



eISSN 2311-2468  
Том 8, № 15. 2020  
Vol. 8 , no. 15. 2020

электронное периодическое издание  
для студентов и аспирантов

# Огарёв-онлайн

## Ogarev-online

<https://journal.mrsu.ru>



**КОШОЕВА Б. Б., МИХЕЕВА Н. И., ГОБА Т. Д.**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ**

**Аннотация.** Рассмотрены основные трудности учета расхода воды на горных реках. Проанализированы проблемы использования традиционных и особенности применения перспективных подходов определения расхода воды при построении автоматизированных гидропостов.

**Ключевые слова:** расход воды, площадь поперечного сечения, скорость потока, расход воды в горных реках, гидрологический пост.

**KOSHOEVA B. B., MIKHEEVA N. I., GOBA T. D.**

**METHODS FOR DETERMINING WATER CONSUMPTION  
OF NATURAL OBJECTS IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS**

**Abstract.** The main difficulties of accounting for water consumption on mountain rivers are considered. The problems of using traditional methods and features of applying promising approaches to determining water consumption in the construction of automated hydraulic posts are analyzed.

**Key words:** water flow rate, cross-sectional area, flow rate, water flow rate in mountain rivers, water metering on the channel.

Вода – это важный природный ресурс, обеспечивающий жизнь всей планете. Кыргызстан – горная страна в Центральной Азии, водные ресурсы которой представлены озерами и реками, которые полностью формируются на ее территории. Реки играют особую роль, являясь источником электрической энергии. Возрастающая потребность населения и хозяйственной деятельности в воде и энергии, увеличение их стоимости обуславливают необходимость осуществления мониторинга расхода речной воды.

Решение данной проблемы осложняется особенностями горных рек, которые характеризуются деформирующимися руслами, значительным твердым стоком (селеопасностью), сложными ледовыми явлениями, значительным межсезонным колебанием уровня воды [1]. В настоящее время измерения параметров водного потока производят практически вручную специально обученные работники (техники) методом «скорость-площадь» [2, 7]. Для этой цели в Кыргызстане организовано 69 гидропостов. Координацию их деятельности, научно-методическое руководство, а также обработку и анализ результатов измерения осуществляет Агентство по гидрометеорологии (КыргызГидромет) при МЧС Кыргызской республики.

Использование традиционных методов измерения и человеческий фактор обуславливают значительную трудоемкость и вносят существенную погрешность в результаты определения расхода воды. Снижение трудозатрат и уменьшение погрешности измерений можно обеспечить за счет автоматизации функционирования гидрологических комплексов. Создание автоматизированной системы мониторинга расхода речной воды, которая бы соответствовала всем необходимым требованиям, возможно на основе анализа существующих современных методов и средств определения расхода воды и оценки возможности их применения в условиях горных рек Кыргызстана.

Методологической основой определения расхода воды является метод «скорость-площадь» [2]. Для определения расхода методом «скорость-площадь» определяют такие элементы расхода как глубины (для определения площади поперечного сечения) и скорости течения в одной или нескольких точках каждой вертикали. Скорости на вертикалях измеряются гидрометрическим датчиком с пропеллером в пяти, трех, двух и одной точках в зависимости от величины рабочей глубины скоростной вертикали. Основным способом является пятиточечный (см. рисунок 1), при котором измеряют скорость на поверхности воды и на глубинах 0,2h, 0,6h, 0,8h от поверхности воды (h – максимальная глубина) и у дна [9].

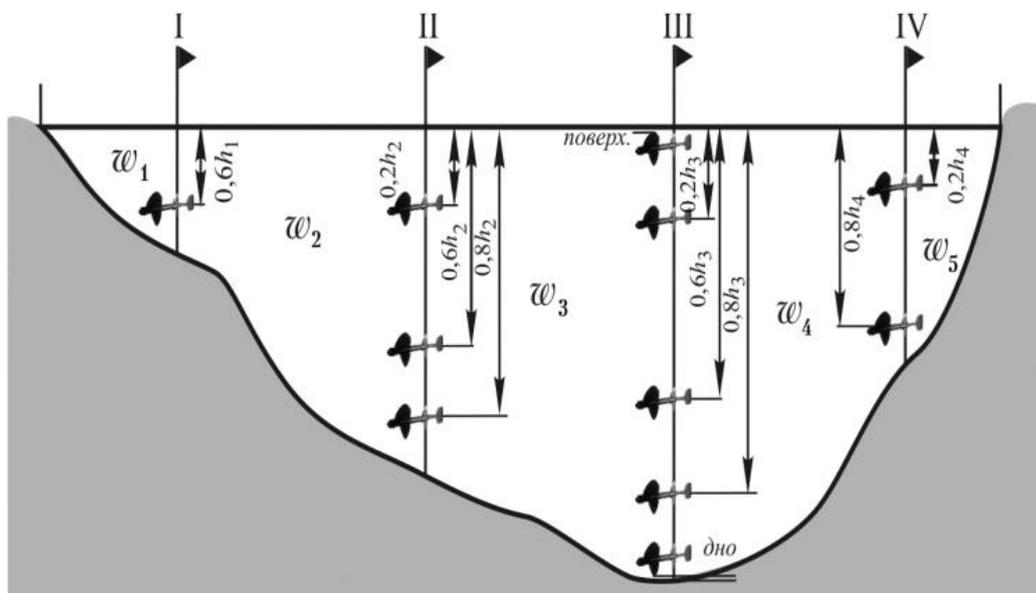


Рис. 1. Схема расположения точек на скоростных вертикалях гидрометрического створа

Расход воды при этом вычисляют по формуле:

$$Q = F * V,$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения потока,  $V$  – скорость течения.

На рисунке 2 представлена функциональная модель-декомпозиция контекстной диаграммы расчета расхода воды.

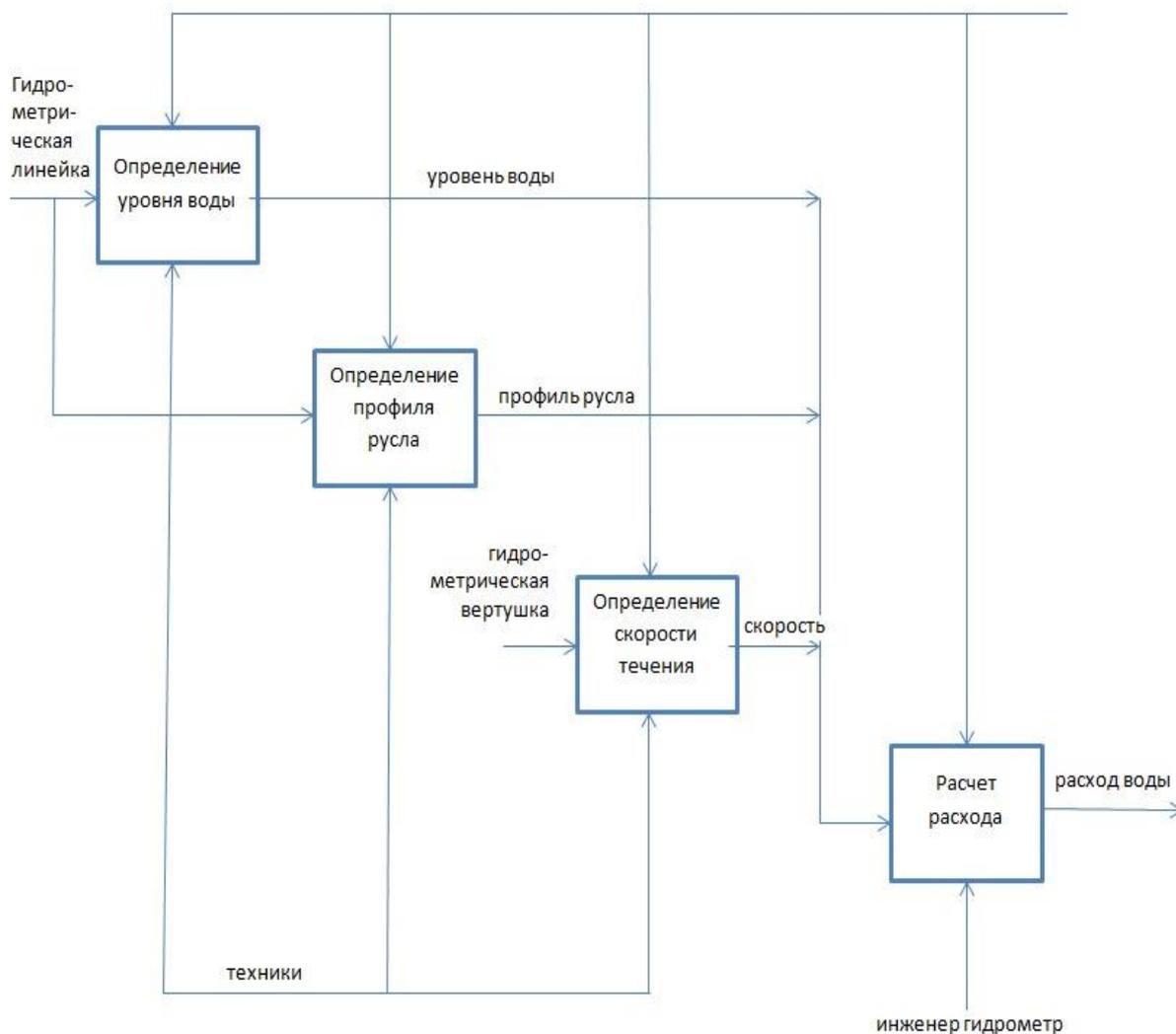


Рис. 2. Функциональная модель-декомпозиция контекстной диаграммы расчета расхода воды

Данный метод достаточно прост в использовании и сегодня является основным методом для определения расхода воды, но при его использовании на горных реках возникают некоторые трудности. Высокая скорость движения водного потока способствует изменению глубины реки в отдельных местах, что приводит к погрешностям при расчете расхода воды. На сегодняшний день гидропосты используют гидростатические и барботажные датчики уровнемеров, которые заносит песком. Работы в русле горной реки для очистки датчика опасны. В зоне формирования рек вблизи гидрологических постов отсутствуют мосты, развиты ледовые явления, деформация русел.

Развитие измерительной техники и информационных технологий способствует появлению новых методов мониторинга расхода воды на реках. Существуют различные

методики автоматизированного измерения как площади водного сечения, так и скорости течения воды. Для реализации данных методик используются разнообразные датчики поплавкового типа, а также датчики, основанные на радарном принципе использования ультразвука.

Автоматизированная система контроля уровня воды [10, 11], основанная на использовании датчика поплавкового типа, включает в себя следующие элементы: поплавковый датчик, модуль аналогового входа, логический контроллер, сетевой шлюз и блок питания. Блок питания подает постоянное напряжение на программируемый логический контроллер (ПЛК110), к аналоговым входам которого подключен поплавковый датчик. Отсчеты уровня воды можно выводить на персональный компьютер, подключенный к контроллеру через кабель связи. Для удаленного доступа необходимо подключить контроллер к облачному сервису (Owencloud) через сетевой шлюз. При этом мониторинг уровня воды можно вести в режиме реального времени. Поплавковый датчик необходимо устанавливать в специальном успокоительном колодце [10, 11].

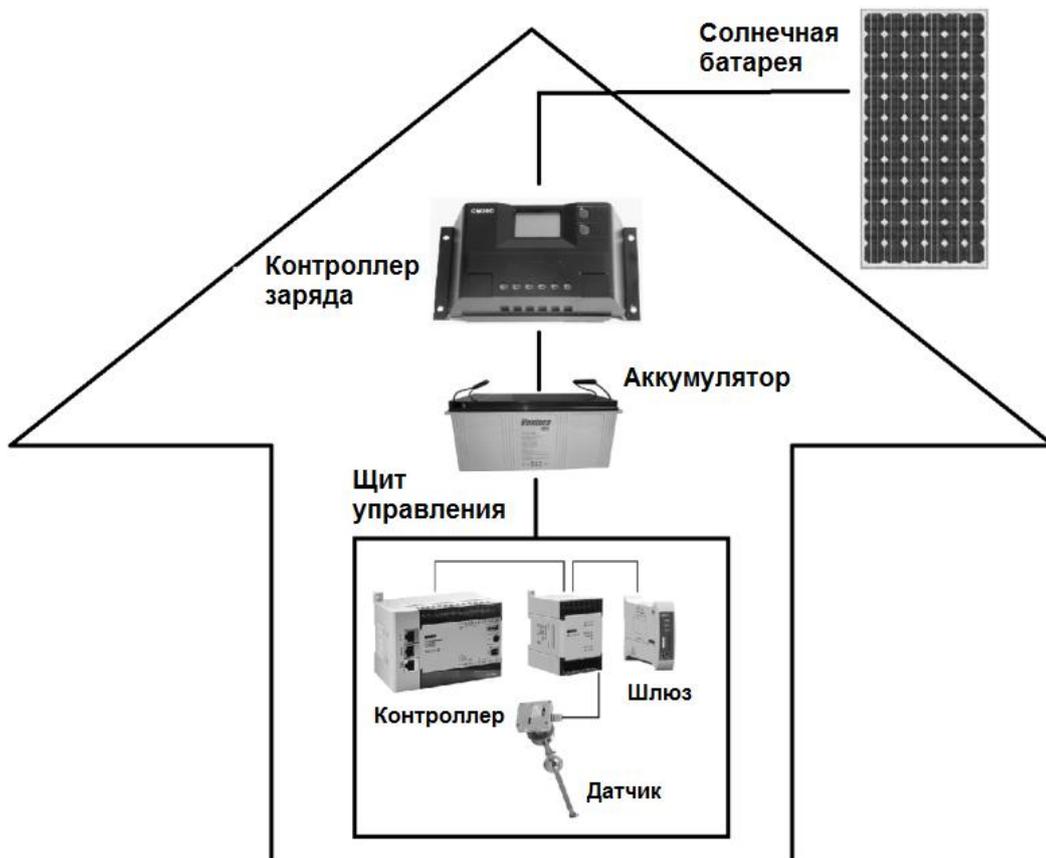


Рис.3. Структура оборудования гидропоста при использовании датчика поплавкового типа

Особый интерес представляет использование аэрогидрометрического, магнитоиндукционного и ультразвукового методов.

Аэрогидрометрический метод (аэроизмерения) включает операции по маркировке водной поверхности (сбросу поплавков) и аэрофотосъемке двух последовательных положений поплавков через заданные промежутки времени [3]. Преимущества данного метода заключается в применении его в местах бурного течения рек, где использование других методов невозможно. Метод является дорогостоящим.

Магнитоиндукционный метод основан на эффекте возникновения электродвижущей силы в потоке воды, протекающей в магнитном поле, которое создается искусственно посредством уложенных на дно витков кабеля, как показано на рисунке 4 [3].

Средняя скорость течения пропорциональна разности потенциалов на концах измерительной цепи

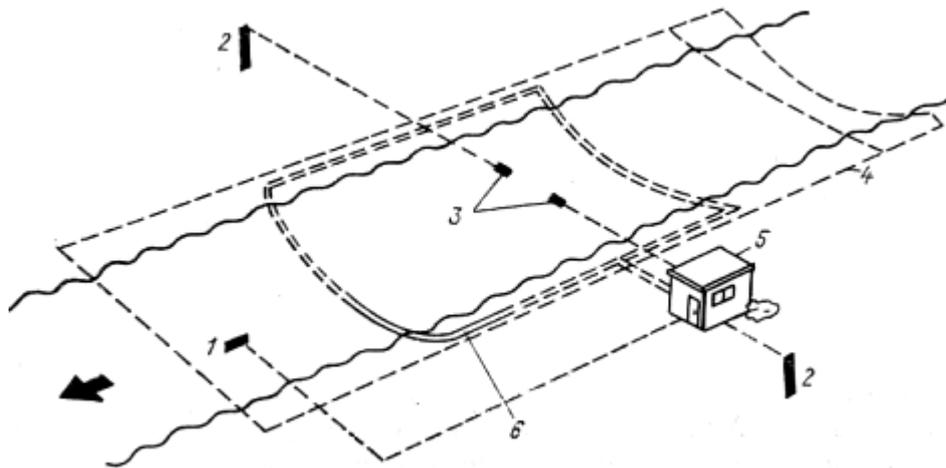
$$V = E/\varphi LH,$$

где  $\varphi$  – константа, зависящая от проводимости воды, грунтов дна и характеристик электромагнитного контура (определяется посредством градуировочных экспериментов);  $L$  – ширина реки;  $H$  – напряженность поля.

Для определения расхода воды служит формула:

$$Q = Eh/\varphi H,$$

где  $h$  – средняя глубина потока.



- 1 – ячейка для измерения проводимости воды,
- 2 – измеритель проводимости дна,
- 3 – сигнальные зонды,
- 4 – кабель для передачи сигналов,
- 5 – павильон для хранения оборудования,
- 6 – катушка, создающая магнитное поле

Рис. 4. Комплекс для определения расхода воды методом электромагнитной индукции

К достоинствам данного метода относят его универсальность, возможность применения в любых токопроводящих жидкостях, высокая точность и стабильность измерений. Последнее осуществимо только при отсутствии сильных электромагнитных помех.

В случае применения ультразвукового метода [3] производится ультразвуковое сканирование скорости перемещения поверхностного слоя, при этом зависимость формула уравнения расхода имеет вид:

$$Q = k_B V_1 F_2 \sin\alpha,$$

где  $F_2$  – площадь водного сечения в плоскости ультразвукового зондирования;  $k_B$  – коэффициент перехода от осредненной по ширине потока поверхностной скорости течения к средней,  $V_1$  – измеренная скорость;  $\sin\alpha$  – поправка на величину угла, на который отклонен датчик [3].

Система измерений представляет комплекс, состоящий из стационарных датчиков радарного типа для измерения уровня поверхностных вод и скорости водного потока. Система измерений предназначена для выполнения гидрометрических работ на водотоках бесконтактным ультразвуковым способом в реальном масштабе времени. Определение скорости водного потока основано на доплеровском принципе смещения частот, когда на подаче короткого ультразвукового импульса (сигнала) фиксированной частоты в воду отражатели (частицы), имеющиеся в воде, возвращают сигнал к датчику системы. Отраженный импульс имеет сдвиг в частоте, пропорциональный скорости потока. Система рассчитана на установку и проведение измерений с использованием гидротехнических сооружений (мостов, переправ и др.) на водных объектах. Вариант установки системы без защитного кожуха представлен на рисунке 5 [4].



Рис. 5. Установка системы измерения на конструкциях моста

Радарный уровнемер для обеспечения измерений при высоких уровнях воды должен быть закреплен над поверхностью воды на высоте на 0,5 м выше ее максимального исторического уровня. Для обеспечения надежности прихода сигнала на рупорную антенну, ось антенны должна быть направлена перпендикулярно плоскости водного потока посредством специального крепления рупорной антенны, имеющего две степени свободы [8].

Преимущества ультразвукового метода – это измерение потока, как в прямом, так и в обратном направлениях, простота монтажа (не требуется организация дополнительных колодцев и измерительных камер). Недостатком является необходимость периодической очистки датчиков [5]. В условиях измерения параметров водного потока на горных реках, которые характеризуются турбулентным режимом движения воды, неровностью и быстро меняющейся поверхностью, точность измерений существенно снижается. Также существует необходимость учета имеющихся технических условий на объекте измерения и продумывания мероприятий по обслуживанию и эксплуатации средств измерения [6].

Современный уровень развития техники позволяет поднимать вопросы о повышении оперативности предоставления потребителям качественной гидрологической информации. В условиях внедрения новых цифровых средств измерений встает вопрос о корректировке стандартов, регламентирующих данные работы.

Адекватный выбор датчиков, метода и аппаратуры для мониторинга расхода воды в горных реках требует проведения дальнейших теоретических и экспериментальных исследований с учетом законов речной гидравлики. На основе математического моделирования совокупности измеряемых параметров (уровня и скорости течения воды, ее расхода, ширины реки и профиля ее русла, наличия взвешенных частиц и характера наносов и др.) целесообразно выявлять параметр-критерий величины расхода, который можно было бы непрерывно измерять, используя радарный принцип построения датчика. Такое техническое решение может обеспечить высокую надежность и эффективность аппаратуры для мониторинга расхода воды горной реки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт департамента водного хозяйства и мелиорации КР. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.water.kg/index.php/ru/o-departamente/vodnye-resursy-i-vodokhozyajstvennaya-infrastruktura-kyrgyzstana> (дата обращения: 03.09.2020).

2. Методические указания ГСИ. Расход воды на реках и каналах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь». МИ 1759–87–М. : Издательство стандартов, 1987. – 15 с.
3. Масумов Р. Р. Методы измерения расхода воды на реках и каналах, в напорных трубопроводах насосных станций и оросительных систем. – Ташкент, 2015. – 149 с.
4. СТО ГГИ 52.08.36-2013. Стационарные автоматизированные гидрологические комплексы. Способы размещения и установки. СПб. : Арт-Экспресс, 2013. – 54 с.
5. Методы определения расхода воды в напорных и безнапорных потоках [Электронный ресурс]. URL: [https://linedrive.ru/decisions/technologies /measure\\_method/water\\_flow\\_measure](https://linedrive.ru/decisions/technologies /measure_method/water_flow_measure) (дата обращения: 03.09.2020).
6. Малахова Ю. Г. Метрологическое обеспечение технологических процессов и производств [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sibsau.ru/sveden/edufiles /47486> (дата обращения: 03.09.2020).
7. ГОСТ 25 855-83. Уровень и расход поверхностных вод. Общие требования к измерению. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1983. – 32 с.
8. Высоцкий Д. В. Методика измерений уровня воды в водоемах и водотоках автоматизированными гидрологическими комплексами [Электронный ресурс]. URL: [http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/rd\\_52.08.869-2017.pdf](http://www.hydrology.ru/sites/default/files/Books/rd_52.08.869-2017.pdf) (дата обращения 03.09.2020)
9. Фролова Г. П. Методические указания [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.krsu.edu.kg/uploads/files/public/4175.pdf> (дата обращения 03.09.2020)
10. Кошоева Б.Б., Мамбетисаев С.Н., Текебаев Н. Разработка системы автоматизации измерения уровня воды на гидрологическом посту с возможностью мониторинга данных в облачном сервисе // Огарев-online, 2018. – № 13. [Электронный ресурс]. URL: <http://journal.mrsu.ru> (дата обращения 12.10.2020)
11. Кошоева Б.Б., Мамбетисаев С.Н. Проектирование системы автоматизации для измерения уровня воды и отправки данных по стандарту GSM // Высокопроизводительные вычислительные системы и технологии, 2018. – № 1 (8). – С. 142–146.

**КИРСАНОВ А. Е., АЛЕКСЕЕВ А. А., ШИШОВ О. В.**  
**3D-ПЕЧАТЬ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**  
**СПИРАЛЬНОЙ ПЕЧАТИ ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ**  
**С ВОЛНООБРАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И ЭФФЕКТОМ «ПЛЕТЕНИЯ»**

**Аннотация.** В статье рассматривается алгоритм создания управляющих команд для трёхмерной печати спиральным методом с волнообразной поверхностью стенки изделия и эффектом «плетения». Алгоритм позволяет повысить прочность изделия при спиральной печати. На данный момент применяется при изготовлении ваз, посуды и декоративных изделий из керамики на 3D-принтере «Erzay3D Craft».

**Ключевые слова:** 3D-принтер, спиральная 3D-печать, метод послойного осаждения жидкости, метод послойного наплавления, тело вращения, эффект «плетения».

**KIRSANOV A. E., ALEKSEEV A. A., SHISHIOV O. V.**  
**3D-PRINTING OF CERAMIC PRODUCTS USING SPIRAL PRINTING**  
**OF THE BODY OF ROTATION WITH A WAVY SURFACE**  
**AND THE EFFECT OF «WEAVING»**

**Abstract.** The article discusses the algorithm for creating control commands for three-dimensional printing by the spiral method with a wavy surface of the fabric wall and the effect of «weaving». The algorithm allows to increase the strength of the product during spiral printing. Currently used in the manufacture of vases, dishes and decorative products from ceramics on a 3D-printer «Erzay3D Craft».

**Keywords:** 3D printer, spiral 3D printing, liquid deposition method, fused deposition modeling, rotation body, «weaving» effect.

Алгоритм создан в рамках проекта разработки программного пакета «Erzay 3D Lab», используемого в технологиях 3D-печати. Программное обеспечение создавалось компанией ООО «Робокинетика» (г. Саранск, Республика Мордовия) для выпускаемых ею 3D-принтеров «Erzay3D» [1]. Разработанный алгоритм позволяет улучшить качество печатных изделий из керамики, гипса и других печатных материалов. На настоящий момент программная реализация алгоритма используется при изготовлении ваз, посуды и декоративных изделий из керамики на 3D-принтере «Erzay3D Craft».

**FDM и LDM технологии 3D-печати.** Самый распространённый и доступный на данный момент способ трёхмерной печати – это послойная 3D-печать экструзионным методом с явным переходом между слоями. Печатающая головка создаёт двумерный рисунок, экструдирова (выдавливая) печатный материал (филамент) на печатном столе 3D-принтера,

затем происходит перемещение печатающей головки вверх на один слой и начинается печать следующего слоя. При таком способе печати имеется явный переход между слоями в точке перемещения печатающей головки от одного слоя к другому. Такой способ используется повсеместно при печати методом «послойного наплавления» (англ. fused deposition modeling, далее FDM), преимущественно из разного рода пластмасс [2].

