

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ (НС РАН)

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР -  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН (МНИЦ - ГП)

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ



XI ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ

## МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ ТОМ 2

24 - 26 апреля 2019 года  
г. Бишкек



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
НАУЧНАЯ СТАНЦИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК В Г. БИШКЕКЕ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР –  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЙ ПОЛИГОН**

**XI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Сборник материалов  
XI Международной конференции молодых ученых и студентов**

**Том 2**

**24-26 апреля 2019 года  
г. Бишкек**

**УДК 001**  
**ББК 30.6**  
**С56**

Ответственный редактор:  
Забинякова О.Б.

Редакционная коллегия:

Баталева Е.А., Воронцова Е.В., Имашев С.А., Карабут Н.В., Кульков Д.С., Лашин О.А.,  
Лисимов М.О., Матюков В.Е., Морозова Л.Е., Мухамадеева В.А., Саламатина Ю.М.,  
Чешев М.Е.

**С56 Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сб. материалов XI  
Междунар. конф. молодых ученых и студентов. В 2 т. Т. 2. – Бишкек: НС РАН, 2019. – 202 с.**

**ISBN 978-9967-12-794-4**

В данный сборник включены материалы XI Международной конференции молодых ученых и студентов «Современные техника и технологии в научных исследованиях», которая была проведена Научной станцией РАН и Международным научно-исследовательским центром – геодинамическим полигоном в г. Бишкеке. В сборнике представлены работы молодых ученых и студентов из России, Киргизии, Узбекистана, Казахстана, Таджикистана, Украины и США, охватывающие исследования в области мониторинга геосреды, физики и механики горных пород, оценки сейсмического и геологического риска, математического моделирования различных процессов и других научных направлений.

Сборник может быть полезен студентам, аспирантам и специалистам, занимающимся исследованиями в области наук о Земле, механики, прикладной математики и программной инженерии.

Утверждено к печати Ученым советом  
ФГБУН НС РАН в г. Бишкеке

**УДК 001**  
**ББК 30.6**

**С 1401030000-19**  
**ISBN 978-9967-12-794-4**

©ФГБУН Научная станция РАН в г. Бишкеке

©Международный научно-исследовательский  
центр - геодинамический полигон в г. Бишкеке

© Коллектив авторов, 2019

---

**Механика и  
междисциплинарные доклады**

---

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ

Абдыкаимов И.З.

*interstruirovanie@gmail.com*

Институт коммуникаций и информационных технологий

Кыргызско–Российского Славянского университета, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В работе рассмотрен вопрос актуальности применимости квантовых алгоритмов к решению прикладных задач. В частности, описывается возможность использования квантовых вентилях при реализации квантового преобразования Фурье с целью получения спектрограмм сигналов различного класса, например, от массовых взрывов на горном производстве, высокочастотные сейсмические шумы, акустические волны. Показан принцип, согласно которому реализация квантового алгоритма позволяет оптимизировать перевод сигнала в виде сейсмограммы в вид спектрограммы. Описываются элементы теории квантовой информатики, позволяющие выполнить переход к спектру, достигая требуемой точности вычислений. Также произведены оценки того, насколько и по каким параметрам эффективнее для решения рассматриваемых задач использовать квантовый алгоритм, чем классический, и сделаны соответствующие выводы того, при каких именно условиях преимущество квантового алгоритма можно увеличить.*

*Ключевые слова: квантовый алгоритм, кубит, квантовый вентиль, преобразование Фурье, базисные состояния, суперпозиция состояний.*

**Введение.** На сегодняшний день среди прикладных задач промышленной науки и техники всё чаще возникают те, которые требуют использования больших кластеров или суперкомпьютерной техники для своего решения. К таким задачам относятся задачи моделирования поведения сложных систем, задачи нелинейного программирования, задачи решения глобальных систем дифференциальных уравнений, описывающих осцилляции биогеоценологических комплексов. В связи с этим исследуются новые методы организации вычислений. В работе рассмотрена возможность применения квантовых алгоритмов на практике. Квантовые компьютеры начали своё теоретическое развитие во второй половине XX – века [4]. С тех пор разработан обширный теоретический пласт, позволяющий с большой точностью описывать явления, которые ложатся в основу построения квантовых компьютеров. На практике произведён ряд экспериментальных выполнений квантовых алгоритмов на реально работающих квантовых процессорах, которые включают 7 квантовых битов и более (или, как принято их называть – кубитов) [1]. Одна из задач сейсмологии будет рассмотрена в данной работе.

**Постановка задачи.** В этой работе ставится задача анализа спектра волновых компонент сейсмического возмущения посредством квантовых алгоритмов. Полученный сигнал при переводе в спектр имеет форму сейсмограммы изначально. Пример такой сейсмограммы представлен на рис.1.

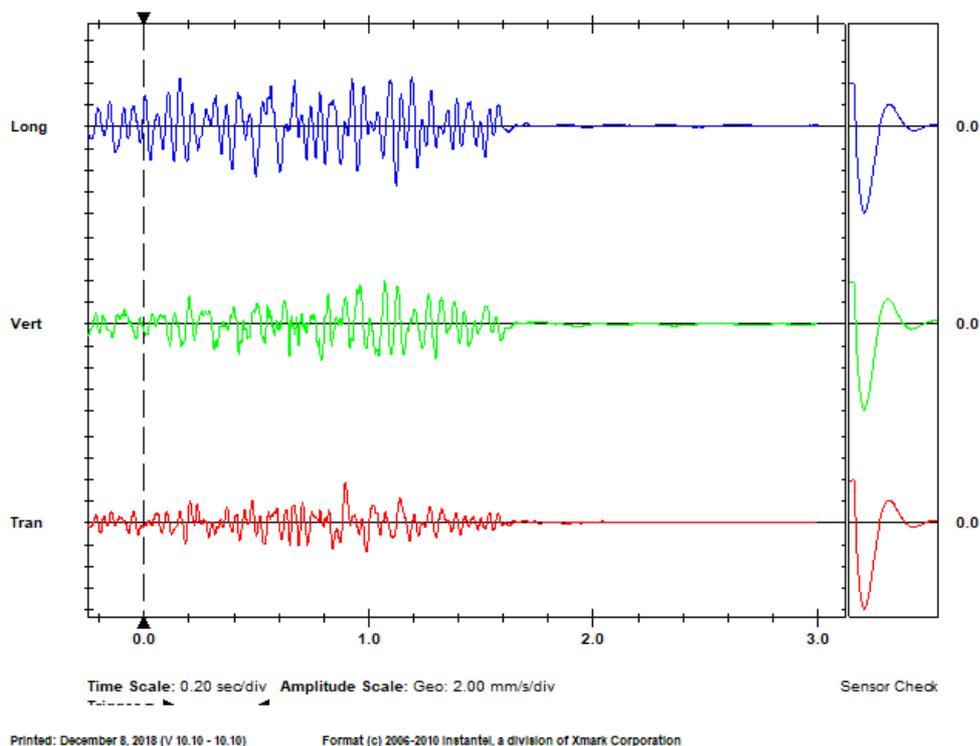


Рисунок 1 – Сейсмограмма

Вектор-столбец ординат на диаграмме в зависимости от его аргумента будет формализован (времени – в данном случае, если рассматривается конкретная точка) в качестве упорядоченного множества последовательностей 0 и 1 их соответственных двоичных записей. Каждая компонента такого вектора будет представлять двоичную запись числа – значения смещения в соответственный момент времени. Такой вектор значений при анализе классическим вычислительным оборудованием будет подвергнут операции дискретного преобразования Фурье для получения его дискретного спектра.

Сам путь перевода может иногда оказываться затруднённым, по причине большого количества данных. Особенно если прибор – современный, то его частота дискретизации может достигать достаточно высоких значений, по причине чего указанный выше вектор двоичных записей будет иметь число компонент порядка нескольких сотен тысяч компонент на относительно небольших промежутках времени. В задачах анализа сейсмических шумов и высокочастотных сигналов приходится производить запись сейсмограмм с большим числом дискретных шагов регистрации сигнала. При протяжённой записи высокочастотных сигналов (например – при анализе геодинамических процессов, вызываемых взрывными работами), рассматривая промежуток записи около 1 часа, получим при соответственной частоте 15-60 Гц, что число дискретных шагов, необходимое для записи сейсмического сигнала – около 240000. При этом примем, что количество бит для записи каждого дискретного значения отклонения равно 18 за счёт различия этих значений. Тогда при переводе в спектр с помощью быстрого преобразования Фурье понадобится около  $240000 \cdot 18$  операций сложения 18-значных чисел, то есть, фактически,  $240000 \cdot 18 \cdot 18 = 777600000 = 7.776 \cdot 10^8$ . Рассмотрено, как квантовый алгоритм улучшает этот результат.

**Постановка задачи.** Чтобы произвести оптимизацию по времени, в вычислительной аппаратуре используется распределение подзадач задачи между параллельно работающими процессорами. Затраты ресурсов не уменьшены – время уменьшилось за счёт производительности, работа осталась той же: число операций выполняется то же. Энергетические преимущества квантового алгоритма состоят в применении квантовых объектов в качестве ячеек памяти, которые требуют для изменения небольшое относительно классических средств количество энергии, как микрообъекты. Ниже описан его механизм.

Проекциями состояния системы на оси классических значений являются формальные компоненты её волнового вектора  $|x\rangle$ . Проекцию на соответственное базисное направление  $|j\rangle$  обозначим через  $x_j$ . Базисными направлениями выбраны состояния, в которые попадает система при её измерении. Некоторое состояние в общем виде:  $|x\rangle = \sum_{j=0}^{N-1} x_j |j\rangle$ ; вероятность его нахождения в некотором классическом состоянии  $j$  после измерения равна  $|x_j|^2$ . В момент измерения, с набором статистики получая вероятность того или иного классического состояния, равную  $p$ , можно судить о том, с какой амплитудой колебалась измеренная система в проекции на данное  $j$ -е состояние с неопределённым аргументом, так как  $|x_j|^2 = p \Rightarrow x_j = e^{-i\omega t} \sqrt{p}$ , где  $\omega t$  – аргумент (некоторое действительное число), зависящий от того, с какого пребывания квантовой системы, соответствующего состоянию  $x$  с колебанием по  $j$ -му с амплитудой, равной  $\sqrt{p}$ , считается начатым отсчёт времени в системе отсчёта эволюции этой системы. Кубитом назван бит, который реализуется некоторым квантовым объектом в качестве ячейки информации.

Вектор суперпозиции всех  $N$  принимаемых состояний некоторой системы, как сумма по соответствующим компонентам имеет вид:

$$|x\rangle = \sum_{j=0}^{N-1} x_j |j\rangle \quad (1)$$

Тогда вектор-образ  $|y\rangle$  будет содержать по своим соответственным компонентам значения, представляющие спектр в рассматриваемой зависимости  $x$  от времени:

$$|y\rangle = \sum_{k=0}^{N-1} y_k |k\rangle, \quad y_k = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=0}^{N-1} x_j e^{-i\frac{2\pi jk}{N}} \quad (2)$$

Оператор преобразования Фурье (в дальнейшем обозначим его в качестве  $QFT$ ) на базисный вектор воздействует следующим образом:

$$|y\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-i\frac{2\pi xk}{N}} |k\rangle. \quad (3)$$

По разрядам разложение:  $x = x_1 * 2^{n-1} + x_2 * 2^{n-2} + \dots + x_n$ . Аналогично:

$$k = k_1 * 2^{n-1} + k_2 * 2^{n-2} + \dots + k_n, \\ e^{-i\frac{2\pi xk}{N}} = e^{-i\frac{2\pi}{N}(k_1 * x_n * 2^{n-1} + k_2 * x_n * 2^{n-2} + k_2 * x_{(n-1)} * 2^{n-1} + \dots + k_n(x_1 * 2^{n-1} + x_2 * 2^{n-2} + \dots + x_n))} \quad (4)$$

В произведении  $k = k_1 * 2^{n-1} + k_2 * 2^{n-2} + \dots + k_n$  на  $x = x_1 * 2^{n-1} + x_2 * 2^{n-2} + \dots + x_n$ , умножение  $k_1 * 2^{n-1}$  на  $x_1 * 2^{n-1}$ , даст  $k_1 * x_1 * 2^{2n-2}$ , что при больших целых  $n$ , является целым числом, кратным  $2^n$ , поэтому он не влияет на результат. Подставляя найденное в выражение (3), получим, что:

$$|y\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-i\frac{2\pi}{N}(k_1 * x_n * 2^{n-1} + k_2 * x_n * 2^{n-2} + k_2 * x_{(n-1)} * 2^{n-1} + \dots + k_n(x_1 * 2^{n-1} + x_2 * 2^{n-2} + \dots + x_n))} |k\rangle = \\ = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-i\frac{2\pi}{N}(k_1 * x_n * 2^{n-1})} e^{-i\frac{2\pi}{N}(k_2 * x_n * 2^{n-2} + k_2 * x_{(n-1)} * 2^{n-1})} \dots e^{-i\frac{2\pi}{N} k_n(x_1 * 2^{n-1} + x_2 * 2^{n-2} + \dots + x_n)} |k\rangle$$

Получим:

$$QFT|y\rangle = \frac{1}{\sqrt{N}} (|0\rangle + e^{-i\frac{2\pi}{2}(x_n)} |1\rangle) * (|0\rangle + e^{-i\frac{2\pi}{2}(x_{(n-1)} + \frac{x_n}{2})} |1\rangle) * \dots * (|0\rangle + e^{-i\frac{2\pi}{2}(x_0 + \dots + x_n/2^{n-1})} |1\rangle) \quad (5)$$

Знак \* означает тензорное произведение.

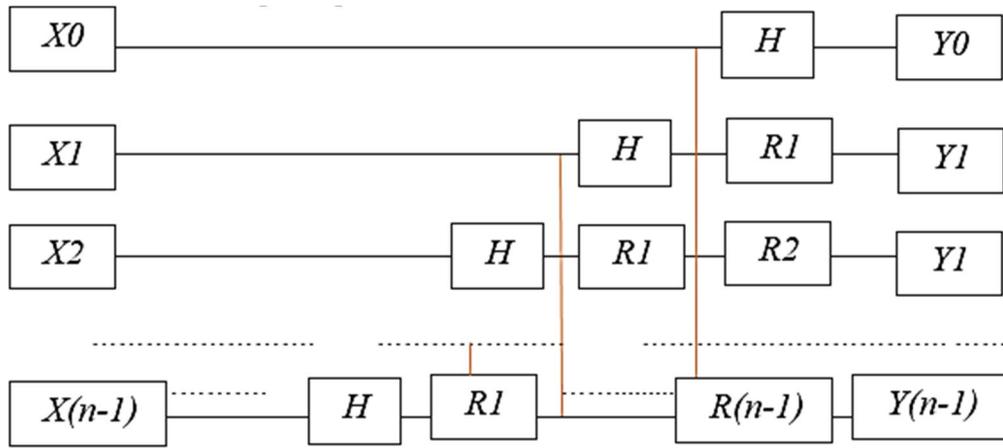


Рисунок 2 – Схема воздействия вентилей

Оператор Адамара  $H$  возвращает суперпозицию:  $H|x_n\rangle = (|0\rangle + e^{-i\frac{2\pi}{2}(x_n)}|1\rangle)$ ,

$H|x(n-1)\rangle = (|0\rangle + e^{-i\frac{2\pi}{2}(x(n-1))}|1\rangle)$ , не хватает ещё коэффициента при  $|1\rangle$  при воздействии на  $n-1$  – й бит. Его можно добавить воздействием на  $n-1$  – й бит оператором  $R1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{-i\frac{2\pi}{4}x_n} \end{pmatrix}$ . Число вентилей в схеме будет равно  $1+2+\dots+n = (n+1)n/2$  (6).

При составлении спектрограммы используются не комплексные амплитуды, а их модули, значит описанный выше метод применим, так как он определяет соответственные модули однозначно. При рассмотрении вероятности нахождения в состоянии  $j$ , равную  $p$ , видно, что при измерении квантового состояния рассматриваемой системы получается одно из её базисных состояний. Вероятность развития того или иного варианта событий может быть получена приближением при анализе большого числа данных статистически. Полученное в результате алгоритма состояние, амплитуды колебания (а значит – вероятности соответственного перехода) по компонентам которой нам необходимо вычислить, нужно копировать количество раз, которое будет определено достаточным для статистического нахождения вероятностей. Неизвестное квантовое состояние невозможно скопировать. Это утверждает теорема квантовой информатики о запрете клонирования.

Чтобы получить ещё аналогичные состояния, необходимо выполнить алгоритм заново. Если ячеек информации –  $n$ , то можно воспроизвести алгоритм меньшее количество раз, чем то, которое превзойдёт по количеству операций самый короткий классический алгоритм, но достаточное для набора статистических данных. Прюделав алгоритм  $a$  раз, совершится количество операций  $a(n+1)n/2$ . Быстрое преобразование Фурье в классическом виде использует количество операций  $nO(N \log_2 N) = O(Nn^2)$ , что обуславливается числом вентилей в многоразрядном сумматоре, где  $N = 2^n$ , поэтому число  $a$  прюделывания алгоритма должно быть таким, чтобы преимущество квантового алгоритма сохранялось, но статистический набор данных для выявления вероятностей был достаточен:  $an^2 \ll n^2N \Leftrightarrow an^2 \ll n^2 * 2^n \Leftrightarrow a \ll 2^n$  (7).

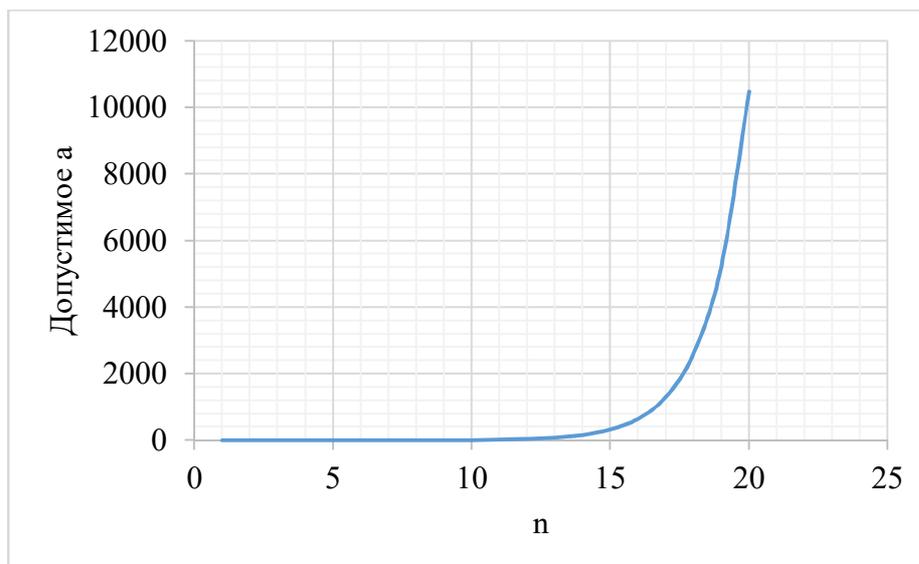


Рисунок 3 – На графике значение  $a$ , которое будет сохранять преимущество квантового алгоритма по сравнению с классическим

Возможность выбора большего числа  $a$  тем шире, чем большее число  $n$  будет рассмотрено, поэтому для больших  $n$  (порядка 15-20 и более), при которых  $N$  будет порядка нескольких десятков-сотен тысяч. При этом  $a$  можно будет выбрать равным 800-1000, при котором статистически вероятность коллапса результирующего состояния в определённое базисное состояние будет вычислена с тремя знаками после запятой. Спектрограмма по таким значениям сможет быть полученной с относительно точными значениями. Согласно официальным данным, число кубитов работающего квантового компьютера на сегодняшний день составляет около 50-70 [1]. Поэтому обработка данных с числом  $n$  порядка 15-20 может вскоре стать доступным для использования. Из графика на рис.2 видно, что при значениях  $n$ , выше 20,  $a$  можно выбрать в качестве тысячной доли числа  $2^n$ , и при этом достигнуть точности до трёх знаков после запятой в значениях измерения вероятности, согласно описанному выше. При анализе рассмотренного выше примера шума высокой частоты получим, что число операций на квантовом компьютере составит около  $300 \cdot (18+1) \cdot 18/2 = 51300$ , что приблизительно в 7967 раз превосходит по количеству операций классический алгоритм. Поэтому при многократном анализе большого количества диаграмм выгодность с точки зрения числа операций квантового процессора становится видна явно. При этом точность вероятностей составит 2 знака после запятой. При последовательном выполнении классического алгоритма энергетические затраты его реализации напрямую будут зависеть от количества производимых операций.

**Выводы.** Энергетические затраты у квантового компьютера по сравнению с классическим процессором будут меньше по двум причинам:

- меньшему количеству операций по сравнению с классическим компьютером;
- меньшим удельным затратам в расчёте на одну операцию в связи с меньшим количеством энергии для работы с объектами малых размеров, зависящим от конкретной реализации кубитов.

Получив для большого количества данных анализируемой сейсмограммы, дискретный спектр набранных статистических данных. Доля случаев измерения получавшихся в результате выполнения алгоритма состояний в базисном состоянии  $|j\rangle$  будет равна  $p_j$  (здесь рассматриваем число  $N$  в диапазоне: от  $2^{15}$  и более, при которых целесообразно использовать этот алгоритм). Тогда с достаточной точностью можно найти из статистически набранных данных соответственные вероятности  $p_j$ . Согласно полученному выше возможность увеличения точности результата и превосходства над классическим алгоритмом у квантового алгоритма тем выше, чем больший диапазон данных подвергнут анализу. Для получения

искомого нами модуля  $|aj|$  соответственной амплитуды некоторого компонента спектра необходимо по выше доказанному вычислить её следующим образом:

$$|aj| = \sqrt{pj} \quad (8)$$

Так будут найдены все соответственные амплитуды. При составлении суперпозиции начальных данных необходимо, чтобы вероятности их начального положения аналогично выше рассмотренному были равны квадратам соответственных амплитуд:

$$|aj|^2 = pj \quad (9)$$

Соответственно производимые действия по составлению суперпозиций состояний системы и описанному выше выявлению соответственных амплитуд будут добавлять около  $N$  действий. Этот фактор при большом  $n$  не будет оказывать существенного влияния на превосходство реализации квантового алгоритма над реализацией классического по сниженной степени сложности и уменьшенным энергетическим затратам, согласно выше описанному.

Рассмотренный нами метод может быть использован не только для анализа сейсмических сигналов, но и для любых осцилляций. При этом из выше описанного следует, что высокая частота дискретизации и большая длительность записи сигнала при анализе станет причиной большей точности спектра и экспоненциально большего превосходства над классическим алгоритмом, решающим аналогичную задачу, по количеству произведённых операций.

### Литература

1. Квантовое превосходство: всё о квантовых компьютерах // Популярная механика. 2018. Вып. 5.
2. Альманах научных работ молодых учёных университета ИТМО. Т. 5. СПб.: Университет ИТМО. 2017. 269 с.
3. Реферат по дисциплине «Сейсмология» на тему «Сейсмоакустические шумы», аспирант Саввичев П.С., преподаватель: Баюк И.О. Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН. М. 2018.
4. Фейнман Р. Моделирование физики на компьютерах // Квантовый компьютер и квантовые вычисления / Ред. Садовничий В.А. Т. 2. Ижевск. 1999. С. 96-124.

## РАСЧЕТ ПО МЕТОДУ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗАГРУЖЕНИЯ

Абдыкеева Ш.С., Торокельдиева Ж.М.  
*shirin 280990@mail.ru*

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В данной работе исследован метод сосредоточенных деформаций, позволяющий не только определять напряженно-деформированное состояние плиты перекрытия на каждой ступени нагружения, но и проследить динамику изменения перемещений, моментов, напряжений в арматуре и процесс образования и развития трещин.*

*Ключевые слова: метод сосредоточенных деформаций, железобетонные перекрытия, напряженно-деформированное состояние, трещины, расчет.*

Расчет железобетонных перекрытий по предельным состояниям, является адекватностью математических моделей реальному поведению железобетонных конструкций под действием внешней нагрузки, для которых имеются сравнение результатов теоретических расчетов с экспериментальными данными.

Сопоставление теоретических и экспериментальных данных на достаточно широком классе задач, каждая из которых является простой, позволяет перейти к расчету более сложных конструкций, встречающихся в проектной практике.

На основе было получено уравнение (1), представляющее собой равновесие системы конечных элементов, которая представляет собой расчетную схему реальной железобетонной плиты перекрытия [1].

Напряженно-деформированное состояние железобетонных плит раскрывается из системы алгебраических линейных уравнений метода перемещений в общей форме

$$[R] * \{V\} = \{P\} \quad (1)$$

где:

$[R]$  - матрица внешней жесткости для всей рассчитываемой системы; ее элементы

$R_{ij}$  - реакция в  $i$ -й связи метода перемещений от смещения  $j$ -й связи на единицу;

$\{V\}$  - вектор искомых перемещений, его элементы – перемещения элементов МСД (по два угловых и одному линейному для каждого);

$\{P\}$  - вектор нагрузок, его элементы – сосредоточенные силы и изгибающие моменты, действующие в узлах закрепления элементов МСД.

По перемещениям на основе общих зависимостей определяются внутренние силы

$$\{F\} = [D] * \{\lambda\} \quad (2)$$

где:

$\{F\}$  - вектор внутренних сил, элементами которого являются внутренние силы по плоскостям сосредоточенных деформаций (изгибающий момент  $M$ , крутящий момент  $H$  и поперечная сила  $Q$  с каждой из четырех сторон элемента МСД);

$[D]$  - матрица внутренней жесткости системы, ее элементы – внутренние силы по плоскостям сосредоточенных деформаций от единичного взаимного смещения соседних элементов МСД;

$\{\lambda\}$  - вектор сосредоточенных деформаций (взаимных смещений и поворотов элементов МСД).

Для всех сечений элементов МСД по плоскостям сосредоточенных деформаций принимается гипотеза плоских сечений. Система алгебраических уравнений (1) решается

относительно вектора перемещений  $\{v\}$ . Для этого должны быть известны матрица внешней жесткости  $[R]$  и вектор узловых нагрузок  $\{P\}$ . Имея расчетную модель, без особых затруднений можно составить вектор внешних сил  $\{P\}$ . Основная трудность заключается в формировании матрицы внешней жесткости системы  $[R]$ . Для ее построения можно применить способ единичных перемещений элементов МСД в направлении наложенных связей.

Однако, как показала практика, удобнее воспользоваться формулой

$$[R] = [A] * [K] * [A]^T \quad (3)$$

где:

$[A]$  - матрица, коэффициентов уравнений равновесия элементов МСД;

$[A]^T$  - матрица, транспонированная с матрицей коэффициентов уравнений равновесия

$[A]$ ;

$[K]$  - матрица внутренней жесткости сечений.

Согласно формуле (2) связь между внутренними усилиями по плоскостям сосредоточенных деформаций и соответствующими деформациями для типового  $k$ -го элемента. МСД запишем в матричном виде

$$\{F\}_k = [Э]_k * \{\lambda\}_k \quad (4)$$

где:

$\{F\}_k$  - вектор внутренних сил по граням  $k$ -го элемента по плоскостям сосредоточенных деформаций;

$[Э]_k$  - матрица жесткости сечений для  $k$ -го элемента по тем же граням;

$\{\lambda\}_k$  - вектор соответствующих деформаций.

Для расчета железобетонных плит перекрытий принят метод сосредоточенных деформаций на основе диаграмм "напряжения-деформации" для бетона и арматуры находящихся обобщенные секущие модули деформаций согласно [3] и по ним формируется матрицы внутренней жесткости  $[K]$  внешней жесткости  $[R]$  и вновь повторяется решение при заданном векторе внешних сил с проверкой сходимости итерационного процесса. Достижение стабилизации можно контролировать результатами смежных итераций всех элементов вектора деформаций или по какому-либо его отдельному составляющему (например, по прогибу). Это условие можно представить в виде

$$(\lambda_{i+1} - \lambda_i) / (\lambda_{i+1} + \lambda_i) \leq \beta \quad (5)$$

где:

$\lambda_i$  и  $\lambda_{i+1}$  - элементы вектора деформаций смежных  $i$ -ой и  $(i+1)$ -ой итерациях;

$\beta$  - некоторое малое число;

После стабилизации итерационного процесса по условию (5) окончательно определяются перемещения, взаимные смещения, внутренние усилия для всех элементов МСД и опорные реакции системы.

Предлагаемый процесс расчета позволяет не только определять напряженно-деформированное состояние плиты перекрытия на каждой ступени нагружения, но и проследить динамику изменения перемещений, моментов, напряжений в арматуре и процесс образования и развития трещин. Вместе с тем известно, что для бетона характерны такие свойства, как ползучесть, усадка и релаксация. Проявление бетоном вышеперечисленных свойств зависит от множества факторов, основными из которых являются:

-характер и скорость приложения внешней нагрузки;

-уровень напряжения в бетоне  $-\sigma/R_b$ ;

-длительность действия внешней нагрузки -  $t$ ;

-класс бетона, его состав и возраст.

В связи с этим, нормы проектирования СНиП 2.03.01-84\* рекомендуют прогиб обычных и предварительно напряженных железобетонных изгибаемых элементов, к которым предъявляют требования 2-й и 3-й категорий по трещиностойкости, определять из выражения

$$f = f_1 - f_2 + f_3 - f_4 \quad (6)$$

где:

- $f_1$  - прогиб от непродолжительного действию всей нагрузки;
- $f_2$  - прогиб от непродолжительного действию постоянной и длительной нагрузок;
- $f_3$  - прогиб от продолжительного действию постоянной и длительной нагрузок;
- $f_4$  - выгиб, вызванный ползучестью бетона от обжата.

Для обычных железобетонных изгибаемых элементов  $f_4 = 0$ .

Применительно к указанным задачам величина прогиба  $f_1$  будет вычисляться по алгоритму, приведенному в [2], шаговая итерация при этом будет производиться по приращению нагрузки вплоть до конечной ее величины  $P_u (q_u)$ . Величина прогиба  $f_2$ , от продолжительного действию длительно действующей нагрузки, будет также вычисляться по вышеуказанному алгоритму, вплоть до уровня нагружения  $P = P_c (q = q_c)$ . По достижению величины суммарного приращения внешней нагрузки величины  $P_c (q_c)$  - приращение нагрузки прекращается, т.е.  $P_c (q_c) = const$ . Далее осуществляется выдержка плит под длительной нагрузкой в течение времени от  $t = 1$  сутки до  $t=100$  лет. В период времени выдержки под длительной нагрузкой осуществляется переформирование нелинейной матрицы жесткости  $[R(\{V\})]\{V\}$  для уравнения равновесия путем пошагового изменения времени выдержки железобетонных плит под нагрузкой ( $t = 1$  сутки,  $t = 3$  суток,  $t = 1$  год,  $t = 3$  года,  $t = 10$  лет,  $t = 50$  лет и  $t=100$  лет и более).

$$[R(\{V\})]\{V\} = \{P\} \quad (7)$$

Применяем эти выражение для конкретных железобетонных плит, имеющих различную геометрию, условия закрепления и внешнюю нагрузку.

**Железобетонная плита перекрытия 844.** Схема нагружения - сосредоточенная сила  $P$  в центре плиты. Геометрические и физико-механические характеристики железобетонной плиты перекрытия следующие:  $a=2$  м,  $b=2$  м,  $h=0,081$  м;  $h_x=0,067$  м;  $h_y=0,060$  м;  $E_b=29800$  МПа;  $E_s=210000$  МПа;  $\mu=0,15$ ;  $R=26,5$  МПа;  $R_b=20$  МПа;  $R_{bt}=1,89$  МПа;  $\sigma_x=390$  МПа;  $\sigma_y=408$  МПа;  $\sigma_u=592,9$  МПа;  $f_{sx}=0,000276$  м;  $f_{sy}=0,000273$  м;  $d_x=0,0070$  м;  $d_y=0,0070$  м.

Величина сосредоточенной силы  $P$  возрастала от 5 до 50 кН. При этом величина сосредоточенной силы  $P=50$  кН была принята за разрушающую нагрузку. Возрастание нагрузки производилось с переменным шагом  $\Delta P=(2\div 5)$  кН. При достижении величины сосредоточенной силы  $P$  значения длительно действующей нагрузки  $P_l = 0,6 \cdot P_u = 0,6 \cdot 50 = 30$  кН, увеличение нагрузки прекращалось, т. е. принималось  $P_l = const$ . Далее осуществлялась выдержка железобетонной плиты под нагрузкой в течение времени от  $t=180$  мин до  $t=100$  лет. В период времени выдержки под нагрузкой, равной  $P_l$ , осуществлялась процедура изменения нелинейной матрицы жесткости  $[R(\{V\})]$  по алгоритму, приведенному на рис.1 и 2.

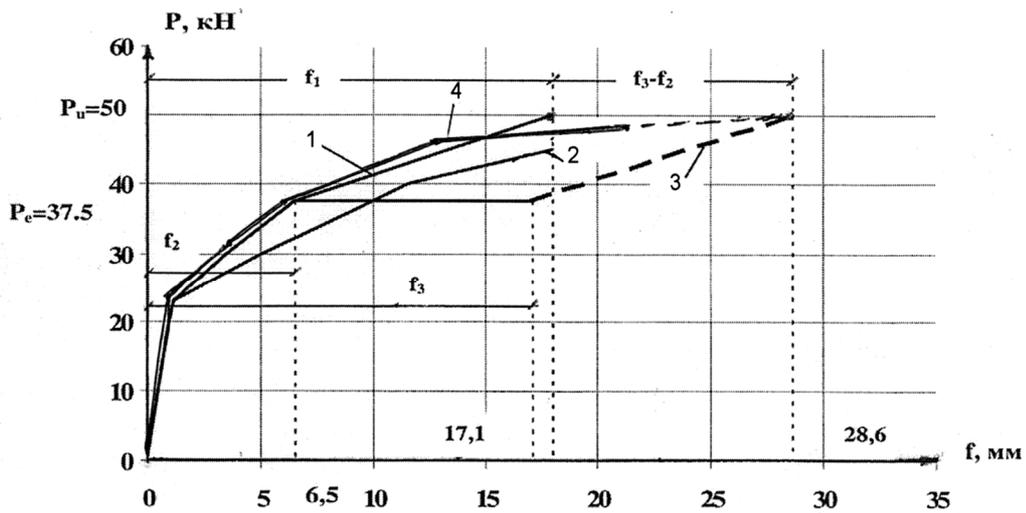


Рисунок 1 – Зависимость нагрузка – прогиб для плиты 844: 1 – МКЭ; 2 – МКР; 3 – с учетом длительности внешнего воздействия; 4 – с учетом длительности внешнего воздействия по МСД

**Железобетонная плита перекрытия 866.** Схема загрузки - равномерно-распределенная нагрузка по полю плиты. Геометрические и физико-механические характеристики железобетонной плиты перекрытия следующие:  $a=3$  м,  $b=2$  м,  $h=0,1210$  м;  $h_x=0,1045$  м;  $h_y=0,1045$  м;  $E_b=29800$  МПа;  $E_s=210000$  МПа;  $\mu=0,15$ ;  $R=26,5$  МПа;  $R_b=20$  МПа;  $R_{br}=1,89$  МПа;  $\sigma_x=390$  МПа;  $\sigma_y=427,9$  МПа;  $\sigma_u=597,9$  МПа;  $f_{sx}=0,00385$  м;  $f_{sy}=0,00385$  м;  $d_x=0,0070$  м;  $d_y=0,0070$  м.

Интенсивность равномерно-распределенной нагрузки изменялась от 10 до 75 кПа. Загружение производилось с переменным шагом  $\Delta q=(2,5 \div 5)$  кПа.

При достижении величины нагрузки  $P$  значения длительно действующей нагрузки  $P_l = 0,6 \cdot P_u = 0,6 \cdot 27,5 = 16,5$  кПа, увеличение нагрузки прекращалось, т.е. принималось  $P_l = \text{const}$ . Далее процедура расчета была такой же, что и при расчете плиты 844.

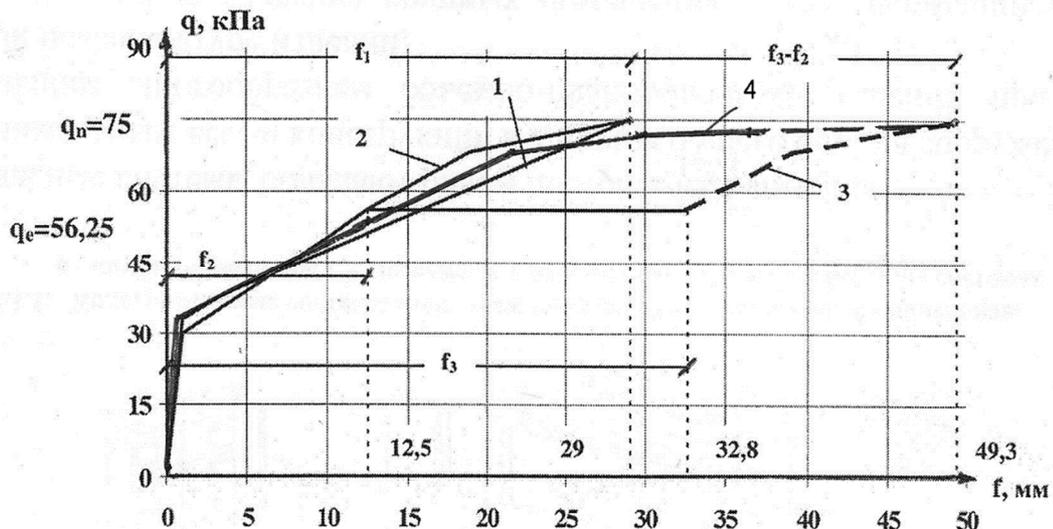


Рисунок 2 – Зависимость нагрузка – прогиб для плиты 866: 1 – теория и метод конечных разностей; 2 – теория и метод конечных элементов; 3 – с учетом длительности внешнего воздействия; 4 – с учетом длительности внешнего воздействия по МСД

После выдержки железобетонных плит под длительной нагрузкой ( $P_c = 30$  кН для плиты 844 и  $q_c = 37,5$  кПа для плиты 866) в результате перераспределения напряжений между арматурой и бетоном, после  $t = 3$  года, на нижней поверхности плиты образовались

дополнительные трещины, величина нормального напряжения в арматуре в сечении вновь образованной трещины составила  $\sigma_s = 222,96$  МПа, а ширина раскрытия  $a_{cre} = 0,8$  мм. После дальнейшей выдержки железобетонной плиты под нагрузкой ширина раскрытия трещины увеличилась с 0,8 мм до 0,92 мм, а величина нормального напряжения в арматуре, в сечении с трещиной, до  $\sigma_s = 256,63$  МПа. В результате длительного действия внешней нагрузки прогиб середины плиты увеличился соответственно на 58,9 % для плиты 844 и на 70 % для плиты 866.

Результаты теоретических расчетов по плитам 844 и 866 в виде зависимостей  $P - f$ ,  $q - f$  - приведены на рис. 1 и 2.

**Выводы.** Таким образом:

1. Результаты теоретических расчетов по плитам по методу сосредоточенных деформаций, хорошо подтверждаются экспериментом. При сопоставлении результатов не превышает от 1 до 9 % - для метода сосредоточенных деформаций.
2. Предлагаемый метод позволяет не только определять напряженно-деформированное состояние плиты перекрытия на каждой ступени нагружения, но и проследить динамику изменения перемещений, моментов, напряжений в арматуре и процесс образования и развития трещин.

#### Литература

1. Зулпуев А.М. Расчет железобетонных плоскостных конструкций на основе дискретных моделей // Наука и новые технологии. Бишкек. 2006. № 7-8. С. 142-143.
2. Медетбеков А.М. Нелинейное исследование изгиба железобетонных пластин с использованием эффективных конечных элементов // Метод конечных элементов в расчетах железобетонных пластин. Фрунзе. 1978. С. 12-23.
3. Темикеев К., Стамалиев А.К. Экспериментальные исследования пространственной работы плит перекрытий при действии вертикальной нагрузки // Сборник трудов КАСИ. № 2. Бишкек. 1994. С. 38-43.

## УЧЕТ ПОДАТЛИВОСТИ СТЫКОВ МЕЖДУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СТЕНОЙ И ПЛИТОЙ ПЕРЕКРЫТИЯ, ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ

Абдыкеева Ш.С.  
shirin\_280990@mail.ru

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Приведена расчетная схема плиты перекрытия в упруго-пластической стадии для сборных железобетонных плит перекрытий многоэтажных зданий и сооружений.*

*Ключевые слова: сборные железобетонные плиты, учет податливости стыков, плиты перекрытия, метод сосредоточенных деформаций, многоэтажные здания.*

В многоэтажном жилищном строительстве часто встречаются сборно-монолитные конструкции, когда каркас (колонна и ригель) либо стена выполняются в монолитном варианте, а перекрытия из плит балочного типа или плита опертых по четырем сторонам. При этом расчетную схему плиты перекрытия до устройства сейсмопояса (монтажная схема) можно представить в виде (рис. 1), где нагрузка на плиту будет складываться из собственного веса плиты и веса вспомогательных материалов [1,2,5].

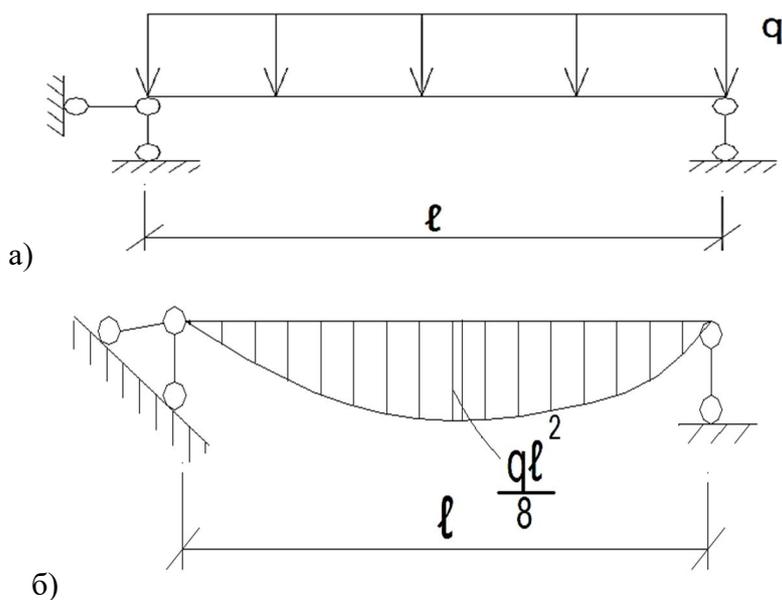


Рисунок 1 – Балочная плита перекрытия: а) расчетная схема балочной плиты; б) эпюра изгибающих моментов

Также довольно часто встречаются в многоэтажном строительстве сборно-монолитные конструкции, где узел несущие стены выполнены из монолитного железобетона и сборные плиты перекрытия сплошного сечения опертых по контуру стены (узел примыкания представлен на рис. 2).

При опирании балочной плиты на стены в виде шарнирно неподвижной опоры, в поперечном сечении плиты в опорной части происходит смятие, и часть плиты будет испытывать упруго-пластические деформации. Кроме того, из-за шарнирно-неподвижных опор возникают нормальные усилия. На начальном этапе упруго-пластического изгиба возникающий нормальные усилия ( $N$ ) будет вызывать в балке напряженно-деформированное состояние внецентренного изгиба, при котором нормальные усилия может вызвать уменьшение прогибов [3,4].

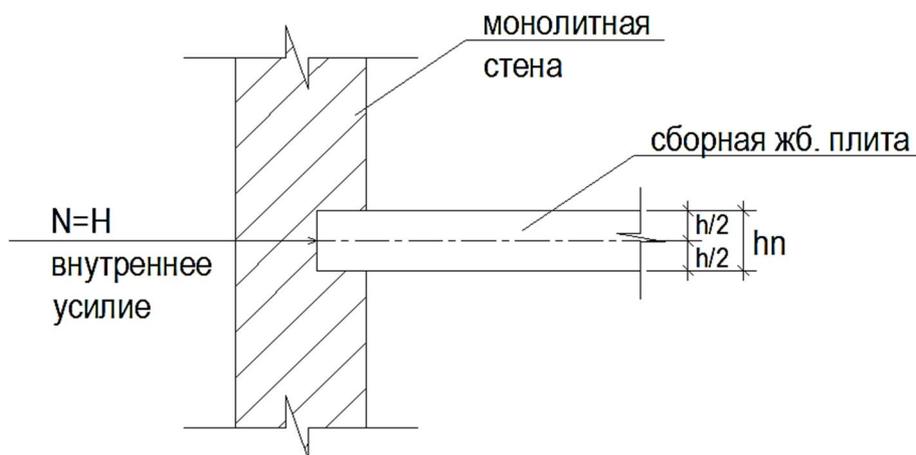


Рисунок 2 – Узел примыкания монолитной стены и плиты перекрытия

При совместной работе плиты перекрытия со стеной при действии внешней равномерно распределенной вертикальной нагрузки происходит прогиб плиты, внутреннее усилие  $N$ , действующее по нейтральной оси со временем перемещается и максимально опускается до нижней грани плиты перекрытия  $N_1$ .

При увеличении нагрузки плита работает в упруго-пластической стадии и по растянутой зоне бетона появляются трещины и с учетом защемления плиты перекрытия в монолитной стене, можно представить работу плиты как рамную конструкцию, расчетная схема которой будет выглядеть следующим образом (рис. 3 а, б).

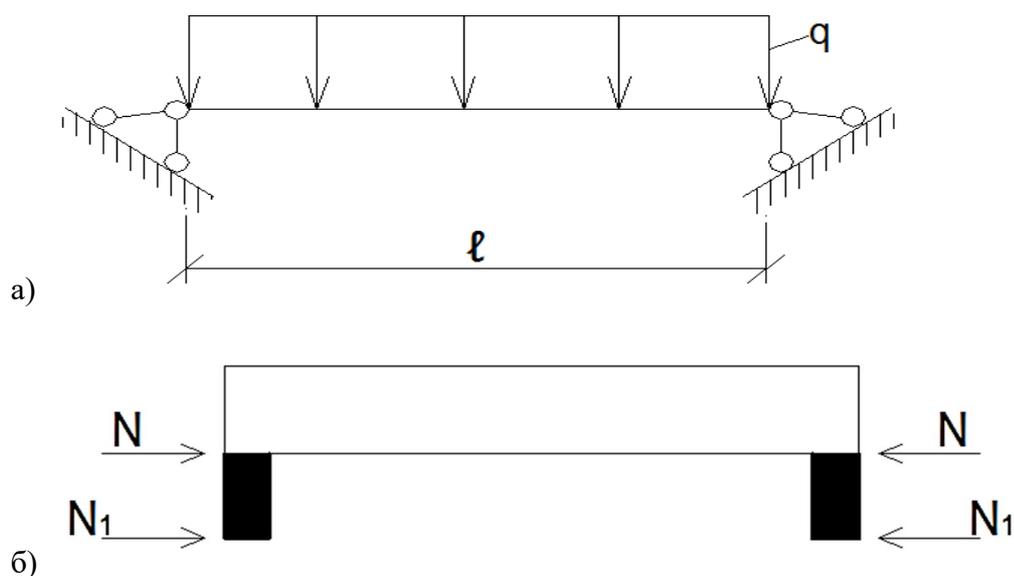


Рисунок 3 – Расчетная схема плиты перекрытия в упруго-пластической стадии: а) балка на двух шарнирных неподвижных опорах; б) плита как рамная система (конструкция)

В связи с вышеизложенным рассмотрим расчетную схему рис. 4, представленную в виде рамы с пролетом  $l$  и высотой  $h/2$ .

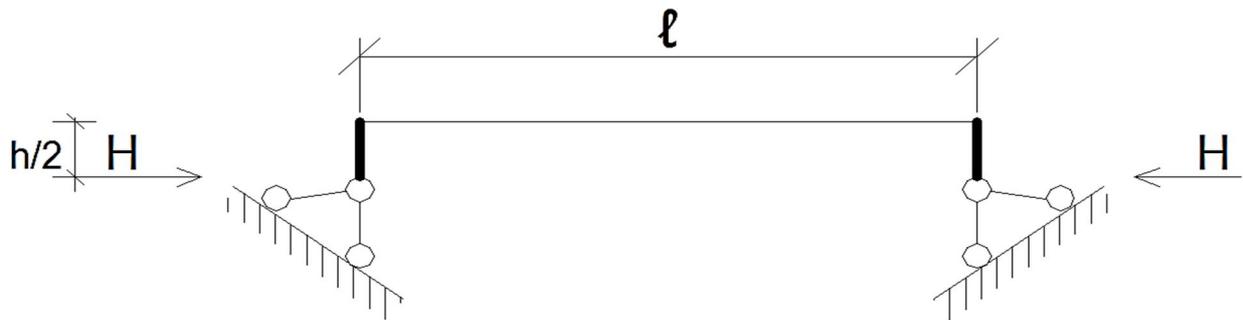


Рисунок 4 – Расчетная схема в виде рамной конструкции

На рамы действует равномерно-распределенная нагрузка  $q$ . При действии такой нагрузки, эпюра изгибающих моментов представлена на рис. 5.

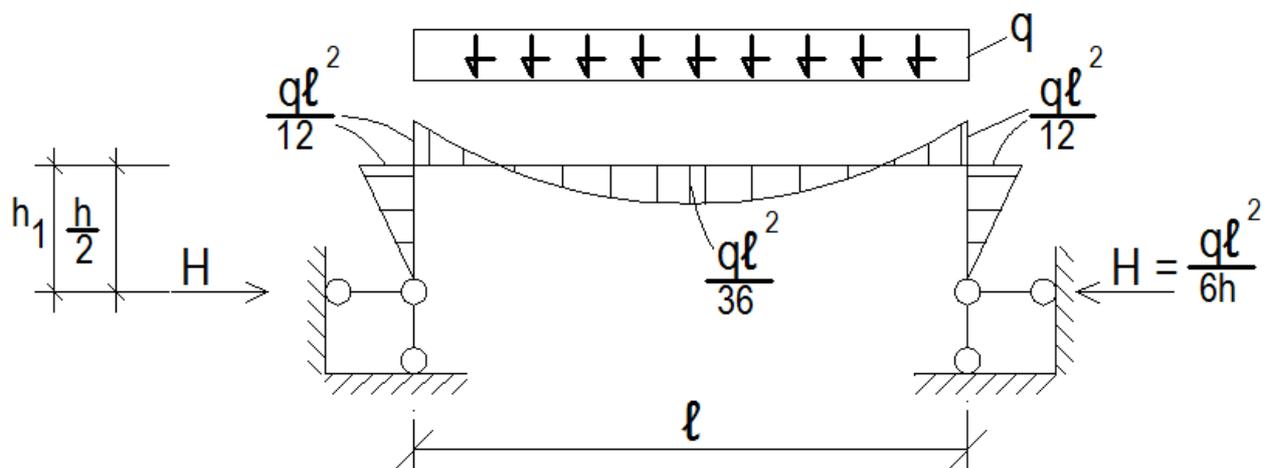


Рисунок 5 – Эпюра изгибающих моментов рамной конструкции

где нормальная сила  $H = \frac{ql^2}{6h}$ ,  $h_1 = h/2$ ,

$h_1$  – условная высота рамы

$h$  – высота плиты перекрытия

В таком случае величина изгибающего момента на опорах выглядит следующим образом:

$$M_{оп} = H \cdot h/2 = \frac{ql^2}{6h} \cdot \frac{h}{2} = \frac{ql^2}{12}$$

Производим проверку

$$M = \frac{ql^2}{12} + \frac{ql^2}{24} = \frac{ql^2}{8}$$

На рис. 6 показано, при повороте узлов А и В на угол  $\varphi$  схемы деформирования плит перекрытия и ее расчетных схем.

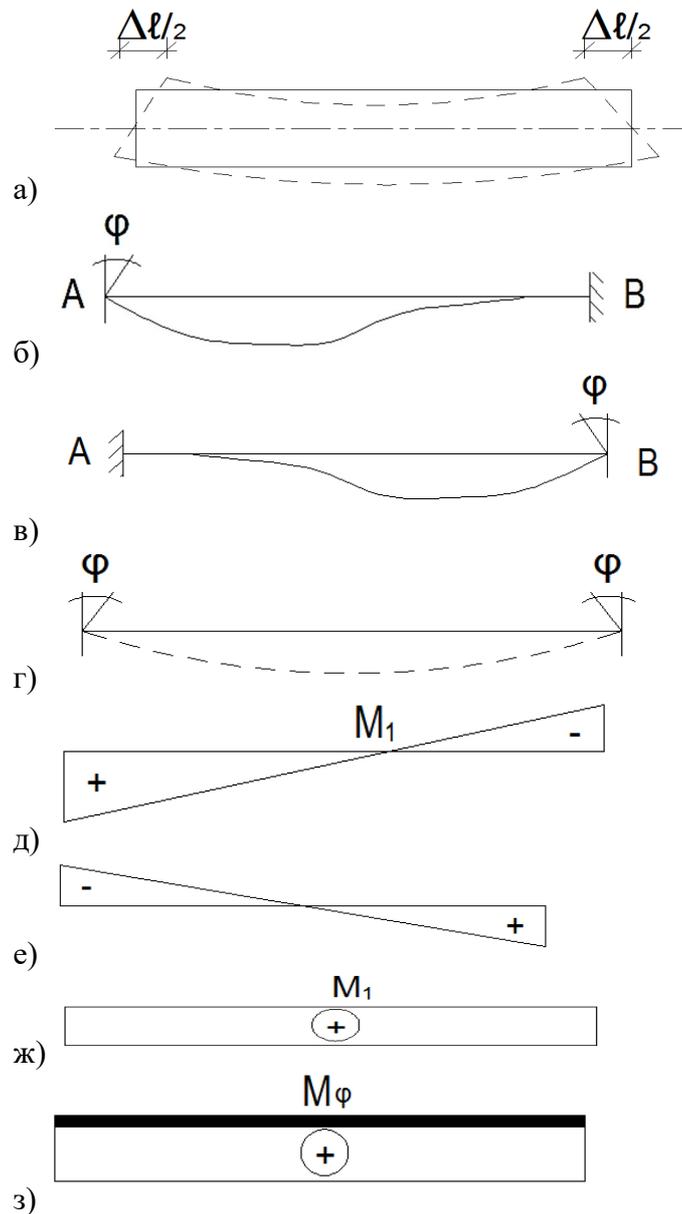


Рисунок 6 – Схемы деформирования плит перекрытия при повороте на угол  $\varphi$

Из деформированного состояния определяется угол поворота  $\varphi$  на опорах, исходя из гипотезы о «плоском сечении»

где угол поворота

$$\varphi = \frac{\Delta l/2}{h/2} = \frac{Hl}{EF h/2} = \frac{2l}{EFh} \cdot \frac{ql^2}{6l} = \frac{ql^3}{3EFh} = \frac{ql^3}{36EY}$$

По углу поворота определяется эквивалентный изгибающий момент следующим образом

$$M_\varphi = \frac{2EY}{l} \cdot \varphi = \frac{2EY}{l} \cdot \frac{ql^3}{36EY} = \frac{ql^2}{18} \text{к}$$

который может вызвать такой угол поворота сечения.

Пользуясь принципом «суперпозиции сил» определяем изгибающий момент на опоре и в середине пролета:

$$M_{\text{оп}} = -\frac{ql^2}{12} + \frac{ql^2}{18} = \frac{-3ql^2 + 2ql^2}{36} = -\frac{ql^2}{36}$$

$$M_{\text{пр}} = \frac{3}{24} \cdot \frac{ql^2}{18} + \frac{4}{18} \cdot \frac{ql^2}{18} = \frac{7 \cdot ql^2}{72}$$

$$M = \frac{ql^2}{36} + \frac{7ql^2}{72} = \frac{2ql^2 + 7ql^2}{72} = \frac{9ql^2}{72} = \frac{ql^2}{8}$$

По известным изгибающим моментам на опоре и в середине пролета строятся так называемые грузовая эпюра изгибающих моментов (рис. 7).

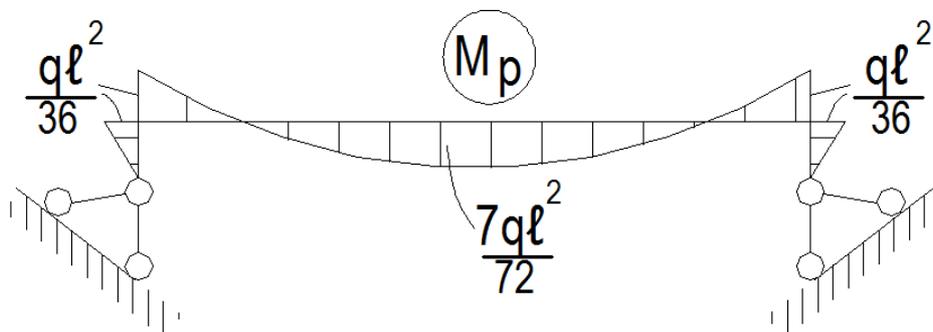


Рисунок 7 – Эпюра изгибающих моментов от распределенной нагрузки

Затем определяется прогиб в середине пролета, для чего эпюра изгибающих моментов строится от единичной силы  $P=1$ . Пользуясь методом Верещагина определим прогиб в середине пролета. Поскольку эпюры симметричны относительно середины, то можно удвоенную сумму площади параболы умножить на ординату единичного момента, находящегося под центром тяжести грузовой эпюры (рис. 8):

$$f = \frac{l/2}{6EJ} \cdot 2 \cdot \left[ \left( -\frac{ql^2}{36} \right) \cdot \left( -\frac{l}{8} \right) + 0 + \frac{7ql^2}{72} \cdot \frac{l}{8} \right] = \frac{l}{3EJ} \cdot \left( \frac{ql^3}{288} + \frac{7ql^3}{576} \right) = \frac{l}{3EJ} \cdot \frac{9ql^3}{576} = \frac{3ql^4}{576EJ} = \frac{ql^4}{192EJ}$$

или  $f = \frac{2ql^4}{2 \cdot 192 \cdot EJ} = \frac{2ql^4}{384EJ}$

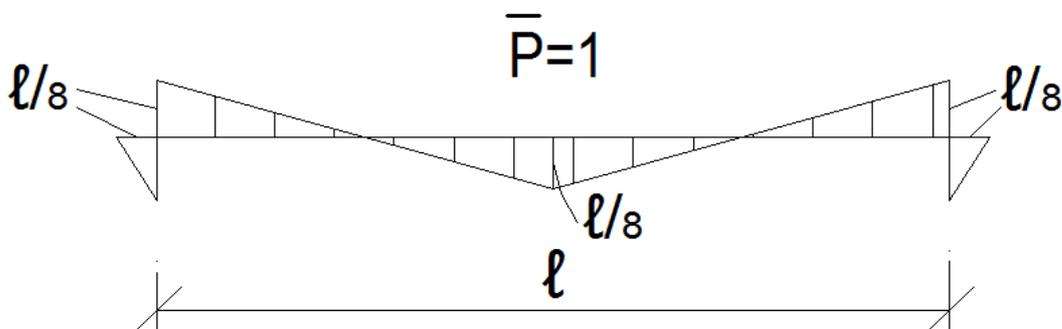


Рисунок 8 – Эпюра изгибающих моментов  $M_1$  от единичной силы  $P=1$

Сравниваем прогибы, полученные вышеизложенным методом с обычным методом, при котором прогиб в середине пролета будет равен:

$$f_{ст} = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EJ}$$

Отсюда следует, что в данном случае прогиб будет в 2.5 меньше, чем по обычному методу.

#### Литература

1. Додонов М.И. Расчет изгибаемых пластин методом сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. 1986. № 2. С. 22–25.

2. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры // Напряженно-деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ. М. 1986. С. 7–25.
3. Ржаницын А.Р. Расчет сплошных конструкций методом упругих сосредоточенных деформаций // Строительная механика и расчет сооружений. 1980. № 5. С. 15–20.
4. Абдыкеева Ш.С., Зулпуев А.М., Ордобаев Б.С. Программа «МСД» для расчета плоско-напряженных несущих систем многоэтажных зданий в упругой стадии работы. Вестник КРСУ. 2018. Т. 18. № 4. С. 76-78.
5. Абдыкеева Ш.С. Об основных положениях метода конечных элементов и метода сосредоточенных деформаций в задачах изгибаемых железобетонных конструкций // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов X Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек: ИС РАН. 2018. С. 263-265.

## ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ И ОХРАНЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

Аденова Д.К.

*dinara1982\_82@mail.ru*

Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина,  
г. Алматы, Республика Казахстан

*Нарастающий техногенез настоятельно требует разработки комплекса нормативов и нормирования техногенных нагрузок на водные ресурсы и в первую очередь – на ресурсы подземных вод как приоритетный источник питьевого водоснабжения населения, учитывая интересы устойчивого социально-экономического развития и экологическое оздоровление Казахстана. В этой связи оценка водообеспеченности отдельных регионов, в том числе сосредоточения горнодобывающей промышленности, зон экологического бедствия и крупных городов Казахстана подземными водами питьевого назначения, приобретает характер стратегического приоритета, обеспечивающего безопасность Казахстана как суверенного государства.*

*Ключевые слова: ресурсы подземных вод, пресная вода, загрязнение и истощение ресурсов подземных вод, охрана окружающей среды.*

**Введение.** Питьевая вода становится важнейшей проблемой в устойчивом развитии экономики и жизни Республики. В этой связи исследования с целью анализа современного состояния питьевого водоснабжения Казахстана, где сосредоточено основное население Республики, оценки роли подземных и поверхностных вод и степени обеспеченности прогнозными ресурсами и эксплуатационными запасами потребностей населения в водах хозяйственно-питьевого назначения, несомненно, актуальны и представляют огромную научную и практическую значимость.

Важнейшим этапом гидрогеоэкологических исследований в новом тысячелетии должны стать разработки методологии и технологии принципиально нового подхода в хозяйственной деятельности - экосистемного водопользования.

Глобальное антропогенное потепление климата, начавшееся в постиндустриальную эпоху, вызванное парниковым эффектом, представляет определенную угрозу для среды обитания современного человека. Оценки Всемирной метеорологической организации свидетельствуют, что глобальное повышение температур может достигнуть 2,7-3,5 °С к концу XXI века [1].

Возможные изменения климата Казахстана к 2050 и 2085 годам по среднегодовой температуре воздуха, относительно 1961-1990 годов, могут повыситься на 2,7°С и 4,6°С, соответственно. Годовое количество осадков также увеличится на 4% и 5% соответственно [2].

Между тем, более половины (55%) территории Республики представлены пустынями и полупустынями, поэтому повышение температуры в условиях уже существующей засушливости еще более усугубит ситуацию: усилится риск развития засух, пыльных бурь, подвижных песков и уменьшения водных ресурсов. Потепление климата приведет к изменению ситуации с доступностью водных ресурсов страны, поэтому управление водными ресурсами и водопользованием как никогда ранее становится актуальным и будет играть важнейшую роль в процессах адаптации к изменениям климата и совместно с осуществлением концепции «зеленой» экономики обеспечивать устойчивое развитие Казахстана [3].

Экономика страны уже в ближайшем будущем потребует увеличения гарантированного объема водных ресурсов соответствующего качества, предназначенных для

удовлетворения питьевых и хозяйственно-бытовых нужд, а также для использования в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике и рекреационных целях [4]. Однако, неопределенность, как по ожидаемым водозаборам из трансграничных речных бассейнов за пределами Республики Казахстан, так и возможным изменениям речного стока, вызванных глобальными изменениями климата существенно осложнит проблему водообеспечения.

Единственными способами улучшить данную ситуацию являются хорошо налаженное управление балансом между ресурсами и потреблением, а также и управление качеством воды [4].

Действительно, на третьем (Киото, 2003 г.) и четвертом (Мехико, 2006 г.) Всемирных водных форумах отмечено, что водные кризисы являются, прежде всего, кризисами управления, несогласованности действий заинтересованных сторон и недостаточного финансирования, а еще ранее Всемирный Саммит по Устойчивому Развитию (Йоханнесбург, 2002 г.) призвал все страны разработать Планы интегрированного управления водными ресурсами и эффективного использования воды. В Казахстане водные проблемы имеют аналогичные причины и требуют применения новых подходов к их решению.

Глобальные изменения представляют собой непосредственную угрозу для водных ресурсов во всем мире, и всевозможные решения для минимизации с помощью стратегий устойчивого управления дает возможность разрабатывать научно обоснованные решения для планирования, проектирования и восполнении водоносных горизонтов. Например, в Германии [5,6], используют платформу INOWAS, данная платформа помогает решать ряд вопросов связанных с подземными водами, по интегрированному управлению и т.д. Платформа INOWAS DSS является системой автоматического контроля, сбора информации и эффективного управления наводнениями и засухами, мониторинг и вторичное использование поверхностных и подземных вод, также позволяет пользователю настраивать и вычислять новую модель потока подземных вод, восполнять водоносный горизонт для последующего восстановления или получения экологических выгод. В настоящее время проводятся исследования в Афганистане (г. Кабул) по оценке и ранжированию различных вариантов восполнения запасов подземных вод [7], которые не рассматривались ранее.

Интегрированное управление водными ресурсами (ИУВР) является в настоящее время наиболее прогрессивной технологией и входит в число международного приоритета действий десятилетия "Вода для жизни" (2005-2015 гг.). Глобальным Водным Партнерством ИУВР определен как процесс, способствующий скоординированному развитию и управлению водными, земельными и связанными с ними биоресурсами, с целью максимизировать показатели социального и экономического развития на равноправной основе без нарушения устойчивости жизненно важных экосистем. Объявленный ООН Международный год пресной воды (с 2003 г.) закрепил понимание в мировом сообществе о необходимости перехода от обсуждений, выражений намерений и провозглашения обязательств к выполнению практических мер в водной сфере.

Это новая стратегическая цель международного сообщества во имя человека, во имя жизни воплощена в «Национальный план по интегрированному управлению водными ресурсами и повышению эффективности водопользования Республики Казахстан на 2009-2025 гг.» [8], являясь основополагающим документом по совершенствованию системы управления водным сектором экономики Республики и определяет комплекс приоритетных действий по созданию благоприятных правовых условий, формированию организационной среды и развитию инструментов ИУВР в Казахстане.

Целью Национального плана ИУВР являются формирование и развитие системы ИУВР и повышение эффективности водопользования для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития РК.

Управление использованием ресурсов подземных вод не менее актуально, как и ресурсов поверхностных вод. Важнейшими, определяющими аспектами интегрированного управления ресурсами подземных вод являются, несомненно, социально-экономический – спрос, порождающий возможное, но не обязательное, изменение количества и качества

водных ресурсов недр, функционально связанный с гидрогеологическим – ресурсами подземных вод. Эти эффекты могут быть, как кратковременными и обратимыми, так и долговременными и необратимыми [9].

С точки зрения управления спросом на подземные воды, важно иметь в виду, что цели социального развития оказывают сильное влияние на водопользование, особенно, когда речь идет об орошаемом земледелии и обводнении пастбищ, связанных с производством продовольствия, либо ростом городских агломераций, сопровождающихся значительным увеличением потребления – оправданного или не такового, подземных вод, как правило, на питьевые и коммунальные нужды.

Как гидрогеологические, так и социально-экономические аспекты зависят от особенностей конкретной территории, следовательно, не может быть готового рецепта для управления подземными водами. Вместе с тем, регулирование, базирующееся на водном законодательстве, и экономические инструменты являются универсальным инструментом эффективного управления в любом регионе. При этом положения о регулировании не должны выходить за рамки того, что правительство может реализовать, а водопользователь может и должен соблюдать [9].

Основной проблемой управления подземными водными ресурсами является сбалансирование их эксплуатации (восполнение - водоотбор), осуществляемое с учетом количества, качества подземных водных ресурсов и их взаимодействия с поверхностными водами при изменяющемся (зачастую, растущем) спросе на воду. Следовательно, потребность (спрос) в управлении подземными водами возникает при дефиците воды или ухудшении ее качества (загрязнения), либо того и другого совместно.

В последнем случае имеем балансовое уравнение загрязнения–истощения ресурса пресной воды. В условиях нарастающего глобального потепления по причине антропоцентризма ресурс пресной воды истощается в результате нарастающего техногенного загрязнения. Следовательно, запасы пресной воды гидросферы – природный ресурс, который необходимо охранять от загрязнения и истощения [10,11].

Ресурсы подземных вод Казахстана по оценкам различных исследователей этой проблемы составляют порядка 45-49 км<sup>3</sup> в год [12,13,14], что при площади республики порядка 2,7 млн.км<sup>2</sup> отвечает средней величине слоя подземного стока, то есть величине питания ресурсов подземных вод порядка 17-18 мм/год с вариацией этой величины по территории Республики в пределах 1-860 мм/год [14]. Заметим, что на современном уровне изученности поверхностных вод норма стока всех рек Казахстана оценивается величиной 102,3 км<sup>3</sup>/год, из которых 57,6 км<sup>3</sup>/год формируется на территории Республики [15], что соответствует средней величине слоя питания речного стока 21,3 мм/год.

Учитывая площади распространения и объемы водоносных гидрогеологических систем период обновления ресурсов подземных вод при указанных выше величинах питания может колебаться от менее 10 до 100 000 и более лет, составляя, например, в Приташкентском трансграничном водоносном горизонте по нашим расчетам порядка 2000 лет [16], а по данным изотопии возраста минеральной воды «Сарыагашская» 6000 лет [17]. Следовательно, понятно насколько важен сбалансированный подход к использованию ресурсов подземных вод, исключая необратимое истощение эксплуатационных запасов – возможностей гидрогеологических систем конкретных участков и месторождений подземных вод.

Итак, социально-экономический аспект – спрос, порождающий возможное, но не обязательное, изменение количества и качества водных ресурсов недр, функционально связан с гидрогеологическим аспектом – ресурсами подземных вод, требующих, зачастую, объединение обоих аспектов в систему интегрированного управления ресурсами подземных вод.

Так, при возможном водоотборе всех ныне разведанных запасов подземных вод РК в объеме 15,6 км<sup>3</sup> ущерб поверхностному стоку составит в целом по республике 5 км<sup>3</sup> [18].

Все эти эффекты могут быть кратковременными и обратимыми, либо долговременными и необратимыми, однако во всех случаях обязательно соблюдение

экосистемного подхода, сформулированного в Конвенции о биологическом разнообразии, учитывая тот незыблемый факт, что водные ресурсы поддерживаются экосистемами и ландшафтами и, в тоже время, экосистемы и ландшафты сами зависят от водных ресурсов, то есть имеем взаимнообратные функциональные связи в системе биотические-абиотические компоненты экосистем.

В большинстве ситуаций управление подземными водами с точки зрения экономического аспекта требует сохранения баланса между затратами и прибылью от действий по управлению, принимая во внимание возможную антропогенную деградацию режима (гидродинамического и гидрохимического) гидрогеологических систем и интересы водопользователей, включая как глобальные, так и региональные экосистемные проблемы территорий конкретных регионов [19].

В этой связи следует выделить ряд стадий развития (состояния) ресурсов подземных вод в основном (эксплуатируемом) водоносном горизонте и соответствующие им потребности управления.

Начальная (базовая) стадия (ситуация) характеризуется наличием ресурса подземных вод адекватного качества, достаточного либо превосходящего спрос. Эта стадия не требует активных управленческих мероприятий, кроме таковых по регистрации и картирования ресурсов.

Следующая стадия состояния ресурса подземных вод характеризуется ростом водоотбора, существенно не влияющего на количество и качество подземных вод, и запросы водопотребителей.

Дальнейший, быстро растущий, водоотбор, сопровождающийся воздействием на естественный режим и ресурсы подземных вод, составляет стадию, требующую осуществления регулирующих управленческих мероприятий, базирующихся на всесторонней оценке ресурсов и внешних связей водоносной системы с окружающей средой с позиций восполнения ресурса, обеспечивающего запросы водопотребителя.

Избыточный, не контролируемый водоотбор, сопровождающийся необратимыми изменениями водного и солевого режима водоносной системы, нарушающими интересы водопользователей, составляет стадию дестабилизации естественного режима подземных вод водоносной системы, когда уровни подземных вод имеют тенденцию непрерывного продолжительного спада (водоносная система переэксплуатируется), требующей управленческого вмешательства путем осуществления регулируемого спроса и искусственного восполнения ресурса подземных вод приемлемыми методами и средствами, составляющими систему управление питанием подземных вод – намеренного регулирования питания подземных вод в целях увеличения их ресурсов и улучшение качества вод в подземных горизонтах, а также регулирования поверхностного и возвратного стоков.

Управление питанием подземных вод может использоваться для решения таких задач, как: накопление водных ресурсов в подземных емкостях для последующего их использования; приведение режима водных ресурсов в соответствии с требованиями на воду; стабилизация уровня подземных вод с целью предупреждения истощения их ресурсов и подъема уровня грунтовых вод, заболачивания и засоления земель; при отсутствии благоприятных условий или как альтернатива для строительства поверхностных водохранилищ; сокращение затрат водных ресурсов на непроизводительное испарение и отвод в водоприемники (поверхностные и подземные), из которых вода не может быть изъята для производительного использования; как мера предупреждения неблагоприятных последствий паводков, селей и поверхностного стока.

Система управление питанием подземных вод может использоваться для решения ряда задач: накопление водных ресурсов в подземных емкостях для последующего их использования; приведение режима водных ресурсов в соответствии с требованиями на воду; стабилизация уровня подземных вод с целью предупреждения истощения их ресурсов и подъема уровня грунтовых вод, заболачивания и засоления земель; при отсутствии благоприятных условий или как альтернатива для строительства поверхностных

водохранилищ; сокращение затрат водных ресурсов на непроизводительное испарение и отвод в водоприемники (поверхностные и подземные), из которых вода не может быть изъята для производительного использования; как мера предупреждения неблагоприятных последствий паводков, селей и поверхностного стока [20].

Мероприятия по управлению питанием подземных вод включают: регулирование естественного питания подземных вод; искусственное восполнение запасов подземных вод за счет поверхностных вод; альтернативное земледелие; водосбережение с целью сокращения питания подземных вод минерализованными водами из зоны аэрации; отбор подземных вод с целью усиления инфильтрации из русла рек, саев, каналов и коллекторно-дренажной сети и другие [20].

Различные виды потенциального водопользования требуют различных объемов и качества воды. Это ведет к компромиссам при предоставлении услуг водоснабжения: между поставщиками и потребителями, особенно в ситуации нехватки водных ресурсов и доступа к воде. Нехватка водных ресурсов обычно определяется как разница между доступностью воды – то есть объемом возобновляемых водных ресурсов, доступных в определенном районе – и конкретным спросом на воду, в том числе для основных нужд. Тем не менее, нехватка водных ресурсов может быть столь же многообразной, как и доступность водных ресурсов, так и спрос на воду. Нехватка водных ресурсов может коснуться и богатых водой регионов, где спрос на воду превышает предложение и зачастую при недостаточном управлении водопользованием растет конкуренция за водные ресурсы между секторами (сельским хозяйством, энергетикой, промышленностью, туризмом и использованием в быту).

Улучшение управления водопользованием можно добиться за счет повышения эффективности водопользования на всех уровнях (как используется вода, начиная от водозабора и заканчивая водопользователями), и за счет повышения эффективности использования воды.

Глобальное изменение климата ведет к изменению ситуации с доступностью водных ресурсов и потребностью в воде. Поэтому управление водопользованием как никогда ранее становится актуальным и будет играть важнейшую роль в процессе адаптации к изменениям климата.

Конкуренция за использование водных ресурсов растет и, вероятно, будет продолжать расти в будущем на фоне дальнейшего роста нагрузки на систему водных ресурсов в целом со стороны энергетики, промышленности, производства и городов. Вот почему «Одной из самых важнейших, социально значимых задач страны по улучшению здоровья народа является обеспечение населения качественной питьевой водой, и одной из ее приоритетов – максимальное использование подземных вод».

### Литература

1. Глобальные и региональные изменения климата, их природные и социально-экономические последствия. М.: Геос. 2000. 420 с.
2. Генеральная схема организации территории Республики Казахстан, утвержденная постановлением Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2013 года, № 1434.
3. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике. Утверждено Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года, № 577. Астана. 2013. 52 с.
5. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов. Утверждено постановлением Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200. Астана. 2016. 79 с.
6. INOWAS. - 2017 // <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/inowas>
7. Гласс Я., Джейн Р. и др. Веб-инструментальная подборка аналитических уравнений для приложений по управлению подземными водами // Экологическое моделирование и программное обеспечение. 2018. Т. 108. С. 1-7. [Eng.] DOI: 10.1016/j.envsoft.2018.07.008.
8. Chitral-Kabul River Basin. - 2018 // <https://www.ckrb.org/relatedSources>

9. Национальный план по интегрированному управлению водными ресурсами и повышению эффективности водопользования Республики Казахстан на 2009-2025 гг.
10. Шапиро А.М. Устойчивое управление подземными водами: концепции и инструменты. Публикации Тренингового центра МКВК. Вып. 7. Ташкент. 2004. 72 с.
11. Порядин В.И., Акынбаева М.Ж., Аденова Д.К. Фундаментальная экосистемная взаимосвязь загрязнения и истощения ресурса пресной воды гидросферы // Известия НАН РК. Сер. геологии и технических наук. Алматы. 2016. № 1 (415). С. 68-78.
12. Порядин В.И. Экосистемные аспекты проблем оценки управления и охраны ресурсов подземных вод // Тр. междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы управления водными ресурсами и водосбережения». Алматы: КазНТУ. 2014. 134 с.
13. Порядин В.И. Экосистемные ресурсы подземных вод Казахстана: методология оценки // Известия НАН РК. Сер. геологии и технических наук. Алматы. 2014. № 5. С. 47-57.
14. Абсаметов М.К., Мухамеджанов М.А., Сыдыков Ж.С., Муртазин Е.Ж. Подземные воды Казахстана – стратегический ресурс водной безопасности страны. Алматы. 2017. 220 с.
15. Ахмедсафин У.М. и др. Формирование подземного стока на территории Казахстана. Алма-Ата: Наука. 1970. 148 с.
16. Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1. Природные условия и ресурсы. Алматы: VITBRAND. 2010. 150 с.
17. Порядин В.И., Аденова Д.К. Оценка интенсивности водообмена Приташкентского трансграничного водоносного горизонта // Вестник КазНТУ. Алматы. 2017. № 6 (124). С. 24-29.
18. Приташкентский водоносный горизонт. Отчет о результатах оценки // Управление ресурсами подземных вод трансграничных горизонтов (ГГРЕТА. Фаза 1). Париж: МГП. ЮНЕСКО. 2016. 156 с.
19. Медеу А.Р., Мальковский И.М., Толеубаева Л.С., Алимкулов С.К. Водная безопасность Республики Казахстан: проблемы устойчивого водообеспечения. Алматы. 2015. 582 с.
20. Порядин В.И., Абсаметов М.К., Аденова Д.К. Управление ресурсами подземных вод для решения проблем водообеспечения экономики Казахстана на долгосрочный период // Известия НАН РК. Сер. геологии и технических наук. Алматы. 2017. № 5. С. 93-102.
21. Послание Главы государства Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 28 января 2011 года: «Построим будущее вместе».

## НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОГО КОНТЕНТА

Алхасов С.С.  
alkhasov@sfedu.ru

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности  
Южного федерального университета, г. Таганрог, Российская Федерация

*В работе приводится краткое описание двух методов бинарной классификации, а именно случайного леса и сверточных нейронных сетей, применительно к задаче анализа тональности текстов с целью детектирования пользовательского токсичного контента. Такой контент в ряде случаев носит противоправный характер, в связи с чем у администраторов сайтов и социальных сетей возникает потребность в его автоматическом детектировании. Выявить во вновь поступающем контенте токсичные тексты оказывается возможным посредством применения классификаторов, предварительно обученных на размеченных данных, содержащих как токсичные, так и нормальные тексты. В данной работе в качестве текстов рассматриваются вопросы, задаваемые пользователями на одном из англоязычных вопросно-ответных веб-ресурсов. Показано, что сверточные нейронные сети уже в первом приближении оказались довольно эффективным инструментом для машинного анализа тональности. Изучение актуального мирового опыта в области подобного рода задач подтверждает перспективность данного подхода и намечает новые этапы в развитии данной работы.*

*Ключевые слова: анализ тональности, токсичный контент, бинарная классификация, искусственные нейронные сети, сверточные нейронные сети.*

**Введение.** Слово “toxic” было признано Оксфордским словарем главным словом 2018 года [1]. В последнее время слово «токсичный» все чаще начинает применяться в переносном значении. Появляются такие устойчивые выражения как «токсичные комментарии», «токсичные отношения» и т. п. В свете разрастания в Интернете объемов троллинга (trolling), кибербуллинга (cyberbullying) и попыток манипуляции общественным мнением возрастает потребность в детектировании разного рода токсичного контента. Так администраторы российских веб-ресурсов во избежание блокировки Роскомнадзором [2] обязаны не допускать на своих платформах пользовательских комментариев противоправного характера, к каковым относятся, например, оправдание терроризма и призывы к суициду. При этом ручная модерация всех поступающих комментариев если и возможна, то сопряжена с существенными затратами времени и людских ресурсов (рутинное цензурирование больших объемов пользовательских текстов модератором). Отсюда следует целый ряд прикладных потребностей в разработке серверного программного обеспечения, позволяющего автоматически отфильтровывать токсичный контент, избегая тем самым его публикации на веб-сайте.

Множество подобного рода задач детектирования токсичного контента сводятся к машинному анализу тональности, который в самом упрощенном описании можно представить как две последовательные задачи: во-первых, векторное представление слов (word embedding) и, во-вторых, построение, обучение и проверка модели машинного обучения. Чаще всего, задача сводится к бинарной классификации, относящейся к группе методов обучения с учителем (supervised learning).

В данной работе были рассмотрены два подхода применительно к задаче детектирования троллинга в пользовательских вопросах на одном из популярных

англоязычных вопросно-ответных ресурсов. Обучающая выборка состояла из более чем одного миллиона вопросов.

**Случайный лес** (Random Forest) был взят в качестве базовой (baseline) модели классификации. В качестве предварительной обработки данных применялась TF-IDF-векторизация с удалением стоп-слов. TF-IDF-векторизатор был объединен в конвейер (pipeline) с классификатором вида случайный лес. Для векторизатора и классификатора посредством конвейера были заданы разные возможные значения их гиперпараметров (например, разные максимальные числа переменных после векторизации или же различные числа деревьев в алгоритме случайного леса). Выполнялся случайный поиск (метод RandomizedSearchCV) наилучшего сочетания гиперпараметров по критерию F-меры. Вычислительные эксперименты производились с использованием библиотеки машинного обучения Scikit-Learn [3]. В таблице 1 приведен наилучший полученный результат для случайного леса. Данная модель продемонстрировала невысокие результаты и, кроме того, оказалась довольно ресурсозатратной. Поэтому далее был рассмотрен иной подход к бинарной классификации, основанный на применении нейронных сетей.

**Сверточные нейронные сети** (СНС, CNN – convolutional neural networks) считаются на настоящий момент одним из наиболее эффективных методов не только в обработке изображений, но и в классификации текстов. Соответственно находят они применение и в анализе тональности.

Одним из наиболее используемых инструментов глубокого обучения для работы со СНС является фреймворк Keras [4]. Типичная нейросетевая модель для задач обработки естественного языка в Keras включает векторное представление слов (Embedding), сверточный слой (например, Conv1D) и слой пулинга (pooling; например, GlobalMaxPool1D).

Работа с текстом начинается с его предобработки. Для этой цели в Keras можно использовать методы `texts_to_sequences` и `pad_sequences`. Первый из них токенизирует тексты и переводит их в последовательности целых чисел. Второй приводит эти последовательности к фиксированному размеру  $m$  (обрезая или дополняя нулями), потому как типичная СНС не работает с текстами переменной длины [5]. В рамках рассматриваемой задачи этот фиксированный размер был задан равным  $m = 40$ .

Далее задавались векторные представления (Embedding), которые в Keras обучались совместно с остальными компонентами СНС. На входе массив имел размерность  $b \times m$ , где  $b$  – число одновременно обрабатываемых последовательностей, т. е. размер батча (batch) (в схеме на рисунке 1 это число не выводится – вместо него обозначение None, потому что батч может задаваться произвольного размера) [6]. Далее каждому целому числу, выражающему номер токена (слова, словосочетания, части слова или знака препинания) в словаре, ставился в соответствие некий embedding-вектор длины  $n$  ( $n = 300$  в рассматриваемой задаче). На каждой эпохе обучения этот вектор корректировался. Также предварительно устанавливалась мощность словаря (30000 в данной задаче). Таким образом выходной embedding-массив имел размерность  $b \times n \times m$ .

Массив векторных представлений подается на вход сверточного слоя. В данной задаче была использована одномерная свертка (метод Conv1D). Она предполагает, что имеется некоторое число  $k$  ядер (фильтров) с заданной шириной окна ( $k = 128$  в данной задаче). Каждый фильтр проходит столбцы (их число  $m$ ) один за другим. Чем больше ширина окна, тем меньше проходов  $\ell$  по embedding-массиву производится. Если ядро – вектор-столбец, то число проходов по массиву равно числу столбцов массива. В рассматриваемой задаче ширина окна задана равной трем ( $\ell = 3$ ). Результатом каждой свертки оказывается некоторый скаляр. Для каждого ядра накапливается число скаляров, равное числу проходов по embedding-массиву, которые конкатенируются в один вектор-столбец соответствующей длины. Соответственно для  $k$  фильтров размера  $n \times \ell$  размерность сверточного слоя оказывается равной  $b \times (m - \ell + 1) \times k$ .

Далее в качестве активационной функции был использован линейный фильтр (ReLU). Эта простейшая нелинейная функция принимает нулевые значения при отрицательных

значениях аргумента, тогда как при неотрицательных значениях аргумента она принимает значения аргумента.

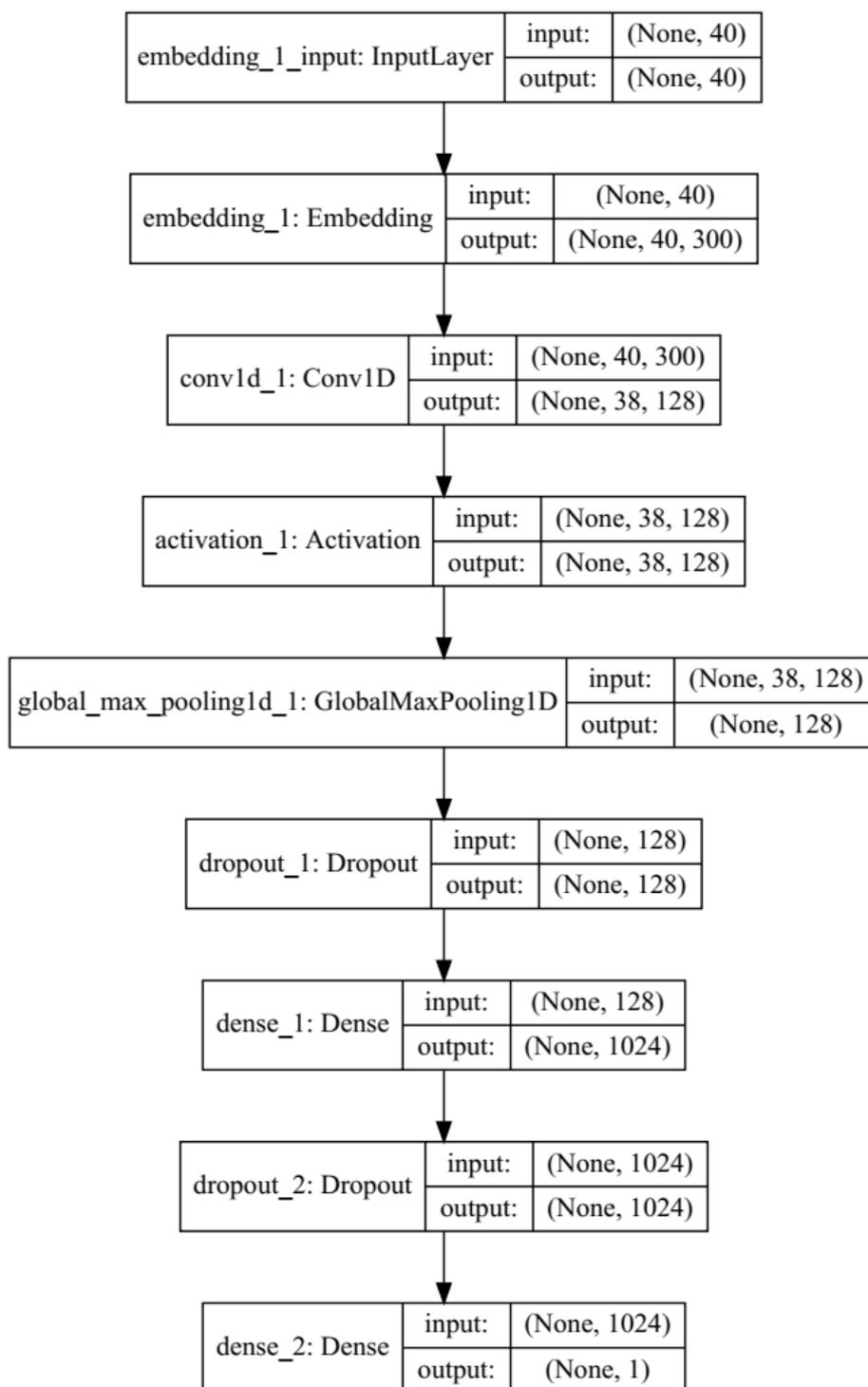


Рисунок 1 – Схема разработанной в Keras нейросетевой модели

Следующий неотъемлемый компонент СНС – пулинговый слой. В данном случае применялся макс-пулинг, который предполагает взятие максимума сверток по каждому ядру. На выходе слоя пулинга размерность равна  $b \times k$ . Таким образом для каждой последовательности выводится вектор-столбец длины  $k$ .

Этот вектор-столбец дальше подается на вход полносвязных слоев с ReLU и сигмоидной функциями активации и слоев дропаута (dropout). Выходной слой СНС имеет размерность  $b \times 1$  и принимает значения в диапазоне от нуля до единицы.

Таблица 1 – Результаты выполнения бинарной классификации

Метод	Фреймворк	Основные гиперпараметры	F-мера
TFIDF-векторизация + Случайный лес	Scikit-Learn	<b>(случайный поиск)</b> стоп-слова: из корпуса NLTK; макс. число TF-IDF-признаков: до 50000; токены: (1, 4)-, (1, 5)-граммы; число деревьев случайного леса: от 100 до 200	0,392
Сверточная нейронная сеть	Keras	словарь: 30000 токенов; макс. длина последовательности: 40 токенов; векторное представление токенов:300; число ядер: 128; ширина ядра: 3; свертка: одномерная; функция активации после свертки: ReLU; пулинг: максимум по всем сверткам ядра; 1-ый дропаут: 0,25; 1-ый полносвязный слой: 1024 нейрона; 2-ой дропаут: 0,25; 2-ой полносвязный слой: 1 нейрон	0,604

**Заключение.** В таблице 1 показаны полученные результаты для каждого из двух рассмотренных классификаторов по критерию F-меры. Применение СНС оказалось более эффективным по сравнению с использованием метода случайного леса. Помимо этого, СНС более эффективна и в отношении быстродействия по сравнению со случайным лесом применительно к исследованной задаче детектирования токсичного контента. Вместе с тем наилучший результат по-прежнему не достигает желаемого уровня качества классификации. Рассмотрение ряда работ последнего времени показывает, что имеет смысл продолжать исследования в данной области с использованием также и таких архитектур нейронных сетей, как GRU (Gated recurrent unit – вентильный рекуррентный блок) и LSTM (Long short-term memory – долгая краткосрочная память) [7, 8].

### Литература

1. Word of the Year 2018 [Электронный ресурс] / Oxford Dictionaries. – Режим доступа: <http://en.oxforddictionaries.com/word-of-the-year/word-of-the-year-2018> (дата обращения: 13.02.2019).
2. Блокировка интернет-страниц [Электронный ресурс] / Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. – Режим доступа: <https://rkn.gov.ru/treatments/p459/p750/> (дата обращения: 13.02.2019).
3. Коэльо Л.П., Ричарт В. Построение систем машинного обучения на языке Python. Пер. с англ. 2-е изд. М.: ДМК Пресс. 2016. 302 с.
4. Джулли А., Пал С. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow. Пер. с англ. М.: ДМК Пресс. 2018. 294 с.
5. Малых В.А. Применение сверточных нейронных сетей для задач NLP [Электронный ресурс] / Блог компании Open Data Science. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/353060/> (дата обращения: 13.02.2019).
6. Малых В.А. Библиотеки для глубокого обучения: Keras [Электронный ресурс] / Блог компании Open Data Science. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/325432/> (дата обращения: 13.02.2019).

7. Выявление и классификация токсичных комментариев. Лекция в Яндексе [Электронный ресурс] / Блог компании «Яндекс». – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/414993/> (дата обращения: 13.02.2019).
8. Maheshwari A. Report on Text Classification using CNN, RNN & HAN [Электронный ресурс] / Блог компании Jatana. – Режим доступа: <https://medium.com/jatana/report-on-text-classification-using-cnn-rnn-han-f0e887214d5f> (дата обращения: 13.02.2019).

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС

Аристархова А.О.

*alinaaristarhova0@gmail.com*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Отличие водозаборных сооружений деривационной ГЭС от ирригационных сооружений состоит в необходимости обеспечивать забор воды не только в теплое время года, но и в зимний период, с учетом отрицательных температур воздуха. С целью совершенствования конструкций водозаборных сооружений в статье перечислены основные технологические операции водозабора из малых горных рек в деривацию. На основании анализа известных конструкций водозаборных сооружений, эксплуатируемых в горной зоне Кыргызстана, выбрана схема водозаборного сооружения для горных рек (ВСГР) конструкции КРСУ-СПбПУ. Компоновка данного водозаборного сооружения для горных рек включает устройства защиты деривации от речных наносов, ледошуговых образований и мусора, а также средства автоматизации процесса водозабора. Для всех перечисленных устройств подобраны зависимости для выполнения гидравлического расчета, особенностью которого является учет зимнего режима эксплуатации водозаборного сооружения. Такой расчет, выполненный на примере малой горной реки Бор-Дюбе, расположенной в Иссык-Кульской области Кыргызстана, включает обоснование расчетного расхода воды для малой ГЭС; расчет ширины подводящего русла; расчетное обоснование компоновки водозаборного сооружения, включая расчет донного отверстия зимнего водозабора, а также гидравлический расчет авторегулятора уровня воды в верхнем бьефе. Выполненные расчеты в совокупности с проводимыми в КРСУ лабораторными исследованиями позволяют обеспечить эффективной эксплуатацию ВСГР как в безморозных условиях, так и в условиях низких температур.*

*Ключевые слова: горная река, деривационная ГЭС, расчет водозабора, наносозащитный порог, шандоры, шуголедовые образования, отверстие зимнего водозабора, плоский глубинный затвор, авторегулятор уровня.*

**Актуальность задачи.** В настоящее время в Кыргызстане остро встает вопрос о ресурсной базе для энергетических нужд страны. Строительство крупных гидроэлектростанций проблематично из-за необходимости больших капитальных вложений. В то же время проведенные специалистами КНТЦ «Энергия» исследования показали, что потенциал горных рек Кыргызстана позволяет соорудить около 90 малых ГЭС, в т.ч. в курортной зоне Иссык-Куля не менее 20-ти [1]. По способу создания напора большинство таких гидроэлектростанций относятся к деривационному типу и их гидроузлы включают головное водозаборное сооружение, деривационный водовод и стационарный узел. Головные водозаборные сооружения являются наиболее ответственной и, в то же время, наиболее уязвимой частью деривационных гидроузлов [1- 4]. При неудачном исполнении они размываются паводками и заносятся речными наносами, а в зимнее время – шуголедовыми образованиями.

С целью совершенствования конструкций водозаборных сооружений были выделены следующие основные технологические операции (приемы) водозабора из малых горных рек в деривацию [1, 2, 3, 6, 7]:

- создание поперечной циркуляции воды на участке подводящего русла с помощью криволинейного зарегулированного участка;

- формирование интенсивной поперечной циркуляции воды перед водоприемником путем создания локального циркуляционного винта наносозащитным порогом;
- осуществление водоотбора в теплый период года из поверхностных горизонтов потока и донный отвод наносов по промывному тракту;
- отбор воды в зимний период из придонных горизонтов потока через отверстие зимнего водозабора с поверхностным отводом и сбросом шуголедовых образований в нижний бьеф через гребень сдвоенного затвора на промывном тракте;
- поддержание расчетных напоров в верхнем бьефе сооружения и стабилизация расходов воды, подаваемой в деривационный водовод, с использованием средств гидроавтоматики;
- обеспечение при паводке одновременного сброса излишков воды и плавника по всему фронту водозаборного сооружения, а влекомых наносов - через отверстие речного (сбросного) пролета.

Как видно из перечня технологических операций, их состав для водозаборных сооружений деривационных ГЭС отличается от ирригационных сооружений тем, что необходимо обеспечить забор воды не только в теплое время года, но и зимой, т.е. в условиях отрицательных температур воздуха.

**Выбор типа и компоновки водозаборного сооружения.** При выборе конструкции головного водозаборного сооружения для условий реки Бор-Дюбе Иссык-Кульской области Кыргызстана был проведен анализ конструкций существующих плотинных водозаборных сооружений на горных реках.

Были рассмотрены компоновки: а) водозаборного сооружения конструкции Г.В. Соболина с донно-решетчатым водоприемником на Сокулукской ГЭС-2; б) водозаборного сооружения конструкции Я.В.Бочкарева и И.К. Рудакова с выпуклым в плане порогом водоприемника на реке Норус; в) водозаборного сооружения конструкции Я.В.Бочкарева и Б.И.Мельникова с двойным криволинейным порогом на реке Сокулук; г) водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВСДГ) конструкции КРСУ с ломаным в плане порогом водоприемника, на реках Иссык-Ата и Мерке (Казахстан); водозаборного сооружения для горных рек (ВСГР) конструкции КРСУ-СПБПУ с ломаным плане наносозащитным порогом, имеющем горизонтальный гребень, проект гидроузла малой ГЭС на р. Усек (Казахстан) [1, 2, 3, 6, 7].

Недостатками первых трех типов сооружений (а, б, в) является сложность конструкции наносозащитных порогов, большие размеры водоприемной камеры, засорение горизонтальной решетки донной водоприемной галереи плавником. Недостатком водозаборного сооружения типа ВСДГ является сложность зимней эксплуатации сооружения, когда в начале зимы требуется ручная установка шандор на гребне наклонного наносозащитного порога, а в конце зимы – их демонтаж.

Поэтому наиболее приемлемым для предгорного участка реки представляется водозаборное сооружение для горных рек (ВСГР) конструкции КРСУ-СПБПУ (рисунок 1).

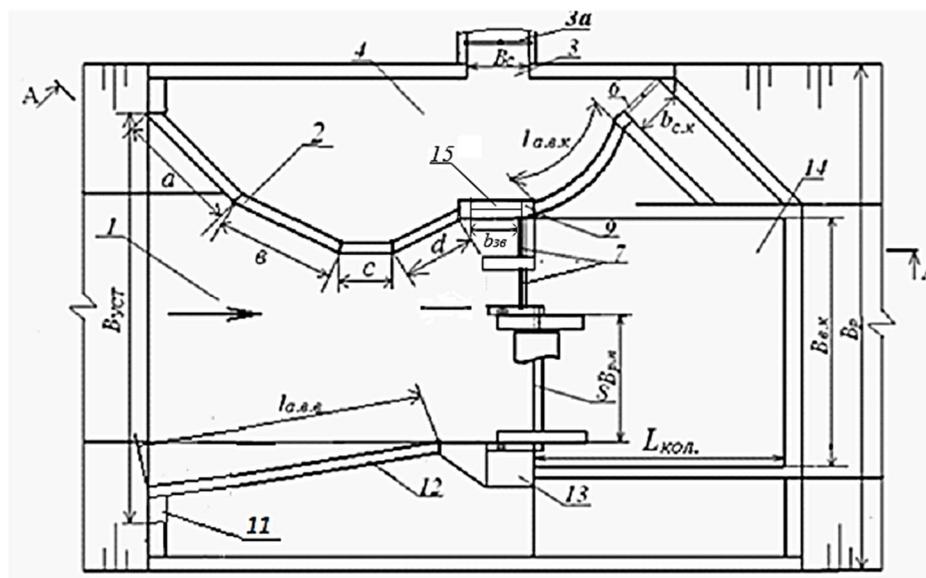


Рисунок 1 – Расчетная схема водозаборного сооружения для горных рек (ВСГР) конструкции КРСУ-СПБПУ (Патент РФ на полезную модель №157640, 2015 на имя Лаврова Н.П., Логинова Г.И., Атамановой О.В.): 1 – верхний бьеф; 2 – ломаный в плане наносозащитный порог; 3 – водоприемный оголовок; 3а – стабилизатор расхода; 4 – водоприемная камера; 5 – автоводослив водоприемной камеры; 6 – затвор сбросного отверстия; 7 – затворы промывника; 8 – затвор-автомат речного пролета; 9 – разделительная стенка; 10 – концевая секция четырехсекционного ломаного в плане порога; 11 – дополнительная береговая вставка; 12 – автоводослив; 13 – разделительный бык; 14 – водобойный колодец; 15 – отверстие зимнего водозабора с плоским глубинным затвором

ВСГР с боковым водоприемником расположено на вогнутом берегу криволинейного подводящего русла, с целью использования циркуляции речного потока, в т.ч. создаваемая наносозащитным порогом 2, для защиты деривации 3 от речных наносов [1, 3, 4]. Данная конструкция сооружения вместо криволинейного наносозащитного порога 2 имеет более простую ломаную в плане конструкцию, состоящую из четырех секций *a, b, c, d* порога с горизонтальным гребнем вместо наклонного. Это позволяет избавиться от трудоемкой операции ежегодного монтажа и демонтажа шандор в зимнее время с целью не допустить поступление льда и шуги через гребень порога 2 в водоприемник 4, а затем в деривацию малой ГЭС. Вместо этого, в зимний период эксплуатации понижается уровень воды в верхнем бьефе ВСГР путем уменьшения массы противовеса авторегулятора уровня верхнего бьефа 8.

**Основы гидравлического расчета водозаборного сооружения для горной реки Бор-Дюбе.** По данным Тонского РУВХ и результатам статистического расчета основные гидрологические данные малой реки Бор-Дюбе таковы, что расход воды различной обеспеченности включает следующие виды: паводковый расход  $Q_{1\%} = 15,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ; руслоформирующий расход  $Q_{5\%} = 12,7 \text{ м}^3/\text{с}$ ; меженный расход  $Q_{90\%} = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ; уклон дна реки на участке водозабора  $i = 0,046$ .

Для двух агрегатов ( $n_a = 2$ ) принятого типа радиально-осевой турбины РО-75 расчетный расход малой ГЭС в соответствии с таблицей 10.1 [4] составит

$$Q_{\text{ГЭС}} = n_a Q_{\text{пр}} = 2 * 1,37 = 2,74 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1)$$

Здесь  $Q_{\text{пр}} = 1,37 \text{ м}^3/\text{с}$  – принятый по таблице 10.1. предельный расход турбины.

С учетом потерь на фильтрацию в деривационном канале примем расход деривации малой ГЭС равным  $Q_{\text{дер}} = 3,0 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Поскольку требуемый расход водозабора несколько превышает величину расчетного меженного расхода реки, т.е.  $Q_{90\%} < Q_{\text{дер}}$ , в маловодный период допускается работа одного агрегата МГЭС вместо двух.

На первом этапе гидравлического расчета водозаборного сооружения выполняется расчет зарегулированного подводящего русла. Этот расчет является типовым, приемлемым в том числе и для сооружений типа ВСГР, он описан в нескольких литературных источниках литературных источниках [1, 2, 3, 4, 7] и здесь не приводится.

По эмпирической формуле А.Н. Крошкина и В.Ф. Талмазы для уклона дна русла по тальвегу  $i > 0,005$  определим необходимую для дальнейших расчетов ширину подводящего русла  $B$  по урезу воды [1, 2, 3, 4, 5]

$$B = \frac{2,6}{i^{0,2}} \left( \frac{Q_{\text{русл}}}{\sqrt{g}} \right)^{0,4}. \quad (2)$$

Для реки Бор – Дюбе руслоформирующий расход, как для сооружений IV класса капитальности в соответствии с [1, 6] принимаем равным  $Q_{5\%} = 12,7 \text{ м}^3/\text{с}$ , тогда ширина подводящего русла будет равной  $B = 8,4 \text{ м}$ .

Компоновка водозаборного сооружения для горных рек включает устройства защиты деривации от речных наносов, ледошуговых образований и мусора, а также средства автоматизации процесса водозабора [1, 3, 4, 5, 7]. Определим основные размеры ВСГР, учитывая назначение и работу этих устройств.

Определим вначале параметры отверстия зимнего водозабора 15 (рисунок 1) – устройства, которое является отличительной особенностью энергетических водозаборных гидроузлов. Ширину донного отверстия зимнего водозабора определим по полуэмпирической формуле Г.И.Логинова [3, 7].

$$b_{зв} = \frac{4,67 Q_{зв}}{\sqrt{2g H_{п.з.}^{1,5}}}, \quad (3)$$

где  $Q_{зв}$  - расход зимнего водозабора, равный расходу деривации, т.е.  $Q_{зв} = Q_{дер} = 3,0 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$H_{п.з.}$  – расчетный напор зимнего водозабора в верхнем бьефе ВСГР, в первом приближении примем равным  $H_{п.з.} = 1,5 \text{ м}$ .

Подставив значения  $Q_{зв}$  и  $H_{п.з.}$  в формулу (2), получим величину  $b_{зв} = 1,7 \text{ м}$ .

Уточним теперь расчетный напор  $H_{п.з.}$  по формуле истечения из-под затвора зимнего водозабора

$$Q_{зв} = \mu a_{зв} \sqrt{2g(H_{п.з.} - \varepsilon a)}, \quad (4)$$

где  $\mu$  и  $\varepsilon$  - коэффициенты расхода и вертикального сжатия при истечении из-под плоского вертикального затвора, по таблице 5-6 справочника П.Г.Киселева [8]  $\mu = 0,59$ ,  $\varepsilon = 0,61$ .

Максимальное значение открытия затвора зимнего водозабора принимается согласно рекомендаций [3] равным  $a_{зв} = 0,43 H_p = 0,8 \text{ м}$ .

При заданных параметрах уточненная величина расчетного напора зимнего водозабора, рассчитанная по формуле (3), оказывается равной принятой нами величине  $H_{п.з.} = 1,5 \text{ м}$ .

Следовательно, высота четырехсекционного наносозащитного порога  $P_{4с.нп}$  (рисунок 1) из условия недопущения перелива воды через горизонтальный гребень равна  $P_{4с.нп} = H_{п.з.} = 1,5 \text{ м}$ .

После расчета высоты порога определяется расчетная глубина в верхнем бьефе  $H_p$ , которую нужно поддерживать в летний период. Глубина  $H_p$ , складывается из высоты порога  $P_{4с.нп}$  и необходимого напора над его гребнем  $H_{н.п}$ :

$$H_p = P_{4с.нп} + H_{н.п} = P_{4с.нп} + \sqrt[3]{\frac{Q_e^2}{m^2 L_{н.п}^2 2g}}, \quad (5)$$

где  $Q_e$  - расход воды, забираемый в деривацию в летний период,  $Q_e = Q_{дер}$ ,  $m$  - коэффициент расхода, в соответствии с рекомендациям монографии [3]  $m = 0,4 - 0,41$  при относительной ширине стенки порога  $C_{4с.нп}/H_{н.п} = 0,34 - 0,6$ . Из этих рекомендаций определяется и ширина гребня порога  $C_{4с.нп} = 0,6 H_{н.п} = 0,2 \text{ м}$ .

$L_{н.п}$  - длина наносозащитного порога, согласно [3] принимается равной ширине водного потока в подводящем русле, т.е.  $L_{н.п.} = B = 8,4$  м.

В результате вычислений по формуле (5) необходимый напор над гребнем наносозащитного порога в теплое время года при переливе воды в водоприемник равен  $H_{н.п} = 0,35$  м, а глубина воды в верхнем бьефе ВСГР равна  $H_p = 1,85$  м.

Длина отдельных секций порога с горизонтальным гребнем  $a, b, c, d$  (см. рисунок 1), определяется по таблице 4.1, приведенной в монографии [3] в зависимости от уклона дна подводящего русла  $i_p$  и от общей длины наносозащитного порога  $L_{н.п.}$ . По данным этой же таблицы уклон дна подводящего русла  $i_p$  необходимо принять несколько меньшим уклона дна реки на участке водозабора  $i$ . Принимаем из таблицы (4.1) уклон  $i_p = 0,038$  и определяем в соответствии с этой таблицей длину секций:  $b = 0,208L_{н.п.} = 1,75$  м,  
 $c = 0,086L_{н.п.} = 0,72$  м,  $d = 0,156L_{н.п.} = 1,3$  м,  $a = L_{н.п.} - b - c - d = 4,63$  м.

Максимальная расчетная глубина в верхнем бьефе  $H_{p,max}$  определяется в зависимости от пропускной способности речного (сбросного) пролета при пропуске паводка:

$$H_{p,max} = 3 \sqrt{\frac{Q_{1\%}^2}{m_{p.n.}^2 \cdot \varepsilon^2 \cdot B_{p.n.}^2 \cdot 2g}} k^2, \quad (6)$$

где  $k$  - коэффициент, определяющий долю расхода, сбрасываемых через речной пролет и промывной тракт сооружения от величины паводковых расходов, расчетной обеспеченности  $Q_{1\%} = 15,5$  м<sup>3</sup>/с;. При физическом моделировании ВСГР [3] коэффициент  $k$  принимался равным 0,55;

$m_{p.n.}$  - коэффициент расхода речного пролета, определяется для неподтопленного водослива с широким порогом (без порога), по справочнику [8], таблица 6-27,  $m_{p.n.} = 0,36$ ;

$\varepsilon$  - коэффициент бокового сжатия, для криволинейно заостренных разделительных быков речного пролета согласно [4]  $\varepsilon = 0,94$ ;

$B_{p.n.}$  - ширина речного (сбросного) пролета, по рекомендациям [1, 2, 3, 4, 5],  $B_{p.n.} = 2 - 4$  м, принимаем  $B_{p.n.} = 2,0$  м.

После подстановки значений всех параметров в функцию (6), получим значение максимальной расчетной глубины в верхнем бьефе ВСГР при пропуске паводка  $H_{p,max} = 2,0$  м.

Необходимо отметить, что поддержание уровней воды для зимнего периода эксплуатации  $H_{p.з.} = 1,5$  м и для теплого (безморозного) периода  $H_p = 1,85$  м при меженных и среднемноголетних расходах воды в реке Бор-Дюбе обеспечивается настройкой затвора-автомата уровня верхнего бьефа 8 (рисунок 1).

Этот гидроавтомат является авторегулятором уровня прямого действия, т.е. не имеет передаточных звеньев, а воспринимает непосредственное воздействие со стороны объекта регулирования на исполнительный элемент. Конструктивно авторегулятор представляет собой (рисунок 2) плоский затвор 1, жестко соединенный с опорными ногами 2, прикрепленными шарниром 3 к стенкам сооружения со стороны верхнего бьефа. Сверху, к полотнищу затвора 1 жестко прикреплен раскосами 4 груз-противовес 5.

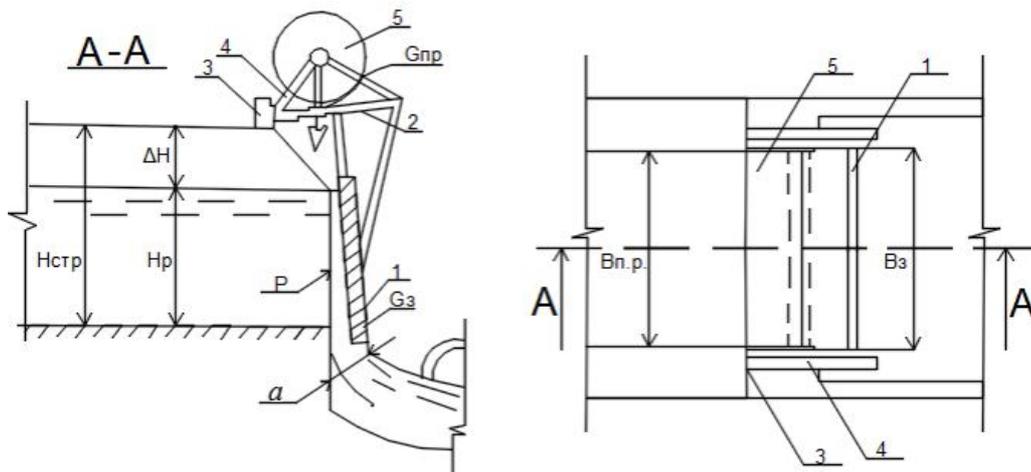


Рисунок 2 – Расчетная схема Г-образного прислонного затвора-автомата уровня верхнего бьефа

Последовательность расчета Г-образного затвора-автомата, согласно рекомендаций по проектированию [4], следующая: *a*

1. Ширина полотнища затвора-автомата

$$b_3 = (1,04 \dots 1,05) B_{p.n.}, \quad (6)$$

где  $B_{p.n.}$  - ширина речного пролета между промежуточными бычками.

2. Расчетный напор в верхнем бьефе авторегулятора  $H_p$  принимается равным наполнению в верхнем бьефе сооружения [1, 3, 4].

3. Длина консоли (опорной ноги) 2 (рисунок 2)

$$l_k = 0,83 H_p,$$

По результатам простейшего расчета получаем  $b_3 = 2,1$  м,  $l_k = 1,54$  м.

4. Вес затвора по опыту конструирования и эксплуатации приближенно равен

$$G_3 = K_3 P, \quad (7)$$

где  $K_3$  - эмпирический коэффициент,  $K_3 \approx 0,3$ ;  $P$  - сила гидродинамического давления потока на вертикальное полотнище затвора со стороны верхнего бьефа. Принимается равной силе избыточного гидростатического давления воды глубиной  $H_p$ , а именно [4, 8]

$$P = \rho g h_{ц.м.} \omega, \quad (8)$$

где  $\rho$  – плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>,

$h_{ц.м.} = H_p / 2 = 0,93$  м – глубина погружения центра тяжести смоченной площади

затвора  $\omega$ , равной  $\omega = B_{p.n.} H_p$ .

Для безморозного периода года при глубине  $H_p = 1,85$  м, сила  $P = 33,57$  Кн и вес затвора  $G_3 = 10,07$  Кн.

Для зимнего периода при глубине  $H_{p.з.} = 1,5$  м, сила  $P = 22,07$  Кн, а вес затвора остается неизменным  $G_3 = 10,07$  Кн.

5. Для каждого из этих двух случаев из уравнения моментов сил, действующих на подвижные части затвора относительно оси его вращения, определяется необходимый вес противовеса для затвора-автомата. Уравнение моментов сил имеет вид [1, 4],

$$\Sigma M_0 = P l_p - G_3 l_3 - G_{np} l_{np} = 0, \quad (9)$$

где  $l_p$ ,  $l_3$ ,  $l_{np}$  - плечи сил  $P$ ,  $G_3$ ,  $G_{np}$  относительно оси вращения затвора.

Плечо силы  $P$  исходя из схемы действующих сил (рисунок 2), можно определить по формуле

$$l_p = h_{ц.м.} + \Delta H, \quad (10)$$

где  $\Delta H$  - строительный запас над уровнем воды в верхнем бьефе, в соответствии с [4]

$\Delta H = 0,5$  м,

Плечо силы  $P$  по этим данным равно  $l_p = 1,43$  м,

$l_3 = l_k / 2 = 0,77$  м – плечо силы веса затвора относительно оси его вращения.

Расположив противовес в конце консоли, будем иметь его плечо  $l_{np} = l_k = 1,54$  м.

Подставив значения перечисленных сил в уравнение (9), получим вес противовеса для безморозного периода  $G_{np} = 26,12 \text{ Кн}$ , для зимнего периода  $G_{np} = 16,46 \text{ Кн}$ .

Угол между вертикалью и полотнищем затвора при полном открытии затвора-автомата составляет  $\alpha \leq 34^\circ$  из условия исключения опрокидывания затвора [3, 4].

Строительная высота ВСГР равна (см. рисунок 2)  $H_{стр} = H_p + \Delta H = 2,35 \approx 2,4 \text{ м}$ .

Это на  $0,4 \text{ м}$  превышает максимальную расчетную глубину в верхнем бьефе ВСГР при пропуске паводка  $H_{p.max} = 2,0 \text{ м}$ , что соответствует нормам для IV класса капитальности.

Расчет крепления нижнего бьефа ВСГР является типовым, излагается в публикациях [1, 2, 4, 7] и здесь не приводится.

**Выводы.** Исходя из выполненного анализа процессов водозабора из горных рек, можно сделать вывод, что основной особенностью конструкции водозаборного сооружения на реке Бор-Дюбе следует считать учет круглогодичности работы подобного типа сооружений для горных рек. При гидравлическом расчете ВСДГ с этой целью определены размеры отверстия зимнего водозабора шириной  $b_{зв} = 1,7 \text{ м}$  при величине открытия затвора до  $a_{зв} = 0,8 \text{ м}$ , а также ширина речного пролета для сброса шуги и льда, равная  $B_{p.n.} = 2,0 \text{ м}$ .

### Литература

1. Гидротехнические сооружения для малой энергетики горно-предгорной зоны / Под ред. Н.П. Лаврова. Бишкек: Салам. 2009. 504 с.
2. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. Фрунзе: Кыргызстан. 1990. 371 с.
3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. Бишкек: Кут-Бер. 2014. 320 с.
4. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС и подбор основного силового оборудования. Бишкек: КРСУ. 2008. 110 с.
5. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Водозаборные и водопроводящие сооружения в горно-предгорной зоне. Бишкек: Изд-во КРСУ. 2016. 142 с.
6. Vatin N., Lavrov N., Loginov G. Processes at Water Intake From Mountain Rivers into Hydropower and Irrigation Systems // Article (PDF Aviable) in Matec Web of Conferences 73:01006. January 2016/ DOI: 10.1051/ matecconf/ 20167301006.
7. Абдылдаев Э.А., Лавров Н.П. Основы гидравлического расчета конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС Иссык-Ата-2 в Кыргызстане // Неделя науки СПбПУ. Материалы науч. конф. с междунар. участием, ИСИ. СПб: Политех-Пресс. 2018. С. 3–5.
8. Справочник по гидравлическим расчетам. Под ред. П.Г. Киселева. М.: Энергия. 1974. 312 с.

## АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ АКТИВНОСТИ КУР-БЕНТАМОК И ЕЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ АТМОСФЕРНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СИСТЕМЕ СЕЙСМОБИОМОНИТОРИНГА В ЗОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

Арифулова И.И., Нью В.А., Суровцева Н.В.  
*arif\_irina@mail.ru, nu\_viktoriya@mail.ru, natali.s71@mail.ru*  
Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан

*В работе представлен анализ вариаций активности бентамок (домашних кур декоративной карликовой породы). Выявлено, что у бентамок четко выражены сезонные ритмы, пики активности приходятся на периоды с наиболее высокой температурой воздуха. Проанализирована связь активности бентамок с атмосферными факторами и солнечной активностью.*

*Ключевые слова: бентамки, атмосферные факторы, солнечная активность, вариации активности, корреляционная связь.*

Проблема прогноза землетрясений крайне актуальна и сложна. Многие ученые на сегодняшний день отказались от ее решения, посвящая свои работы геодинимике. Однако современные исследования далеки от пессимистичных взглядов. В этой связи для решения задач краткосрочного прогноза используется междисциплинарный подход с привлечением таких наук, как геофизика, биология, физиология, метеорология, астрофизика, математика и др.

