 10:38:27	Импортировать данные
2	Stud_2021-06-23.csv	Выгрузка студентов	2021-06-23 09:02:54	Импортировать данные
3	Stud_2020-08-03.csv	Выгрузка студентов	2020-08-04 16:46:05	Импортировать данные
4	Stud_2020-03-02.csv	Выгрузка студентов	2020-03-02 08:58:36	Импортировать данные

Результат импорта

Рис. 9. Раздел «Импорт договоров»

При импорте сравниваются параметры каждого договора и, если его еще нет в системе, добавляется новый договор. Также вместе с договором добавляются контрагенты, указанные в нем, если их не было в справочнике контрагентов.

Основным для данного модуля является раздел «Договоры». Договоры представлены в общей таблице с основными параметрами, с возможностью сортировки по ним. Еще возможен поиск по номеру договора или контрагенту.

Реестр договоров

Номер	Дата	Вид	Статус	Роль университета	Начало действия	Окончание действия	Сумма договора	
Новый договор								
12	05.09.2022	Доп. соглашение - Стоимость	Проект				100 110,00	
13	31.08.2022	Доп. соглашение - Стоимость	Проект				371 700,00	
14	31.08.2022	Доп. соглашение - Стоимость	Проект				476 800,00	
15	29.08.2022	Доп. соглашение - Стоимость	Проект				80 800,00	
16	29.08.2022	Доп. соглашение - Стоимость	Проект				117 000,00	
17	16.08.2022	Доп. соглашение - Стоимость	Проект				145 600,00	
18	02/224-21-00255	01.10.2021	Договор об обучении	Действует	Исполнитель	01.10.2021	31.03.2026	180 000,00
19	02/224-21-00243	18.09.2021	Договор об обучении	Действует	Исполнитель	01.10.2021	31.03.2026	180 000,00
20	02/224-21-00266	01.10.2021	Договор об обучении	Действует	Исполнитель	01.10.2021	31.03.2026	180 000,00
21	02/224-21-00269	01.10.2021	Договор об обучении	Действует	Исполнитель	01.10.2021	31.03.2026	180 000,00
22	02/224-21-00250	01.10.2021	Договор об обучении	Завершен	Исполнитель	01.10.2021	31.03.2026	180 000,00
23	02/224-22-00020	29.06.2022	Договор об обучении	Проект	Исполнитель	29.06.2022	31.08.2025	

Рис. 10. Раздел «Договоры»

В редакторе договора представлены три группы параметров, доступные для всех типов договоров. Основные обязательные параметры договора: номер, дата, тип, статус. Второй блок – необязательные параметры: роль университета, вид печатной формы, представитель университета, реквизиты, дата начала действия договора, дата окончания действия договора, сумма договора. Вид печатной формы устанавливается при необходимости печати договора из системы, подставляется значениями по умолчанию при создании договора автоматически согласно типу договора, также подставляются связанные с печатной формой параметры «Представитель университета» (по умолчанию выбирается последняя доступная по дате запись из справочника «Представители университета») и «Реквизиты». Третий блок основных параметров содержит информацию о месте и сроке хранения оригинала договора.

Редактирование договора

Номер	02/224-20-00012
Дата	26.02.2020
Вид договора	Договор об обучении
Статус договора	Действует
Роль университета	Исполнитель
Вид печатной формы	Не выбрана
Представитель университета	Не выбран
Реквизиты	Не выбраны
Дата начала действия договора	21.01.2020
Дата окончания действия договора	31.08.2024
Сумма договора	557 750,00
Место хранения договора	Бухгалтерия
Дата окончания хранения	

Дополнительные соглашения [Добавить](#)

- [Договор об обучении \(Доп. соглашение - Стоимость\) от 05.08.2020](#)
- [Договор об обучении \(Доп. соглашение - Стоимость\) от 23.06.2021](#)
- [Договор об обучении \(Доп. соглашение - Объявление в ФЕМН\) от 24.01.2022](#)
- [Договор об обучении \(Доп. соглашение - Стоимость\) от 28.06.2022](#)

Рис. 11. Редактор договора (основные поля)

Далее в редакторе договора идет информация о дополнительных соглашениях, связанных с этим договором. Можно перейти к редактированию определенного дополнительного соглашения или создать новое.

Далее следует блок с контрагентами договора, их можно добавлять (выбирать из имеющихся или создавать нового), удалять, редактировать. Для контрагентов дополнительно указывается роль: заказчик или исполнитель. Для договоров об обучении дополнительно доступна роль контрагента «Студент», используемая для договоров, в которых обучаемый и заказчик являются разными контрагентами.

Контрагенты [Добавить](#)

Тип Студент

Учетный номер

ФИО

Роль Студент ▼

[Удалить](#) [Редактировать](#)

Тип Физ лицо

ФИО

Роль Заказчик ▼

[Удалить](#) [Редактировать](#)

Рис. 12. Редактор договора (контрагенты)

Для некоторых типов договоров программно предусмотрены дополнительные параметры. Например, для договора об обучении. Для договора об обучении в данном разделе предусмотрена возможность дополнительных расчетов суммы договора для дополнительных соглашений. Для этого необходимы дополнительные параметры, содержащие информацию об обучении: форма подготовки, факультет, направление и программа подготовки, категория студентов, гражданство, год начала обучения, курс и семестр начала обучения, срок обучения, информация о базовом образовании. Большая часть этих параметров подставляется из соответствующих справочников.

Дополнительные поля этого типа договоров

Статус из галактики исполняемый

Форма подготовки Очная ▼

Факультет Отделение среднего профессионального образования ▼

Направление подготовки 20.02.04 Пожарная безопасность ▼

Программа подготовки Не выбрано ▼

Гражданство Гражданин РФ ▼

Категория студента Без дополнительных условий ▼

Год начала обучения по программе 2021

Начало обучения 1 курс 1 семестр

Нормативный срок обучения по программе 0 года (лет) 0 месяца (-ев)

Базовое образование Не выбрано ▼

Выдаваемый документ Не выбрано ▼

Сумма за год обучения

Сумма за осенний семестр

Сумма за весенний семестр

Примечание

Рис. 13. Редактор договора (дополнительные поля)

Для договора об обучении можно создать несколько типов дополнительных соглашений: об изменении стоимости обучения, об оплате материнским капиталом, об объединении факультетов. До внедрения АСУ «Учет договоров» все дополнительные соглашения создавались путем заполнения шаблона, созданного в MS Office Word, то есть практически вручную. Также практически отсутствовал учет созданных дополнительных соглашений, что усложняло поиск существующих соглашений и поиск контрагентов (договоров), с которыми необходимо заключить дополнительное соглашение.

Самые массовые соглашения – дополнительные соглашения об изменении стоимости обучения – хранят в дополнительных полях информацию об изменившейся стоимости обучения за год и по семестрам. Предполагается, что такие соглашения выпускаются для каждого договора на каждый учебный год. Кроме возможности ввода необходимых сумм вручную для упрощения расчета новой стоимости обучения была реализована дополнительная страница «Расчет стоимости обучения для дополнительного соглашения». Каждый расчет привязывается к определенному дополнительному соглашению.

Параметры шаблона			
Учебный год	2022		
Курс в выбранном учебном году	4		
Обучение			
Форма подготовки	Очно-заочная		
Факультет	Факультет экономики и права		
Уровень образования	Бакалавриат		
Направление подготовки	Юриспруденция (40.03.01)		
Программа подготовки	Гражданское право и процесс (40.03.01)		
Гражданство	Гражданин РФ		
Категория студента	Без дополнительных условий		
Сроки обучения			
Начало обучения	1	курс	1 семестр
Окончание обучения	5	курс	9 семестр
Срок обучения	4	года (лет)	6 месяца (-ев)
Нормативный срок обучения по программе	4	года (лет)	6 месяца (-ев)

Применить

Рис. 14. Расчет стоимости обучения для дополнительного соглашения (поля для расчета из договора)

В нем автоматически выбираются необходимые для расчета данные, в том числе данные из родительского договора об обучении, такие как форма подготовки, факультет, уровень образования, направление и программа подготовки и др. Из дополнительных справочников также выбираются необходимые параметры, например, нормативные сроки обучения. Высчитывается текущий курс обучения. Затем по полученным параметрам на каждый год обучения из раздела приказов о стоимости программа подбирает подходящие по собранным параметрам приказы и строки приказа с необходимыми стоимостями, если приказа не найдено, берется стоимость из предыдущего года обучения. Если найдено несколько подходящих приказов, выбирается более поздний. Далее рассчитывается и заполняется таблица стоимостей за каждый год (курс) и семестр обучения

и новая общая сумма договора. В таблице для каждого курса обучения также указан соответствующий выбранный приказ о стоимости, который можно просмотреть отдельно для проверки правильности подбора. Для лиц, в отношении для которых действуют дополнительные индивидуальные скидки, существуют возможность указать определенные стоимости вручную.

Стоимости по курсам

Курс	Учебный год	Коэффициент сроков обучения	Стоимость (осенний / весенний семестры)	Нестандартная стоимость			Приказ
				Год	Осенний семестр	Весенний семестр	
1	2019 / 2020	1	52 000,00 (26 000,00 / 26 000,00)				<ul style="list-style-type: none"> ДФ 120-ОП от 05.11.2019 2019/2020, ФЭП, 40.03.01 Юриспруденция, 1 курс, Очно-заочная форма Стоимость по приказу: 60 000 365-ОП от 29.05.2019 2019/2020, ФЭП, 40.03.01 Юриспруденция, 1 курс, Очно-заочная форма Стоимость по приказу: 52 000
2	2020 / 2021	1	52 000,00 (26 000,00 / 26 000,00)				<ul style="list-style-type: none"> ДФ 60-ОП от 29.05.2020 2020/2021, ФЭП, 40.03.01 Юриспруденция, 2 курс, Очно-заочная форма Стоимость по приказу: 52 000
3	2021 / 2022	1	52 000,00 (26 000,00 / 26 000,00)				
4	2022 / 2023	1	52 000,00 (26 000,00 / 26 000,00)				
5	2023 / 2024	0.5	26 000,00 (26 000,00 /)				
Итого			234 000,00				

Сохранить Закрыть

Рис. 15. Расчет стоимости обучения для дополнительного соглашения

После сохранения данного расчета необходимые суммы подставляются в дополнительное соглашение, после чего оно готово к печати и подписи. Для данного вида дополнительных соглашений подбор необходимых стоимостей по приказам являлся самым затратным по времени. Данный расчет позволил значительно ускорить заполнение дополнительных соглашений.

Дополнительно в разделе «Договоры» для бухгалтерии был реализован подраздел «Суммарная информация по договорам». Данная страница представляет из себя отчет по предполагаемой прибыли, сформированный по договорам на обучение на определенную указанную дату. Для отчета выбираются все договоры или только необходимые, отфильтрованные по факультету, форме обучения, направлению и программе подготовки.

Суммарная информация по договорам

Дата начала отчета: 01.01.2022

Итоговая сумма: 613 333,33

- подсчитанные программно столбцы
- строки вошедшие в итоговую сумму
- не хватает данных для расчета стоимости в строке
- расчет стоимости в строке не достоверен, строка проигнорирована (скорее всего у восстанавливающихся не совпала стоимость первого года)
- строка не включена в итоговую сумму (выбрано более новое доп соглашение или приказ)

Фильтры:

Дата запроса:

Факультет:

Форма обучения:

Направление:

Программа:

Вид таблицы:

№	ФНО	Тип и номер	Дата договора	Дата начала	Дата окончания	Сумма договора
38		Договор об обучении 02:224-19-00089	01.09.2019	01.09.2019	31.08.2024	575 000,00
69		Договор об обучении 02:224-20-00019	10.03.2020	10.03.2020	31.08.2024	557 750,00
70		Доп. соглашение - Стоимость	05.08.2020			460 000,00
114		Договор об обучении 02:224-19-00099	01.09.2019	01.09.2019	31.08.2024	575 000,00
317		Договор об обучении 02:224-20-00020	10.03.2020	10.03.2020	31.08.2024	546 250,00
318		Доп. соглашение - Стоимость	05.08.2020			460 000,00

Рис. 16. Суммарная информация по договорам

Из каждого договора выбирается стоимость обучения. При наличии у договора дополнительных соглашений о стоимости они также учитываются. Кроме того, к каждому договору, как и в «Расчете стоимости обучения для дополнительного соглашения», подбираются стоимости для всех курсов согласно приказам о стоимости. Затем для каждого договора с учетом всех дополнительных соглашений и приказов рассчитывается оставшаяся стоимость обучения с текущей даты отчета и до конца обучения по каждому договору. Из полученных чисел получается итоговая сумма, необходимая бухгалтерии для отчета.