Однако, в последнее время в экструзионной 3D-печати начали использоваться полужидкие и вязущие материалы, которые сильно отличаются от пластмасс по своим свойствам в первую очередь из-за большего времени застывания и необходимости использовать сопла с большим диаметром из-за наличия твёрдых нерастворённых частиц в веществе. К таким материалам можно отнести размягчённую глину, гипс, цемент и другие. Хотя основные принципы экструзионной печати вязущими материалами остались теми же, что у FDM-печати, данная технология получило название «моделирование методом послойного осаждения жидкости» (англ. liquid deposition modeling, далее LDM) [3]. Печать вязущими материалами нашла своё применение в изготовлении посуды, декоративных светильников, а также предметов искусства [4].

**Спиральная печать с волнообразной поверхностью и эффектом «плетения».** В связи с использованием сопел большого диаметра (1 мм и более), на напечатанных изделиях появляются ярко выраженный шов по линии местам перехода печатающей головки на новый слой (см. рисунок 1).



Рис. 1. Шов на изделии по линии перехода печатающей головки на новый слой

Проблему появления швов в некоторой степени решает перемещение точки перехода на новый слой в случайное место. Однако при этом вместо шва на стенках изделия все равно остаются разрывы, которые просто в силу их случайного местоположения менее бросаются в глаза. Кардинально эту проблему решает только отказ от послойной печати со ступенчатым явным переходом между слоями в пользу спиральной печати.

В этом случае печатающая головка на протяжении процесса печати постоянно движется вверх, описывая внешний контур модели по спирали. В таком случае переход между слоями будет неявным, так как отсутствует точка, в которой печатающая головка переходит от одного слоя к другому [5]. Для того чтобы осуществлять печать только внешнего контура изделия и при этом получать приемлемые параметры по прочности изделия был разработан собственный алгоритм спиральной печати. Алгоритм заключается в периодическом движении печатающей головки от центра печатаемого тела наружу и обратно с небольшой амплитудой и периодом. Таким образом толщина стенок при спиральной печати увеличивается. Подобрав некоторую амплитуду и период, можно добиться эффекта, при котором экструдированная нить накладывается на предыдущий слой подобно тому, как происходит плетение корзины. Такой эффект назван «эффектом плетения» (см. рисунок 2).

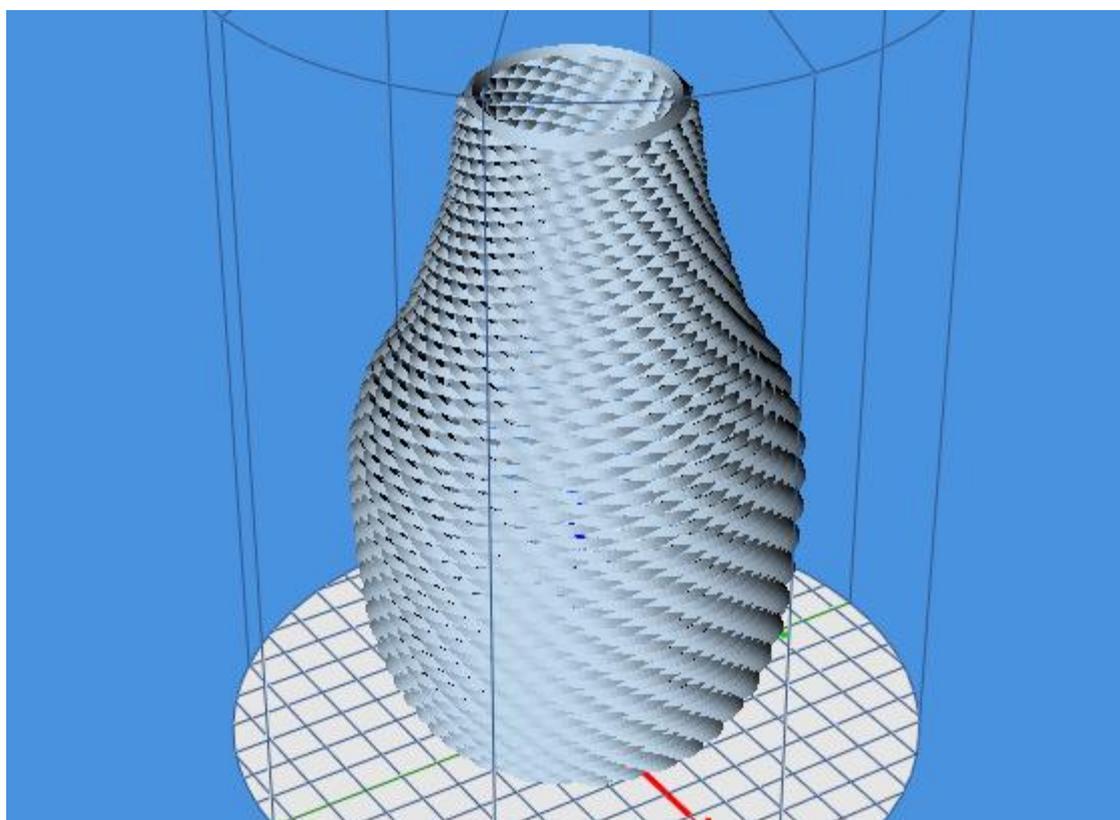


Рис. 2. Эффект «плетения» поверхности вазы

В случае увеличения амплитуды и периода стенки приобретают волнистую поверхность (см. рисунок 3), что может использоваться в дизайнерских решениях.

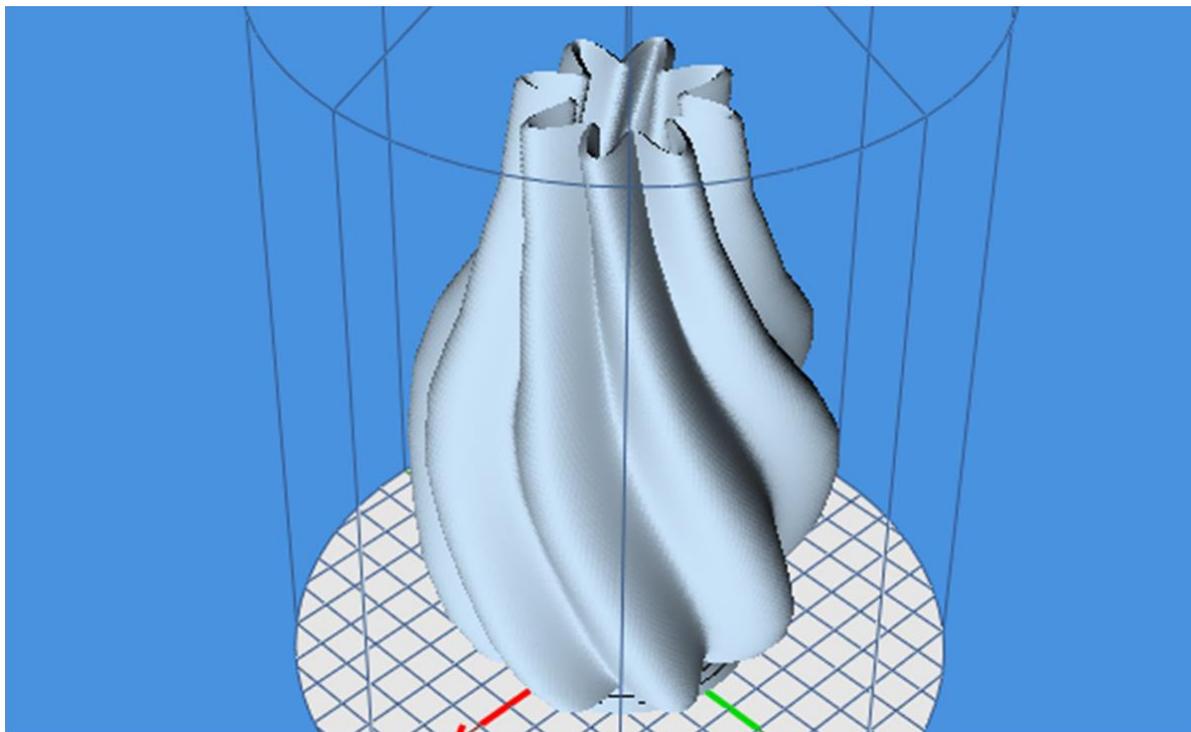


Рис. 3. Волнообразная поверхность вазы

**Создание графического интерфейса для работы с алгоритмом печати с волнообразной поверхностью и эффектом «плетения».** Алгоритм реализован в рамках создания программного пакета «Erzay 3DLab». Пакет разрабатывается с использованием кроссплатформенного фреймворка Qt, позволяющего создавать сложные графические интерфейсы. Для удобства работы с алгоритмом, создано отдельное окно «Генератор ваз». Для описания формы будущего изделия, создан редактор, в котором пользователю предоставлен интерфейс для описания контура тела вращения. Контур тела вращения описывается точками, соединёнными отрезками, образующими ломанную линию. В редакторе контура точки можно создавать, перемещать и удалять. Для большей наглядности реализована визуализация координатных осей (ось  $X$  – красная линия, ось  $Z$  – синяя) и границы области печати. Созданный контур зеркально отражается относительно оси  $Z$ , чтобы получить изображение вида сбоку формируемого тела вращения. В этом же окне имеются поля для указания параметров печати и параметров работы алгоритма (см. рисунок 4).

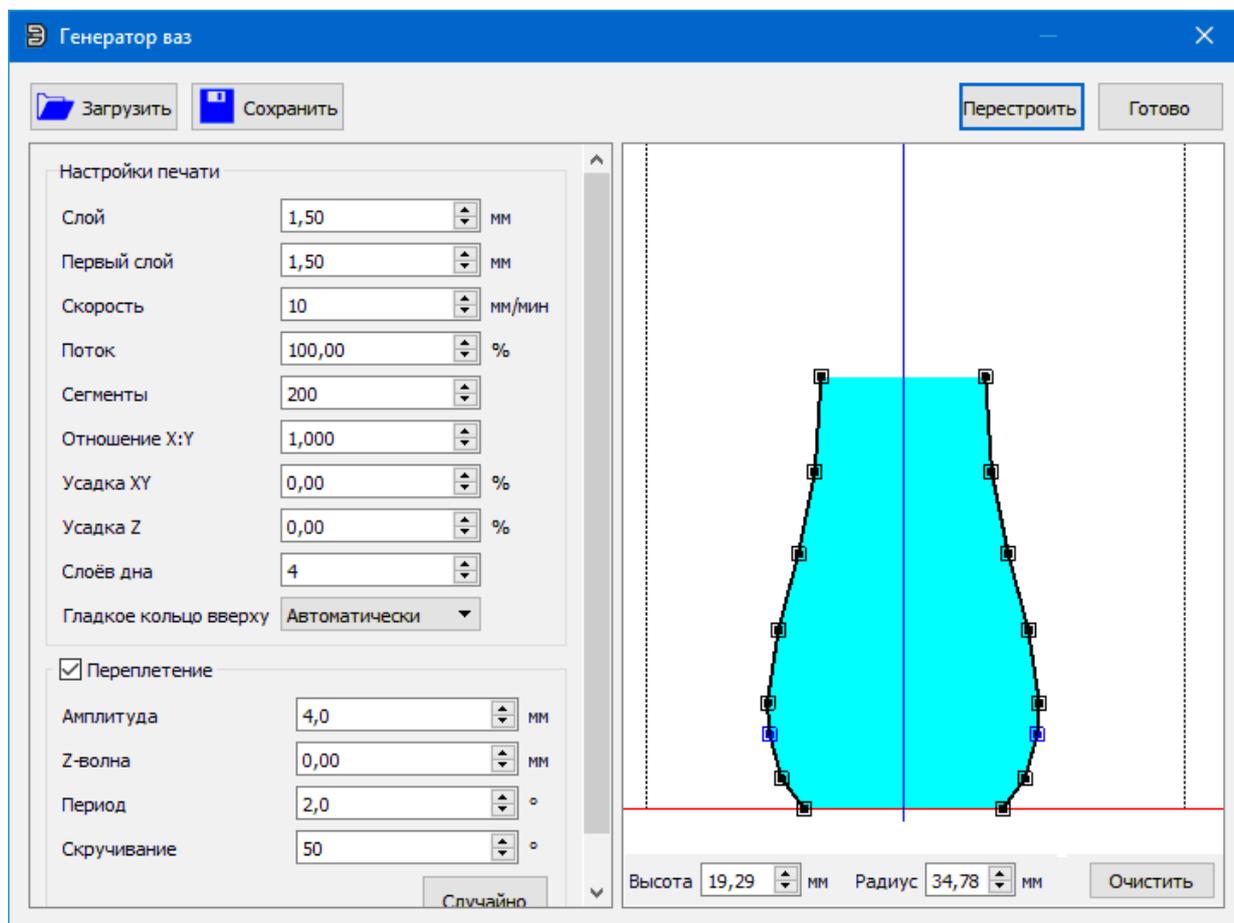


Рис. 4. Окно «Редактор ваз»

**Описание алгоритма.** 3D-принтер является станком с числовым управлением. Как и для любого другого подобного станка, для изготовления чего-либо на 3D-принтере необходимо передать устройству соответствующие команды. Набор команд в виде кодов передается в принтер обычно в форме текстового файла. Коды для движения печатающей головки придерживаются стандарта G-кода NIST RS274NGC. Команда печати обычно имеет следующий формат: «G1 X{X} Y{Y} Z{Z} E{E}», где: {X}, {Y} и {Z} – значения координат положения печатающей головки в конце выполнения команды, а {E} – объем выдавливаемого материала [6].

Формирование текстового файла со списком команд для печати ведется в цикле, при каждой итерации которого создается управляющая команда печати отдельного отрезка (сегмента).

Значение координаты  $Z$  высоты печатающей головки определяется следующей формулой:

$$Z = H_{layer} \cdot \left( \frac{curSeg}{segments} + layer \right), \quad (1)$$

где:  $H_{layer}$  – высота (толщина) слоя печати, указанная пользователем;  
 $curSeg$  – номер текущего сегмента на текущем слое;  
 $segments$  – количество сегментов на один слой, указанных пользователем;  
 $layer$  – номер текущего слоя (начинается с нуля).

Таким образом, при печати сегмента печатающая головка на протяжении всей печати будет увеличивать свою координату  $Z$ . Это обусловлено увеличением значения переменной  $layer$  каждый раз, когда оканчивается печать очередного слоя, и увеличением значения переменной  $curSeg$  при окончании печати очередного сегмента.

Значения координат  $X$  и  $Y$  положения печатающей головки вычислим по формулам:

$$X = R \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot curSeg}{segments}\right), \quad (2)$$

$$Y = R \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot curSeg}{segments}\right), \quad (3)$$

где,  $R$  – длина радиус-вектора точки, лежащей на контуре тела вращения на текущей высоте печатающей головки.

Значение  $R$  определяется формулой:

$$R = R_p + \frac{R_{p+1} - R_p}{Z_{p+1} - Z_p} (Z - Z_p) + I_w, \quad (4)$$

где:  $R_p, R_{p+1}$  – длины радиус-векторов точек начала и конца текущего отрезка контура тела вращения;

$Z_p, Z_{p+1}$  – координаты высоты радиус-векторов точек начала и конца текущего отрезка контура тела вращения;

$I_w$  – поправка, обуславливающая создание различных узоров.

Поправка  $I_w$  может вычисляться различными способами. Например, чтобы получить волнообразную поверхность стенок, можно применить формулу:

$$I_w = A_{I_w} \cos(curSeg / P_{I_w}), \quad (5)$$

где:  $A_{I_w}$  – амплитуда волны, указанная пользователем;  $P_{I_w}$  – период волны, указанный пользователем.

Если  $I_w$  на протяжении всей печати будет равно нулю, то стенки будут иметь гладкую поверхность.

Значения координаты  $E$  угла поворота шнека экструдера в начальный момент времени равен нулю. Каждое последующее значение вычисляется по формуле:

$$E = E_{i-1} + H_{layer} \cdot l, \quad (6)$$

где:  $E_{i-1}$  – значение координаты  $E$  в начале выполнения команды;  $l$  – длина отрезка от точки предыдущего положения печатающей головки до текущей.

Полученные координаты вписываются в команду, которая сохраняется в текстовый файл.

В конце каждой итерации при превышении  $curSeg$  значения  $segments$ ,  $curSeg$  сбрасывается в ноль, а значение  $layer$  инкрементируется. Цикл завершается, когда координата высоты печатающей головки  $Z$  достигает значения  $Z_{n-1}$  – высоты наивысшей точки контура тела вращения.

Полученный файл управляющих команд можно открыть программой для последующей визуализации и печати.

Подбором параметров можно добиться различных результатов работы алгоритма (см. рисунок 5).



Рис. 5. Изделия, сформированные при разных настройках параметров алгоритма.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет создавать файлы управляющих команд для трёхмерной печати тела вращения спиральным методом с эффектом «плетения» или с возможностью придания стенкам волнообразной поверхности, что может применяться в дизайнерских решениях. Эффект «плетения» позволяет получать приемлемые параметры по прочности изделия при печати лишь его внешнего контура. Одновременно он позволяет печатать более высокие изделия при той же вязкости печатающих материалов, не тратя лишнее время на застывание сделанных в первую очередь нижних его слоев.

На данный момент алгоритм применяется при изготовлении ваз, посуды и декоративных изделий из керамики на 3D-принтере «Erzay3D Craft». Алгоритм реализован на языке программирования C++ и встроен в пакет «Erzay 3D Lab», который применяется для работы с этим принтером. Встроенный в него редактор тела вращения, избавляет пользователя от необходимости наличия стороннего программного обеспечения для трёхмерного моделирования при создании форм для 3D-печати. Пакет «Erzay 3D Lab» доступен для свободного скачивания на официальном сайте разработчика [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О компании Робокинетика. [Электронный ресурс]. URL: <https://robokinetics.ru/about/> (дата обращения 24.12.2019).
2. FDM – технология 3D-печати пластиком. [Электронный ресурс]. URL: [http://3d.globatek.ru/3d\\_printing\\_technologies/fdm/](http://3d.globatek.ru/3d_printing_technologies/fdm/) (дата обращения 24.12.2019).
3. Liquid Deposition Modeling (LDM) – 3D Printing Media Network. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.3dprintingmedia.network/additive-manufacturing/am-technologies/what-is-liquid-deposition-modeling/> (дата обращения 24.12.2019).
4. 3D Potter – Real Clay 3D Ceramic Printers. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dpotter.com/> (дата обращения 24.12.2019).
5. Mastering Ultimaker Cura. [Электронный ресурс]. URL: <https://ultimaker.com/en/resources/21932-mastering-cura> (дата обращения 24.12.2019).
6. G-code/ru – RepRap. [Электронный ресурс]. URL: <https://reprap.org/wiki/G-code/ru> (дата обращения 24.12.2019).
7. Erzay 3D Lab – Программа для 3D печати. [Электронный ресурс]. URL: <https://robokinetics.ru/3dlab/> (дата обращения 24.12.2019).

**КОШОЕВА Б. Б., КАДЫРОВА А. М.**

### **СИСТЕМА ПОИСКА ПОПУТЧИКОВ «EASY TRIP»**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы о устоявшихся вариантах передвижения населения Кыргызской Республики. Основное внимание уделяется процессу цифровизации и автоматизации процесса передвижения. Научная новизна исследования заключается в разработке web-ориентированной системы онлайн бронирования и формирования новых поездок в Кыргызской Республике.

**Ключевые слова:** web-сервис, онлайн, поездки, бронирование, попутчики, Node. Js Vue. Js.

**KOSHOEVA B. B., KADYROVA A. M.**

### **«EASY TRIP» TRAVEL SEARCH SYSTEM**

**Abstract.** The article discusses the issues of established options for the movement of the population of the Kyrgyz Republic. The focus is on the digitalization and automation of the movement process. The scientific novelty of the research lies in the development of a web-oriented system of online booking and the formation of new trips to the Kyrgyz Republic.

**Keywords:** web service, online, travel, booking a trip, fellow travelers, Node. Js Vue. Js.

Мы живем в мире, в котором время является самым ценным ресурсом, и чтобы этот ресурс тратить себе на пользу были придуманы: такси, самолеты, поезда и другие транспортные средства. Каждый выбирает для себя подходящий вид транспорта, кто-то пользуется такси, кто-то общественным транспортом, у кого-то личное авто, но всех этих людей объединяет одно – они хотят добраться из пункта А в пункт В.

В данной статье рассмотрен вопрос автоматизации процесса передвижения по Кыргызстану. Кыргызская Республика – это государство на северо-востоке Центральной Азии. Территория – 199,9 тыс. км<sup>2</sup>. Столица – Бишкек (859,8 тыс. человек). Большие города Ош (255,8 тыс.), Джалал-Абад (98,4 тыс.), Каракол (68,0 тыс.). Кыргызстан состоит из 9 административно-территориальных единиц – Чуйская область, Таласская область, Иссык-Кульская область, Нарынская область, Джалал-Абадская область, Ошская область, Баткенская область, город Ош и город Бишкек. Безусловно, люди активно передвигаются по территории республики.

В Кыргызстане есть множество служб перевозки пассажиров – Яндекс такси, Namba, Jorgo и т. д. У каждой компании своя политика ведения бизнеса, пассажирам же остается выбрать оптимальный по цене, комфорту и мобильности компании. Так же не маловажным критерием является удобство заказа транспортного средства. Мы живем в век прогрессивных технологий, следовательно, каждая компания нуждается в цифровизации.

Например, Яндекс такси [5], это была первая служба в КР, которая внедрила мобильное приложение, что привело к значительному росту клиентов, за счет того, что приложение наглядно показывает детали поездки, маршрут, цену, плюсом стал чат с водителем и выбор подходящего варианта поездки по цене.

Исходя из всего вышеперечисленного, можно с уверенностью сказать, что былые способы предоставления услуг такси устарели и нуждаются в тотальной перезагрузке методом цифровизации.

Кыргызстан не самая маленькая страна, несмотря на это у нас поездов для передвижения между областями. Чтобы добраться из г. Бишкек в г. Талас, или иные области Кыргызстана, население вынуждено ездить на вокзалы, где водители такси ожидают набора пассажиров, бронировать поездку и ждать пока все свободные пассажирские места будут заняты, затем отправиться в путь. Чтобы сохранить, и использовать себе на пользу такой ресурс как время, считаю необходимым автоматизировать и цифровизировать этот процесс.

На дорогах Кыргызстана в настоящее время огромное количество машин, которые едут с пустыми пассажирскими местами. Можно сказать, что эти автомобили являются потенциальными участниками для работы в транспортной сети.

На рисунке 1 представлена карта, в которой представлены варианты маршрутов альтернативной автомобильной дороги.

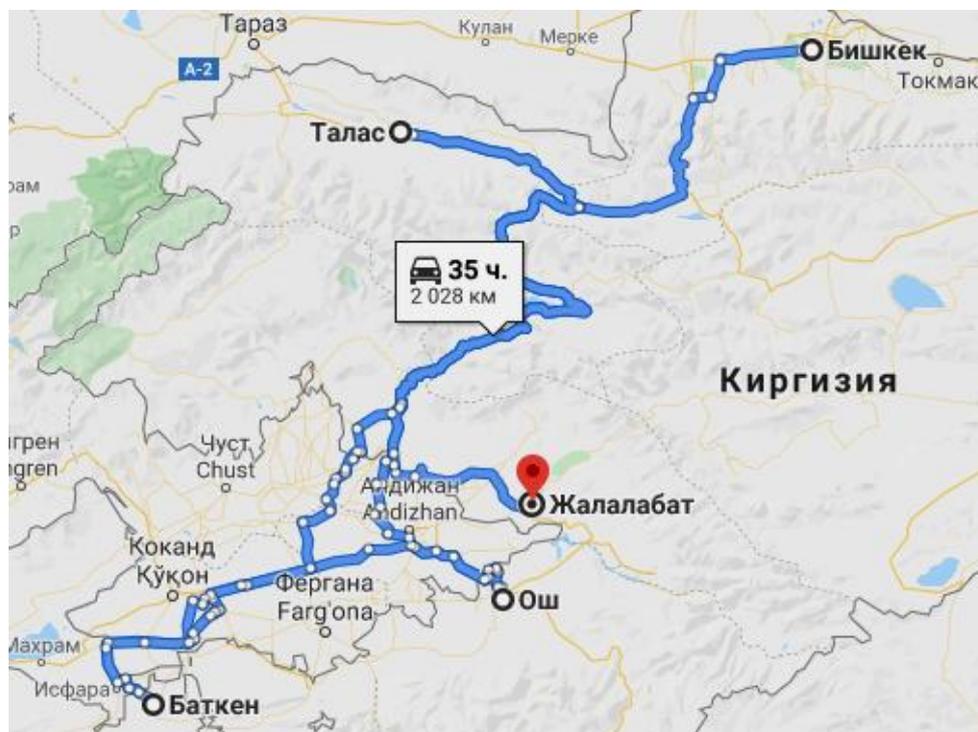


Рис. 1. Кыргызстан. Варианты маршрутов Бишкек–Талас–Жалалабат–Ош–Баткен.