Птицы очень чувствительны к магнитным потокам Земли и являются очень удобными и перспективными объектами исследований в области сейсмобиологии. Анализ литературы показал, что практически в 50% случаев среди животных, ощущающих приближение землетрясений, были птицы, из них более чем в 35% случаев предвестниками землетрясений были домашние куры [1]. В этой связи куры были выбраны как объект наблюдения на сейсмобиостационарах, и вот уже более 15 лет их поведение изучается.

Объектами настоящего исследования послужили бентамки (домашние куры декоративной карликовой породы), содержащиеся в вольерных условиях. Основой наблюдения за поведением бентамок в зоне сейсмической уязвимости является изучение вариаций активности (суточных и сезонных) и выявление корреляционных связей данного параметра с атмосферными и космическими факторами. Наблюдение осуществлялось на трех пунктах Алматинского прогностического полигона: биостационарах (далее б/с) «Ботсад», «Бурундай» и «Казачка».

Визуальные наблюдения за поведением бентамок на сейсмобиостационарах проводились с дискретностью 3 часа: в 06, 09, 12, 15, 21, 24 часа. В основу наблюдений была положена специально разработанная модель активности [1], позволяющая определять степень активности птиц в течение суток. Данные визуальных наблюдений заносились и обрабатывались в специальном программном модуле «Биополигон», разработанном на основе *VISUAL FoxPro* с использованием графического редактора *Delphi* и позволяющем переводить данные визуальных наблюдений в цифровой ряд [2]. Полученный цифровой ряд переносился в программу Excel для дальнейшей обработки и анализа. На основании среднесуточных и среднемесячных данных строились графики годовых и сезонных вариаций активности бентамок для выявления аномальных вариаций. Информативными параметрами являлись нарушения биоритма суточных вариаций, превышение порога аномалий в пределах 3-3,7 отн.ед. [1].

Одновременно с регистрацией активности бентамок проводилось измерение атмосферных параметров (температуры воздуха и атмосферного давления) во всех пунктах

наблюдений. Также для анализа активности использовались данные о солнечной активности (числа Вольфа), полученные с сайта Кисловодской Горной астрономической станции [3].

В работе представлены результаты анализа многолетних вариаций (2000-2017 гг.) поведения бентамок, анализ корреляционных связей между активностью и атмосферными факторами за многолетний период.

На рисунке 1 (А, Б, В) представлены сезонные вариации активности бентамок за многолетний период (2000-2017 гг.). Из графиков вариаций следует, что сезонные ритмы активности у кур выражены довольно чётко с максимумами в теплое время года и с минимумами в холодное, наиболее высокая активность отмечена в первые годы наблюдений (до 2005 года), далее показатели стали более стабильными, за исключением незначительного понижения активности в 2010 и 2011 годах на б/с «Казачка».

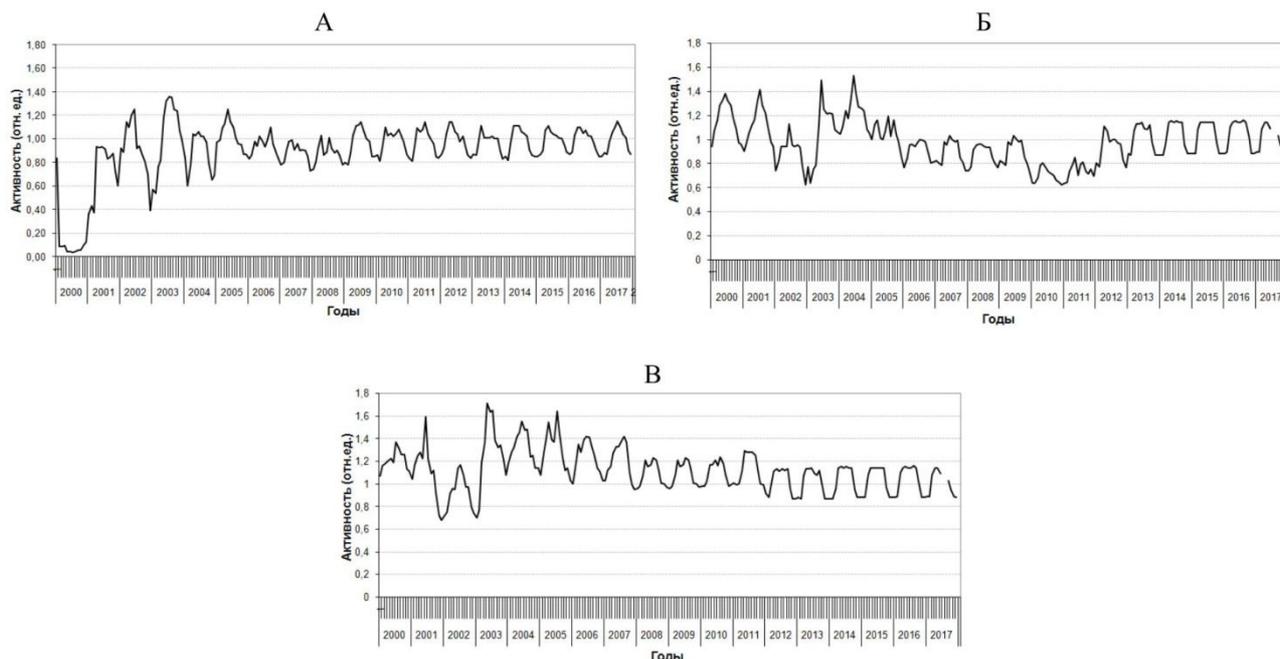


Рисунок 1 – Многолетние ряды сезонных вариаций бентамок на б/с «Ботсад» (А), «Казачка» (Б), «Бурундай» (В) за 2000-2017 годы

Анализ корреляционных связей между активностью бентамок и атмосферными и космическими факторами показал, что наиболее сильное влияние на активность кур оказывает температурный фактор, несколько меньшее значение имеет атмосферное давление. Так для б/с «Ботсад» отмечена умеренная связь активности с температурой воздуха и отсутствие связи с атмосферным давлением. На б/с «Казачка» и «Бурундай» в большинстве случаев можно наблюдать довольно высокую корреляцию между активностью бентамок и температурой воздуха и умеренную отрицательную корреляцию с атмосферным давлением. Коэффициент корреляции активности бентамок с солнечной активностью очень низкий, что говорит об отсутствии влияния данного фактора. Коэффициенты корреляции между коэффициентом активности бентамок, атмосферными параметрами (температурой воздуха –  $t$ , атмосферным давлением –  $p$ ) и солнечной активностью ( $W$ ) за 2000-2017 годы представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции активности бентамок с атмосферными и космическими факторами

Годы	К/t	К/p	К/W	К/t	К/p	К/W	К/t	К/p	К/W
	б/с «Ботсад»			б/с «Казачка»			«Бурундай»		
2000	0,76	-0,65	0,26	0,73	-0,38	0,33	0,48	-0,28	0,18
2001	0,65	-0,39	0,14	0,77	-0,42	0,08	0,57	-0,52	-0,03
2002	0,48	-0,46	-0,03	0,65	-0,33	0,08	0,84	-0,47	0,08
2003	0,74	-0,35	-0,03	0,66	0,03	-0,13	0,76	-0,48	0,06
2004	0,66	-0,50	0,03	0,61	-0,17	0,12	0,65	-0,57	0,17
2005	0,42	-0,35	0,22	0,36	-0,21	-0,13	0,61	-0,35	0,13
2006	0,43	-0,20	-0,05	0,67	-0,27	0,05	0,72	-0,56	0,10
2007	0,45	-0,21	-0,18	0,77	-0,25	-0,01	0,79	-0,60	-0,03
2008	0,45	-0,08	0,15	0,75	-0,68	-0,01	0,76	-0,69	-0,08
2009	0,76	-0,51	-0,05	0,79	-0,59	-0,07	0,79	-0,59	-0,07
2010	0,60	-0,25	0,06	0,75	-0,55	-0,09	0,75	-0,55	-0,09
2011	0,71	-0,50	-0,12	0,82	-0,67	-0,11	0,82	-0,67	-0,11
2012	0,56	-0,39	0,24	0,84	-0,50	0,27	0,84	-0,50	0,27
2013	0,63	-0,44	-0,02	0,79	-0,60	-0,21	0,79	-0,60	-0,21
2014	0,70	-0,57	-0,08	0,81	-0,50	-0,10	0,81	-0,50	-0,10
2015	0,62	-0,33	0,01	0,81	-0,39	0,04	0,81	-0,39	0,04
2016	0,61	-0,49	0,07	0,85	-0,68	0,07	0,85	-0,68	0,07
2017	0,77	-0,57	0,13	0,71	-0,22	0,20	0,65	-0,19	0,14

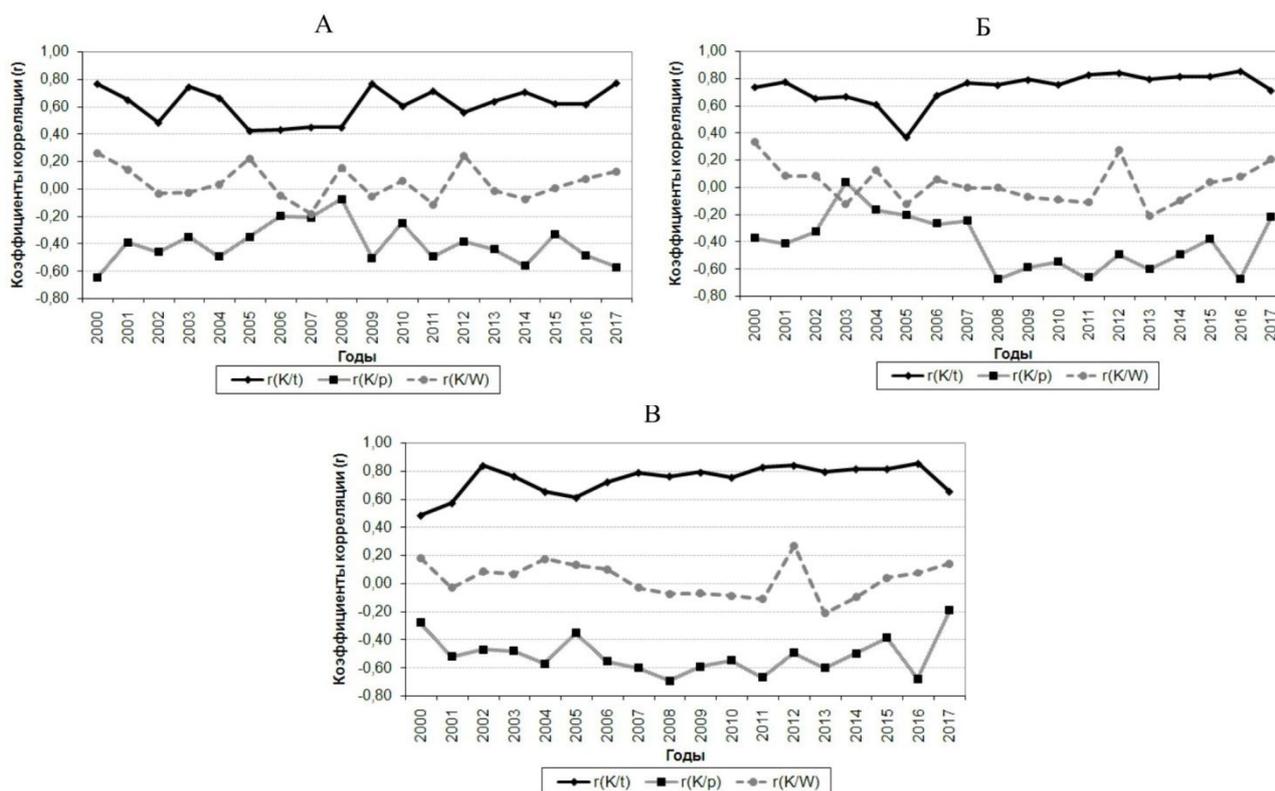


Рисунок 2 – Коэффициенты корреляции (r) между коэффициентом активности бентамок (K), температурой воздуха (t), атмосферным давлением (p) и солнечной активностью (W) на б/с «Ботсад» (А), «Казачка» (Б), «Бурундай» (В) за 2000-2017 годы

На графиках вариаций активности кур-бентамок в связи с атмосферными факторами и солнечной активностью за 2015-2017 гг., представленных на рисунке 3, четко прослеживается зависимость активности птиц от температуры воздуха и атмосферного давления и отсутствие какой-либо связи с солнечной активностью.

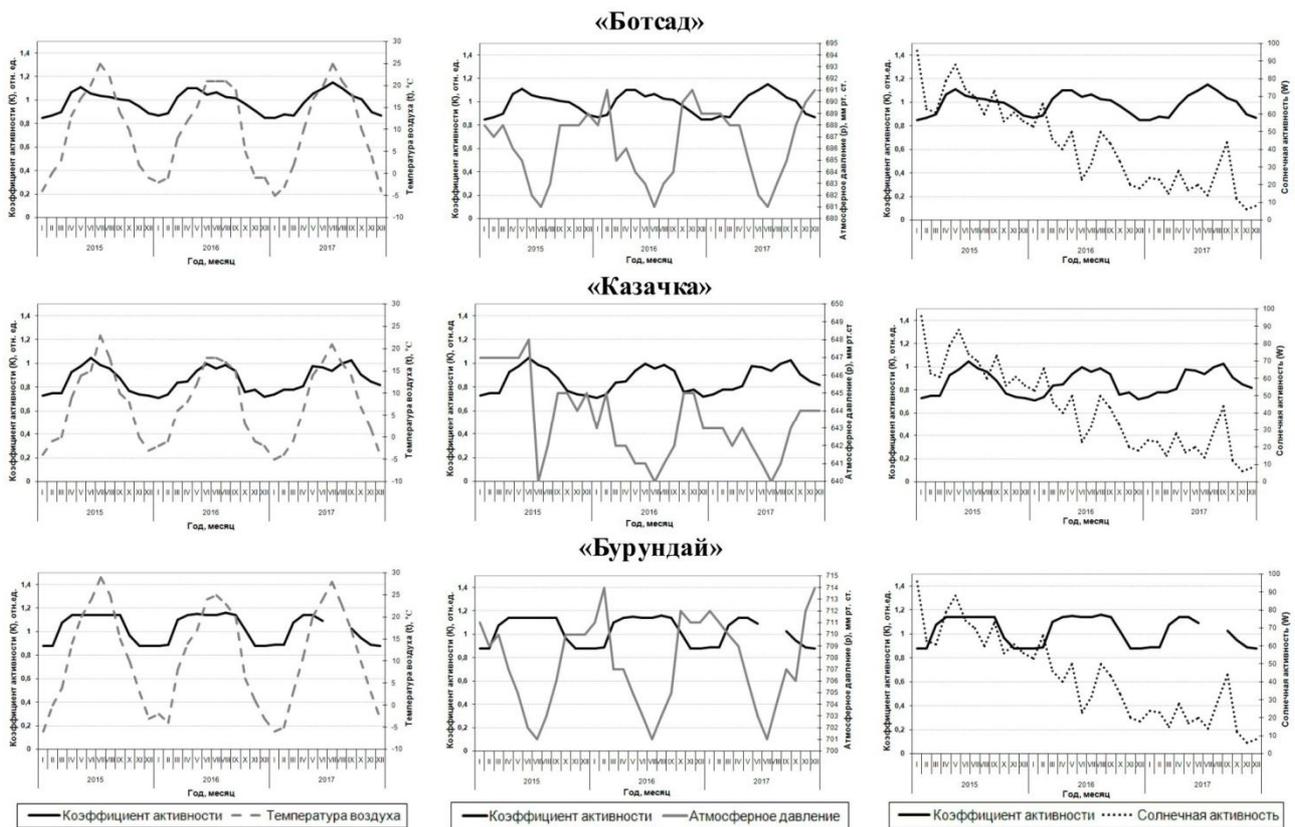


Рисунок 3 – Вариации активности кур-бентамок, атмосферных факторов и солнечной активности по среднемесячным данным на б/с «Ботсад», «Казачка», «Бурундай» за 2015-2017

Таким образом, в ходе настоящего исследования были описаны многолетние вариации активности кур-бентамок на трех стационарных пунктах Алматинского прогностического полигона, представлены графики корреляционных связей между активностью кур и атмосферными параметрами. Анализ зависимости активности кур-бентамок от атмосферных и космических факторов выявил четкую связь параметров биологической активности птиц с атмосферными факторами и отсутствие таковой с космическими факторами.

### Литература

1. Серазетдинова Б.З. Сейсмобиология: теория, методы, практика прогноза землетрясений. Алматы: Эверо. 2012. 364 с.
2. Серазетдинова Б.З., Жунусова А., Кауазов А.М. Оценочные шкалы как критерии аномального поведения животных в сейсмически уязвимом регионе Казахстана // Abstr. 8th Kazakhstan-China Internat. Symp. on Tianshan Earthquakes, 23-26 Sept., 2013. China, Urumqi, 2013. P. 45.
3. Электронный ресурс: <http://old.solarstation.ru>

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕГОДОВОГО ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРОЗОЙ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО ДАННЫМ ВИЗУАЛЬНО-СЛУХОВЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Аязбаев Г.М.<sup>1</sup>, Лозбин А.Ю.<sup>1</sup>, Инчин А.С.<sup>2</sup>, Шпади М.Ю.<sup>2</sup>  
galiman85@mail.ru

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт космической техники и технологий, г. Алматы, Республика Казахстан

*В работе представлен результат сравнительного анализа двух методов определения среднегодового числа грозовых дней: визуально-слуховых наблюдений и инструментальных автоматических измерений. С помощью разработанного в Институте космической техники и технологии программно-математического обеспечения для исследования литосферно-атмосферных связей из базы данных сети грозопеленгации WWLLN произведена выборка молний для территории Казахстана за 9 лет с 2010 по 2018 год. Проведен подсчет и анализ среднегодового числа грозовых дней для этой территории. Анализ показал, что метод визуально-слуховых наблюдений занижает результаты по сравнению с инструментальными наблюдениями, особенно для метеостанций в горных районах. В целом, результаты, полученные обоими методами, сопоставимы и инструментальные данные могут служить дополнением к метеонаблюдениям для незаселенных и труднодоступных территорий. Впервые построена карта среднегодового числа грозовых дней для территории Казахстана по данным инструментальных измерений сети грозопеленгации.*

*Ключевые слова: молния, гроза, визуально-слуховые наблюдения, грозопеленгация, метеонаблюдения, разностно-дальномерный метод*

**Введение.** Гроза – одно из самых опасных атмосферных явлений для различных отраслей народного хозяйства и транспорта. С активной конвекцией и развитием гроз связаны сильные ветры, ураганы, шквалы, смерчи и пыльные бури.

В Казахстане основными источниками информации о грозоопасности территории являются визуально-слуховые наблюдения (ВСН) на метеорологических станциях, результатом которых является информация о числе дней с грозой и о продолжительности явления. В настоящее время в Казахстане насчитывается 328 метеостанций [1]. Главным преимуществом информации с сети метеорологических станций является большая продолжительность рядов непрерывных данных, что позволяет судить о временной изменчивости грозовой активности и строить климатические карты распределения грозовой активности по территориям. Карты числа дней с грозой и продолжительность гроз и сегодня имеют статус нормативных при планировании молниезащитных мероприятий.

Однако, метод ВСН грозовой активности позволяет фиксировать грозы только в радиусе 15 км. Таким образом, наблюдения на одной станции позволяют охватить площадь ~700 км<sup>2</sup>, а 328 станций характеризуют грозовую активность на территории с площадью ~232 000 км<sup>2</sup>, что составляет лишь 8,5% территории республики. Для получения полной информации для остальной территории необходимо использовать инструментальные наблюдения сетей грозопеленгации, которые имеют достаточно равномерное покрытие датчиками по всему земному шару.

Целью данной работы являлось сравнение числа дней с грозой для территории Казахстана, полученные по данным метода ВСН на метеостанциях РГП «Казгидромет» с данными глобальной сети грозопеленгации WWLLN (Worldwide Lightning Location Network) [2].

**Исходные данные и методы исследования.** Материалом для исследований послужили данные о количестве разрядов молний, полученные наземной многопунктовой системой местоопределения молний WWLLN (Worldwide Lightning Location Network). Сеть WWLLN использует метод определения расстояния до грозового разряда по разности времени прихода сигнала на разнесенные антенны (метод TOGA – time of group arrival или разностно-дальномерный метод). Для определения сетью местоположения разряда требуются сигналы как минимум с 5 станций. Станции могут быть расположены за тысячи километров от разряда молнии. В настоящее время сеть WWLLN насчитывает 70 станций по всему миру и последние исследования показывают, что средняя эффективность регистрации молний с силой тока в разряде 30 кА составляет порядка 30% по всему миру [3].

Институт космической техники и технологии (ИКТТ) с 2016 года входит в сеть WWLLN. В институте установлено оборудования для регистрации электромагнитных возмущений от молний, которое в режиме реального времени передает данные на серверы проекта. Таким образом, ИКТТ получил доступ к базе данных молний по всему земному шару с 2009 года. Сеть WWLLN предоставляет следующие данные по каждой молнии:

- время молнии (UTC) с точностью до микросекунды;
- координаты молнии (широта и долгота) и погрешность их определения;
- количество станций, зарегистрировавших молнию;
- мощность молнии и погрешность ее определения в кВт.

Все данные молний, начиная с апреля 2009 года находятся на сервере грозопеленгации ИКТТ.

В рамках проекта «Разработка программно-математического обеспечения для исследования литосферно-атмосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации», реализуемого ИКТТ в 2018-2020 годах разработаны алгоритмы обработки грозовой информации. Одним из таких алгоритмов является расчет числа грозовых дней для выбранного региона и временного отрезка (рисунок 1).

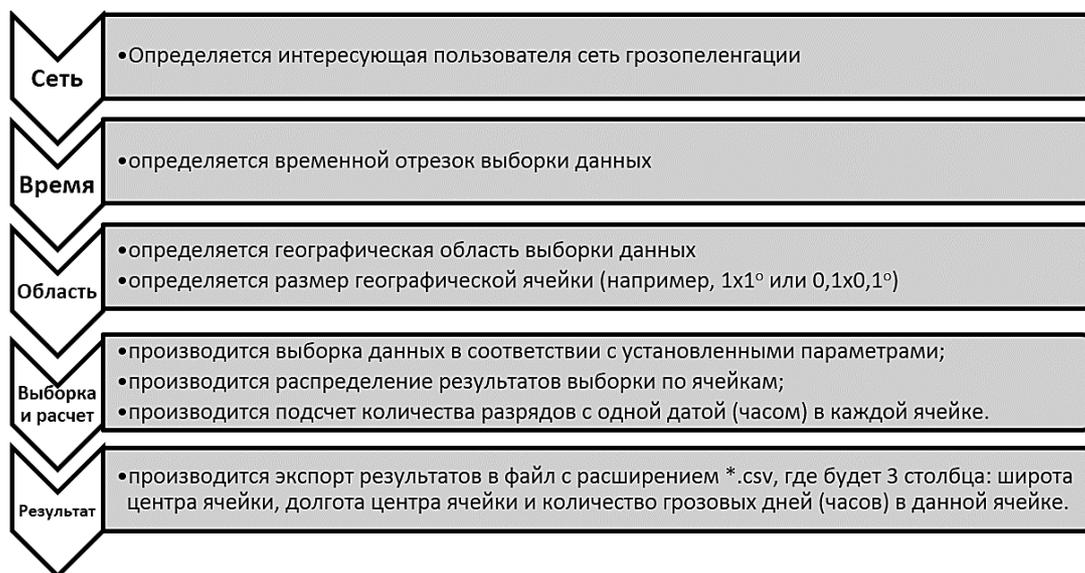


Рисунок 1 – Алгоритм расчета числа грозовых дней (часов)

В нашем случае была проведена выборка данных сети WWLLN с 2010 по 2018 год для территории Казахстана (40-56° С.Ш., 46-88 В.Д.) с сеткой 1x1°. Для каждого года была получена матрица 16x42 со значениями числа грозовых дней в году для каждой ячейки этой матрицы. Далее мы произвели усреднение числа грозовых дней для каждой ячейки за 9 лет, в результате чего получили 3 ряда данных: широта и долгота центра ячейки 1x1° и число грозовых дней для этой ячейки. День считался грозовым, если в данной ячейки было

зарегистрировано хотя бы 2 молнии, дни с единичными событиями исключались, как возможно ложные.

С помощью программы *Surfer* [4] была построена карта изолиний числа грозовых дней для Республики Казахстан.

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 2 приведен график числа гроз на территории Казахстана за 9 лет по данным сети WWLLN.

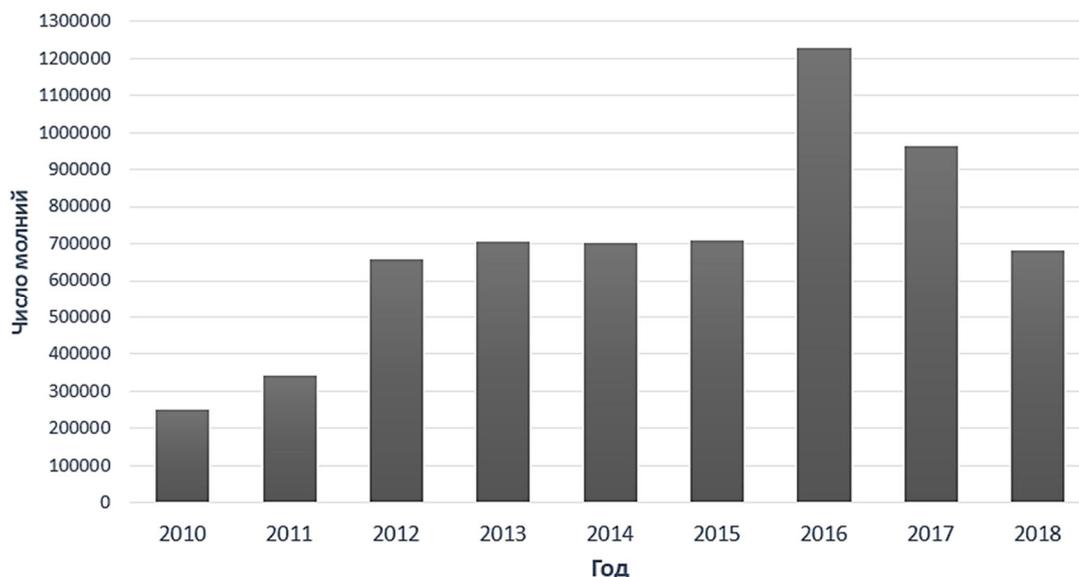


Рисунок 2 – Число гроз на территории Республики Казахстан с 2010 по 2018 годы по данным сети WWLLN

Были проведены количественные сравнительные оценки работы 2-х методов. Для этих целей были произведены подсчеты грозовых дней в году двумя методами для различных метеостанций Республики Казахстан и для 3-х временных периодов: 2010, 2014 и 2018 года. В таблице 1 приведены результаты этих подсчетов. Архивные метеоданные для подсчета грозовых дней методом ВСН были взяты с электронного ресурса <http://rp5.kz>.

Таблица 1 – Число дней с грозой для различных метеостанций Казахстана в 2010, 2014 и 2018 годах, полученные методом ВСН и по измерениям сети WWLLN

№ метеостанции	Наименование метеостанции	Число дней с грозой в год					
		2018 год		2014 год		2010 год	
		ВСН	WWLLN	ВСН	WWLLN	ВСН	WWLLN
36821	Баканас	31	31	8	15	30	18
28984	Щучинск	26	34	20	22	21	27
36403	Усть-Каменогорск	33	31	37	42	30	28
38328	Шымкент	20	26	22	24	42	37
38232	Аккудук	1	12	4	10	5	12
35108	Уральск	12	21	16	25	15	15
35746	Аральск	5	6	4	10	9	13
35394	Караганды	32	36	31	37	21	30
36859	Жаркент	25	57	15	43	31	44
36003	Павлодар	31	33	37	31	28	18

В таблице можно заметить, что для разных метеостанций сходимость результатов, полученных двумя методами довольно неплохая, за исключением метеостанции Жаркент, где они отличаются в 2-3 раза. По всей вероятности, это связано с тем, что это горный регион и видимость наблюдателя на метеостанции ограничена. В подобных случаях, инструментальные наблюдения имеют преимущество перед методом ВСН.

Также, были получены результаты среднегодового числа дней с грозой для метеостанции Усть-Каменогорск за период с 2010 по 2018 год. На рисунке 3 численно и графически показаны эти результаты.

Год	Число дней с грозой в год	
	ВСН	WWLLN
2010	21	30
2011	38	36
2012	38	44
2013	33	42
2014	31	37
2015	26	34
2016	36	49
2017	26	38
2018	32	36

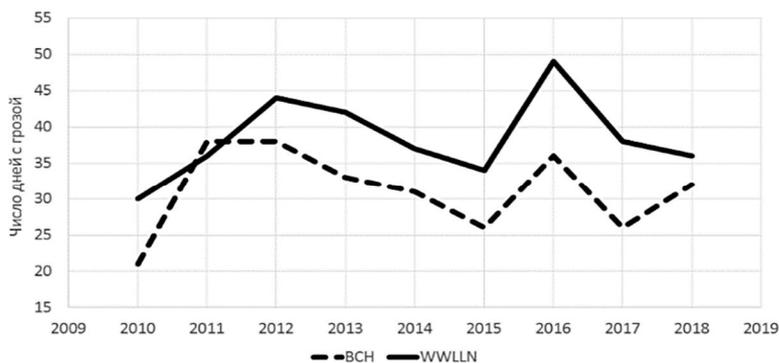


Рисунок 3 – Число дней с грозой для метеостанции Усть-Каменогорск с 2010 по 2018 год, полученные методом ВСН и по измерениям сети WWLLN

Из рисунка 3 видно, что результаты, полученные методом ВСН стабильно занижены на 20-30% по сравнению с данными сети грозопеленгации. Видимо, это связано с тем, что наблюдатель на метеостанции фиксирует только значительные и продолжительные события.

На рисунке 4 представлены карты изолиний среднегодового числа дней с грозой для территории Республики Казахстан по данным метода ВСН на метеостанциях РГП «Казгидромет» и по данным инструментальных измерений сети WWLLN.

На обеих картах наибольшее число грозовых дней в Казахстане приходится на горные районы и предгорья Северного Тянь-Шаня и Алтая и на Казахский мелкосопочник. Наименьшее число дней с грозой в Казахстане можно наблюдать в пустынных районах Кызылординской и Мангистаской областей. Однако, как уже было замечено в таблице 1, количественно, эти 2 метода дают немного различные оценки. Так, например, по данным РГП «Казгидромет» в южном прибалхашье грозы наблюдаются 5-15 дней в году, тогда как согласно данным сети WWLLN - 20-30 дней в году. В пустыне Арыскуп: до 5 дней и 10-15 соответственно.

Таким образом, можно сделать вывод, что в целом, результаты полученные обоими методами сопоставимы и инструментальные данные могут служить дополнением к метеонаблюдениям для незаселенных и труднодоступных территорий. Инструментальные измерения позволяют более детально оценить грозоопасность любых регионов Казахстана для различных применений, а база данных за 10 лет, позволяет более точно рассчитать среднегодовое число дней с грозой. Созданное в ИКТТ программно-математическое обеспечение для исследования атмосферно-литосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации позволяет провести быструю и качественную оценку грозоопасности для различных регионов планеты и различных временных промежутков.

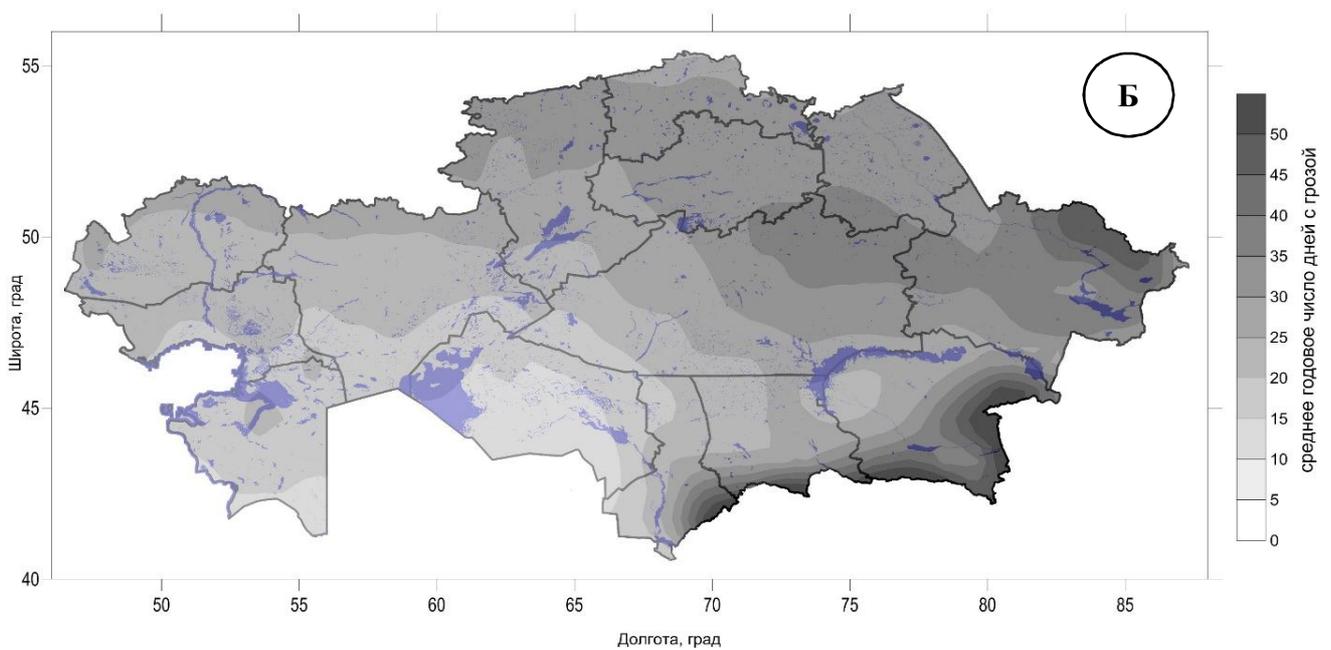
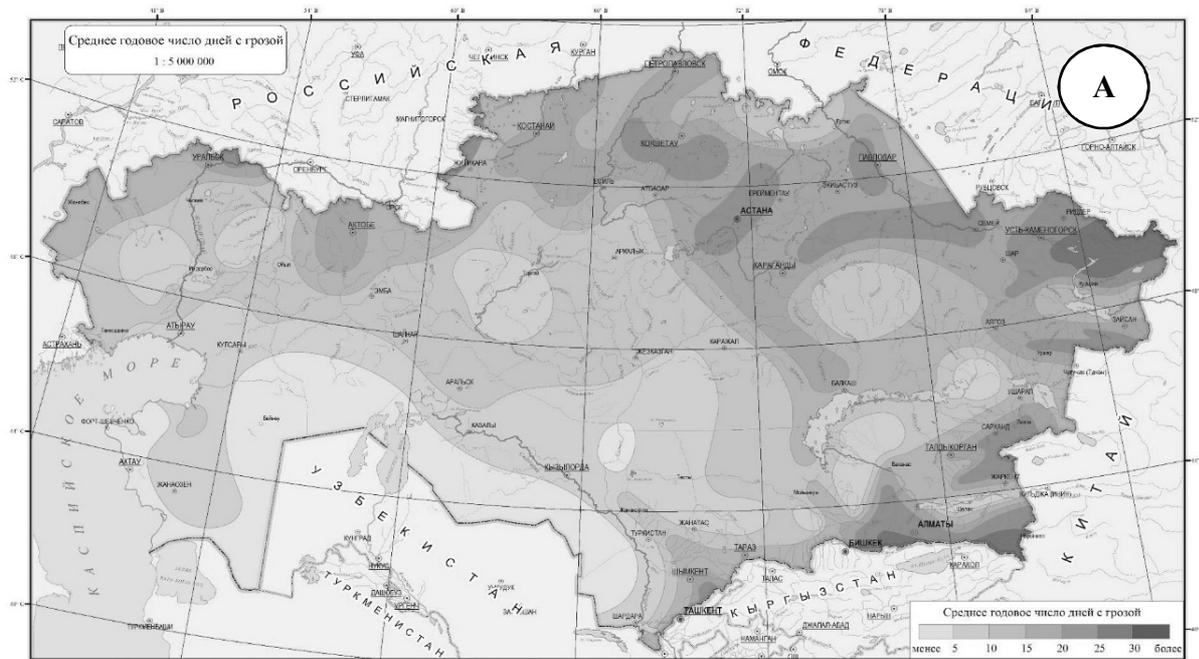


Рисунок 4 - Карты изолиний среднегодового числа дней с грозой для территории Республики Казахстан по данным визуально-слуховых наблюдениях на метеостанциях РГП «Казгидромет» (А) и по данным инструментальных измерений сети грозопеленгации WWLLN (Б).

*Работа выполнена в рамках республиканской бюджетной программы 008 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности», Подпрограмма 3 «Создания экспериментальных и опытных образцов космической техники, новых материалов и аппаратно-программных средств конечных потребителей с использованием космических технологий» «3.1. Разработка программно-математического обеспечения для исследования атмосферно-литосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации» (РН – 0118РК00817).*

### **Литература**

1. Электронный ресурс: <https://ru.sputniknews.kz/society/20170323/1841554/osobennosti-nacionalnoj-pogody-kazgidromet-raskryl-karty.html>
2. Электронный ресурс: <http://wwln.net>
3. Dowden R.L., Brundell J.B., Rodger C.J. VLF lightning location by time of group arrival (TOGA) at multiple sites // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, V.64, N7, 2002, p. 817-830.
4. Электронный ресурс: <http://www.godensoftware.com/products/surfer>

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Беркович Н.В.  
tenthbyte@gmail.com

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Работа посвящена разработке программы для анализа интенсивности скорости сейсмотектонических деформаций и концентрации трещин. Разработанная программа позволяет выполнять вычисления этих параметров, как по времени, так и в пространстве. При расчете распределения этих параметров в пространстве используется динамический подход – вычисления выполняются по сетке с заданным шагом и сдвигом. В качестве входных данных используется каталог сейсмических событий. Выходные данные, как результаты расчета, сохраняются в текстовых файлах. Получены распределения интенсивности скорости сейсмотектонических деформаций и концентрации трещин для земной коры Тянь-Шанского региона.*

*Ключевые слова:* землетрясение, земная кора, коэффициент трещиноватости, интенсивность сейсмотектонических деформаций, программа, классы.

Каждое землетрясение – это разрыв в неоднородном материале (земной коре). Деформации в коре накапливаются постепенно, приводя к локальному развитию разрывов. Изучение современных движений земной коры среди прочего связано с исследованием интенсивности сейсмотектонических деформаций, определяемой аналитически по данным о сейсмическом режиме. Важным представляется исследование не только интенсивности процесса деформации земной коры, но и процесса накопления в ней трещин, которое может привести к образованию магистрального разрыва - крупного землетрясения.

*Интенсивность скорости сейсмотектонических деформаций* (СТД) можно оценить с помощью выражения [1]:

$$I = \frac{1}{GTV} \sum_{\alpha=1}^N M_0^{(\alpha)}, \quad (1)$$

где  $G$  – модуль сдвига и для него значение принимается  $G=3 \cdot 10^{11}$  дин/см<sup>2</sup>,  $V$  – объем,  $T$  – время в годах. Для того чтобы определить интенсивность СТД можно выполнить непосредственное суммирование скалярных сейсмических моментов в пределах каждой ячейки согласно выражению. Известное эмпирическое выражение связывает скалярный сейсмический момент  $M_0$  в единицах дин·см с магнитудой землетрясения  $M$ :  $\lg(M_0) = 15.4 + 1.6M$  [2, 3]. Для того, чтобы перейти от класса землетрясения к магнитуде существует формула  $M=(K-4)/1.8$  [2, 3].

*Параметр концентрации трещин*  $K_{cp}$  имеет ясный физический смысл и представляет собой отношение среднего расстояния между сейсмогенными разрывами, произошедшими в некотором сейсмоактивном объеме  $V_0$  за время  $\Delta T$ , к их средней длине [4]:

$$K_{cp} = \mu^{-1/3} / l_{cp}, \quad (2)$$

где,  $\mu = V_0 / N$  – объемная плотность (концентрация) разрывов, идентифицируемая по произошедшим землетрясениям;  $l_{cp} = \frac{1}{N} \sum_j l_j$  – средняя длина разрыва по ансамблю трещин;

$N$  – общее число землетрясений в диапазоне энергетических классов  $[K_{min}, K_{max}]$ , произошедших в элементарном сейсмоактивном объеме  $V_0$  за время  $\Delta T$ ;  $l_j$  – длина единичного сейсмогенного разрыва, которая оценивается по формуле

$$\lg l_j = aK_j + c, \quad (3)$$

где  $K_j$  – энергетический класс (или магнитуда) землетрясения. В разных сейсмоактивных регионах коэффициенты  $a$  и  $c$  могут иметь различное значение.

Из опыта использования  $K_{cp}$  в ряде сейсмоактивных регионов мира следует, что наиболее удачный выбор значений коэффициентов [2, 3] –  $a = 0.244$ ,  $c = -2.266$ . В случае использования магнитуды вместо энергетического класса в выражении (3) вместо  $K_j$  можно подставить  $M$ , но при этом коэффициенты изменят значения на следующие:  $a = 0.440$ ,  $c = -1.289$ .

Целью данной работы является разработка программы для расчета вышеупомянутых параметров деформации земной коры. Расчет указанных параметров может быть выполнен, как в пространстве, так и во времени. В пространстве может быть выполнен расчет для отдельной территории (статический подход), либо определяется его изменение в пространстве (динамический подход).

**Разработка программы.** Для разработки программы BER\_DEFORMATION был использован язык C# и среда разработки Visual Studio. Язык C# позволяет использовать объектно-ориентированный подход в написании программ, и предоставляет мощную библиотеку классов для решения типовых задач. Среда Visual Studio предоставляет возможность создания простого и удобного графического интерфейса на платформе .NET с использованием технологии Windows Forms [5, 6].

*Входные данные* представляют собой каталог сейсмических событий, который должен содержать следующую информацию о землетрясении: дата, время (часы, минуты, секунды), широта, долгота, глубина, класс.

*Выходные данные* имеют различный формат в зависимости от анализируемого параметра, а также меняются в зависимости от анализа в пространстве или во времени.

Выходные данные расчета интенсивности деформации в пространстве включают координаты ячейки, для которой приводился расчет (долгота, широта) и значение интенсивности. Если расчет ведется по времени, то выходные данные включают значение года и соответствующее значение интенсивности.

Выходные данные расчета коэффициента трещиноватости в пространстве включают координаты ячейки, для которой приводился расчет (долгота, широта), значение коэффициента и количество событий, попавших в эту ячейку. Если расчет ведется по времени, то выходные данные включают год, для которого приводился расчет, значение коэффициента и количество событий, произошедших за это время.

Для решения задачи были разработаны классы. Диаграмма классов представлена на рис. 1.

Класс «Program» содержит метод «Main» являющийся точкой входа в программу.

Класс «Earthquake» содержит методы для создания экземпляров, хранящих информацию о землетрясениях.

Класс «Date» содержит методы для создания экземпляров, хранящих информацию о дате по формату (дд,мм,гггг).

Класс «Cell» содержит методы для создания экземпляров, хранящих координаты территории, на которой фиксировались землетрясения.

Класс «ProjectFunctions» содержит методы для обработки данных.

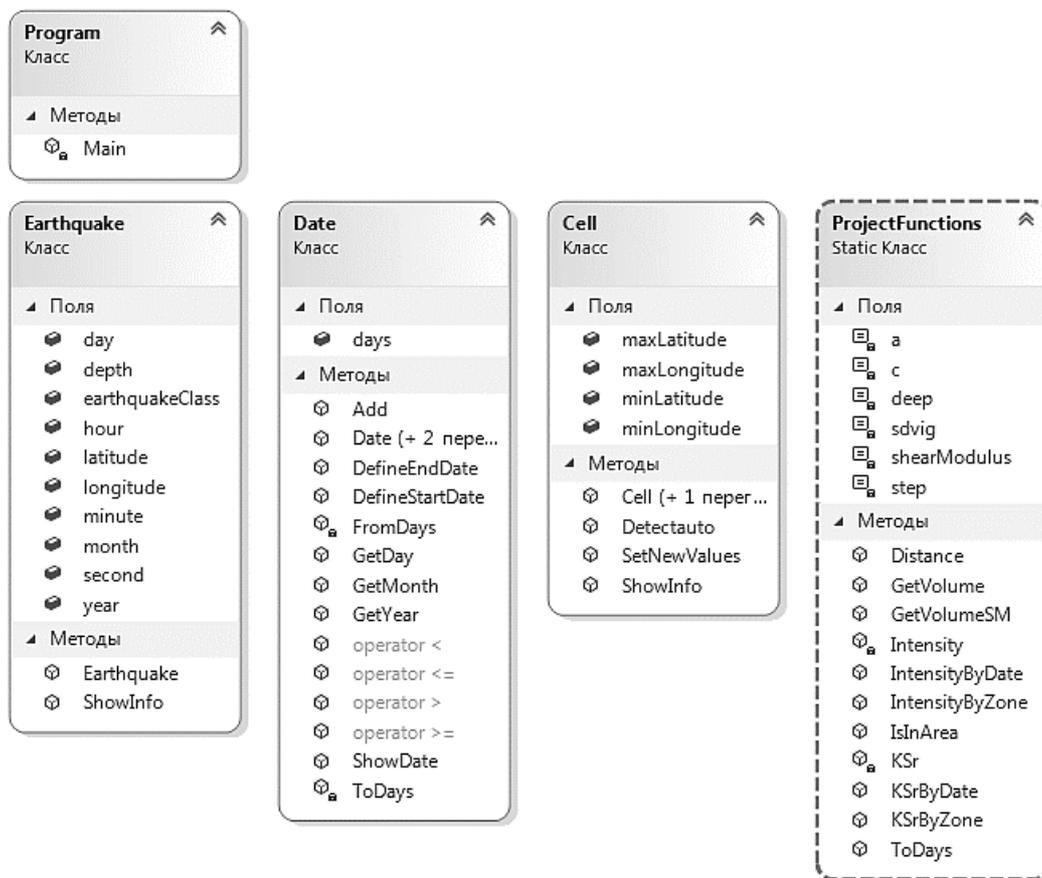


Рисунок 1 – Диаграмма классов программы BER\_DEFORMATION

Для отображения данных расчета в дальнейшем может быть использован пакет GMT (The Generic Mapping Tools). На рис. 2 представлена карта распределения интенсивности сеймотектонической деформации и коэффициента трещиноватости, для территории Тянь-Шаня.

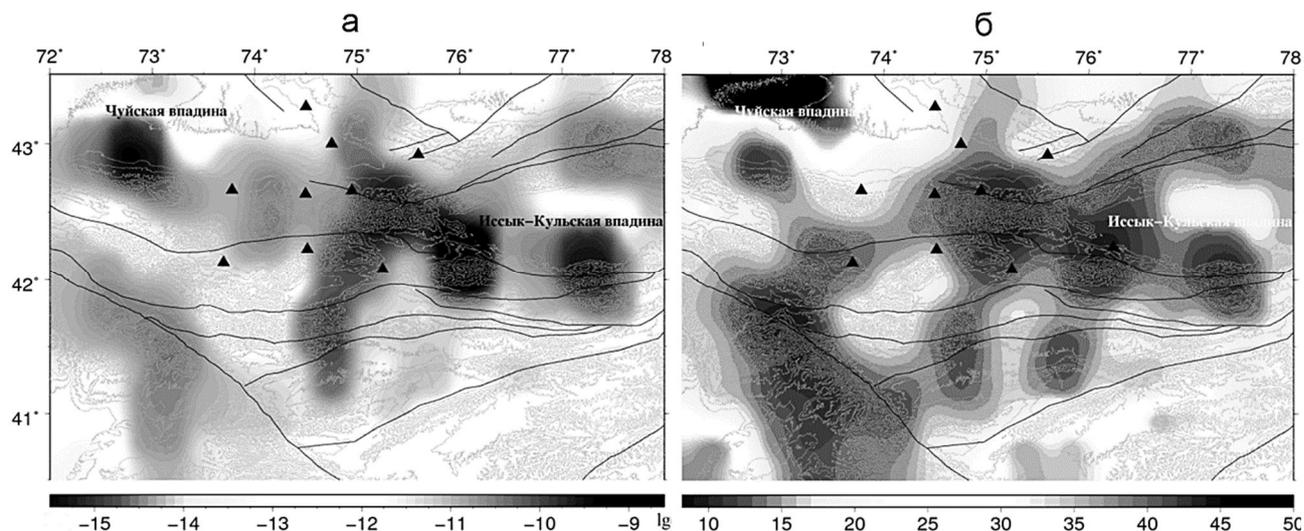


Рисунок 2 – Распределение логарифма интенсивности СТД (а) и  $K_{cp}$  (б) на территории Тянь-Шаня

**Заключение.** В результате выполненной работы была разработана программа BER\_DEFORMATION, предназначенная для расчета параметров деформации земной коры: интенсивности сеймотектонической деформации и параметра концентрации сейсмогенных

разрывов. Представлены результаты расчета этих параметров для земной коры Тянь-Шанского региона.

*Автор выражает благодарность своему научному руководителю Сычевой Нائلة Абдуллоевне за помощь в решении задачи.*

### **Литература**

1. Лукк А.А., Юнга С.Л. Сейсмоструктурная деформация Гармского района // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1979. № 10. С. 24–43.
2. Ризниченко Ю.В., Соболева О.В., Кучай О.А., Михайлова Р.С., Васильева О.Н. Сейсмоструктурная деформация земной коры юга Средней Азии // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1982. № 10. С. 90–104.
3. Ризниченко Ю.В. Проблемы сейсмологии. Избр. тр. М.: Наука. 1985. 408 с.
4. Соболев Г.А., Завьялов А.Д. О концентрационном критерии сейсмогенных разрывов // Докл. АН СССР. 1980. Т. 252. № 1. С. 69–71.
5. <https://metanit.com/sharp/tutorial/> Полное руководство по языку программирования C# 7.0 и платформе .NET 4.7
6. <https://metanit.com/sharp/windowsforms/> Руководство по программированию в Windows Forms

## СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТИВНОГО КОМПОНЕНТА МАГНИТОМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В НАПРЯЖЕНИЕ

Верзунов С.Н.

*verzunov@hotmail.com*

Институт автоматизации и информационных технологий Национальной академии наук,  
г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В статье рассматривается проблема определения параметров индуктивного компонента магнитометров и разрабатывается способ измерения на основе известного метода преобразования полного комплексного сопротивления в напряжение и его реализация на основе платы сбора данных Л КАРД Е 502. Индуктивный компонент магнитометров является активным элементом, так как в нем наводится значительная ЭДС индукции, оказывающая влияние на измерительные приборы. Для учета этой особенности предложено вычислять параметры таким образом, чтобы измеряемые значения полного комплексного сопротивления на разных частотах наилучшим образом соответствовали рассчитанным на основе выбранной схемы замещения.*

*Ключевые слова: магнитометр, измерение индуктивности, паразитная емкость, плата сбора данных.*

Проблема измерения параметров электротехнических компонентов очень часто возникает при конструировании, наладке и ремонте различных измерительных систем. Например, во многих устройствах катушка индуктивности используется для получения резонансной цепи, настроенной на определённую частоту, применяется в электронных балластах питания, радиоприёмных устройствах, фильтрах разделения частот и так далее. Иногда помимо значения индуктивности крайне желательно знать ещё и паразитную ёмкость катушки, а также ее активное сопротивление потерь. Измерение этих параметров может иметь самостоятельное значение в ходе экспериментальных работ. К примеру, для измерений неэлектрических величин, таких как температура, влажность, давление, ускорение, часто применяют резистивные, емкостные и индуктивные приемные преобразователи, в этом случае параметры измеряют для оценки значений неэлектрических величин [1]. Наконец, проблема определения всех параметров катушки индуктивности возникает при моделировании поведения различных приборов и систем [2, 3], например индукционных магнитометров в измерительных системах.

Для катушки индуктивности с ферромагнитным сердечником применяются различные схемы замещения с сосредоточенными параметрами. Правильность результатов расчета электрической цепи, содержащей индуктивность, во многом зависит от того, насколько выбранная схема замещения реальной катушки индуктивности соответствует принятым тем или иным допущениям и определяется влиянием побочных параметров на уравнения, связывающие между собой параметры режима работы и параметры схемы замещения при допущении идеальности источника ЭДС. Наиболее адекватной эквивалентной схемой замещения реальной катушки индуктивности является схема, показанная на рис. 1. Основным параметром это индуктивность  $L$  а, побочные параметры – сопротивления потерь  $R_c$ ,  $R_l$  и собственная емкость катушки  $C$ .

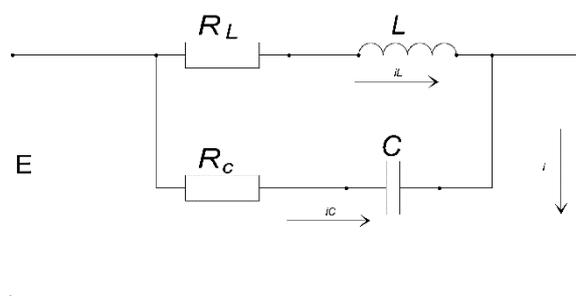


Рисунок 1 – Схема замещения катушки индуктивности

Оценка использования других схем замещения реальной катушки индуктивности приведена в работе [4]. Физический смысл сопротивления катушки переменному току  $R_c$  заключается в учете потерь в изоляции проводов и каркасе катушки. Они, в свою очередь, складываются из потерь в диэлектрике межвиткового конденсатора (межвитковые утечки и прочие потери, характерные для диэлектриков конденсаторов) и потерь, обусловленных магнитными свойствами диэлектрика (эти потери аналогичны потерям в сердечнике). Потери в сердечнике складываются из потерь на вихревые токи, потерь на перемагничивание ферромагнетика – на «гистерезис». Как известно, переменное магнитное поле индуцирует вихревые ЭДС в окружающих проводниках, например, в сердечнике, экране и в проводах соседних витков. Возникающие при этом вихревые токи (токи Фуко) становятся причиной потерь из-за омического сопротивления проводников [5]. Следует заметить, что в общем случае, для современных катушек общего применения потери в диэлектрике чаще всего достаточно малы, но для катушек индукционных магнитометров, ввиду большого количества витков и значительной межвитковой ёмкости, могут достигать значительной величины.

Кроме того, катушки индукционных магнитометров могут содержать несколько сотен тысяч витков и поэтому обладают, как правило, значительным активным сопротивлением, достигающим нескольких десятков тысяч Ом, и заметной паразитной ёмкостью. Особое значение имеет еще и то, что в катушке магнитометра с большим числом витков под действием электрического поля промышленной электрической сети наводится значительная ЭДС индукции, амплитудой до нескольких вольт, оказывающая значительное воздействие на измерительные приборы, построенные по мостовой схеме, и приводит к большой погрешности или невозможности измерения отдельных параметров катушки индуктивности. Это обуславливает необходимость разработки более совершенного метода измерений параметров таких катушек индуктивности, позволяющего учесть эту особенность.

Существуют три основных метода измерений: мостовой, резонансный и преобразования параметра во временной интервал или напряжение. При мостовом методе измеряемые полные сопротивления сравнивают с образцовыми сопротивлениями, отдельно регулируя действительную и мнимую части последних. Для сравнения используют четырехплечие, шестиплечие и трансформаторные мосты. Из-за сильных паразитных связей между элементами измерительных мостов такие приборы применяют преимущественно на низких частотах, например 1 кГц. При резонансном методе измеряемые реактивные параметры замещают образцовой емкостью, а потери определяют расчетным путем по изменению добротности измерительного контура. Измерители добротности позволяют измерять параметры  $L$ ,  $C$ ,  $R$  в широком диапазоне частот – от десятка килоггерц до долей гигагерц со значительной основной погрешностью 2–10 % и более [6].

Метод преобразования измеряемого параметра в напряжение в простейшем случае реализуют с помощью цепи, состоящей из измеряемого и образцового резистора, подключенной к источнику образцового напряжения. Измеряемое комплексное сопротивление катушки оценивают по падению напряжения на одном из резисторов. В микропроцессорных измерителях может быть получена погрешность 0.1 % в диапазоне частот 100 Гц... 10 МГц. Таким образом, измерители с преобразованием измеряемого сопротивления в напряжение имеют погрешность, соизмеримую с погрешностью мостовых схем, но

значительно проще по структуре. Очень важно, что такие измерители содержат образцовые элементы только в виде резисторов, в то время как в мостовых измерителях необходимы и образцовые конденсаторы [7].

Устройство для реализации способа преобразования полного сопротивления в напряжение состоит из таких основных узлов, как генератор, АЦП, фазовый детектор и МПС. Все эти узлы могут быть заменены устройством сбора данных Е502 производства «ЛКард» и программным обеспечением, осуществляющим сбор и анализ данных. Устройство сбора данных Л Кард Е502, представляющее собой универсальный 16 битный модуль ввода/вывода до 32-х аналоговых и 17-ти цифровых сигналов в компьютер через интерфейсы USB 2.0 (high-speed) и Ethernet (100 Мбит) с частотой преобразования до 2 МГц и возможностью их цифровой обработки в реальном времени. Кроме того, ООО «Л Кард» приветствует интеграцию своих модулей в различные системы [8].

Структурная схема предлагаемого устройства показана на рис. 2.

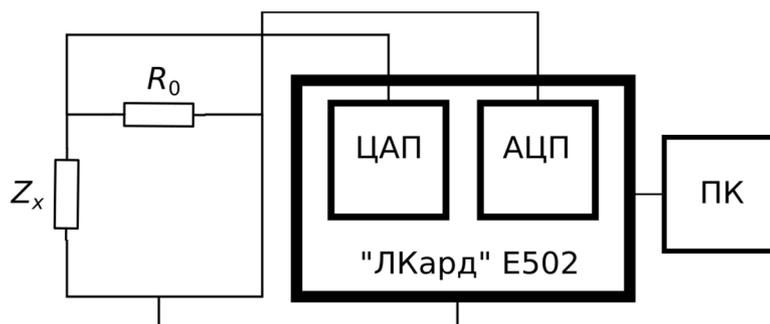


Рисунок 2 – Устройство для измерения параметров катушки индуктивности на базе платы сбора данных Л Кард Е502

Так как амплитуда напряжения ЦАП задается программно и АЦП имеет программируемые пределы измерения, необходимость в операционном усилителе отсутствует, и формула для вычисления полного комплексного сопротивления в связи с этим имеет вид:

$$Z_x = R_0(U_{z_x} - U_{R_0}) / U_{R_0}. \quad (1)$$

Напряжение  $U_{z_x}$  генерируется ЦАП устройства в режиме синхронного циклического вывода с аппаратно заданной частотой дискретизации, амплитуда, частота и фаза при этом известны, т.к. задаются программно, так что:

$$U_{z_x} = A_0 \sin(2\pi\nu t_0 + \varphi_0), \quad (2)$$

где  $A_0$  – амплитуда;  $\nu$  – частота;  $\varphi_0$  – фаза  $U_{z_x}$ ;  $t_0=0, \Delta t_0, 2\Delta t_0, 3\Delta t_0, \dots, \varphi_0=0$ . В формуле (2) возникает задача определения амплитуды и фазы измеренного с помощью АЦП напряжения  $U_{R_0}$ , которое можно представить в виде модели

$$\hat{U}_{R_0}(t_1) = A_1 \sin(2\pi\nu t_1 + \varphi_1), \quad (3)$$

где  $A_1$  – амплитуда;  $\nu$  – частота;  $\varphi_1$  – фаза напряжения  $\hat{U}_{R_0}$ ;  $t_1=0, \Delta t_1, 2\Delta t_1, 3\Delta t_1, \dots, p\Delta t_1$ , где  $\Delta t_1$  – известная частота дискретизации АЦП. Среднеквадратическая ошибка модели равна

$$E_p = \frac{1}{2} (U_{R_0,p} - \hat{U}_{R_0,p})^2 = \frac{1}{2} e_p^2, \quad (4)$$

где  $p=1, 2, \dots, n$  – количество измерений  $U_{R_0}$ .