ФНО	Номер договора	Дата договора	Дата начала обучения	Дата окончания обучения	Сумма договора первичная	Срок обучения, всего месяцев	Срок обучения, осталось месяцев	Стоимость года обучения текущая	Итоговая сумма
Естественно-географический факультет									
	Договор об обучении 02\224-17-00163	21.08.2017	01.09.2017	31.08.2022	150000.00	60 (5 / 0)	8 (0 / 8)	32540.00	21693.333333333
	Договор об обучении 02\224-19-00089	01.09.2019	01.09.2019	31.08.2024	575000.00	60 (5 / 0)	32 (2 / 8)	115000.00	306666.666666667
	Договор об обучении 02\224-19-00078	01.09.2019	01.09.2019	22.02.2024	153000.00	54 (4 / 6)	26 (2 / 2)	34000.00	73666.666666667
	Договор об обучении 02\224-19-00099	01.09.2019	01.09.2019	31.08.2024	575000.00	60 (5 / 0)	32 (2 / 8)	115000.00	306666.666666667
	Договор об обучении 02\224-19-00077	01.09.2019	01.09.2019	22.02.2024	166500.00	54 (4 / 6)	26 (2 / 2)	37000.00	80166.666666667

Рис. 17. Итоговая таблица суммарной информации по договорам

В программе предусмотрено два вида отчетной таблицы. Обычный – более удобный для проверки подобранных сумм и расчетов. Экспортный – только с необходимой информацией для отчета. Также результаты отчета можно выгрузить в таблице в формате, совместимом с MS Office Excel.

Ранее для составления данного отчета приказы подбирались вручную к каждому действующему договору (которых на данный момент в системе порядка 3000 и порядка 20 актуальных приказов), что приводило к большим временным потерям. В АСУ «Учет договоров» изначально была заложена возможность управления приказами о стоимости обучения и подбора их для соответствующих договоров, благодаря чему заполнение данного отчета автоматизировано и требует только проверки со стороны бухгалтера, ответственного за данный отчет, что значительно ускоряет его создание.

Литература

1. Блэк Д. Введение в бухгалтерский управленческий учет / пер. с англ. – М.: Весь мир, ИНФРА-М, 2018. – 424 с.
2. Ивашкевич В.Б. Бухгалтерский управленческий учет. – М.: Магистр: ИНФРА-М, 2017. – 576 с.
3. Галактика. Комплексная система автоматизации управления предприятием. – М.: Корпорация «Галактика», 2003.
4. 1С: Бухгалтерия предприятия 8.1. Практическое пособие. – М.: КноРус, 2018. – 368 с.
5. Бардзелл, Джеффри Macromedia Dreamweaver MX 2004 с ASP, ColdFusion и PHP. Из первых рук (+ CD-ROM). – М.: Эком, 2017. – 560 с.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ «ВИРТУАЛЬНАЯ ВИЗИТКА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ BLUETOOTH и NFC

А.А. Сатканов¹, Д.С. Парадеев²

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

¹студент; e-mail: satkanov1095@gmail.com; ²ст. преподаватель

Научный руководитель: А.А. Статуев, к.п.н., доцент

Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматривается процесс проектирования приложения «виртуальная визитка» для обмена контактной информацией при помощи технологий Bluetooth и NFC.

Ключевые слова: приложение; Bluetooth; NFC; визитка; устройство; клиент.

С каждым годом количество конференций и семинаров в различных сферах деятельности растет. Заключаются контракты на поставку каких-либо товаров, участники мероприятий представляют свои изобретения и находят новые знакомства. Довольно часто можно увидеть обмен визитками либо обмен иными сведениями о себе для контакта. Но многие согласятся, что визитки достаточно легко подвержены механическому воздействию, то есть могут порваться или испортиться, к примеру, от воды. Их можно потерять или оставить где-то, а обмен адресами в соцсетях крайне неудобен. Выходом из этой ситуации может стать создание приложения для обмена электронными визитками, созданное для мобильных устройств.

Мобильные телефоны уже давно стали неотъемлемой частью нашей жизни. Функционал этих устройств настолько широк, что трудно сказать, чего они не умеют. Это одновременно и фотоаппарат, и часы, и блокнот, и многое другое. Почему бы тогда не дополнить этот функционал еще и визитницей? Как было бы удобно просто одним кликом отправить свою визитку человеку, стоящему рядом с тобой или на некотором расстоянии.

В своей статье мы рассмотрим возможность создания мобильного приложения для обмена контактами.

Разрабатываемое приложение будет состоять из двух частей. Первая часть, создание визитки. Вторая часть – передача этой визитки клиенту, у которого открыто приложение. Для отправки визитки клиенту нам необходим канал передачи данных. Этот канал должен соответствовать, на наш взгляд, ряду требований:

- достаточно большое среднее расстояние передачи информации;
- высокая скорость передачи данных;
- возможность отправки файла нескольким клиентам и прием нескольких файлов.

Под вышеуказанные требования подходит технология передачи данных Bluetooth, так как она является наиболее распространенной на текущий момент. Технология Bluetooth появилась в 1998 году. Первая версия имела название Bluetooth 1.0. Она имела ряд проблем, которые были решены в последующих версиях Bluetooth. В последней вышедшей в 2016 году версии Bluetooth 5.0 был увеличен

радиус действия до 300 метров, а скорость до 48 Мбит/с. В помещении радиус действия уменьшается до 40 метров. Одним из достоинств этой версии стало то, что она может работать в очень загруженных с точки зрения радиоизлучения местах.

Несмотря на то, что Bluetooth подвержен различным атакам и существуют ряд иных проблем, при правильном использовании клиент может обезопасить себя. Если клиенту необходимо передать визитку конфиденциально, в этом случае будет генерироваться пароль у отсылающего устройства, который необходимо будет ввести на принимающем устройстве.

Помимо Bluetooth рассмотрим использование технологии NFC. Технология NFC была разработана в начале 2000-х годов Sony и Philips. Она работает, когда устройства расположены близко друг к другу. Есть два стандарта, используемые NFC: NFC-A для андроида и NFC-B для BlackBerry. Существует также другие типы технологии NFC, такие как NFC-V NFC-FeliCa. Разница между этими типами заключается в скорости и дальности связи.

NFC-технология была выбрана в качестве запасного варианта канала передачи данных, так как её характеристики гораздо хуже характеристик Bluetooth. Максимальная дальность передачи данных по NFC составляет не больше 10 см. Средняя скорость передачи около 425 кб/с. Расстояние и скорость намного меньше, чем у Bluetooth. Кроме запасного канала передачи данных, технология NFC будет добавлена для передачи файла путем соприкосновения двух телефонов с чипами NFC, что обеспечит дополнительную конфиденциальность при необходимости.

Дизайн приложения «Виртуальная визитка» (VCW) будет минималистичен. Сделано это для того, чтобы пользователи разных возрастов быстро смогли освоить данное приложение. В будущем можно будет выпустить разные темы для изменения дизайна, но применяться они будут в настройках приложения.

Главным назначением приложения будет создание и обмен визитками по Bluetooth или NFC.

Целевой аудиторией приложения станут люди или представители компаний, которые часто обмениваются визитками.

Исходя из сравнения технологий, Bluetooth – наиболее подходящая под требования приложения технология. Он установлен на большом количестве устройств, начиная от маленьких датчиков и заканчивая смартфонами. Легко можно будет передать визитку не только на смартфон, но и, например, на умные часы с модулем Bluetooth. При этом модуль Bluetooth энергоэффективный, что дает огромное преимущество на фоне других.

Также важной частью приложения будет само создание визитки. Задача визитки сугубо информационная, а не эмоциональная. Хорошая визитка не должна быть броской и вызывающей, она должна быть информативной, аккуратной и запоминающейся.

Хорошая визитка должна отвечать на три главных вопроса: ваше имя, ваш статус и ваши личные контакты. Пользователь сразу должен увидеть все основные элементы: логотип, ваше ФИО, личные контакты и контакты компании.

Также необходимо использовать простой шрифт без засечек и декоративных элементов – это самый читабельный вариант. Имя и фамилия должны быть напечатаны достаточно крупно. На рисунке 1 представлена диаграмма создания визитки в приложении.

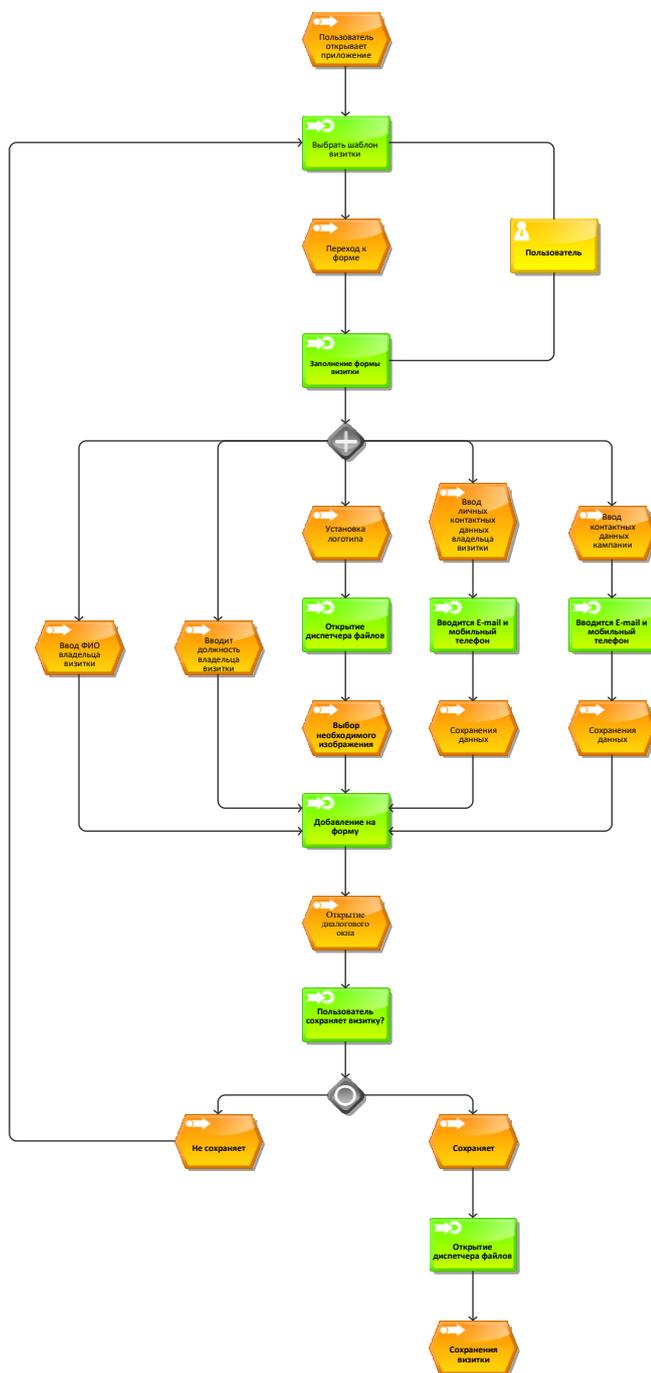


Рис.1. Диаграмма создания визитки

Работа приложения, на наш взгляд, должна выглядеть следующим образом. При открытии приложения пользователю будет доступен на выбор один из шаблонов визитки. Затем пользователь переходит к форме, на которой будет шаблон, выбранный пользователем. На форме обязательно будет присутствовать два поля – это ФИО и личные контактные данные. Логотип и контактные данные

кампании можно будет добавить при необходимости. Далее все данные добавляются на форму, после чего пользователь решает, сохранить или выбрать другой шаблон визитки. Если пользователь решает выбрать другой шаблон, ему открывается меню шаблонов, и весь процесс проходится заново. В ином случае, когда пользователь решает сохранить визитку, ему открывается диспетчер файлов, после чего файл сохраняется в выбранной пользователем папке. При необходимости нужная визитка выбирается из папки и пересылается выбранному пользователю.