Была поставлена задача: создать web-сервис, в котором пользователь мог бы опубликовывать и находить поездки. Для достижения поставленной цели мною была разработана система, в которой пользователь может выступить как в роли водителя имея личное авто, так и в роли пассажира.

Пройдя регистрацию, пользователь, выступая в роли водителя публикует свою поездку, указывая пункт отправки, пункт назначения, дату, время и стоимость поездки.

Пассажир, так же пройдя регистрацию, пользуется поиском указывая отправную точку и место назначения, так же время и дату поездки, по результатам поиска он бронирует место, а водитель получает уведомление о бронировании.

Исходя из всего вышеперечисленного, мы можем выделить главные функции системы - возможность формирования поездки с заданными параметрами и возможность поиска, и бронирование места.

Функции, выполняемые программой, изображены на рисунке 2 в виде диаграммы UML Use Case. Пользователем системы выступает User, который может быть представлен в качестве водителя или пассажира. Водитель формирует поездку и публикует ее, пассажир, воспользовавшись поиском бронирует место в выбранной поездке.

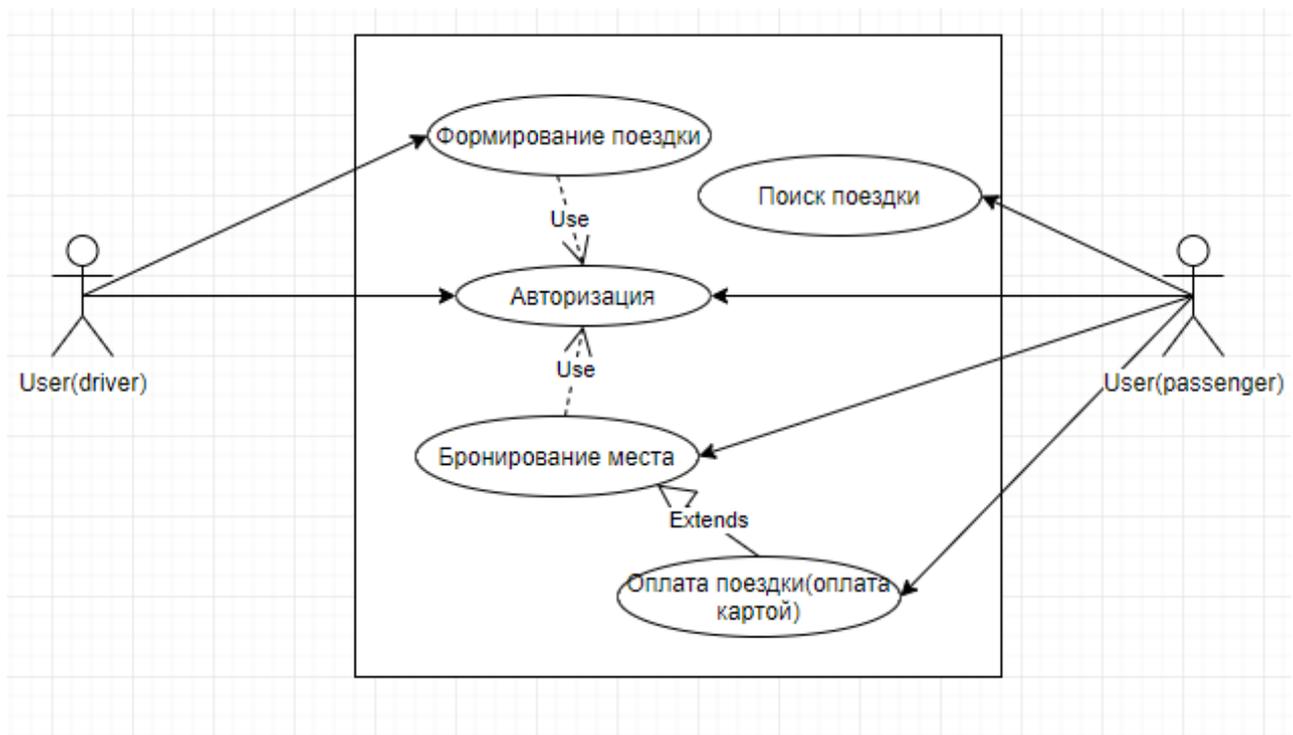


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования системы

На рисунке 3 показана диаграмма последовательности, которая описывает работу системы при выполнении функции формирования поездки и бронирования. Взаимодействия объектов можно рассматривать во времени, и тогда для представления временных особенностей передачи и приема сообщений между объектами используется диаграмма последовательности.

Разработана система поиска попутчиков EasyTrip, предназначенная для решения проблемы автоматизации и цифровизации процесса транспортировки пассажиров.

Данное программное обеспечение предоставляет следующие функции:

водителю:

- добавлять, изменять, удалять данные пользователя;
- создавать, изменять, удалять поездки;
- указывать, изменять свои предпочтения;
- указывать, изменять вид транспортного средства;
- указывать, изменять пароль и email;
- получать уведомления о своих поездках;
- иметь историю своих поездок;
- просматривать основную информацию о пассажирах, забронировавших места;

пассажиру:

- добавлять, изменять, удалять данные пользователя;
- создавать, изменять, удалять бронирования;
- указывать, изменять свои предпочтения;
- указывать, изменять пароль и email;
- получать уведомления о своих бронированиях;
- осуществлять поиск;
- иметь историю своих бронирований;
- просматривать основную информацию водителя;
- видеть полную информацию о поездке;
- видеть основную информацию о других пассажирах.

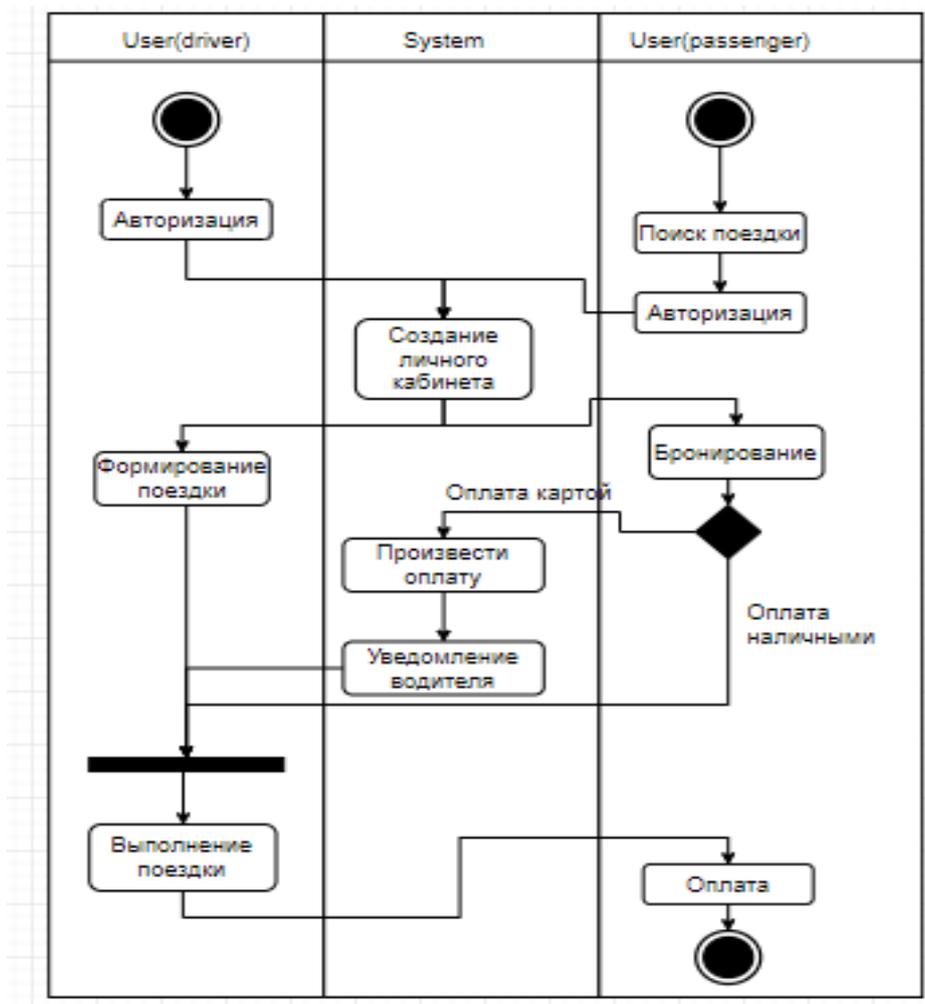


Рис. 3. Диаграмма последовательности действий системы при выполнении функции формирования поездки и бронирования

Для разработки приложения был выбран язык программирования JavaScript, фреймворк – Node.js[1], для пользовательского интерфейса Vue js, среда реализации – WebStorm 2017 [4]. База данных создана в системе управления базами данных PostgreSQL 9.5.6 [3].

Требования сервера ограничиваются требованиями СУБД PostgreSQL 9.5.6 используемой в системе:

- тип процессора – процессор x64: amd opteron, amd athlon 64, intel xeon с поддержкой intel em64t, intel pentium iv с поддержкой em64t. – процессор x86: процессор, совместимый с pentium iii или выше
- быстродействие процессора: минимум 1,4 ГГц. рекомендуется 2 ГГц и выше
- озу: для обеспечения оптимальной производительности требуется не менее 4 Гб с последующим увеличением по мере роста размера базы данных.

- свободного дискового пространства для базы данных – 2 Гб, так как со временем размер базы данных будет увеличиваться.

Требования к пользователю – доступ к сети интернет.

В системе выполняются две основные функции: создание поездки и бронирование места. Так же не маловажные функциями являются: поиск поездки.

Функция создания поездки включает в себя формирование поездки с учетом пунктов отправки и пункта назначения, с указанием промежуточных точек (если они есть), так же необходимо указать дату, время, стоимость и количество свободных пассажирских мест.

Функция бронирования включает в себя поиск с указанием пункта отправки, пункта назначения, даты и времени. Результатом поиска является поездки, которые совпадают либо по всем параметрам, либо по дате и пунктам отправки и пункта назначения. При условии, что пассажира устраивают условия и параметры поездки он может забронировать место.

Для безопасности данных реализована аутентификация пользователей.

На рисунке 4 показана страница создания новой поездки водителем системы поиска попутчиков EasyTrip. Для удобства и наглядности внедрена Google карта [2].

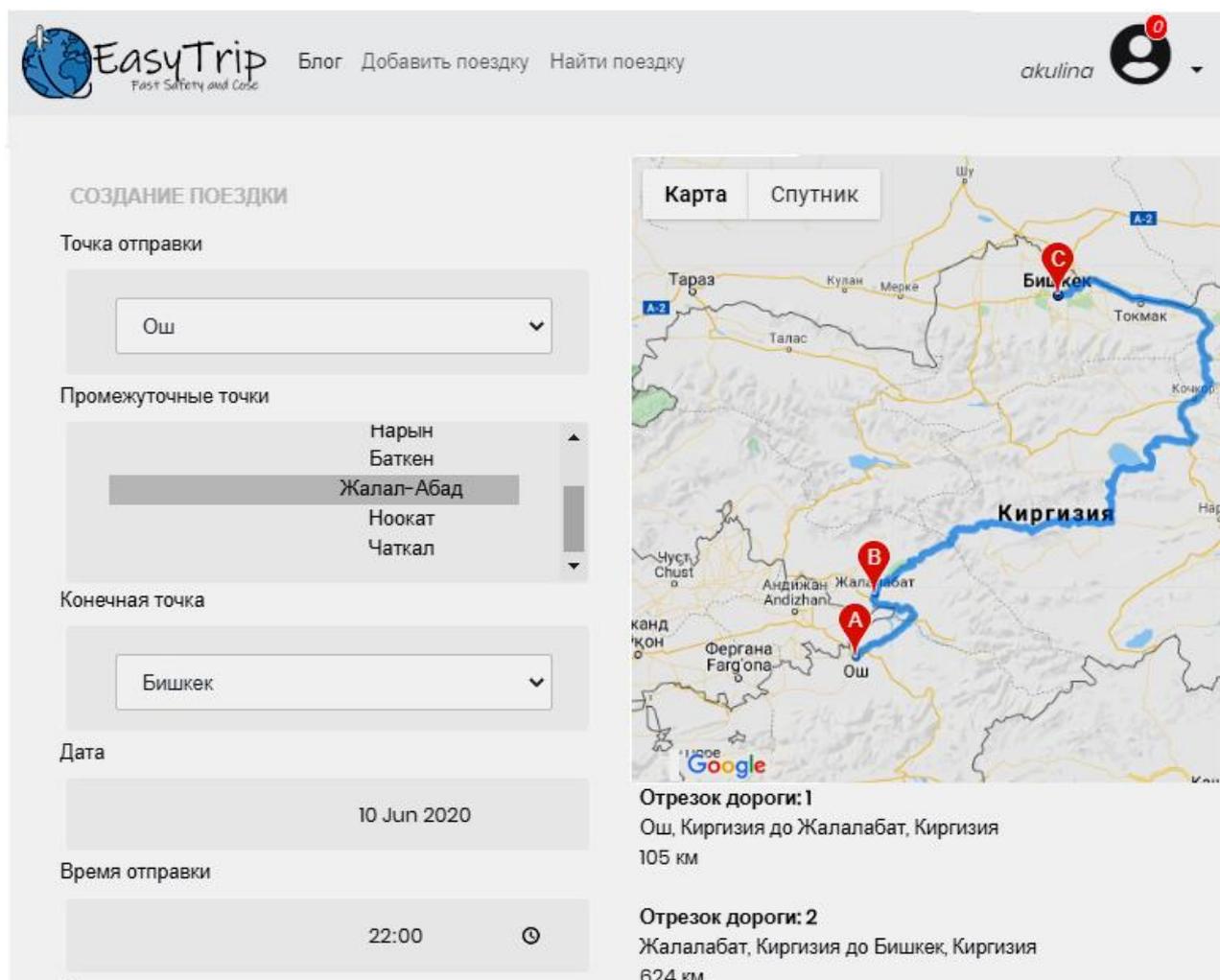


Рис. 4. Страница формирования поездки системы

На рисунке 5 изображена страница системы поиска поездки пассажирам с указанием точки отправки, пункта назначения, даты и времени.

На рисунках 6, 7 показаны страницы просмотра поездки при бронировании.

КУДА ВЫ ХОТИТЕ ОТПРВАИТЬСЯ?

Ош ▼

Бишкек ▼

09 Jun 2020 14:00

**НАЙТИ**

---

По результатам поиска найдено 1 поездки

Основной маршрут	Дата	Стоимость	Свободных мест
Ош - Бишкек	2020-06-08 - 14:00:00	500 KGS	4

Рис. 5. Страница системы поиска поездки



Блог Добавить поездку Найти поездку

akulina 

---

### План поездки

2020-06-08  
14:00:00

- Ош
- Бишкек

Стоимость: 500 KGS  
Свободных мест: 4

Дополнительная информация о поездке:

буду рада провезти с Вами поездку



**Киргизия**

---

#### ИНФОРМАЦИЯ О ВОДИТЕЛЕ

Имя: akulina beks  
Пол: Женщина

**Отрезок дороги: 1**  
Ош, Киргизия до Бишкек, Киргизия  
610 км

Рис. 6. Страница просмотра деталей поездки

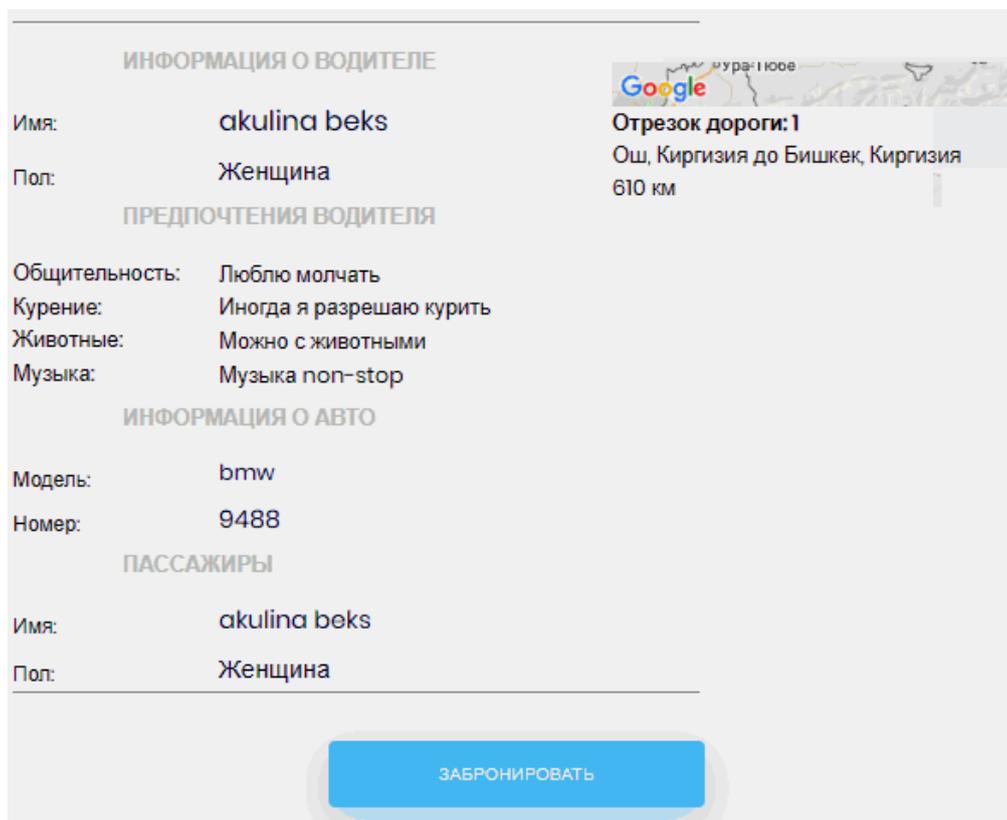


Рис. 7. Страница просмотра деталей поездки

Таким образом, была спроектирована и реализована система, позволяющая пользователю опубликовывать свои поездки и набирать попутчиков по средством Web сервиса EasyTrip. Данная система ускоряет процесс поиска подходящего средства передвижения, что говорит о том, что цель разработки была достигнута.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петрис К. Node.js [Электронный ресурс]: документация: официальная документация 2019. №3. – Режим доступа: <https://nodejs.org/en/docs/>
2. Платформа для google map [Электронный ресурс] – <https://cloud.google.com/maps-platform/>
3. The PostgreSQL Global Development Group PostgreSQL [Электронный ресурс]: официальная документация / Постгрес Профессиональный.- веб сайт – Калифорния: 1996–2020.-Режим доступа: <https://www.postgresql.org/>
4. Алекс К. Vue.js: официальная документация версия 2 / Сара Д., Гильом Ч. [Электронный ресурс]: Сиетл : 2019. Режим доступа: <https://ru.vuejs.org/v2/guide/>
5. Яндекс такси [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://taxi.yandex.kg>

**МИХЕЕВА Н. И., МААТКАБЫЛОВА С. М.**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ КРЕДИТОВАНИЯ В БАНКОВСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Аннотация.** Описана компьютерная система на основе нечеткой логики для распознавания возможности выдачи кредита клиентам банка. Для решения этой задачи использован специальный инструментарий в пакете прикладных программ MATLAB – Fuzzy Logic Toolbox. Система позволяет на основе сведений о платежеспособности клиента и условий работы банка оперативно выбрать оптимальную форму кредитования и оценить возможную сумму кредита.

**Ключевые слова:** управление, нечеткая логика, лингвистическая переменная, компьютерная система.

**MIHEEVA N. I., MAATKABYLOVA S. M.**

## **USE OF FUZZY LOGIC IN SOLVING LENDING ISSUES IN BANKING**

**Abstract.** A computer system based on fuzzy logic for recognizing the possibility of issuing a loan to Bank clients is described. To solve this problem, the special tools in the MATLAB application software package Fuzzy Logic Toolbox was applied. The system allows you to quickly select the optimal form of credit and estimate the possible loan amount based on information about the customer's solvency and the Bank's working conditions

**Keywords:** control, fuzzy logic, linguistic variable, computer system.

Середина XX века ознаменовалась бурным развитием теории и практики автоматизации управления. Возникли новые направления математической теории систем – синергетика, нечеткая логика, распознавание образов, нейронные сети и другие. Их реализация подкреплена развитием компьютерной техники и программного обеспечения. Этот процесс обеспечил интеллектуализацию автоматизированного управления во всех сферах деятельности, связанных с производством, финансированием, обучением, развлечениями и других.

Распознавание образов основано на теории статистических решений и позволяет осуществить классификацию исследуемых объектов. Одна из первых работ в данном направлении выполнена Р. Фишером [2]. Она положила начало формированию дискриминантного анализа как одного из разделов теории и практики распознавания.

Распознавание образов (объектов, сигналов, ситуаций, явлений или процессов) – это задача идентификации объекта или определения каких-либо его свойств по его изображению (оптическое распознавание) или аудиозаписи (акустическое распознавание) и другим

характеристикам. Распознавание является основой успешности принятия интеллектуальных управленческих решений в различных условиях, которые связаны со сложными многофункциональными объектами и неоднозначными ситуациями.

Нечеткая логика оперирует нечеткими множествами и правилами их преобразования. Идеи нечеткого моделирования, предложенные Л. Заде в 1965 году [3], получили бурное развитие и внедрение, начиная с середины 1970-х годов [6], что оказалось возможным благодаря совершенствованию информационных технологий как инструмента реализации нечетких алгоритмов управления. Это связано с тем, что, в отличие от классической математики, которая требует на каждом шаге точные модели и однозначные формулировки закономерностей, нечеткая логика вводит подход к решению проблемы управления, основанный на правилах вида «ЕСЛИ *A* И *B* ТОГДА *C*» вместо попыток смоделировать систему математически. Она описывает поведение оператора-эксперта при управлении и основана на опыте оператора, а не на понимании внутренних закономерностей управляемой системы [4]. Таким образом, основной целью введения нечеткой логики является создание аппарата, способного моделировать человеческие рассуждения и использовать интуитивные приемы принятия решений в различных ситуациях. К настоящему времени аппарат нечеткой логики в достаточной степени разработан и применяется при создании систем, понимающих тексты на естественном языке, а также планирующих систем, опирающихся на неполную информацию; для обработки зрительных сигналов, при управлении техническими, социальными и экономическими системами с искусственным интеллектом и робототехникой. При этом для реализации управления можно использовать среды Fuzzy Tech и MATLAB [7].

Использование нечеткой логики в управлении банковской деятельностью позволяет оперативно распознавать и анализировать разнообразные ситуации и принимать обоснованные решения, используя компьютерную технику. Одна из наиболее часто выполняемых банками процедур – выдача кредитов. Традиционно решение о выдаче кредита принимается группой экспертов, которые оценивают все показатели платёжеспособности клиента и на основе своего опыта и знаний принимают решение. Это процедура является трудоемкой и занимает большое количество времени. Сокращение трудоемкости и временных затрат можно обеспечить за счет автоматизации процесса экспертизы с помощью специального инструментария – Fuzzy Logic Toolbox в рамках среды MATLAB [1].

Пакет прикладных программ допускает создавать системы нечеткого логического вывода и нечеткой классификации с возможностью их интегрирования в Simulink. Основой структуры является система нечеткого вывода Fuzzy Inference System (FIS). В FIS-структуру входят все необходимые данные для реализации функционального отображения «входы» –

«выходы». Модуль FIS позволяет строить нечеткие системы двух типов – Мамдани и Сугэно, которые различаются способами задания значений выходной переменной и правил, образующих базу знаний. Для решения финансовых задач более предпочтительна система типа Мамдани, в которой база знаний строится с использованием лингвистических переменных на основе логических правил вида «ЕСЛИ *A* И *B* ТО *C*» [5].

Результат разработки структуры системы в редакторе FIS представлен на рисунке 1. Входными данными являются ЗарПлата (ЗарПлата), Оценка имеющейся Недвижимости (ОценкаНедвижимости), наличие Собственного Вклада (СобствВклад) и Кредитная История (КредитИстория) клиента. Три услуги, которые предоставляет банк, именуемые СуммаКредита, СуммаЛизинга и СуммаИпотеки брали в качестве выходных данных .