Для нахождения  $A_1$  и  $\varphi_1$  таких, чтобы ошибка (4) была минимальна, нужно ввести определение суммарной среднеквадратической ошибки:

$$\Omega_n = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n E_p = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n e_p^2 = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n (U_{R_0} - \hat{U}_{R_0})^2.$$

Тогда задача определения амплитуды и фазы напряжения записывается как

$$\Omega_n \rightarrow \min_w,$$

где  $w = \{A_l \text{ и } \varphi_l\}$  – параметры модели (3) и она представляет собой типичную задачу многомерной оптимизации, при этом параметры модели находятся по итерационной формуле

$$w_{k+1} = w_k + \alpha_k \rho_k, \quad (5)$$

где  $w_k$  – параметры модели на предыдущей итерации  $k$ ;  $w_{k+1}$  – обновленные параметры модели;  $\alpha_k$  – длина шага;  $\rho_k = -B_k^{-1} \frac{\partial L_n}{\partial w_k}$ , где  $B_k$  – приближенное значение Гессиана.

Параметры  $\alpha_k$ ,  $B_k$  находятся на каждой итерации по методу Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно [9].

Для использования формулы (5) необходимы частные производные суммарной среднеквадратической ошибки

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Omega}{\partial w} &= \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n \frac{\partial E_p}{\partial w} = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n \frac{\partial E_p}{\partial \hat{U}_{R0,p}} \frac{\partial \hat{U}_{R0,p}}{\partial w} = \\ &= \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n - \left( U_{R0,p} - \hat{U}_{R0,p} \right) \frac{\partial \hat{U}_{R0,p}}{\partial w} = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n -e_p \frac{\partial \hat{U}_{R0,p}}{\partial w}. \end{aligned}$$

Частная производная по амплитуде и фазе соответственно равна

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{U}_{R0,p}}{\partial A_1} &= \sin(2\pi\nu_1 + \varphi_1), \\ \frac{\partial \hat{U}_{R0,p}}{\partial \varphi_1} &= A_1 \cos(2\pi\nu_1 + \varphi_1). \end{aligned}$$

Вычисления продолжаются до достижения заданной точности  $\varepsilon$  определения параметров  $A_l$  и  $\varphi_l$ , то есть тех пор, пока два последовательно полученных по итерационной формуле (5) значения амплитуды и фазы не будут отличаться друг от друга менее чем на  $\varepsilon$ .

Найдя с помощью формулы (5) значения  $A_l$  и  $\varphi_l$ , можно вычислить  $U_{R0} = A_l e^{i\varphi_l}$  и затем по формуле (1) найти  $Z_x$ . Таким образом, для множества заданных частот может быть найдено соответствующее значение  $Z_x$ .

Комплексное сопротивление схемы замещения, показанной на рис. 1, равно

$$\begin{aligned} \hat{Z}_x(\omega) &= \frac{(i\omega L + R_L) \left( \frac{1}{i\omega C} + R_C \right)}{i\omega L + R_L + \frac{1}{i\omega C} + R_C}, \quad (6) \\ \operatorname{Re}(\hat{Z}_x) &= \frac{(C^2 L^2 R_C) \omega^4 + (C^2 R_C^2 R_L + C^2 R_C R_L^2) \omega^2 + R_L}{(C^2 L^2) \omega^4 + (C^2 R_C^2 + 2C^2 R_C R_L + C^2 R_L^2 - 2LC) \omega^2 + 1}, \\ \operatorname{Im}(\hat{Z}_x) &= \frac{(C^2 L R_C^2 - C L^2) \omega^3 + (L - C R_L^2) \omega}{(C^2 L^2) \omega^4 + (C^2 R_C^2 + 2C^2 R_C R_L + C^2 R_L^2 - 2LC) \omega^2 + 1}, \end{aligned}$$

где  $\omega = 2\pi\nu$ . Среднеквадратическая ошибка равна:

$$E_s = \frac{1}{2} \left( \left[ \operatorname{Re}(Z_{x,s}) - \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s}) \right]^2 + \left[ \operatorname{Im}(Z_{x,s}) - \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s}) \right]^2 \right) = \frac{1}{2} \left( \operatorname{Re}(\mathbf{e}_s)^2 + \operatorname{Im}(\mathbf{e}_s)^2 \right),$$

где  $s = 1, 2, \dots, m$  – количество измерений  $Z_x$ . Суммарная среднеквадратическая ошибка равна

$$\begin{aligned} L_m &= \frac{1}{m} \sum_{s=1}^m E_s = \frac{1}{2m} \sum_{s=1}^m \left( \operatorname{Re}(\mathbf{e}_s)^2 + \operatorname{Im}(\mathbf{e}_s)^2 \right) = \\ &= \frac{1}{2m} \sum_{s=1}^m \left( \left[ \operatorname{Re}(Z_{x,s}) - \operatorname{Re}(\hat{Z}_{x,s}) \right]^2 + \left[ \operatorname{Im}(Z_{x,s}) - \operatorname{Im}(\hat{Z}_{x,s}) \right]^2 \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Рисунок 4 – Зависимость модуля полного сопротивления от частоты (50–200 Гц)

$$L_n \rightarrow \min,$$

Вычисленные с помощью формулы (5) параметры катушки индуктивности равны:  $C = 1.18126 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$ ,  $L = 0.618958 \text{ Гн}$ ,  $R_c = 8.2737 \text{ Ом}$ ,  $R_l = 1415.52 \text{ Ом}$ .

где  $w = \{L, C, R_c, R_l\}$  – параметры катушки индуктивности в формуле (6) и представляет собой также задачу многомерной оптимизации, при этом параметры модели находятся по той же итерационной формуле (5).

Параметры катушки индуктивности вычисляются по множеству измерений полного комплексного сопротивления на различных частотах и находятся исходя из наилучшего соответствия измеренным значениям в смысле минимума суммарного квадратического отклонения.

На рис. 3 показан пример измерения значений напряжения  $U_{R0}$  и вычисленных на основе формулы (3) значений  $\hat{U}_{R0}$  на частоте  $\nu = 2500 \text{ Гц}$ .

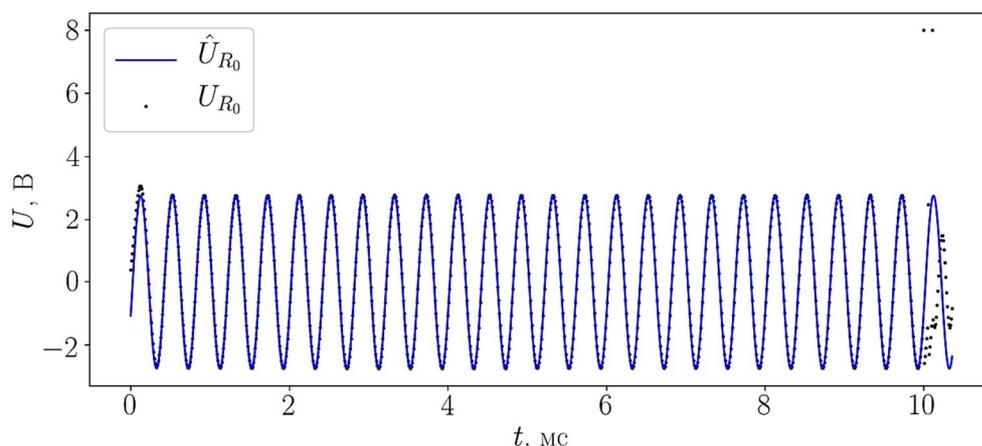


Рисунок 3 – Пример измерения значений  $U_{R0}$

Найденные значения фазы и амплитуды оказались равными:  $\varphi_1 = 0.403 \text{ рад}$ ,  $A_I = 2.759 \text{ В}$ . Из рис. 3 можно видеть, что этот способ определения амплитуды и фазы с помощью оптимизационного метода Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно хорошо справляется с различного рода помехами, вызванными переходными процессами (рис. 4, слева), электромагнитными возмущениями (рис. 3, справа), а также возможными потерями данных в канале связи (рис. 3, справа сверху). Достигается это за счет того, что амплитуда и фаза вычисляются по многим измерениям, исходя из наилучшего соответствия измеряемым данным в смысле минимума суммарной среднеквадратической ошибки. Кроме того предложенный метод позволяет легко контролировать точность определения параметров за счет простого изменения условия окончания вычислений по формуле (5).

На рис. 4, 5 показан пример определения параметров катушки индуктивности по четырехэлементной схеме замещения (рис. 1) на частотах 50–200 Гц. Среднеквадратическая ошибка, вычисленная по формуле (7),  $E_s = 71.595 \text{ Ом}^2$ .

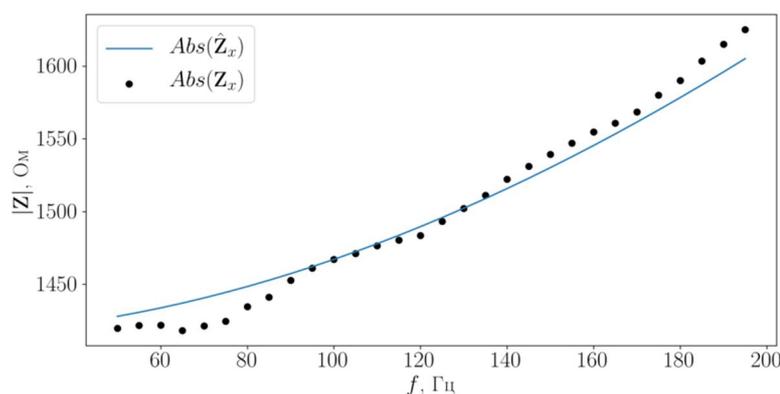


Рисунок 4 – Зависимость модуля полного сопротивления от частоты (50–200 Гц)

Вычисленные с помощью формулы (5) параметры катушки индуктивности равны:  $C = 1.18126 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$ ,  $L = 0.618958 \text{ Гн}$ ,  $R_c = 8.2737 \text{ Ом}$ ,  $R_l = 1415.52 \text{ Ом}$ .

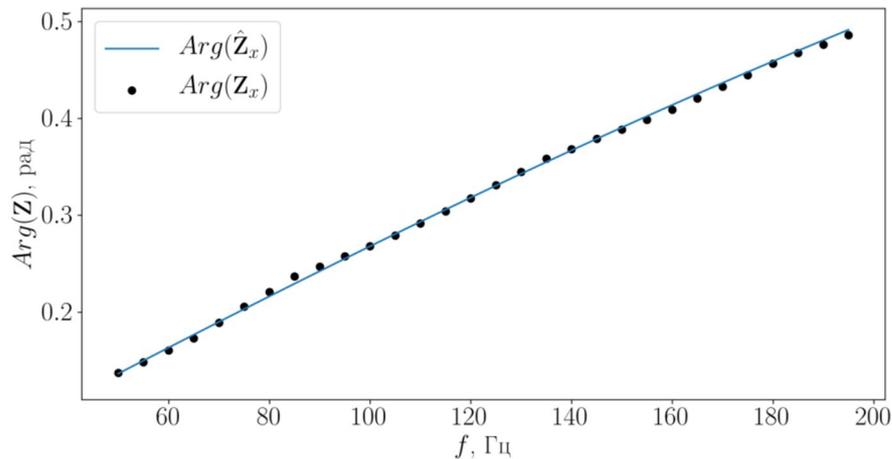


Рисунок 5 – Зависимость фазы полного сопротивления от частоты (50–200 Гц)

Активное сопротивление, измеренное вольтметром В7-22А,  $R_l = 1381 \text{ Ом}$ , т.е. ошибка составляет не более 2.5 %. Несмотря на то, что полученная ошибка измерения достаточно велика, предложенный способ определения параметров катушек индуктивности позволяет определить не только активное сопротивление, но и индуктивность, паразитную емкость, а также ее сопротивление переменному току, в то время как серийные приборы, предназначенные для этой цели, например цифровой измеритель L,C,R E7-12, не позволяют этого сделать ввиду того, что катушка индуктивности магнитометра с большим числом витков является активным элементом, в котором генерируется значительная ЭДС индукции, оказывающая влияние на работу приборов [10].

Таким образом, в работе рассмотрены различные методы измерения параметров катушек индуктивности и предложен способ определения параметров катушек магнитометров на основе существующего метода преобразования полного комплексного сопротивления в напряжения и его реализация на основе платы сбора данных Л Кард Е502. Рассмотрен способ определения амплитуды и фазы измеряемого напряжения, основанный на минимизации среднеквадратического отклонения между измеряемым напряжением и моделью гармонического сигнала. Показано, что этот способ хорошо справляется с различного рода помехами. В работе решена проблема измерения параметров активной катушки индуктивности, на которую воздействуют фоновые электромагнитные поля. В предложенном способе это влияние нивелируется тем, что параметры катушки индуктивности вычисляются по множеству измерений полного комплексного сопротивления на различных частотах и находятся исходя из наилучшего соответствия измеренным значениям в смысле минимума суммарного квадратического отклонения.

## Литература

1. Чечет П.Л. Программная реализация измерения индуктивности с учётом паразитной ёмкости // Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. 2012. № 6 (75). С. 152-155.
2. Асанов С.М., Ниязова Г.Н., Сатаркулов К. Моделирование электромагнитных взаимодействий смежных ЛЭП на основе метода переменных состояний // Проблемы автоматизации и управления. 2015. № 1 (28). С. 231-236.
3. Брякин И.В., Денисов, Г.С. Феррозондовый датчик с упругим возбуждением сердечника // Проблемы автоматизации и управления. 2017. № 1 (32). С. 50–59.

4. Ковязин В.А. и др. Анализ применения схем замещения катушки индуктивности в расчетах электрических цепей постоянного тока / В.А. Ковязин, В.П. Кобазев, Л.И. Иванова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Донецьк. 2008. Вып.8 (140). С. 55–57.
5. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники: учеб. 5-е изд., стереотип. СПб.: Лань. 2003. 367 с.
6. Лушин Е.В., Долгов А.Н. Способы измерения индуктивности // Приволжский научный вестник. 2013. № 2-12(28). С. 36–40.
7. Методы электрических измерений / Л.Г. Журавин и др. Л.: Энергоатомиздат. 1990. 288 с.
8. [http://www.lcard.ru/download/e-502\\_users\\_guide.pdf](http://www.lcard.ru/download/e-502_users_guide.pdf) (дата обращения 02.10.18).
9. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 42 с.
10. Верзунов С.Н. Способ измерения параметров катушек индуктивности магнитометров и его реализация на основе платы сбора данных Л Кард Е 502 // Проблемы автоматизации и управления. 2018. № 2 (35). С. 94-102.

## НАУЧНОЕ РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ В ПУБЛИКАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ И В КАРЬЕРЕ УЧЕНЫХ

Гуреев В.Н.

*GureyevVN@ipgg.sbras.ru*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, Российская Федерация  
Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

*Рецензирование научных рукописей является основой публикационного процесса и призвано гарантировать качество проведенного исследования и публикуемых материалов. Большинство решений по финансированию в науке и научному продвижению ученых основано на рецензируемых публикациях, что подчеркивает актуальность рецензирования. Кроме того, оно приобретает особенно важное значение в условиях роста числа недобросовестных журналов и увеличения нагрузки на рецензентов из-за усложнения научных исследований. В докладе представлена информация о текущем состоянии рецензирования, его основных типах с описанием их преимуществ и недостатков, тенденциях развития научного рецензирования, приведена типовая структура современной рецензии. Поскольку рецензирование является значимым этапом в карьере научных сотрудников, отдельное внимание уделено особенностям работы рецензента. В частности, рассмотрены функции и сфера ответственности рецензентов, их обязательства перед читателями, авторами и редакторами журналов, описаны устоявшиеся правила написания рецензий, рассмотрены проблемы конфликта интересов при написании научных рецензий.*

*Ключевые слова: рецензирование, научные публикации, Publons, редакционная коллегия, научный журнал.*

Рецензирование (в английском языке для его обозначения равнозначно используются термины peer review и refereeing) представляет собой проверку идей ученого и оценку качества его научной работы другими экспертами в той же области знаний. Рецензируемые публикации являются основным доказательством факта и индикатором качества проведенного исследования, и рецензирование должно гарантировать выход в печать только тех работ, которые прошли определенную проверку и отвечают высоким публикационным стандартам. Кроме того, качество процесса рецензирования оказывает первостепенное влияние на репутацию журнала, его формальные показатели, включая импакт-фактор и рейтинговую позицию в тематической области [1]. Несмотря на значительные изменения последних десятилетий в системе производства, обработки, хранения и распространения научной информации, приведшие к значительному пересечению функций издателей, научного сообщества и академических библиотек [2, 3] и появлению моделей открытого доступа [4], рецензирование продолжает оставаться основным механизмом оценки качества научных исследований, влияющим на финансирование, прием на работу и карьерный рост исследователей.

**Обязательства рецензентов.** Основное обязательство рецензентов перед читателями научных публикаций сводится к гарантированию качества и воспроизводимости научных результатов, а также соблюдения авторами принципов публикационной этики, которые включают отсутствие в публикации плагиата, сфальсифицированных или сфабрикованных данных. В обязательства рецензентов перед авторами рукописей входят своевременное предоставление обоснованных комментариев о результатах научного исследования,

уклонение от критики в пользу указания на пути совершенствования рукописи, объективность оценки, которая предполагает отсутствие конфликта интересов и равное отношение к авторам из разных стран, разных национальностей и пр., соблюдение конфиденциальности публикационного процесса. К обязательствам рецензентов перед редакторами относятся быстрый ответ на приглашение, независимо от того, принимает или отклоняет ученый это приглашение. Рецензент должен быть экспертом по теме рукописи или сообщить редактору, в каких разделах он не может гарантировать достоверность анализируемой рукописи. В случае конфликта интересов при рассмотрении рукописи рецензенту необходимо уведомить об этом редактора (например, редакции некоторых научных журналов требуют отклонять приглашения в случае работы рецензента с авторами в одной организации или в случае, если авторы являются конкурентами рецензента). Кроме того, рецензент обязан выполнять работу в обозначенные сроки и предупреждать редактора в случае, если сроки не могут быть соблюдены, а также должен указывать на выявленные случаи нарушения авторами публикационной этики.

**Значение рецензирования в публикационном процессе.** К основному фактору роста значимости рецензирования в настоящий момент относится существенное ежегодное увеличение числа научных публикаций, требующих экспертизы перед изданием [5, 6]. На рис. 1 представлены полученные нами данные по увеличению числа рецензируемых статей в библиографической базе данных Web of Science Core Collection, начиная с 1980-го года. Частично рост объема публикаций связан с увеличением числа рецензируемых изданий. Тем не менее, он обуславливает большую, чем прежде, нагрузку на рецензентов, притом что в последние годы увеличивается доля отклонения учеными приглашений от редакторов прорецензировать рукопись [7].

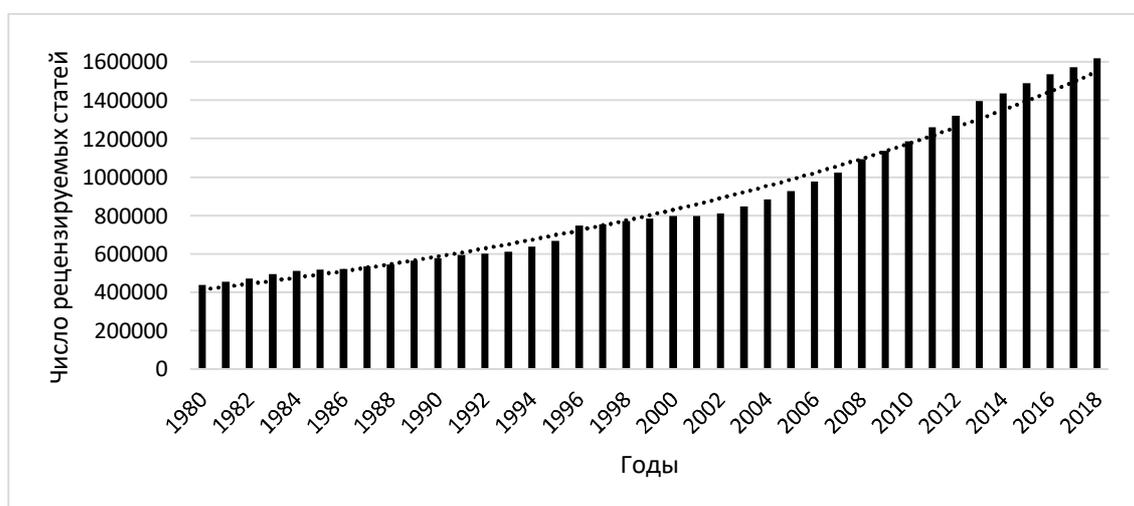


Рисунок 1 – Рост числа рецензируемых публикаций по базе данных Web of Science Core Collection (Clarivate Analytics) с 1980 по 2018 год

К дополнительным факторам, подчеркивающим значимость научного рецензирования на текущем этапе развития науки, относится усложнение исследований и рост связей между различными дисциплинами, что обусловило политематический характер современной науки. Как следствие, для рецензирования публикаций на настоящем этапе требуется большее число экспертов. При значительном росте числа публикаций (рис. 1) и журналов [3, 8] еще более быстрыми темпами растет число подаваемых в научные журналы рукописей. Соответственно, обеспечение качества и достоверности публикуемых материалов в последние годы требует более интенсивной работы существующих рецензентов или привлечения новых экспертов к

данному виду научной деятельности, а рост числа рецензий должен соответствовать росту числа рукописей.

Особую роль рецензирование приобретает в условиях роста числа недобросовестных (хищнических) журналов [9, 10], основной характеристикой которых является отсутствие системы рецензирования [11] в пользу быстрого (и часто – платного) опубликования непроверенных результатов.

**Мотивации рецензентов.** Согласно данным исследования, проведенного подразделением Publons компании Clarivate Analytics на материале баз данных Web of Science и платформы для подачи рукописей ScholarOne (также являющихся информационными продуктами Clarivate Analytics), в настоящий момент ученые руководствуются следующими мотивациями при принятии приглашения прорецензировать рукопись [7]:

- для 40,8 % рецензирование является частью их исследовательской работы;
- для 35,1 % это «оплата» за то, что рецензируют их собственные рукописи;
- 32,9 % находят в рецензировании способ знакомиться с новейшими исследованиями по их тематике;
- для 32,9 % ученых рецензирование важно, поскольку обеспечивает качество и достоверность публикаций;
- для 17,5 % это добровольный вклад в свою область исследований;
- 13,9 % используют работу рецензентами для повышения собственного авторитета и карьерного роста;
- 13,5 % рецензирование помогает улучшить навыки написания собственных статей (хотя прямой зависимости между опытом рецензирования и публикационной активностью не выявлено [12]);
- 11,9 % используют рецензирование для налаживания сотрудничества с журналом и редакционной коллегией.

Основными причинами отклонения учеными приглашений написать рецензию на рукопись являются несоответствие области специализации и нехватка времени.

**Значение платформы Publons в современной системе рецензирования.** Отдельно стоит указать на роль платформы Publons в процессах современного рецензирования, поскольку данная система впервые позволила в автоматизированном режиме учитывать и оценивать труд рецензентов, создав предпосылки для создания нового показателя оценки эффективности работы научных сотрудников, что может стать дополнительным стимулом к рецензированию в условиях востребованности этой работы. Поскольку Publons сотрудничает практически со всеми крупными издательствами и журналами и является подразделением Clarivate Analytics, владеющей базами данных Web of Science, системой авторской идентификации ResearcherID и платформой для взаимодействия авторов, рецензентов и редакторов ScholarOne, возникла возможность интегрировать все эти информационные продукты. Главным результатом такой интеграции стало потенциальное ускорение процессов рецензирования. На рис. 2 схематично представлены публикационные процессы, где наиболее затратные по времени этапы выделены цветом.

Publons предоставляет редакторам научных журналов информацию о более чем 700 тысячах зарегистрированных рецензентов, а научным сотрудникам, желающим стать рецензентами, дает возможность связаться с заинтересовавшим их журналом, что способствует более быстрому прохождению наиболее затратных по времени стадий рецензирования. Исследователи обращали внимание, что этнические, возрастные, гендерные и прочие различия в составе членов редколлегии журнала, рецензентов и коллектива ученых в целом, оказывают влияние на опыт, методологические установки и образ мышления научных сотрудников, что обогащает участников научной коммуникации и приводит к более эффективным научным результатам и увеличению знаний [13]. В этом смысле Publons формирует новую систему, способную вовлечь в публикационный процесс научных сотрудников, организации и страны, ранее отстоявшие в стороне, в отличие от прежней модели, при которой редакторы опирались в основном на круг личных знакомств [14, 15].

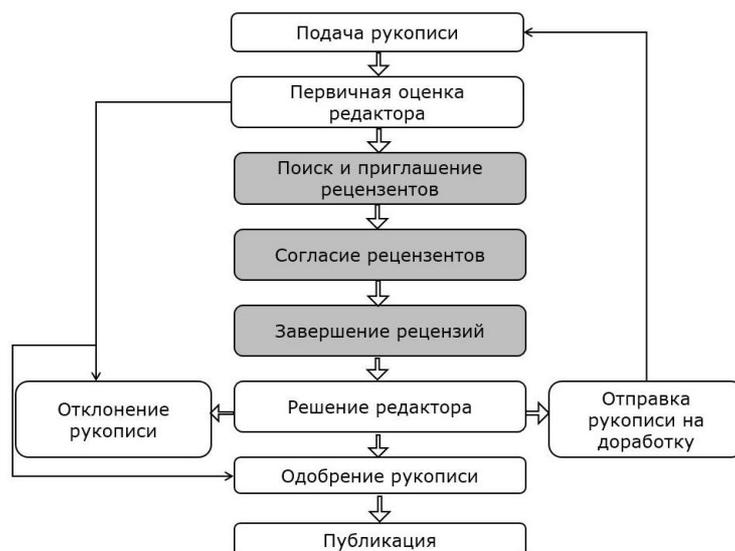


Рисунок 2 – Этапы публикационного процесса в научных журналах

**Типы научного рецензирования.** К настоящему моменту сформировалось несколько типов рецензирования, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. К наиболее старым, закрытым (анонимным) типам относят:

а) *одиночное слепое (single-blind) рецензирование*, при котором автор не знает рецензента, но рецензенту открыта информация об авторе. Данный тип распространен в области точных и естественных наук. К положительным сторонам одиночного анонимного рецензирования можно отнести бóльшую информированность рецензента о направлениях и уровне работы автора, то есть большее количество данных для качественной оценки рукописи. Кроме того, анонимность позволяет рецензенту быть более свободным и откровенным в оценке качества материалов. К негативным моментам относятся возможное нарушение конфликта интересов, при котором рецензент может дать отрицательную оценку результатам своего конкурента или использовать прочитанные результаты в своих личных целях;

б) *двойное слепое (double-blind) рецензирование*, при котором ни автор, ни рецензент не получают информацию друг о друге. Этот тип рецензирования распространен в общественных и гуманитарных науках. Природа двойного слепого рецензирования исключает любые потенциальные конфликты интересов, однако такой тип рецензирования достаточно трудно обеспечить, особенно в узких областях знаний. Как следствие, время рецензирования существенно увеличивается;

в) *тройное слепое (triple-blind) рецензирование*, при котором информация об участниках публикационного процесса закрыта и от редактора, и от рецензента, и от автора.

С распространением системы открытого доступа к научной информации появляются новые модели открытого рецензирования, включая:

а) *открытые стороны (open identities)*, при котором автор и рецензент проинформированы друг о друге;

б) *открытые рецензии (open reports)*, при котором рецензия публикуется вместе со статьей.

Положительными сторонами открытого рецензирования является полная прозрачность всех публикационных процессов. К отрицательным моментам относится низкая доля ученых, которые соглашаются на открытое рецензирование, а также смещенность в сторону положительных оценок рукописи, так как нежелание ученых вызвать враждебное к себе отношение со стороны авторов ведет к меньшей критичности и объективности.

Дополнительно выделяют новый тип рецензий на уже опубликованные рукописи, так называемые *post-publication review* в противоположность обычным рецензиям *pre-publication review*, предворяющим публикацию статей. Особую актуальность этот тип приобретает для

оценки публикаций в открытых репозиториях, где отсутствует традиционная система предварительного рецензирования рукописей.

**Основное содержание рецензии.** В табл. 1 схематично указаны пункты оценки различных частей рукописи наиболее распространенного типа Original article, рекомендуемые компанией Publons в ее образовательном модуле для начинающих рецензентов Publons Academy (<http://publons.com/community/academy>).

Таблица 1 – Содержание научной рецензии, рекомендуемое начинающим рецензентам в образовательном модуле Publons Academy (перевод наш)

Раздел рукописи	Основные пункты, которые необходимо отразить в рецензии
Аннотация, заглавие и ссылки	Четко ли изложена цель исследования? Ясно ли изложены результаты и то, как они получены? Насколько информативно и релевантно содержанию название рукописи? Являются ли ссылки релевантными, современными и оформленными по правилам журнала? Не упущены ли ключевые исследования по теме?
Введение	Четко ли указано, что уже изучено по теме исследования? Насколько точно сформулированы основные положения исследования? Оправдано ли решение поставленных задач с учетом того, что уже сделано в области исследования?
Методы	Ясно ли описан процесс формирования выборки? Ясно ли обозначены показатели и пути их получения? Являются ли методы обоснованными и достоверными? Достаточно ли приведено деталей для повторения исследования?
Результаты	Насколько точно представлены данные? Четко ли представлены рисунки и таблицы и соответствуют ли они содержанию? Верно ли представлены единицы, округления, десятичные знаки? Насколько понятно и корректно обозначены названия рисунков и таблиц, столбцов и рядов? Верно ли сгруппированы категории? Добавляет ли текст раздела «Результаты» новую информацию к рисункам и таблицам или просто повторяет их данные? Насколько статистически и практически значимы результаты?
Обсуждение и выводы	Насколько объективно обсуждаются результаты и насколько точно они соотносятся с содержанием? Нет ли переоценки результатов? Есть ли в заключении ответ на поставленную цель исследования? Подтверждаются ли выводы ссылками и результатами? Не ставят ли ограничения исследования под сомнение его результаты? Или, напротив, они формируют основу для будущих исследований?
Итог	Способствует ли структура исследования достижению его цели? Что добавляет исследование в корпус знаний, к которым оно относится? Каковы основные недостатки рукописи и нет ли противоречий в ее разделах?

Содержательную часть рецензии, как правило, предваряет общая оценка рукописи на предмет соответствия целям и тематике журнала, соответствия типу публикуемых в издании материалов и правилам для авторов. Описательная часть рецензии содержит общие замечания (General comments) и специальные комментарии (Special/Minor comments). В общих замечаниях приводится краткая оценка и общее впечатление рецензента от рукописи, чтобы

автор мог оценить, как его работа будет восприниматься потенциальными читателями. В общих комментариях подтверждаются положительные и выявляются слабые стороны рукописи и дается детальная оценка соответствию рукописи целям журнала, оценка значимости (актуальности и новизны), качества исследования (представительность выборки, достоверность и воспроизводимость), точности методологии, структуры статьи (обычно формата IMRAD – **I**ntroduction, **M**ethods, **R**esults and **D**iscussion), соотносительности частей и списка литературы (новизна и релевантность). Как уже отмечалось выше, в обязанности рецензента входит указание на пути совершенствования работы и на части, нуждающиеся в доработке. К небольшим замечаниям, как правило, относят замечания по стилю и языку рукописи, качеству изложения и точности использования научной терминологии, точности стиля цитирования, соответствию ссылок в тексте и в списке литературы, соответствию оформления и структуры рукописи принятым в журнале стандартам и др. По результатам рецензии в некоторых случаях от рецензента требуется дать одну из трех стандартных рекомендаций по рукописи – принять, отклонить или отправить на доработку (существенную или незначительную); чаще решение принимает главный редактор журнала.

В докладе рассмотрена роль рецензирования научных рукописей на современном этапе развития науки. Показано, что несмотря на значительные изменения последних десятилетий, произошедшие в научном и публикационном сообществах, рецензирование продолжает оставаться основным инструментом оценки качества публикуемых материалов и гарантом достоверности исследований, а замечания рецензентов являются основным источником совершенствования научных публикаций. Однако и сама система рецензирования претерпевает изменения. В частности появляются и набирают популярность новые типы рецензий, к работе привлекаются новые ученые, организации и страны, прежде находившиеся на периферии публикационных процессов, труд рецензентов впервые за многие столетия стал поддаваться верификации и оценке, создав предпосылки для разработки новых показателей эффективности деятельности научных сотрудников. Труд научного рецензента, в основном неоплачиваемый, отнимает много ресурсов и времени, которые ученые могут тратить на собственные исследования, но именно эта работа продолжает поддерживать высокое качество научных исследований и подтверждает профессионализм ученых.

**Благодарности.** *Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 19-011-00531.*

## Литература

1. Белая книга Совета научных редакторов о соблюдении принципов целостности публикаций в научных журналах. Обновленная версия 2012 г. / Комитет по редакционной политике (2011–2012); пер. с англ. к.п.н. В.Н. Гуреева под ред. к.т.н. Н.А. Мазова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та. 2016. 132 с.
2. Meadows A. Librarians and Societies and Publishers – Oh My! 2013. URL: <http://scholarlykitchen.sspnet.org/2013/04/03/librarians-and-societies-and-publishers-oh-my> (дата обращения: 14.02.2019).
3. Mabe M. The growth and number of journals // *Serials*. 2003. V. 16. № 2. P. 191–197.
4. Лакизо И.Г., Подкорытова Н.И., Босина Л.В. Ресурсы открытого доступа как объект формирования фондов академических библиотек. (Опыт ГПНТБ СО РАН) // *Научные и технические библиотеки*. 2019. № 5. С. 78–93.
5. Bornmann L., Mutz R. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references // *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2015. V. 66. № 11. P. 2215–2222.
6. Larsen P.O., von Ins M. The rate of growth in scientific publication and the decline in coverage provided by Science Citation Index // *Scientometrics*. 2010. V. 84. № 3. P. 575–603.
7. Global state of peer review. Wellington: Publons. 2018. 61 p.

8. Mabe M., Amin M. Growth dynamics of scholarly and scientific journals // *Scientometrics*. 2001. V. 51. № 1. P. 147–162.
9. Bartholomew R.E. Science for sale: The rise of predatory journals // *Journal of the Royal Society of Medicine*. 2014. V. 107. № 10. P. 384–385.
10. Lukić T., Ivana B., Biljana B., Ljubica I.B., Dragan M., Dušan S. Predatory and fake scientific journals/publishers—a global outbreak with rising trend: A review // *Geographica Pannonica*. 2014. V. 18. № 3. P. 69–81.
11. Beall J. What I learned from predatory publishers // *Biochemia Medica*. 2017. V. 27. № 2. P. 273–278.
12. Ortega J.L. Are peer-review activities related to reviewer bibliometric performance? A scientometric analysis of Publons // *Scientometrics*. 2017. V. 112. № 2. P. 947–962.
13. Harzing A.W., Metz I. Practicing what We Preach: The Geographic Diversity of Editorial Boards // *Management International Review*. 2013. V. 53. № 2. P. 169–187.
14. Feldman D.C. Building and Maintaining a Strong Editorial Board and Cadre of Ad Hoc Reviewers / Opening the Black Box of Editorship. London: Palgrave Macmillan UK. 2008. P. 68–74.
15. Mazov N.A., Gureev V.N. The editorial boards of scientific journals as a subject of scientometric research: A literature Review // *Scientific and Technical Information Processing*. 2016. V. 43. № 3. P. 144–153.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Гусакова В.А., Хмелёва И.В.

*Gu\_viktoria@mail.ru, hmelevai@gmail.com*

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В данной статье рассмотрена необходимость разработки и внедрения мобильного приложения, с целью повышения эффективности работы торгового предприятия, оптимизирующего информационные потоки, процессы информационного обмена, повышение скорости обслуживания клиентов, улучшения качества ведения учета и как следствие повышение конкурентоспособности предприятия. Описаны функциональные блоки, внедрения и интеграции мобильного приложения в бизнес-процессы предприятия. Раскрываются проблемы, возникающие в большинстве случаев при внедрении и использования мобильного приложения, а также описываются рекомендации по их решению.*

**Ключевые слова:** *мобильное приложение, повышение эффективности, внедрение, конкурентоспособность предприятия, разработка, бизнес-процессы, управление торговлей.*

Экономическая картина современного мира характеризуется активно развивающимися инновациями, причем частота этого процесса постоянно увеличивается. Инновационная деятельность получает все большее значение для конкурентоспособности компаний [1]. Один из главных критериев требования к программному продукту – это возможность быстрого освоения программного продукта персоналом предприятия. Вместе с тем, торговые приложения позволяют легко настраивать права пользователей, благодаря чему обеспечивается надежность хранения информации, безопасность доступа к ней и отсутствие возможности копирования без информирования, управляющего компанией.

Использование мобильного приложения в работе магазина может увеличить его рентабельность в несколько раз. Наряду с повышением прибыли повысится скорость и качество обслуживания покупателей, а так же эффективность работы персонала. Вследствие чего, повысится конкурентоспособность и статус торгового предприятия.

При исследовании предметной области была построена модель обслуживания клиентов “As-Is”, приведенная на рисунке 1.

Было выявлено, что в часы пик (после рабочего времени) наблюдается загруженность касс и скопление очередей, что задерживает обслуживание клиентов, поэтому для разгрузки касс следует ввести дополнительный терминал. Но дополнительная касса подразумевает дополнительные налоги, что делает торговлю менее прибыльной. Тем более, что дополнительная касса нужна на небольшой промежуток времени. Как альтернатива было предложено введение переносного мобильного приложения, которое будет работать как дополнительный кассовый аппарат. На рисунке 2 показана модель “To-Be” при введении дополнительного аппарата.

Для работы с мобильным приложением его необходимо подключить к общей системе и синхронизировать работу с базой данных. Эти действия выполняются через интерфейс мобильного устройства и не требуют больших усилий. Единственное условие нормальной работы– это синхронизация с базой данных должна быть выполнена администратором сети.

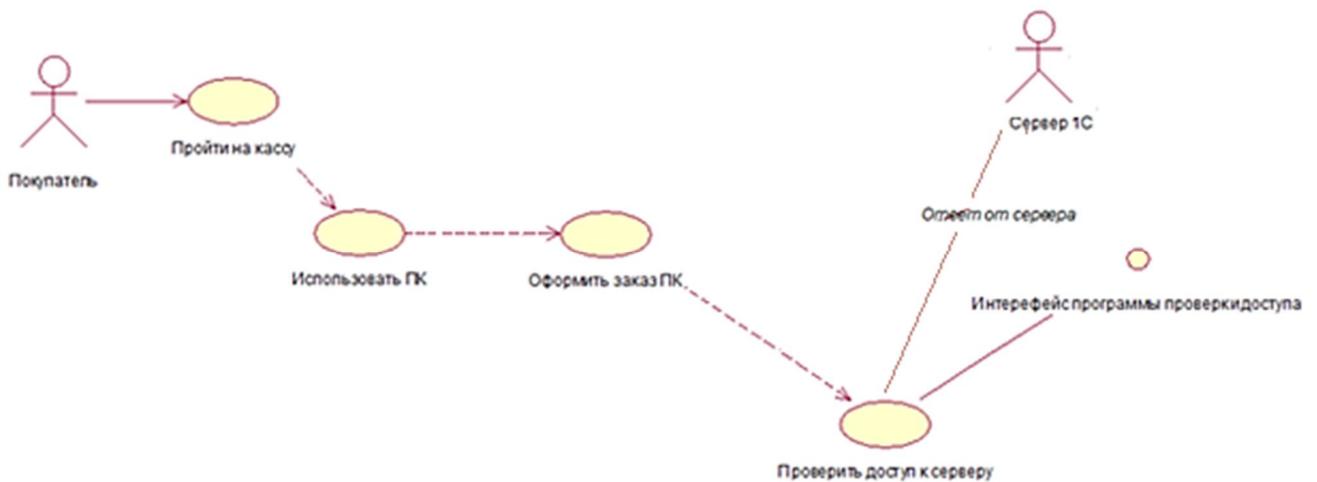


Рисунок 1 – Модель обслуживания клиентов AS-IS

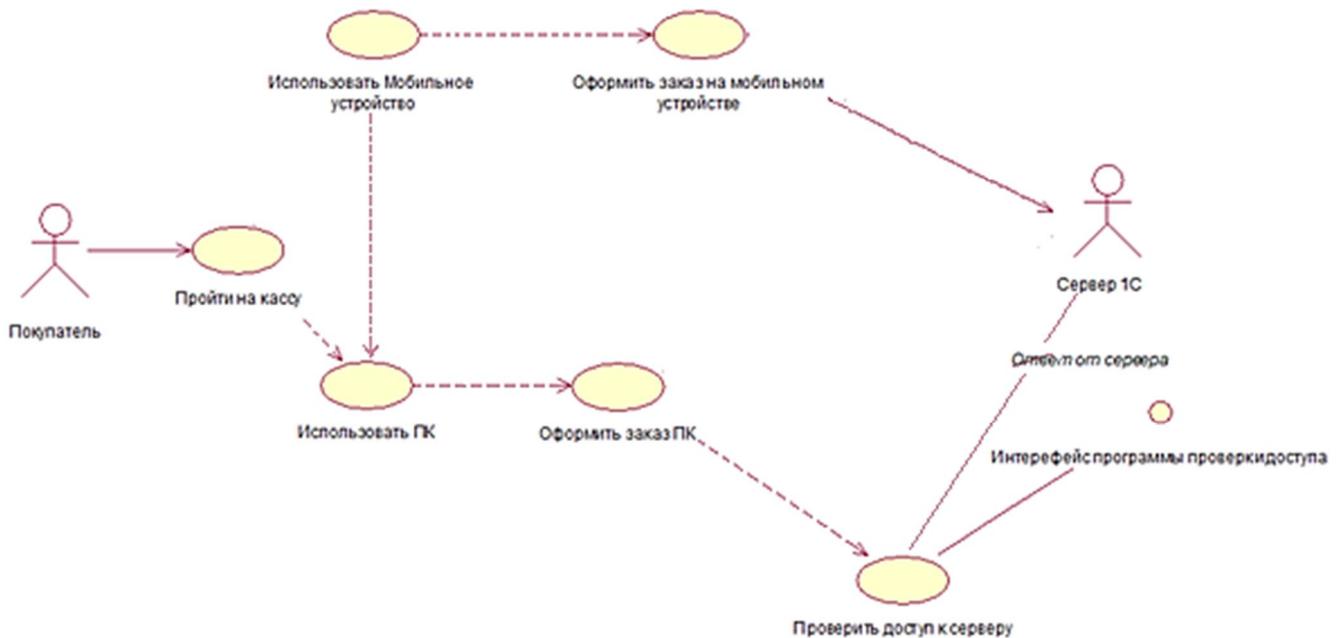


Рисунок 2 – Модель TO-BE

Введение дополнительной кассы дает возможность увеличить скорость реакции компании на возникающие потребности клиентов и внешние изменения, облегчает работу менеджмента предприятия и всех его сотрудников, ускоряет обслуживание клиентов за счет получения актуальной информации об остатках продукции на складах, способствует формированию благоприятного конкурентоспособного развития предприятия в целом.

Перед внедрением необходимо рассмотреть все возможные риски, которые могут возникнуть. Так как проекты внедрения и эксплуатации мобильных приложений являются рискованными, поэтому в расчетах показателей инвестиционного проекта по внедрению мобильных приложений необходимо заранее учитывать неопределенности и риски.

Риски бывают двух видов внутренние и внешние. Внешние и внутренние риски взаимосвязаны. Внешние риски не зависят от конкретного предприятия. Они возникают вследствие внешних событий, влияющих на рынок в целом. Среди внешних рисков можно выделить: политические, законодательные, макроэкономические, риски стихийных бедствий. Внутренние риски вызваны факторами, специфическими для данного предприятия [2].

Рассмотрим некоторые внутренние риски, которые могут возникнуть.

1. *Плохое беспроводное интернет соединение.* Для комфортной работы с приложением необходимо стабильное беспроводное интернет соединение. В случае его отсутствия возникнут проблемы при синхронизации данных с центральной базой. Проблемы плохого интернет соединения могут быть связаны со слабым или некачественном модеме либо маршрутизаторе, слабом сигнале «Wi-Fi», недостаточным уровня сигнала на кабельной линии, в наличии других устройств, подключенных к интернет-сети предприятия и дополнительно нагружающих ее и уменьшающие пропускную способность сети. Для предотвращения вышеуказанных проблем необходимо изначально грамотно установить сетевое оборудование на предприятии.
2. *Сопrotивление сотрудников предприятия.* При внедрении информационных систем в большинстве случаев возникает активное сопротивление сотрудников на местах, которое является серьезным препятствием для процесса внедрения. Это вызвано несколькими человеческими факторами: обыкновенным страхом перед нововведениями, консерватизмом, опасением потерять работу или утратить свою незаменимость, боязнью существенно увеличивающейся ответственности за свои действия [4]. Руководители предприятия, принявшие решение автоматизировать свой бизнес, в таких случаях должны всячески содействовать рабочей группе специалистов, проводящей внедрение информационной системы, вести разъяснительную работу с персоналом, и, кроме того:
  - создать у сотрудников всех уровней твердое ощущение неизбежности внедрения;
  - наделить руководителя проекта внедрения достаточными полномочиями, поскольку сопротивление иногда возникает даже на уровне топ-менеджеров;
  - всегда подкреплять все организационные решения по вопросам внедрения изданием соответствующих приказов и письменных распоряжений [3].
3. *Временное увеличение нагрузки на сотрудников при внедрении системы.* Во время проведения опытной эксплуатации и при переходе к промышленной эксплуатации системы в течение некоторого времени возрастает нагрузка на сотрудников предприятия, которым приходится вести дела, как и в новой системе, так и продолжать ведение их традиционными способами (поддерживать существовавшие ранее системы). В связи с этим, отдельные этапы проекта внедрения системы могут затягиваться под предлогом того, что у сотрудников и так хватает срочной работы по прямому назначению, а освоение системы является второстепенным и отвлекающим занятием. В таких случаях руководителю предприятия, помимо ведения разъяснительной работы с уклоняющимися от освоения новых технологий сотрудниками, необходимо:
  - повысить уровень мотивации сотрудников к освоению системы в форме поощрений и благодарностей;
  - принять организационные меры к сокращению срока параллельного ведения дел [3].
4. *Риск неиспользования* – вероятность того, что сотрудники не будут использовать приложение в своей ежедневной деятельности [5].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что благодаря использованию мобильного приложения существенно повысится эффективность продаж за счет доступа к актуальной информации о складских остатках, увеличится рентабельность магазина. Наряду с повышением прибыльности, так же повысится скорость и качество обслуживания покупателей, вдобавок повысится эффективность работы персонала. В следствии чего повысится конкурентоспособность и статус торгового предприятия.

### Литература

1. Губа В.В., Григорьев В.Г. Применение мобильных приложений в процессе разработки и принятия управленческих решений организации // Международный конгресс по интеллектуальным системам и информационным технологиям ЮФУ. Таганрог. 2014.

2. Перечень возможных рисков URL: <https://studfiles.net/preview/3022958/page:3> (Дата обращения 17.12.2018)
3. Евроменеджмент. Информационные технологии URL: [http://www.itas.emd.ru/main/secret\\_2.php](http://www.itas.emd.ru/main/secret_2.php) (Дата обращения 17.12.2018)
4. Корнеева А.Т. Стандарты и качество отеля: практическая энциклопедия. СПб.: Бонниер Бизнес Пресс. 2009. 700 с.
5. Учебный курс внедрения корпоративного портала [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL:<https://dev.1c-bitrix.ru/learning/course/index>. (дата обращения 18.12.2018)

## ИССЛЕДОВАНИЕ УПРОЧНЕНИЯ ПРОВОЛОКИ ИЗ СТАЛИ 3 В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНОГО ВОЛОЧЕНИЯ

Дьяченко Е.И.

*djonistryvp@mail.ru*

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В работе сравниваются теоретические расчетные значения предела прочности наклепанной катанки марки стали 3 с экспериментальными данными, полученными в процессе шестикратного обжатия на волочильном стане без скольжения. Собранные образцы подверглись испытанию на одноосное растяжение. Приведен сравнительный график теоретических и практических значений предела прочности на всех этапах волочения, а также предложен коэффициент, учитывающий старение материала для повышения сходимости теоретических и экспериментальных данных.*

*Ключевые слова: волочение, обжатие, обработка металлов давлением, предел прочности, катанка, напряжения, деформации.*

Волочение является одним из наиболее распространённых видов обработки металлов давлением. Хотя теоретические основы, а также его технология получили широкое изучение в XX веке многие моменты остаются не освященными. Введу того что волочение комплексный и многофакторный процесс на ход которого прямым образом влияют: химический состав металла, структурный состав металла подвергаемого волочению, макро и микрогеометрия, материал изготовления волочильного инструмента, смазка, предшествующие деформации металла подвергаемого волочению, маршрут волочения, степень обжатия, температура в очаге деформации, скорость волочения, а также ряд других факторов, открывает широкое поле для поиска оптимальных режимов, а так же дополнения теоретической базы по данному направлению [1].

По известным ранее данным исследователей прочность стали при волочении меняется по кривой, характеризующимся значительным ростом предела прочности в течении первого этапа деформации и ускоряющимся возрастанием на последующем этапе. При определенной (критической) величине общего обжатия на последнем этапе деформации – чрезвычайно интенсивным ростом предела прочности («сверхнаклепом»).

Для подсчета теоретического  $\sigma_b$  наклепанной стальной проволоки, довольно широко используют формулы, предложенные различными авторами. По свидетельствам в литературе наибольшее применение нашла формула К.Д. Потемкина [2]:

$$\sigma_b = 10 \left[ \sigma_{bn} + \frac{0,6(C + \frac{d_n}{40} + 0,01\delta_{ед}^{cp})\delta_{сум}}{\lg \sqrt{100 - \delta_{сум}} + 0,0005\delta_{сум}} \right] \text{ н/мм}^2 \quad (1)$$

где

$\sigma_b$  - предел прочности наклепанной проволоки, н/м<sup>2</sup> (кГ/см<sup>2</sup>);

$\sigma_{bn}$  - предел прочности проволоки подвергаемой волочению (кГ/см<sup>2</sup>);

C - содержание углерода в стали, %;

$d_n$  - диаметр проволоки подвергаемой волочению, мм;

$\delta_{ед}^{cp}$  - среднее единичное обжатие проволоки;

$\delta_{сум}$  - суммарное обжатие проволоки.

Сбор образцов производился в цеху волочения проволоки ОсОО «Завод Темир Тулпар Азия». В исследовании принимала участие стальная проволока (катанка) по ГОСТ 30136-95 (катанка из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия), марки стали ст3сп, номинального диаметра 6. Волочение производилось на машине 6-ти кратного волочения без скольжения в твердосплавных волоках из материала ВК8, со смазкой из натриевого мыла, скорость волочения на первом волочильном барабане 95 м/мин на последнем 235 м/мин. Практические значения  $\sigma_B$ , полученные в ходе испытания образцов на одноосное растяжение, были сопоставлены с теоретическими значениями  $\sigma_B$ , полученными по (1). Данные представлены на рисунке 1.

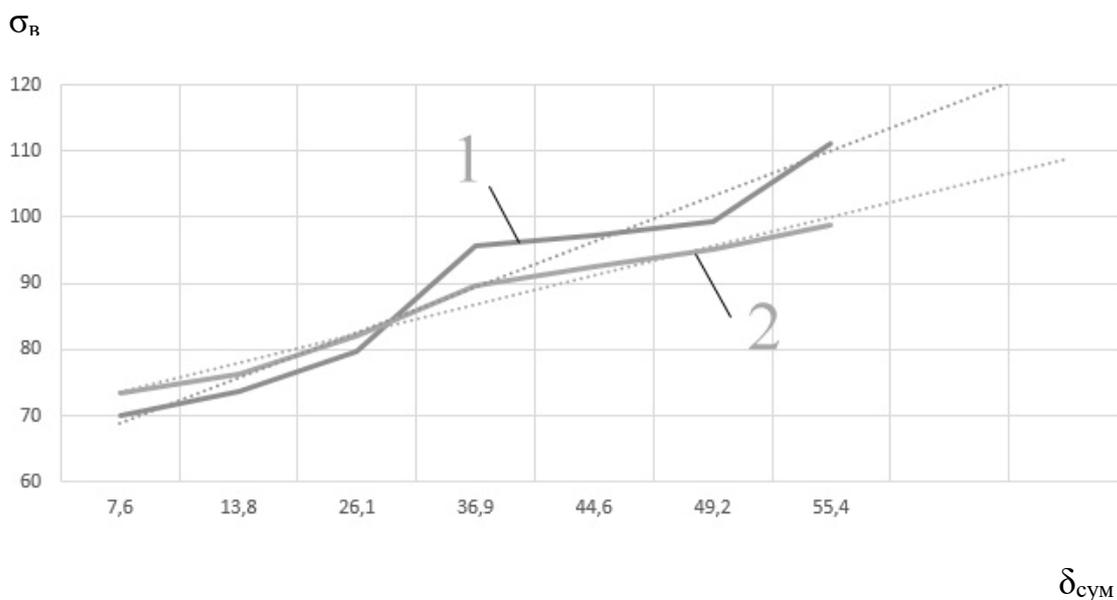


Рисунок 1 – Кривая 1 – практические значения  $\sigma_B$ , кривая 2 – расчетные значения  $\sigma_B$ .

Как видно из рисунка 1 расчетные значения предела прочности оказываются несколько ниже практических значений, в связи с этим предлагается при суммарных обжатиях более 30% в формулу (1) вводить коэффициент равный 1,1 нивелирующий расхождение теоретических и экспериментальных значений  $\sigma_B$ .

### Литература

1. Перлин И.Л., Ерманок М.З. Теория волочения. 2-е изд. М.: Металлургия. 1971. 448 с.
2. Юхвец И.А. Волочильное производство. Ч. 1. М.: Металлургия. 1965. 374 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И КОСМОФОТОДЕШИФРИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОГО УЗБЕКИСТАНА**

Закирова Г.С., Юлдашева М.Г., Бикеева Л.Р.

*ustyurt@ing.uz, yuldasheva@ing.uz*

Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

*В статье представлены результаты комплексного анализа данных сейсморазведки и дистанционных методов и выделены зоны и участки распространения неантиклинальных ловушек, приуроченных к региональным тектоническим нарушениям, где отмечается выклинивание, фациальное замещение и т.д., подтверждаемое глубоким бурением.*

*Ключевые слова: структура, ловушка, сейсморазведка МОГТ, разлом, профиль, юра, газ, конденсат, перспективы.*

Одним из путей наращивания сырьевой базы углеводородного сырья является поиск залежей углеводородов в неструктурных ловушках (литологических, стратиграфических, палеогеоморфологических, связанных с различными факторами формирования элементов древнего рельефа), для оконтуривания которых необходима переинтерпретация существующих геолого-геофизических данных с привлечением эффективных методических приемов.

Как показывает опыт, повышению результативности поисковых исследований способствуют использование относительно новых прогрессивных и эффективных методов получения структурно-тектонической информации (дешифрирование материалов космической съемки) и переинтерпретация на их основе полученных данных всего комплекса геолого-геофизических материалов. Использование дистанционных материалов существенно облегчает и ускоряет процесс выявления за счет уточнения структурно-тектонического строения нефтегазоносных территорий, выявления новых перспективных объектов, детализации и повышения достоверности ловушек, намеченных ранее.

В пределах Северного Узбекистана, в Устюртском нефтегазоносном регионе поисковыми работами была выявлена Бердахская зона газонакопления, приуроченная к одноименному валу, где залежи приурочены к терригенным отложениям юрской системы. В пределах данной территории подготовлены под глубокое бурение 16 структур, из которых на десяти получены промышленные притоки газа и конденсата, т.е. открыты газоконденсатные месторождения. Традиционно все нефтегазоперспективные объекты были подготовлены сейсморазведкой ОГТ как антиклинальные структуры, которые были выделены по отражающим горизонтам, приуроченным к различным отделам юрской системы. Однако, при разведке месторождений в юрском разрезе наблюдается повсеместное выклинивание песчаных тел, фациальные замещения и линзовидное строение (рис. 1).

Распределение различных литолого-фациальных зон и развитие коллекторов, с которыми связаны различные ловушки неантиклинального типа (литологические, стратиграфические, и т.д.) в значительной степени зависят от особенностей тектонического строения и геологического развития изучаемой территории [1]. К примеру, в пределах изучаемой территории могут быть широко развиты ловушки литологического типа, поскольку в ранне-среднеюрскую эпоху территория Устюрта представляла собой низинную озерно-аллювиальную равнину. Это создало благоприятные условия для развития ловушек с широкими вариациями линз (в том числе с зонами развития аллювиальных песчаников руслового типа), выклиниваний и фациальных замещений на крыльях локальных структур.

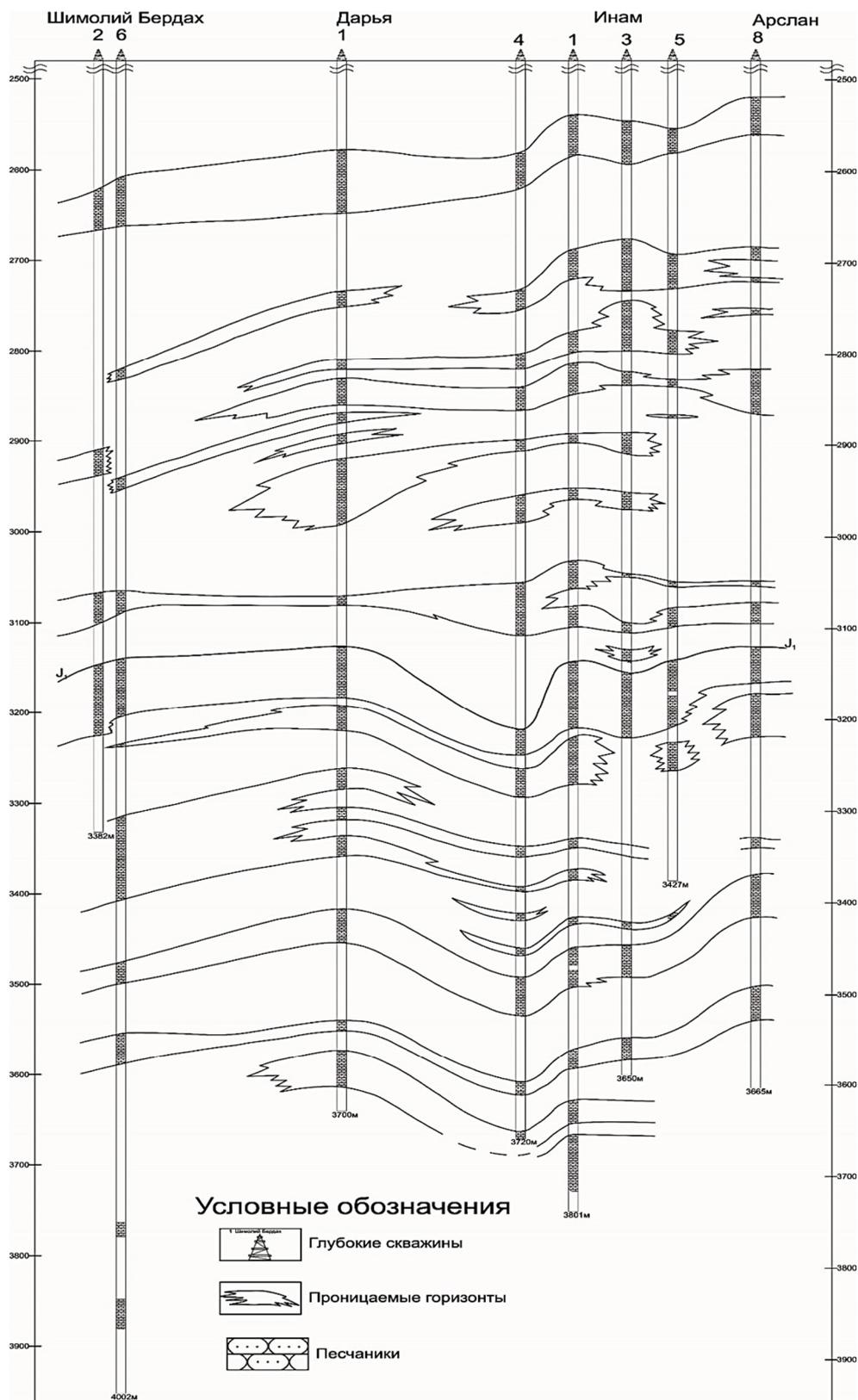


Рисунок 1 - Разрез продуктивной части юрских отложений месторождений Бердахского вала

Так, установлено, что зоны выклинивания коллекторов и границы фаций обычно приурочены к склонам и бортам крупных тектонических элементов, выклинивание коллекторов наблюдается на крыльях и периклиналях, что нередко встречается на месторождениях Устюртского региона. Анализ материалов по продуктивным пластам показал, что зоны с улучшенными свойствами коллекторов в интервале залегания ниже- и

среднеюрских отложений связаны либо с отложениями прируслового аллювия, либо пролювиально-коллювиальными фациями, представленных грубозернистыми плохоотсортированными песчаниками [2].