Мы считаем, что необходимо добавить в приложение сортировку визиток. Сортировка будет по дате и времени. Также у клиента будет предусмотрена возможность создавать собственные группы, где пользователь сможет сортировать свои или отправленные ему визитки.

Было решено спроектировать мобильное приложение BCW. Оно будет иметь следующие функции:

- создание и хранение электронных визиток;
- передача визитки между устройствами;
- возможность сортировать и группировать визитки.

Помимо этого, будет иметься переключатель между передачей данных через Bluetooth и NFC. Сделано это будет на случай, если пользователь не сможет воспользоваться одной из технологий беспроводной передачи данных.

Литература

1. Коротко об истории Bluetooth: четверть века для путешествия от 1.0 до 5.2. – URL: <https://habr.com/ru/company/zyxel/blog/534614> (дата обращения: 20.10.2022).
2. Пять правил хорошей визитки. – URL: <https://pro-color.ru/blog/pyat-pravil-khoroshey-vizitki> (дата обращения: 20.10.2022).
3. Что такое NFC? Все, что Вам нужно знать. – URL: <https://www.rfidfuture.com/ru/what-is-nfc.html> (дата обращения: 20.10.2022).

СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ ТЕОРИИ СХОДИМОСТИ

Е.Р. Серова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: kate55555ser@mail.ru
Научный руководитель: И.Н. Маслов, к.ф.-м.н.
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье анализируется применение теории сходимости в практической сфере. Рассмотрены основные понятия и определения рядов. Решён пример по теме «Теория сходимости».

Ключевые слова: современный анализ; теория сходимости; ряд; ограниченная функция; абсолютная сходимость; частичная сумма ряда; формула Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа.

«Курс современного анализа» Э.Т. Уиттекера и Дж. Н. Ватсона представляет собою выдающийся образец классического стиля английской школы комплексного анализа. Эта книга далеко не утратила свою актуальность, свою «современность», несмотря на то, что первое русское издание вышло в 1933–1934 гг. и представляло собой перевод с четвёртого, стереотипного английского издания 1927 г.

В книге имеется значительное число задач. Большинство из них трудные, некоторые очень трудные. Все они своей формулировкой и, как правило, методом решения отличаются от тех задач, которые принято рассматривать в рамках обычного курса математического анализа. Для углублённого изучения этой дисциплины рассмотрение подобных задач чрезвычайно важно даже по той уже причине, что решение их расширяет математический кругозор студентов, знакомит их с нестандартными методами рассуждений.

Решений этих задач в книге нет. Задачи, видимо, были собраны авторами из математических журналов и книг того времени. И решения их, должно быть, были предложены авторами задач. В имеющейся ситуации они практически недоступны.

Предполагается, что по мере увеличения числа студентов, принимающих участие в решении этих задач, и соответственно по мере увеличения числа решённых задач, будет издан сборник, основную часть которого составят именно задачи, сформулированные в книге «Курс современного анализа» Э.Т. Уиттекера и Дж. Н. Ватсона, и решения этих задач.

Говоря о книге «Курс современного анализа» Э.Т. Уиттекера и Дж. Н. Ватсона, давайте для начала разберёмся, что же такое современный анализ.

Современный анализ – это основной раздел математики, который сложился ещё из математического анализа. Основным признаком современного анализа является существование функций переменных величин как предмета исследования.

Рассмотрим поближе такой раздел современного анализа, как теория сходимости. Ряды, благодаря своим качествам, нашли применение в таких науках,

как математика, физика. Для решения той или иной задачи, в которой необходим окончательный ответ, с достаточной для практического применения точностью, используют методы раздела сходимости рядов.

Для примера, рассмотрим одно из заданий этого раздела. Для этого решим номер 10. [1, с. 58].

Задание: показать, что при $s > 1$

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} = \frac{1}{s-1} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \left\{ \frac{1}{(n+1)^{s-1}} - \frac{1}{n^{s-1}} \right\} \right]$$

И что ряд в правой части сходится при $0 < s < 1$.

Попробуем найти решение данной задачи.

Введём основные понятия ряда.

Числовой ряд – это выражение вида $\sum_{n=1}^{\infty} u_n = u_1 + u_2 + \dots + u_n + \dots$, где члены ряда $u_1, u_2, \dots, u_n, \dots$ – действительные или комплексные числа, u_n общий член ряда [2, с. 5].

Ряд сходится, если существует конечный предел $S = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n$ последовательности частичных сумм ряда. Этот предел называется суммой ряда $S = \sum_{n=1}^{\infty} u_n$. [2, с. 5].

Теперь мы можем перейти, непосредственно, к решению задачи.

Во-первых, мы отнимем от обеих частей сумму $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s}$ при $s > 1$ и умножим обе части на $s-1$.

$$\text{Теперь нам достаточно показать, что } 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{1}{(n+1)^{s-1}} - \frac{1}{n^{s-1}} \right) = 0.$$

В данном случае мы не будем использовать абсолютную сходимость, так как достаточное условие, позволяющее переставлять члены ряда, здесь несущественно, поскольку оба ряда сходятся в правой части.

Во-вторых, получаем, что равенство $\sum (a_n + b_n) = \sum a_n + \sum b_n$ выполняется для любых рядов, если ряды в правой части сходятся. Теперь произведём доказательство для частичных сумм ряда:

Для начала введём понятие частичной суммы ряда:

n -я частичная сумма ряда – это сумма первых n членов ряда $S_n = u_1 + u_2 + \dots + u_n$. [2, с. 5].

Возвращаясь к нашей задаче, докажем:

$$\sum_{n=1}^N (a_n + b_n) = \sum_{n=1}^N a_n + \sum_{n=1}^N b_n.$$

Переходя к пределу при $N \rightarrow \infty$, получим требуемое.

Теперь найдем частичную сумму:

$$1 + \sum_{n=1}^N \left(\frac{1}{(n+1)^{s-1}} - \frac{1}{n^{s-1}} \right) = 1 + \frac{1}{2^{s-1}} - \frac{1}{1^{s-1}} + \frac{1}{3^{s-1}} - \frac{1}{2^{s-1}} + \dots + \frac{1}{(N+1)^{s-1}} - \frac{1}{N^{s-1}} = \frac{1}{(N+1)^{s-1}} \rightarrow 0, N \rightarrow \infty.$$

Получается, что равенство сумм доказано.

На следующем этапе решения нашей задачи мы будем использовать формулу Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа. Формулу Тейлора используют, если известны величины, тогда она позволяет вычислить значение функции в некоторой точке. Для контроля погрешности вычислений полезно иметь представления остаточного члена в различных формах, наиболее употребительная из которых – форма Лагранжа.

Формула Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа выглядит следующим образом:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{f'(x_0)}{1!}(x-x_0) + \dots + \frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n + \frac{f^{(n+1)}(c)}{(n+1)!}(x-x_0)^{n+1}$$

В этой формуле остаточный член в форме Лагранжа имеет вид:

$$R_n(x) = \frac{f^{(n+1)}(c)}{(n+1)!}(x-x_0)^{n+1}, \text{ где } c \in (x_0, x).$$

Теперь применим на нашем примере формулу Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа:

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!}x + \frac{f''(\xi)}{2!}x^2, \text{ где } f(x) = (1+x)^{1-s}, \quad x = \frac{1}{n}, \quad 0 < \xi < x.$$

Оценим общий член ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^s} = \frac{1}{s-1} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \left\{ \frac{1}{(n+1)^{s-1}} - \frac{1}{n^{s-1}} \right\} \right]$

в правой части:

$$\frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \left(\frac{1}{(n+1)^{s-1}} - \frac{1}{n^{s-1}} \right) = \frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \frac{1}{n^{s-1}} \left(\left(1 + \frac{1}{n}\right)^{1-s} - 1 \right) = \frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \frac{1}{n^{s-1}} \left(1 + \frac{1-s}{n} + \frac{\alpha_n}{n^2} - 1 \right),$$

так как $\left(1 + \frac{1}{n}\right)^{1-s} = 1 + (1-s)\frac{1}{n} + (1-s)(-s)(1+\xi)^{-s-1}, \quad 0 < \xi < \frac{1}{n}.$

Здесь использовалась форма Лагранжа для остаточного члена, а именно: $\alpha_n = \frac{1}{2}f''(\xi_n), \quad 0 < \xi_n < \frac{1}{n}, \quad f(x) = (1+x)^{1-s},$ получается, что все α_n будут ограничены, то есть $\exists C: |\alpha_n| \leq C.$

Также следует упомянуть: вторая производная $f''(x) = (1-s)(-s)(1+x)^{-s-1}$ – это непрерывная функция на $[0,1]$, следовательно, ограниченная. Поэтому у нас и получается, что α_n будет ограничена. По n она тоже будет являться ограниченной, поскольку в α_n используется максимум по отрезку $\left[0, \frac{1}{n}\right]$, который, в свою очередь, содержится в $[0,1]$. Получается, что, если на $[0,1]$ функция ограничена, то и на меньшем отрезке она тоже будет ограниченной.

Здесь положительность ряда нам не нужна, потому что мы исследуем его на абсолютную сходимость, то есть оцениваем модуль общего члена. Теперь, чтобы получить модуль общего члена, преобразуем полученное выражение и подставим вместо скобки полученное разложение по формуле Тейлора:

$$\left| \frac{1}{n^s} - \frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \frac{\alpha_n}{n^{s+1}} \right| = \left| \frac{\alpha_n}{s-1} \frac{1}{n^{s+1}} \right| \leq \frac{C}{1-s} \frac{1}{n^{s+1}}.$$

У нас $a_n = \left| \frac{1}{n^s} - \frac{1}{n^s} + \frac{1}{s-1} \frac{\alpha_n}{n^{s+1}} \right|, \quad b_n = \frac{1}{n^{s+1}}, \quad A = \frac{C}{1-s}.$

Для полноценного обоснования нашего ответа также следует упомянуть признак сравнения: «Если даны два ряда $\sum a_n$ и $\sum b_n$ с положительными членами и существует константа K такая, что начиная с некоторого n $a_n < Kb_n$, то из сходимости ряда $\sum b_n$ следует сходимость ряда $\sum a_n$ ».

Теперь, мы можем сказать, сходится ли ряд в правой части при $0 < s < 1$. Получаем, что ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^{s+1}}$ сходится, так как показатель степени $s+1 > 1$, поэтому ряд в правой части сходится абсолютно при $0 < s < 1$.

Важно помнить, что применение теорий сходимости помогает направить и подтолкнуть математические модели к дальнейшему развитию.

Получается, для того чтобы работать в практической сфере, необходимо ориентироваться в современном анализе.

Литература

1. Уиттекер Э.Т., Ватсон Дж.Н. Курс современного анализа. В 2 т. Т 2. / пер. с англ.; под ред. Ф. В. Широкова. – 2-е изд. – Ч.1. Основные операции анализа. – М.: Физматгиз, 1962–1963.
2. Гредасова Н.В., Корешникова М.А., Желонкина Н.И. Линейная алгебра: учебное пособие / науч. ред. А.Н. Сесекин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. – 88 с.

ОБЗОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ MEMS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЧ ЭЛЕКТРОРАДИОЭЛЕМЕНТОВ

Е.А. Сустаева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)

магистрант; e-mail: sustaevalena@mail.ru

Научный руководитель: Н.П. Ямпурин, д.т.н., профессор
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

Статья посвящена обзору использования технологии производства микроэлектромеханических систем (MEMS-технологий) для СВЧ-электрорадиоэлементов (ЭРЭ). Рассматриваются наиболее часто используемые ЭРЭ: катушки индуктивности, варакторы, резонаторы и линии передачи, а также базовые принципы их автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: катушки индуктивности; MEMS-варактор; MEMS-коммутаторы; резонатор; MEMS-линии передачи.

Неизменно растут запросы к эластичности и сложности, невесомости и экономичности современных систем связи, они стимулируют на поиск новейших технологий, разрешающих уменьшить производственные затраты и значительно улучшить технические характеристики СВЧ-компонентов.

Современная потребность снижения веса и размеров СВЧ-устройств, уменьшения потребляемой мощности и стоимости, расширения их динамического диапазона, наращивания их интеграции и функциональных возможностей при росте рабочих частот стимулирует разработчиков к производству новых электрорадиоэлементов (ЭРЭ) и поиску их оптимальных архитектур [1]. MicroElectroMechanical Systems технология (MEMS-технология) в настоящее время является самой передовой и перспективной технологией производства СВЧ-устройств [2].