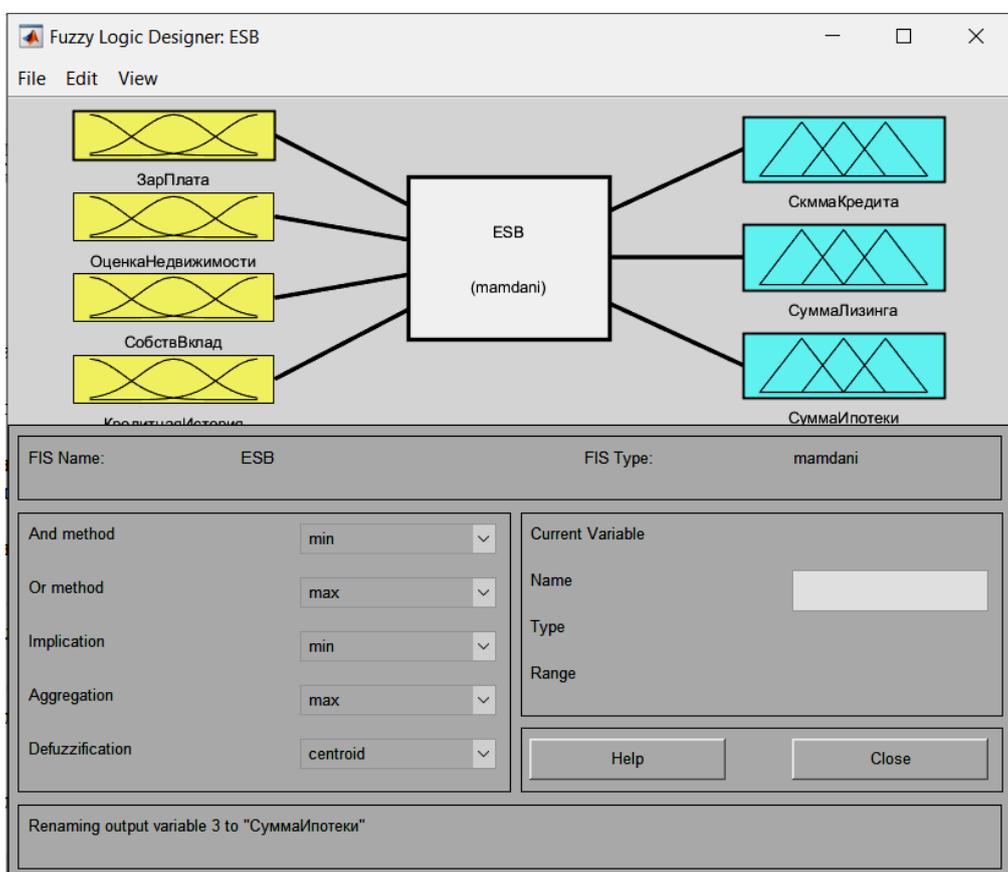


Рис. 1. Вид окна FIS-редактора после задания структуры системы

С помощью редактора функций принадлежности заданы следующие параметры для каждой переменной:

ЗарПлата – трапециевидная функция принадлежности, диапазон значений которой от 0 до 25 000 рублей включает три лингвистических множества: «Низкая», «Средняя», «Высокая»;

ОценкаНедвижимости – трапециевидная функция принадлежности, диапазон значений которой от 0 до 35 000 рублей состоит из двух лингвистических множеств: «Низкая», «Высокая»;

СобственныйВклад – трапециевидная функция принадлежности, диапазон значений которой от 0 до 100 000 рублей включает два лингвистических множества: «Есть», «Нет».

КредитнаяИстория – трапециевидная функция принадлежности, диапазон значений которой от 0 до 10 баллов состоит из трех лингвистических множеств: «Плохая», «Удовлетворительная», «Отличная».

В качестве окончательного результата использованы три переменные, характеризующие услуги банка, каждая из которых содержит 4 лингвистических множества: «Отказать», «Маленькая», «Средняя», «Большая». Это следующие переменные:

СуммаКредита – треугольная функция принадлежности в диапазоне значений от 0 до 100 000 рублей;

СуммаЛизинга – треугольная функция принадлежности в диапазон значений от 0 до 3 000 000 рублей;

СуммаИпотеки – треугольная функция принадлежности в диапазон значений от 0 до 10 000 000 рублей.

В зависимости от значений входных переменных и принятых правил их преобразования система может отказать клиенту или же вывести рекомендуемую сумму с учетом всех рисков для каждой банковской услуги.

Для получения результатов анализа были сформулированы нечеткие правила вывода и введены в систему через редактор правил (рисунок 2). В нечеткой системе все правила работают параллельно, причем степень их влияния на выход может быть различной. Процесс обработки нечетких правил вывода состоит из 4 этапов:

1. Вычисление степени истинности левых частей правил (между «если» и «то») – определение степени принадлежности значений входных переменных нечетким подмножествам, указанным в левой части правил вывода.

2. Преобразование нечетких подмножеств, указанных в правой части правил вывода (после «то»), в соответствии со значениями истинности, полученными на первом этапе.

3. Суперпозиция преобразованных по введенным правилам подмножеств для каждой выходной переменной.

4. Переход от нечетких подмножеств к выходным значениям, определяющим сумму максимально возможного финансирования с учетом всех заданных показателей.

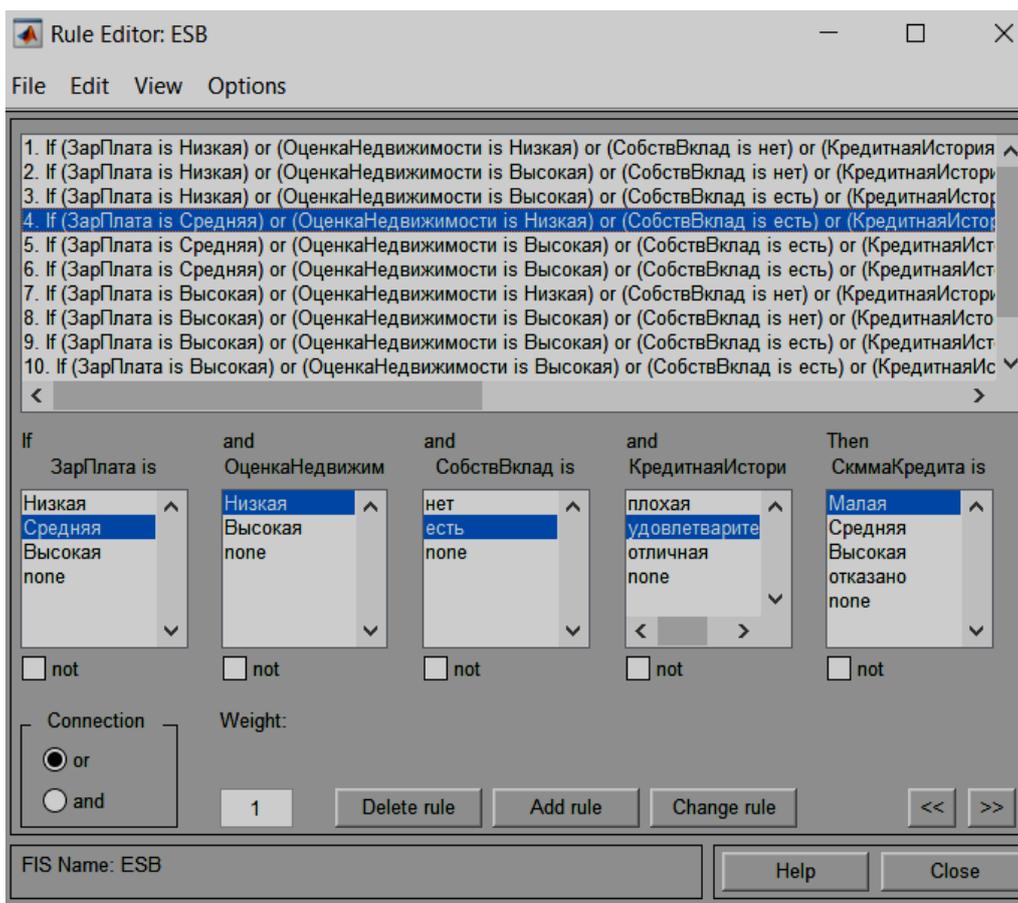


Рис. 2. Окно редактора правил

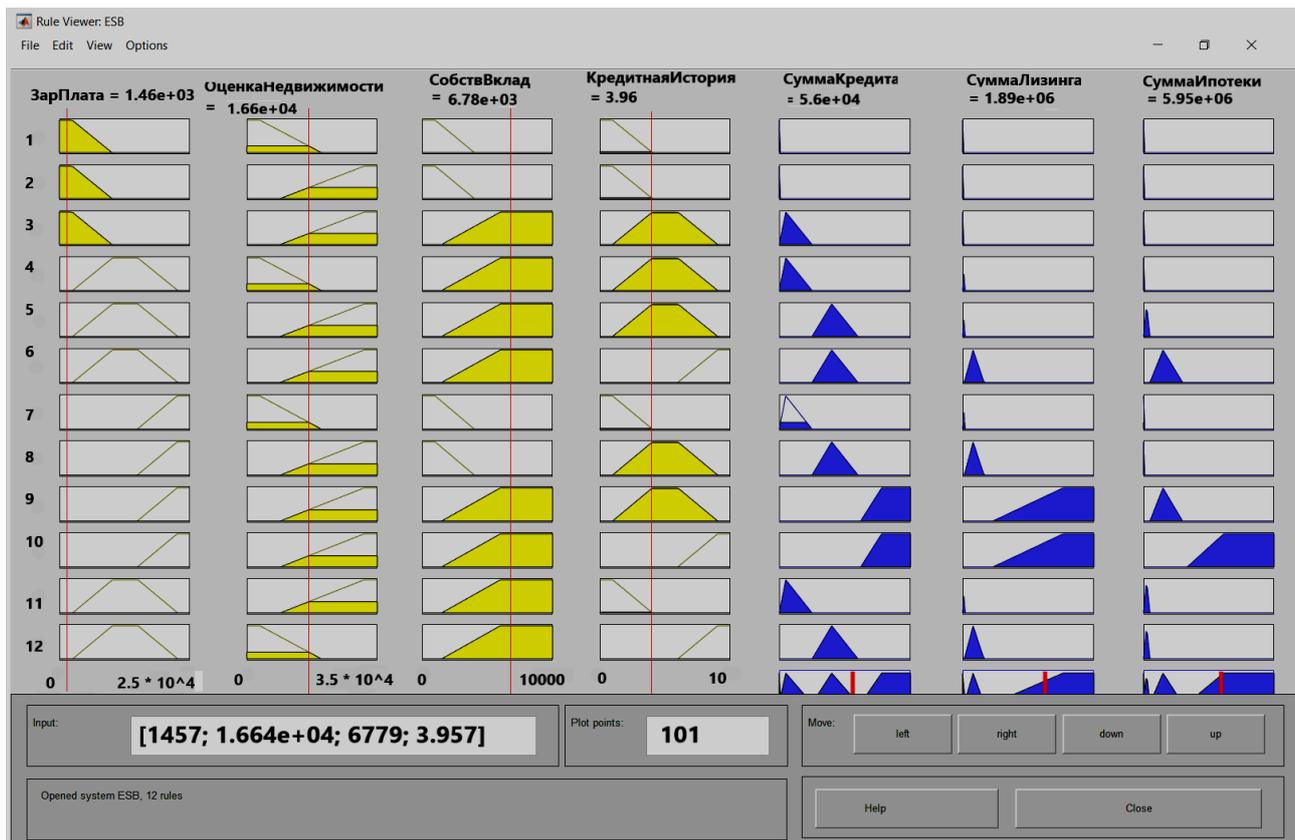


Рис. 3. Окно просмотра результатов

С результатами моделирования можно ознакомиться в специальном окне просмотра (рисунок 3). Изменяя значения входных данных, можно получать соответствующие значения выходных. На рисунке 3 исходные входные данные были следующими: ЗарПлата «средняя», ОценкаНедвижимости «низкая», СобствВклад «есть» и «удовлетворительная» КредитнаяИстория. Созданная система вырабатывает соответствующий результат по каждому из выходных данных, то есть дает итоговый ответ, который рекомендует предоставить клиенту кредит в сумме не более 56 000 рублей, лизинг в размере не выше 1 890 000 рублей и ипотеку в сумме не выше 5 950 000 рублей.

Дополнительным преимуществом пакета Fuzzy Logic Toolbox является возможность просмотра графика зависимости одной из выходных переменных от двух входных. На рисунке 4 изображена для примера поверхность вывода выходных значений переменной СуммаИпотеки в зависимости от двух входных переменных – ЗарПлата и СобствВклад. Видно, что чем больше вклад и заработная плата клиента, тем выше у него шанс получить более крупную сумму денег для ипотеки. Из графика можно определить, начиная с какого значения ЗарПлата и СобствВклад можно получить максимальную сумму ипотеки.

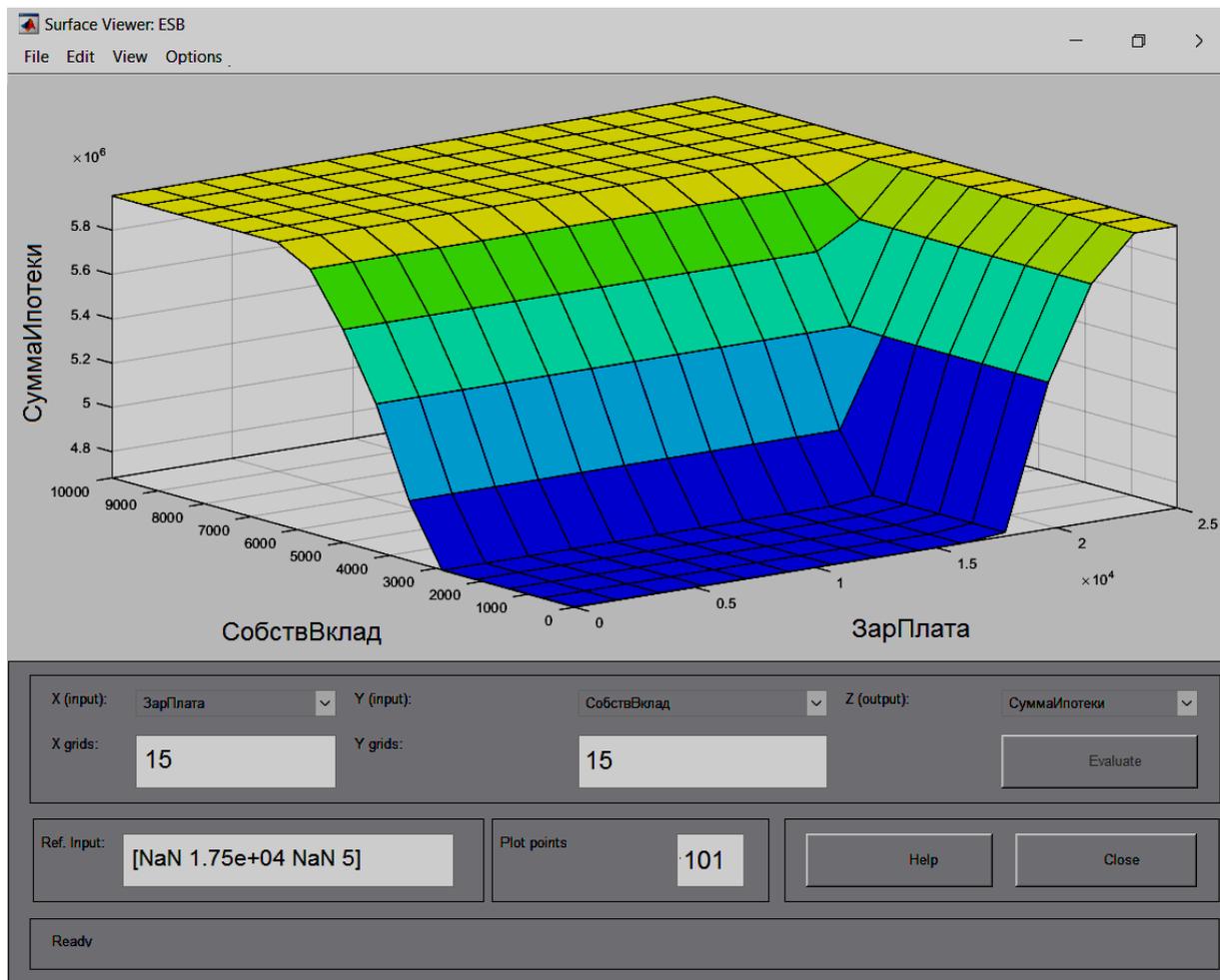


Рис. 4. Окно просмотра поверхности вывода

Таким образом, в работе рассмотрена возможность создания программного приложения по управлению банковской деятельностью на основе правил нечеткой логики при решении вопросов кредитования. Применение программного решения задачи позволяет свести к минимуму ошибки операционистов банка, максимально правильно и быстро принимать обоснованное решение о форме и размере выдаваемого кредита с учетом финансовых возможностей клиента. Компьютерное моделирование позволяет оперативно исследовать ситуацию и оптимизировать ее с учетом интересов и возможностей, как банка, так и клиента.

#### СПИСОКА ЛИТЕРАТУРЫ

1. FUZZYLOGICTOOLBOX. [Электронный ресурс]. URL: <https://exponenta.ru/fuzzy-logic-toolbox> (дата обращения: 03.09.2020).
2. Fisher R. A. On the mathematical foundation of theoretical statistics // Philosophical Transactions of the Royal Society. – 2019. – A222. – P. 309–368.
3. Zadeh L. A. Fuzzysets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8, Issue 3. – P. 338–353.

4. Гостев В. И. Нечеткие регуляторы в системах автоматического управления – Киев. : Радиоаматор, 2008. – 972 с.
5. Качалов Р. М. Концептуальное моделирование процессов управления экономическим риском на основе теории нечеткой логики – М. : ЦЭМИ РАН, 2017. – 113 с.
6. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
7. Сущность, функции и принципы кредита / [Электронный ресурс]. URL: <http://www.grandars.ru/student/finansy/kredit.html> (дата обращения: 03.09.2020).

**БЕСПАЛОВ Н. Н., ЯХЛОВ А. В.**

**ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ  
ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЫ КВАЗИПОСТОЯННЫМ ТОКОМ**

**Аннотация.** В статье рассмотрен вариант схемы электронного устройства для электрического питания люминесцентной лампы квазипостоянным током. Представлены результаты моделирования электрических режимов питания люминесцентной лампы мощностью 8 Вт в программной среде Multisim. Рассмотрен вариант управления питанием с помощью таймерного устройства. Представлена фотография работающего макетного образца устройства.

**Ключевые слова:** люминесцентная лампа, дроссель, электромагнитное пусковое устройство, умножитель напряжения, постоянный ток, таймер.

**BESPALOV N. N., YAHLOV A. V.**

**ELECTRONIC DEVICE FOR ELECTRIC POWER SUPPLY  
LUMINESCENT LAMP WITH QUASI-CONSTANT CURRENT**

**Abstract.** The article considers a variant of the circuit of an electronic for electric power supply of a fluorescent lamp with a quasi-constant current. The results of modeling the electric power modes of an 8 W fluorescent lamp in the Multisim software environment are presented. A variant of power management using a timer device is considered. A photograph of a working prototype of the device is presented.

**Keywords:** fluorescent lamp, choke, electromagnetic starting device, voltage multiplier, constant current, timer.

В настоящее время свыше 10% вырабатываемой в стране электрической энергии расходуется на цели искусственного освещения. При этом более 50% генерируемого светового потока создается экономичными разрядными источниками света, прежде всего ртутными лампами низкого и высокого давления. В относительно маломощных устройствах для освещения, а также для бактерицидной ультрафиолетовой обработки воздуха, обычно используются люминесцентные лампы (ЛЛ), управление электрическим питанием которых осуществляется с помощью различного рода пускорегулирующих аппаратов (ПРА). Технические характеристик ПРА обуславливают эксплуатационные и конструкционные характеристики светильников и ламп, например, световые и электрические характеристики светильников, срок службы ЛЛ, габаритные размеры и стоимость светильника, а также эксплуатационные затраты на освещение [1].

В маломощных светильниках на основе ЛЛ применяются электромагнитные

пускорегулирующие аппараты (ЭмПРА), в которых сетевое напряжение частотой 50 Гц подаётся на ЛЛ с параллельно включёнными стартерными системами через дроссели. Широкое распространение нашли электронные пускорегулирующие аппараты (ЭПРА), задающие подачу в лампу переменный импульсный ток определённой частоты.

Достоинством применения ЭмПРА является то, что данные системы питания не создают высоких уровней сетевых электромагнитных и радиоэлектрических помех. Данные системы достаточно надёжны и имеют относительно низкую стоимость. Недостатками таких систем являются их относительно большие габариты и массы. При этом светильники с применением таких систем имеют низкий коэффициент мощности равный примерно 0,5.

При применении ЭПРА для питания ЛЛ уменьшаются масса и габариты светильников. Это также обуславливает существенное повышение коэффициента мощности светильников до значений, превышающих 0,9. Однако существенным недостатком применения ЭПРА в результате питания ЛЛ импульсными токами повышенной частоты является появления в питающей сети более высоких уровней электромагнитных помех, а также появление в окружающем пространстве более высокого уровня радиопомех. Также необходимо отметить более низкий уровень надёжности ЭПРА по сравнению с ЭмПРА. Это обусловлено более сложной структурой ЭПРА, в которых применяются большое количество полупроводниковых элементов, работающих в условиях повышенной температуры.

Общими недостатками описанных стандартных ЭмПРА и ЭПРА являются, во-первых, повышенные пульсации светового потока ЛЛ, что признается вредным воздействием на человека и, во-вторых, ЛЛ используется всегда с нагретыми нитями накала, перегорание которых нередко приводят к отказам ЛЛ и, естественно, светильников.

С целью разработки светильника на основе ЛЛ, световой поток которого имеет малые пульсации, нами была исследована схема ЭмПРА, которая позволяет осуществлять питание ЛЛ квазипостоянным током. Для питания люминесцентной лампы постоянным током используется схема с дросселем и умножителем напряжения описанная в [2].

На рисунке 1 представлена визуализация рассматриваемой схемы, которая получена в программной среде Multisim 11. Номиналы элементов схемы рассчитаны на применении ЛЛ мощностью 8 Вт. В качестве эквивалента ЛЛ при моделировании использовался резистор  $R5$  величиной сопротивления в 386 Ом.

Исследовались временные зависимости сетевого напряжения и входного тока и, соответственно, выходного напряжения на эквиваленте ЛЛ и тока через него в установившемся состоянии. Исследование осуществлялось при различных значениях ёмкости конденсатора фильтра  $C5$  в пределах от 0 до 100 мкф.

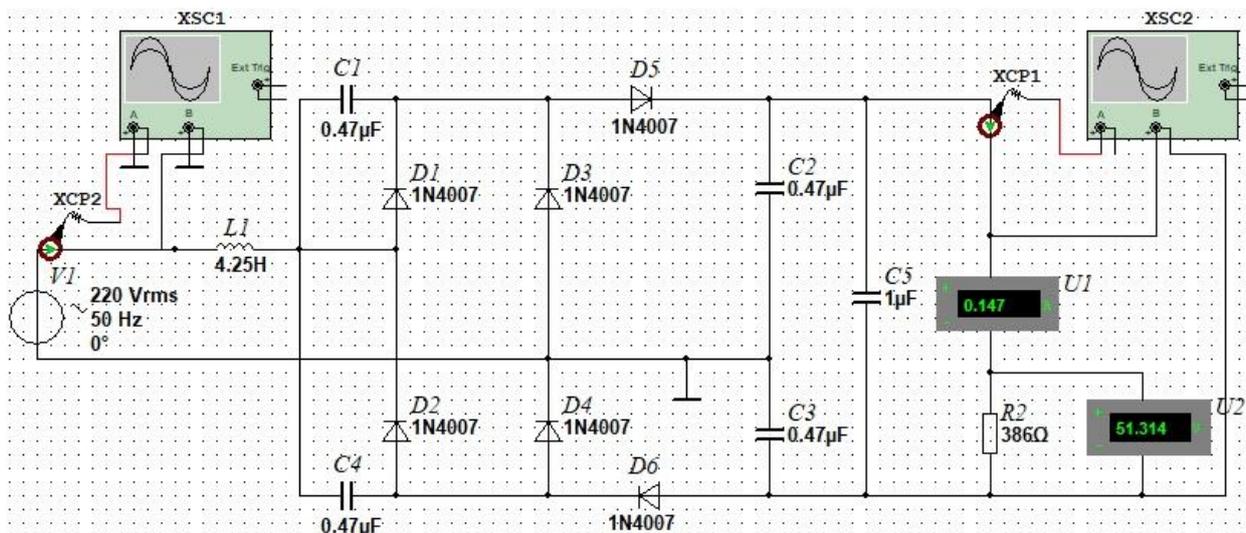


Рис. 1. Визуализация схемы питания люминесцентной лампы постоянным током, исследованная в программной среде NI Multisim 11

На рисунке 2 показаны осциллограммы входного напряжения  $u_{вх}$  и входного тока  $i_{вх}$  и выходного напряжения  $u_{вых}$  и выходного тока  $i_{вых}$  при ёмкости конденсатора фильтра  $C5=0$  мкф.