Для осуществления поставленных задач исследования были выполнены путем интерпретации, переинтерпретации и комплексного анализа геолого-геофизических материалов: сейсморазведка МОГТ 3D и данных полученных при бурении поисково-разведочных скважин в пределах Бердахского вала с применением результатов космофотодешифрирования.

В пределах Бердахского вала выделенные дешифрированием космофотоснимков морфометрические аномалии отличаются полнотой комплекта признаков формой, размерами, плановым положением и т.п., что свидетельствует (косвенно) об особенностях строения конкретных складок [3]. Размеры морфоаномалий зависят от размеров выделенных дуговых элементов – кольцевых структур и их расположения. Многозональная, полная (с центром) кольцевая структура центрального типа характерна для брахиантиклинали, «привязанный» к такой структуре неотектонически активизированный блок обычно соизмерим с присводовой частью складки. Кольцевая структура, образованная дуговыми элементами дешифрирования, обращенными в одном направлении, как правило, отвечает активизированной периклинали складки, а свод ее, большей частью малоамплитудный и небольшой, располагается ближе к противоположному замыканию антиклинали в сторону критического направления. Сопоставление данных дешифрирования и структурных карт показал, что кольцевые структуры и определяемые ими относительно крупные антиклинали локализуются в ячейках, образованных пересечением структурно-тектонических линий (линеаментов), а небольшие неантиклинальные складки – чаще всего в образованных ими углах т.е. высокоперспективными считаются приразломные зоны, где кроме сводовых ловушек по глубоким горизонтам могут быть оконтурены поднятия типа структурных носов, примыкающих к нарушению, или зоне выклинивания [4]. Подобные морфоаномалии перспективны для поисков неантиклинального типа ловушек, стратиграфических, экранированных и др. При одинаковых режимах тектонических движений ловушки регионального выклинивания и стратиграфического несогласия процессу расформирования подвергаются в меньшей степени, чем ловушки, антиклинального типа [5].

По геофизическим и дистанционным материалам вдоль бортовых частей Бердахского вала выделены две зоны развития неантиклинальных ловушек (рис. 2), примыкающие к региональным тектоническим нарушениям, где наблюдаются участки, связанные с выклиниванием, фациальным замещением пород, конусов выносов древних палеорусел и т.д.

В процессе исследований и изучения геофизических материалов было выделено четыре участка, характеризующихся валообразными, клиновидными, линзовидными типами записи (рис. 3), которые отражают литологическое строение ловушек, а также были вскрыты глубокими скважинами, где были получены прямые признаки наличия УВ и которые рекомендуются для рассмотрения в качестве новых структур, перспективность которых требует подтверждения.

I участок представляет собой участок выклинивания по среднеюрским отложениям с моноклиналим залеганием, а в низах среднеюрских отложений с антиклинальными изгибами пластов, протяженность которого составляет около 7 км. По пересекающим сейсмическим профилям эта зона представлена в виде небольших перегибов отражающих горизонтов, пластов, тектонически экранированных и с возможным выклиниванием проницаемых горизонтов.

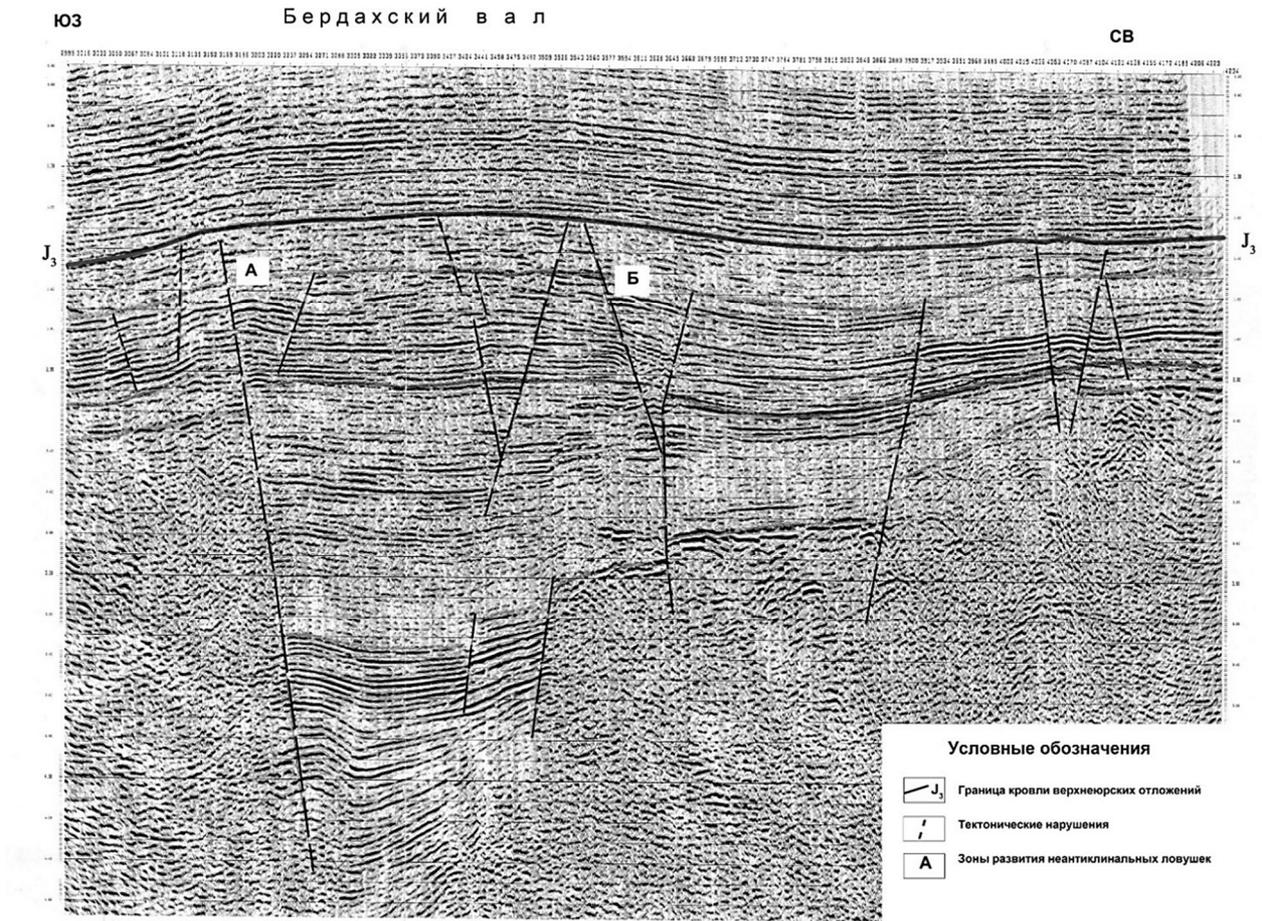


Рисунок 2 - Глубинное строение Бердахского вала

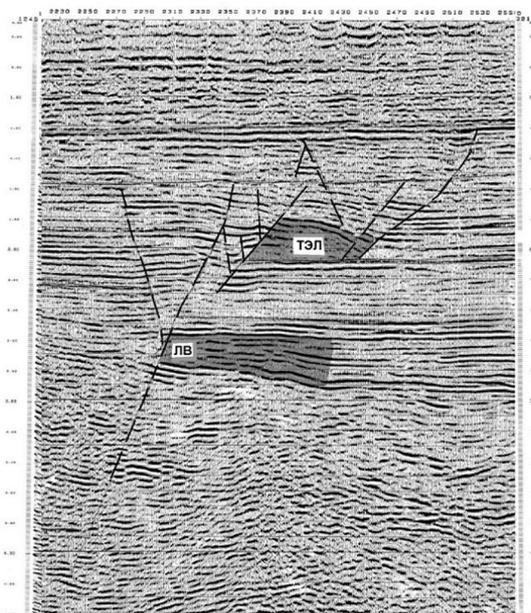


Рисунок 3 - Типы ловушек, выделенные в пределах западной части Бердахского вала (ТЭЛ – тектонически-экранированная ловушка, ЛВ – ловушка, связанная с выклиниванием пластов)

II участок представляет собой тектонически экранированную полуантиклиналь по низам средне- и нижнеюрским отложениям, гипсометрически выше скважины Северный Арал-1, где из одновозрастных отложений были получены слабые притоки газа, а в

верхнеюрских отложениях получены промышленные притоки газа с конденсатом [6]. По пересекающему временному разрезу участок представляет собой антиклинальную структуру, где в северной части на погружении пробурена поисковая скважина Сурсуар-1, в которой из отложений нижней юры были получены слабые притоки газа. Такая модель строения отчасти объясняет такой результат, поскольку выявленная структура по кровле нижней юры гипсометрически выше на 250 м.

III участок находится также представляет собой тектонически экранированную антиклиналь северо-западного простирания, которая подтверждается результатами космофотодешифрирования, согласно которого выделяется участок на обнаружение нефтегазоперспективной структуры. По внешним морфологическим признакам представляет собой «сложно построенную» антиклинальную структуру, центральная - апикальная часть которой проявляется на космоснимке фрагментарно в виде незамкнутого кольца. Строение их, нарушено линеаментами, разбивающими кольцевую структуру на отдельные части, каждая из которых способна развиваться дифференцированно, независимо друг от друга. В центральной части предполагаемого контура антиклинали объект выделяется относительно небольшой изометричный участок (блок), со всех сторон ограниченный линеаментами. Сам участок линеаментов практически не несет и представляет собой своеобразный целик.

IV участок находится в контуре выявленной по палеозойским отложениям структуры Аталык, где вверх по разрезу, в низах юрской части разреза, наблюдаются клиноформы, связанные со стратиграфическим выклиниванием, сопровождающимся потерями корреляции отражающих горизонтов, возможно, связанные с наличием линзовидных песчаных тел с улучшенными коллекторскими свойствами.

Таким образом, в пределах Устюртского региона Северного Узбекистана с юрскими отложениями связано еще одно направление – это поиск залежей в несводовых ловушках, а именно обнаружение и картирование изолированных песчано-алевролитовых тел типа линз, русел, дельт и т.д., а также тектонически экранированных ловушек, и оконтуривание этих резервуаров внутри юрской терригенной толщи.

### Литература

1. Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Мелик-Пашаев В.С. и др. Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти и газа. М.: Высш. шк.1987. 384 с.
2. Дивеев И.И., Валиев М.Р. К вопросу интерпретации материалов геоинформационной системы при построении геологической модели пласта // *Neft va gaz*. 2017. № 4. С. 28-30.
3. Бикеева Л.Р., Усманов П.М. Использование дистанционных исследований при поисках структурных ловушек на слабоизученных территориях Устюртского региона // *Нефтегазогеологическая наука Узбекистана и роль молодежи в решении ее проблем*. Науч.-практ. конф. (Труды молодых ученых). Ташкент. 2015. С. 30-31.
5. Основы методики структурно-геоморфологических исследований при нефтегазопроисковых работах. Тр. ВНИГНИ. Вып. 198. М.: Недра. 1978. 135 с.
6. Гафаров Н.А., Гулев В.Л., Карнаухов С.М. и др. Новый взгляд на перспективы нефтегазоносности Восточного Устюрта. М.: Недра. 2010. 257 с.
7. Тухтаев К.М., Сафаров З.Х., Юлдашева М.Г. Перспективы нефтегазоносности Устюртского региона // *Современный прогноз углеводородного потенциала недр и прогрессивные технологии поисково-разведочных работ на нефть и газ*. Респ. науч.-практ. конф. Ташкент. 2016. С. 3-6.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Зеликов Р.В.

*Zelikov.Ruslan@mail.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В статье рассматривается необходимость разработки программного обеспечения, которое объединяет в себе несколько программных систем на базе 1С: Предприятие, которые применяются на практике для ведения учета и контроля различных бизнес процессов строительного производства. Приводятся аргументы, указывающие на то, что такое интегрированное ПО значительно ускоряет обмен и обработку данных. Разработанная система имеет ряд преимуществ над существующими аналогами как в использовании, так и в стоимости.*

*Ключевые слова: программное обеспечение, 1С: Предприятие, автоматизация процессов, разработка на 1С, дерево значений.*

Долгое время основной областью применения возможностей системы 1С Предприятие был только бухгалтерский учет. Но с конца 90-х годов фирма 1С начала активно разрабатывать линейку программ и для других областей учета, например, торгово-складского и производственного. Тогда были выпущены такие программы на платформе 1С Предприятие 7.5/7.7, как 1С: Торговля и склад, 1С: Зарплата и кадры, 1С: Производство, услуги, бухгалтерия, 1С: Комплексная конфигурация.

Но все эти продукты все равно предназначались только для ведения учета: они обеспечивали возможность регистрации операций и построения отчетности, но возможностей для автоматизированного управления предприятиями у 1С тогда не было.

В 2003 году фирма 1С выпустила новую мощную, отвечающую всем современным требованиям, версию своей платформы – 1С Предприятие 8, которая успешно используется по настоящее время. Кроме того, вендор изменил саму концепцию программы 1С Предприятие, сместив акценты с учета в сторону возможностей управления бизнесом, что позволило компаниям-пользователям добиваться не только оптимизации рутинных операций и снижения расходов на них, но и принимать объективные управленческие решения, оптимизировать бизнес-процессы, повышать конкурентоспособность и эффективность предприятия.

Фактически каждый месяц на протяжении уже многих лет, фирма 1С при взаимодействии со своими партнерами и в соответствии с ведущими мировыми практиками управления, развивает возможности системы и выпускает все новые версии 1С Предприятие [1].

С каждым годом платформа позволяет разрабатывать все более сложные решения, но фактом остаётся то, что практически все фирмы и/или предприятия-пользователи вынуждены одновременно внедрять и эксплуатировать несколько разных продуктов. Поэтому появилась необходимость создания программного обеспечения, которое включит в себя осуществлять учет и контроль по всем необходимым бизнес процессам.

В результате сравнительного анализа аналогов соответствующих программных систем обнаружен ряд их существенных недостатков.

Базовые продукты 1С ориентированы, в первую очередь, на автоматизацию задач бухгалтерского и налогового учета ("1С: Бухгалтерия", "1С: Предприятие", "1С: Управление торговлей") на предприятиях всех сфер деятельности. Для работы объектов розничной торговли, сферы услуг, спец. объектов такие решения не подходят в принципе. Много

компаний, специализирующихся на разработке под 1С, создают свои конфигурации, ориентированные на различные сферы бизнеса. Цена таких продуктов 1С на порядок выше, чем стоят базовые версии 1С, а функционал, как правило, необходимо дорабатывать, доплачивать за настройку, поддержку и т.д. Связь одного продукта 1С с другим (например, связь "1С: Бухгалтерии" и "1С: Управление торговлей") осуществляется с помощью операций обмена информацией (выгрузки/загрузки документов). Очень много программ для автоматизации бизнеса имеют в своем составе модули для обмена данными с платформой 1С. В связи с этим, на торговых объектах часто практикуется работа двух различных программ. Как правило, бэк-офис - это продукты 1С, а фронт-офис - решения других разработчиков [2].

Взаимодействие между двумя системами происходит через обмен данными, что в свою очередь, уже является недостатком, так как приходится прописывать правила обмена и регистрации по сути одинаковых объектов. Чем больше звеньев в цепочке передачи данных, тем выше вероятность появления ошибки.

Цена программного обеспечения, тем более нескольких экземпляров составляет существенную сумму.

Рассмотрим и другие минусы:

- Помимо покупки программного продукта, необходимы расходы на его внедрение и дальнейшее сопровождение.
- Необходимо перед началом работ привести в порядок существующий массив информации: нормативную базу, системы складского, управленческого, бухгалтерского учета.
- Внедрение системы и обучение специалистов подразумевает выделение для этого рабочего времени.
- Комплексная автоматизация требует активного участия и заинтересованности, как руководительского состава, так и сотрудников – будущих пользователей системы

Таким образом, разработка программного обеспечения, которое охватывает все бизнес процессы строительной организации является оптимальным решением. Это подтверждается также и схемой (рис.1) взаимодействия различных исполнителей бизнес процессов строительной компании, заинтересованных в существовании единой информационно-управляющей системы.

Стрелками на схеме показаны информационные потоки, циркулирующие в реальной системе строительного производства, которые должны быть представлены (смоделированы) и в новой программной системе.

Плюсы единой системы:

- Один программный продукт удобнее обслуживать и сопровождать, чем несколько систем от различных производителей.
- Удобнее использовать информационные ресурсы одной базы предприятия, чем осуществлять загрузку-выгрузку данных из различных продуктов, что иногда является фактором появления ошибок или вообще невозможно.
- Временные затраты на поиск информации и формирование документов, отчетов и т.п. значительно сокращаются.
- Увеличение объема аналитической информации, что помогает в работе финансового, производственного отделов.
- Увеличивается объем достоверной информации.
- Документооборот, денежный оборот и все хозяйственные операции становятся прозрачными.
- Прогнозирование деятельности предприятия становится более достоверным.
- Исчезает проблема несанкционированных складов и неучтенных материалов.
- Большая часть бумажного документооборота заменяется электронным.



Рисунок 1 – Схема взаимодействия различных исполнителей бизнес процессов строительной компании, заинтересованных в существовании единой информационно-управляющей системы

Отказавшись от внешнего обмена данными и информацией, мы исключаем потерю данных и облегчаем переход документов из одной подсистемы в другую. Становится также рациональнее использовать единые справочники, что существенно упрощает работу системы.

Во время разработке одного из главных аналитических документов «календарный план» были принято решение для хранения данных использовать таблицу рис. 2, а для визуализации пользователю, а также для упрощения ввода, использовать дерево значений рис. 3.

N	Вид работ	Работа	Дата начала	Дата окончания	Количество дней
1	Земляные работы	Вертикальная планировка пл...	07.01.2019 0:00:00	12.01.2019 0:00:00	5
2	Земляные работы	Доработка грунта в котлован...	12.01.2019 0:00:00	17.01.2019 0:00:00	5
3	Отделочные работы	Декоративное оштукатуриван...	12.01.2019 0:00:00	15.01.2019 0:00:00	3

Рисунок 2 – Таблицы для хранения данных в документе «календарный план»

Номенклатура	Родительская работа	Дата начала	Дата окончания	Количество дней	Пос
⊖ Земляные работы		07.01.2019 0:00:00	17.01.2019 0:00:00		
Вертикальная планировка пло...	Земляные работы	07.01.2019 0:00:00	12.01.2019 0:00:00	5	<input type="checkbox"/>
Доработка грунта в котлованах...	Земляные работы	12.01.2019 0:00:00	17.01.2019 0:00:00	5	<input checked="" type="checkbox"/>
⊖ Отделочные работы		12.01.2019 0:00:00	15.01.2019 0:00:00		
Декоративное оштукатуривани...	Отделочные работы	12.01.2019 0:00:00	15.01.2019 0:00:00	3	<input checked="" type="checkbox"/>

Рисунок 3 – Иерархическое дерево значений

Иерархическое дерево значений облегчает пользователю заполнение и упрощает настройку взаимоотношения работ в документе.

**Заключение.** Объединение функций контроля и управления всеми ключевыми участками строительной компании в единую информационную систему позволит повысить эффективность работы. Сотрудники отделов получают удобный и действенный инструмент для выполнения своих должностных обязанностей, а руководство – возможность быстрого получения необходимой информации об оперативной, производственной и финансовой деятельности компании.

### Литература

1. Электронный ресурс: <https://wiseadvice-it.ru/o-kompanii/blog/articles/programma-1s/>
2. Электронный ресурс: <https://unipro.com.ua/ru/dostoinstva-i-nedostatki-programm-kompanii-1s----1s--buhgalteriya--1s--predpriyatie/>
3. 1С: Предприятие 8.3. Руководство разработчика. Ч. 1. 2-е изд. М.: Фирма «1С». 2014. С. 301-354.
4. 1С: Предприятие 8.3. Руководство разработчика. Ч. 2. 2-е изд. М.: Фирма «1С». 2014. С. 40-60.

## АЛГОРИТМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОСНИМКОВ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД И ИСКУССТВЕННЫХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ

Имашев С.А.

*sanzhar.imashev@gmail.com*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Разработан алгоритм совмещения снимков поверхности образца в единое изображение с использованием методов компьютерного зрения. Исходные снимки должны иметь области перекрытия, которые используются для выявления ключевых точек на двух последовательных снимках методом ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF). Поиск соответствия друг к другу ключевых точек на разных снимках производился на основе метода Brute-Force Matching. Использование данного алгоритма дает возможность автоматизировать процесс предварительной обработки микроснимков поверхности разрушения образца в лабораторном эксперименте, в частности, точнее и быстрее находить участки, содержащие изменения в микроструктуре вследствие нагружения, минимизируя человеческий фактор.*

*Ключевые слова: микроснимки образцов, искусственные геоматериалы, горные породы, машинное зрение, OpenCV, Brute-Force Matching.*

**Введение.** Лабораторное моделирование на образцах геоматериалов играет важную роль в решении различных задач сейсмологии, тектонофизики, механики разрушения в связи с исследованиями в области триггерной сейсмичности [1], [2]. При этом для изучения процессов деформирования, структурообразования и разрушения в горных породах, наряду с регистрацией изменений диэлектрических параметров [3], [4] и акустической эмиссии [5], количественную оценку динамики и масштабов трещинообразования в образце можно получить, исследуя также непосредственно поверхность самого образца. Анализ поверхности образцов включает в себя выделение на снимках после нагружения, различных участков, которые содержат трещины, сколы, выпадение зерен и поиск этих участков на исходных снимках (до нагружения). Сравнение фрагмента поверхности образца до нагружающего воздействия и после дает информацию о микроструктуре образца геоматериала, влиянии режима нагружения и внешнего энергетического воздействия (например, электромагнитного или вибровоздействия). Однако, в самой процедуре поиска участков поверхности образца в снимках, сделанных до и после эксперимента есть источник неопределенностей, вследствие влияния человеческого фактора (субъективный поиск и сравнение участков «на глаз»), а также явные трудозатраты, связанные с ручной обработкой большого количества фотографий, которые выглядят обычно однотипно. Так, например, в лабораторных экспериментах, проводимых в ЛМЭС ИС РАН, при микросъемке образца высотой ~80 мм, количество снимков микроструктуры вдоль этого линейного размера при увеличении 20х составляет порядка ~160-200 фотографий до проведения эксперимента и ~100-150 после (в зависимости от размера исследуемого фрагмента после разрушения). Оптимальным вариантом предварительной обработки при таком количестве исходной информации является процедура автоматического поиска и совмещения (склейки) отдельных снимков, имеющие общие области (участки перекрытия) в единое изображение. Целью данной работы является описание алгоритма совмещения снимков отдельных частей образца в единый снимок с использованием методов компьютерного зрения и демонстрация его работы на тестовом снимке.

**Методика.** Поверхность разрушения образца геоматериала фотографируется с помощью микроскопа Leica DM IL с увеличением 20х, 50х и 100х. Для фиксации изменений в микроструктуре съемка образца производится до эксперимента и после него. Для этого

выбирается одна из граней (обычно по вертикали) и производится серия снимков вдоль нее с определенным смещением. При этом два соседних изображения должны иметь общий фрагмент поверхности (частичное перекрытие). В итоге, результаты съемки представляют собой ряд изображений (~160-200 снимков), которые нужно совместить друг с другом в единое изображение для последующего анализа.

На рисунке 1 показана блок-схема алгоритма совмещения снимков отдельных частей образца в единый снимок с использованием открытой библиотеки компьютерного зрения OpenCV 4.x. В качестве алгоритма поиска соответствий ключевых точек был выбран метод Brute-Force Matching [6] как наиболее простой в реализации и не требующий использования лицензионных алгоритмов. В качестве метода поиска ключевых точек и расчета дескрипторов - Oriented FAST and Rotated BRIEF (ORB) [7].

В расчете использовались первые пять ключевых точек, расстояния между векторами дескрипторов которых было минимально [8], по одной из которых и производится совмещение снимков.



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма совмещения исходных снимков в единое изображение

Ряд шагов в этом алгоритме нуждаются в пояснении. Так, например, на этапе 6 и 7 формируется пустой контейнер, залитый фоновым (в данном случае зеленым) цветом и имеющий точные размеры для расположения внутри него совмещенных снимков, обрезанные по ключевой точке. На 7-этапе, контейнер, содержащий совмещенные снимки используется в качестве источника ключевых точек для совмещения со следующим в списке изображением. На выходе из цикла (этап 9) формируется окончательно изображение, совмещающее в себе все исходные снимки.

**Результаты и обсуждение.** В качестве примера покажем применение разработанного алгоритма для склеивания снимков содержащих фрагменты трещины в искусственном

геоматериале. Первоначальный снимок содержащий всю трещину, разбивается искусственно на три участка – box1, box2 и box3 (Рисунок 2). Это сделано прежде всего для демонстрации и проверки работоспособности алгоритма путем сверки исходного и склеенного снимков. На практике же исходными данными будут многочисленные фрагменты поверхности образца, склеивание которых и даст полноразмерное изображение всей сфотографированной области.

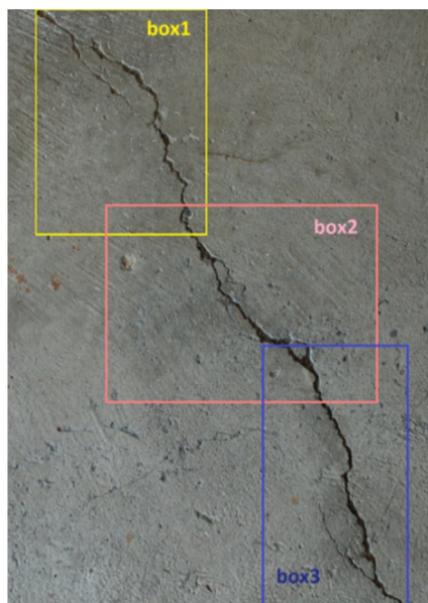


Рисунок 2 – Исходный снимок, содержащий три фрагмента, покрывающие трещину (box1, box2 и box3) и имеющие общие области (участки перекрытия)

Области перекрытия этих участков будут использоваться алгоритмом для выявления ключевых точек, по которым и будет производиться склеивание в единый снимок. При этом, выбранные участки могут иметь произвольные размеры, что не сказывается на корректной работе алгоритма и является одним из его преимуществ.

На вход алгоритма подаются графические файлы - box1.png, box2.png и box3.png, содержащие рассматриваемые участки (Рисунок 3).

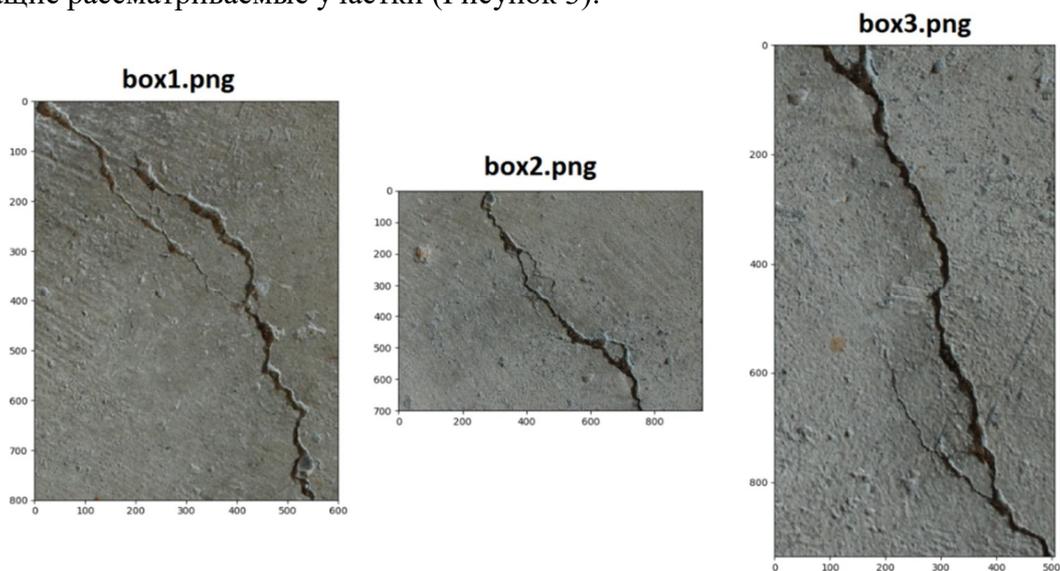


Рисунок 3 – Графические файлы, подаваемые на вход алгоритма и содержащие участки для склеивания

Последовательность использование снимков внутри цикла определяется названием файла и должно контролироваться пользователем на этапе создания самих изображений.

На рисунке 4 показан результат поиска совпадающих ключевых точек в участках box3 и box2. Для наглядности показаны первые три точки с максимальной степенью совпадения.

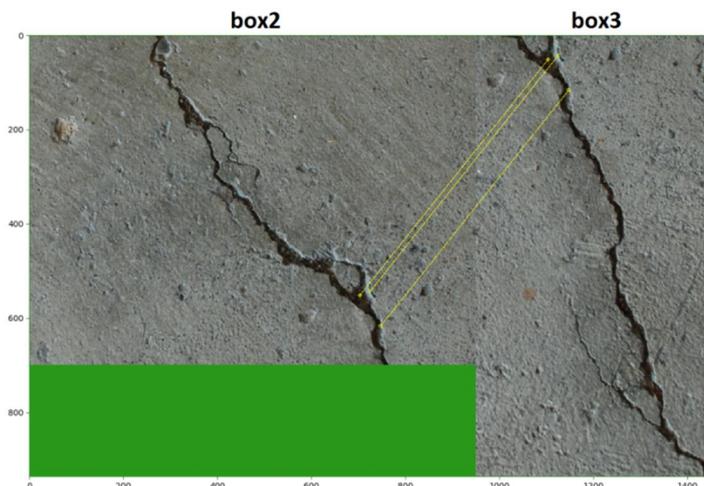
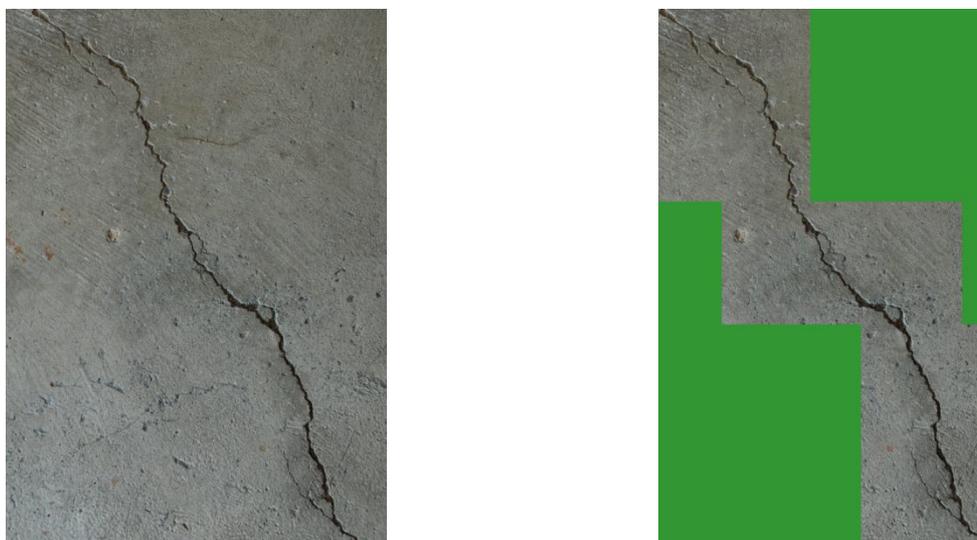


Рисунок 4 – Результат поиска совпадающих ключевых точек в участках box3 и box2. Для наглядности показаны первые три точки с максимальной степенью совпадения

На выходе алгоритма формируется окончательное изображение содержащее рассматриваемые участки, склеенные по совпадающим ключевым точкам. Для подтверждения корректности работы алгоритма на рисунке 5 представлены исходное (а) и сформированное из фрагментов (б) изображения.

При склеивании фрагментов в единое изображение, возникают участки фона, появляющиеся вследствие различия в размерах и смещениях рассматриваемых участков друг относительно друга. Эти фоновые участки были закрасены в зеленый цвет для визуального выделения рисунка, а также для дальнейшего автоматического преобразования фона в прозрачный слой [6].



а) б)

Рисунок 5 – Исходное (а) и сформированное из фрагментов (б) изображения. Зеленым цветом обозначен фон

**Выводы.** Разработанный алгоритм позволяет автоматизировать процесс предварительной обработки микрофотографий поверхности разрушения образца в лабораторном эксперименте, исключая человеческий фактор при выполнении процедуры совмещения фрагментов для получения полного снимка всей сфотографированной поверхности. Более того, используемые алгоритмы компьютерного зрения позволяют более эффективно проводить анализ снимков, полученные до и после эксперимента, а именно,

точнее и быстрее находить участки, содержащие изменения в микроструктуре (по сравнению с исходной) вследствие нагружения.

### Литература

1. Соболев Г.А., Тюпкин Ю.С. Анализ процесса выделения энергии при формировании магистрального разрыва в лабораторных исследованиях по разрушению горных пород и перед сильными землетрясениями // Физика Земли. 2000. № 2. С. 44–55.
2. Гаврилов В.А., Богомолов Л.М., Закупин А.С. Сравнение результатов скважинных геоакустических измерений с данными лабораторных и натуральных экспериментов по электромагнитному воздействию на горные породы // Физика Земли. 2011. № 11. С. 63–74.
3. Niccolini G., Borla O., Lacidogna G., Carpinteri A. Correlated Fracture Precursors in Rocks and Cement-Based Materials Under Stress // Acoustic, Electromagnetic, Neutron Emissions from Fracture and Earthquakes: Correlated Fracture Precursors in Rocks and Cement-Based Materials Under Stress. Cham: Springer International Publishing. 2015. С. 237–248.
4. Сычев В.Н., Богомолов Л.М., Имашев С.А., Мубассарова В.А. Вариации электрических характеристик в процессе разрушения образцов горных пород // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2017. Т. 4. № 2. С. 163–168.
5. Закупин А.С., Авагимов А.А., Богомолов Л.М. Отклики акустической эмиссии геоматериалов на воздействие электроимпульсов при различных величинах сжимающего напряжения // Физика Земли. 2006. № 10. С. 43–50.
6. Garrido G., Joshi P. OpenCV 3.x with Python by example: Make the most of OpenCV and Python to build applications for object recognition and augmented reality. Birmingham, UK: Packt Publishing. 2018. 255 с.
7. Rublee E., Rabaud V., Konolige K., Bradski G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. // International Conference on Computer Vision. 2011. С. 2564-2571.
8. Spizhevoy A., Rybnikov A. OpenCV 3 computer vision with Python cookbook: Leverage the power of OpenCV 3 and Python to build computer vision applications. Birmingham, UK: Packt Publishing. 2018. 208 с.

## ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ В ВОЗДУХЕ

Кенигсберг Д.В.

*kenig@gdirc.ru*

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Большинство имеющихся на сегодняшний день газоанализаторов позволяют определять лишь один тип газа и качественно оповещают об опасности при помощи световых индикаторов. Для наблюдений в производственных и лабораторных условиях создан действующий образец устройства, позволяющий количественно определять концентрацию нескольких видов газов. Схема прибора разработана на базе аппаратной платформы Arduino UNO, которая питает газоанализирующие датчики и управляет их работой. Показания датчиков отображаются в процентном отношении на жидкокристаллическом дисплее, переключение с одного датчика на другой осуществляется при помощи кнопок.*

**Ключевые слова:** *газоанализатор, концентрация газов, газовый датчик.*

Осуществление контроля и диагностики различных устройств и систем всегда являлось неотъемлемой частью их качественной работы. С каждым днём методика и способы контроля совершенствуются; комбинируя знания физических эффектов и математического аппарата с творческим мышлением можно улучшить то, что имеется и создать то, чего ещё нет. Датчики газового состава постоянно совершенствуются: улучшаются их чувствительные возможности, они уменьшаются в размерах, их делают пригодными для определения концентрации газа в рабочем объёме и т.д.

Ведутся исследования в области физики, чтобы создать новые специальные чувствительные элементы для определения таких газов, как  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2$  и т. п. [1] К сожалению, на сегодняшний день также можно наблюдать неприятную статистику о разных взрывах, пожарах, отравлении человеческого организма токсичными газами. Ведь многие горючие, токсичные газы не обладают запахом или цветом, поэтому определить их наличие в воздухе без специальных приборов невозможно. Поэтому газовые анализаторы позволяют определить концентрацию того или иного газа в атмосфере для предотвращения несчастных случаев. Устройства газовых анализаторов можно соединять с системами безопасности, которые при получении от анализатора информации о превышении допустимого уровня опасного газа в воздухе оповещают людей световой или звуковой сигнализацией, автоматически перекрывают трубы подачи утекающего газа и т.д.

Для описания большинства датчиков можно взять их общие характеристики, а именно: стабильность, воспроизводимость, линейность, гистерезис, насыщение, инертность и диапазон измерений. Но можно выделить конкретно два параметра, имеющих отношение непосредственно к газовым датчикам. Это избирательность и чувствительность к определённому химическому составу газов в атмосфере, или, если быть более точным, в рабочем объёме.

Избирательность — это способность датчика реагировать лишь на определённый тип газа, игнорируя при этом остальные. Чувствительность можно охарактеризовать либо очень малой концентрацией исследуемого газа в воздухе, либо минимальным изменением его концентрации (этот параметр обычно называется разрешающей способностью датчика), достаточной для того, чтобы датчик среагировал. Следует отметить, что если в предыдущих разделах синонимом термина «чувствительность» был наклон линейной передаточной функции, то для химических датчиков аналогом чувствительности является разрешающая способность.

Избирательность является самой важной характеристикой химических датчиков. На практике обычно проверяют реакцию датчиков на увеличение концентраций исследуемых реагентов, поскольку гораздо проще повышать концентрацию веществ в эталонном образце, чем уменьшать ее. Очевидно, что химических датчиков с идеальной селективностью не существует [2].

Металл-оксидные газовые датчики на основе диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ) появились в конце 1960-х годов. Из всех существующих типов датчиков они являются наиболее простыми и надёжными, могут довольно легко соединяться с любыми электрическими схемами. В основе их действия лежит каталитическая активность некоторых оксидов металлов. Таким образом, в присутствии определённых газов (таких, как  $\text{CH}_3\text{SH}$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) их электрические характеристики изменяются. При нагреве в воздухе кристаллов оксида металла, например,  $\text{SnO}_2$ , до заданной достаточно высокой температуры поверхность кристалла начинает адсорбировать атомы кислорода, в результате чего она становится заряженной, что уменьшает ток электронов. При воздействии на поверхность детектора определённых газов происходит снижение её потенциала, что значительно повышает проводимость кристалла.

Для нахождения соотношения между электрическим сопротивлением плёнки и измеряемой концентрацией газов можно воспользоваться следующим эмпирическим выражением:

$$R_s = A[C]^{-\alpha},$$

где  $R_s$  – электрическое сопротивление детектора,  $A$  – константа, определённая для данного химического состава,  $C$  – концентрация исследуемых газов, а  $\alpha$  – наклон характеристической кривой сопротивления, построенной для данного оксида металла и конкретного газа. [2]

Ввиду изменения в таких полупроводниковых датчиках удельного сопротивления вследствие воздействия на их поверхность различных газов, они работают не самостоятельно, а включаются в состав дополнительной электронной схемы. В роли такой схемы, как правило, используется мост Уитстона, в одно из "плечей" которого встраивается детектор. Изменение сопротивления детектора приводит к разбалансу моста (рис. 1 А). Для температурной балансировки мостовой схемы применяется термистор с отрицательным температурным коэффициентом с параллельным линейризирующим резистором.

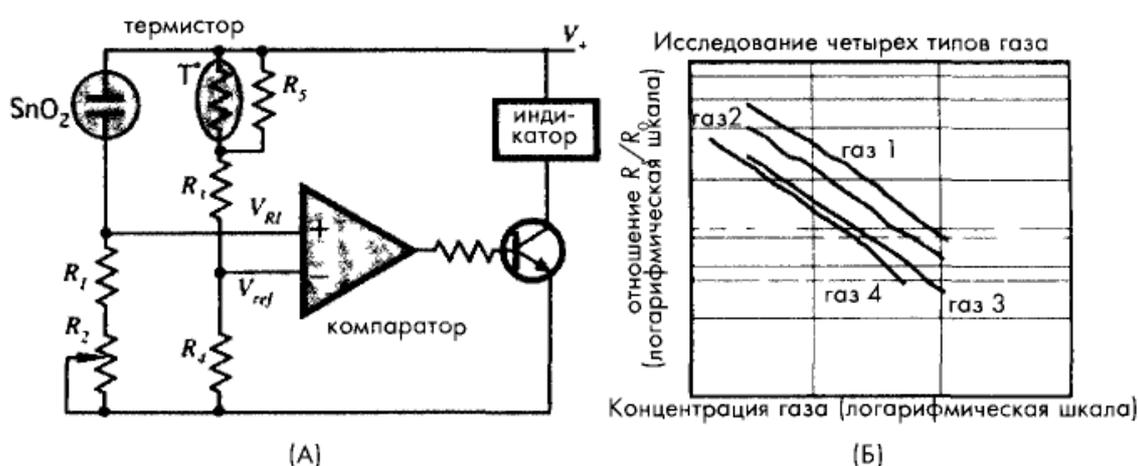


Рисунок 1 – Металл-оксидный химический детектор, включённый в схему моста Уитстона (А) и его передаточные характеристики, построенные для разных газов (Б)

Поскольку датчик ведёт себя как сопротивление, величина которого меняется в зависимости от типа газа и его концентрации, падение напряжения на нём будет пропорционально этому сопротивлению, поэтому можно построить график зависимости падения напряжения от концентрации газов. Обычно при построении этого графика в логарифмических координатах, он имеет вид прямой линии (рис. 1 Б). Каждая кривая наклона

конкретного газа отличается от другой, что позволяет проводить его идентификацию. Таким образом, можно оценить концентрацию исследуемого газа даже за пределами этого графика.

Физический эффект активированной адсорбции определяет работу газового датчика. Она, как правило, требует дополнительной затраты энергии, иначе датчик не будет адсорбировать молекулы газа на свою поверхность [3]. В принципе, наличие энергии активации может не являться необходимым условием, однако в таком случае стоит подчеркнуть, что адсорбирующие свойства оксида олова, полупроводника, используемого в газовых датчиках, будут протекать крайне слабо. Равновесие адсорбата – поглощаемого газа, с газовой фазой устанавливается почти моментально.

При нагреве чувствительного элемента датчика скорость адсорбции возрастает. Молекулы кислорода осаждаются на поверхности чувствительного элемента датчика. Соответственно, электроны участвуют в связи с этим электроакцепторным газом [4]. Важно отметить, что изменение электропроводности полупроводника в этом случае имеет место лишь в том случае, когда речь идёт об очень малой толщине (плёночное покрытие). Молекулы определяемого газа вступают в химическую реакцию с кислородом на поверхности чувствительного элемента. Эти реакции нельзя путать с реакцией горения, т.к. они протекают при низких температурах на поверхности чувствительного элемента датчика, являющегося для следующих процессов катализатором:

- В случае аммиака:  $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$  (Окись азота)
- В случае метана:  $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$  (Метанол)
- В случае этанола:  $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$  (Этаналь)

Чувствительный элемент выполнен из четырёхвалентного оксида олова  $\text{SnO}_2$  (рис. 2), обладает низкой проводимостью в чистом воздухе. При появлении в воздухе детектируемых газов, электропроводность начинает увеличиваться пропорционально повышающейся концентрации газа.

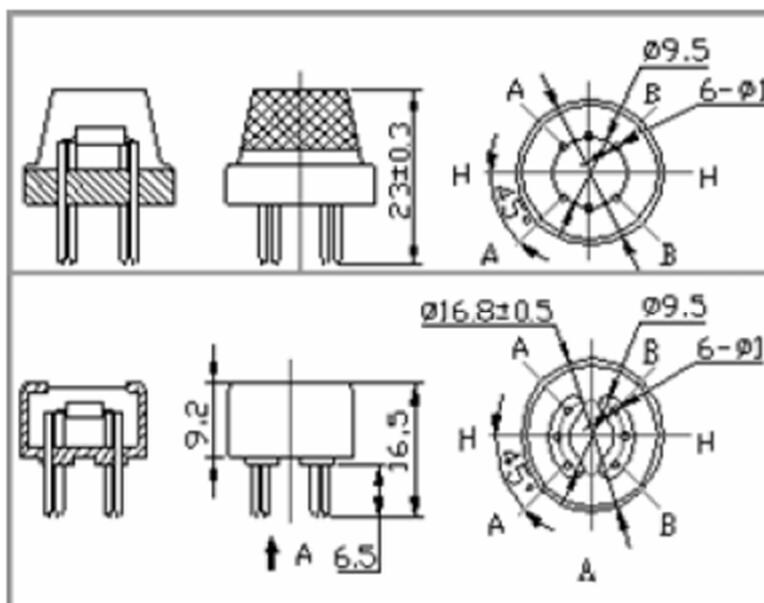


Рисунок 2 – Форма и размеры газового датчика

Датчики MQ-3, MQ-5, MQ-135 обладают высокой чувствительностью к парам этилового спирта, горючих газов группы метан-бутан, и аммиаку соответственно. Имеют хорошую устойчивость к воздействиям других газов, таких, как пары бензина, дым, и др. Датчики обладают невысокой стоимостью и подходят к любым устройствам.

Аналоговые выходы датчиков подключены соответственно:

- A1 – MQ-135 – для газов аммиака;
- A2 – MQ-5 – для газов метана, этана, пропана, бутана;

- А3 – MQ-3 – для паров этилового спирта;
- а также питание и земля – 5V и GND.

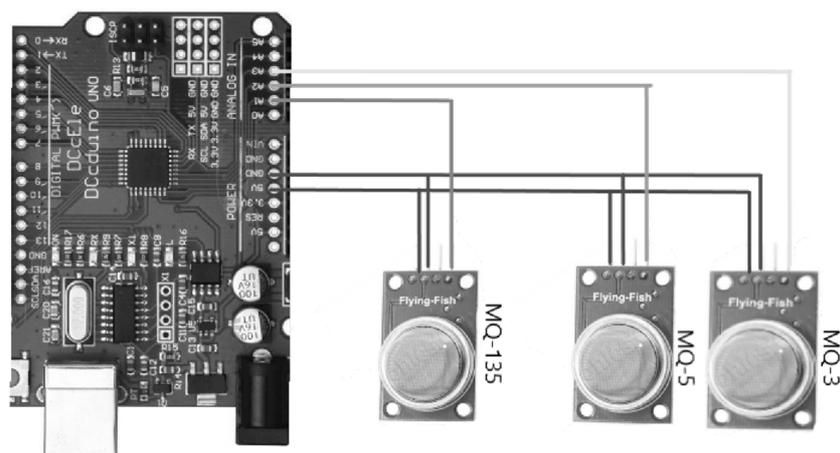


Рисунок 3 – Подключение датчиков в плате Arduino UNO

Расположение пинов ЖК-дисплея полностью соответствует расположению пинов на плате Arduino. Дисплей подключён соответственно: пин A0, управляющий кнопками, питание и земля соответственно (рис. 4, снизу), а также пины 4,5,6,7,8,9,10 для отображения информации на дисплей (рис. 4, сверху).

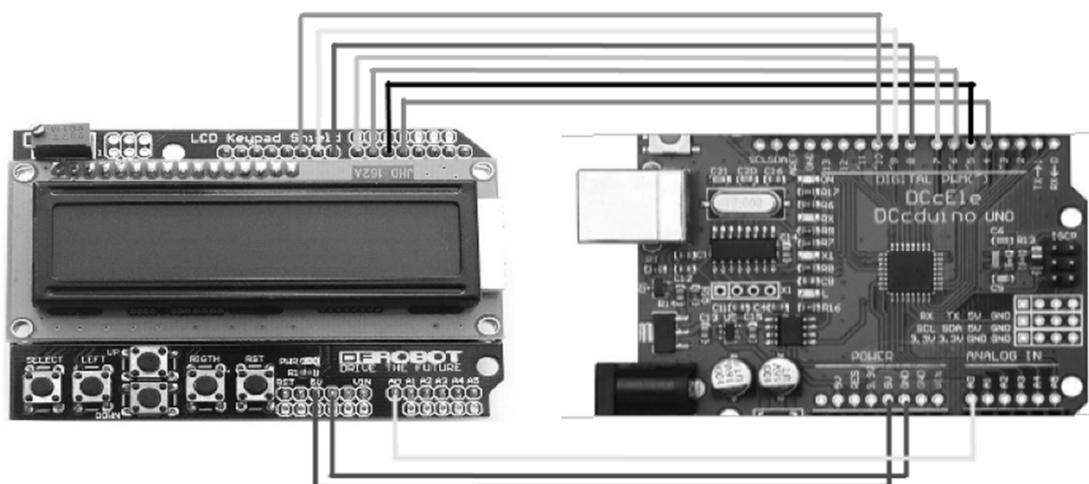


Рисунок 4 – Подключение ЖК-дисплея к плате Arduino

Калибровка датчиков производилась на свежем воздухе. Были сняты минимальные значения с аналоговых выходов портов, 50 мВ. Затем для каждого из датчиков были замерены значения при максимальной концентрации газов:

- MQ-135 – 460 мВ
- MQ-5 – 960 мВ
- MQ-3 – 360 мВ

Используя полученные значения, была выполнена конвертация этих данных в процентный показатель.

Питается устройство от источника в 5 В и 2 А. Корпус для устройства выполнен из ЛДСП, вырезан на лазерном станке (рис. 5). Созданный газоанализатор позволяет определить концентрацию нескольких типов газов и отобразить её в процентном соотношении. При превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) газов в воздухе на дисплее отображается надпись «опасно», либо «норма» – если ПДК не превышен.

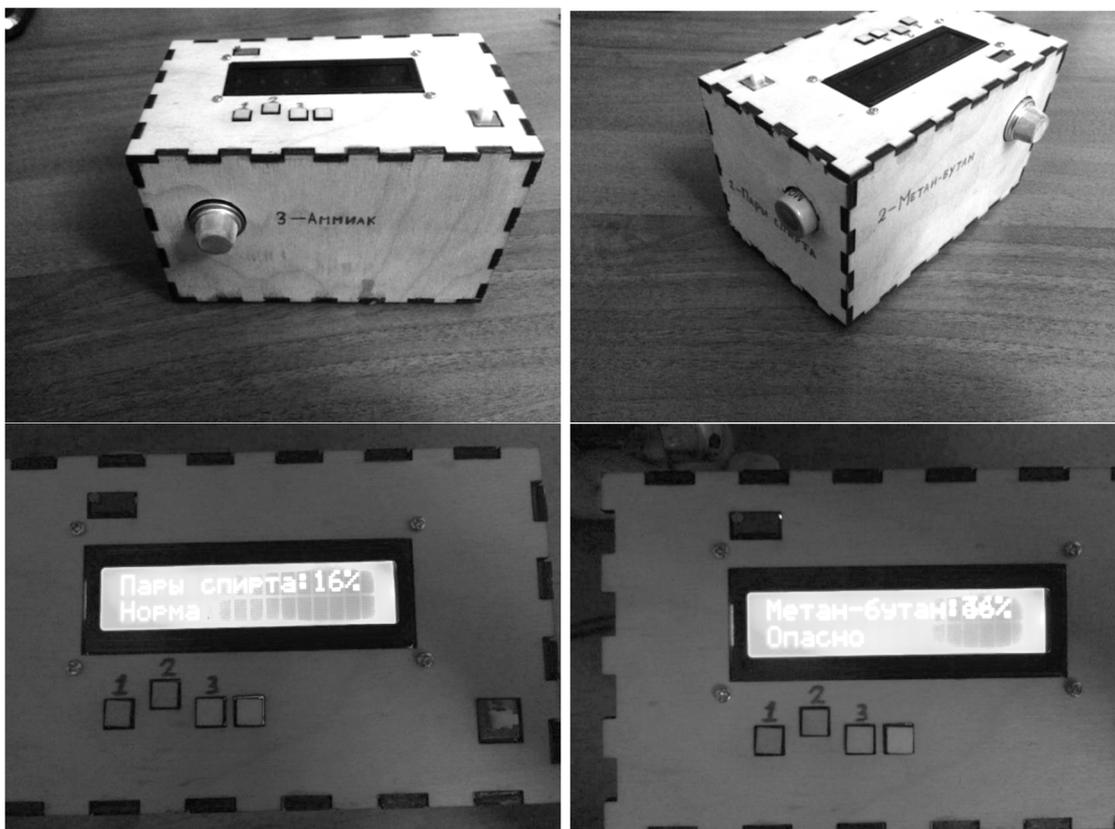


Рисунок 5 – Внешний вид и демонстрация работы устройства

*Автор работы выражает благодарность своему научному руководителю д.ф.-м.н., проф. Г.С. Денисову за ценные советы при проведении анализа данных, и к.ф.-м.н. С.И. Кузикову за настоящий совет по написанию и рекомендации по оформлению статьи.*

### Литература

1. Волькенштейн Ф.Ф. Электронная теория катализа на полупроводниках. М.: Изд-во физ.-мат. лит. 1960. 188 с.
2. Джексон Р. Г. Новейшие датчики. М.: Техносфера. 2007. 384 с.
3. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твёрдого тела. М.: Мир. 1979. 458 с.
4. Виглеб Г. Датчики. М.: Мир. 1989. 190 с.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДА ОТ ВНУТРЕННИХ ОТЛОЖЕНИЙ

Кубатбекова К.К.

*kubatbekova.kj@gmail.com*

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема очистки трубопровода от внутренних отложений, которая неизбежно образуется в процессе эксплуатации трубопровода. В представленной работе предложено устройство, позволяющее повысить качество очистки труб. Кроме этого, конструктивное исполнение устройства позволяет повысить его надёжность в работе.*

*Ключевые слова: трубопровод, отложения на внутренней поверхности, устройство очистки трубопровода.*

Устройство относится к нефтегазодобывающей промышленности и предназначено для очистки трубопроводов от парафиногидратных отложений. Задача изобретения - повышение качества очистки труб и повышение надёжности работы устройства.

Задача изобретения - повышение качества очистки труб и повышение надёжности работы устройства.

Поставленная задача решается тем, что устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений, включает корпус, привод, установленный в корпусе и соединенный электрокабелем с генератором, насадку, размещённую на корпусе и связанную электрокабелем с генератором, технологический трубопровод, соединенный с корпусом, а также, устройство снабжено стенкой, закреплённой на корпусе и соединённой через выполненное в ней сквозное отверстие с технологическим трубопроводом, насосом, связанным через технологический трубопровод со стенкой. При этом насадка выполнена в виде электронагревательного элемента, имеющего форму конуса, а технологический трубопровод выполнен с теплоизоляцией по его окружности.

Выполнение насадки в виде электронагревательного элемента, имеющего форму конуса, обеспечивает последовательное и полное удаление отложений с поверхности труб по ходу движения устройства, что позволяет повысить качество очистки труб. Выполнение насадки в виде конуса позволяет удалять отложения с торца трубы по всей толщине отложений, чем исключается остаток отложений на стенке трубы. Кроме этого, снабжением устройства стенкой, закреплённой на корпусе и соединённой через выполненное в ней отверстие с технологическим трубопроводом, выполненным с теплоизоляцией по его окружности, и насосом, связанным через технологический трубопровод со стенкой, обеспечивается оперативное удаление отложений из нижней части трубы, чем также повышается качество очистки труб. Посредством удаления отложений из нижней части трубы исключается накопление отложений в нижней части горизонтально расположенного магистрального трубопровода.

Повышение надёжности устройства связано с тем, что механический способ очистки трубы заменён на тепловую очистку, исключаящую износ насадки, чем, соответственно, повышается надёжность работы.

Устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений иллюстрируется чертежом, где на рис.1 показан горизонтальный вид устройства в магистральной трубе; на рис.3 - фронтальный вид А устройства; на рис.2 - вертикальный разрез Б-Б устройства; на рис.2 - вертикальный разрез В-В устройства.

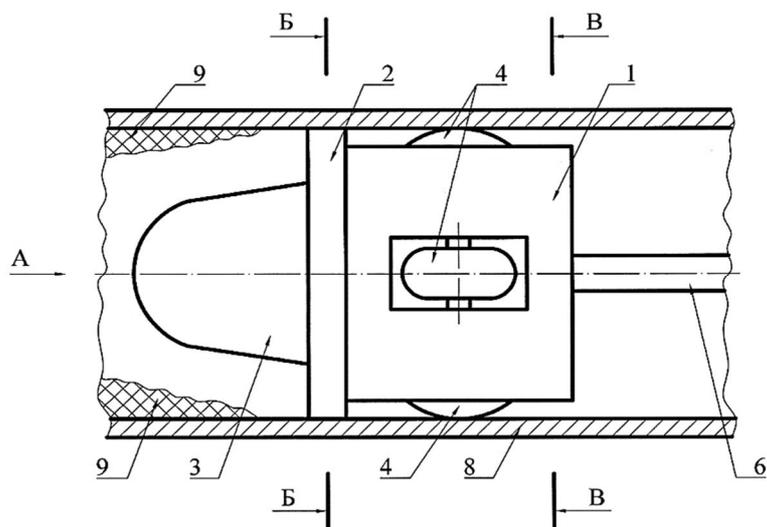


Рисунок 1 – Устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений

Устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений включает корпус 1, стенку 2, закрепленную на корпусе 1, насадку 3, установленную на стенке 2. В корпусе 1 размещены ролики 4, соединенные с приводами 5, закрепленными на корпусе 1.

Со стенкой 2 связан технологический трубопровод 6, соединенный с полостью стенки 2 в нижней части устройства. На стенке 2, со стороны установки на ней насадки 3, выполнены сквозные отверстия 7, связанные с полостью стенки 2. Полость стенки 2 соединена через технологический трубопровод 6 с насосом (на фигурах не показан). Насадка 3 выполнена в виде электронагревательного элемента, имеющего форму конуса, направленного вершиной в сторону перемещения устройства. Насадка 3 и привода 5 соединены с генератором электрокабелем (на фигурах не показан), расположенном на технологическом трубопроводе 6. Технологический трубопровод 6 оснащён теплоизоляцией по его окружности. Корпус 1 установлен роликами 4 на поверхности магистрального трубопровода 8. Позицией 9 на рис.1 показаны парафиногидратные отложения на внутренней поверхности трубопровода 8.