Под технологиями изготовления MEMS-устройств подразумеваются традиционные технологические циклы изготовления интегральных схем, адаптированные для создания трёхмерных механических структур [3], а именно: объёмная микрообработка, поверхностная микрообработка и так называемая технология LIGA [4].

Сущность MEMS-технологии содержится в удалении отдельных областей подложки таким образом, чтобы оставшиеся её части оказались приподнятыми над основной поверхностью, или наоборот в том, чтобы нарастить заданную высокопрофильную структуру над ней. Появляется возможность преодолеть технологические ограничения на номиналы компонентов. Далее рассмотрена реализация следующих ЭРЭ СВЧ диапазона на основе MEMS-технологии: катушек индуктивности, варакторов, коммутаторов, резонаторов.

Применение объёмной микрообработки здесь необходимо, чтобы снизить проявления паразитных эффектов, присущих традиционным планарным катушкам индуктивности, выполненным на диэлектрических подложках: снижение добротности Q , частоты собственного резонанса.

Применение MEMS-технологии разрешает приблизить их параметры к значениям, реализуемым только для внешних навесных элементов.

Пример катушки индуктивности, выполненной по MEMS-технологии, показан на рисунке 1. Данная катушка выполнена по технологии объёмной микрообработки: из-под ее спирали удалён диэлектрик [5].

Катушки индуктивности в виде витков соленоида, возвышающихся над подложкой, реализуются сходным образом с помощью технологии поверхностной микрообработки (рис. 2).

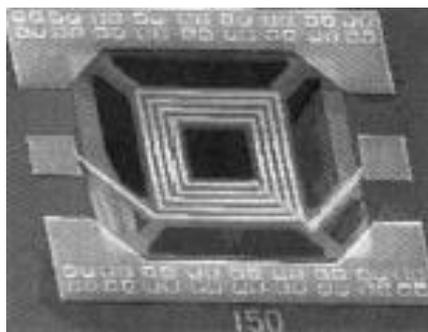


Рис. 1. Выполненная по MEMS-технологии спиральная катушка

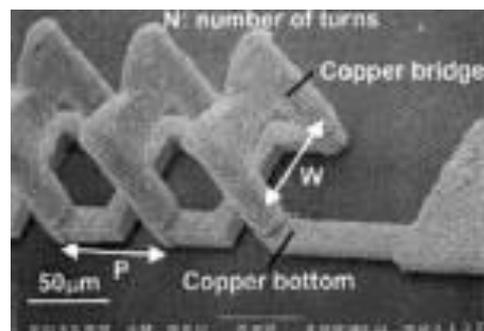


Рис. 2. Выполненная по MEMS-технологии катушка в виде соленоида

MEMS-варакторы выполняются различными способами:

- 1) в виде двух параллельно расположенных пластин (рис. 3);
- 2) в виде встречно-штыревой структуры (рис. 4).

В первом случае верхняя обкладка представляет собой подвесную пружину, размещенную на некотором расстоянии от нижней. Расстояние между обкладками изменяется при помощи электростатических сил, вызванных напряжением, приложенным к пластинам.

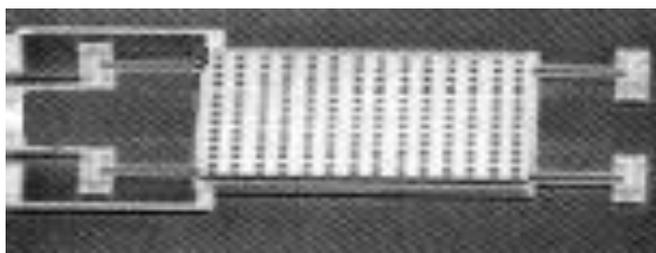


Рис. 3. На основе параллельных пластин MEMS-варактор

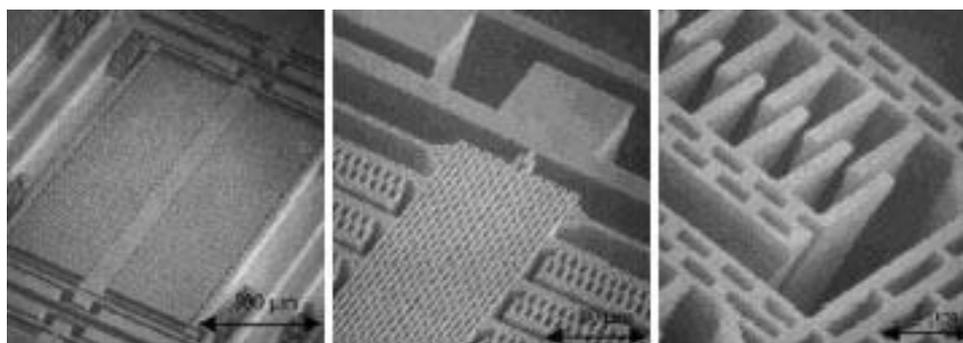


Рисунок 4. На основе встречно-штыревой структуры MEMS-варактор

Основное внимание разработчиков устремлено на получение минимального напряжения срабатывания и максимальной скорости переключения. На сегодняшний день разработан обширный набор коммутационных устройств, применяющих широкое многообразие механизмов и топологий. Современные технологии позволяют применять сплавы с запоминанием формы, подвесные консоли, различные схемы «несколько направлений – несколько путей» и мембраны. (рис. 5). MEMS-коммутаторы предлагают разработчикам высокую линейность, малые вносимые потери и высокую развязку в разомкнутом состоянии.

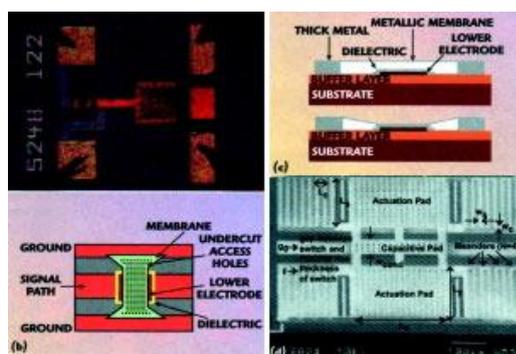


Рис. 5. MEMS-коммутаторы в различных реализациях

Наиболее распространённые механизмы работы устройств описаны в [6].

Пьезоэлектрический – коммутация происходит за счет приложенного напряжения к отдельным элементам структуры, что, в свою очередь, приводит к изменению физических размеров.

Электростатический – в этом случае заряды отрицательные или положительные, наводимые напряжением, приложенным к разнообразным элементам объёмной структуры, рождают Кулоновские силы, которые выполняют передвижение коммутирующего элемента.

Биметаллический (с памятью формы, на основе сплавов) – благодаря свойству некоторых материалов восстанавливаться при нагревании в первоначальную форму и деформироваться при низкой температуре, отсюда и происходит коммутация.

Магнитный – благодаря магнитным силам, возникающим при протекании тока через элементы объёмной структуры, выполняется коммутация.

Тепловой – коммутация происходит за счёт того, что ток, протекающий через элементы объёмной структуры, вызывает их нагревание и изменяет физические размеры.

Электростатический механизм среди исполнительных механизмов является наиболее часто встречающимся. Объясняется это тем, что для его получения лучшим образом идет микромеханическая поверхностная обработка. Она совместима с существующими технологиями изготовления интегральных монолитных схем.

MEMS-коммутаторы различаются также и по типу используемых контактов. Это могут быть ключи с емкостными связями, где замыкание цепи происходит через специальное отверстие в тонком изолирующем слое диэлектрика и

ключи с контактами или резистивными «металл-металл». Ключи с емкостной связью не могут коммутировать цепи постоянного тока, в отличие от резистивных контактов, соответственно частотные свойства и быстродействие MEMS-переключателей сильно зависят от их типа.

Микроскопические планарные резонаторы, сходные по характеристикам с резонаторами макроскопическими волноводными [7], можно получить с помощью микромеханической обработки. На рисунке 6 изображен резонатор X-диапазона объёмный микромеханический, который наиболее подходит для передачи в планарные СВЧ-микросхемы, за счет совместимости технологий производства.

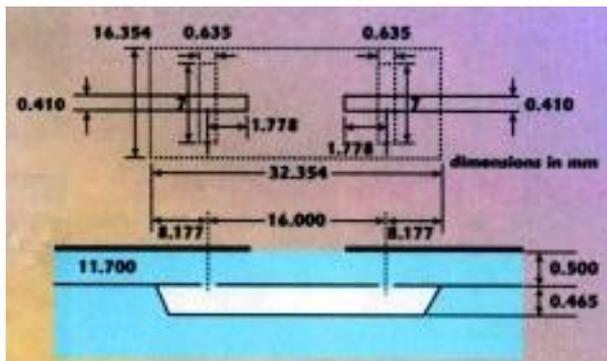


Рис. 6. Объёмный резонатор X-диапазона (микромеханический)

На рисунке 7 изображены типы линий передач, с помощью MEMS-технологий, успешно реализованных. К ним относятся: экранированная копланарная линия передачи; размещённая на диэлектрической мембране микрополосковая линия, волновод микромеханический, волновод копланарный (с травлением по верхнему слою).

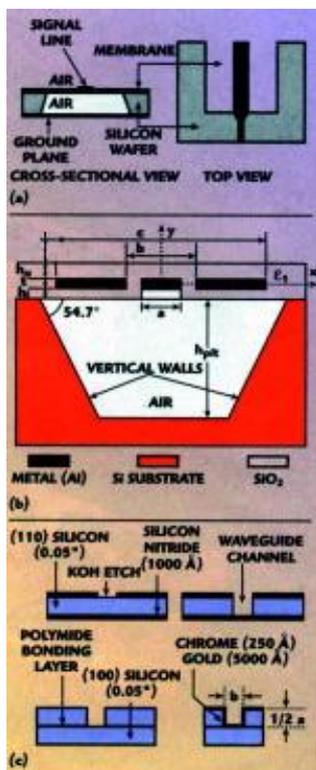


Рисунок 7. MEMS-линии передач различных типов

Линиям передач свойственны физические эффекты, которые вызывают ухудшение их характеристик, таких как явление частотной дисперсии, и в некоторой степени вносимые потери обуславливаются свойствами среды или подложки, исполняющей перенос энергии.

Непрерывно возрастают потребности к лёгкости, сложности, гибкости, и современные системы требуют экономичности, а также поиск технологий стимулирующих связей, позволяющих снизить размеры, затраты на производство, потребление, вес и существенно улучшить технические характеристики. Эти качества крайне необходимы для расширенной области применения СВЧ. Широко используются в устройствах беспроводного доступа к сети Internet, сотовых телефонах, для торговли, при передаче данных по Bluetooth и в системах GPS. Можно с уверенностью сказать, что все перечисленные требования может удовлетворить только технология MEMS.

Необходимость в минимизации габаритов и массы СВЧ-устройств, увеличении их динамического частотного диапазона, уменьшении потребляемой мощности и цены заставляет проектировщиков максимально использовать опыт технологических приемов изготовления интегральных схем (ИС) на заготовках их Si, GaAs и GaN.

Основной сложностью при проектировании СВЧ-устройств является создание миниатюрных переключателей сигналов. На сегодняшний день наиболее известны СВЧ-переключатели двух типов: электромеханические; электронные (на дискретных приборах). Основным минусом СВЧ МЭМС-переключателей электростатического типа выступает значительное управляющие напряжения (до 100 В), управляющее напряжения других типов МЭМС-переключателей находится в пределах от 3 до 20 В.

Заключение

Целью дальнейшей работы в области MEMS-технологий применительно к СВЧ МЭМС является разработка методики расчета СВЧ МЭМС-переключателей сигналов с минимальными внутренними потерями и высокой степенью изоляции СВЧ-сигнала, создание оптимальной технологии изготовления СВЧ МЭМС-переключателей.

В процессе работы над данной темой необходимо решить следующие задачи:

- исследовать различные виды СВЧ МЭМС-переключателей, сравнить их конструкторские и технологические характеристики с целью выбора оптимальной конструкции;
- провести электромеханическое моделирование МЭМС-переключателей с различными вариантами топологий, с целью определения лучшего варианта для диапазона частот 10–12 ГГц;
- провести экспериментальное подтверждение эффективности разработанной конструкции.