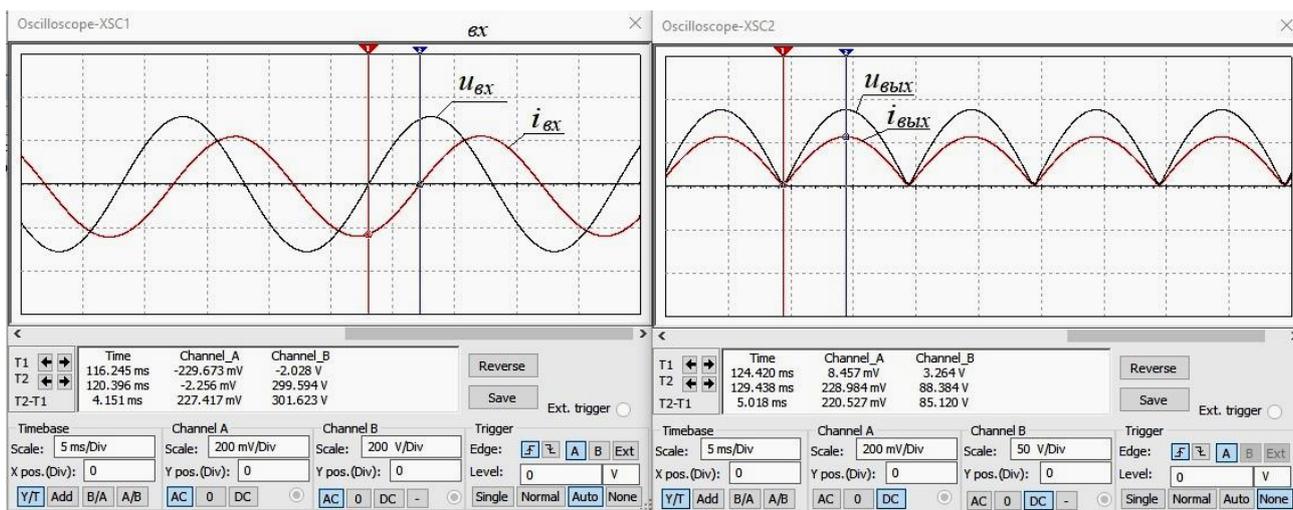


Рис. 2. Осциллограммы  $u_{вх}$ ,  $i_{вх}$  и  $u_{вых}$ ,  $i_{вых}$  при  $C5=0$  мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

Из представленных временных зависимостей входных и выходных электрических сигналов видно, во-первых, входной ток отстаёт от входного напряжения, что характерно для цепей с индуктивным характером, и, во-вторых, выходной ток и напряжение на ЛЛ в установившемся режиме работы являются по форме однополярными пульсирующими. При этом ток пульсирует от нулевой величины до максимальной.

На рисунках 3, 4 и 5 показаны осциллограммы  $u_{вх}$  и  $i_{вх}$ ,  $u_{вых}$  и  $i_{вых}$  при значениях ёмкости конденсатора фильтра  $C5$ , соответственно, 1 мкф, 10 мкф и 100 мкф

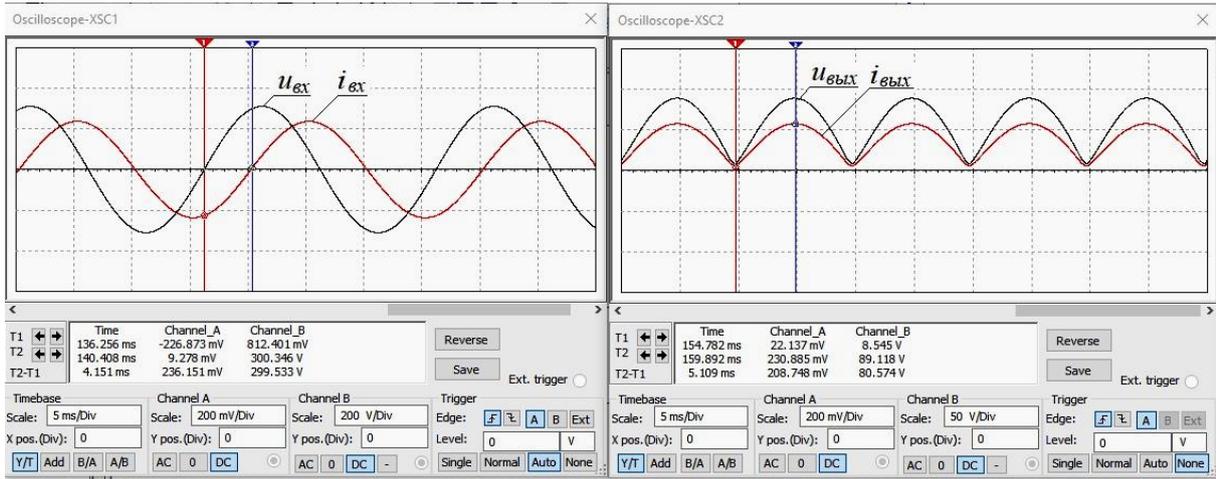


Рис. 3. Осциллограммы  $u_{вх}$ ,  $i_{вх}$  и  $u_{вых}$ ,  $i_{вых}$  при  $C5=1$  мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

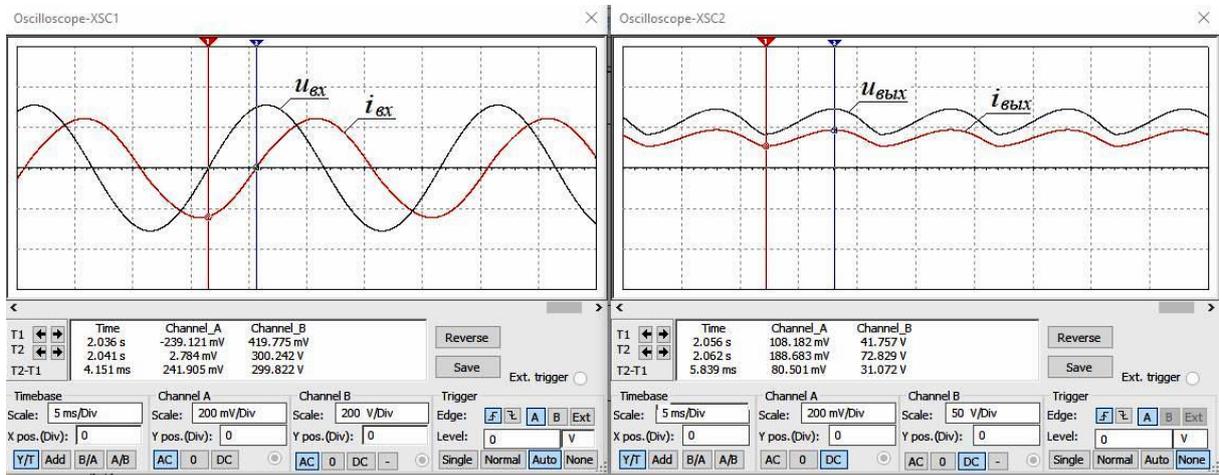


Рис. 4. Осциллограммы  $u_{вх}$ ,  $i_{вх}$  и  $u_{вых}$ ,  $i_{вых}$  при  $C5=10$  мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

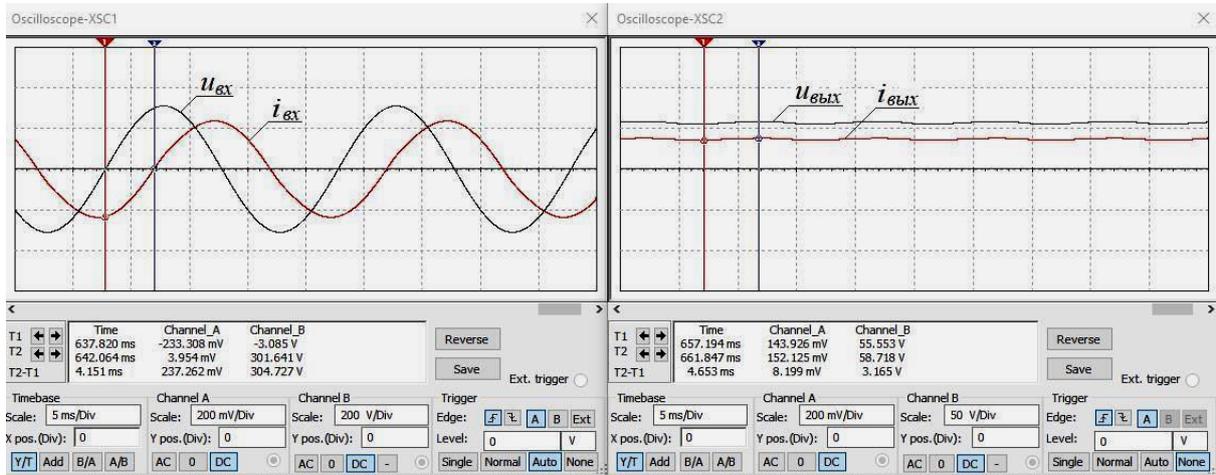


Рис. 5. Осциллограммы  $u_{вх}$ ,  $i_{вх}$  и  $u_{вых}$ ,  $i_{вых}$  при  $C5=100$  мкф в схеме для питания ЛЛ квазипостоянным током

Из представленных результатов моделирования видно, что пульсации тока через ЛЛ тем меньше, чем больше постоянная времени нагрузки  $\tau_n=R_5C_5$ . Так, например, при уже при  $C_5=10$  мкф пульсации тока относительно среднего значения равны  $\pm 14,9\%$ , а при  $C_5=100$  мкф пульсации тока относительно среднего значения резко падают и равны  $\pm 2,7\%$ .

Таким образом, при практическом исполнении следует ожидать существенное снижение светового потока от ЛЛ. Однако протекание тока через ЛЛ в одном направлении приведёт к тому, что со временем ртуть в ЛЛ будет скапливается около одного из электродов, а поэтому световой поток будет ослабевать. В связи с этим для устранения этого эффекта необходимо периодически переключать полярность подключения ЛЛ к схеме питания. Подобные таймерные системы управления, разработанные нами ранее и описаны в [3–6].

Структурная схема макетного образца питания ЛЛ квазипостоянным током с блоком таймерного управления полярностью питания показана на рисунке 6.

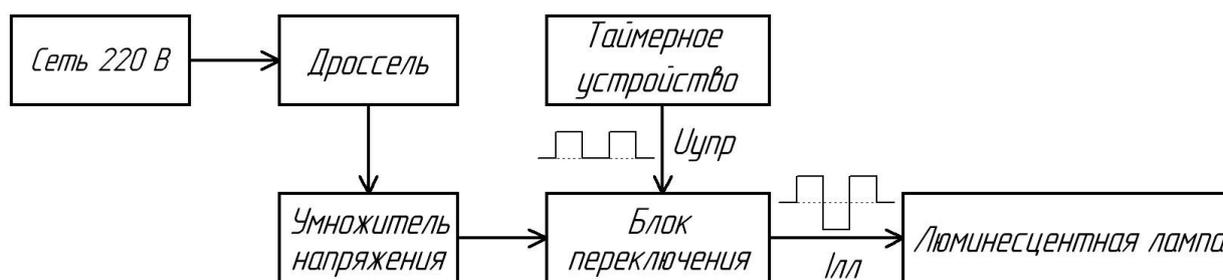


Рис. 6. Структурная схема устройства питания ЛЛ квазипостоянным током

Временные диаграммы выходного напряжения управления таймера и периодического протекания тока через ЛЛ представлены на рисунке 7.

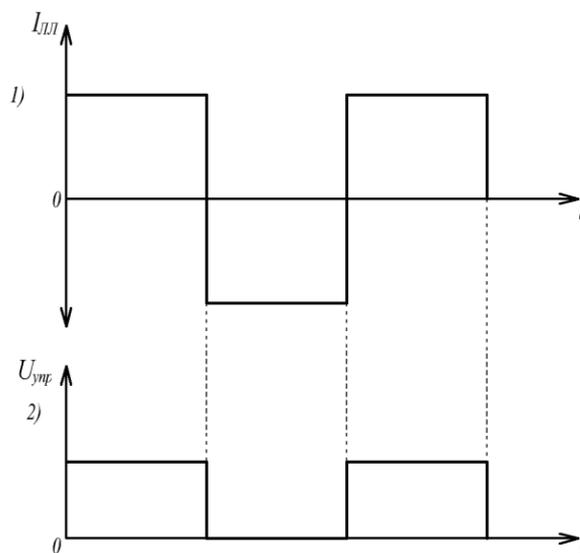


Рис. 7. Временные диаграммы работы устройства при управлении полярностью питания ЛЛ, питаемой квазипостоянным током

Из представленных временных диаграмм видно, что при управлении от таймера периодически меняется направление тока через ЛЛ.

Нами по разработанным схемам был изготовлен и исследован макетный образец устройства для питания ЛЛ с периодическим изменением квазипостоянным током. На фотографии (рисунок 8) представлен макетный образец, который предназначен для питания ЛЛ на 8 Вт.

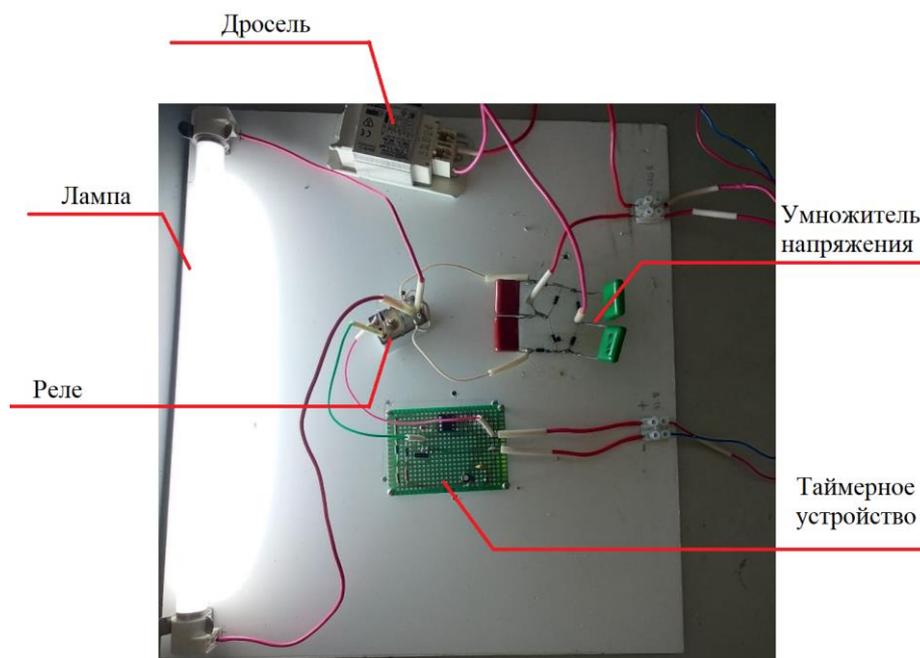


Рис. 8. Макетный образец устройства драйвера для питания ЛЛ

В макете использовался дроссель L7/9/11.307. Умножитель напряжения собран на диодах 1N4007 и конденсаторах на 0,47 мкФ. В качестве таймерного устройства используется генератор прямоугольных импульсов на микросхеме NE555. Микросхема выдает последовательность прямоугольных импульсов на транзистор КТ815Б, работающий в ключевом режиме. Транзистор управляет блоком переключения, в качестве которого применено реле РЭС22. Питание таймерного устройства и реле осуществляется от источника постоянного напряжения +12 В. Такое схемное решение может применяться в светильниках с маломощными ЛЛ, рассчитанными на мощность до 30 Вт.

Достоинствами исследуемого устройства питания ЛЛ являются:

- относительно низкие пульсации светового потока, что существенно повышает качество освещения;
- как и при использовании ЭмПРА низкие электромагнитные помехи, формируемые

этим устройством в сети питания;

- возможность работы с ЛЛ, у которой сгорела нить накаливания;
- отсутствие дополнительного стартерного устройства.

Недостатком данного устройства по сравнению с ЭМПРА является прежде всего то, что конструкция такого устройства более сложна, и, естественно, стоимость устройства будет выше. В дальнейшем планируется совершенствование данного технического решения и доведение его до опытного образца.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснопольский А. Е., Соколов В. Б., Троцкий А. М. Пускорегулирующие аппараты для разрядных ламп. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
2. Пивоваров В. Устройство и схема включения люминесцентной лампы [Электронный ресурс]. – URL: <http://fb.ru/article/233664/ustroystvo-i-shema-vklyucheniya-lyuminestsentnoy-lampyi> (дата обращения: 03.09.2020).
3. Беспалов Н. Н., Ваничкин А. Д., Яхлов А. В. Разработка таймера для управления мощным озонатором // В сборнике: Материалы XXII научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва. Материалы конференции. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2019. – С. 31–34.
4. Беспалов Н. Н., Ваничкин А. Д., Дьяков П. Ф., Кондрашин Д. С. Озонаторное устройство с таймерным управлением [Электронный ресурс] // Огарёв-Online. – 2018. – № 13 (118). – URL: [journal.mrsu.ru](http://journal.mrsu.ru) (дата обращения: 03.09.2020).
5. Беспалов Н. Н., Дьяков П. Ф., Каргаполов Н. А., Фадейкин А. Н. Озонаторное устройство с таймером // В сборнике: XLV Огарёвские чтения Материалы научной конференции. В 3-х частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. Часть 3. – С. 147–151.
6. Беспалов Н. Н., Горячкин Ю. В., Тундыков Д. В. Разработка таймера на ПЛИС для отсчета ресурса работы бактерицидных ультрафиолетовых ламп // В сборнике: XLIV Огарёвские чтения материалы научной конференции: в 3 ч. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016. Часть 3. – С. 114–118.

**САМСАЛИЕВ А. А., ТЕМИРКУЛОВА Н. Т.**

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ СВЧ-ПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА ИОНОВ  
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИИ СУХИХ И ЖИДКИХ ВЕЩЕСТВ**

**Аннотация.** Работа посвящена разработке конструкции устройств СВЧ-плазменного источника ионов. Конструкция позволит изучить динамику изменения спектров веществ, как по воздействию температуры, так и по времени воздействия ионов на изучаемые вещества. При этом в предлагаемой схеме конструкции в отличие от других типов источника иона отсутствует загрязнение веществ. Рассмотрены особенности подачи исследуемых веществ в жидком или твердом состоянии.

**Ключевые слова:** источники ионов, СВЧ-плазматроны, спектры веществ, плазменное состояние веществ.

**SAMSALIEV A. A., TEMIRKULOVA N. T.**

**DEVELOPMENT OF MICROWAVE PLASMA ION SOURCE DEVICES FOR  
SPECTROMETRY OF SOLID AND LIQUID SUBSTANCES**

**Abstract.** The work is devoted to the development of the design of microwave plasma ion source devices. The constructions will allow studying the dynamics of changes in the spectra of substances, both in terms of the effects of temperature and the time of exposure of the ions to the substances under study. At the same time, in the proposed design scheme, unlike other types of the ion source, there is no contamination of substances. The features of the supply of the investigated substances in a liquid or solid state are considered.

**Keywords:** ion sources, microwave plasmatoms, substance spectra, plasma state of substances.

Рассмотрим существующие основные методы и конструкции источников ионов [1]. Ионизация электрическим распылением представляет собой метод, в котором высокое напряжение прикладывается к жидкости, для того чтобы создать аэрозоль. Это особенно полезно при получении ионов из макромолекул, поскольку она преодолевает склонность этих молекул к фрагментации, когда ионизируется. Данный метод отличается от других процессов ионизации тем, что он может производить несколько заряженных ионов, эффективно расширить диапазон масс анализатора.

Схема установки для ионизации распылением в электрическом поле приведена на рисунке 1 [3].

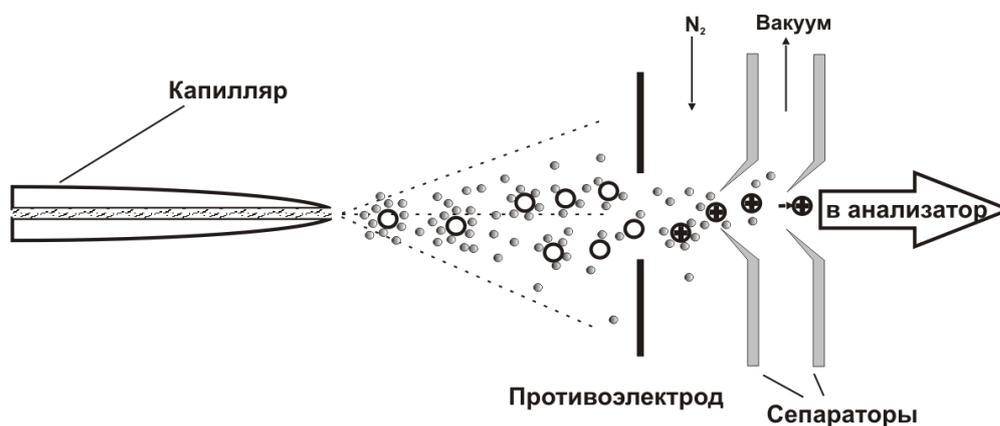


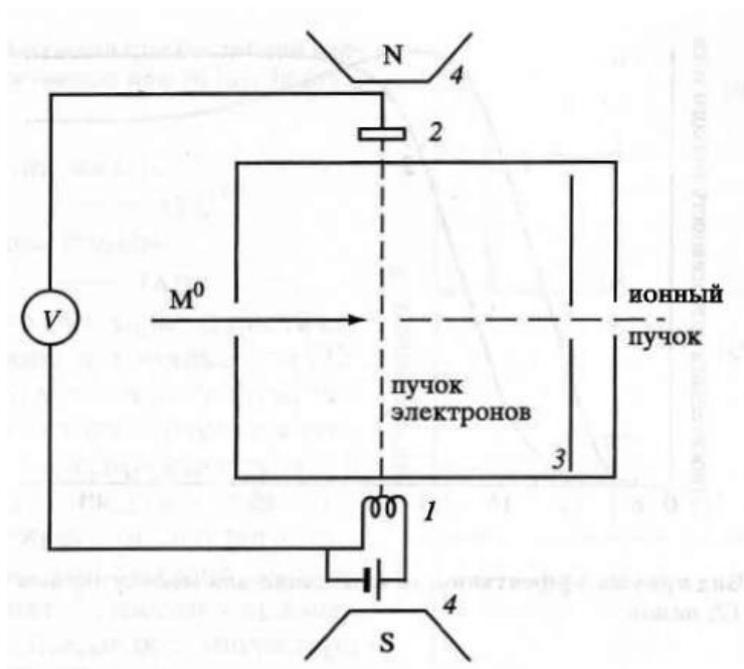
Рис. 1. Общая схема ионизации электрическим распылением

Раствор вещества в определенном растворителе поступает в тонкий капилляр (диаметр около 0.1 мм), на который подается высокое напряжение (2–5 кВ). Раствор выходит из капилляра в виде очень мелкого аэрозоля, состоящего из заряженных капель. Такой процесс называется распылением. Заряженные капли движутся в направлении анализатора к противоэлектроду, по пути движения капли уменьшаются в размерах за счет испарения, которому способствует ток сухого азота в первом сепараторе и вакуум во втором. Достигая определенного критического размера, при котором силы поверхностного натяжения не способны противостоять силам кулоновского отталкивания, капли взрываются (кулоновский взрыв), распадаясь на более мелкие капли. Этот процесс продолжается снова и снова до тех пор, пока не заканчивается образованием иона анализируемого соединения. Это объяснение является одним из многих, и споры о механизме ионизации в условиях электрического распыления продолжают до сих пор [3].

Но наиболее часто применяется в современных масс-спектрометрах ионизация электронным ударом (ЭУ). Принципиальная схема ионного источника ЭУ приведена на рисунке 2. Бомбардирующие электроны образуются в результате термической эмиссии из нагретого до высокой температуры катода (филамент), изготовленного из рениевой или вольфрамовой проволоки. Электроны ускоряются разностью потенциалов между катодом (1) и анодом (2) и попадают в область ионизации. Постоянный магнит (4) коллимирует электронный пучок и ограничивает его в узкой спиральной траектории, что увеличивает вероятность взаимодействия электронов с молекулами исследуемого вещества ( $M^0$ ), которое поступает из системы напуска в парообразном состоянии. Парциальное давление вещества в газообразном состоянии составляет  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  торр.

Ионы, образующиеся в ионном источнике, с помощью ионно-оптической системы формируются в узкий пучок и специальным потенциалом выталкиваются из области

ионизации, ускоряются с помощью высокого напряжения, которое обычно более 2000 В, и попадают в зону действия масс-анализатора [3].



- 1 – катод (филамент),
- 2 – анод (ловушка электронов),
- 3 – пластина ускоряющего потенциала,
- 4 – постоянные магниты.

Рис. 2. Схема ионного источника электронного удара (ЭУ)

После того как анализируемое вещество переведено в ион или серию ионов возникает необходимость их разделения и регистрации. Для этой цели применяют несколько типов анализаторов.

Недостатками приведенных типов источников ионов является то, что при использовании воздушных потоков как в приведенном первом примере или использовании сильных магнитных полей как во втором случае для стабилизации плазмы и транспортировании исследуемых материалов через плазменную зону возможны электрические пробой, приводящие к эрозии обтекаемого тела, загрязнению плазмы, срыву разряда и снижению ресурса работы плазматрона, как источника ионов. Малое время нахождения исследуемых материалов в зоне плазмы сказывается на интенсивности фиксируемых спектров. При этом отсутствует возможность регулировки времени и температуры ионизации материалов.

Как известно время пребывания в разряде атомов и ионов напрямую влияет на интенсивность спектральной линии химического элемента, а по ней определяется концентрация химического элемента в плазме. Это существенный момент, заложенный в принципах спектрометрии, влияющий на точность измерения. Перечисленные выше методы и существующие устройства источников ионов, реализующие данные методы, ограничены по времени воздействия плазмы на анализируемое вещество.

Предлагаем технологическую схему организации непрерывного источника ионов на СВЧ плазменных технологиях и фиксации спектров, приведенную на рисунке 3. За основу взята схема работы устройства и способ плазменного обжига неметаллических материалов, приведенные в статье [4].