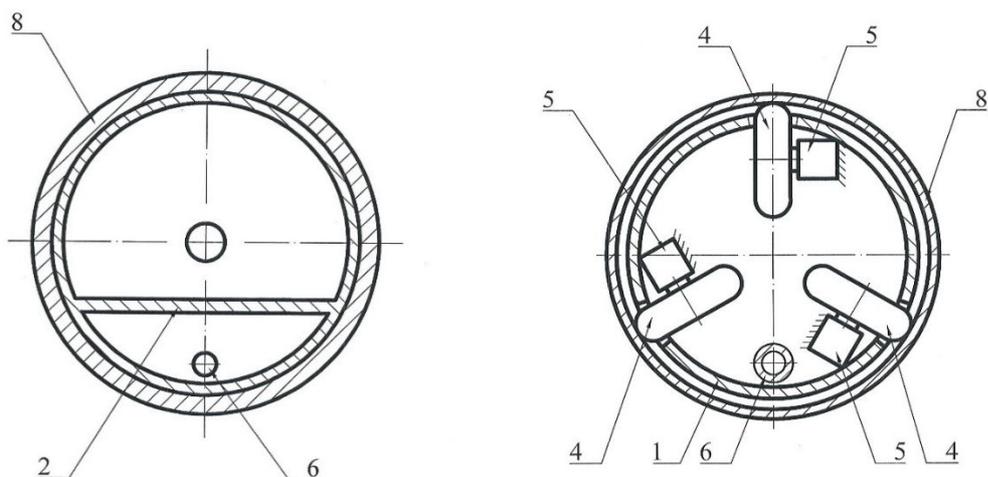


Рисунок 2 – Устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений (вид Б-Б, В-В)

Устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений работает следующим образом. Устанавливают корпус 1 насадкой 3 в сторону движения устройства по трубопроводу 8. Запитывают насадку 3 через электрокабель от генератора и разогревают до температуры, требуемой технологией (от 40°C до 80°C). Включают привода 5 через электрокабель от

генератора и ролики 4 перекачиваются по поверхности трубопровода 8, перемещая устройство. По ходу движения устройства насадка 3 теплоизлучением размягчает и разжижает отложения 9, и последние стекают вниз трубопровода 8. Скапливающиеся в нижней части трубопровода 8 перед стенкой 2 отложения 9 засасываются насосом через отверстия 7 в полость стенки 2, из которой отложения 9 откачиваются насосом через технологический трубопровод 6. В зависимости от "мощности" отложения 9 регулируется скорость движения устройства по трубопроводу 8.

#### Вид А

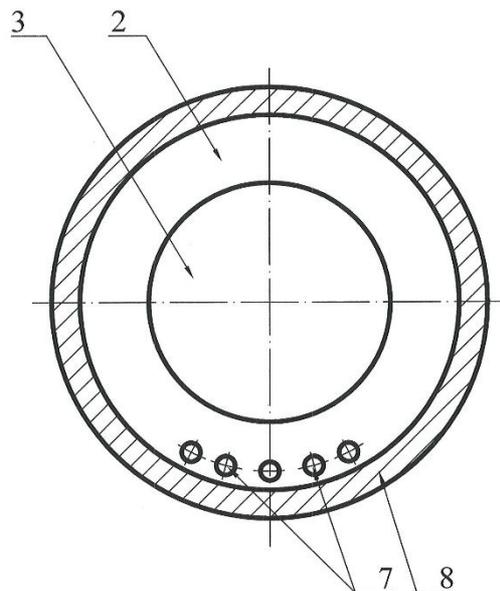


Рисунок 3 – Устройство для очистки трубопровода от внутренних отложений

Таким образом, применение предложенной конструкции устройства для очистки трубопровода от внутренних отложений позволит повысить качество очистки труб и надёжность работы устройства.

#### **Литература**

1. Патент RU 63262 U1, В08В 9/027, 27.05.2007 «Устройство для чистки труб от внутренних отложений».
2. Патент RU 2400315 С1, В08В 9/053, 27.09.2010 «Способ очистки внутренней поверхности трубопровода от асфальтосмолистых и парафиновых отложений».
3. Патент RU 2206415 С1, В08В 9/053, 20.06.2003 «Способ очистки внутренней поверхности трубопровода».
4. Патент RU 94005183 А1, В08В 9/04, 10.11.1995 «Способ очистки трубопроводов от парафиновых отложений».

## К ПОСТРОЕНИЮ ПАСПОРТА ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Кулагина М.А.

*kulagina\_m.a@mail.ru*

Кыргызско–Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Для составления так называемого паспорта прочности горных пород чаще всего используются экспериментальные данные испытания стандартных цилиндрических образцов в установках на трехосное сжатие по схеме Т. Кармана. Получаемые значения главных напряжений в момент разрушения при реализации различных пропорциональных нагружений представляются на известной диаграмме Мора предельными (наибольшими) кругами. Огибающая к этим кругам разграничивает область опасных (по разрушению) и не опасных напряженных состояний и позволяет определить ориентацию плоскости среза при разрушении. В данном сообщении проанализировано уравнение такой огибающей линии (получаемое на основе предложенного Т.Б. Дуйшеналиевым и К.Т. Койчумановым критерия), которое в достаточной мере отражает прочностные свойства разнообразных горных пород. Сделана попытка разделить породы на определенные классы в соответствии с видом их структуры и с закономерностью изменения угла среза в зависимости от уровня напряженного состояния.*

*Ключевые слова: горные породы, пределы прочности, огибающая предельных кругов Мора, угол среза.*

Напряженное состояние горных пород в массиве моделируется испытаниями стандартных цилиндрических образцов на установках по схеме Кармана, когда между осевым напряжением сжатия  $\sigma_1$  и главными напряжениями  $\sigma_2$  и  $\sigma_3$  от равномерного бокового давления выполняется соотношение:  $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$ . При этом сжимающие напряжения считаются положительными; по их соотношению в момент разрушения судят о прочности пород.

Напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_3$  могут принимать множество значений, и осуществить весь комплекс опытов с различным соотношением этих компонент невозможно. Поэтому разрабатываются различные методы расчета [1], по которым можно оценить степень опасности напряженного состояния по постулируемым зависимостям между главными напряжениями, т.е. предсказать прочностные свойства материалов в момент разрушения.

В практике горного дела получила наибольшее распространение теория прочности Мора, согласно которой разрушение происходит в результате сдвигов по плоскости, наклоненной под определенным углом к главным напряжениям. Сопротивляемость сдвигу в этой плоскости ( $\tau$ ) зависит от нормального напряжения ( $\sigma$ ) на ней. Однако до настоящего времени нет общепринятой универсальной зависимости  $\tau(\sigma)$ , отражающей предельные значения главных напряжений ( $\sigma_1, \sigma_3$ ) при разрушении. Поэтому по экспериментальным данным трехосного сжатия по схеме Кармана строят в координатах  $\tau \square \sigma$  круги (Мора) предельных напряженных состояний, центр ( $O_c$ ) и радиус ( $R$ ) которых определяются выражениями:

$$O_c = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3), R = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

Доказано, что существует огибающая кругов предельных напряжений, разграничивающая область опасных и неопасных напряженно-деформированных состояний горных пород. Если уравнение огибающей известно, то можно установить прочность пород

при различных видах напряженного состояния, характеризуемых параметром  $c = \sigma_3/\sigma_1$  Т.Б. Дуйшеналиев и К.Т. Койчуманов [2] представили уравнение предельных кругов Мора в пространстве главных напряжений  $(\sigma_1, \sigma_3)$  в виде алгебраического уравнения второй степени:

$$\varphi(\sigma, \tau, \sigma_1) = \sigma^2 + \tau^2 - (\sigma_1 + \sigma_3)\sigma + \sigma_1\sigma_3 = 0, \quad (1)$$

где параметром этого семейства является напряжение  $\sigma_1$ .

По инвариантам уравнения (1) можно заключить, что в пространстве главных напряжений оно является уравнением гиперболы. Задав в этом пространстве уравнение гиперболы согласно ее определению:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + (\sigma_3 - b)^2} - \sqrt{\sigma_1^2 + (\sigma_3 - a)^2} = d, \quad (a, b, d - const) \quad (2)$$

удалось [2] разрешить его относительно главного напряжения  $\sigma_3$ , т.е. получить зависимость  $\sigma_3 = \sigma_3(\sigma_1)$ , а именно:

$$\sigma_3 = \frac{a+b}{2} + \sqrt{\frac{d^2\sigma_1^2}{(a-b)^2 - d^2} + \frac{d^2}{4}}. \quad (3)$$

Согласно известной теореме [3], огибающая семейства вида (1) должна удовлетворять также уравнению:

$$\varphi_{\sigma_1}(\sigma, \tau, \sigma_1) = 0 \quad (\varphi_{\sigma_1} = \partial\varphi/\partial\sigma_1), \quad (4)$$

а координатами огибающей будут:

$$\sigma = \frac{\sigma_3 + \sigma_1\sigma_3'}{1 + \sigma_3'}, \quad \tau = \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{1 + \sigma_3'} \sqrt{\sigma_3'} \left( \sigma_3' = \frac{\partial\sigma_3}{\partial\sigma_1} \right). \quad (5)$$

Для определения производной  $\sigma_3'$ , входящей в выражения (5), необходимо знать зависимость между главными напряжениями  $\sigma_3 = \sigma_3(\sigma_1)$ ; согласно (3) имеем:

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_1}{\sqrt{\frac{d^2\sigma_1^2}{(a-b)^2 - d^2} + \frac{d^2}{4}}} \frac{d^2}{(a-b)^2 - d^2}. \quad (6)$$

Введем замену параметров гиперболы:

$$\frac{a+b}{2} = A, \quad \frac{d^2}{4} = B^2, \quad \frac{d^2}{(a-b)^2 - d^2} = Q. \quad (7)$$

Учитывая (7), выражения (3) и (6) принимают следующий вид:

$$\sigma_3 = A + \sqrt{Q\sigma_1^2 + B^2}, \quad (8)$$

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_1}{\sqrt{Q\sigma_1^2 + B^2}} Q. \quad (9)$$

Огибающая при  $\sigma_1 \rightarrow \infty$  стремится к линии, параллельной оси  $\sigma$ , а касательное напряжение стремится к максимальному значению, в результате чего, согласно этому условию предельного перехода [2,4],  $Q = 1$ . Следовательно:

$$\sigma_3 = A + \sqrt{\sigma_1^2 + B^2}, \quad (10)$$

$$\sigma_3' = \frac{\sigma_1}{\sqrt{\sigma_1^2 + B^2}}. \quad (11)$$

Проанализируем полученную таким образом зависимость  $\sigma_3(\sigma_1)$  и установим область применимости формул (8) и (10).

Угловым коэффициентом касательной к предельным кругам Мора ( $\tau'$ ), с учетом (5), определяется [2] по формуле:

$$\tau' = \frac{1 - \sigma'_3}{2\sqrt{\sigma'_3}}, \quad (\tau' = \frac{\partial \tau}{\partial \sigma}). \quad (15)$$

Обозначим  $\tau' = \tan \theta$ . Из построения предельного круга Мора и огибающей к нему имеем

$$2\alpha = 90^\circ - \theta, \quad (16)$$

где угол среза  $\alpha$  при заданном виде напряженного состояния ( $c$ ) и известной ординате  $\tau(c)$  точки касания огибающей круга Мора определяется соотношением:

$$\sin 2\alpha = \frac{2\tau}{\sigma_1(1-c)} \quad (17)$$

В качестве исходных экспериментальных данных выбраны результаты испытаний на трехосное сжатие обширной группы горных пород, представленные в виде табличных данных в монографии [5].

Сопоставлены расчетные (согласно зависимостям (8) и (10)) и построенные по опытным данным наибольшие круги Мора (в координатах  $\sigma, \tau$ ) для горных пород при всех (не менее пяти) осуществленных в опыте напряженных состояниях. Это позволило разделить выбранные таким образом породы на 2 большие подгруппы в соответствии с их петрографическими характеристиками и значением параметра  $Q$  (Таблица 1, первая подгруппа:  $Q < 1$ , вторая подгруппа:  $Q = 1$ ).

Таблица 1 – Классификация горных пород в соответствии с их структурой

Название материала	$Q$	Структура (зернистость)
Песчаник выбросоопасный	0,226	Крупнозернистый
Песчаник, неопасный по выбросам	0,132	Среднезернистый
Песчаник П-0	0,223	Среднезернистый(обломки зерен)
Известняк Д-6	0,27	Обломки раковин
Песчаник П-01	0,161	Обломки и цемент порового типа
Песчаник П-026	0,134	Среднезернистый
Мрамор-І	0,42	Кристаллически-зернистый
Кварцевый диорит Д-2	0,1	Гипидиоморфно(беспорядочно-) зернистая
Песчаник Д-8	1	Мелкозернистый
Песчаник П-03	1	Мелкозернистый
Мрамор ІІ	1	Равномерно-зернистый
Известняк (Эстонсланец)	1	Микро-мелко-зернистый
Диабаз	1	Структура пойкилоофитовая

Как видно из этой таблицы, пределы прочности горных пород с мелкозернистой структурой отражаются теоретической зависимостью (10), т.е. при  $Q = 1$ . Для этой (второй подгруппы материалов) для построения расчетных наибольших кругов прочности Мора достаточно иметь экспериментальные значения пределов прочности при двух видах напряженного состояния (при двух значениях параметра  $c$ ). Целесообразно использовать опытные данные при  $c = 0$  и при максимальном значении  $c$ , осуществленного в ходе испытания. Соответствующие два значения  $\sigma_1(c)$  служат «опорными точками» для определения констант  $A$  и  $B$ . Для примера (при найденных таким образом значениях  $A$  и  $B$ ) на рис.1 показаны расчетные круги Мора и огибающая к ним для диабаза. Незначительное отличие расчетных от экспериментальных кругов Мора для этой породы наблюдается только при  $c = 0,116$  и  $c = 0,178$ . Совпадают также расчетная и эмпирическая огибающие к этим кругам. Расчетная огибающая может быть аппроксимирована линией тренда (см. рис.1) с достаточно высокой достоверностью ( $R^2 = 0.9987$ ). Установлено [6], что уравнение такой

оггибающей является уравнением параболы:  $\tau = -9 \cdot 10^{-5} \sigma^2 + 1,0228\sigma + 439,7$ . Аналогичная закономерность выявлена и для всех рассмотренных пород.

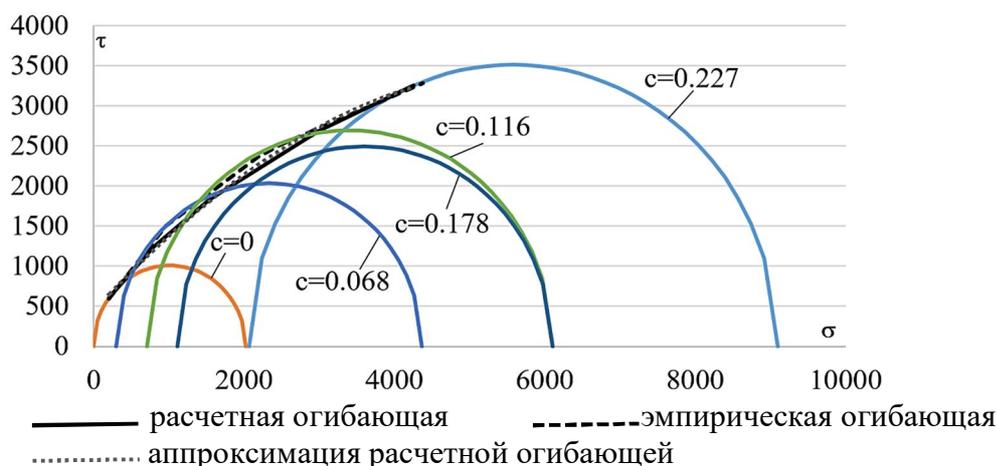


Рисунок 1 – Круги Мора и оггибающие к ним для диабаза

Расчетные углы среза  $\alpha_T$  при разных видах напряженного состояния в достаточной мере соответствуют их экспериментальным [5] значениям  $\alpha_E$  (Таблица 2).

Таблица 2 – Значения углов среза для диабаза

$c$	$\alpha_E$	$\alpha_T$
0	24	18.5
0.068	25	23.9
0.116	30	27.5
0.182	27	31.7
0.227	33	33.9

Для определения параметров зависимости  $\sigma_1(\sigma_3)$  согласно формуле (8) необходимо определить три константы ( $A$ ,  $B$  и  $Q$ ). Для этого используются три «опорные» точки, т.е. значения пределов прочности при трех видах напряженного состояния. Это несколько усложняет теоретические расчеты, но расширяет область применимости указанной зависимости между главными напряжениями. Чтобы сопоставить область применения формул (8) и (10) проанализировано, каким образом изменяется угол среза  $\alpha$  с изменением вида напряженного состояния при отображении прочностных свойств первой и второй подгруппы рассмотренных материалов. Для этого построены графики относительного увеличения угла среза  $\alpha_{отн} = (\alpha - \alpha_0) / \alpha_0$  как функции от относительного возрастания текущего предела прочности  $\alpha_{отн} = 0,5 * (\sigma_1 - \sigma_3) * \sin(2\alpha) / \sigma_c$  в пределах всего диапазона изменения вида напряженного состояния для конкретных горных пород. Здесь  $\alpha_0$  и  $\sigma_c$  – угол среза и предел прочности при одноосном сжатии. На рис.2 нижняя кривая соответствует в указанных координатах изменению угла среза для песчаника выбросоопасного (крупнозернистого), а верхняя – для песчаника П-03 (мелкозернистого). Из сопоставления этих кривых следует, что у крупнозернистой породы по сравнению с мелкозернистой одна и та же величина относительного угла среза достигается при заметно большем относительном пределе прочности. Это обстоятельство может служить еще одним критерием для выделения какой-либо конкретной горной породы в первую или вторую подгруппу, согласно таблице 1, для последующего определения теоретических пределов прочности по формуле (8) или (10).

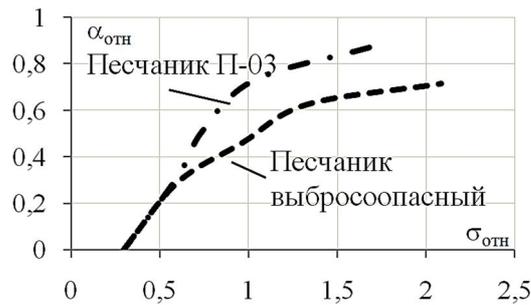


Рисунок 2 – Изменение угла среза в зависимости от относительного предела прочности для горных пород первой (песчаник выбросоопасный) и второй (песчаник П-03) подгруппы

Таким образом, построение паспорта прочности горных пород на основе теоретически сформулированной [2] зависимости между наибольшим и наименьшим главными напряжениями адекватно отражает прочностные свойства пород. Расчетная такая зависимость применительно к конкретной породе в общем случае содержит три материальных параметра. Эти параметры определяются, если известны пределы прочности породы при трех видах напряженного состояния трехосного сжатия. Установлено, что такие исходные данные необходимы для крупно зернистых пород, выделяемых в первую подгруппу из всех исследованных. Для мелко зернистых пород (выделяемых во вторую подгруппу) расчетная зависимость упрощается и число подлежащих определению материальных параметров сокращается до двух; соответственно уменьшается число достаточных исходных данных. Для включения какой-либо породы в ту или иную из указанных подгрупп можно использовать предлагаемую в данном сообщении их классификацию либо в соответствии с известными для них петрографическими характеристиками, либо в соответствии с устанавливаемыми в опыте значениями угла среза при различных видах напряженного состояния.

### Литература

1. Свойства горных пород и методы их определения / Е.И. Ильницкая, Р.И. Тедер, Е.С. Ватолин, М.Ф. Кунтыш; Под ред. М.М. Протодьяконова. М.: Недра. 1969. 392 с.
2. Дуйшеналиев Т.Б., Койчуманов К.Т. Уравнение огибающей линии предельных кругов напряжений. Бишкек: Илим. 2006. 130 с.
3. Погорелов А.В. Дифференциальная геометрия. М.: Наука. 1974. 176 с.
4. Рычков Б.А. О прочностных характеристиках горных пород // Современные проблемы механики сплошных сред. Бишкек. 2011. Вып. 13. С. 310-317.
5. Ставрогин А.Н., Протосеня А.Г. Пластичность горных пород. М.: Недра. 1979. 305 с.
6. Рычков Б.А. О критерии прочности горных пород // Изв. КГТУ. Бишкек. 2018. № 46. С. 89-93.

## ВЫЯВЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГРАФОВ

Ложечка В.И.

*loje4kavica@yandex.ru*

Инженерно-технологическая академия Южного федерального университета,  
г. Таганрог, Российская Федерация

*Кластеризация графов и выявление в них сообществ представляет собой актуальную научную задачу для исследования внутренней структуры графов и имеет важное прикладное значение для многих областей знаний. В настоящее время информация, используемая для решения проблем обработки больших потоков данных, может быть представлена в различных форматах. Помимо стандартной табличной формы, данные могут представляться в виде текста и графов. Разделение данных, представленных в таком виде, на подгруппы и является главной задачей кластерного анализа. Чтобы углубить понимание конкретных концепций кластеризации, включая оценку качества, мы провели экспериментальную оценку двух методов кластеризации на реальных сетях.*

*Ключевые слова: кластеризация, жадный алгоритм, модульность, алгоритм Walktrap, граф, случайные блуждания.*

Графы широко используются в качестве стандартного языка моделирования для представления отношений между объектами сложной системы. Объекты в сетях представлены как узлы, а отношения между ними как ребра между вершинами. Например, в сети, характеризующей связь аэропортов, сами аэропорты будут являться узлами графа, а перелеты, совершенные между ними, будут ребрами. В современном мире реальная информация имеет структуру несколько сложнее описанной: связи между сущностями могут быть определены многими различными отношениями, где данные связи определяются логическим значением (соединение существует или нет) или непрерывными переменными.

Кластеризация - это метод, позволяющий уменьшить сложность графа, сохраняя при этом большую часть его информации. Данный метод является одним из наиболее широко используемых для анализа данных, ведь почти в каждой научной области, связанной с эмпирическими данными, люди пытаются идентифицировать схожие группы в своем наборе данных. Кластерный анализ данных сетей является важным инструментом в исследовательском анализе данных. Формулировка задачи разделения данных на группы опирается на понятие графа подобия, который был описан ранее. Затем вычислительная задача состоит в группировке вершины в кластеры, где кластер представляет собой плотный подграф. Кластерная структура многих реальных графов представляет большой интерес, так как кластеры могут соответствовать, например, сообществам в социальных сетях.

**Алгоритм Fast-greedy.** Первый рассмотренный нами алгоритм это быстро работающий жадный алгоритм. Работа алгоритма включает в себя поиск изменений в модульности, которые могут возникнуть в результате объединения каждой пары сообществ, выбора наибольшего из них и выполнения соответствующего объединения. Один из способов предусмотреть (и реализовать) этот процесс - представить сеть как мультиграф, в котором целое сообщество представлено вершиной. В матрице смежности этого мультиграфа объединение двух сообществ  $i$  и  $j$  соответствует замене  $i$ -й и  $j$ -й строк и столбцов их суммой. В данном алгоритме эта операция выполняется для всей матрицы.

Как уже было сказано, работа алгоритма Fast-greedy начинается с помещения каждой вершины графа в отдельный кластер. Затем на каждом шаге алгоритма эти два кластера объединяются, что приводит к наибольшему изменению модульности. При объединении в один кластер  $i$  и  $j$  это изменение равно:

$$\Delta Q(l) = \Delta Q(i, j) = e_{ij} + e_{ji} - 2a_i a_j = 2(e_{ij} - a_i a_j)$$

Объединение двух кластеров может только увеличить модульность, если эти два кластера связаны. Другими словами, смежные вершины всех соединений между кластерами оцениваются для объединения. Изменение модульности  $\Delta Q(i, j)$  зависит только от локальных структур двух задействованных кластеров.

**Алгоритм Walktrap.** Второй исследуемый метод - это агломеративный метод иерархической кластеризации walktrap. Алгоритм обнаруживает сообщества через серию коротких случайных блужданий, основываясь на идее, что узлы, встречающиеся при любом случайном обходе, с большей вероятностью будут находиться внутри сообщества. Случайное блуждание - это процесс, в соответствии с которым случайный ходок отходит от своей начальной точки. Алгоритм первоначально обрабатывает все узлы как свои собственные сообщества, затем объединяет их в более крупные сообщества, а затем в еще более крупные и так далее. По сути, он пытается найти плотно связанные подграфы в графе. Поскольку существует множество ребер, соединяющих узлы, существует несколько путей, по которым случайный обходчик может достигнуть определенного узла, и вероятность того, что случайный обходчик находится в определенном узле за определенное количество шагов, отличается от узла к узлу. Это означает, что вероятность достижения узла в том же сообществе, что и его начальный узел, выше, чем вероятность достижения узла снаружи. Данное расстояние используется как мера различия в агломерационной иерархической кластеризации с использованием связи Уорда в качестве индекса агрегации

Алгоритм walktrap использует подход агломерационной иерархической кластеризации. При таком подходе граф первоначально разбивается на  $n$  сообществ, и вычисляются попарные расстояния между всеми сообществами. Наиболее смежные сообщества объединяются в одно сообщество, и расстояния между сообществами обновляются. Это повторяется до тех пор, пока все узлы не будут объединены в одно сообщество.

**Экспериментальное исследование.** В настоящее время существует множество различных программ для проведения анализа сетей. Для проведения данного экспериментального исследования была использована среда статического программирования R, в частности пакет igraph, который позволяет работать с сетевыми данными.

Для исследования работы описанных ранее алгоритмов было принято решение использовать реальные графы, заданные в выбранной среде. Это позволило получить более точные результаты.

В данной статье сообщества определяются как непересекающиеся наборы плотно взаимосвязанных узлов изначального сетевого графа. Качество проведенного разбиения вершин на группы было оценено с использованием показателя модульности. Модульность характеризует структуру полученной сети, в частности степень кластеризации узлов, когда внутри кластера наблюдается высокая плотность узлов, а между кластерами она значительно ниже. Данный показатель равен разнице между долей связей внутри группы и ожидаемой долей связей, если бы связи были размещены случайно. Чем выше значение модульности, тем больше уровень кластеризации сети в соответствии с данной группировкой узлов. Значения данного показателя для проведенных разбиений сети представлено в таблице 1.

Далее будут представлены некоторые результаты проделанных экспериментов. Для наглядности результатов будут изображены небольшие сети.

Таблица 1 - Значения модульности

	Fast-greedy	Walktrap
Simpsons	0.3723958	0.3723958
lhds	0.9064983	0.8957571
Krebs	0.4684499	0.4890261
PowerGrid	0.52246	0.5164487
Bali	0.2629126	0.2830688

Таблица 2- Количество выделенных подгрупп

	Fast-greedy	Walktrap
Simpsons	3	3
lnds	89	118
Krebs	5	4
PowerGrid	4	6
Bali	3	3

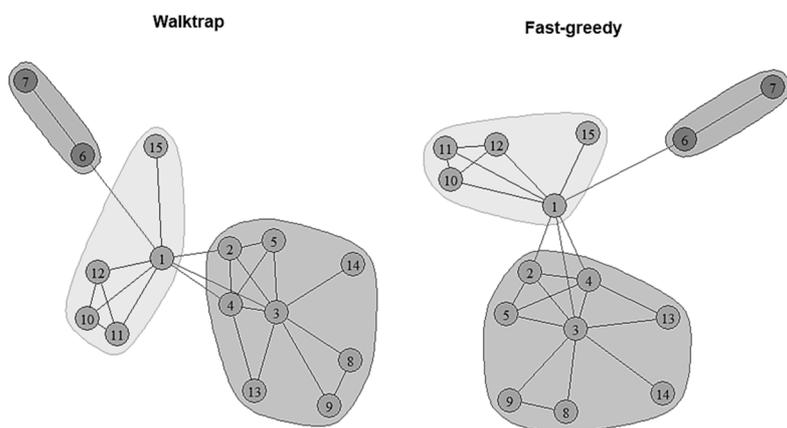


Рисунок 1 – Разделение сети Simpsons на сообщества исследуемыми методами

По данному рисунку мы можем наглядно убедиться, что данные методы одинаково разбили на сообщества граф взаимодействия героев телевизионного шоу. Значение модульности, приведенное в таблице 1, так же подтверждает одинаковое разбиение.

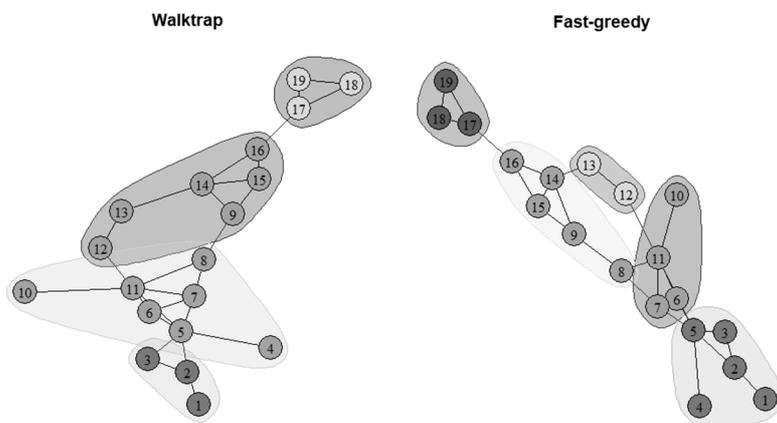


Рисунок 2 – Разделение сети Krebs на сообщества исследуемыми методами

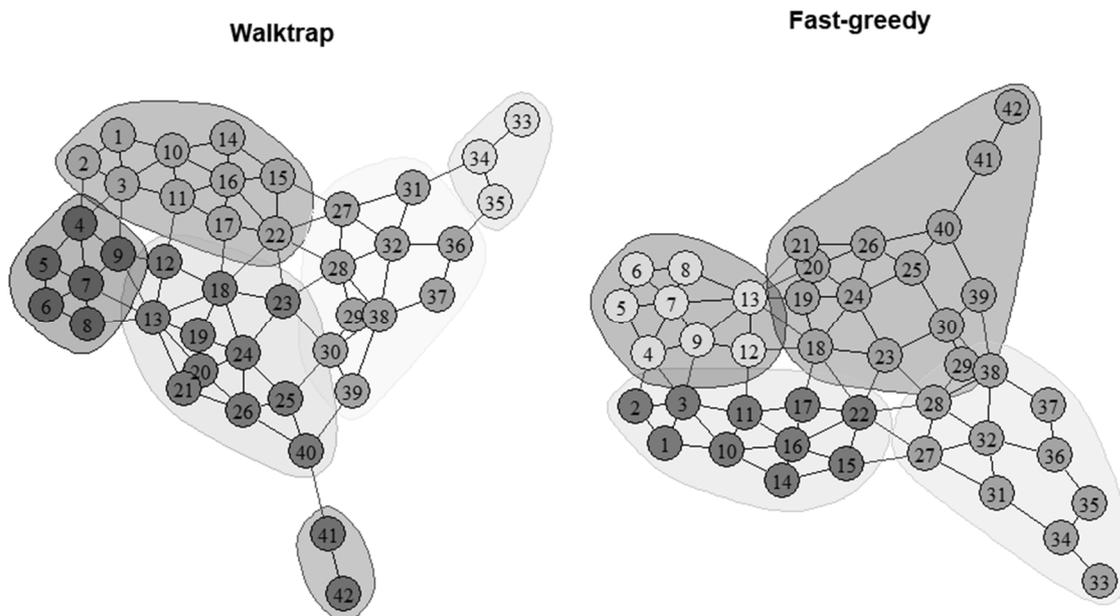


Рисунок 3 – Разделение сети PowerGrid на сообщества исследуемыми методами

**Заключение.** Таким образом, в статье была рассмотрена возможность использования кластеризации для решения задачи выявления сообществ в графах. В результате проведенного экспериментального исследования выбранных алгоритмов можно с большой степенью достоверности утверждать, что оба алгоритма показали схожие достаточно высокие значения качества кластеризации. Однако по результатам, полученным в ходе исследования, можно сделать вывод о том, что алгоритм Walktrap обладает большей трудоемкостью, что увеличивает время работы алгоритма. Этот факт становится более заметен, при работе с сетями с количеством ребер порядка  $10^3$  и более.

Нет сомнений в том, что данная проблема высоко значима в современном мире, поэтому следует продолжать исследования различных алгоритмов кластеризации данных.

### Литература

1. Чубукова И.А. Data Mining. Учеб. пособие. М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний. 2006. 382 с.
2. Newman M. E. J. and Girvan M. Finding and evaluating community structure in networks. Phys. Rev. E 69, 026113 (2004).
3. Saitta S., Raphael B., and Smit I. F.C. A bounded index for cluster validity // 5th International Conference on Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition, 2007.

## ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ (В ВЫЯВЛЕНИИ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ)

Лютикова В.С., Литовченко И.Н.

*litovira@rambler.ru*

Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан

*В работе излагаются особенности применения технологии распознавания образов (в выявлении роев землетрясений). Показан алгоритм распознавания роев землетрясений, его применение и результаты. На современных данных о сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, исследуются особенности технологии распознавания образов на примере возникновения, распознавания и распределения роев землетрясений за период 2017-2018 гг. На основе алгоритма распознавания роев землетрясений, сейсмичности региона, приводятся результаты работы данного алгоритма по выявлению роев. В результате получены места локализации роев землетрясений.*

*Ключевые слова: распознавание образов, сейсмичность региона, рой землетрясений.*

**Введение.** За последние годы распознавание образов стало одним из актуальных направлений, связанным с автоматизацией процессов обработки и использования информации [1]. В этом направлении достигнуты определенные успехи в решении теоретических и практических задач. Технология распознавания образов остается актуальной и на сегодняшний день.

В работе излагаются основные теоретические и практические результаты применения алгоритма распознавания образов на примере роев землетрясений, сделана попытка оценить перспективы развития и применения его при решении практических задач.

Распознавание образов (объектов, сигналов, ситуаций, явлений или процессов) – задача идентификации объекта или определения каких-либо его свойств по его изображению или другим характеристикам [2]. В компьютере множество объектов представляется набором неповторяющихся однотипных элементов. Образ – классификационная группировка, объединяющая (выделяющая) определенную группу объектов по некоторому признаку. Образы обладают характерными свойствами. Методика отнесения элемента к какому-либо образу называется решающим правилом. Метрика – способ определения расстояния между элементами универсального множества. Чем меньше это расстояние, тем более похожими являются объекты, то, что мы распознаем [2]. Остановимся далее подробнее на сути данной задачи.

**Исходные данные.** Сейсмичность региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий исследовалась авторами за период 2017-2018 г.г. на предмет возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений. Ранее, в работах авторов [3,4,6,7,8] описывался процесс распознавания роевых последовательностей землетрясений. Было подробно представлено возникновение и распределение таких последовательностей в разных сейсмоактивных регионах. На современных данных о сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий, представляется аналогичный подход для выявления особенностей распознавания, возникновения и распределения «роевых последовательностей» за последние годы 2017-2018 г.г. Приведены результаты выявленных роевых последовательностях землетрясений за этот период.

Отмечалось, что «рой землетрясений» выражается в увеличении числа слабых толчков в некоторой локальной зоне земной коры с последующим постепенным его уменьшением. Пространственные размеры «роев», примерно, равны размерам эпицентральных зон сильных землетрясений. «Рои» наряду с «форшоками» образуют прогностические последовательности

сейсмических событий, которые можно использовать для прогноза сильных землетрясений, отсюда возникает необходимость их своевременного распознавания [9, 13-16]. Для решения этой задачи предлагалось использовать метод графической кластеризации временных последовательностей событий (МГКл) [7, 15-17].

Авторами исследований [3, 7] отмечается, что «рои землетрясений» - это особый вид проявления сейсмической активности, когда за достаточно короткое время, в течение нескольких суток от 1 до 5-15 суток (редко более длительное время), в одном и том же месте, на ограниченной площади, происходит большое количество землетрясений, как правило, малых энергетических классов, характерных для фоновой сейсмичности региона. Но, в отличие от «афтершоковой последовательности», «роевые последовательности землетрясений» не всегда имеют главное событие старшего энергетического класса, а также характерного затухания энергии событий во времени [3]. Физическая природа возникновения «роев» не ясна. Они возникают, как в зонах континентальной сейсмичности (например, на Кавказе), так и в зонах субдукции (Курило-Камчатская зона) [10, 11]. Иногда в тех областях, где в прошлые годы имели место сильные землетрясения, обнаруживаются «рои», а иногда нет [3,17].

**Методом выделения «роевых последовательностей»** событий выступал следующий теоретический подход. Пусть за время  $T$  на ограниченной территории происходит  $N$  землетрясений  $a(11), a(12), \dots, a(NN)$ . Каждое из этих событий характеризуется набором параметров, часть из которых может повторяться (координаты, магнитуда, и т.п.), другие же не повторяются никогда. Всегда можно составить матрицу  $R$  состояний (1), симметричную с нулевой диагональю (имея в виду, что в общем случае матрица  $R$  может быть многомерной) [7].

$$R = \begin{bmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1N} \\ a_{21}a_{22}\dots a_{2N} \\ \dots\dots\dots \\ a_{N1}a_{N2}\dots a_{NN} \end{bmatrix} \quad (1)$$

По общепринятым методам кластерного анализа, должны проанализировать соответствие элементов строк в (1) заданным правилам. Например, считаем, что если существует пространственная взаимосвязь и взаимообусловленность событий, то она должна выражаться через "расстояния" (евклидовы или другие) между событиями в  $n$ -мерном пространстве. Если известны географические координаты события, то в качестве меры взаимосвязи выбираем геометрическое расстояние между эпицентрами землетрясений. Считая, что наиболее взаимосвязанными являются те события, для которых межэпицентральные расстояния минимальны. После определения соответствия заданному правилу элементов матрицы (1) в заданном пространстве параметров (например, расстояние между событиями) наносим их на график и соединяем между собой линиями в последовательности, следующей из (1). При наличии взаимосвязи и взаимообусловленности событий в матрице (1) на графике образуются связанные древовидные структуры. Узлы каждого из таких деревьев, образуют кластеры, подобные рассчитанным другими методами кластерного анализа. МГКл [7] не требует дополнительных математических операций для кластеризации, и поэтому выполняется значительно быстрее, чем другие методы кластерного анализа. Вообще время проведения расчетов для МГКл пропорционально числу событий в выборке образующей матрицу (1). Очевидным преимуществом МГКл является то, что в анализируемом пространстве состояний допустимы пересекающиеся подмножества. Такие ситуации могут возникнуть при анализе временных последовательностей событий, когда существуют кластеры, время жизни которых меньше интервала всей выборки. Использовали МГКл для выделения «роев» в Каталоге землетрясений [19] на Северном Тянь-Шане и прилегающих территориях за 2017-2018 г.г. [19], применяемом в Институте сейсмологии РК. Предварительно в каталоге [19] были выделены афтершоки. В дальнейших расчетах эти события не принимались во внимание. Представительность каталога [19] не равномерна во

времени и в пространстве. Так для территории, ограниченной координатами 39-47°N и 70°-85°E в 2017-2018 гг. представительными являются землетрясения с  $K \geq 8$  ( $M=2.2$ ). В дальнейших расчетах не выходим за пределы этого района. Выбор этой территории обусловлен тем, что здесь раньше происходили сильные землетрясения с  $M \geq 7-8$  (Верненское 1887 г.,  $M=7.5$ , Чиликское 1889 г.,  $M=8.4$ , Кеминское 1911 г.,  $M=8.3$ ). В анализируемом каталоге [19] отмечено более 80 землетрясений с  $M \geq 5$ , в том числе: Сарыкамышское 1970 г.,  $M=6.8$ , Жаланаштюпское 1978 г.,  $M=6.8$ , Байсорунское 1990 г.,  $M=6.3$ . Здесь по долгосрочному прогнозу ожидается период активизации сейсмической активности, и могут произойти сильные землетрясения.

**Особенности алгоритма распознавания.** Во-первых, определили численные характеристики «роев», как последовательности землетрясений пригодные для их описания и распознавания роев в каталоге. Это представляется важным, поскольку, не были известны объективные критерии для распознавания и выделения «роев». В общих чертах, процесс образования «роя» можно идентифицировать с процедурой пространственного группирования сейсмических событий. Некоторые, самые общие, качественные характеристики группирования для землетрясений с  $K \geq 9$  ( $M=2.8$ ) на территории Северного Тянь-Шаня приведены в [8]. Здесь за радиус вероятного группирования принимали 15 км. При этом количество группирующихся землетрясений составило 10% от размера выборки. Исследовался каталог [19] на способность образовывать компактные группы событий вводя ограничивающее правило при расчете матрицы (1). Оказалось, что устойчивые кластеры-группы размером не более 20'-25' угловой меры (т.е. размеров очаговых зон землетрясений с  $M=6-7$  на изучаемой территории) образуются, если расстояние между событиями  $L \leq 10'$ , т.е. примерно такие же, как у [8, 15,16].

Следующая характеристика «роев землетрясений» связана с числом землетрясений в «рое» (или группе). Легко показать, что вероятность попадания трех случайных событий в площадку радиусом равным  $L=10'$  столь мала, что ей можно пренебречь. Поэтому принимали за «рой» группу, в которой число землетрясений  $N \geq 3$ , без ограничения  $N$  по максимальной величине. Результаты расчетов по МГКл [7] с учетом  $L$  и  $N$  показали, что «рой» действительно группируются вблизи зон, в которых на изучаемой территории происходили землетрясения с  $M \geq 5.5$ . Однако их распределение в пространстве имеет большую дисперсию, что указывает на необходимость введения еще одной характеристики для более строгого описания роя. Известно, что «рои» могут быть и короткоживущие (минуты, часы), так и долгоживущие (месяцы и даже годы). Поэтому их нельзя характеризовать ни числом событий  $N$ , ни временем жизни «роя»  $T_l$  («life swarm»). Более объективной характеристикой является время между землетрясениями в «рое»  $T_m$ .

**Результаты.** По представленным теоретическим обоснованиям и методам возникновения и распределения «роевых последовательностей землетрясений», а так же практическому алгоритму их распознавания [15,16] на рисунке 1 приведены результаты работы программы распознавания «роев». Карта-схема рисунок 1 распознанных «роевых последовательностей землетрясений» региона исследования, пространственно-временное распределение сейсмических событий «роев»: 2017 – синим цветом, 2018 – красным цветом. В результате исследования параметров «роевых последовательностей землетрясений», получили три численные характеристики, по которым можно объективно распознавать «рой» в каталоге землетрясений на Северном Тянь-Шане и прилегающих территорий. К ним относятся: **число землетрясений в «рое»**  $N \geq 3$ ; **пространственное расстояние между соседними событиями**, образующими «рой»  $L \leq 10'$  в угловой мере; **время между событиями в «рое»**  $0 < T_m \leq 15-26$  дней. Используя эти ограничивающие численные значения, провели расчеты МГКл [7, 9, 15,16, 17] и составили каталог «роев» для территории Северного Тянь-Шаня, прилегающих территорий за период с 2017 и 2018 г.г. На всем интервале анализа принимали в расчет все землетрясения с  $K \geq 7.0$ .

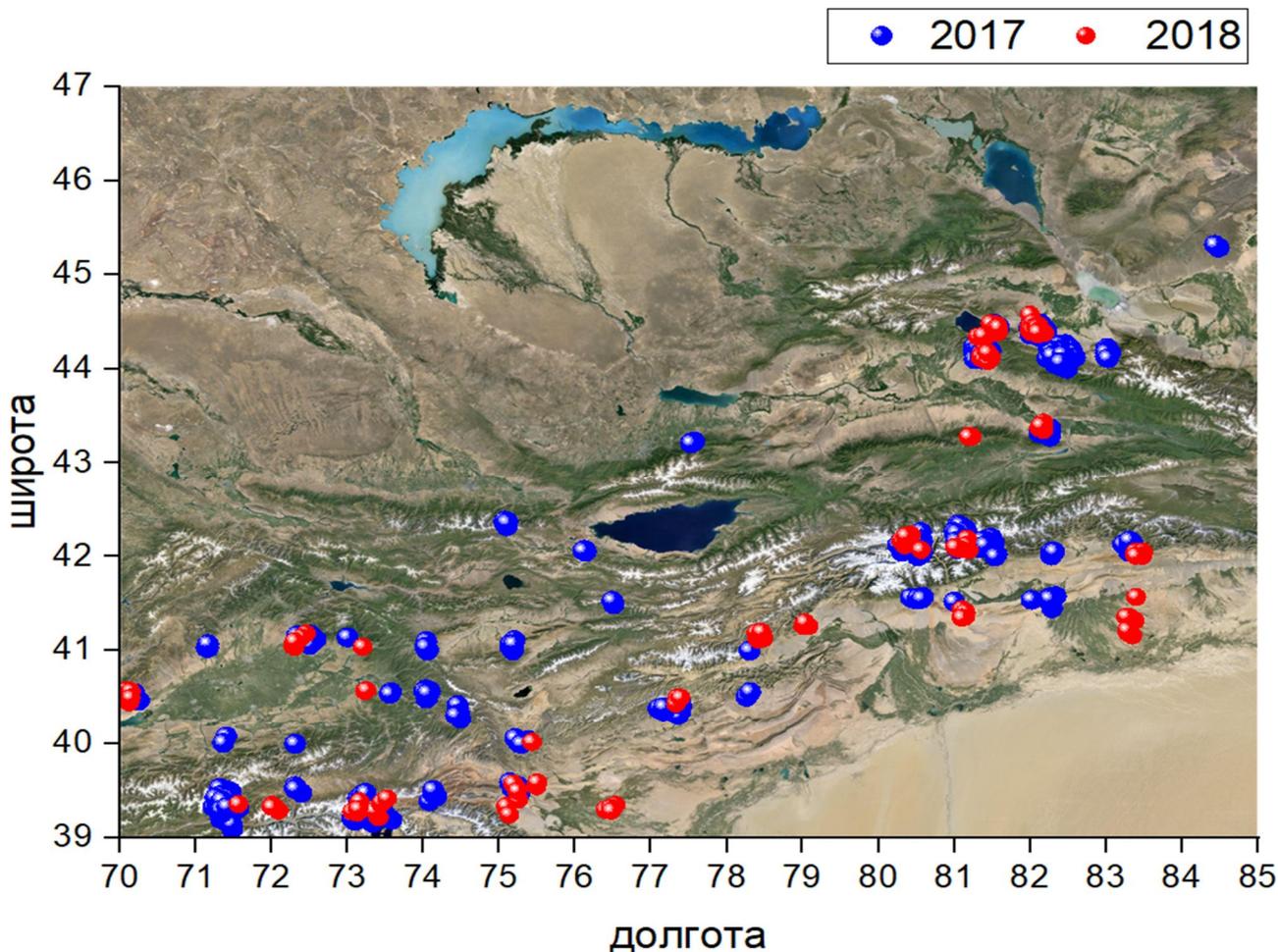


Рисунок 1 – Распределение «роев» землетрясений сейсмоактивного региона исследования 39°-47°N, 70°-85°E (синим цветом – 2017 г., красным цветом – 2018 г.)

**Выводы.** Представлена технология распознавания образов (по выявлению роев землетрясений) в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий. Результат работы компьютерной программы, демонстрирующий развитие сейсмического процесса во времени может быть использован для исследования сейсмичности и прогноза будущих сильных землетрясений. При визуальном просмотре четко видно, что «рои» возникают в эпицентральной зоне будущего сильного землетрясения за 10-15 лет до толчка и импульсивно появляются и исчезают. Эта особенность может служить для создания самостоятельной численной основы для прогноза землетрясений на Северном Тянь-Шане и прилегающих территориях. Каталог «роевых землетрясений» может служить основой для поиска «форшоков» и прогноза сильных землетрясений.

*Авторы благодарят научного руководителя академика НАН РК Курскеева А.К. за активное участие в проводимых исследованиях, критические замечания и рекомендации, а так же сотрудников СОМЭ, за предоставление каталога землетрясений.*

### Литература

1. Абламейко С.В., Краснопрошин В.В., Образцов В.А. Модели и технологии распознавания образов с приложением в интеллектуальном анализе данных // Вестник БГУ. Математика и информатика. Сер. 1. 2011. № 3. С. 62-72.
2. Колесников С. Распознавание образов / [http://www.old.ci.ru/inform03\\_06/p\\_24.html](http://www.old.ci.ru/inform03_06/p_24.html)
3. Славина Л.Б., Левина В.И., Бабанова Д.Н. Особенности возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивной зоне в акватории Тихоокеанского побережья Камчатки / <http://www.emsd.ru/konf091011/pdf/largesteqs/10.pdf>

4. Курскеев А.К. Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана. Алматы. 2004. 504 с.
5. Курскеев А.К., Абаканов Т.Д. Ритмы и энергетика современных геодинамических и сейсмических процессов. Алматы. 2007. 64 с.
6. Курскеев А.К. Проблемы прогнозирования землетрясений. Алма-Ата: Наука. 1990. 264 с.
7. Казаков В.В., Литовченко И.Н., Паршуков М.Ю. Рои землетрясений на Северном Тянь-Шане // Прогноз землетрясений и глубинная геодинамика. Материалы междунар. симп. Алматы. 1997. С. 145-151.
8. Литовченко И.Н., Лютикова В.С. Универсальный алгоритм распознавания образов роевых последовательностей землетрясений в современной сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий // XX Всерос. конф. с междунар. участием «Глубинное строение, минерагения, современная геодинамика и сейсмичность Восточно-Европейской платформы и сопредельных регионов». Воронеж. 2016. С. 236-240.
9. Лютикова В.С. Роевые последовательности землетрясений в современной сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. 8 Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2016. С. 143-147.
10. <http://planete-zemlya.ru/roi-zemletryasenij/>
11. <http://www.rudanovskiy.ru/гипотезы-о-земле/природа-землетрясений/>
12. Чалова В.С. Облачное хранилище данных (на примере сейсмичности) // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Материалы докл. VI Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2014. С. 31-33.
13. Чалова В.С., Литовченко И.Н. Особенности распознавания, возникновения и распределения роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий // Сб. матер. XIX конф. Тез. М. 2014.
14. Чалова В.С., Литовченко И.Н. Применение алгоритма распознавания роевых последовательностей землетрясений в сейсмоактивном регионе Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий // Материалы Междунар. конф. «Восьмые научные чтения Ю.П. Булашевича. Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей» (г. Екатеринбург, 14-18 сентября 2015 г.). Екатеринбург. 2015. С. 358-362.
15. Лютикова В.С. Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. докл. 8 Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2017. С. 92-94.
16. Лютикова В.С., Литовченко И.Н. Особенности распределения роевых последовательностей землетрясений в современной сейсмичности региона Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий // Юбилейная Международная научная конференция, посвященная 50-летию Института сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз. Ташкент. 2017.
17. Лютикова В.С. Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов // Всемирный Конгресс инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации», WSEC-2017. Астана, Казахстан. Т. 4. Алматы. 2017. С. 328-331.
18. Лютикова В.С. Рои землетрясений как отклик энергонасыщенных структур земной коры на воздействие астрофизических факторов // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Сб. материалов IX Междунар. конф. молодых ученых и студентов. Бишкек. 2017. С. 92-94.
19. Каталог землетрясений (СОМЭ) за 1960-2018 г.г. / Сейсмическая опытно-методическая экспедиция.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ БЛИЗ Г. БИШКЕК  
АТОМНО-ЭМИССИОННЫМ МЕТОДОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХСТРУЙНОГО  
ПЛАЗМАТРОНА ДГП -50**

Мамытбек кызы А.  
aigul\_90\_1@mail.ru

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, г. Бишкек, Кыргызская  
Республика

*В статье приводятся результаты спектрального анализа содержания тяжелых металлов в пробах, взятых из почвы в районе ТЭЦ г. Бишкек за 2016-2017 гг. Образцы проб взяты в зимнее время года, когда наступает отопительный период.*

*Ключевые слова: спектральный эмиссионный анализ, количественный спектральный анализ, тяжелые металлы, микроэлементы, токсиканты.*

Исследование техногенного загрязнения окружающей среды является одним из важнейших направлений экологических работ. Практически любой вид техно генеза связан с поступлением в окружающую среду разнообразных отходов, меняющих ее химические характеристики. Техногенное загрязнение проявляется на различных уровнях- от локального до глобального- и представляет опасность для живых организмов, включая человека. Изучение антропогенного загрязнения почвенного покрова является одной из ключевых проблем, связанной с сохранением природных экосистем. В связи с этим особую значимость приобретает контроль за экологической чистотой объектов окружающей среды, включая содержание микроэлементов. К тяжелым металлам (микроэлементам) относятся свыше 40 химических элементов таблицы Менделеева. Не все тяжелые металлы представляют одинаковую опасность. Известно, что одним из ведущих факторов загрязнения почв на урботерриториях являются твердые атмосферные осадки. Загрязнение природной среды города промышленными отходами и выбросами оказывает вредное действие на окружающую среду.

Из методов определения тяжелых токсичных металлов в почве наиболее универсальным, экспрессным и с низким пределом обнаружения является эмиссионный спектральный метод.

Традиционно атомно-эмиссионный спектральный анализ проводится с помощью порошковых и жидких проб. Под спектральным атомно-эмиссионным анализом понимают совокупность приемов, с помощью которых в результате измерения интенсивностей в спектрах исследуемого образца количественно определяют содержание в нем интересующих элементов. Обычно наблюдают спектральные линии, лежащие в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Твердые пробы обычно переводятся в порошковые пробы. Чувствительность того или иного вида анализа представляет собой важную составляющую, поскольку чем выше чувствительность, тем ценнее результат.

На практике широкому применению атомно-эмиссионного спектрального анализа способствовали его простота и универсальность, низкий предел обнаружения, экспрессность и возможность одновременного определения большего числа химических элементов.

Точность и чувствительность атомного эмиссионного спектрального анализа зависят, прежде всего, от физических характеристик – температуры, концентрации электронов, времени пребывания атомов в зоне возбуждения. Высокая температура и протяженность плазмы двухструйного плазматрона обеспечивают полноту испарения вводимых мелкодисперсных веществ в виде порошка, что является определяющим фактором в атомно-

эмиссионном анализе, а высокая стабильность плазмы является гарантом хорошей воспроизводимости и точности анализа.

Поэтому решение целого ряда задач в области охраны окружающей среды требует аналитической информации о концентрации тяжелых металлов в городской черте на уровне ультрамалых концентраций. Например, в качестве индикаторных показателей степени загрязненности почвенного покрова выбросами дымовых труб Бишкекской ТЭЦ служат тяжелые металлы, микроэлементы, которые в больших концентрациях являются токсикантами. Не менее актуальным является определение тяжелых металлов в выхлопных газах автотранспортных средств.

При контроле загрязнения почв тяжелыми металлами, имеющими как естественное, так и техногенное происхождение, отбор представительного образца проб имеет важное значение.

Почва, как и другие объекты окружающей среды (вода, воздух), имеет сложный состав, кроме того, и распределение элементов в этих объектах – многофакторное явление, подчиняющееся статическим закономерностям. Однако, с учетом всех этих факторов, в том числе и естественной вариабельности содержание элементов, можно отобрать представительный образец с достаточной и контролируемой достоверностью.

Спектральный анализ проводился на базе ИФТП и М им. Ж.Ж. Жеенбаева с использованием установки ДГП-50.

Пробу отбирали по общему требованию к отбору проб по ГОСТ 17.4.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84, города Бишкек на расстояниях от дымовых труб ТЭЦ: 100, 200, 300, 500, 1500, 2000, 3000, 5000, 10000 м. от источника загрязнения. Для контроля санитарного состояния почв отбор проводили глубины 0-10см. С каждой площадки размером 5х5м отбирали одну объединенную пробу, составленную из пяти точек. Пробы отбирались преимущественно во дворах домов, вдали от проезжей части дороги, чтобы максимально уменьшить влияние тяжелых металлов, образованных движением автотранспортных средств.

Для обеспечения воспроизводимости и правильности аналитических результатов большое внимание уделено уменьшению загрязнения проб микроэлементами из внешних источников, а также исключению потерь определяемых элементов на всех этапах работы с образцами. Пробы почвы после удаления из них корней размещают на листе чистой оберточной бумаги.

Каждый образец почвы отмечен пунктом отбора пробы, номером, глубиной отбора от поверхности земли и др. данными. Для этого образец после перемешивания располагают на виде квадрата или прямоугольника, делят шпателем на четыре равные части, и из каждого квадрата берут небольшое количество почвы, захватывая ее на всю глубину.

Каждую полученную пробу сушили до воздушно-сухого состояния, тщательно перемешивали. Насыпанную в фарфоровые тигли помещали в холодную муфельную печь и прокаливали в течении 6 часов при постепенном повышении температуры до 500<sup>0</sup>С. Прокаленную пробу массой 2 г истирали на вибромельнице Пульверизетте-5 до крупности частиц меньше 10 мкм. После этого пробу смешивали с графитовым порошком ОСЧ-8-4 в соотношении 1:1.

Это говорит о том, что загрязнение почв г. Бишкека в основном происходит от распространения дыма от дымовых труб ТЭЦ, так как частицы несгоревших углей и других частиц находящихся дымовой среде, постепенно рассеиваясь по фракциям, попадают на поверхность земли.

Концентрация хрома, кобальта, никеля и ванадия во всех проанализированных пробах, взятых с различных зон относительно труб ТЭЦ, находится ниже экологической нормы предельно допустимая концентрация (ПДК) данных элементов составляет: Cr-100 мг/кг, Co-50 мг/кг, Ni-85 мг/кг:

№	Элемент мг/кг	200м	400м	600м	800м	1000м	ПДК
1	Cr	70	95	75	72	50	100,0
2	As	39	65	43	30	21	50,0
3	Ni	56	45	30	13	9	85,0
4	Cu	50	56	67	43	37	55,0
5	Zn	95	97	105	63	46	100,0
6	Pb	26	34	31	23	20	30,0
7	Co	20	45	47	23	19	50,0
8	V	69	80	95	85	55	100,0

При сжигании угля огромные массы загрязняющих веществ выбрасываются в атмосферу в виде газов и аэрозоля. Дальность распространения и загрязнения почв зависит от мощности источника, условий выбросов и метеорологической обстановки. По данным зона максимальных концентраций микроэлементов в почве распространяется по направлению ветра, так как крупные частицы аэрозоля более 10 мкм, имеющие в своем составе анализируемые элементы за счет «сухого» осаждения и вымывания атмосферными осадками оседают вокруг ТЭЦа по дымовому тракту и образует характерное пятно большего загрязнения. На удалении 400-1000 метров располагается вторая зона, где содержания металлов приблизительно ниже, но в отдельных точках этих зон пробы показывают повышенное содержание некоторых тяжелых металлов.

**Заключение.** Проведенные исследования и их анализ показывает, что содержание некоторых тяжелых металлов в районе близких к ТЭЦ г.Бишкек превышает ПДК, что несомненно приводит к загрязнению указанных территорий тяжелыми металлами - Pb, Zn, Cu, As. В результате загрязнения образуется характерное пятно загрязнения, из-за ветра, который уносит крупные частицы и вымываются атмосферными осадками оседают вокруг ТЭЦа по дымовому тракту.

## РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КООПЕРАТИВНОГО АЛГОРИТМА РОЯ ЧАСТИЦ И ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СИСТЕМ

Масимканова Ж.А.<sup>1</sup>, Самигулина Г.А.<sup>2</sup>  
*masimkanovazh@gmail.com*

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Республика  
Казахстан

*Статья посвящена разработке мультиагентной системы прогнозирования технического состояния промышленного оборудования на основе кооперативного алгоритма роя частиц и искусственных иммунных систем. Предварительная обработка данных, выделение информативных дескрипторов и построение оптимального набора данных выполняются на основе кооперативного алгоритма роя частиц. Распознавание образов и прогноз технического состояния оборудования осуществляются с использованием искусственных иммунных систем. Мультиагентная система состоит из агента базы данных, менеджер агента, агента помощника, онтологического агента, агента роя частиц и агента распознавания ИИС. Исследования проводятся на базе реальных производственных данных нефтегазовой компании ТенгизШевройл. В качестве примера рассматривается Установка 300 (У300), предназначенная для очистки нефтяных газов от кислых компонентов. Результаты моделирования получены на основе суточных замеров показаний с датчиков У300.*

*Ключевые слова: мультиагентная система, прогнозирование технического состояния промышленного оборудования, кооперативный алгоритм роя частиц, искусственные иммунные системы, выделение информативных дескрипторов.*

В настоящее время ведущие нефтегазовые компании успешно внедряют инновационные интеллектуальные технологии для мониторинга и диагностики технического состояния промышленного оборудования, управления процессами нефтедобычи в режиме реального времени и оптимизации производства. Основной проблемой данных интеллектуальных систем является обработка и анализ большого объема данных, собираемых с каждой нефтяной платформы. Актуально применение современных методов искусственного интеллекта для прогнозирования состояний сложных промышленных объектов, оповещения об изменениях в процессах и чрезвычайных ситуациях и др. Широко применяются интеллектуальные технологии с использованием нейронных сетей, эволюционных алгоритмов, искусственных иммунных систем, алгоритмов роевого интеллекта (РИ) и др. Активно развиваются модифицированные алгоритмы РИ, такие как алгоритм роя частиц с весом инерции, кооперативный алгоритм роя частиц и другие. Данные подходы успешно применяются при предварительной обработке данных, выделении информативных дескрипторов и построении оптимального набора данных. Алгоритмы отличаются способностью быстрого и детального поиска оптимальных решений.

Существует много публикаций по данной теме. Статья [1] посвящена применению гибридной системы на основе алгоритма роя частиц (PSO, Particle swarm optimization) и метода опорных векторов для определения коэффициента восстановления нефти в месторождениях с низкой проницаемостью. Точность и эффективность предлагаемой модели оценены с использованием 34 наборов данных. Предложенная модель дает лучшие результаты со средним абсолютным относительным отклонением 3,79%. В работе [2] предлагается

применение PSO алгоритма для прогнозирования срока использования турбины и создания оптимального графика поддержки и ремонта. В исследовании [3] описывается совместное использование PSO алгоритма и нейронной сети для диагностики неисправности трансформатора. Результаты моделирования показывают, что точность диагностики достигает 90%. В работе [4] предлагается применение генетического алгоритма, PSO алгоритма и ИИС для синтеза и оптимизации нефтедобывающих платформ.

Всё вышеизложенное подтверждает актуальность данной области исследования.

Постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо разработать мультиагентную систему прогнозирования технического состояния промышленного оборудования нефтегазовой отрасли на основе кооперативного алгоритма роя частиц и искусственных иммунных систем.

При разработке мультиагентной системы прогнозирования созданы следующие агенты [5] (Таблица 1): агент базы данных, менеджер агент, агент помощник, онтологический агент, агент роя частиц, агент распознавания ИИС.

Таблица 1 – Описание агентов

Название агента	Описание функции агентов
Агент базы данных	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Создание базы данных (БД) дескрипторов.</li> <li>- Работа с БД.</li> </ul>
Менеджер агент	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Осуществление взаимосвязи между агентами.</li> <li>- Организация передачи информации.</li> <li>- Координация работы агентов.</li> </ul>
Агент помощник	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Помощь при выборе алгоритма.</li> <li>- Формирование подсказок при вводе параметров алгоритма.</li> <li>- Поддержка при функционировании в программной среде.</li> </ul>
Онтологический агент	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Формирование OWL (Web Ontology Language) модели кооперативного алгоритма роя частиц.</li> <li>- Построение OWL модели искусственной иммунной системы</li> <li>- Структурирование входных и выходных данных на основе онтологических моделей.</li> </ul>
Агент роя частиц	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Решение задачи выделения информативных дескрипторов на основе кооперативного алгоритма роя частиц (CPSO, cooperative particle swarm optimization).</li> <li>- Редукция малоинформативных дескрипторов.</li> </ul> <p><i>Агенты основного роя:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание популяции агентов;</li> <li>- случайная генерация начальных положений и скоростей агентов;</li> <li>- сравнение лучших положений агентов подчинённых роев;</li> <li>- обновление положения и скоростей агентов;</li> <li>- сохранение лучшего положение агента;</li> </ul> <p><i>Агенты подчинённых роев:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- создание популяции агентов;</li> <li>- случайная генерация начальных положений и скоростей агентов;</li> <li>- вычисление фитнес-функций каждого подчинённого роя;</li> <li>- определение лучшего положения агентов каждого подчинённого роя;</li> <li>- передача лучших положений в основной рой;</li> <li>- миграция агентов;</li> <li>- обновление положения и скоростей агентов;</li> <li>- проверка условия завершения.</li> </ul>
Агент распознавания образов	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Решение задачи распознавания образов на основе искусственных иммунных систем.</li> </ul>

Ниже приведен алгоритм функционирования мультиагентной системы:

Шаг 1. Подключение базы данных.

- Шаг 2. Ввод параметров CPSO алгоритма (размер популяции основного роя, размер популяции подчинённых роев, количество итераций, вес).
- Шаг 3. Предварительная обработка данных и выделение информативных дескрипторов.
- Шаг 4. Построение оптимального набора дескрипторов.
- Шаг 5. Обучение иммунной сети.
- Шаг 6. Распознавание образов на основе искусственных иммунных систем.
- Шаг 7. Прогнозирование технического состояния промышленного оборудования.

Исследования проводятся на базе реальных производственных данных нефтегазовой компании ТенгизШевройл. В качестве примера реализации Smart-технологии диагностики промышленного оборудования рассматривается Установка 300, предназначенная для очистки нефтяных газов от кислых компонентов и состоящая из нескольких агрегатов (абсорбера высокого давления, абсорбера низкого давления, регенератора амина, охладителя амина и др.). В качестве примера рассматриваются данные 19 датчиков: FIC31011 – преобразователь разности, LT301031 – уровнемер буйковый, TT31020 – преобразователь температуры и др.

Построение оптимального набора дескрипторов выполняется на основе CPSO алгоритма с использованием разработанного программного обеспечения на языке программирования Python. На рис. 1 представлена визуализация выбранных информативных дескрипторов.

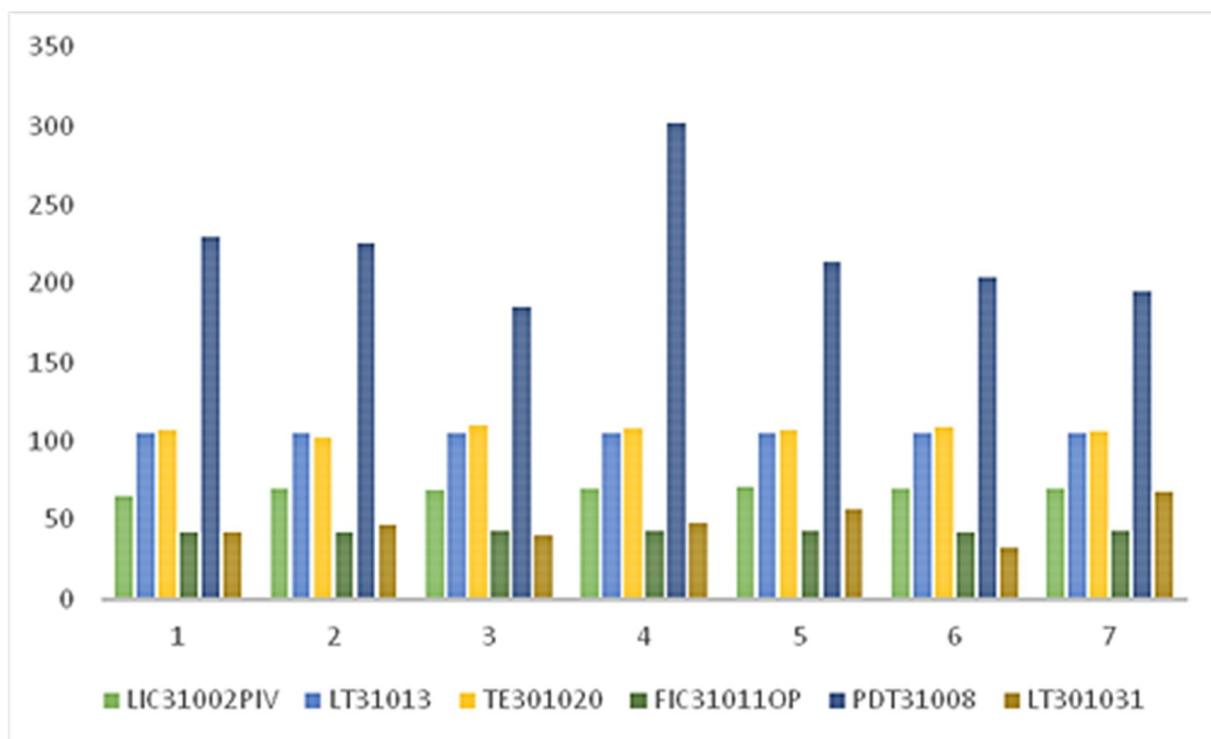


Рисунок 1 – Визуализация выбранных информативных дескрипторов на основе CPSO алгоритма

В результате моделирования CPSO алгоритма из 19 дескрипторов выбрано 6 информативных дескрипторов.

После отбора информативных дескрипторов согласно вышеописанному алгоритму осуществляется прогноз технического состояния промышленного оборудования.

Таким образом, разработанная мультиагентная система предназначена для обработки многомерных данных, построения оптимального набора дескрипторов и прогнозирования технического состояния промышленного оборудования. Совместное использование кооперативного алгоритма роя частиц и искусственных иммунных систем позволяет уменьшить время обучения и повысить точность прогнозирования.

### Литература

1. Han B., Bian X. A hybrid PSO-SVM based model for determination of oil recovery factor in the low-permeability reservoir // *Petroleum*. 2018. Vol. 4. P. 43-49.
2. Osadciw L.A., Yan Y., Ye X., Benson G. Wind Turbine Diagnostics Based on Power Curve Using Particle Swarm Optimization // *Wind Power Systems: Applications of Computational Intelligence*. 2010. P. 151-165.
3. Li H., Wang F., Wang R. Transformer Internal Insulation Fault Diagnosis Based on RBF Neural Network Evolved by Immune Particle Swarm Optimization // *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2016. Chapter 1. P. 89-100.
4. Vieira I.N., Jacob B.P., de Lima B.S.L.P. Bio-inspired algorithms for the optimization of offshore oil production systems // *International Journal for Numerical Methods in Engineering*. 2012. Vol. 91(10). P. 1023-1044.
5. Samigulina G.A., Massimkanova Zh.A. Multi-agent System for Forecasting Based on Modified Algorithms of Swarm Intelligence and Immune Network Modeling // *Proceedings of the 12th International Conference Agents and Multi-agent Systems: Technologies and Applications (KES-AMSTA-18)*. Australia: Springer, 2018. P. 199-208.

## ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ РЕКАХ

Матюкова А.Е.

*Fou\_meeville@inbox.ru*

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Головные водозаборные сооружения (ГВС) являются одной из наиболее ответственных частей ирригационных систем горно-предгорной зоны. Их отличительной особенностью является выполнение ряда ответственных технологических операций, основными из которых являются [1-5]: 1) забор требуемого количества воды в отводящий канал в соответствии с планом водопользования с поддержанием дискретного предельного уровня воды в верхнем бьефе сооружения и постоянного расхода (с точностью 5%), в том числе при меженных, среднемноголетних и паводковых гидрологических режимах в горной реке; 2) эффективная противонаносная защита, предотвращающая поступление речных наносов (песка, гравия, гальки), а также плавника в отвод при всех гидрологических режимах; 3) беспрепятственный пропуск в нижний бьеф паводковых расходов и излишков воды, а также наносов и плавника с сохранением устойчивой и эффективной работы устройств и элементов сооружения; 4) гашение энергии водного потока в нижнем бьефе в пределах сооружения, при сохранении достаточной для транспорта наносов энергии потока, без сбойных течений воды в отводящем русле реки; 5) устойчивость флютбета и нижнего бьефа сооружения к местным размывам, а также недопущение завала наносами концевой части водозаборного сооружения; 6) учет и контроль подаваемых потребителю и сбрасываемых расходов и объемов воды; 7) рыбозащиту и рыбопропуск с целью недопущения в отводящие каналы особей рыб определенных видов и возрастов без снижения их жизнеспособности и сохранением путей их естественных миграций; 8) надежность, простота, удобство в эксплуатации при всех режимах работы гидроузла.*

*Ключевые слова: водозаборное сооружение, горно-предгорная зона, гидравлический расчет, ирригация, зарегулированное русло, наносозащитный порог, стабилизатор расхода воды.*

### **Выбор типа головного водозаборного сооружения, описание его конструкции.**

Следует отметить, что в отличие от энергетических водозаборных сооружений, ирригационный водозабор осуществляется только в вегетационный период, т.е. в теплое время года. Это несколько облегчает процесс конструирования и гидравлического расчета ирригационных водозаборных сооружений, т.к. исключаются операции защиты сооружений от шуголедовых образований.

Выбор типа водозаборного сооружения проводился для условий ирригационного водозаборного сооружения на р. Чон-Кызыл-Суу Иссык-Кульской области, Кыргызская Республика.

Согласно данным Джеты-Огузского РУВХ, проектный расход водозабора в мае составит  $Q_{\text{сис}} = 2,29 \approx 2,3$  м<sup>3</sup>/с, а расход воды по р.Чон-Кызыл-Суу по году 75%-обеспеченности в этот же месяц составляет 4,22 м<sup>3</sup>/с, тогда коэффициент водозабора будет равен:  $\alpha = 2,3:4,22=0,54$ . Следовательно, необходимо использовать плотинный тип водозабора.

Рассматривались известные типы конструкций ГВС плотинного типа, применяемых ранее на реках Кыргызстана [1, 2, 6, 7, 8]: Ферганский (фронтальный тип), Киргизский тип, конструкции Г.В.Соболина и И.К.Рудакова (с косонаправленным циркуляционным и донной решетчатой галереей), Тянь-Шаньский тип конструкции Я.В.Бочкарева и И.К.Рудакова (с выпуклым радиальным порогом и боковыми аванкамерами), ГВС конструкции КиргСХИ, авторы Я.В.Бочкарев, Б.И. Мельников и А.И. Рохман (с двойным циркуляционным порогом,

гидравлическим авторегулятором уровня и стабилизатором расхода воды). Недостатками этих типов сооружений является сложность конструкции наносозащитных порогов, большие размеры водоприемной камеры, засорение горизонтальной решетки донной водоприемной галереи плавником. Кроме того, первые три типа водозаборных сооружений не имеют средств автоматизации процесса водозабора, значит, существует опасность переполнения верхнего бьефа сооружения при быстром нарастании паводка, что является характерных для горных рек с ледниковым типом питания. Причем для ГВС, расположенных в предгорной зоны, пик паводка чаще всего приходится на ночное время, когда обслуживающий персонал зачастую не успевает открыть плоские или сегментные затворы речных (сбросных) пролетов.

В связи с этим был выбран модернизированный тип Водозаборного сооружения для деривационных ГЭС (ВСДГ) конструкции КРСУ (Патент КР № 607, бюлл. №11, 2003 на имя Лаврова Н.П., Рохмана А.И., Логинов Г.И., Торопова М.К). Описание конструкции ВСДГ, отвечающего приведенным технологическим требованиям (1 – 8), приводится в публикациях [3, 5, 6-8].

Предлагаемое водозаборное сооружение типа ВСДГ-1 (рисунок 1) работает следующим образом. Речной поток по подводящему руслу 1, 2 поступает к подпорному сооружению 6, при этом авторегулятор предельного уровня 7 и сдвоенный затвор 9 создают необходимый напор для перелива воды через ломанный в плане наносозащитный порог 14, имеющий простую форму, в водоприемную камеру 13.

Стабилизатор расхода 4, установленный на определенное открытие, обеспечивает подачу постоянного расхода воды в отводящий деривационный канал 5 в соответствии с планом водопользования ирригационной системы. Перед стабилизатором расхода устанавливается сороудерживающая решетка 30.

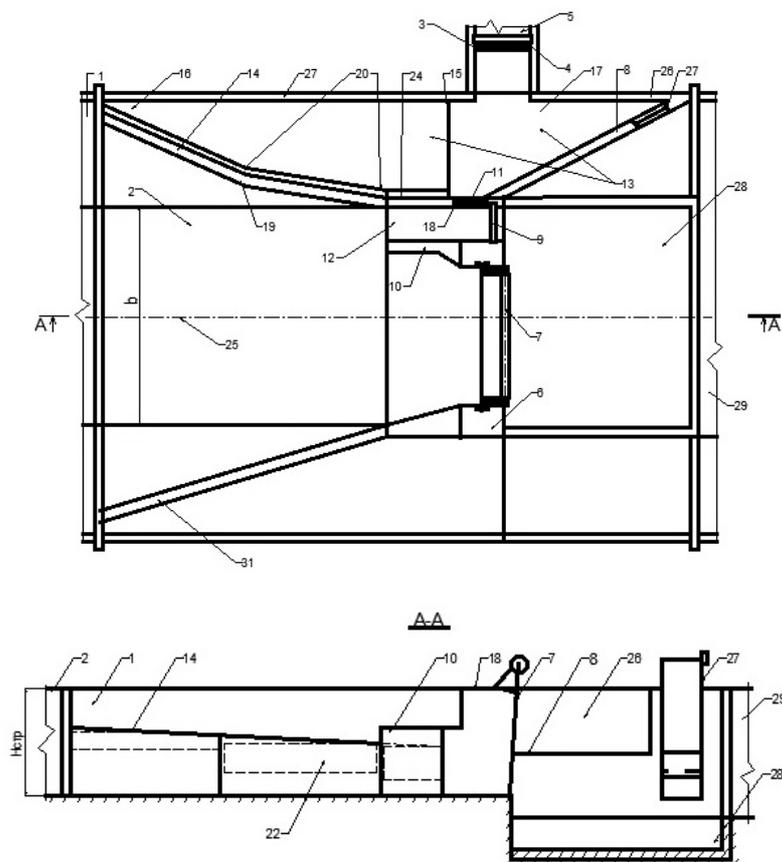


Рисунок 1 – Компонировочная схема водозаборного сооружения для деривационной ГЭС (ВСДГ)

Удаление плавающих предметов, попадающих с потоком в водоприемную камеру, производится через опущенное верхнее полотнище сдвоенного затвора 27, устроенного в концевой части катастрофического водослива 8. Этому способствует гидравлический прыжок

у берегового устоя 26, возникающий при истечении через наносозащитный порог 14, валец которого непрерывно смещается в сторону пониженной части 17 водоприемной камеры 13. Донные наносы из верхнего бьефа сооружения транспортируются в нижний бьеф за счет циркуляции потока, создаваемой наносозащитным порогом 14, через узкий промывной тракт 12, выполненный параллельно динамической оси потока.

В работе водозаборных сооружений на горных реках имеется два экстремальных режима, наблюдающиеся: в меженный весенний и осенний период, характеризующиеся малыми расходами воды в реке и в паводковый летний период при пропуске значительных расходов воды через сооружение.

В меженный период затвор авторегулятора предельного уровня 7 полностью закрыт и в водоприемную камеру 13 забирается большая часть расхода реки. В этот период скорости потока в подводящем русле 2 малы и перед наносозащитным порогом накапливаются донные наносы различной крупности. Наносы удаляются в нижний бьеф подпорного сооружения 6 по промывному тракту 12 при поднятом полотнище сдвоенного затвора 9 промывного отверстия.

Модернизация ВСДГ-1 применительно к ирригационному режиму эксплуатации состоит в том, что удаляются закладные части 20, шандоры 22 и боковые пазухи 23 на гребне наносозащитного порога 14 и заделывается отверстие зимнего водозабора 18, в котором нет необходимости при сезонной эксплуатации в теплое время года.

**Гидравлический расчет подводящего зарегулированного русла ирригационного водозаборного сооружения на горных реках.** Расчет подводящего зарегулированного русла ВСДГ-1 является типовым и практически не отличается по составу и методике для ирригационных и энергетических водозаборных сооружений [1, 2, 4, 6]

По эмпирической формуле А.Н. Крошкина и В.Ф. Талмазы для уклона дна русла по тальвегу  $i > 0,005$  рассчитываем ширину  $B$  (рисунок 2) по урезу воды [1, 4, 6].

$$B = \frac{2,6}{i^{0,2}} \left( \frac{Q_{русл}}{\sqrt{g}} \right)^{0,4} . \quad (1)$$

Для реки Чон–Кызыл–Суу руслоформирующий расход, как для сооружений IV класса капитальности в соответствии с [1, 6] принимаем равным  $Q_{(5\%)} = 45,2 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Ширину подводящего русла по дну определяем из формулы трапеции  $b = B - 2mH$ .

Для отвода твердых частиц влекомых наносов от водоприемника в верхнем бьефе ВСДГ устраивается участок криволинейного зарегулированного подводящее русло.

Радиус кривизны геометрической оси зарегулированного русла при среднем продольном уклон подводящего русла  $i = 0,05 \div 0,005$  определяем по формуле:

$$R = \frac{3}{i^{0,5}} \left( \frac{Q}{\sqrt{g}} \right)^{0,4} . \quad (2)$$

Далее определяем среднюю глубину потока на прямолинейном участке зарегулированного русла [1, 4, 6].

$$H = \frac{0,3}{i^{0,02}} \left( \frac{Q_{русл}}{\sqrt{g}} \right)^{0,4} . \quad (3)$$

Средняя скорость потока в верхнем бьефе ВСДГ будет равна

$$V_{русл} = \frac{Q_{русл}}{\omega} \quad (4)$$

где площадь живого сечения  $\omega = (b + 2mH)H$ .

Среднюю глубину потока на криволинейном зарегулированном участке русла (рисунок 2) с уклоном  $i \geq 0,01$  рассчитываем по формуле:

$$H_k = H \left[ 1 + \left( \frac{\gamma_n - \gamma_b}{\gamma_b} \right)^{0,3} \frac{B}{i^{0,3} R} \right] , \quad (5)$$

где  $H$ ,  $B$  – средняя глубина и ширина у прямолинейного зарегулированного русла,

$R$  – радиус кривизны подводящего русла на криволинейном участке,

$\gamma_n$  – удельный вес наносов, в соответствии с [6],  $\gamma_n = 0,11 \text{ г/л}$ ;

$\gamma_b$  – удельный вес воды,  $\gamma_b = 1000 \text{ г/л}$ .

Максимальную глубину у вогнутого берега криволинейного русла (рисунок 2) рассчитываем из соотношения

$$H_{\max} = \varepsilon \cdot \varepsilon_1 \cdot H, \quad (6)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий относительную кривизну русла  $R/V$ , принимается по таблице 8.2 [6],

$\varepsilon_1$  – коэффициент, учитывающий заложение напорного откоса дамбы, зарегулированного русла; принимаем по таблице 8.3 [6].

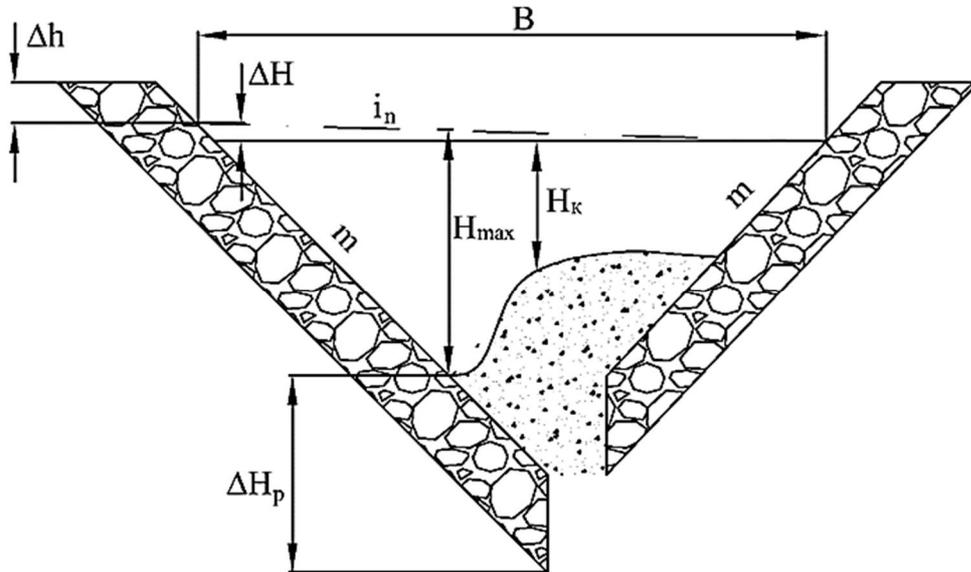


Рисунок 2 – Расчетная схема сечения криволинейного подводящего русла

Строительная высота струенаправляющих дамб подводящего русла зарегулированного русла определяется по формуле [3, 6]:

$$H_{\text{стр}} = H_{\max} + \Delta h + \Delta H_p, \quad (7)$$

где  $\Delta h$  – запас верха струенаправляющей дамбы над максимальным уровнем воды у вогнутого берега, в соответствии с [1, 3, 6]:  $\Delta h = 0,5$  м.

$\Delta H_p$  – запас низа дамбы от дна воронки размыва,  $\Delta H_p = 1,0$  м.

Для проверки строительная высота уточняется по формуле  $H_{\text{стр}} \geq H_{\text{рmax}} + \Delta h$ .

Здесь  $H_{\text{рmax}}$  – максимальное расчетное наполнение в верхнем бьефе ВСДГ, принимается по таблице 8.5 [6] в зависимости от паводкового расхода  $Q_{1\%}$ .

Диаметр камня для крепления откоса из условия устойчивости на размыв должен быть не менее величины [6]:

$$d = 0,04 * V_{\text{русл}}^2 \quad (8)$$

**Основы гидравлического расчета и компоновки элементов водозаборного сооружения для горных рек.** Значение средней высоты ломаного в плане наносозащитного порога со стороны верхнего бьефа  $P_{\text{ср}}$  равно

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_1 + P_2}{2} \quad (9)$$

где  $P_1$  – высота наносозащитного порога в начале, принимается равной нормальному расчетному напору  $H_p$  в верхнем бьефе ВСГР.

В первом приближении можно принять напор  $H_p$  равным  $H_p = P_2 + H_2$ , (10)

где  $P_2$  и  $H_2$  – соответственно высота и напор в конце наносозащитного порога, равные согласно [6]

$$P_2 = 0,65H_2 \text{ и } H_2 = 2H_{\text{н.п.}} \quad (11)$$

Здесь  $H_{\text{н.п.}}$  – напор над средней частью наносозащитного порога, определяется по эмпирической формуле, вид которой зависит от толщины стенки порога  $S_{\text{н.п.}} = 0,3 - 0,4$  м и уклона гребня порога  $i_n$ , рекомендуемого на основании лабораторных исследований [1, 5, 8] равным  $i_n = 0,06 - 0,08$ . Например, для выбранной толщины стенки порога  $S_{\text{н.п.}} = 0,3$  м и уклона

гребня  $i_{\Pi} = 0,06 - 0,08$ , формула для напора  $H_{\Pi, \Pi}$  в соответствии с таблицей 8.4 [6] имеет вид:

$$H_{\Pi, \Pi} = 0,242Q^{0,368}, \quad (12)$$

где  $Q = Q_{\text{сист.}}$  – расход воды, подаваемой в ирригационную систему, равный  $Q = 2,29 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Общая длина наносозащитного порога  $L_{\Pi}$  может быть определена из формулы расхода неподтопленного водослива практического профиля

$$L_{\Pi} = \frac{Q}{\sqrt{2g} m_{\Pi} H_{\Pi, \Pi}^{1,5}}, \quad (13)$$

Здесь  $m_{\Pi}$  – коэффициент расхода ломаного в плане наносозащитного порога с наклонным гребнем, по данным исследований Г.И.Логинова [3,5, 6,7], определяется по эмпирической формуле:

$$m_{\Pi} = 0,31 + 0,0601 \left( \frac{H_{\Pi, \Pi}}{C_{\Pi, \Pi}} - 0,867 \right), \quad (14)$$

где  $H_{\Pi, \Pi}$  и  $C_{\Pi, \Pi}$  – соответственно, напор, определяемый по формуле (13), и толщина стенки наносозащитного порога ломаного очертания. Для проверки, напор  $H_{\Pi, \Pi} = H_p - P_{\text{ср}}$ .

Длина секций ломаного в плане наносозащитного порога  $a, b, c$  (см. рисунок 1) и угол расположения первой секции относительно динамической оси речного потока, определяются по методике [6] в зависимости от расчетного напора  $H_p$  и общей длины порога  $L_n$ :

$$c = (1,0 - 1,2)H_p, \quad b = (0,7 - 1,5)a, \quad a = L_n - (b + c). \quad (15)$$

Ширину речного (сбросного) пролета ВСДГ определяем из формулы водослива с широким порогом:

$$B_{pn} = \frac{Q_{pn}}{m_{pn} \sqrt{2g} H_{p \max}^{1,5}} \quad (16)$$

где  $m_{pn}$  – коэффициент расхода водослива с широким порогом (без порога). На основании экспериментов [4, 5], средняя величина  $m_{pn} = 0,35$ .

$H_{p \max}$  – максимальный напор над порогом речного пролета при пропуске паводка. По результатам экспериментальных исследований Логинова Г.И. [3, 6], принимаем  $H_{p \max} = 2,4 - 2,6 \text{ м}$ .

$Q_{pn}$  – максимальное значение расчетного расхода речного пролета, определяется из уравнения баланса расходов ВСГР

$$Q_{pn} = Q_{1\%} - Q_{\Pi, \Pi} - Q_{\text{пр}} - Q_{\text{ав}}, \quad (17)$$

$Q_{1\%}$  – паводковый расход 1% обеспеченности, согласно гидрологическим данным для реки Чон-Кызыл-Суу равный  $Q_{1\%} = 52,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ,

$Q_{\Pi, \Pi}$  – расход воды, проходящий через ломаный в плане наносозащитный порог в водоприемную камеру при максимальном напоре в верхнем бьефе, принимается равным расходу подачи в оросительную систему, т.е.  $Q_{\Pi, \Pi} = Q_{\text{сис}} = 2,3 \text{ м}^3/\text{с}$ .

$Q_{\text{пр}}$  – расход воды, сбрасываемый при паводке через промывной тракт, определяется по формуле, аналогичной (18) при ширине промывного тракта  $b_{\text{пр}} = 1,0 - 1,5 \text{ м}$ .

$Q_{\text{ав}}$  – расход воды, сбрасываемый в нижний бьеф при максимальном напоре над горизонтальным гребнем автоводослива  $H_{\text{ав}} = H_{p \max} - H_p$ , при этом длина автоводослива принимается равной длине наносозащитного порога, т.е.  $L_{\text{ав}} = L_{\Pi}$ , а высота автоводослива  $P_{\text{ав}}$  равна нормальному расчетному напору  $H_p$ .

Расход  $Q_{\text{ав}}$  также определяется по формуле неподтопленного водослива для коэффициента расхода водослива практического профиля ломаного очертания  $m_{\text{ав}} = 0,42$ .

Расчет водобоя и крепления нижнего бьефа водозаборного сооружения является заключительной частью выполняемого расчета ВСГР.

В соответствии рекомендациями [4, 6] высота противофильтрационного зуба флютбета  $T$  определяется по формуле

$$T = \Delta P + t_{\text{ср}} + \Delta Z, \quad (18)$$

где  $\Delta P$  – высота уступа от верха порога речного пролета до уровня дна нижнего бьефа,  $\Delta P = 1,2 \dots 1,5 \text{ м}$ , принимаем  $\Delta P = 1,5 \text{ м}$ .

Т. Высота зуба на входе, в начале флютбета по данным [4, 6] принимается  $T_{вх} = (0,2...0,5)$   
 Средняя глубина воронки размыва  $t_{ср}$  в соответствии с [4, 6]

$$t_{ср} = t_{пр} \lambda, \quad (19)$$

где,  $\lambda$  – относительный удельный расход воды через речной пролет,  $\lambda = \left(\frac{q_{max}}{q_0}\right)^{2/3}$ ,

$q_{max}$  – максимальный удельный расход речного пролета при паводке,  $q_{max} = \frac{Q_{1\%}}{B_{рп}}$ ,

$q_0$  – эксплуатационный расход речного пролета,  $q_0 = \frac{Q_{1\%} - Q}{B_{рп}}$ .

$\Delta z$  - запас крепления, согласно рекомендациям источника [6]  $\Delta z = 1,0 - 1,8$  м.

Длина крепления ковша котлована в нижнем бьефе за вертикальным зубом

$$L_{кр} = L_{п.р.} \lambda, \quad (20)$$

$L_{п.р.}$  - проектная длина крепления, для горизонтального водоската

Таким образом, общая длина водобоя и крепления нижнего бьефа ВСДГ будет равна

$$L_{общ} = L_1 + L_2 + L_{кр} \quad (21)$$

Результаты расчетов размеров водозаборного сооружения сведены в таблицу 1.

Способы расчет гидравлических средств автоматизации процессов водозабора изложены в литературных источниках [4, 6] и могут быть предметом дальнейшего рассмотрения.

Таблица 1 – Основные размеры элементов конструкции ирригационного водозаборного сооружения типа ВСДГ-1 на реке Чон-Кызыл-Суу

$b$	$R$	$H_p$	$H_{сгр}$	$P_1$	$P_2$	$L_n$	$B_{рп}$
$м$	$м$	$м$	$м$	$м$	$м$	$м$	$м$
13,18	59	1,08	3,63	1,08	0,43	4,83	8,81

**Заключение.** В данной статье изложена методика расчета, получены расходные и напорные характеристики, а также основные строительные размеры подводящего зарегулированного русла, водобоя и крепления нижнего бьефа для конструкции ирригационного водозаборного сооружения типа ВСДГ-1 на реке Чон-Кызыл-Суу.

Основной особенностью компоновки и гидравлического расчета данного сооружения и других водозаборных сооружений для ирригационных систем можно считать сезонную работу такого типа сооружений, когда нет необходимости учета зимних условий эксплуатации сооружений.

Выполнив физическую модель водозаборного сооружения, можно проверить, обеспечивает ли эта конструкция стабильный расход воды в деривационный канал при различных гидрологических режимах реки, достаточно эффективно защищает от наносов, гарантирует ли беспрепятственный пропуск в нижний бьеф паводковых расходов.

### Литература

1. Филончиков А.В. Проектирование автоматизированных водозаборных узлов на горных реках. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 371 с.
2. Филончиков А.В. Совершенствование технологий антропогенных воздействий на гидросферу при природообустройстве. Кострома: изд. КГСХА, 2003. – 152 с.
3. Логинов Г.И. Гидравлические процессы при водозаборе из малых горных рек. Изд. 1-е. – Бишкек: Изд. «Кут-Бер», 2014. -320 с.
4. Абдылдаев Э.А., Лавров Н.П. Основы гидравлического расчета конструкции водозаборного сооружения деривационной ГЭС Иссык-Ата-2 в Кыргызстане// Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, ИСИ, СПб: Политех-Пресс, 2018. С. 3 - 5.

5. Hydraulic structures for small hydropower engineering of mountain and foot-mountain area/ Monograph. Edited by N.P.Lavrov. – Bishkek: KRSU, 2009. – 492 p.
6. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС и подбор основного силового оборудования // Методические указания к курсовому и дипломному проектированию.- Бишкек: КРСУ, 2008. – 110 с.
7. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Водозаборные и водопроводящие сооружения в горно-предгорной зоне. – Бишкек: изд-во КРСУ, 2016. – 142 с.
8. N. Vatin, N. Lavrov, G. Loginov. Processes at Water Intake From Mountain Rivers into Hydropower and Irrigation Systems// Article (PDF Available) in Matec Web of Conferences 73:01006. January 2016/ DOI: 10.1051/ matecconf/ 20167301006

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ИНСТРУМЕНТА В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

Молчанов И.В.

*ivm121@mail.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В статье приведены материалы по разработке универсальной автоматической системы программного управления подачей инструмента в металлорежущих станках. Целью проекта является создание простой и надёжной системы числового программного управления, работающей на базе персонального компьютера. Разработаны структурная и принципиальная схемы, оригинальный алгоритм, управляющее программное обеспечение и тестовый макет.*

*Ключевые слова: ЧПУ, персональный компьютер, программа, интерфейс, алгоритм, шаговый двигатель, микроконтроллер, макет.*

В связи с повсеместным применением CAD/CAM систем, главным видом станков для получения изделий сложной формы является оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). Такое оборудование обладает качествами, позволяющими существенно повысить эффективность производства и обеспечить экономию трудовых ресурсов, в особенности при средне- и мелкосерийном производстве. По этим причинам станки с ЧПУ получили очень широкое распространение на высокоточных производствах. На таких станках производится механическая обработка печатных плат, изготовление деталей машин, изделий сложных форм и др. [1]

Исходя из результатов, полученных в ходе изучения существующих разработок, был сделан вывод, что наилучшим решением для реализации системы ЧПУ будет такая схема, где компьютер (ПК) передаёт команды на специальный блок управления, а тот в свою очередь осуществляет управление исполнительными механизмами станка. В этом случае расчёт траектории движения, управление шаговыми двигателями и прочими элементами системы ЧПУ производятся не компьютером, а блоком управления. Такое решение значительно снижает системные требования программы по сравнению с традиционным способом, когда компьютер управляет работой станка непосредственно. Плюс также в том, что задержки в работе операционной системы ПК несколько не влияют на равномерность подачи и точность позиционирования рабочего инструмента [2].

На рисунке 1 приведена структурная схема разработанной системы ЧПУ. Её основа – микроконтроллер Atmega16A, который отвечает за приём команд от ПК, обеспечивает работу ключевых схем управления шаговыми двигателями, производит опрос концевых датчиков и клавиатуры, управляет работой исполнительного органа. Для связи с ПК используется универсальный асинхронный приёмопередатчик UART RS-232. Выбор именно этого интерфейса объясняется низкой стоимостью портов и кабелей, а также стабильностью использования данного стандарта в различных областях техники, в течение длительного времени, разными производителями [3]. Этот порт является промышленным стандартом для подключения к компьютеру «нестандартных» электронных устройств, которым необходимо обмениваться данными с ПК [4]. Но ввиду постепенного исчезновения данного интерфейса в персональных компьютерах, для обеспечения лучшей совместимости в системе применён конвертер USB – UART, который отвечает за двунаправленное преобразование сигналов USB и RS-232. Ключевые схемы 1, 2 и 3 осуществляют коммутацию обмоток шаговых двигателей ШД1, ШД2, ШД3. Шаговые двигатели ШД1, ШД2, ШД3 – обеспечивают перемещение рабочего инструмента по осям X, Y, Z. Концевые выключатели – служат для установки

рабочего инструмента в начало координат, а также предотвращают его выход за пределы рабочего поля. Клавиатура – используется как дублирующее устройство ввода команд, таких как сброс, аварийная остановка, и т. д. Исполнительный орган – в данном случае электромагнитное реле, которое может управлять, например включением и отключением электромотора шпинделя. Источник питания – обеспечивает электропитание всех узлов устройства.

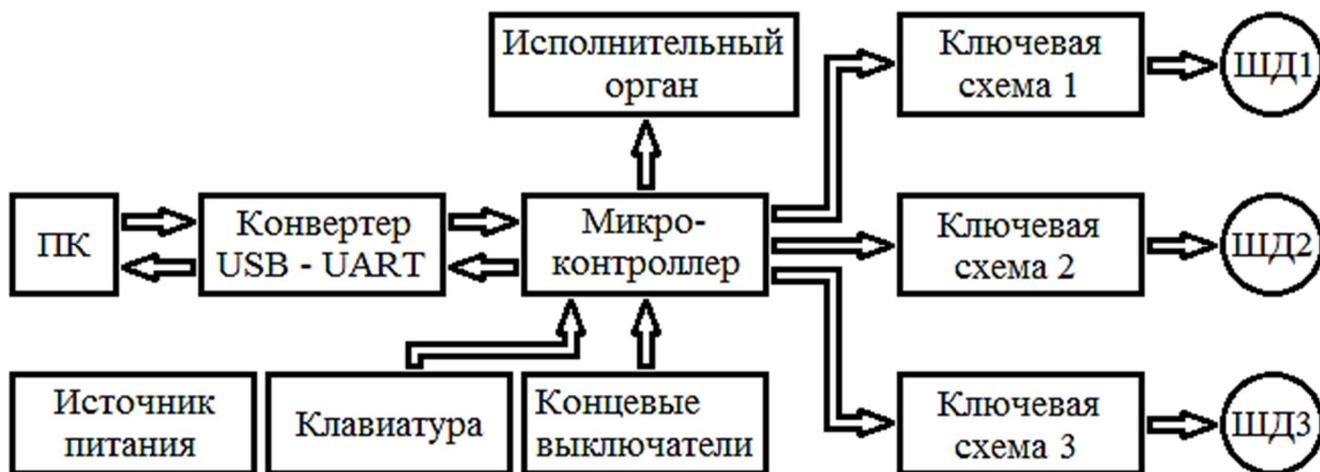


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления: ПК – персональный компьютер, ШД – шаговый двигатель

Принципиальная схема блока управления приведена на рисунке 2. Функции блока управления выполняет микроконтроллер Atmega16A (U2). На выходы 14, 15 от компьютера поступают сигналы управления. Выводы микроконтроллера 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 22, 23 осуществляют управление ключевой схемой выполненной на транзисторах VT1 – VT12. Резисторы R1 – R12 служат для ограничения тока базы транзисторов. В коллекторную цепь транзисторов включены обмотки шаговых двигателей M1, M2 и M3. VT1 – VT4 для первого двигателя, VT5 – VT8 – для второго, VT9 – VT12 – для третьего.

Средние точки обмоток двигателей подключены к плюсу источника питания. Поскольку нагрузка индуктивная, в схеме применены защитные диоды VD1 – VD12. Защитные диоды увеличивают время спада тока в обмотках шагового двигателя. Через них, последовательно с токоограничивающим резистором R14, ЭДС самоиндукции возвращается в источник питания +5 В. Такое решение снижает максимально возможную частоту вращения шагового двигателя. Без диодов время спада тока будет меньше, и двигатель сможет вращаться быстрее, но при этом возникают опасные для транзисторов броски ЭДС самоиндукции, которые могут превысить допустимое для них напряжение 60 В и привести к их повреждению [5].

Для обеспечения стабильной работы микроконтроллера в цепи питания установлен линейный стабилизатор напряжения LM7805 (U1). Включение и выключение электромагнитного реле осуществляется с помощью транзистора VT13, база которого через резистор R13 подключена к 19 выводу микроконтроллера. Данный узел питается от отдельного источника питания +12 В. Концевые выключатели S1, S2 и S3 смонтированные на платформе, подключены к выводам 16, 17, 18 микроконтроллера.

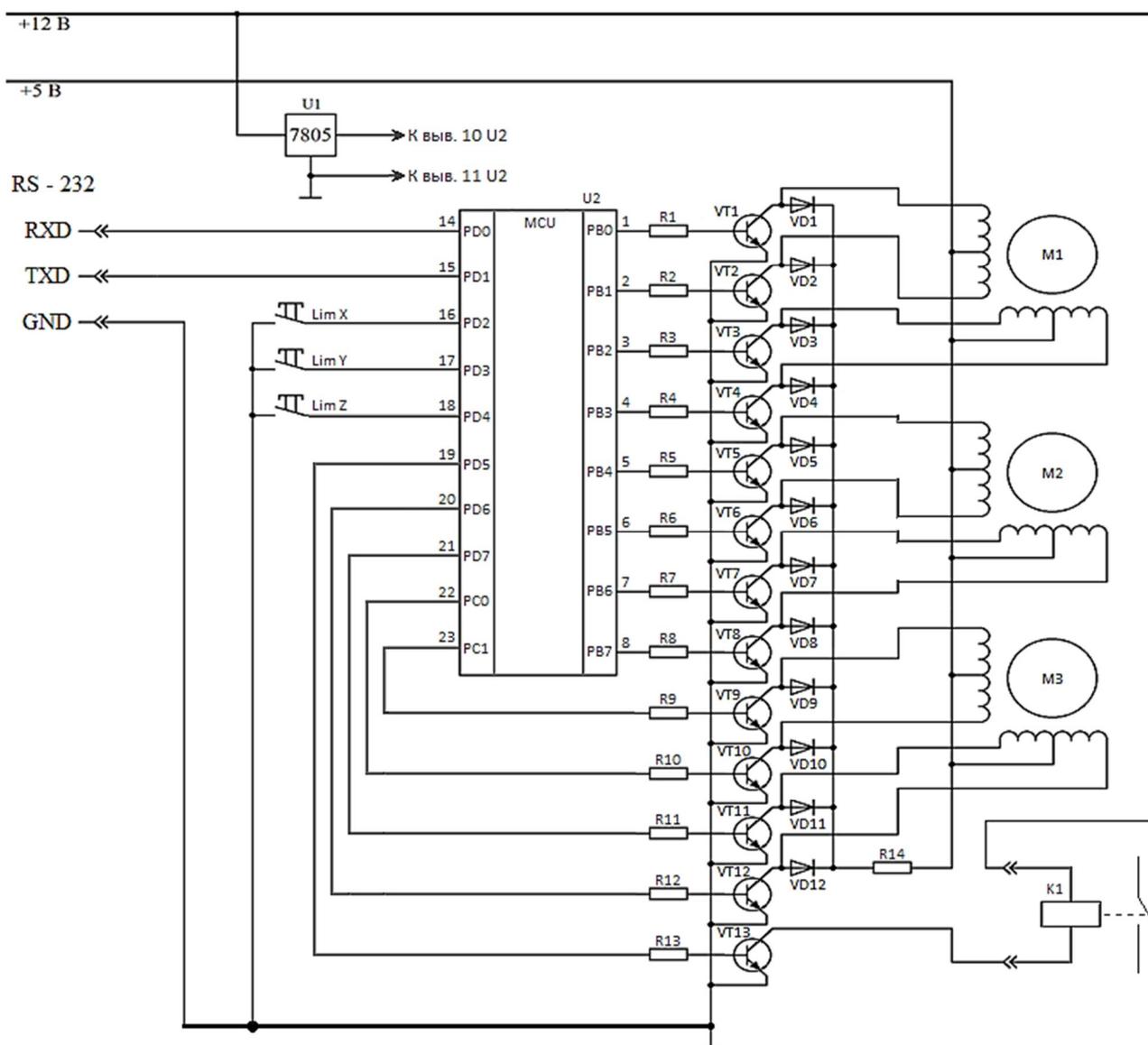


Рисунок 2 – Принципиальная схема устройства

На рисунке 3 показана блок-схема алгоритма совместной работы программ на стороне ПК и блока управления.

Коммуникация между ПК и блоком управления происходит следующим образом. После нажатия кнопки «Старт» в окне программы на ПК, прежде всего, открывается соответствующий порт, к которому подключен блок управления. В случае успешного установления связи, интерпретатор программы построчно считывает текст управляющей программы (УП), преобразуя его в последовательность отдельных команд управления, которые загружаются в очередь. Такое решение позволяет сократить время выдачи очередной команды компьютером, так как при этом не требуется обращение к файлу УП и подготовку команды, что занимает дополнительное процессорное время. Затем на блок управления передаются настройки (скорость подач, ускорение, смещение за один шаг и т. д.). После передачи всех настроек начинается передача непосредственно команд управления. Передав одну команду, программа на ПК останавливается и ожидает ответа от блока управления о завершении её выполнения. После приёма и декодирования команды блок управления начинает её выполнение (например, перемещение в точку с заданными координатами).

По выполнении каждой команды блок управления отправляет на ПК сообщение о выполнении команды, сигнализирующее о готовности принять следующую. Приняв это сообщение, программа ПК проверяет, остались ли в очереди команды. Если очередь не пуста

- отправляется следующая команда. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока в очереди не закончатся команды, либо не будет нажата кнопка «Стоп». При этом даже после досрочной остановки программы текущие координаты в памяти блока управления не сбрасываются, что позволяет при необходимости продолжить работу с точки останова. В случае выполнения всех команд в очереди, на экран выводится сообщение об успешном завершении.

Такой способ коммуникации позволяет исключить влияние задержек в работе операционной системы на равномерность подачи рабочего инструмента. Даже в случае возникновения таких задержек блок управления будет выполнять полученную ранее команду, или ожидать получение новой.

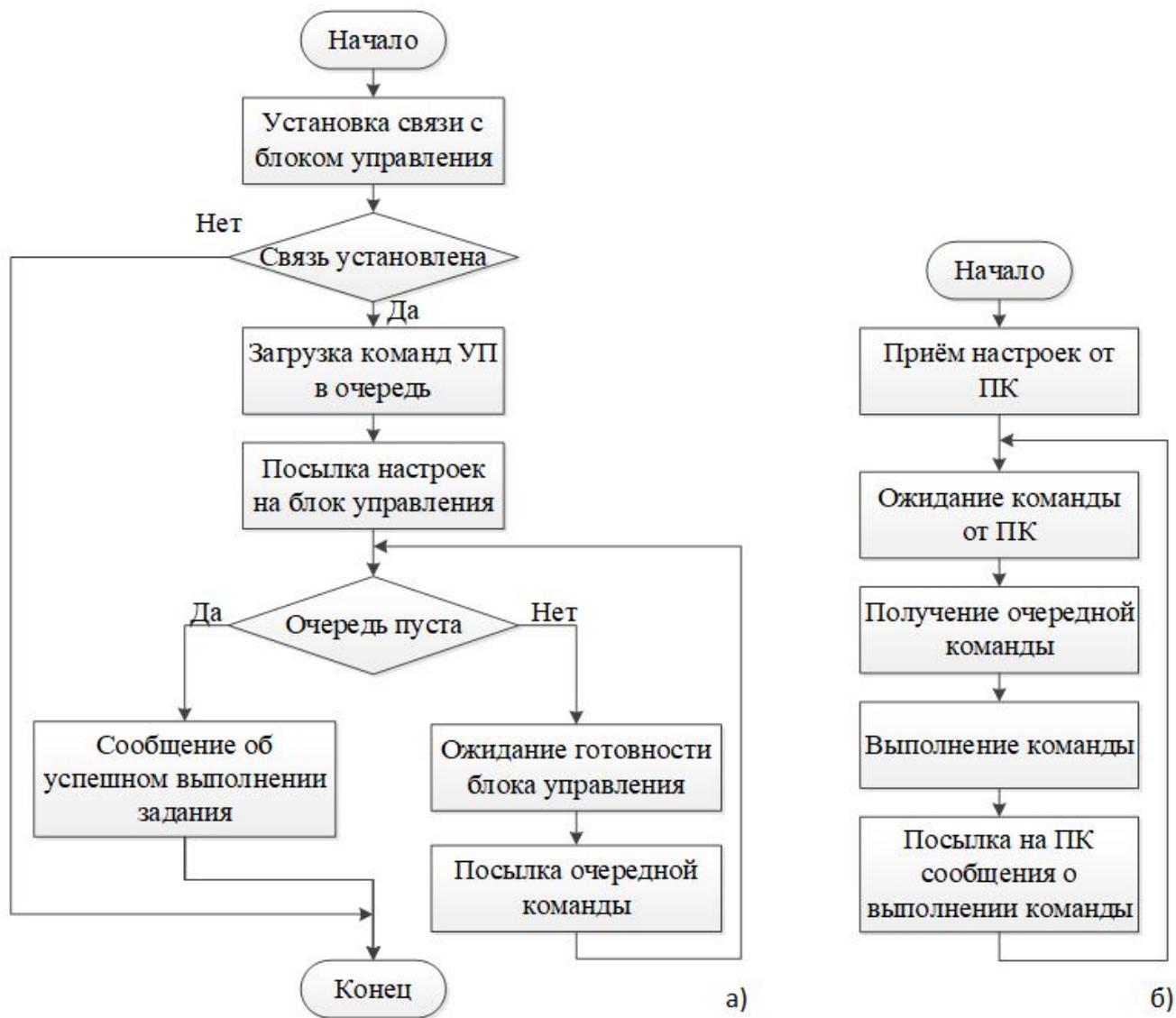


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы программы ПК (а) и блока управления (б)

Для удобства эксплуатации, на стороне компьютера имеется программа, предоставляющая графический интерфейс пользователя. Программа "Vector" представляет собой оконное приложение. В левой части окна находится поле содержащее текст УП. В центральной части располагается панель предварительного просмотра, на которой отображается траектория движения рабочего инструмента. В правой части окна находятся поля текущих координат инструмента и кнопки ручного управления. В нижней части – кнопки управления параметрами отображения и кнопки пуска и останова. Также, в окне отображается

состояние всех концевых выключателей. Программа написана на языке программирования Object Pascal в среде разработки Delphi 7. Внешний вид программы приведен на рисунке 4.

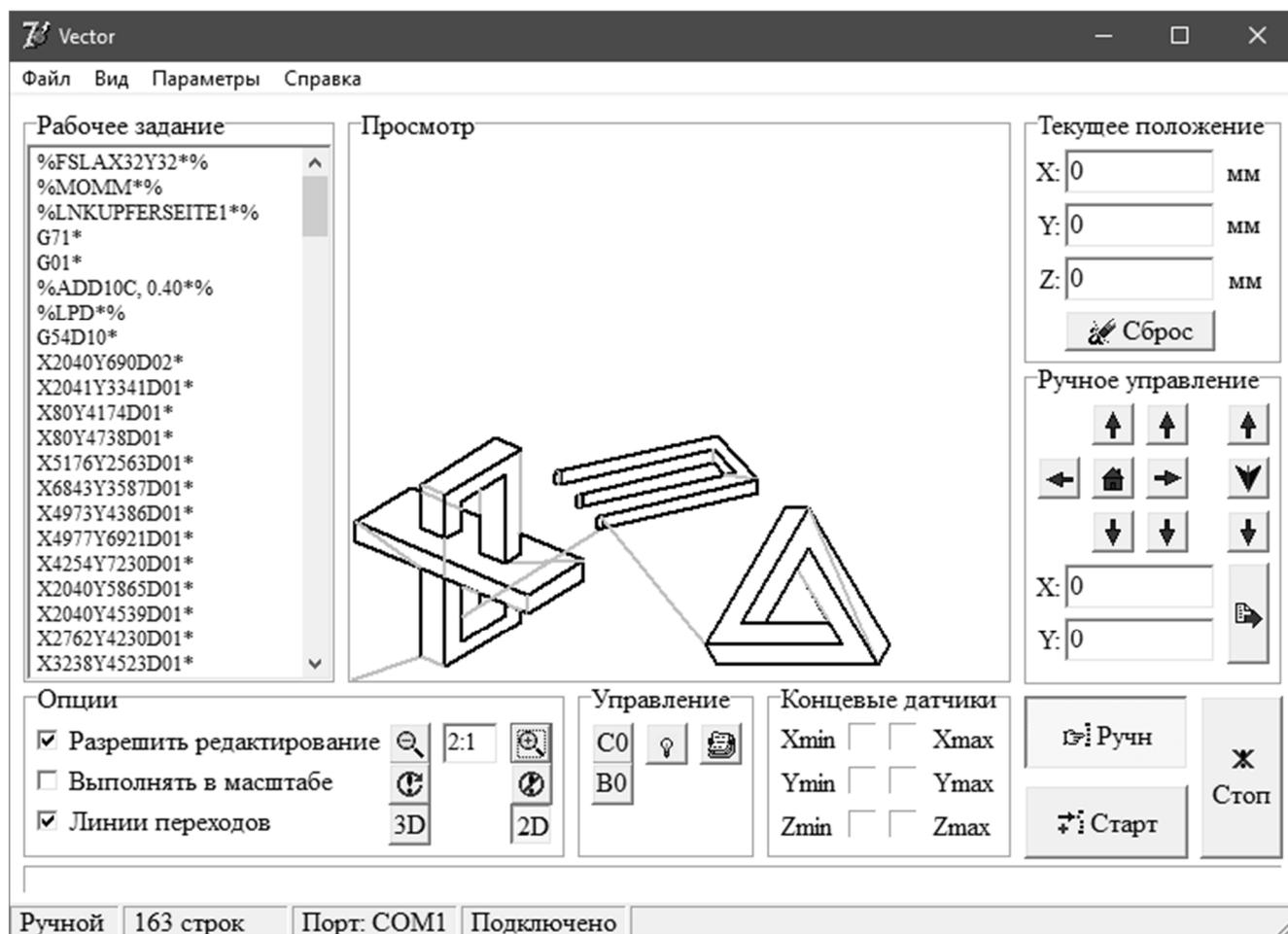


Рисунок 4 – Внешний вид рабочего окна программы

Для демонстрации работы разработанной системы ЧПУ был построен макет фрезерного станка. Макет представляет собой трехкоординатную платформу с неподвижной поперечиной (рисунок 5). Координатный стол и каркас макета изготовлены из МДФ плиты толщиной 8 мм. Каретка и стол двигаются по линейным шариковым направляющим.

Каретка и стол приводятся в движение с помощью трёх шаговых двигателей. Перемещение по координате X осуществляется за счёт движения стола, по Y и Z – за счёт движения каретки. В осях X и Y применена зубчато – ременная передача, в оси Z – привод на основе зубчатой рейки. Каретка соединена с блоком управления с помощью гибкого шлейфа.

Для установки каретки в начало координат, а также для предотвращения её выхода за пределы рабочего поля, на макете имеются концевые выключатели механического типа. Выключатели для оси X установлены под столом, для оси Y и Z – на самой каретке. Рабочее поле – 220 \* 155 \* 22 мм.

На задней стороне макета расположены разъёмы для подключения шнура сетевого питания и кабеля связи с компьютером, кнопка включения/отключения питания. На передней стороне находятся индикатор режима работы, кнопки сброса, установки "нуля" и тумблер питания микроконтроллера.

Электронная схема блока управления и источник питания смонтированы в подвале платформы под координатным столом. Для поддержания нормальной температуры источника питания и драйверов шаговых двигателей используется принудительное охлаждение с помощью вентилятора. Масса макета в собранном состоянии – 4 кг. Устройство питается от сети переменного тока 220 В.



Рисунок 5 – Общий вид макета

Характеристики разработанной системы:

- Единичный шаг – теоретический – 1 мкм. Но на практике это значение определяется параметрами шагового двигателя и типом передачи.
- Файл УП может быть подготовлен в любом CAD редакторе поддерживающем формат Gerber, например в программе Sprint Layout;
- Операционная система – MS Windows 9X/XP/7/8/10;
- Интерфейс подключения – USB.

В системе реализованы следующие возможности:

- Управление в автоматическом режиме;
- Управление в ручном режиме;
- Отображение результата работы системы в «реальном времени»;
- Возможность настройки системы под параметры любой координатной платформы;
- Функция плавного разгона и торможения;
- Функция программной компенсации люфтов;
- Функция экстренной остановки с возможностью продолжения работы с точки останова.

В процессе проектирования была получена действующая система управления, состоящая из программной и аппаратной части. Предлагаемая технология может быть применена при работе с фрезерными и координатно-расточными станками, плоттерами, станками лазерной и плазменной резки. Система имеет широкие возможности для развития и модернизации. Наиболее приоритетные направления для развития: реализация кругового интерполятора (для движения по окружности), добавление поворотной оси.

### Литература

1. Ловыгин А.А., Теверовский Л.В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. М.: ДМК Пресс. 2012. 279 с.
2. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления. М.: Логос. 2008. 344 с.
3. Лапин А.А. Интерфейсы. Выбор и реализация. М.: Техносфера. 2005. 168 с.
4. Рябенький В.М., Ходаков В.Е., Ушкаренко А.О. Компьютерное управление внешними устройствами через стандартные интерфейсы. Херсон: Олди-плюс. 2008. 380 с.
5. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели. Волгоград: ВолгГТУ. 2005. 48 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮРСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА

Музаффарова Ш.М., Каюпов Н.С.