Литература

1. Шашурин В.Д., Ветрова Н.А., Назаров Н.В. Определение управляемых параметров для конструкторско-технологической оптимизации СВЧ-смесителей радиосигналов на

резонансно-туннельных диодах по критерию их надежности // Наука и образование. – 2011. – № 10. – С. 3–8.

2. Гришин С.В., Дмитриев Б.С., Жарков Ю.Д., Манышев Р.А., Скороходов В.Н. Генерация хаотических СВЧ-импульсов в широкополосных спин-волновых и вакуумных генераторах хаоса под внешним периодическим воздействием // Известия вузов. ПНД. – 2012. – Т. 20 – № 5. – С. 5–19.

3. Аверин И.А., Пауткин В.Е. Особенности формирования микроэлектромеханических элементов первичных преобразователей информации // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2014. – № 2. – С. 1–9.

4. Балан Н.Н., Ивашов Е.Н., Лучников П.А., Невский А.Б. Острийные эмиттеры электронов микроприборов и конструктивно-технологические особенности их изготовления // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 3. – С. 2–9.

5. Сухачев К.И., Сёмкин Н.Д. Анализ возможностей катушечного электромагнитного ускорителя для разгона ферромагнитных частиц // Вестник Самарского аэротехнического университета. – 2013. – № 3.

6. Гуртов В.А., Беляев М.А., Бакшеева А.Г. Микроэлектромеханические системы // Издательство ПетрГУ. – 2016. – С.172.

7. Ренди Ричардс, Гектор Де Лос Сантос. Нелинейная Микроволновая печь / пер. Ю. Потапова) // Chipnews. – 2001. – № 7. – С. 7–12.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОВЫШЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ

Д.С. Федосенко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
магистрант; e-mail: anonim5@mail.ru
Научный руководитель: В.А. Шаров, к.т.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассмотрен алгоритм повышения достоверности определения координат в системе с GPS-приемником. Описан вариант упрощения и произведена формализация задачи, использован алгоритм Калмана для обработки фактических данных.

Ключевые слова: навигация; ошибка измерения; фильтрация Калмана; координата.

Основная задача любой навигационной системы состоит в безопасном и в то же время оптимальном по затратам выводе управляемого объекта в требуемую точку в конкретный момент времени в соответствии с полученным заданием. Цель пространственной навигации – это точное определение местоположения подвижного объекта с последующим удержанием его на траектории. Это сложный и многофакторный процесс, требующий решения задачи повышения достоверности определения координат с учетом текущей погрешности и шумовой составляющей. Наиболее остро эта проблема стоит при навигации управляемых беспилотных летательных аппаратов дальнего радиуса действия.

Для вывода алгоритма повышения достоверности необходимо упростить и формализовать задачу. Введем величину (координату) x_k , которую необходимо точно спрогнозировать. С учетом варианта построения дальномерного канала – это сигнал, полученный с GPS-модуля, о текущей координате объекта.

При поиске решения многофакторных задач по фильтрации часто используется вариант упрощения и создания робастной системы. Допустим, что в пространстве расположен определенный движущийся объект, траектория его движения возвратно-поступательная. Массогабаритные характеристики объекта известны. На рисунке 1 показана схема его движения.

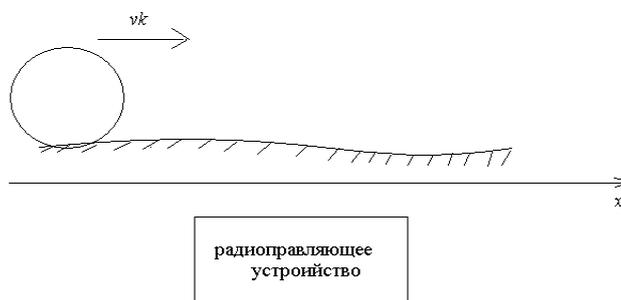


Рис. 1. Модель движения

С учетом описанного характера движения его уравнение можно представить в виде:

$$x_{k+1} = x_k + v_k dt, \quad (1)$$

где x_k – начальная координата;

$v_k dt$ – приращение координаты за время dt .

Это идеальная модель движения, в ней не отражены внешние возмущающие воздействия. Такими воздействиям может быть любое климатическое явление. Для учета случайной составляющей к идеальному управлению необходимо прибавит слагаемое ξ_k :

$$x_{k+1} = x_k + v_k dt + \xi_k. \quad (2)$$

Источником информации о координатах объекта выступает *GPS*-модуль, входящий в состав дальномерного канала связи. По каналу ведётся непрерывный обмен параметрами движения (координатами и скоростью). На основании этих данных определяются истинные параметры движения (скорость, высота) с не точностью $\eta_{\text{л}}$. Это погрешность – случайная величина.

Итоговая ошибка измерения в таком случае составляет:

$$z_k = x_k + \eta_k. \quad (3)$$

Основная задача разрабатываемого алгоритма – это получение минимально возможной ошибки и получение максимальной достоверности определения параметров движения. Исковая величина – x_k^{opt} .

Итоговое выражение для координаты можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= x_k + u_k + \xi_k, \\ z_k &= x_k + \eta_k. \end{aligned} \quad (4)$$

Входными данными для алгоритма являются:

- u_k – это переменная, отвечающая эволюцию движущегося объекта. Она известна;

- ошибки составленной модели ξ_k и ошибка самого определения координаты η_k . Обе величины являются случайными. Эти ошибки есть функции от времени или от порядкового отсчета;

- математическое ожидание текущих ошибок равно 0: $E\xi_k = E\eta_k = 0$;

- закон изменения случайной величины не известен. Основная величина – дисперсия σ_{ξ}^2 и σ_{η}^2 . Она не является функцией отсчета.

Допустим, что все ошибки не зависят друг от друга и не связаны со временем.

Для создания алгоритма повышения уникальности применим фильтрацию Калмана. Для этого предположим, что на произвольном k -ом шаге ведется прием сигнала с *GPS*-модуля системы дальномерного радиоканала x_k^{opt} . Данное измерение происходит достаточно точно и координата объекта x_k определяется с высокой достоверностью. Уравнение, характеризующее данный замер:

$$x_{k+1} = x_k + u_k + \xi_k. \quad (5)$$

Из выражения следует, что, имея точное знание о следующем замере координаты, мы можем предположить, что на последующем шаге произойдет изменение этой величины по предложенному закону и показания с *GPS*-модуля

составят $x_k^{opt} + U_k$. Данное предположение будем считать единственно верным. При данном предположении с какой-то вероятностью возникает ошибка с *GPS*-модуля z_{k+1} .

Основная задача алгоритма фильтрации Калмана – расчет наиболее точного приближения к фактическому (идеальному) значению с *GPS*-модуля x_{k+1} , для этого необходимо вычислить «золотую» между фактическим и реальным замером $x_k^{opt} + U_k$.

Обозначим индексом K текущее показание с модуля, а $(1-K)$ – вес следующего показания:

$$x_{k+1}^{opt} = Kz_{k+1} + (1-K)(x_k^{opt} + u_k). \quad (6)$$

Этот параметр называется коэффициентом Калмана. Он находится в зависимости от времени измерения. Для качественной оценки можно не использовать данную зависимость.

Необходимо определить такой коэффициент, при котором определенное значение координаты x_{k+1}^{opt} соответствовало истинному x_{k+1} с минимальной погрешностью. Предположим, что сигнал от источника точный, и это необходимо при прогнозе следующего показания z_{k+1} . Необходимо также учитывать то, что вес данного параметра приблизительно равен 1. Если это не учитывать, то нужный сигнал содержит серьезную ошибку, которую можно записать в следующем виде $x_k^{opt} + U_k$.

Из расчета минимальной ошибки при определении коэффициента:

$$e_{k+1} = x_{k+1} - x_{k+1}^{opt}. \quad (7)$$

В данном случае ошибка определяется следующим выражением:

$$e_{k+1} = (1-K)(e_k + \xi_k) - K\eta_{k+1}, \quad (8)$$

Доказательство можно записать следующим образом:

$$e_{k+1} = x_k + U_k + \xi_k - K(x_k + U_k + \xi_k + \eta_{k+1}) - (1-K)(x_k^{opt} + U_k). \quad (9)$$

Данный расчет показывает, что ошибка случайная величина.

С учетом выведенных формул, для прогнозирования случайной величины – текущей ошибки, применим способ определения наименьшего квадрата:

$$E(e_{k+1}^2) = (1-K)^2(Ee_k^2 + \sigma_\xi^2) + K^2\sigma_\eta^2 E(e_{k+1}^2) = (1-K)^2(Ee_k^2 + \sigma_\xi^2) + K^2\sigma_\eta^2. \quad (10)$$

Произведем доказательство полученного выражения.

При таком упрощении формулы дисперсии следующие:

$$\sigma_\xi^2 = E\xi_k^2 \text{ и } \sigma_\eta^2 = E\xi_{k+1}^2. \quad (11)$$

Определим экстремум коэффициента Калмана, приравняв ее производную к нулю:

$$K_{K+1} = \frac{Ee_k^2 + \delta_\xi^2}{Ee_k^2 + \delta_\xi^2 + \delta_\eta^2}, \quad (12)$$

Подставляем в уравнение $E(e_{k+1}^2)$ минимальное значение веса K_{K+1} :

$$E(e_{k+1}^2) = \frac{\sigma_\eta^2 (Ee_k^2 + \sigma_\xi^2)}{Ee_k^2 + \sigma_\xi^2 + \sigma_\eta^2}, E(e_{k+1}^2), \quad (13)$$

Это выражение есть решение поставленной задачи по поиску оптимального алгоритма повышения уникальности. Графическая реализация данного алгоритма показана на рисунке 2 (различные варианты данных с *GPS*-модуля).

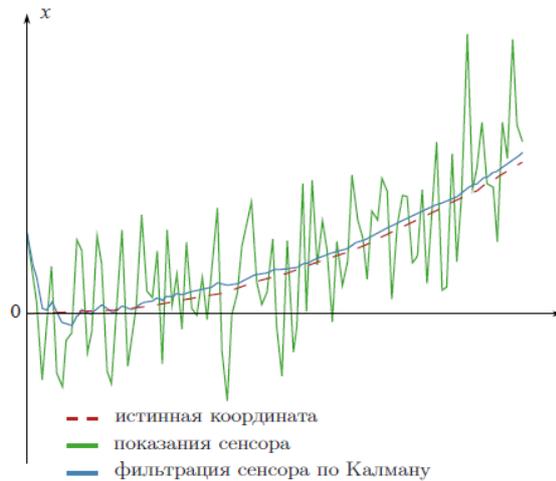


Рис. 2. График реализации алгоритма

Анализ изменения коэффициента на протяжении анализа всей выборки данных показывает его стремление к определенному установившемуся уровню K_{stab} . При фиксированном отношении ошибок измерения координаты *GPS*-модуля и математической модели график коэффициента показан на рисунке 3.

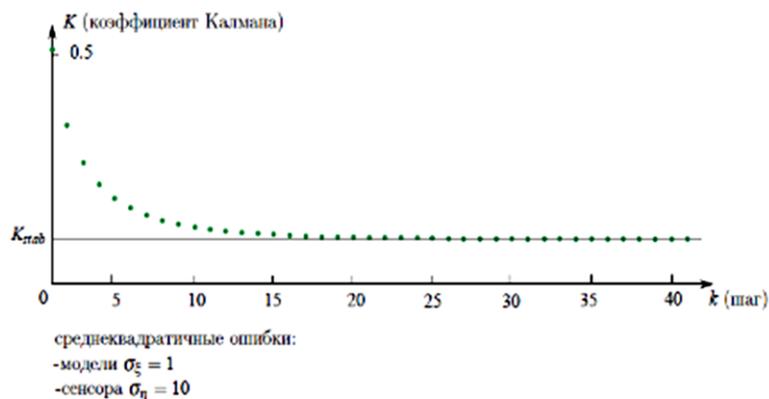


Рис. 3. Коэффициент Калмана

Цель фильтрации Калмана состоит в нахождении коэффициента такого веса, что:

$$x_{k+1}^{opt} = Kz_{K+1} + (1 - K)(x_k^{opt} + u_k). \quad (14)$$

Данная зависимость сохраняется на каждом итерационном интервале:

$$x_{k+1}^{opt} = \lambda + \lambda_0 z_0 + \dots + \lambda_{k+1} z_{k+1}. \quad (15)$$

Из теории вероятности известно, что фильтр Калмана – это линейный фильтр. Это значит, что выведенный алгоритм верен и не противоречит теории.