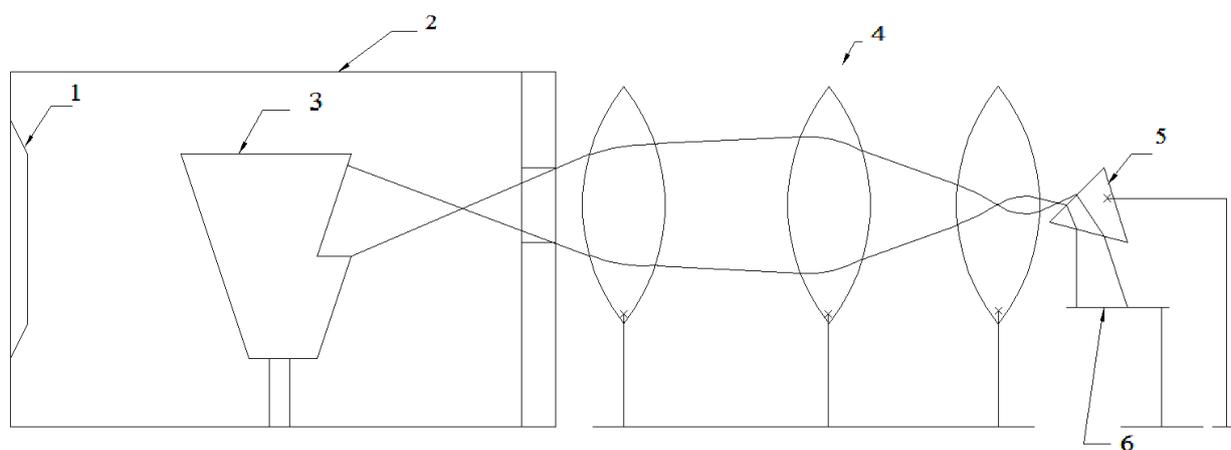


Рис. 3. Технологическая схема организации непрерывного источника ионов на СВЧ плазменных технологиях и фиксации спектров твердых веществ

Предлагаемый СВЧ–источник ионов непрерывного действия, работает следующим образом: при подаче питания на магнетрон 1 в резонаторной камере 2 СВЧ волны концентрируются в реакционной камере 3, где при возбуждении СВЧ волнами образуется область ионизированного поля. При подаче по трубопроводу твердых веществ в зону ионизации излучение от ионизации веществ через отверстие попадает в концентратор 4, где в системе линз фокусируется на призму 5 и преломляясь попадает на фиксатор спектров 6.

Рассмотрим предлагаемую технологическую схему подачи и фиксации спектров жидких веществ, приведенную на рисунке 4. Для реализации разработанной схемы использован опыт накопленный по схемам реализации устройства и способу регулирования плазменного воздействия на жидкое состояние веществ [5] и исследования по СВЧ-плазменной обработке хвостов пенной флотации [6].

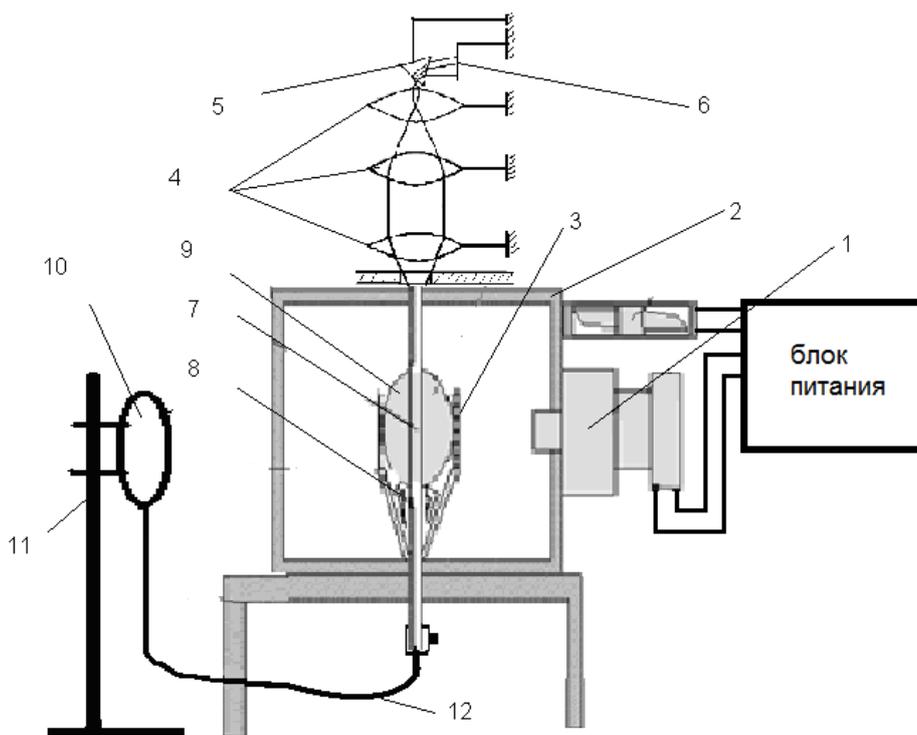


Рис. 4. Технологическая схема организации непрерывного источника ионов на СВЧ плазменных технологиях и фиксации спектров жидких веществ

Схема источника ионов и фиксации спектров работает следующим образом: подается питание на магнетрон 1 и в резонаторной камере 2 СВЧ волны концентрируются в реакционной камере 3, где при возбуждении образуется область ионизированного поля 9. При подаче по трубопроводу 12 жидких веществ из бункера 10, закрепленного на стойке 11, они попадают сперва в зону нагрева 8, потом в зону ионизации 7 и излучение от ионизации жидких веществ через отверстие попадает в концентратор 4, где в системе линз фокусируется на призму 5 и преломляясь попадает на фиксатор спектров 6.

Работу лабораторной установки демонстрирует фотография процесса ионизации в реакционной камере, приведенная на рисунке 5.



Рис. 5. Реакционная камера со спектрами излучения веществ, находящихся в плазменном состоянии

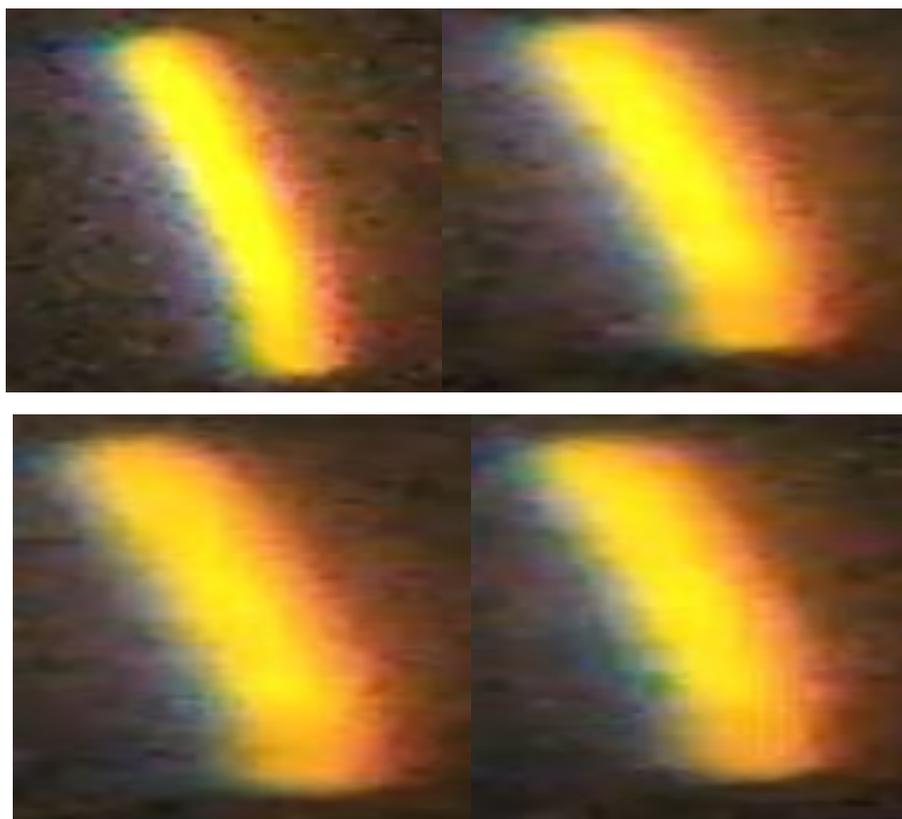


Рис. 6. Спектры воды, изменяющиеся по времени



Рис. 7. Фото фиксация спектров вспышки плазмы  
по времени воздействия на воду

Экспериментально зафиксированные спектры, представленные на рисунках 6, 7, показывают, что со временем меняются интенсивности излучений химического элемента. Выше нами было отмечено, что время пребывания в разряде плазмы атомов и ионов напрямую влияет на интенсивность спектральной линии химического элемента, а по ней определяется концентрация химического элемента в плазме. Это существенный момент, влияющий на точность измерения, его реализации и была посвящена наша работа.

Таким образом, благодаря новому подходу в организации подачи твердых и жидких веществ в зону СВЧ плазменного воздействия открывается перспектива получения непрерывного ряда спектров веществ по времени, что значительно повысит точность проводимых количественных и качественных измерений. В настоящее время проведенные разработки внедрены в практику на одной лабораторной установке кафедры «Автоматизация и робототехника» Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова».

Преимущества предлагаемых СВЧ-источников ионов непрерывного действия на исследуемые материалы заключаются в универсальности, простоте схемы (без промежуточных элементов удержания плазмы) и возможности регулирования времени и температуры воздействия плазмы на материалы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Р. С. Методы ионизации в масс-спектрометрии. – М. : РУДН, 2015. – 43 с.
2. Пчельников Ю. Н. Электроника сверхвысоких частот. – М. : Радио и связь, 1981. – 96 с.
3. Заикин В. Г., Варламов А. В., Микая А. И., Простаков Н. С. Основы масс-спектрометрии органических соединений. – М. : МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. – 286 с.
4. Самсалиев А. А. Устройство и способ плазменного обжига неметаллических материалов // Изв. КГТУ им. И. Раззакова. – 2013. – № 29. – С. 171–173.
5. Самсалиев А. А. Устройство и способ регулирования плазменного воздействия на жидкое состояние веществ // Изв. КГТУ им. И. Раззакова. – 2013. – № 29. – С. 174–177.
6. Кожонов А. А., Самсалиев А. А., Топоркова Ю. И. Исследования по СВЧ-плазменной обработке хвостов пенной флотации. Твердотельные явления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.299.1044>.

**СУРАЙКИН А. И., СОРОКИН А. Е., КУРНАЕВ В. В., СУРАЙКИН А. А.**  
**МАЛОГАБАРИТНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ**  
**ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СВЕТОДИОДНОМ ОСВЕЩЕНИИ**

**Аннотация.** В статье приводятся результаты исследования в области разработки малогабаритных импульсных источников питания для применения в светодиодных светильниках. Рассматриваются варианты построения принципиальных схем малогабаритного светодиодного светильника.

**Ключевые слова:** импульсный источник питания, светодиодный светильник, интегральная схема.

**SURAYKIN A. I., SOROKIN A. E., KURNAEV V. V., SURAYKIN A. A.**  
**SMALL SWITCHING POWER SUPPLIES FOR LED LAMPS**

**Abstract.** The article discusses the research results of design capability of small switching power supply for LED lamps. Options for constructing schematic diagrams of a small-sized led lamp are considered.

**Key words:** switching power supply, LED lamp, integrated circuits.

Одной из основных задач разработки устройств управления светодиодными светильниками, является задача разработки и внедрения малогабаритных импульсных источников питания (ИИП). Если мы имеем дело с малогабаритными светодиодными светильниками, то для получения светового потока в 1200 лм, аналогичного потоку лампы накаливания мощностью 100 Вт, необходимо управлять 12-14 светодиодами, мощностью не менее 1 Вт с номинальной светоотдачей не ниже 100 лм/Вт при рабочем токе 350 мА [1].

При разработке малогабаритных светодиодных светильников возникает проблема отвода тепла, выделяющегося в малом объёме, так как перегрев светодиодов нежелателен. Источником тепла в светодиодном светильнике, кроме самих светодиодов является и сам источник питания. В этом смысле, к ИИП предъявляются жёсткие требования:

- изоляция светодиодов от корпуса светильника,
- при необходимости гальваническая изоляция светодиодов от схемы управления,
- высокий КПД,
- малые габариты, обеспечивающие возможность встраивания в корпус светильника,
- низкая себестоимость в массовом производстве.

На сегодняшний день, в качестве ИИП светодиодных светильников в основном используются импульсные источники питания (ИИП) [2].

В связи с тем, что реализация современного высокоэффективного, конкурентоспособного

ИИП невозможна без применения ИС, то важен выбор наиболее перспективных микросхем.

Практически все ведущие фирмы-производители электронной компонентной базы (ЭКБ) выпускают управляющие ИС для импульсных источников питания. Номенклатура таких ИС огромна и выбор, как правило, связан с определением отношения – цена/требуемые характеристики. В этой связи интерес представляет, например такая ИС, как LM3445 [3, 4]. Эту ИС выпускают две известные фирмы – National Semiconductor и Texas Instruments (США). Кроме этой ИС, при реализации высокоэффективного ИИП может быть применена такая ИС как TPS92010 (Texas Instruments). Данные ИС мало известны в России и информацию по их характеристикам, и применению сложно найти в отечественной литературе. Как было выяснено, ИС LM3445 [5] обладает весьма широким набором функций, позволяющим гибко реализовывать различные ИИП для большинства светодиодных светильников бытового и промышленного назначения, также для сферы ЖКХ.

Основным отличием микросхемы LM3445 от предыдущих версий является наличие функции плавного управления интенсивностью светового потока с помощью стандартного внешнего диммера с ШИМ. В отличие от LM3445, ИС TPS92010 работает с внешним детектором диммирования.

ИС LM3445 имеет следующие основные характеристики:

- работа с диммированным переменным сигналом источника питания,
- рабочий диапазон напряжения питания от 6,0 до 8,0 В,
- рабочий ток управления светодиодами более 1 А,
- настраиваемая частота ШИМ,
- адаптивная настройка времени выключенного состояния (паузы сигнала ШИМ), обеспечивающая постоянный уровень пульсаций,
- ток питания (в состоянии покоя) не более 3 мА,
- возможность построения УП с гальванической изоляцией нагрузки и без гальванической изоляции,
- стабильный КПД практически во всём диапазоне рабочего напряжения питания,
- наличие тепловой защиты.

Принципиальная электрическая схема ИИП на основе ИС LM3445, выполненного согласно схеме понижающего преобразователя без гальванической изоляции нагрузки представлена на рис. 1.

С учётом специфики работы импульсных источников питания с ШИМ, можно произвести расчёт режимов работы ИС LM3445, а также ряда её внешних навесных компонентов [6].

В качестве исходных данных для расчёта параметров малогабаритного светодиодного



30 % относительно  $I_{LED(AVE)}$ ):  $\Delta i = 0,3 \times 350 = 105$  мА,

4 Число каскадов корректора фазы выберем  $N_{PFC} = 2$ ,

5 Минимальное значение КПД: 80 %.

Согласно ранее полученным данным [7], время выключенного состояния транзистора VT3 при номинальном значении напряжения  $U_{IN}$ :

$$t_{OFF} = \frac{1 - \frac{1}{\eta} \cdot \frac{U_{LED}}{U_{IN}}}{f_{SW}}. \quad (1)$$

Подставляя известные значения [4, 5] в (1), получим:

$$t_{OFF} = \frac{1 - \frac{1}{0,8} \cdot \frac{25,2}{220 \sqrt{2}}}{250 \text{кГц}} = 0,0036 \text{мс} = 3,6 \text{мкс}. \quad (2)$$

Формула для расчёта времени включенного состояния транзистора VT3 (минимальная длительность импульса ШИМ):

$$t_{ON} = \frac{\frac{1}{\eta} \cdot \frac{U_{LED}}{U_{IN}}}{f_{SW}}. \quad (3)$$

Подставляя в (3) численные данные, получим:

$$t_{ON} = \frac{\frac{1}{0,8} \cdot \frac{25,2}{220 \cdot \sqrt{2}}}{250 \text{кГц}} = 0,0004 \text{мс} = 0,4 \text{мкс}. \quad (4)$$

Минимальная длительность импульса  $t_{ON(MIN)}$  вычисляется подстановкой в (4) максимального значения выпрямленного напряжения питания  $U_{IN(MAX)}$ . Проводя вычисления, аналогичные (4), получим  $t_{ON(MIN)} = 0,25$  мкс, что не выходит за пределы линейной работы ШИМ ИС LM3445 ( $t_{ON(MIN)} > 0,2$  мкс).

Для расчёта параметров дросселя  $L1$ , воспользуемся известными соотношениями, связывающими ток и напряжение на индуктивности [8]. В приближении линейного изменения тока дросселя  $L1$  (рис. 2), напряжение на светодиодах при закрытом транзисторе VT3 выразим в виде (5).

$$U_{LED} = L1 \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}, \quad (5)$$

где  $\Delta i$  – изменение тока дросселя.

Производя перегруппировку в (5) и выражая отсюда  $L1$ , подставляя в (5) соотношение

(2) для  $t_{OFF}$ , получим соотношение для индуктивности дросселя  $L1$ :

$$L1 = \frac{U_{LED} \cdot \left(1 - \frac{1}{\eta} \cdot \frac{U_{LED}}{U_{IN}}\right)}{f_{SW} \cdot \Delta i} \quad (6)$$

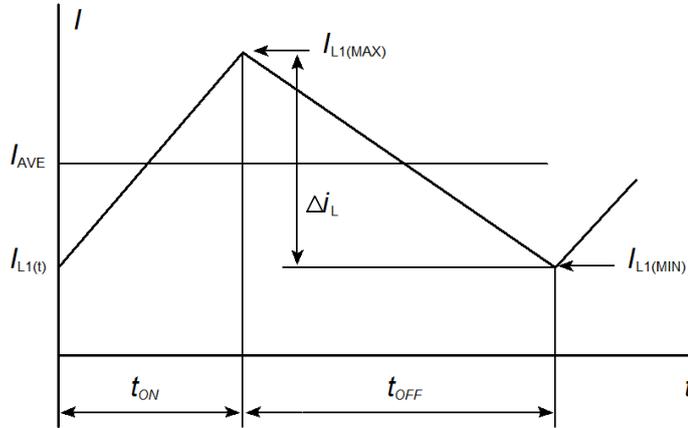


Рис. 2. Форма тока, протекающего через дроссель  $L1$

Подставляя в (6) значения известных и рассчитанных ранее данных, получим  $L1 \approx 860$  мкГ.

Если выбрать ток коллектора транзистора  $VT2$  не более  $I_C = 50$  мкА, то может быть вычислена величина резистора  $R6$ :

$$R6 = U_{LED} / I_C = 25,2 / 0,05 = 504 \text{ к. Выберем } R6 = 560 \text{ к.}$$

Каскад на транзисторе  $VT2$  выполняет функцию защиты ИС и мощного МОП-транзистора в случае короткого замыкания цепи светодиодов. Для задания времени включения защиты ИС (выключения ИС), необходимо рассчитать величину конденсатора  $C9$ . Следует отметить, что время выключения ИС должно превышать время  $t_{OFF}$ . Величина конденсатора  $C9$  может быть рассчитана из соотношения:

$$C9 = \frac{t_{OFF} \cdot U_{LED}}{U_{REF} \cdot R6} \quad (7)$$

где  $U_{REF}$  это внутреннее опорное напряжение ИС LM3445, равное  $U_{REF} = 1,276$  В.

Подставляя в (7) значения всех переменных, получим  $C9 = 127$  пФ, или округляя, выберем  $C9 = 120$  пФ.

Для обеспечения требуемого значения коэффициента мощности, в ИИП присутствует пассивный корректор фазы (элементы  $C5$ ,  $C6$ ,  $VD2$ ,  $VD3$ ,  $VD4$ ). Заметим, что высокое

значение коэффициента мощности в ИИП данного светодиодного светильника не требуется, так как его потребляемая мощность не превышает 9 Вт (коэффициент мощности более 0,8 требуется, как правило, в устройствах светодиодного освещения, мощностью более 25 Вт). Но, тем не менее, в данной схеме ИИП корректор фазы присутствует и обеспечивает коэффициент мощности 0,87. Расчёт элементов схемы пассивного корректора фазы произведён согласно данным, приведённым в [6, 7].

Принципиальная электрическая схема ИИП на основе ИС TPS92010, выполненного согласно схеме понижающего преобразователя с гальванической изоляцией нагрузки представлена на рисунке 3 [9]. В схеме применён внешний детектор диммирования и блок установки опорного напряжения. Этот ИИП построен по стандартной обратноточковой (flyback) схеме, наиболее эффективной в низком диапазоне мощностей [10]. Использование одного трансформатора, высоковольтного (500...600 В) MOSFET-транзистора и одного диода на выходе является в данном применении относительно недорогой конфигурацией [11].

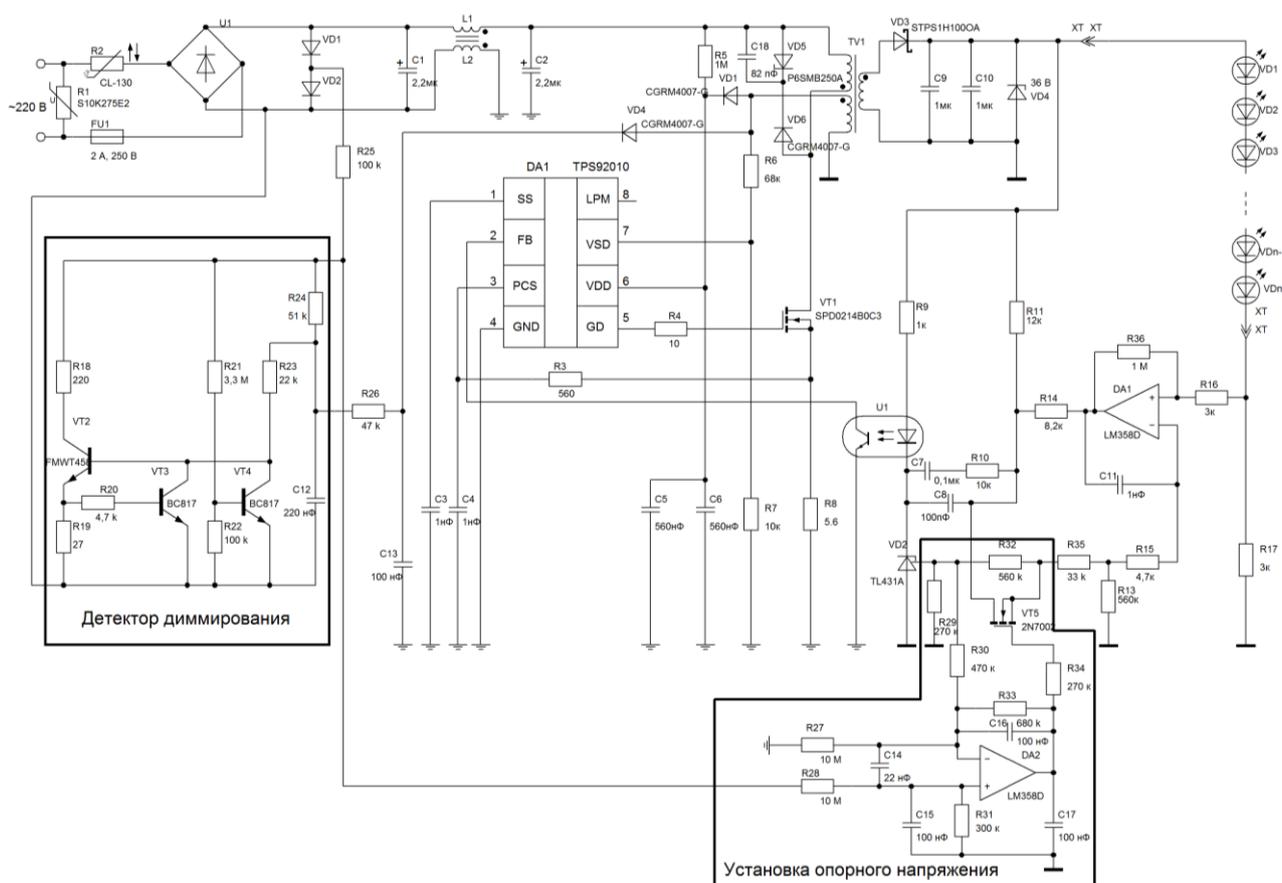


Рис. 3. Схема электрическая принципиальная ИИП малогабаритного светодиодного светильника с гальванической изоляцией нагрузки

Входной фильтр базируется на стандартном дросселе и двух конденсаторах,

обеспечивая разработку соответствия классу «В» по электромагнитной совместимости в соответствии со стандартом *FCC*. Ток нагрузки измеряется на резисторе *R17*. Его уровень усиливается усилителем на микросхеме *DA1* и подается на вывод 3 микросхемы *TPS92010* через оптопару. В соответствии с этим сигналом ИС *TPS92010* осуществляет управление работой транзистора *VT1*. Цепь контроля димминга состоит из двух частей: триггер (транзисторы *VT2*, *VT3*), детектирующий диммирование во входной цепи, и усилитель (*VT4*), корректирующий отпирающее напряжение для уменьшения тока через светодиоды при работе диммера [12]. Здесь следует отметить, что диммирование как функция и, соответственно, диммер как устройство могут быть использованы при необходимости, обусловленной требованиями уменьшения тока питания светодиодов [13]. Это, в свою очередь, может быть вызвано требованием постоянной работы светодиодного светильника, который в ночное время может быть переведён в экономичный режим с меньшей светоотдачей (уменьшенным током нагрузки). В этой связи диммеры, как устройства можно рассматривать как дополнительные опции, применяемые при необходимости их применения.

Таким образом, в данной статье представлены результаты исследования ИИП, выполненные на двух ИС: *LM3445* и *TPS92010*. Выбор данных ИС для разработки ИИП обусловлен тем, что они позволяют разрабатывать относительно простые, но высокоэффективные импульсные источники питания. Алгоритмы работы управляющих ИС *LM3445* и *TPS92010* позволяют в широких пределах выбирать схемотехническое построение ИИП, выходящее далеко за пределы схемотехнических решений, приведённых в справочной информации на вышеуказанные ИС. Экономичные и, вместе с тем, высокоэффективные ИИП могут быть применены в малогабаритных светодиодных светильниках как бытового, так и промышленного назначения, включая сферу ЖКХ.

Особенностью ИИП на базе ИС *LM3445* и *TPS92010* является и то, что некоторые функции, например диммирование, могут быть реализованы как дополнительные опции ИИП. Это позволяет разрабатывать и изготавливать ряд ИИП с разными ценовыми показателями, а устройства, реализующие дополнительные опции могут изготавливаться отдельно и поставляться потребителям в соответствии с их требованиями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов С. Особенности построения источников питания для светодиодного оборудования. // Современная светотехника. – 2011. – № 2 (09). – С. 5–8.
2. Маниктала С. Импульсные источники питания от А до Z: Пер. с англ. – К. : «МК-Пресс», СПб.: «КОРОНА-ВЕК», 2008. – 256 с.
3. Техническая инф. по ИС *LM3445*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[www.national.com/LM3445](http://www.national.com/LM3445) Triac Dimmable Offline LED Driver.

4. Техническая инф. по ИС LM3445. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.ti.com/LM3445](http://www.ti.com/LM3445) Triac Dimmable Offline LED Driver.
5. Криночкин Р., Барабан С. Расширение линейки драйверов светодиодов от Texas Instruments: теперь и LM3444/LM3445/LM3448. // Новости электроники. Информационно-технический журнал. – 2012. – № 1 (103). – С. 18–22.
6. Сурайкин А. И., Сеськин М. В. Разработка малогабаритного устройства питания светодиодов. // XLVII Огарёвские чтения. Материалы научной конференции. В 3-х частях. Составитель А. В. Столяров. Ответственный за выпуск П. В. Сенин. 2019. – С. 84–91.
7. Сурайкин А. И. Устройство питания для светодиодных ламп. // Электроника и информационные технологии. – 2011. – № 2. – С. 11.
8. Корис Р. Ю Шмидт-Вальтер Х. Справочник инженера-схемотехника. М. : Техносфера, 2006. – 608 с.
9. Тарасов Д., Титков С. Применение индуктивно-емкостной гальванической развязки. // Полупроводниковая светотехника. – 2011. – № 5. – С. 25–31.
10. Техническая инф. по ИС TPS92010. [Электронный ресурс]. – URL: [www.ti.com/lit/ug/sl00430c/sl00430c.pdf](http://www.ti.com/lit/ug/sl00430c/sl00430c.pdf)/ Using the TPS92010EVM-631 (дата обращения: 03.09.2020).
11. Сурайкин А. И., Курынов Б. В. Разработка устройства питания светодиодных светильников с функцией регулирования тока нагрузки. // XLVII Огарёвские чтения. Материалы научной конференции. В 3-х частях. – Саранск, 2019. – С. 76–84.
12. Терехов Г. Димминг – способ эффективного энергосбережения или источник реальных проблем? // Современная светотехника. – 2011. – № 2 (09). – С. 11–13.
13. Курынов Б. В., Сеськин М. В., Сорокин А. Е., Сурайкин А. И. Устройство питания светодиодных светильников с функцией диммирования. // Материалы XXII научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва. Материалы конференции. В 3-х частях. – Саранск: Издательство Мордовского университета, 2019. – С. 73–79.

**БАТЫРКАНОВ Ж. И., КУДАКЕЕВА Г. М.**  
**РАСПОЗНОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ**  
**ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ**

**Аннотация.** Научные изыскания, которые рассматриваются в данной статье, относятся к области построения интеллектуальных систем распознавания зрительных образов. В статье предлагается использовать новый подход распознавания природных катастрофических явлений на основе использования цветного геоинформационного образа. Предлагаемые методы решения поставленных задач распознавания и мониторинг природных и техногенных катастрофических явлений являются особо актуальными в практическом отношении для Кыргызстана как горной страны.

**Ключевые слова:** образ, объект, алгоритм, катастрофа, геоинформационная система, хранение, переработка, отбор данных, распознавания, цветной геоинформационный образ.

**BATYRKANOV ZH. I., KUDAKEEVA G. M.**  
**RECOGNITION AND MONITORING**  
**OF NATURAL CATASTROPHIC PHENOMENA**

**Abstract.** The scientific research that is considered in this article is related to the construction of intelligent visual image recognition systems. The article suggests using a new approach for recognizing natural disasters based on the use of a color geoinformation image. The proposed methods for solving the tasks of recognizing and monitoring natural and man-made disasters are particularly relevant in practice for Kyrgyzstan as a mountainous country.

**Keywords:** image, object, algorithm, disaster, geographic information system, storage, processing, data selection, recognition, color geographic information image.

Важное место в мероприятиях по устранению результатов природных катастрофических явлений занимают вопросы выявления точного месторасположения произошедших катастроф [5]. Для этого используются геоинформационные карты исследуемых территорий и соответствующие системы распознавания.

Предлагается использовать новый подход распознавания природных катастрофических явлений на основе попиксельного сравнения «цветных» геоинформационных образов до и после катастрофического явления. В процессе работы должны были быть разработаны метод и алгоритм распознавания природных катастрофических явлений (пожары, оползни, лавины и т.д.) по предъявляемым фотоснимкам.

В отличие от существующих [4] предлагается структура действий по распознаванию природных катастрофических явлений, представленная на рисунке 1.



Рис. 1. Общая структура распознавания природных катастрофических явлений

Считывающее устройство переводит зрительный образ в двоичный компьютерный образ. В качестве считывающего устройства могут служить сканер, цифровой фотоаппарат или смартфон. Двоичный образ накладывается на геоинформационную карту исследуемой территории и в итоге получается цветной геоинформационный образ исследуемой территории [1, 2].

Полученный образ сравнивается с геоинформационным образом полученной до катастрофы. При этом, предлагается алгоритм распознавания на основе вычисления евклидовой близости. Если геоинформационные цветные образы, которые поступают со сканера через компьютер и геоинформационный образ нормального состояния, который хранится в базе данных совпадают, то природного катастрофического явления не произошло. Если же эти геоинформационные образы имеют большое расхождение, то это указывает на факт, что произошло катастрофическое явление. При этом каждое природное явление имеет свои спектральные характеристики (двоичные «цветные» образы). Процедура сравнения осуществляется попиксельно.

Все многообразие красок на экране получается путем смешивания трех базовых цветов – красного, синего и зеленого. В таблице 1 представлены двоичные коды восьми цветной палитры. Каждый пиксель на экране состоит из трех близко расположенных элементов, светящихся этими цветами.

Таблица 1

Коды представления различных цветов

Двоичный код восьми цветной палитры			
красный	зеленый	синий	Цвет
0	0	0	Черный
0	0	1	Синий
0	1	0	Зеленый
0	1	1	Голубой
1	0	0	Красный
1	0	1	Розовый
1	1	0	Коричневый
1	1	1	Белый

При предъявлении воспринимающей матрицы образа X в компьютере образуется числовой образ в виде матрицы (1):

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{1n} \\ x_{m1} & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

В компьютере в виде соответствующих двоичных матриц хранятся также эталонные образы классов A, B, C....

$$A^1 = \begin{pmatrix} a_{11}^1 & a_{1n}^1 \\ a_{m1}^1 & a_{mn}^1 \end{pmatrix}, \dots, \quad A^S = \begin{pmatrix} a_{11}^S & a_{1n}^S \\ a_{m1}^S & a_{mn}^S \end{pmatrix}, \dots, \quad (2)$$

$$B^1 = \begin{pmatrix} b_{11}^1 & b_{1n}^1 \\ b_{m1}^1 & b_{mn}^1 \end{pmatrix}, \dots, \quad B^S = \begin{pmatrix} b_{11}^S & b_{1n}^S \\ b_{m1}^S & b_{mn}^S \end{pmatrix}, \dots \quad (3)$$

и.т.д. Они отличаются друг от друга определяющими признаками и соответствуют образам различных природных катастрофических явлений, например, класс «лавины», класс «оползень».

Для определения того к какому классу объектов относится предъявленного образ X производится вычисление эвклидовой разности матрицы X и  $A^1, \dots, A^S, \dots, B^1, \dots, B^S, \dots$  по формулам:

$$\|X - A^S\| = \sum_{i,j}^{n,m} (a_{i,j}^S - X_{i,j})^2, \quad (4)$$

$$\|X - B^S\| = \sum_{i,j}^{n,m} (b_{i,j}^S - X_{i,j})^2, \quad (5)$$

Принадлежность образа  $X$  к тому или иному классу определяется путем нахождения минимального значения из (4) и (5). Если например

$$\|X - B^K\| = \sum_{i,j}^{n,m} (b_{i,j}^K - X_{i,j})^2 \Rightarrow \min$$

дает минимум среди  $(A^1 \dots A^S, B^1 \dots B^S)$ , то система распознает, что образ  $X$  относится к классу  $B$ .

Ниже приведен пример сравнения двух фотоснимков катастрофических явлений, произошедших в селе Курбу-Таш Узгенского района Ошской области, который был снят американским космическим агентством NASA в 2017 г.

Были взяты два снимка – до и после схождения оползня (см. рисунок 2).

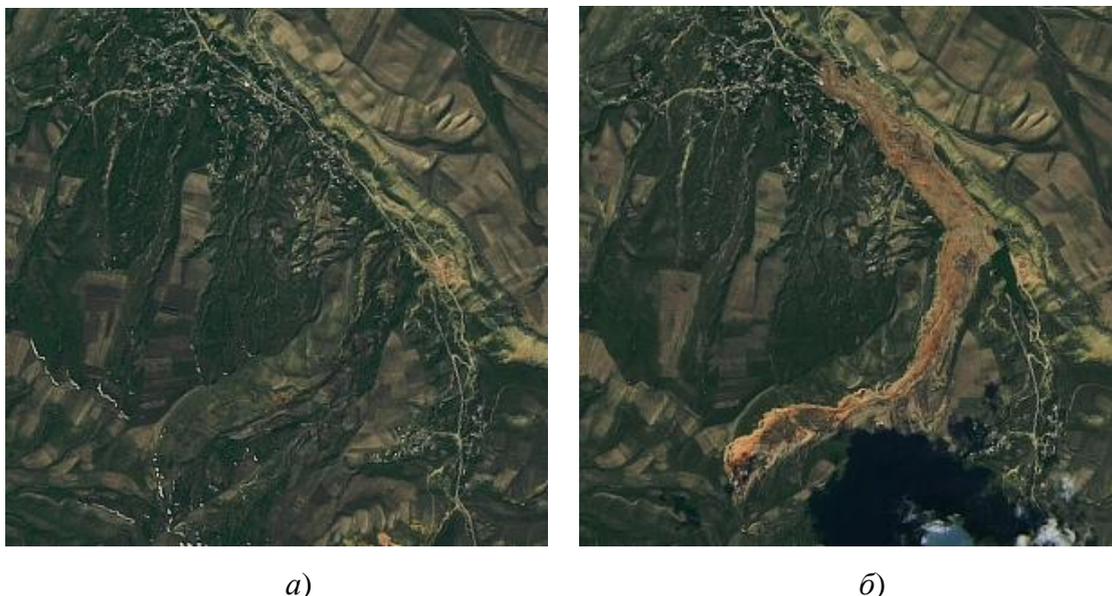


Рис. 2. Фотоснимки:  $a$  – до схождения оползня,  $б$  – после схождения оползня

Полученные снимки были разделены на пиксели в матрицу размерности  $10 \times 10$ .

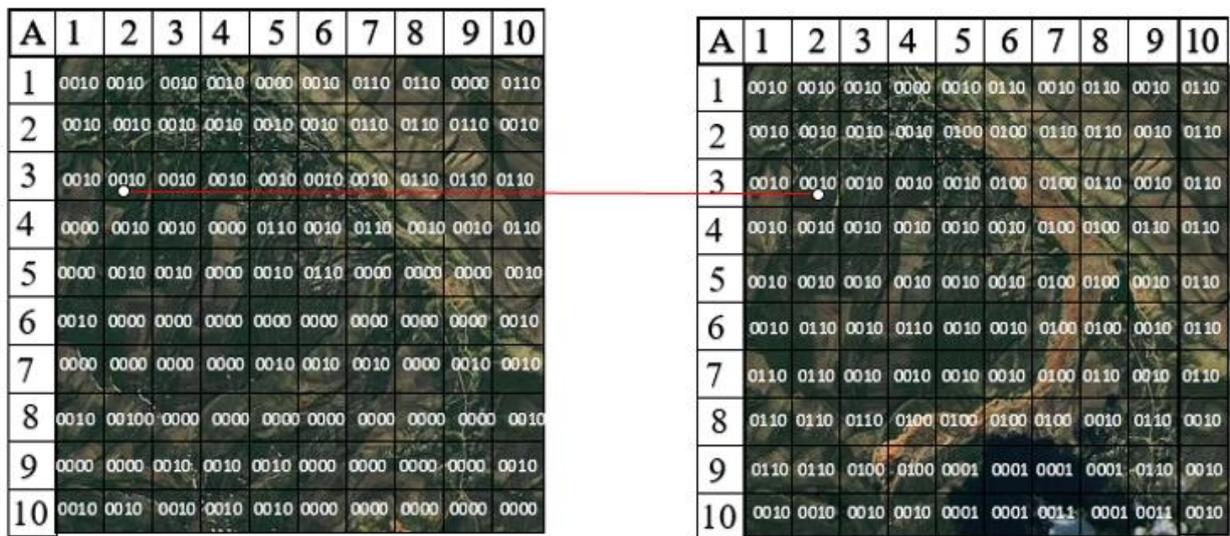
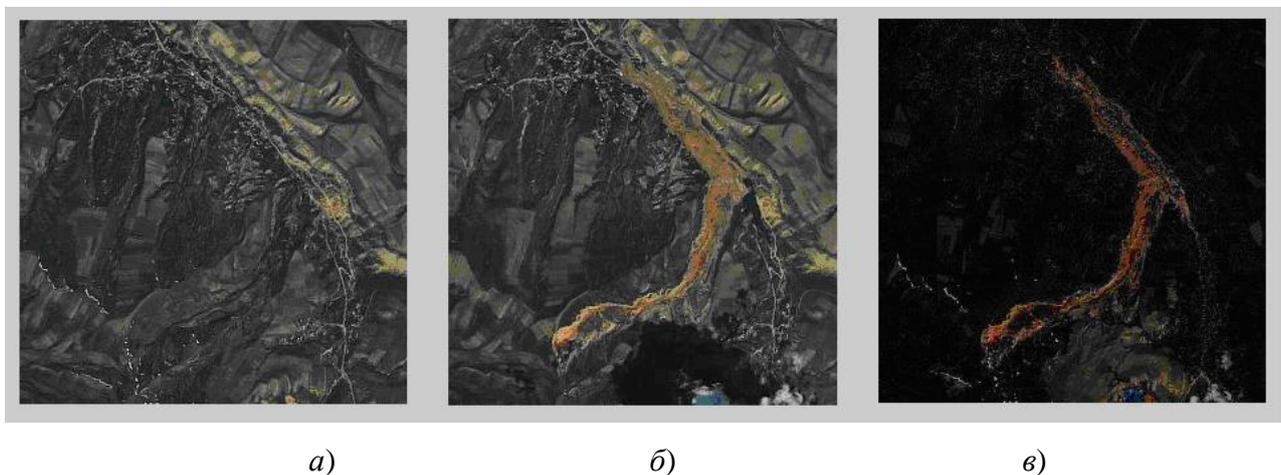


Рис. 3. Попиксельное нахождение схожих цветов двух снимков

После чего произведено попиксельное сравнение двух снимков на основе эвклидовой разности, которая вычисляется в программе, созданной в пакете MATLAB.

Программа сравнивает два снимка, вычисляет разность и создает третью матрицу, которая показывает наличие произошедшей катастрофы. Если эвклидова разность достаточно мала, то катастрофическое явление не произошло.

На рисунке 4 выделенный контур показывает территорию схождения оползня.



*a* – до схождения оползня;

*б* – после схождения оползня;

*в* – геоинформационный контур территории где произошло схождение оползня.

Рис. 4. Результат сравнения снимков

Таким образом, основой исследования является алгоритм, основанный на вычислении эвклидовой разности. По данному алгоритму написано программа, которая сравнивает фотоснимки одной и той же территории до и после катастрофического явления. По итогам сравнения мы можем увидеть, как положительный, так и отрицательный отклик программы.

Есть множество факторов влияющих на распознавание катастрофических явлений, которые необходимо учитывать. Исследования показывают, что для более точного результата необходимо снимать территорию при одинаковых условиях.

Модельный пример демонстрирует правильную и эффективную работу алгоритма распознавания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев Ю. С. Геоинформационные системы: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 110 с.
2. Алексеев А. С., Пяткин В. П., Дементьев В. Н. и др. Автоматизированная обработка изображений природных комплексов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1988. – 222 с.
3. Atlas of Remote Sensing for World Heritage / ed. Guo Huadong. – Beijing: Springer, 2012. – 330 – P. 4.
4. Батырканов Ж. И., Кудакеева Г. М. Подход распознавания зрительных образов на основе эталонов и обучения // Известия КГТУ, Бишкек : ИЦ «Техник», – 2015. – № 1 (34). – С. 11–13.
5. Батырканов Ж. И., Кудакеева Г. М. Проблемы и подходы к распознаванию объектов в задачах обработки аэрокосмических снимков // Огарев-online. – 2018. – №13. [Электронный ресурс]. URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/problemu-i-podxodu-k-raspoznavaniyu-obektov-v-zadachax-obrabotki-aerokosmicheskix-snimkov> (дата обращения: 03.09.2020).
6. Бондур В. Г., Крапивин В. Ф., Потапов И. И., Солдатов В. Ю. Природные катастрофы и окружающая среда. // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2012. №1. – С. 3–50.
7. Злобин В. К., В. В.Еремеев, Кузнецов А.Е. Обработка изображений в геоинформационных системах // Известия РГРТУ, Рязань. : Изд-во РГРТУ, – 2008. – 264 с.
8. Кащенко Н. А., Попов Е. В., Чечин А. В. Геоинформационные системы: учебное пособие для вузов. – Н. Новгород. : ННГАСУ, 2012. – 130 с.

9. Саак А. Э., Пахомов Е. В., Тюшняков В. Н. Информационные технологии управления: учебник для вузов. – СПб. : Питер, 2012. – 320 с.
10. Chandra A. M., Goush S. K. Remote Sensing and Geographical Information System. – New Delhi : Narosa Publishing House, 2006. – 308 p.
11. Ципилева Т. А. Геоинформационные системы. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТУСУР, 2010. – 120 с.
12. Шевченко О. Ю., Гейдор В. С. Геоинформационные системы: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: РСГУ, 2013. – 196 с.

**КУЗНЕЦОВ Е. В., БАЛЬЗАМОВ А. Ю.**

**ПРОГРАММНО-АППАРАТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ БЛОКА ТЕСТОВОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ В СИСТЕМЕ ОПЕРАТИВНОГО ТОКА**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются особенности организации измерительных каналов для контроля параметров систем оперативного тока. Приводится функциональная схема и описывается принцип работы блока тестового воздействия.

**Ключевые слова:** система оперативного тока, сопротивление, блок тестового воздействия.

**KUZNETSOV E. V., BALZAMOV A. YU.**

**SOFTWARE AND HARDWARE IMPLEMENTATION  
OF TEST ACTION UNIT IN OPERATING DC SYSTEM**

**Abstract.** This article discusses the features of the organization of measuring channels for monitoring the parameters of the operating current systems. The functional scheme is given and the principle of operation of the test action unit is described.

**Keywords:** operating current system, resistance, test action unit.

Комплекс мониторинга системы оперативного тока в зависимости от комплектации предназначен для автоматического измерения сопротивления изоляции, напряжений, токов и пульсаций, а также контроля состояния функциональных составляющих в системах оперативного постоянного тока и передачи полученной информации в АСУТП верхнего уровня [1].

Блок тестового воздействия (БТВ), который является частью системы мониторинга, предназначен для измерения и контроля сопротивления изоляции полюсов шин системы оперативного тока, формирования тестового воздействия на напряжение полюсов шин системы оперативного тока относительно «земли», измерения напряжения полюсов шин системы оперативного тока относительно «земли». Функциональная схема данного блока показана на рисунке 1.

Блок тестового воздействия имеет два режима работы: активный и пассивный. По умолчанию БТВ работает в активном режиме, пассивный режим можно активировать в пользовательском интерфейсе [2, с. 23].

В активном режиме микроконтроллер управляет реле К1 и К2, а также электронным потенциометром R, подключая по определённому алгоритму между положительным или отрицательным полюсом и «землёй» резистор сопротивлением от 100 кОм до 3,4 МОм. Выбор полюса и величина подключаемого электронного потенциометра определяются

значениями напряжения главных шин и полюсов системы оперативного тока относительно «земли», сопротивлением изоляции. До и после подключения электронного потенциометра между полюсами и «землём» измеряется напряжение полюсов относительно «земли». К разъёмам ХТ4, ХТ5 подключаются дифференциальные датчики тока для определения сопротивления изоляции двух секций (присоединений).

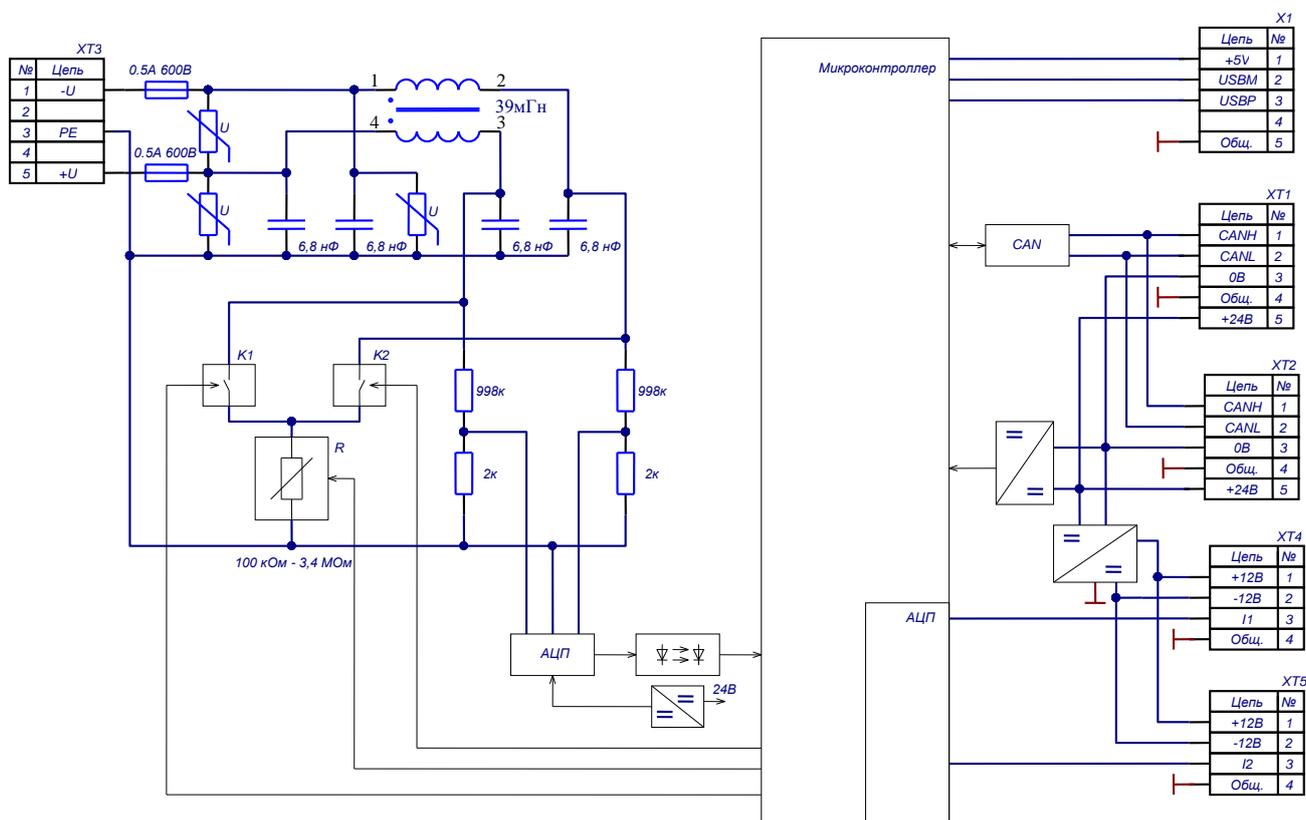


Рис. 1. Функциональная схема блока тестового воздействия.