Литература

1. Першин Д.Ю. Определение высокой точности для одностотных приемников спутниковой навигации с использованием инерциальных датчиков. – СПб.: Институт систем информатики СО РАН, 2014. – 417 с.
2. Щербаков А.С. Определение местоположения высокой точности для одностотных приёмников ГЛОНАСС/GPS. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет, МНСК-2009. –154 с.
3. Ивлев Д.В. Теория построения дальномерных каналов радиосвязи. – М.: Московский авиационный институт, 2012. – 325 с.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ НА ЯЗЫКЕ C++

Л.С. Харитонов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева
Арзамасский политехнический институт (филиал)
студент; e-mail: leo.khariton@yandex.ru
Научный руководитель: Т.Е. Эварт, к.ф.-м.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В данной статье описывается разработка локального приложения, представляющего собой электронное учебное пособие по изучению основ языка программирования C++. Оно состоит из разделов, каждый из которых включает в себя лекцию, индивидуальные задания для выполнения лабораторных работ и тестирование по теме. Для удобства в приложение был добавлен редактор блок-схем и C++ компилятор. Разработанное пособие может быть рекомендовано обучающимся в Арзамасском политехническом институте по направлениям подготовки «Прикладная математика» и «Информационные системы и технологии».

Ключевые слова: информационные технологии в образовании; программирование; C++/CLI; Windows Forms; электронное учебное пособие.

На сегодняшний день компьютерные технологии проникли уже во все сферы человеческой деятельности и, несомненно, заняли там очень прочные позиции. Не является исключением и сфера образования, где компьютеры всё чаще рассматриваются не как дополнительное средство обучения, а как неотъемлемая часть целостного образовательного процесса, призванная существенно повысить его эффективность [1]. Информационные технологии обеспечивают адаптацию процесса обучения к индивидуальным характеристикам обучаемых и освобождают преподавателей от ряда трудоемких и часто повторяющихся операций по представлению учебной информации и контролю знаний [2]. Электронный учебник является ключевым моментом заочной и дистанционной форм обучения. Наконец, информация электронного учебника больше и разнообразнее, чем у обычного бумажного, её удобнее и дешевле создавать, хранить и изменять.

Электронные учебные пособия добавляют в дисциплины интерактивность, делают процесс обучения более эффективным, индивидуализированным, сокращают сроки обучения. Студент может самостоятельно управлять скоростью и подробностью обучения, проверить свои знания и сделать работу над ошибками, повторно изучив какие-то разделы.

Задача разработки электронного учебного пособия по программированию на языке C++ является актуальной, так как разработанное приложение может быть рекомендовано обучающимся в Арзамасском политехническом институте по направлениям подготовки «Прикладная математика» и «Информационные системы и технологии».

Для начала необходимо определить концепцию приложения. Оно должно состоять из разделов, каждый из которых должен включать в себя лекцию, тестирование по теме и индивидуальные задания. Сначала пользователь выбирает занятие, а затем может выбрать конкретный подраздел. Для удобства можно дополнить приложение редактором блок-схем и компилятором, чтобы было можно

решать задачи алгоритмически и программно прямо в приложении, без использования дополнительного программного обеспечения.

Существует множество путей создания обучающих программ. Это и готовые обучающие программы, собранные в фондах НИИ Высшего образования, и специализированные инструментальные системы, позволяющие изготавливать электронное пособие учителю-предметнику, не знакомому с программированием, а также прямое программирование на языках высокого уровня. Особенно часто создают обучающие веб-приложения, используя языки разметки. С помощью классических алгоритмических языков программирования приложения подобного рода создаются гораздо реже, так как необходимы более сложные навыки программирования. Итак, создадим локальное приложение с помощью языка C++.

Язык C++/CLI является привязкой языка программирования C++ к платформе Microsoft .NET [3]. C++/CLI интегрирует C++ стандарта ISO с объединенной системой типов (Unified Type System – UTS), рассматриваемой как часть общей языковой инфраструктуры (Common Language Infrastructure – CLI). Приложение, написанное на любом, поддерживаемом платформой .NET Framework, языке программирования, переводится компилятором в промежуточный код – «высокоуровневый ассемблер» виртуальной машины .NET – Common Intermediate Language (CIL). Созданный код исполняется в среде Common Language RunTime (CLR) [4; 5]. Помимо общезыковой среды выполнения CLR, другим важнейшим компонентом среды .NET является библиотека классов .NET Framework, включающая интерфейс визуального программирования приложений с графическим интерфейсом пользователя Windows Forms [6].

Важным этапом является разработка дизайна приложения. Он должен быть визуально красивым, а навигация должна быть простой и понятной. Дизайн должен быть продуман таким образом, чтобы пользователь сначала выбирал раздел – занятие, а затем мог выбрать конкретный требуемый подраздел. Удобно разделить окно на две части, слева разместить панель кнопок для выбора занятия, а справа будет отображаться его содержимое (рис. 1).

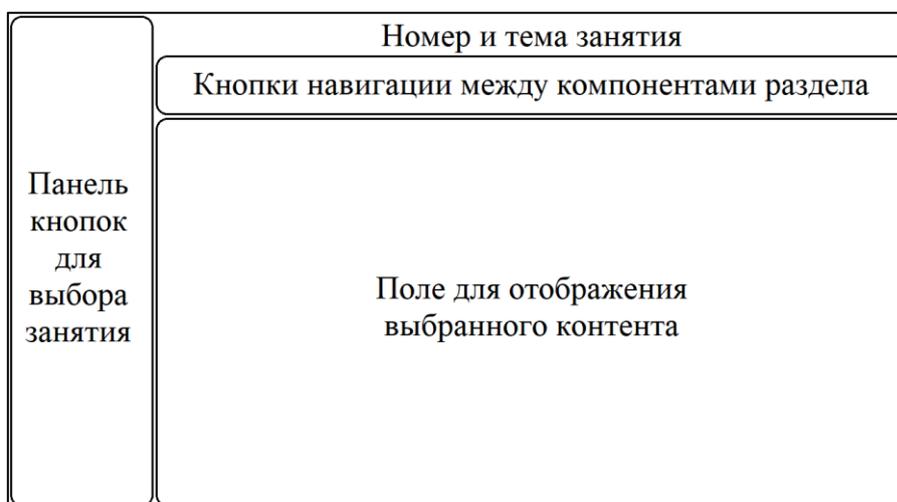


Рис. 1. Дизайн приложения

Итак, на форму нужно добавить: кнопки для выбора занятия, компонент Label для записи темы, кнопки для навигации между разделами занятия (лекция, индивидуальные задания, тестирование, редактор блок-схем и компилятор), четыре компонента WebBrowser (для демонстрации лекции, индивидуальных заданий и для подключения к онлайн-сервисам – редактору блок-схем и C++ компилятору), а также компоненты теста. Они включают в себя Label для номера вопроса, кнопки для перехода к предыдущему и следующему вопросу, четыре радиокнопки для выбора ответа, компонент PictureBox, в который, собственно, загружается сам вопрос, а также кнопку «Завершить тестирование».

Приложение будет состоять из 15 занятий, следовательно, на форму нужно добавить 15 кнопок. Однако добавление большого количества однотипных элементов на форму стандартным перетаскиванием с панели элементов провоцирует огромный однотипный код, в котором становится сложно ориентироваться и что-то менять. В этом случае создание массива контролов является методом сокращения кода, что помогает написать более чистый и оптимизированный код и выполнить задачи, используя кратчайший синтаксис. Минимизация кода подразумевает его оптимизацию в пользу уменьшения объёма памяти, однако при этом в жертву приносится удобочитаемость. Кроме того, добавление контролов массивами использует меньше ресурсов, чем обычное добавление в форму нескольких элементов управления одного типа во время разработки.

Массив контролов создается как стандартный массив в управляемом коде C++/CLI. На рисунке 2 приведен код динамического создания одномерного массива контролов на примере элемента Button. Этот код (рис. 2) добавляется в код конструктора сразу после вызова функции *InitializeComponent()*, тело которой автоматически формируется дизайнером.

```

const int z = 15; // количество разделов
array<Button^>^ btn = gcnew array<Button^>(z);
for (int i = 0; i < btn->Length; i++) {
    btn[i] = gcnew Button();
    btn[i]->Location = System::Drawing::Point(10, 10 + i * 50);
    btn[i]->Name = L"button" + (i + 1).ToString();
    btn[i]->Size = System::Drawing::Size(120, 45);
    btn[i]->TabIndex = i + 1;
    btn[i]->Text = L"Раздел " + (i + 1).ToString();
    btn[i]->Cursor = System::Windows::Forms::Cursors::Hand;
    btn[i]->Font = (gcnew System::Drawing::Font(L"Times New Roman", 14.25F, System::Drawing::FontStyle::Bold,
        System::Drawing::GraphicsUnit::Point, static_cast<System::Byte>(204)));
    btn[i]->UseVisualStyleBackColor = true;
    btn[i]->Click += gcnew System::EventHandler(this, &MyForm::buttons_Click);
    Controls->Add(btn[i]);
}

```

Рис. 2. Добавление кнопок выбора занятия в виде массива

Как видно, все имеют один и тот же метод обработки события click: *buttons_Click*, так как их действия однотипны. В зависимости от номера занятия, который можно определить как TabIndex кнопки, по которой было совершено нажатие, загружаются лекционный материал, индивидуальные задания для выполнения лабораторных работ, а также первый вопрос тестирования. С помощью

оператора-переключателя switch в специальном текстовом поле отображаются конкретные темы занятий (рис. 3). Чтобы можно было видеть темы занятий (не открывая их), для удобства навигации, используется компонент toolTip, при наведении указателя мыши на кнопки выбора занятия будут всплывать соответствующие «подсказки», отображающие тему.

```
label1->Text = ((Button^)sender)->Text + ". ";
n = ((Button^)sender)->TabIndex;
webBrowser1->Navigate("D:\\faust\\lk_" + n.ToString() + ".pdf");//загрузка лекции
webBrowser2->Navigate("D:\\faust\\ind_" + n.ToString() + ".pdf");//загрузка инд. заданий
ShowQ(0, n);//загрузка первого вопроса тестирования
switch (n) {
case 1: label1->Text += "C++ как язык программирования. Базовые средства C++"; break;
```

Рис. 3. Фрагмент метода обработки события click по кнопкам массива

Редактор блок-схем и компилятор не зависят от раздела, поэтому сразу загружены в свойствах своих компонентов веб-браузера. В качестве редактора блок-схем был выбран онлайн-сервис VisualParadigm (URL: <https://online.visual-paradigm.com/app/diagrams/>), в качестве компилятора – онлайн-компилятор C++shell (URL: <http://cpp.sh/>).

Навигация между компонентами раздела основана на установлении видимости-невидимости соответствующих компонентов. Например, на рисунке 4 представлен фрагмент обработчика щелчка по кнопке «Тестирование».

```
webBrowser1->Visible = false;
webBrowser2->Visible = false;
webBrowser3->Visible = false;
webBrowser4->Visible = false;
//тест
label2->Visible = true;
pictureBox1->Visible = true;
radioButton1->Visible = true;
radioButton2->Visible = true;
radioButton3->Visible = true;
radioButton4->Visible = true;
button5->Visible = true;
button6->Visible = true;
button7->Visible = true;
```

Рис. 4. Фрагмент обработчика щелчка по кнопкам навигации между компонентами раздела

В электронном учебном пособии обязательно должен присутствовать компонент для проверки знаний. Компьютерное тестирование обеспечивает быструю выдачу тестовых баллов, исключение ошибки при обработке результатов, возможность самоконтроля и самоподготовки учащихся, возможность использования любых изображений, компьютерных моделей, аудио- и видеофайлов [7; 8], и т.д. Это также позволяет им оценивать успеваемость учащихся, определять пробелы в знаниях и получать обратную связь, которая помогает улучшить программы обучения.

Для обеспечения пролистывания вопросов в тесте сделаем активными кнопки навигации между вопросами. Для начала инициализируем переменную для хранения номера картинки: $m = 0$. При щелчке по кнопке со стрелкой право (переход на следующий вопрос) происходит прибавление номера m на единицу, а по кнопке со стрелкой влево (переход к предыдущему вопросу) – уменьшение значения m на единицу. Так как тест состоит из 10 вопросов, тогда, если $m < 0$, то $m = 0$; и, если $m > 9$, то $m = 9$. Далее вызывается функция отображения вопроса, которой в качестве входного параметра передается номер занятия и номер вопроса.

Метод отображения вопроса описывается следующим образом. В зависимости от номера текущего задания в компонент Label помещается строка, отображающая номер вопроса, а в компонент PictureBox в зависимости от номера текущего раздела и номера вопроса загружается соответствующая картинка-вопрос (рис. 5).

```
label2->Text = "Вопрос " + (m + 1) + " из 10";
switch (answer[m]) {
case 1: radioButton1->Checked = true; break;
case 2: radioButton2->Checked = true; break;
case 3: radioButton3->Checked = true; break;
case 4: radioButton4->Checked = true; break;
default:
    radioButton1->Checked = false;
    radioButton2->Checked = false;
    radioButton3->Checked = false;
    radioButton4->Checked = false;
    break;
}
pictureBox1->Image = gcnw Bitmap("D:\\faust\\v_" + n.ToString() + "_" + (m + 1).ToString() + ".png");
```

Рис. 5. Фрагмент метода загрузки вопроса

Отвечать на вопросы можно, нажимая на радиокнопки. Массив *answer* хранит ответы пользователя. При выборе варианта «a» в соответствующую номеру вопроса ячейку массива *answer[n]* запишется 1, при выборе варианта «b» запишется 2, и т.д. Нужно также сохранять ответы на конкретные вопросы в тесте и посматривать предыдущие ответы, поэтому нужно установить свойство Checked для всех случаев нажатия на какую-то RadioButton. Удобно воспользоваться switch-переключателем, в качестве переключающего выражения, в котором выступает ответ *answer[n]*, который может быть равен 1, 2, 3 или 4 в зависимости от того, какой вариант был выбран. По умолчанию (default) же все радиокнопки установлены со значением false.

Кнопка «Завершить тестирование» обрабатывает результаты прохождения теста следующим образом. Выполняется поэлементное сравнение двух массивов: пользовательских ответов с правильными ответами. За каждый правильный ответ начисляется 1 балл. Затем вычисляется процент правильного выполнения теста и сравнивается с некоторым «пороговым значением» (рис. 6). Все результаты тестирования выводятся в диалоговое окно.

```

for (int i = 0; i < 10; i++)
    if (answer[i] == otvet[n - 1][i])correct++;

int prcnt = correct * 100 / 10;
String^ msg = "\nВы не прошли тест, пройдите его еще раз внимательно!";
if (prcnt >= 70) msg = "\nПоздравляем! Вы прошли тест!";
MessageBox::Show("Вы ответили на " + correct + " вопросов верно. Это составляет "
    + prcnt + " %." + msg);

```

Рис. 6. Фрагмент метода обработки щелчка по кнопке «Завершить тестирование»

Так как стандартный контрол WebBrowser по умолчанию использует Internet Explorer, и изменить это невозможно, то для корректной загрузки в нём сайтов, чтобы были доступны для полноценной работы все теги HTML и JS, необходимо эмулировать работу браузера Edge, то с функциями Edge использовать Internet Explorer. Итак, сначала необходимо получить доступ к реестру, а затем, в случае необходимости, добавить в FeatureBrowserEmulation значение ключа 11001 (десятичное), чтобы эмулировать в компоненте WebBrowser браузер Edge (рис. 7).

```

String^ FindAppkey = Convert::ToString(Regkey->GetValue(appName));
if (FindAppkey == "11001") {
    MessageBox::Show("Необходимые параметры приложения уже присутствуют!");
    Regkey->Close();
    return;
}
// Если ключ отсутствует, добавляем его, значение ключа 11001 (десятичное)
if (String::IsNullOrEmpty(FindAppkey)) Regkey->SetValue(appName, ((int)0x00002af9), RegistryValueKind::DWord);
// Проверка наличия ключа после добавления
FindAppkey = Convert::ToString(Regkey->GetValue(appName));
if (FindAppkey == "11001") MessageBox::Show("Параметры приложения успешно применены");
else MessageBox::Show("Сбой настроек приложения, ссылка: " + FindAppkey);

```

Рис. 7. Фрагмент функции для настройки корректного отображения контента в компонентах WebBrowser

В основу электронного учебного пособия легли учебные пособия [9; 10], разработанные сотрудниками кафедры «Прикладная математика» Арзамасского политехнического института.

При открытии приложения по умолчанию загружается первый раздел. Окно делится на две части: слева расположена панель кнопок для выбора занятия (кнопки снабжены появляющимися подсказками, отображающими темы), а справа отображается выбранный учебный материал. На рисунке 8 представлен скриншот приложения во время прохождения тестирования по теме «Указатели на функции».

Таким образом, было разработано электронное учебное пособие по изучению основ языка программирования C++. Оно имеет простой и удобный графический интерфейс, содержит теоретический материал с примерами, задания для выполнения лабораторных работ и тесты по каждой теме. В приложение был добавлен редактор блок-схем и компилятор для возможности решения задач на C++ без использования дополнительного ПО. Разработанное приложение может быть рекомендовано студентам Арзамасского политехнического института,

обучающимся по направлениям подготовки «Прикладная математика» и «Информационные системы и технологии». В будущем планируется создание аналогичного приложения под Android-устройства.

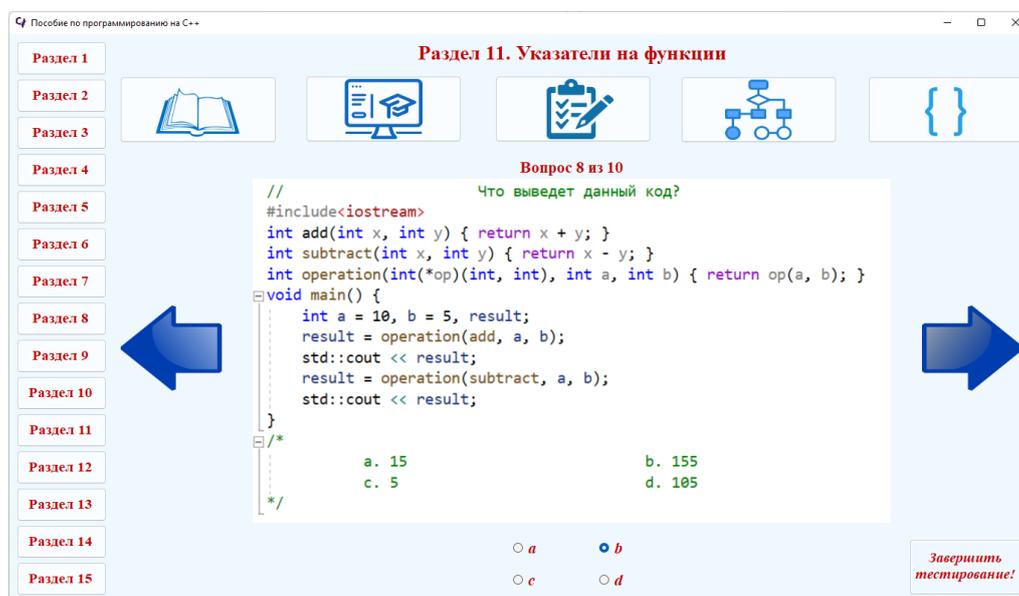


Рис. 8. Скриншот приложения – прохождение тестирования

Литература

1. Сулла Р.В., Красовская Л.В. Информационные технологии в школьном образовании // Сборник статей Международной научно-практической конференции. – Белгород, 2017. – С. 521–523.
2. Акимова И.В., Губанова О.М., Леонова Т.Ю., Титова Н.В. Спецкурс «Технологии создания электронных учебных пособий» как средство обучения разработке электронных учебных изданий // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 4. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=29078> (дата обращения: 19.03.2022).
3. Хогенсон Г. С++/CLI: язык Visual C++ для среды .NET = С++/CLI Primer. – М.: Вильямс, 2007. – 464 с.
4. Рихтер Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке C#. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 896 с.
5. Лазарева А.Б., Эварт Т.Е., Прис Н.М., Глухова А.Ф. Разработка в VISUAL C++ приложений с графическим интерфейсом для решения инженерных задач: учеб. пособие / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2020. – 101 с.
6. Зиборов В.В. MS Visual C++ 2010 в среде .NET. Библиотека программиста. – СПб.: Питер, 2012. – 320 с.
7. Погуда А.А. Модели и алгоритмы контроля знаний по гуманитарным дисциплинам: дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2016. 174 с.
8. Соколова И.И. Компьютерное тестирование как наукоемкая педагогическая технология // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. – 2004. – Т. 4. – № 9. – С. 77–86.
9. Лазарева А.Б., Троицкий А.В., Жилина Т.Е. Использование языка программирования С++ для решения задач высшей математики: учеб. пособие / Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2012. – 334 с.
10. Лазарева А.Б., Троицкий А.В., Митяков С.Н. Программирование на С++ в среде Visual Studio C++.NET: учебн. пособие / Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2008. – 334 с.

ГРАФОВЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ПУТИ

Е.А. Чижкова

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Арзамасский филиал ННГУ
студент; e-mail: lizamarina1999@mail.ru

Научный руководитель: М.Е. Сангалова, к.п.н., доцент
Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас

В статье рассматриваются задачи выбора оптимального пути и их решение с использованием аппарата теории графов.

Ключевые слова: теория графов; оптимальный маршрут; графовая модель.

В повседневной жизни человек постоянно сталкивается с ситуациями, когда ему необходимо выбрать один из некоторого множества возможных вариантов. Например, выбрать путь в назначенное место: можно идти быстро, без заходов в другие места, или идти медленно, попутно зайдя в магазин. Либо по дороге встретится приятель, и маршрут отклонится от первоначального. А вдруг ремонт тротуара? Конечно же, многое может повлиять на выбор. Но неизменным остаётся одно – оптимизация. Выбор стремится в лучшую сторону: короткий, быстрый, малолюдный маршрут.

Подобные практические задачи можно успешно решать, используя аппарат дискретной математики. В данной статье предлагается рассмотреть особенность построения графовых моделей при решении задач о выборе оптимального пути.

Определение графа может быть представлено так: «Граф – это совокупность объектов произвольной природы и отношений между каждой парой этих объектов, изображенная на плоскости в виде множества точек и множества отрезков линий, соединяющих пары точек. Здесь точки – образы множества объектов, а линии – образы множества отношений.

Множество точек – вершины графа, множество отрезков линий без стрелок – рёбра, множество отрезков линий со стрелками – дуги. Граф с ребрами – неориентированный, граф с дугами – ориентированный [1]. Граф называется помеченным, если его вершины или ребра имеют обозначения. Степень вершины – количество рёбер, которое принадлежат вершине. Вершины нечётной степени можно называть просто нечётными, а вершины чётной степени – чётными.

Предлагается три типа заданий: выполнить чертеж одним росчерком, укладка и выбор пути.

Соединить все вершины, пройдя по каждому ребру один раз, значит, нарисовать граф одним росчерком. Чтобы облегчить работу, введем некоторые условия:

1. Если в графе нет нечетных вершин, то его можно нарисовать одним росчерком. Такой граф называется эйлеровым, по фамилии учёного Л. Эйлера. Его исследования лежат у истоков теории графов.

2. Если в графе две нечетные вершины, то его можно начертить одним росчерком. При этом нужно обязательно начать движение в одной из нечётных вершин, а закончить в другой.

3. Если в графе более двух нечетных вершин, то его нельзя начертить одним росчерком.

Задачи об изображении графа одним росчерком также связаны с выбором пути, о котором говорилось выше. Например, можно считать вершины комнатами, а рёбра графа – коридорами. При покраске полов нужно пройти по каждому коридору только один раз. Или графом может являться план музея, в котором картины представлены на стенах в коридорах. Как осмотреть экспозицию только один раз?

Задача 1. План океанариума имеет вид (рис. 1).

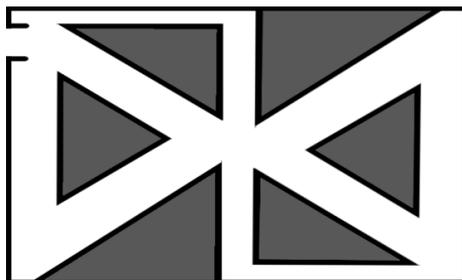


Рис. 2. План океанариума

Закрашенная область – аквариумы с рыбами. Можно ли, пройдя по каждой дорожке ровно один раз, осмотреть океанариум? Где должен находиться выход?