В пассивном режиме реле К1 и К2 находятся в отключенном состоянии, блок тестового воздействия осуществляет мониторинг напряжения полюсов относительно «земли». При этом данные о напряжении полюсов сети относительно «земли» БИ индицирует в реальном времени, что позволяет облегчить поиск присоединения со сниженным сопротивлением изоляции методом поочерёдного отключения присоединений

Напряжение сети и измерительное заземление поступают на разъём ХТ3. Через защитную цепь и фильтр напряжение сети поступает на делитель напряжения и твёрдотельные реле К1 и К2. Выходной сигнал с делителя напряжения поступает на аналогово-цифровой преобразователь (далее АЦП), который измеряет напряжение сети и напряжение полюсов относительно «земли». Данные из АЦП поступают через гальванически

развязанный интерфейс в микроконтроллер. Для организации основного вычислительного процесса используется прерывание по переполнению таймера. Вначале, как правило, производится проверка флага инициализации работы блока. Если блок не запущен, то таймер/счетчик активируется.

Связь с внешними периферийными устройствами, например с микросхемой АЦП, производится по протоколу SPI. Тактирование SPI в описанной выше микроконтроллерной системе управления осуществляется от внутреннего источника тактового сигнала. Размер пакета и порядок передачи данных задается микроконтроллером. Микроконтроллер выступает в качестве ведущего устройства. Выбор ведомых устройств осуществляется программно, с помощью установки соответствующего бита CS.

АЦП управляется при помощи нескольких внутренних регистров. Это: регистр обмена, регистр режима, регистры фильтра, и регистр данных. Данные в эти регистры записываются через последовательный интерфейс; этот же интерфейс позволяет также считывать данные из указанных регистров. Любое обращение к любому регистру должно начинаться с операции записи в регистр обмена. После включения питания или сброса АЦП ожидает записи в регистр обмена. Данные, записываемые в этот регистр, определяют тип следующей операции (чтение или запись), а также к какому регистру будет идти обращение. Программа взаимодействия микроконтроллера с АЦП включает в общем случае следующую последовательность операций [3, с. 54].

1. Выбор входного канала.
2. Установка биполярного/униполярного режима и длины выходного слова.
3. Запись в регистр режима: устанавливается коэффициент усиления, иницируется калибровка.
4. Опрос сигнала, указывающего на наличие в регистре данных нового результата преобразования.
5. Чтение/запись данных по SPI.
6. Циклический повтор действий 4 и 5, пока не будет считано (записано) заданное число отсчетов.

На рисунках 2 и 3 приведены алгоритмы функций для микроконтроллеров серии STM32F4, описывающие основные функции по работе с внешним АЦП.

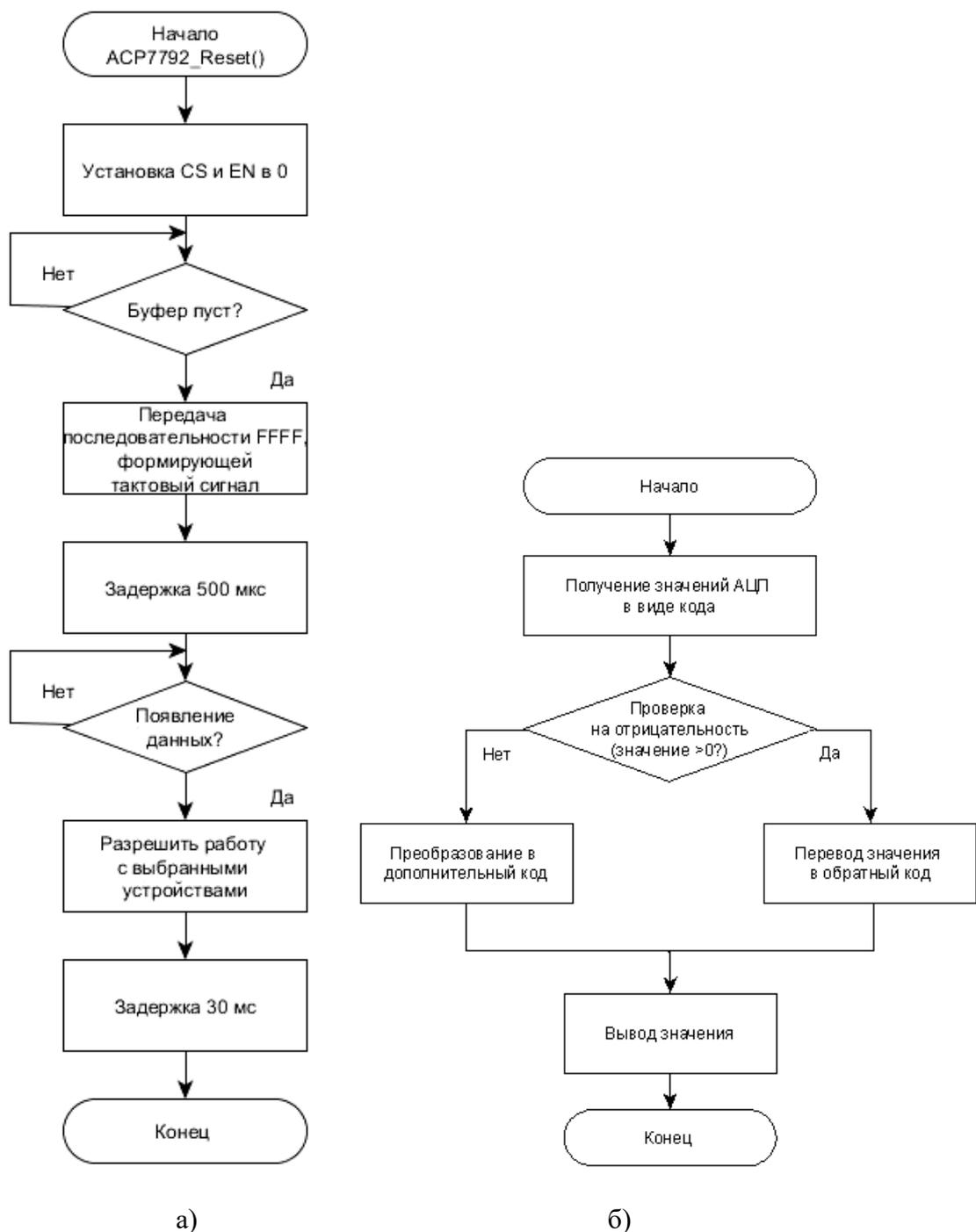


Рис. 2. Блок-схемы функций: а) сброс АЦП; б) нормирование сигнала.

Функция сброса, показанная на рисунке 2а, аналогична для всех АЦП. Перед началом CS и EN выставляются в 1. Происходит ожидание передачи данных до тех пор, пока буфер не окажется пустым. Далее происходит передача последовательности, формирующей тактовый сигнал сброса и ожидание появления данных. Как только сброс осуществлен, разрешается работа с выбранным АЦП.

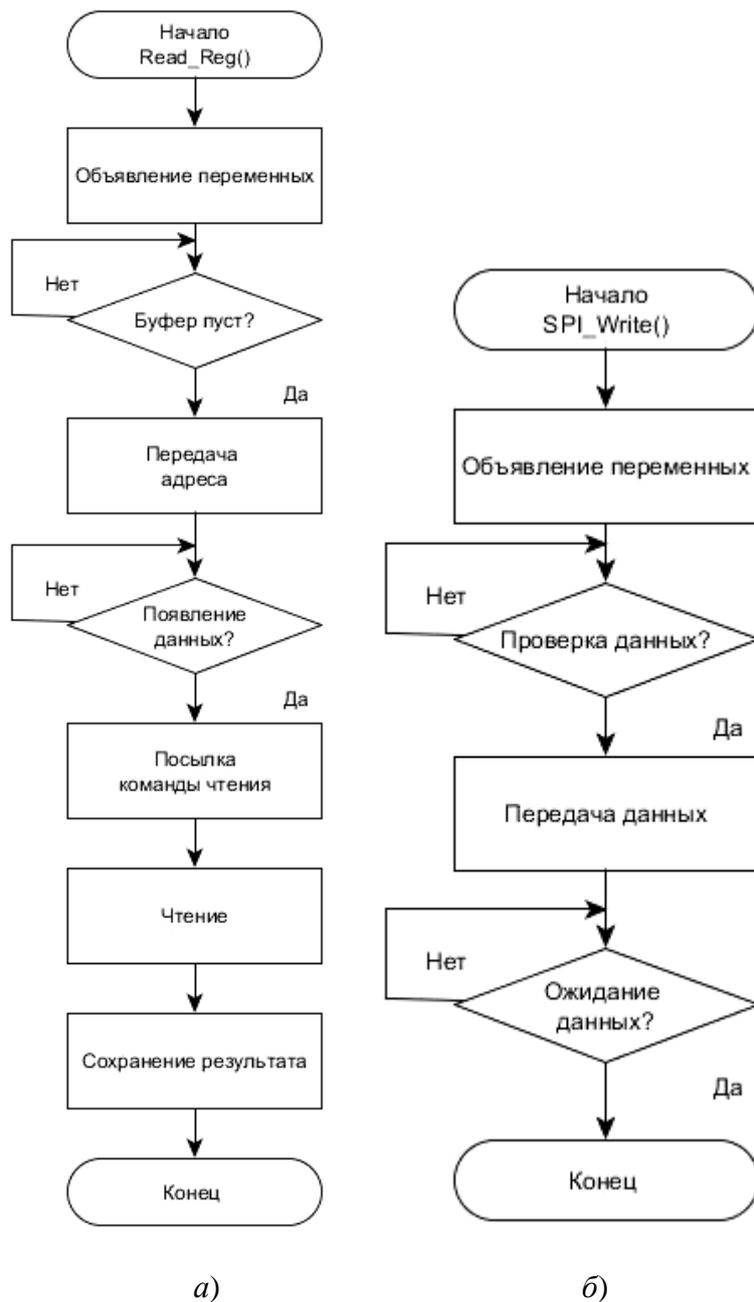


Рис. 3. Блок-схемы функций:

а) чтение регистра АЦП;

б) запись в регистры АЦП по интерфейсу SPI

Чтение регистра предполагает передачу адреса, из которого происходит чтение, посылка команды чтения и сам процесс чтения в соответствии с рисунком 3а. Результат сохраняется в заданную область памяти.

Таким образом, функциональные возможности комплекса для мониторинга цепей оперативного постоянного тока напрямую зависят от внутренней структуры его

измерительных каналов и их программной реализации. В данной работе был описан принцип работы блока тестового воздействия, было дано краткое описание возможного варианта каналов измерения для блока тестового воздействия в системе оперативного постоянного тока, приведены блок-схемы алгоритмов основных функций для работы с внешним АЦП.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Источники оперативного тока для питания устройств релейной защиты. [Электронный ресурс]. URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehuistr/765-istochniki-operativnogo-toka-dlja.html> (дата обращения: 03.09.2020).
2. Комплекс мониторинга системы оперативного тока КМСОТ-М «Дубна». Руководство по эксплуатации. / ЗАО «МПОТК «ТЕХНОКОМПЛЕКТ».
3. Ширяев В. В. Компьютерные измерительные средства (КИС): Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 190 с.

**ПИЩИН О. Н., ШАВАНДАШТ А. Д., НИКУЛИН В.В.**

## **ЧАСТОТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **ПЕРЕДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ**

**Аннотация.** В статье проанализированы особенности применения мобильных радиоэлектронных средств для экстренного снятия высокой абонентской нагрузки. Предложены варианты локального частотного планирования стационарной сети сотовой связи при введении в нее мобильной базовой станции.

**Ключевые слова:** мобильные радиоэлектронные средства, передвижная базовая станция, частотное планирование, система сотовой связи, снятие абонентской нагрузки, резервирование систем связи.

**PISHCHIN O. N., SHAVANDASHT A. D., NIKULIN V.V.**

## **FREQUENCY SUPPLY OF RELOCATABLE OBJECTS**

### **OF MOBILE COMMUNICATION**

**Abstract.** The article analyzes the need and features of the use of mobile radio electronic means for the emergency removal of a high subscriber load. Variants of local frequency planning of a fixed cellular network with the introduction of a mobile base station are proposed.

**Keywords:** mobile radio-electronic equipment, mobile base station, frequency planning, cellular communication system, subscriber load removal, redundancy of communication systems.

Необходимость в мобильных радиоэлектронных средствах (РЭС) с каждым годом не теряет своей актуальности как средство обеспечения доступа к услугам сотовой связи широкому кругу лиц в местах плановых или внеплановых массовых мероприятий, местах отсутствия инфокоммуникационных услуг (рисунок 1) при проведении временных массовых мероприятий (форумы, фестивали). Мобильные средства РЭС являются средством восстановления временно нарушенных по техническим причинам или разрушенных ввиду стихийных бедствий сетей телекоммуникации стационарной сотовой и телефонной сети общего пользования [1].

Для увеличения мобильности сотовой связи, повсеместного предоставления полного пакета услуг с требуемым качеством, экстренного снятия высокой абонентской нагрузки нужен эффективный способ управления частотным ресурсом (ЧР), с помощью которого было бы можно своевременно обеспечить подвижный объект РЭС необходимым количеством частотных каналов.

В основу способа управления ЧР стационарной топологии системы сотовой связи (ССС) при введении в её структуру подвижных объектов РЭС (рисунок 2) [2] положена

возможность безболезненного для ССС заимствования радиочастот с соседних стационарных объектов РЭС.



Рис. 1. Организация мобильной связи в местах отсутствия телекоммуникационных услуг



Рис. 2. Мобильная станция как средство замены временно вышедших из строя базовых станций

Такое заимствование возможно без дополнительного согласования с Главным радиочастотным центром для станций стандарта DCS в радиусе частотно согласованной зоны (ЧСЗ) размером до 500 м, а для станций стандарта GSM в радиусе ЧСЗ до 2 000 м [3]. Так как назначение рабочих частот происходит заимствованием с соседних базовых станций, расположенных в ЧСЗ, то их перемещение не вызывает нарушения ЭМС. Переключение частот происходит с наименее нагруженных секторов соседних базовых станций с тем, чтобы не допустить дефицита ЧР на других участках ССС. Районом работы может быть, как территория суши, так и территория водного пространства. В качестве примера оператором сотовой связи организована действующая базовая станция на привязных платформах севера Каспийского моря для обеспечения мобильной связью служб в необходимой акватории (рисунок 3).



Рис. 3. Установка объектов мобильной связи на привязной платформе в Каспийском море

Предварительный частотный план при этом для подвижной базовой станции оператором сотовой связи с Главным радиочастотным центром не согласуется, так как мобильная станция не использует собственных частотных номиналов, а использует частоты, разрешённые для того участка сети, в который она выдвигается. Частотные назначения при этом заимствуются. На рисунке 4 изображена сеть сотовой связи при равномерном распределении нагрузки, зона «X» – является зоной ожидаемой высокой нагрузки. В повседневной ситуации эта зона обслуживается, например, 4-мя базовыми станциями: А, В, С и D. И, соответственно, частотными каналами:  $f_1, f_2, f_7, f_8, f_{13}, f_{14}, f_{23}, f_{24}$ .

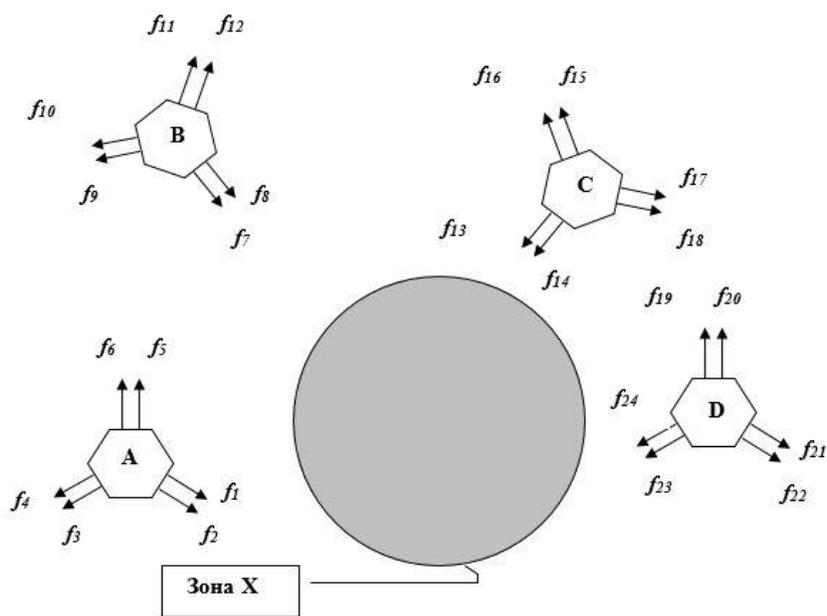


Рис.4. ЧП участка стационарной ССС при равномерном распределении абонентской нагрузки

Однако, периодически, например, один раз в квартал, год, или не периодически (планово или внепланово) в зоне «X» происходит массовое скопление людей, для количества которых канальной ёмкости существующей сети недостаточно. Нарращивание стационарной не всегда целесообразно для снятия временной нагрузки, а наличие подвижной БС может временно восполнить недостатки канальной ёмкости сети.

Оценка электромагнитной совместимости (ЭМС) РЭС в ГРЧЦ производится из расчёта возможности перемещения источника радиоизлучения в радиусе, например, до 500 м для DCS1800 или до 2 000 м для GSM 900 без дополнительного согласования [3].

Исходя из этого, возможно перемещение стационарных РЭС на указанные расстояния для соответствующих стандартов, а так как стационарный объект переместить невозможно, мы будем как бы «перемещать» отдельные приёмопередатчики с закреплёнными на них

частотными каналами посредством мобильного объекта РЭС. При этом со стационарных объектов: А, В, С и D, для мобильной базовой станции временно заимствованы частотные назначения. Приёмопередатчики (ППД), работавшие ранее на этих частотных назначениях на время действия мобильной станции, отключаются (рисунок 5). При активации мобильной станции «Е» в стационарной сети на станции «А» отключаются ППД, работающие, например, на частотах:  $f_4$ ,  $f_6$ . На станции «В» отключаются ППД, работающие на частотах:  $f_9$ ,  $f_{12}$ .

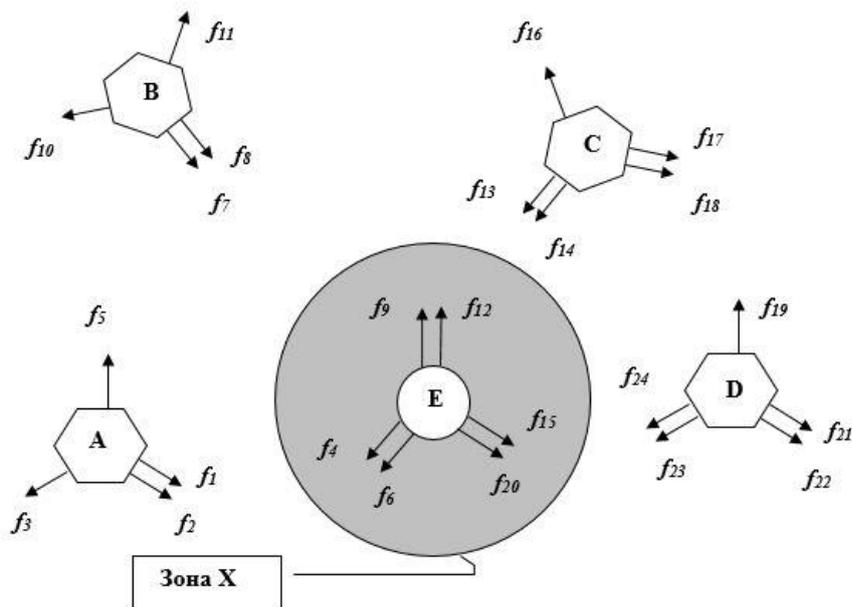


Рис. 5. Частотный план участка стационарной сети сотовой связи при введении в зону «X» с резко возросшей абонентской нагрузкой мобильной станции

На станции «С» отключается ППД, работающий на частоте:  $f_{15}$ , а на станции «D» отключается ППД, работающий на частоте:  $f_{20}$ . Частоты  $f_4$ ;  $f_6$ ;  $f_9$ ;  $f_{12}$ ;  $f_{15}$ ;  $f_{20}$  с момента введения подвижного объекта РЭС в стационарную сеть работают на объекте «Е» в зоне «X», одновременно, стационарные объекты: А, В, С и D на вышеуказанных частотах излучение прекращают (рисунок 5, 6).

В случае возникновения аварии в сети сотовой связи, устранение которой в кратчайшие сроки невозможно, при которой прекращают работать одно или несколько стационарных объектов РЭС (объекты А и В), мобильная станция «Е» перемещается в район аварии и начинает излучение на частотах, вышедших из строя стационарных РЭС (рисунок 6). РЭС с частотными назначениями:  $f_1$ – $f_{12}$ , прекратившие излучение с объектов «А» и «В», в случае установки многоканальной станции в полном объёме возобновляют работу со станции «Е».

Если восстановление всех каналов невозможно и в наличии имеется только станция в стандартной конфигурации используются только часть частот (например,  $f_1-f_6$ ) вышедших из строя станций с включением режима полускоростного кодирования речи, позволяющего увеличить количество трафиковых каналов вдвое.

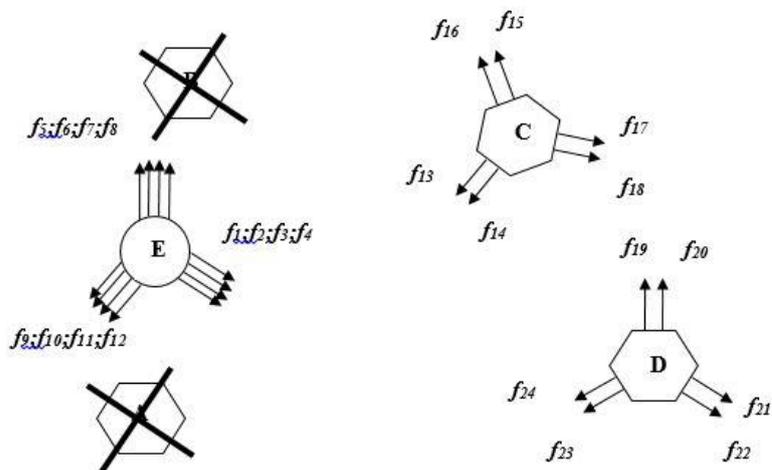


Рис. 6. ЧП участка стационарной ССС при введении мобильной станции большой канальной ёмкости взамен вышедших из строя стационарных объектов

Система поддержки принятия решений, целью которой является помощь руководящему персоналу, принимающему решение в сложных для полного и объективного анализа областях деятельности, помогает определить оптимальное решение по совершенствованию функционирования системы и удержания её в состоянии равновесия при воздействии аварийных ситуаций или форс-мажорных обстоятельств.

Алгоритм ввода подвижной базовой станции в стационарную топологию ССС предоставляет руководящему персоналу заблаговременную последовательность действий, направленных на получение определённого результата по удержанию ССС в состоянии равновесия за конечное число шагов в целях предотвращения сбоев в сети в связи с авариями или возможными форс-мажорными обстоятельствами. Задача минимизации простоя сети может быть решена за счёт ввода подвижной базовой станции в стационарную топологию ССС.

Способ управления радиочастотным ресурсом стационарной ССС при введении в её топологию подвижной базовой станции позволяет без запроса дополнительного радиочастотного ресурса обеспечить подвижный объект РЭС необходимым временным ресурсом частотных назначений. Для РЭС, планируемых для единовременного использования сроком до 45 календарных дней в период организации (подготовки) и

проведения выставок, ярмарок, спортивных соревнований, иных культурно-массовых, общественных государственных мероприятий, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, ФГУП «ГРЧЦ», Минобороны России и ФСО России и/или ФСБ России осуществляют оперативное согласование радиочастот и/или мест размещения РЭС в рабочем порядке посредством телефонной и факсимильной связи, а также информационно-телекоммуникационных сетей с последующим документальным подтверждением такого согласования в течение 10 рабочих дней со дня регистрации материалов радиочастотной заявки и/или сведений о планируемых присвоениях заявленных РЭС гражданского назначения.

Осуществление согласования также возможно посредством согласования плана использования радиочастот на территории проведения указанных мероприятий. План мероприятий на период их организации и проведения должен учитывать обеспечение электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств организаторов или участников мероприятий с действующими в период организации и проведения мероприятий РЭС военного и специального назначения, а также потребности организаторов или участников мероприятий в радиочастотном спектре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев В. Н., Пищин О. Н., Сорокин А. А. Принципы организации частотного планирования в сетях мобильной связи на основе подвижных базовых станций // Вестник Астраханского государственного технического университета. Астрахань. – 2007. – № 4. – С. 207–211.
2. Дмитриев В. Н., Пищин О. Н., Сорокин А. А. Способы организации высокоскоростных динамических сетей передачи информации с ограниченным временем задержки // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2007. – №4-1(52). – С. 131-135.
3. Комарова К. В., Никулин В. В. Анализ способов тестирования оборудования базовых станций // Материалы XXI науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва: в 3 ч. / сост. А. В. Столяров; отв. за вып. П. В. Сенин. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. Часть 3. – С. 415–420.