Задача 2. Зал современного искусства имеет вид (рис. 2).

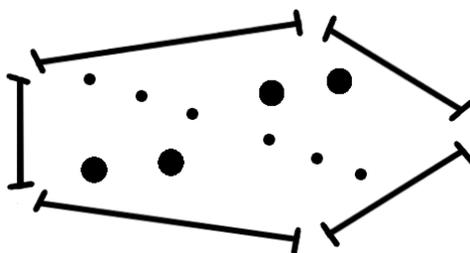


Рис. 3. План зала современного искусства

Знаком «|—|» обозначены двери. На стенах расположены картины, а «•» обозначены арт-объекты. Чтобы рассмотреть произведение искусства нужно пройти в непосредственной близости от него. Как должен пройти оптимальный маршрут? Через какие двери нужно войти и выйти? Оптимальный – наикратчайший, при котором будут осмотрены все объекты.

Задача 3. Бригада дорожных рабочих имеет задание нанести дорожную разметку на все дороги, изображённые на плане. Для экономии бензина рабочие хотят проехать по каждой дороге ровно один раз. Из какого пункта они должны выехать, чтобы это у них получилось? И в каком пункте они завершат работу?

Решения задач 1–3 о выборе оптимального пути:

1. Две нечетных вершины: 1 и 6, поэтому одно из решений: 6-1-4-3-6-5-2-1 (рис. 3А).

2. Две нечетных вершины: 1 и 3, поэтому решением может быть: 1-4-5-2-3-1-2-4-3 (рис. 3Б).

3. В графе две нечетных вершины: 1 и 2. Одним из решений может быть: 1-4-8-1-2-8-5-4-6-7-5-2-3-7-2. (рис. 3В)

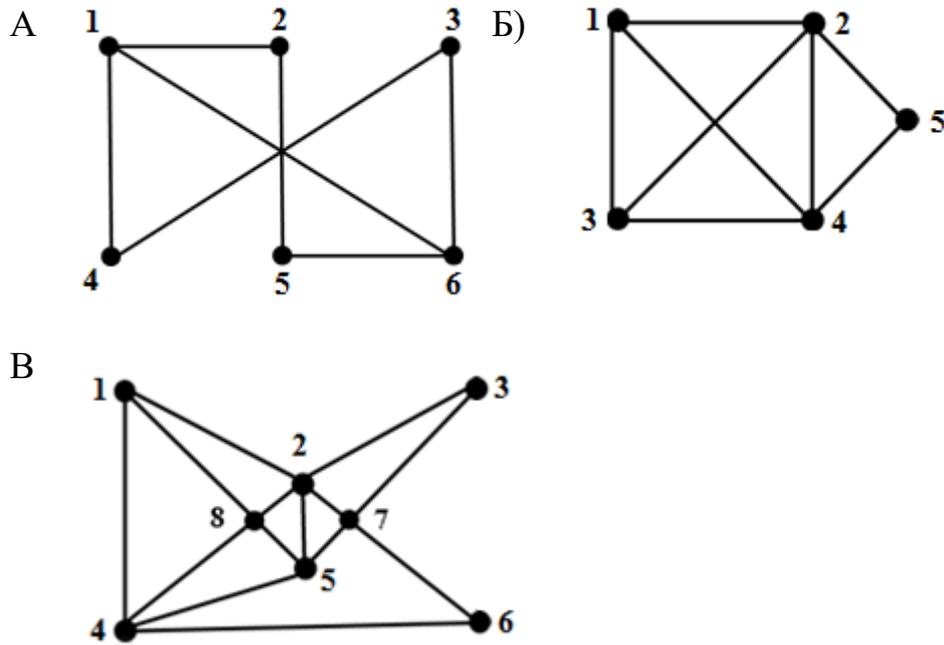


Рис. 4. Решение задач 1–3

Преобразовать граф таким образом, чтобы рёбра не пересекались, кроме как в вершинах, – это укладка.

Задача 5. Распутать линии так, чтобы они не пересекались. Это задача сводится к поиску укладки графа (рис. 4).

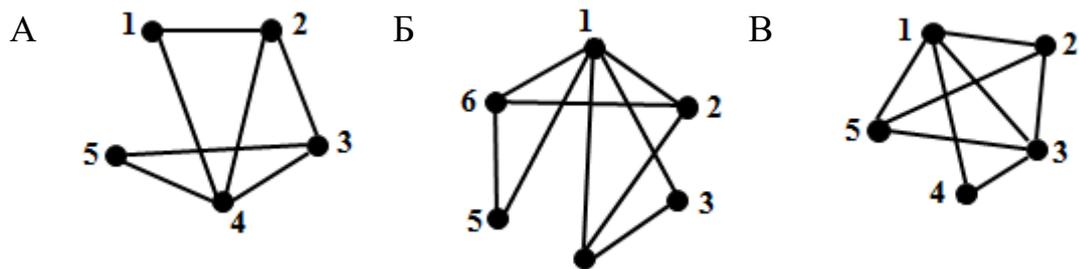


Рис. 5. Графы к заданию 5

Решения:

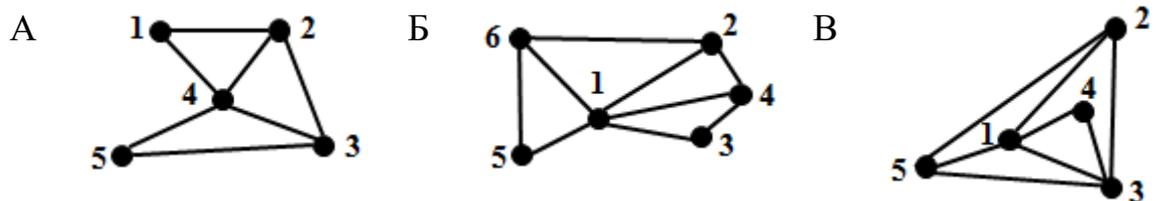


Рис. 6. Решение задания 5

Задача 6. Выбрать путь, исходя из условий задачи.

Перед Вами (рис. 6) план-панорама Свято-Троицкого Серафимо-Дивеевского женского монастыря.

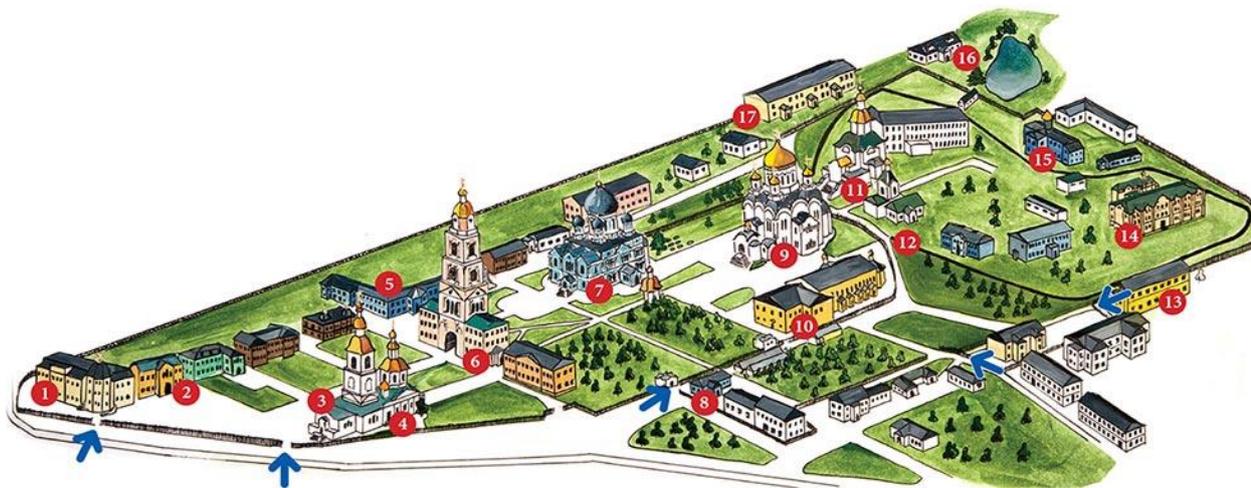


Рис. 7. План женского монастыря

Стрелками указаны возможные входы на территорию. Цифрами обозначены объекты:

1. Дом паломника с трапезной и автостоянка.
2. Паломнический центр.
3. Церкви Рождества Христова и Рождества Богородицы. Святые мощи преподобных Александры, Марфы и Елены Дивеевских.
4. Казанский собор. Святые мощи блаженных Пелагии, Параскевы и Марии, преподобномученицы Матроны Власовой.
5. Игуменский корпус с церковью святой равноапостольной Марии Магдалины.
6. Колоколяня.
7. Троицкий собор. Святые мощи преподобного Серафима Саровского.
8. Дом-музей блаженной Параскевы.
9. Преображенский собор.
10. Трапезный храм в честь великого князя Александра Невского.
11. Благовещенский собор.
12. Начало Канавки Царицы Небесной.
13. Монастырская православная школа.
14. Монастырская больница с церковью иконы Божией Матери «Целительница».
15. Богадельня с церковью иконы Божией Матери «Всех скорбящих Радость».
16. «Царская» лиственница.
17. Хлебный корпус [2].

Ваш путь начнётся от Дома-музея блаженной Параскевы (8), а закончится у Дома паломника в трапезной (1). Какой наиболее оптимальный путь можно спланировать, чтобы максимально осмотреть территорию монастыря

и не пересекаться с пройденным маршрутом? Оптимальность в данной задаче носит смысл того, что путь не проходит два раза по одной дороге и не проходит два раза через один пункт. При планировании можно учесть, что монастырскую православную школу (13), монастырскую больницу (14), богадельню (15), «царскую» лиственницу (16) и хлебный корпус (17) можно увидеть, идя по Канавке (11)–(12).

Решение. Сначала укажем все возможные дороги на неориентированном графе (рис. 7)

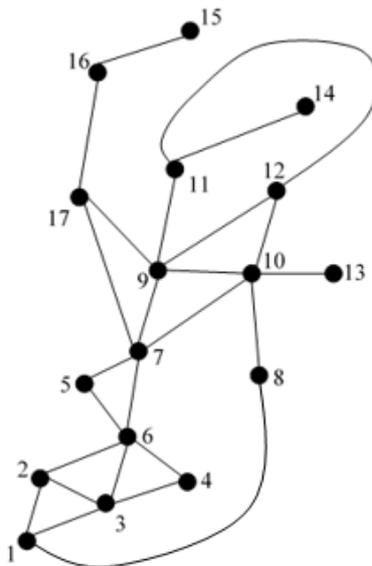


Рис. 8. Неориентированный граф

Проанализировав рисунок 7, увидим, что верным решением будет граф на рисунке 8.

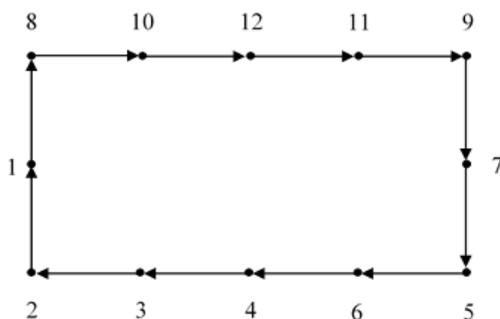


Рис. 9. Решение задачи 6

Литература

1. Плотникова Е.Г., Левко С.В., Логинова В.В., Хакимова Г.М. Математический анализ и дискретная математика: учебное пособие / под общ. ред. Е.Г. Плотниковой. – 2 изд-е., перераб и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 300 с.

2. Пути-дороги: Серафимо-Дивеевский монастырь – четвертый земной удел Богородицы. – URL: <https://putidorogi-nn.ru/evropa/349-serafimo-diveevskii-monastyr> (дата обращения: 08.06.2020).

Научное издание
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
Сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции
24–25 марта 2022 г.

Технический редактор и корректор Н.В. Жучкова
Дизайн обложки Д.С. Парадеев
Верстка и вывод оригинал-макета З.Ю. Скочигоровой

Подписано в печать 23.12.2022 г. Формат 60x84/16
Усл. печ. листов 13,0. Тираж 100 экз. Заказ № 98/22

Издательство Арзамасского филиала ННГУ
607220, Россия, Нижегородская обл., г. Арзамас, ул. К. Маркса, д. 36

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии
Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
603000, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Большая Покровская, д. 37