*hazonrez28@gmail.com; kayupov1991@mail.ru*

Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

*На основе детализации геологического строения терригенных образований и комплексного анализа вещественного состава пород, условий формирования терригенных толщ, данных буровых работ на территории Бухаро–Хивинского нефтегазоносного региона определили перспективные участки, связанные как со структурными ловушками, так и с литологическими и стратиграфическими ловушками неантиклинального типа существенно уточняются перспективы нефтегазоносности терригенной формации юрского возраста.*

*Ключевые слова: терригенная формация, нефть, газ, биостратиграфия, свита, горизонт, залежь.*

Главным целевым поисковым объектом в Бухаро-Хивинском нефтегазоносном регионе (БХНГР) (рисунок 1) была и пока остается юрская карбонатная формация. Вместе с тем, фонд выявленных и подготовленных ловушек по карбонатам ощутимо сокращается: в нем практически отсутствуют ловушки, с которыми можно связывать крупные по запасам скопления УВ. Очевидно, что в этих условиях необходимо резкое усиление работ по изучению потенциальных возможностей и опоискованию новых целевых объектов. В пределах рассматриваемой территории таким первоочередным объектом представляется юрская терригенная формация (ТФ), промышленная нефтегазоносность которой доказана открытием ряда месторождений, а также промышленных и непромышленных скоплений УВ. Площадь развития ТФ составляет 42 тыс. км<sup>2</sup>. В сводах ряда структур Газлинского, Сарыташ-Шуртепинского, Карабаир Андабазарского, Ташлинского и Сарычинского участков юрские терригенные отложения отсутствуют.

Основные особенности строения ниже-среднеюрских отложений ТФ, в связи с их нефтегазоносностью, отражены в многочисленных публикациях Абдуллаева Г.С., Алексева В.П., Алимова К.А., Арнаутова А.Н., Бабаева А.Г., Габрильян Р.А., Иминова Я.Х., Миркамалова Х.Х., Нугманова А.Х., Троицкого В.И., Саямовой С.К., Симоненко Е.И., Хачиевой Л.С., Эгембердыева М.Э. и др., которые отметили чрезвычайно сложную ее структуру. Со вскрытием глубокими скважинами ниже-среднеюрских отложений терригенной формации в БХНГР, когда в них были обнаружены промышленные скопления бессернистого газа, вопросы расчленения и корреляции разрезов скважин были и остаются в центре внимания геологов-нефтяников. В производственной практике эта проблема на первых порах осуществлялась преимущественно на основе сейсмо- и электрокаротажа, а по мере появления керновых материалов использовались их литолого-петрографические особенности. На их основе в отложениях терригенной формации были выделены (сверху вниз): XVII, XVIII, XIX, и XX промысловые горизонты. На сегодняшний день в терригенных отложениях (снизу вверх), выделяются: кимерекская (ранняя юра), гурудская (аален – ранний байос), дегибадамская (поздний байос), тангидувальская (поздний - средний бат), байсунская (поздний бат – ранний келловей) свиты [1].

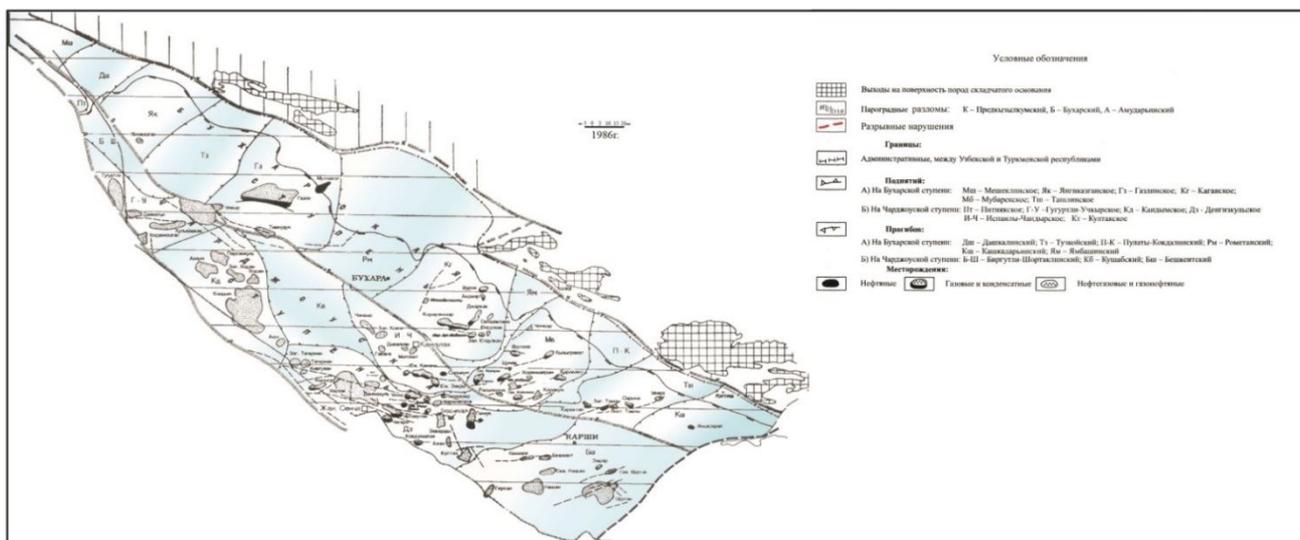


Рисунок 1 - Обзорная карта района работ

Исследования выполнялись на основе детального изучения геолого-геофизических материалов, анализа и переинтерпретации данных ГИС и бурения на территории развития ТФ в БХНГР. Стратиграфическое расчленение ТФ изучаемой территории базируется на изучении спорово-пыльцевых комплексов, растительных и фаунистических остатков (двустворчатые моллюски, фораминиферы, аммониты). В комплексе с палеонтологического метода были использованы все имеющиеся материалы по литологии, палеогеографии, проведено изучение литолого-фациальных особенностей терригенных образований, вещественного состава пород. Условия образования и скорость накопления терригенных отложений юры контролировались тектоническим развитием Амударьинского седиментационного бассейна и климатической обстановкой. Характерным является постепенное сокращение мощности осадков от центра бассейна на север и северо-запад, как за счет уменьшения толщин отдельных секций разреза, так и выпадения более древних его частей в указанном направлении [2]. В пределах узбекской части Амударьинской впадины мощность терригенной толщи изменяется от первых десятков до 3000 метров, составляя в среднем по изученной территории 300-400 м. Наряду с плавным изменением мощности известны участки, где она незакономерно возрастает. Все они располагаются в непосредственной близости от разломов. Так, на одном из наиболее изученном Кимерекском участке, находящемся на южном фланге Бухарского разлома, мощность толщи возрастает до 1200 м.

На Бухарской ступени подошва юрских отложений фиксируется на глубинах 700-4300 м, на Чарджоуской ступени доюрские образования могут быть вскрыты на глубинах 1600-3300 м, 2700-3500 м – на севере Бешкентского прогиба, 3500-5000 м – на юге Зевардинского поднятия и Бешкентского прогиба.

Нижняя секция разреза в объеме кимерекской и гурудской свит (рисунок 2) представлена континентальными субаквальными осадочными образованиями, накопившимися в речных и озерных условиях и поэтому она характеризуется отсутствием выдержанных по напластованию слоев: коллекторов и флюидоупоров. Средняя часть, где выделяются дегибадамская и тангидувальская свиты, сложена континентальными образованиями, чередующимися периодически с морскими и прибрежно-морскими отложениями. Характерной особенностью разреза является относительно равномерная обогащенность пород углефицированными остатками растений и в гораздо меньшей степени линзами и маломощными прослоями бурого и каменного угля. Здесь ловушки, в основном, относятся к литологически ограниченному типу.

Верхняя секция разреза ТФ – байсунская свита представлена преимущественно морскими отложениями.

Все три секции разреза отложений терригенной толщи присутствуют на юге центральной части и юго-востоке Чарджоуской ступени и в зоне Кимерек-Учкырского грабена, вытянутого в субширотном направлении от Учбаша на востоке до Янгиказгана и далее на запад и ограниченного с севера Бухарским разломом. Севернее линии Пачкамар, Сев.Шуртан, Бешкент, Камаши, Памук, Марковское, Крук. западнее – Арабхона, Сев.Денгизкуль. Сардоб, Юж.Уртабулак. Чегара на доюрских образованиях залегают отложения средней юры.

На Бухарской ступени лишь в прогибах (Карабаир-Щуртепинский, Центрально-Каганский, Тузкойский) на доюрских образованиях залегают отложения средней секции, на остальной части ступени – верхней секции.

Терригенная формация характеризуется резкой петрофациальной изменчивостью как в вертикальном, так и в горизонтальном сечениях, что затрудняет корреляцию ее разрезов [3]. Осложняющим фактором является и недостаточная изученность толщи глубоким бурением, особенно в зонах развития полного разреза.

Практически все признают исключительно высокую роль терригенной толщи как генератора углеводородов. По расчетам А.М.Акрамходжаева и А.В.Киршина [4] из нефтегазоматеринских пород этой толщи северо-восточной части Амударьинского бассейна (замкнутая область нефтегазообразования и нефтегазонакопления) эмигрировало 60 млрд.тонн углеводородов, в т.ч. около 10 млрд. тонн жидких. При этом учтены потенциальные возможности как рассеянного, так и концентрированного органического вещества, реализованные по мере погружения вмещающих пород. Отложения ТФ преимущественно газоносны, доля жидких фракций в общем объеме незначительна, т.к. органическое вещество в толще представлено в большей части гумусовыми разностями, в т.ч. линзами и прослоями каменного и бурого угля, продуцирующими преимущественно газообразные УВ.

На основе анализа детальных результатов исследования керн и материалов ГИС в разрезе можно выделить следующие типы коллекторов:

1-сравнительно мощные (более 2 м) пласты однородных практически неглинистых песчаников с коэффициентом пористости 15% и более;

2- глинистые песчаники различной мощности и малоглинистые песчаники небольшой мощности (менее 1м) с коэффициентом пористости от 7 до 15%;

3-сложнопостроенные пласты-коллекторы сложного вещественного состава с коэффициентом открытой пористости менее 7% при среднем значении около 5% [5,6].

По имеющимся фактическим данным наилучшими коллекторскими свойствами обладают песчаные породы, развитые на площадях Даяхатын, Кульбешкак, Парсанкуль, Аккум, Зап.Ходжи, Кандым, Алат, Сев.Испанлы, Испанлы. Открытая пористость здесь доходит до 18%. Коллекторы 2 и 3 классов показательны для площадей Хатар, Юж.Хатар, Зап.Алат, Тегермен, Зап.Киштуван, Узуншор, Хаузак, Шады, Денгизкуль, Сев.Денгизкуль, Уртабулак, Байширин, Умид, Пирназар, Бешбулак, Дарбаза.

Таким образом, изученные материалы свидетельствуют о том, что в разрезе терригенной формации есть коллекторы улучшенного качества, в которых могли сконцентрироваться промышленные скопления углеводородов. Нижний предел величины открытой пористости коллекторов, содержащих известные залежи, составляет 12,0-12,5%. Наиболее высокой проницаемостью при равных значениях открытой пористости обладают коллекторы XVIII горизонта (тангидувальская свита).

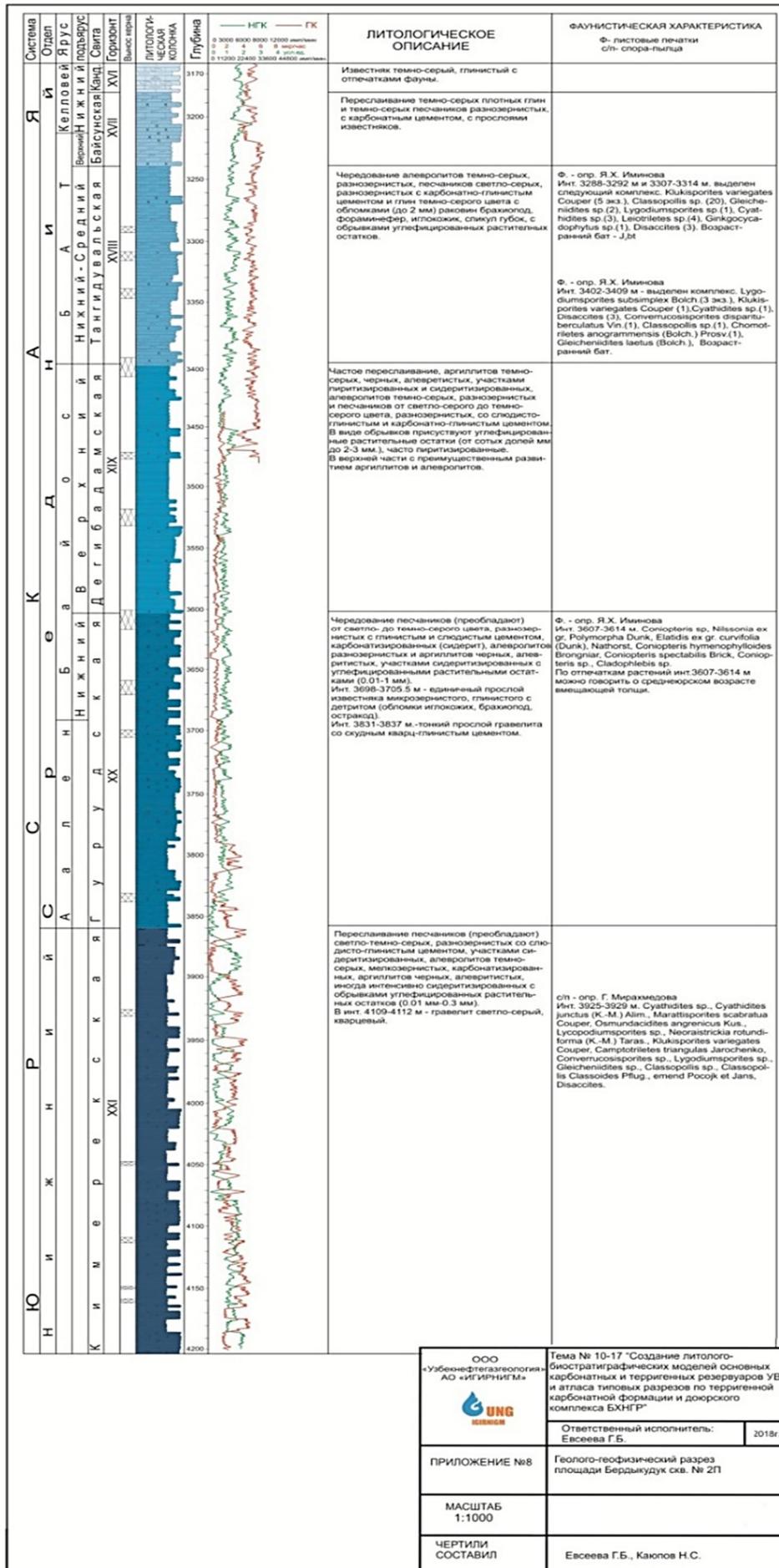


Рисунок 2 – Геолого-геофизический разрез ТФ

Покрышками для проницаемых горизонтов формации служат пласты глин.

Учитывая сложность строения разрезов юрских терригенных отложений (наличие внутренних перерывов и несогласий, резко выраженные фациальные замещения и др.), перспективы открытия в них скоплений УВ могут быть связаны с литологическими и стратиграфическими ловушками. Зоны литологического выклинивания и стратиграфических несогласий, с которыми связаны ловушки УВ неантиклинального типа, широко развиты в ряде нефтегазоносных бассейнов, в частности США (Денвер, Мичиган, Перм, Сан – Куан, Уиллистон, Скалистые горы), где на их долю приходится до 95% разведанных запасов [7]. Как далее отмечают эти авторы в США 75% разведанных запасов нефти и 73% газа содержатся в песчаных коллекторах.

Однако необходимо отметить, что основные запасы УВ в карбонатной формации связаны с органогенными образованиями, которые, как правило, располагаются в зоне развития тектонических нарушений, склонах палеоподнятий и т.д. Поэтому можно предположить, что эти элементы являются унаследованными и должны прослеживаться в подстилающих терригенных толщах, где возможно развитие структурных ловушек УВ.

Исходя из этого и опираясь на данные анализа палеогеографических особенностей развития изучаемого района, распределения пород-коллекторов, приуроченных к определенным стратиграфическим подразделениям и материалы геофизических работ нами выделены участки, перспективные на обнаружение ловушек УВ как структурного, так и неструктурного типа. Наиболее интересными являются Крукский, Восточно-Денгизкульский, участки.

Строение терригенных отложений и взаимоотношение терригенных толщ с доюрским комплексом пород и юрской карбонатной формацией отражено на построенных схематических профилях по линиям Кушаб – Крук (рисунок 3), Игрикудук – Вост. Денгизкуль – Умид (рисунок 4) На профилях прослеживается, что контуры складки по кровле терригенной формации размещаются в пределах контуров структуры по карбонатным отложениям в зоне барьерного рифа.

На Вост. Денгизкуле и Круке пробурено по одной скважине, вскрывших терригенную формацию на полную мощность, где в скв.1, Вост. Денгизкуль наблюдались непромышленные притоки газа, а в скв.1, Крук отмечались прослой песчаника с хорошими коллекторскими свойствами.

На профиле Игрикудук – Вост. Денгизкуль – Умид наблюдается выклинивание кимерекской (XXI горизонт) и гурудской свит (XX горизонт). Здесь возможно выявление ловушек неантиклинального типа.

На выше перечисленных участках мы рекомендуем проведение детализационных сейсморазведочных работ на выявление ловушек структурного и неструктурного типов.

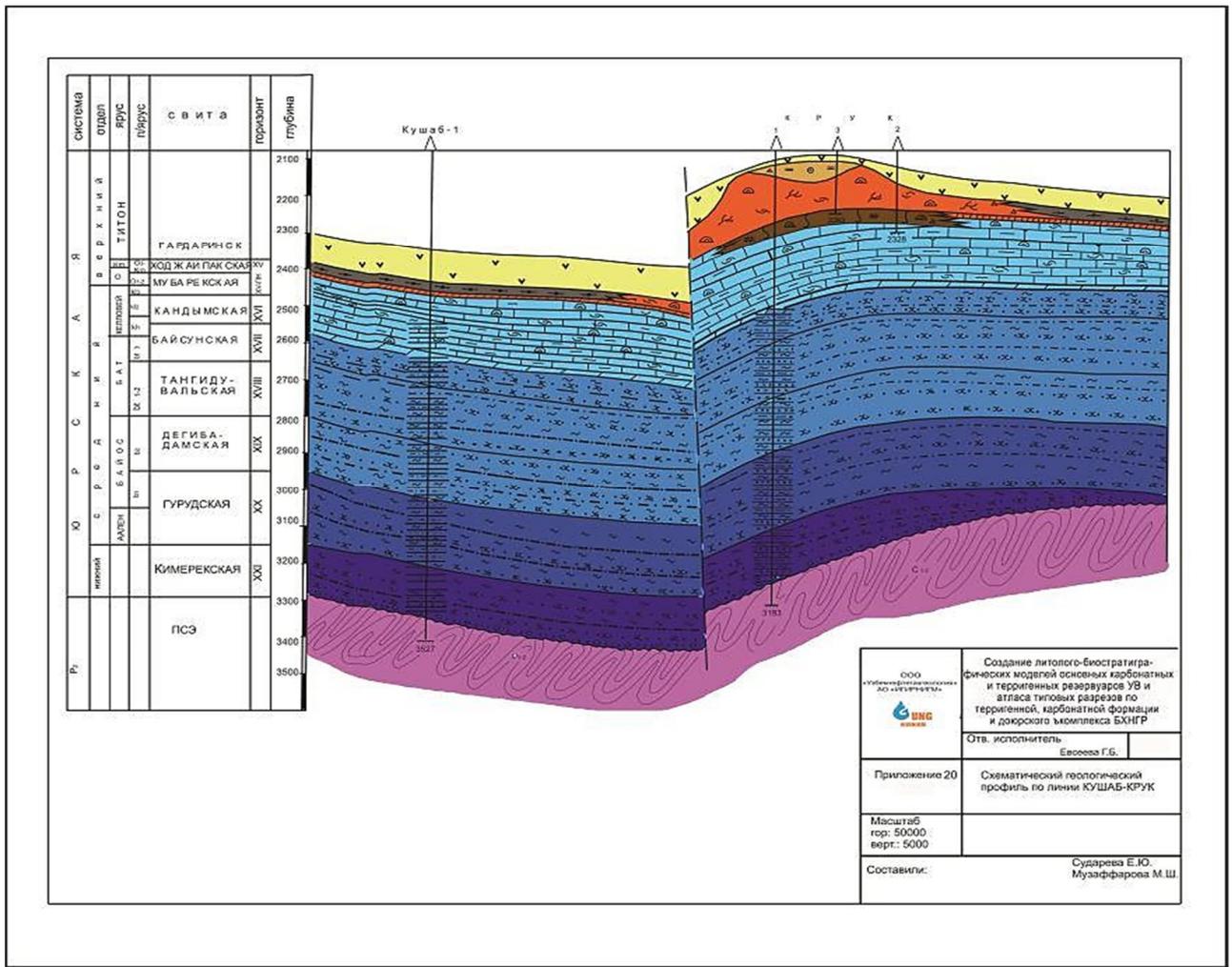


Рисунок 3 – Геолого – геофизический разрез площади Крук и Кушаб

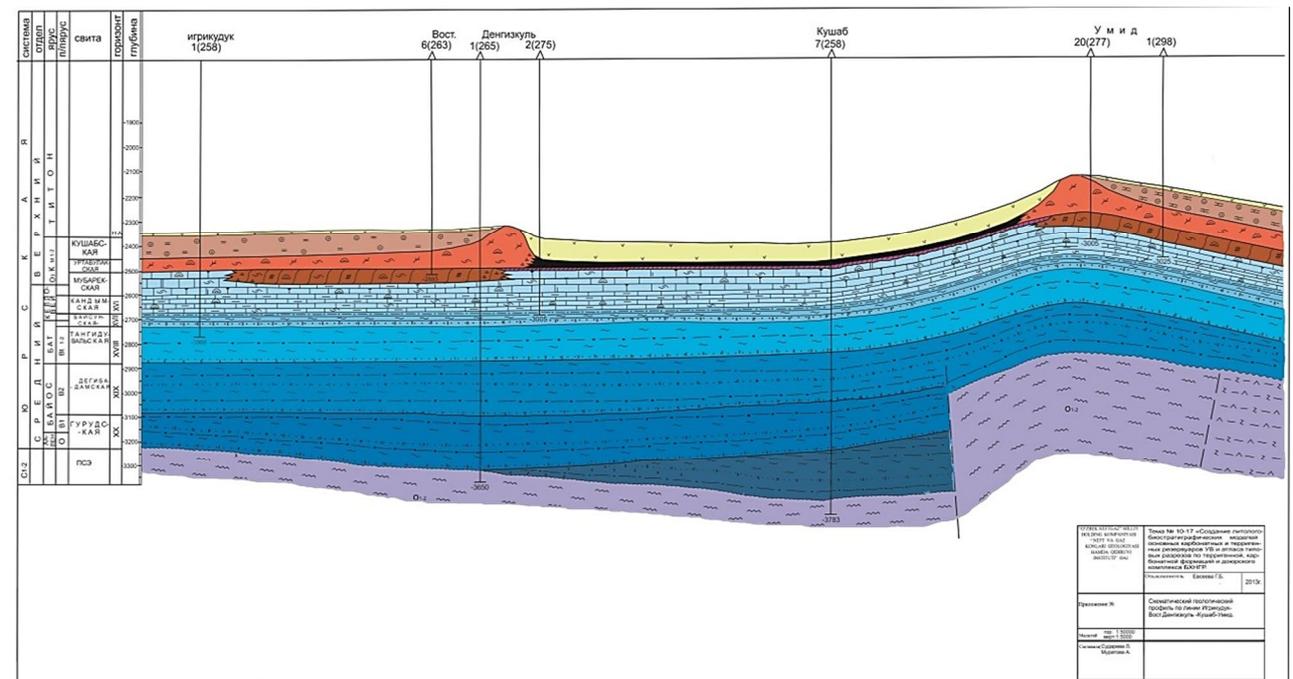


Рисунок 4 – Профиль по линии Вост.Дензискуль и Умид

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Литологический состав также чрезвычайно разнообразен (известняки, мергели, аргиллиты, алевролиты, песчаники, гравелиты, брекчии, а также угли). Однако можно установить следующую закономерность в распределении осадков в разрезах: верхняя часть существенно глинистая, с прослоями известняков, далее в разрезе начинают преобладать алевролиты и песчаники, переходя в грубообломочные разности (брекчии, гравелиты), иногда с прослоями углей.
2. Нижне -среднеюрские углистые и углисто-глинистые материнские породы имеют высокий газогенерирующий потенциал.
3. Породы – коллекторы сложены песчано – алевролитовыми, реже грубообломочными породами, характеризующихся неоднородностью состава и имеющих, в основном, межгранулярную пористость. Иногда наблюдаются трещиноватые глинисто-алевролитовые образования, где проницаемость обусловлена трещиноватостью.
4. Исходя из теоретических предпосылок и фактического материала, нижне-среднеюрская терригенная толща БХНГР является целевым поисковым объектом и обеспечит ощутимый прирост запасов углеводородов в Республике Узбекистан.
5. Необходимо усиление исследований по целенаправленному изучению терригенной толщи. Это позволит выделить участки, перспективные на обнаружение ловушек УВ как антиклинального, так и неантиклинального типа в терригенных образованиях.

#### Литература

1. Абдуллаев Г.С., Евсеева Г.Б. Биостратиграфия юрской терригенной формации Бухаро-Хивинского нефтегазоносного региона // Geosciences - Науки о земле. Тез. докл. на Междунар. конф (г. Ташкент, 22-23 ноября 2018 г.). Ташкент. 2018. С. 115-117.
2. Бабаев А.Г., Габрильян Р.А., Салямова С.К. Терригенная формация юрского возраста Бухаро-Хивинского региона и Юго-Западного Гиссара и ее нефтегазоносность. М.: Недра. 1977. 136 с.
3. Юлдашева М.Г., Евсеева Г.Б., Каршиев О.А. Перспективы наращивания нефтегазового потенциала за счет ниже – среднеюрских терригенных отложений в Бухаро–Хивинском и Устюртском нефтегазоносных регионах // Узб. журнал нефти и газа. 2016. Спец. вып. С. 53-61.
4. Киршин А.В. Моделирование процессов преобразования органического вещества в литогенезе и генетические предпосылки нефтегазоносности недр. Под ред. А.М. Акрамходжаева. Ташкент: Фан. 1984. 196 с.
5. Абдуллаев Г.С., Евсеева Г.Б. Литолого–фациальные особенности, геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юрской терригенной формации в северо–западной части Чарджоуской ступени // Узбекский журнал нефти и газа. 2014. № 1. С. 16–22.
6. Евсеева Г.Б. Литолого–фациальные особенности и фильтрационно–емкостные свойства юрских терригенных отложений Бухаро–Хивинского нефтегазоносного региона // Socar PROCEEDINGS. Баку. 2015. № 2. С. 4-9.
7. Эгамбердыев М.Э., Абдуллаев Г.С. Фациально–палеотектонические особенности формирования и нефтегазоносность терригенных отложений юры северного борта Амударьинской синеклизы // Узб. геол. журн. 1995. № 4. С. 105-111.
8. Электронный ресурс <http://lithology.ru/node/120>

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЛЬЕФНЫХ ДЕФЕКТОВ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Ничков В.Н.

*vadim\_123\_111@mail.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В статье приведены материалы по разработке новой технологии определения рельефных дефектов металлических изделий фотометрическим способом, заключающимся в определении изменения угла отражения падающего света на контролируемую область поверхности исследуемой детали.*

*Ключевые слова: автоматическая система, поверхностный дефект, угол отклонения, микроконтроллер.*

Данное устройство относится к области машиностроения, а именно к определению дефектов поверхностей, неровностей, шероховатостей. Способ основывается на физическом явлении отражения света от зеркальной поверхности исследуемой металлической детали. При падении узконаправленного луча света на поверхность детали, луч отражается, попадая при этом на позиционно чувствительный фотоэлемент, который позволяет определить положение луча света на нем. Данные о положении луча на фотоэлементе сохраняются в память микро ЭВМ, к которой он подключен. В процессе измерения деталь перемещается относительно исследующего луча света до тех пор, пока не переместиться в конец. По завершении измерения всей длины детали производится обработка данных с помощью специального программного обеспечения микро ЭВМ и выдается заключение о состоянии детали. Таким образом, производится контроль и анализ поверхности исследуемой детали.

При попадании электромагнитной волны (свет) на поверхность: возникают малые колебания диэлектрической поляризации в отдельных атомах, в результате чего каждая частица излучает вторичные волны во всех направлениях. Все эти волны складываются и в соответствии с принципом Гюйгенса Френеля дают зеркальное отражение и преломление [1].

При попадании электромагнитной волны (свет) на поверхность проводника: возникают колебания электронов (электрический ток), электромагнитное поле которого стремится компенсировать это воздействие, что приводит к практически полному отражению света [1].

Закон отражения света — устанавливает изменение направления хода светового луча в результате встречи с отражающей (зеркальной) поверхностью: падающий и отражённый лучи лежат в одной плоскости с нормалью к отражающей поверхности в точке падения, и эта нормаль делит угол между лучами на две равные части, таким образом, угол падения  $\alpha$  равен углу отражения  $\beta$ . Схематично это изображено на Рисунке 1 [2].

Изменение угла отражения луча света является критерием дефекта, т.к. это свидетельствует об изменении кривизны поверхности детали. Позиционно чувствительный фотоэлемент способен определять положение луча света падающего на него, благодаря чему можно определить угол отражения от исследуемой поверхности [3].

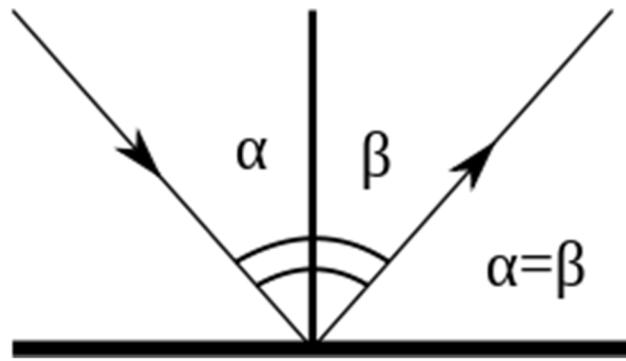


Рисунок 1 – Схема отражения света от поверхности

На Рисунке 2 приведена эталонная поверхность 2, у которой отраженный луч 5 попадает в центральное положение фотоэлемента 1.

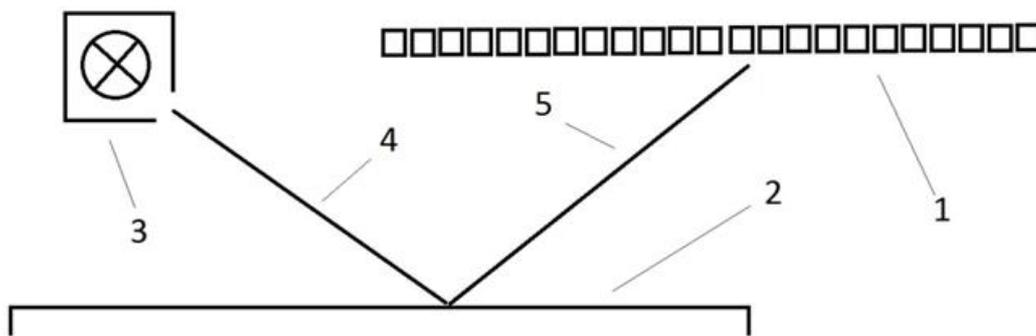


Рисунок 2 – Отражение луча от бездефектной поверхности: 1 – Позиционно чувствительный фотоэлемент, 2 – Исследуемая поверхность, 3 –Источник узконаправленного света, 4 – Падающий луч, 5 – Отраженный луч

На Рисунке 3 приведена поверхность с дефектом 2, из-за чего отраженный луч света 5 отражается под другим углом, и соответственно попадает в другое положение позиционно чувствительного фотоэлемента 1.

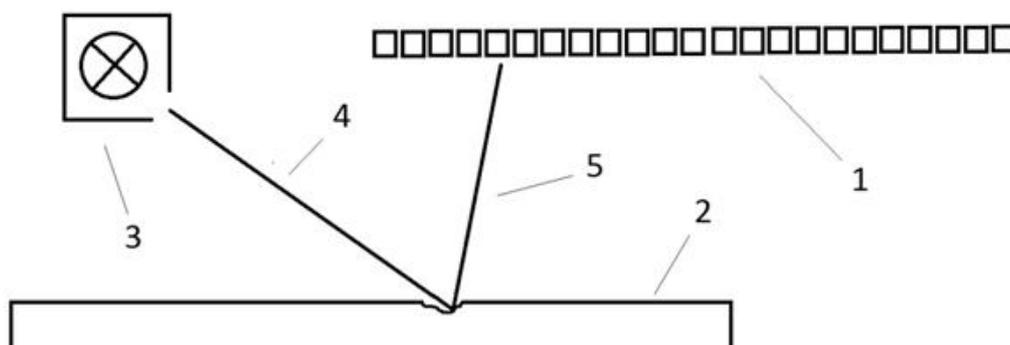


Рисунок 3 – Отражение луча от дефектной поверхности

В качестве позиционно чувствительного фотоэлемента используется набор датчиков освещенности ВН1750, выставленных в ряд, микро ЭВМ – микроконтроллер STM32F103C8T6, программа визуализации данных в реальном времени разработана для операционной системы Windows. Коммуникация микроконтроллера с датчиками освещенности производится по интерфейсу I<sup>2</sup>C. Принципиальная схема подключения показана только для двух датчиков, остальные датчики подключаются аналогично к другим выводам микроконтроллера [4].

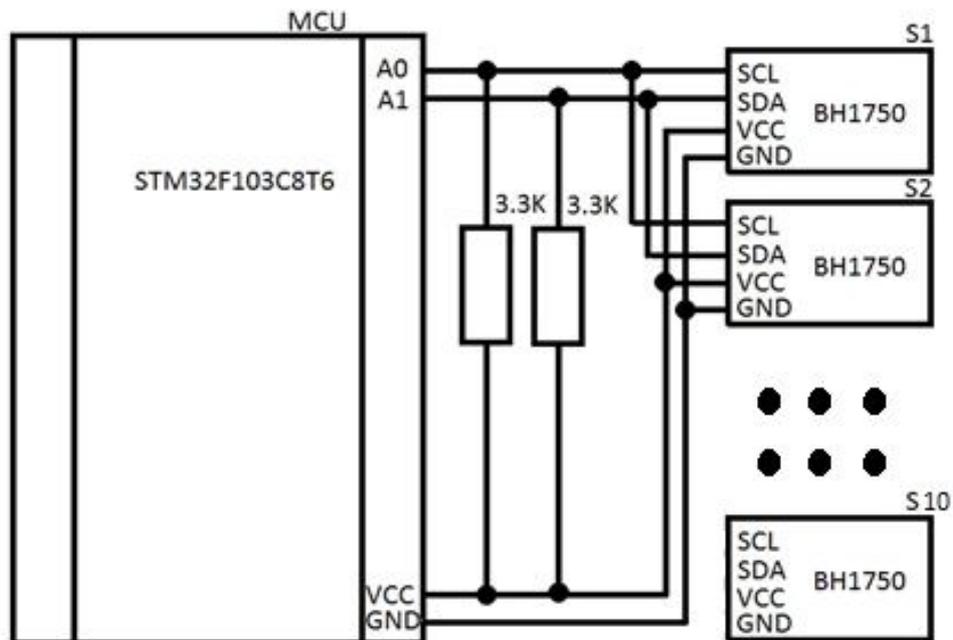


Рисунок 4 – Принципиальная схема подключения датчиков освещенности

Во время обработки данных в специальном программном обеспечении производится визуализация полученных данных с микроконтроллера, единицы измерения по координате Y – Люксы, по X – количество измерений (перемещение детали). На графиках показаны случаи, когда отраженный луч находится в центре фотоэлемента, справа и слева.

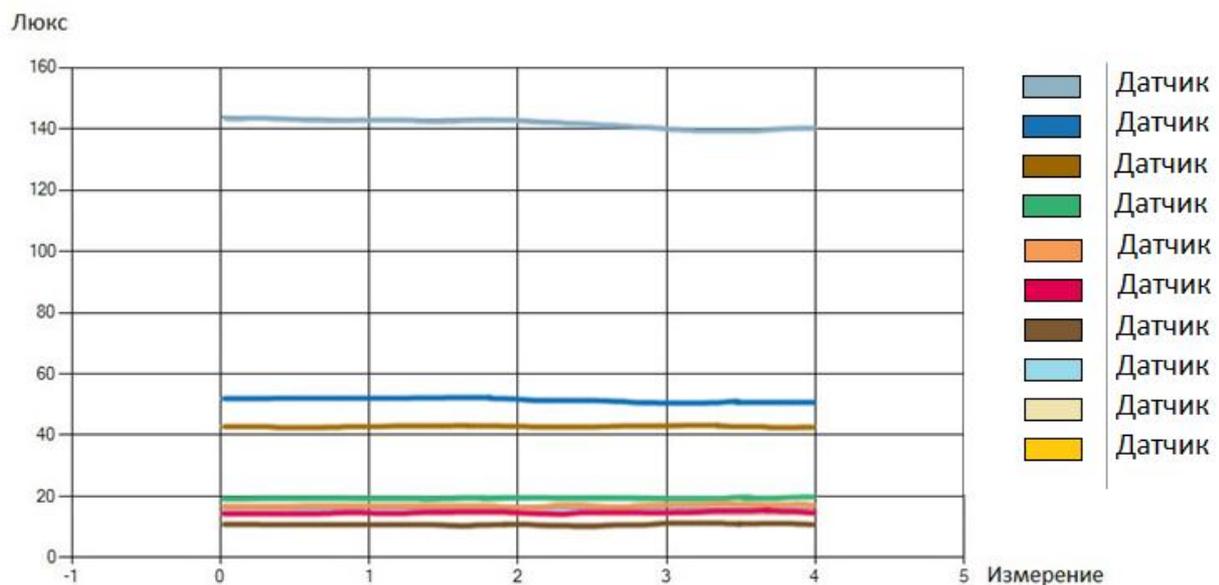


Рисунок 5 – Отраженный луч в центральном положении фотоэлемента

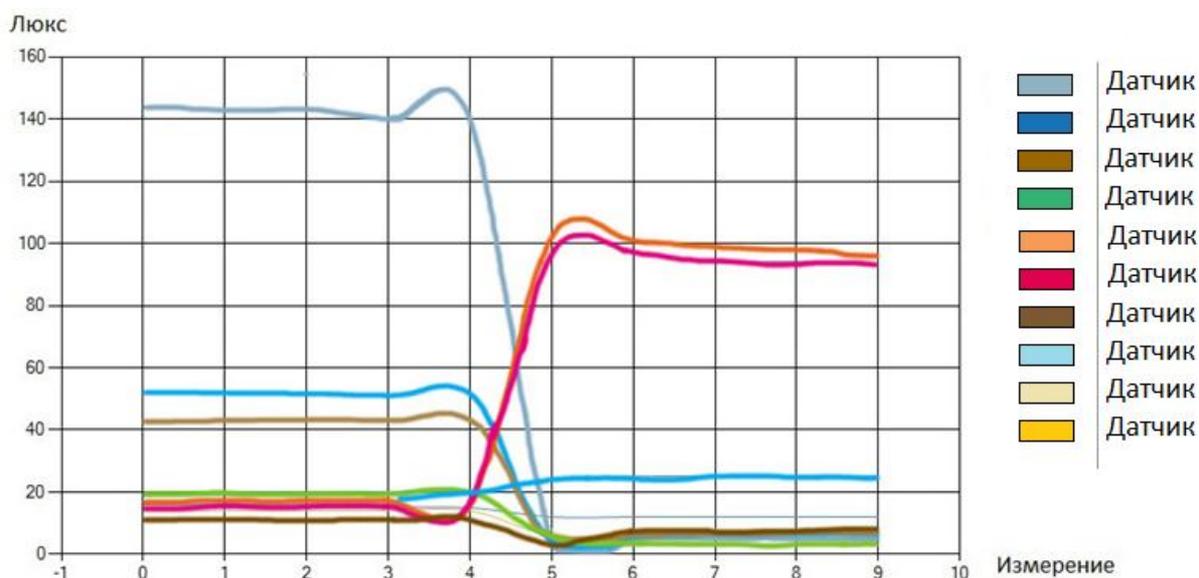


Рисунок 6 - Отраженный луч в правом положении фотоэлемента

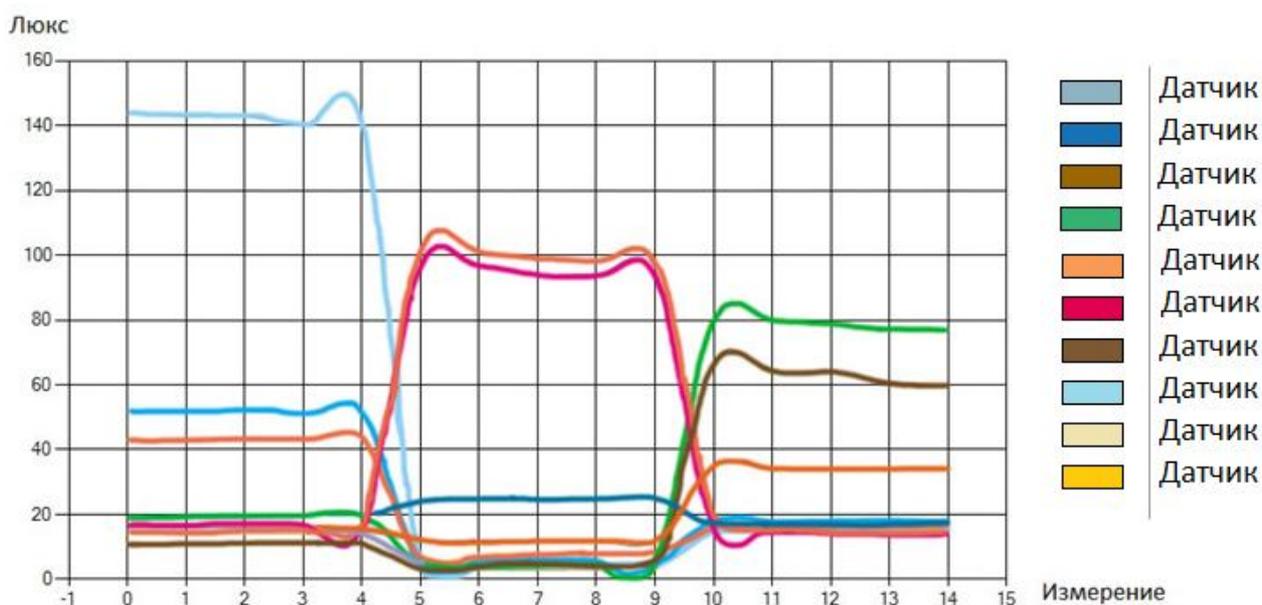


Рисунок 7 - Отраженный луч в левом положении фотоэлемента

### Литература

1. Алешкевич В.А. Курс общей физики. Оптика. М.: Физматлит. 2011. 320 с
2. Трофимова Т.И. Физика. М.: Издат. центр «Академия». 2006. 560 с.
3. Шарапова В.М. Датчики: Справочное пособие. М.: Техносфера. 2012. 624 с.
4. Geoffrey Brown. Discovering the STM32 Microcontroller. Блумингтон: Indiana University 2016. 244 с.

**КРИТЕРИЙ ДОСТАТОЧНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Панченко Е.М.

*rina19\_87@mail.ru*

ОсОО «Салгар», г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В данной статье рассматривается такое понятие, как «критерий достаточности статистических данных». Понимание и определение этого критерия приходит эмпирическим путем, с помощью аппроксимирующей функции, которая была применена на основе данных шинной компании, собранных понедельно за шесть лет с 2012 по 2018 гг. С помощью этой функции были вычислены параметры, такие как математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение. Проверяется гипотеза о том, что: чем ближе математическое ожидание к нулю, и чем меньше среднеквадратическое отклонение, тем выше критерий достаточности. Чем выше критерий достаточности, тем точнее полученные параметры аппроксимирующей функции будут давать прогнозы при экстраполяции на имеющихся рядах данных.*

*Ключевые слова: критерий достаточности статистических данных, математическое ожидание, среднеквадратическое отклонение, экстраполяция, аппроксимирующая функция, ряд Фурье, синусоидальная функция, сумма гармоник.*

**Введение.** Фирма занимается импортом товара и последующей оптовой и розничной продажей. Поставщики требуют поправлять заявки за полгода до поставки. Требуется сформировать заявку на основе имеющихся статистических данных. Очевидно, что чем больше имеется статистических данных и чем больший период они охватывают, тем больше оснований полагаться на экстраполяцию данных. Шинную компанию интересуют экстраполяционные расчеты на полгода вперед.

Если статистических данных недостаточно, менеджер принимает решения по заявке, основываясь не столько на статистические данные, сколько на общем видении рынка, не на математических методах, а основываясь на том, «как работают вещи» (экспертные оценки, разговор с продавцами).

**Описание темы.** Критерий достаточности статистических данных будет включать два аспекта: 1) математический: если выборка маленькая, количество наблюдений мало, то тогда может возникнуть вопрос: «Можно ли полагаться на эти данные?». С другой стороны, 2) качественный: выборка большая, данных много, но такие не количественные, а качественные понятия, как: резкая смена покупательской способности, резкая смена самого продукта, девальвация денег, то есть какие-то обстоятельства, которые искажают данные настолько, что невозможно полагаться на эту статистику [3]. То есть либо статистических данных нет, либо данные есть, но они искажены настолько, что мы не можем вычислить аналитическую функцию. В данной работе главная задача состоит в выяснении, что, несмотря на небольшой объем данных все равно можно ими воспользоваться и вывести критерий достаточности. Математический критерий достаточности – это когда генеральная совокупность представлена репрезентативной выборкой. В данном случае выборка нерепрезентативная, но все-таки можно на нее опереться. То есть цель работы – выяснить, в каких случаях нерепрезентативная выборка дает хорошую аппроксимирующую функцию.

Если окажется, что статистических данных достаточно, то решение о закупе принимается не экономистом-аналитиком, а менеджером по продаже.

**Описание метода.** Имеются данные по неделям с 2012 по 2018 гг. Аппроксимация функции имеет следующий вид [1]:

$$Y = M + k * t + b + (a * t + A_0) * \sin\left(\left(\frac{2\pi}{52}\right) * t - \left(\frac{2\pi}{52}\right) * \varphi\right) + A * \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n*c)}{n} * \cos\left(\left(\frac{2\pi}{52}\right) * t - \left(\frac{2\pi}{52}\right) * m\right) * n \quad (1)$$

То есть функция состоит из суммы среднего значения ( $M$ ), тренда ( $k * t + b$ ), синусоидальной функции и ряда Фурье.

Синусоидальная функция:

$$(a * t + A_0) * \sin\left(\left(\frac{2\pi}{52}\right) * t - \left(\frac{2\pi}{52}\right) * \varphi\right), \quad (2)$$

где

$a$  – на сколько с каждым месяцем увеличивается амплитуда колебаний;

$t$  – номер недели;

$A_0$  – амплитуда колебаний синусоидальной функции;

– неделя, переведенная в радианы;

$\varphi$  – фаза или смещение колебаний относительно оси ординат. Показывает, какая часть периода прошла с момента начала наблюдения колебаний [2];

Гармоники или ряд Фурье представляет собой функцию:

$$A * \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n*c)}{n} * \cos\left(\left(\frac{2\pi}{52}\right) * t - \left(\frac{2\pi}{52}\right) * m\right) * n, \quad (3)$$

где

$A$  – амплитуда гармоники (отличается от  $A_0$ );

$t$  – номер недели;

$c$  – ширина спада продаж в неделях, то есть с какую по какую неделю продажи снизились по определенной причине;

– также, неделя переведенная в радианы;

$\varphi$  – фаза или смещение колебаний относительно оси ординат;

$n$  – номер гармоники;

$m$  – фиксированный номер недели, с которого начинается спад продаж в неделях [2].

Таким образом, **тренд** показывает направление тенденции продаж в сторону их увеличения или уменьшения.

**Синусоидальная функция** показывает амплитудность сезонности и то, как она меняется с годами, то есть охватывает еще и цикличность.

**Ряд Фурье, представляющий собой сумму гармоник**, показывает пики (если амплитуда положительная), спады (если амплитуда отрицательная) продаж внутри одного сезона.

По статистике Шинной Компании можно изучить рынок шин в целом, так как данные собранные с 2012 г., то есть за шесть лет, и являются наиболее полными. С помощью таких данных можно четко выявить тенденции продаж, сезонность, цикличность, то есть сделать подробные наблюдения. А на основе них четкие выводы, которые приведут к определенным решениям, способствующим максимизации прибыли, что поможет ответить на многие вопросы. Например, такие как: меняется ли ассортимент компании на протяжении лет, предпочтения покупателей, как потребители с течением времени пересаживаются с одних дисков на другие и т. д. Всегда ли условия на рынке диктуют покупатели или есть влияние внешних экономических факторов, например, большой завоз шины из стран СНГ, так как цены дешевле по сравнению с шинами из Китая и т.д.

Важно отметить, что при построении модели данные опущены на значение мат. ожидания каждого ряда и без учета тренда, для того, чтобы данные были расположены относительно оси абсцисс.

Последовательность действий для вычисления параметров критерия достаточности статистических данных:

- 1) Для каждой подгруппы рассчитать данные с учетом характеристики: вычислить лето и в/с шину отдельно, а зимнюю шину посчитать отдельно;
- 2) Перенести данные в расчетный файл, посчитать ср. значение или мат. ожидание. Для этого предварительно необходимо выполнить следующие действия:
- 3) От каждого значения вариационного ряда отнять мат. ожидание, таким образом, получить ряд данных, опущенный на мат. ожидание;
- 4) По ряду данных, опущенному на мат. ожидание построить тренд;
- 5) По полученным параметрам тренда  $k$  и  $b$  вычислить значения для каждой недели, получив тем самым ряд данных, представляющих собой тренд численно;
- 6) Вычислить остатки случайных величин. То есть от данных, опущенных на значение мат. ожидания, отнять значения ряда тренда.
- 7) Сделать расчет значений синусоидальной функции для каждой недели;
- 8) Рассчитать значения для ряда Фурье (сумму гармоник умножить на амплитуду), при этом эмпирическим путем определить количество гармоник. Значения синусоидальной функции и ряда Фурье необходимо растянуть до прогнозируемого месяца включительно. Например, делается прогноз до июня 2019 года;
- 9) От данных из пункта № 6 отнять синусоидальную функцию и ряд Фурье. Данные остатки и будут являться случайными остатками без учета выявленных закономерностей;
- 10) Вычислить сумму квадратов остатков, опущенных на мат. ожидание, без тренда, без синусоидальной функции, без ряда Фурье. (Данный ряд будет называться остатком случайных величин). Это значение и есть значение целевой функции в «Поиске решения».
- 11) С помощью специального пакета «Поиск решения» необходимо вычислить параметры синусоиды и суммы гармоник, которые видоизменяют их таким образом, чтобы сумма синусоиды и ряда Фурье (суммы гармоник) более точно описывала фактический ряд данных;
- 12) По ряду остатков случайных величин вычислить мат. ожидание и средне-квадратическое отклонение, а также коэффициент детерминации – для выявления уровня статистической значимости.

Таблица 1 – Параметры критерия достаточности статистических недельных данных с 2012 по 2018 гг. на примере подгрупп и типоразмеров легковой шины

Подгруппа/Параметры критерия достаточности	М	σ	R <sup>2</sup>	N
<b>Подгруппа 6,45</b>	<b>-1</b>	<b>21</b>	<b>74%</b>	<b>353</b>
6,15-13	0	3	51%	183
6,40-13	0	3	33%	153
6,45-13	0	19	71%	349
<b>Подгруппа R-12</b>	<b>-5</b>	<b>218</b>	<b>77%</b>	<b>364</b>
155 R12C	-1	32	63%	360
155/70 R12	0	83	46%	331
5.00 R12 C	-3	180	72%	309
<b>Подгруппа R-13</b>	<b>-14</b>	<b>237</b>	<b>82%</b>	<b>365</b>
155/70 R13	0	6	54%	158
155R13C	0	1	6%	22
165/65 R13	0	19	56%	317
165/70 R13	0	4	32%	155
165R13C	0	4	32%	96
175/70 R13	-14	234	80%	365
185/70 R13	0	7	26%	216
Нестандартные размеры R13	0	6	18%	85
<b>Подгруппа R-14</b>	<b>-17</b>	<b>310</b>	<b>81%</b>	<b>365</b>
165/65 R14	0	2	25%	76
175/65 R14	-2	34	82%	331
175/70 R14	0	19	63%	326
185/60 R14	0	10	11%	131
185/65 R14	-5	143	66%	365
185/70 R14	-10	202	75%	365
195/65 R14	0	2	22%	77
195/70 R14	0	9	57%	278
205/70 R14	0	3	34%	157
Нестандартные размеры R14	0	1	3%	8
<b>Подгруппа R-15</b>	<b>-13</b>	<b>270</b>	<b>89%</b>	<b>365</b>
185/55 R15	0	2	37%	66
185/60 R15	0	2	37%	75
185/65 R15	-1	29	71%	332
195/55 R15	0	8	24%	152
195/60 R15	0	18	53%	308
195/65 R15	-9	210	85%	365
205/60 R15	0	3	37%	117
205/65 R15	-2	47	81%	356
205/70 R15	-2	50	74%	365
205/75 R15	0	5	37%	193
215/65 R15	0	10	29%	193
215/70 R15	0	7	35%	185
<b>Подгруппа R-16</b>	<b>1</b>	<b>173</b>	<b>80%</b>	<b>365</b>
195/55 R16	0	5	15%	60
195/60 R16	0	5	6%	31

205/55 R16	-1	19	75%	318
205/60 R16	0	22	76%	5
205/65 R16	0	12	63%	192
215/55 R16	0	12	67%	292
215/60 R16	0	90	65%	350
215/65 R16	0	22	79%	281
225/55 R16	0	10	63%	248
225/60 R16	0	10	48%	238
235/60 R16	0	7	37%	200
Нестандартные размеры R16	0	1	10%	30
Нива	1	50	65%	365
<b>Подгруппа R-17</b>	<b>1</b>	<b>81</b>	<b>61%</b>	<b>346</b>
205/50 R17	0	1	21%	48
215/45 R17	0	7	52%	195
215/50 R17	0	8	46%	217
215/55 R17	0	24	60%	252
215/60 R17	0	10	53%	157
225/45 R17	0	9	40%	216
225/50 R17	0	13	42%	230
225/55 R17	0	10	57%	211
235/45 R17	0	7	54%	227
235/55 R17	0	4	35%	139
245/45 R17	0	5	37%	147
Нестандартные размеры R17	0	10	3%	2
<b>Подгруппа R-18</b>	<b>-1</b>	<b>30</b>	<b>47%</b>	<b>261</b>
215/35 R18	0	1	8%	14
225/40 R18	0	5	29%	106
225/45 R18	0	6	16%	116
225/55 R18	0	1	12%	12
235/45 R18	0	4	18%	39
235/50 R18	0	2	36%	78
245/40 R18	0	6	44%	162
245/45 R18	0	6	41%	155
245/50 R18	0	4	11%	38
255/45 R18	0	2	28%	35
265/35 R18	0	2	51%	184
<b>Подгруппа R-19</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>18%</b>	<b>90</b>
235/35 R19	0	3	9%	27
235/45 R19	0	1	6%	16
245/35 R19	0	2	8%	26
245/40 R19	0	3	5%	16
245/45 R19	0	1	14%	17
255/35 R19	0	1	6%	10
255/40 R19	0	1	21%	26
265/30 R19	0	1	5%	12
275/35 R19	0	2	9%	11

**Выводы.** Таким образом, критерий достаточности можно определить, как: если для существующих статистических данных мат. ожидание находится в пределах от [-17; 1], а среднеквадратическое отклонение в пределах от [1; 310], то можно пользоваться полученными параметрами синусоидальной функции и функции ряда Фурье для планирования закупок. Из таблицы, где **М** – математическое ожидание, **σ** – среднеквадратическое отклонение; **R<sup>2</sup>** – коэффициент детерминации; **N** – количество

наблюдений в типоразмере или подгруппе за 6 лет, видно, что при количестве наблюдений от 40 до 230 – умеренный коэффициент детерминации, ниже 40 – низкий коэффициент детерминации, и при количестве наблюдений свыше 230 – коэффициент детерминации высокий. В связи с этим, полученные данные можно выделить на три категории: статистические данные с наибольшей достаточностью, со средней достаточностью и статистические данные с наименьшей статистической достаточностью. Причем, наиболее популярные типоразмеры, которые в основном представляют автомобильный рынок Кыргызстана, обладают наиболее высоким критерием достаточности имеющейся статистики по сравнению с менее популярными типоразмерами, которые имеются в Шинной Компании для ассортимента и наиболее полного охвата рынка. Также, выделились те типоразмеры, которые в наименьшей степени обладают критерием достаточности, но и не настолько ему не соответствуют, чтобы совсем нельзя было говорить о том, что его нет, то есть это наиболее редкие типоразмеры, которые привозятся под заказ, в основном для организаций.

#### **Литература**

1. Луканкин Г.Л., Мартынов Н.Н., Шадрин Г.А., Яковлев Г.Н. Высшая математика. М.: Просвещение. 1988. 431 с.
2. Елисеева И.И., Курышева С.В., Костеева Т.В. Эконометрика. М.: Финансы и статистика. 2003. 344 с.
3. Качалов И. Планирование продаж с точностью 90 % и выше. СПб: Питер. 2008. 304 с.

## РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СТОРОННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ

Попов В.Ю.

*Vergil5d@yandex.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В работе продемонстрирована возможность подключения стороннего оборудования в 1С: Предприятие, на примере подключения к нему весов Rongta Scale RLS1100 с возможностью печати этикеток. В результате чего была реализована внешняя компонента (ВК), на языке программирования C++ под управлением IDE Visual Studio 2015 по технологии Native Api. Разработанная внешняя компонента была внедрена в библиотеку стандартных процедур конфигурации: «Розница для Кыргызстана» под управлением 1С: Предприятие 8.3.12. Функции компоненты позволяют связать компьютер с электронными весами, оценить вес товара на весах, а также очистить базу данных всех товаров и позиций на электронных весах.*

*Ключевые слова: внешняя компонента, электронные весы RONGTA, 1С: Предприятие, библиотека стандартных процедур, стороннее оборудование.*

Для расширения функциональных возможностей системы 1С: Предприятия используются внешние компоненты. С точки зрения разработчика ВК представляет собой некоторый внешний объект, который имеет свойства и методы, а также может генерировать события для обработки системой «1С: Предприятие».

Внешние компоненты можно использовать для решения класса задач, которые сложно или даже невозможно реализовать на встроенном в «1С: Предприятие» языке программирования. В частности, к такому классу можно отнести задачи, требующие низкоуровневого взаимодействия с операционной системой, например, для работы с специфичным оборудованием. В системе «1С: Предприятие» для создания внешних компонент используются две технологии:

- с использованием *Native API*;
- с использованием технологии *COM*.

При заданных ограничениях разница между двумя указанными технологиями незначительна, поэтому в работе рассматривается разработка ВК с использованием *Native API*. При необходимости, реализованный подход так же может быть применен для разработки ВК с использованием технологии *COM*.

*Создание компонент с использованием технологии Native API.* Эта технология позволяет создавать ВК, которые могут подключаться как в клиентском приложении, так и на сервере приложений "1С: Предприятие", в версиях для Windows, Linux, а также Windows Runtime, Android и iOS. Для операционных систем Windows Runtime, Android и iOS использование пользовательского интерфейса запрещено [1, 2].

Внешняя компонента реализует один или несколько объектов компоненты, которые могут использоваться в "1С: Предприятии". Каждый объект компоненты должен наследоваться от абстрактного класса *IComponentBase* (файл *ComponentBase.h* входит в комплект поставки) и реализовать все его методы. Внешняя компонента системы «1С: Предприятие» представлена в виде DLL-файла. В коде файла описывается класс, наследуемый от *IComponentBase*. В создаваемом классе должны быть определены методы, отвечающие за реализацию функций внешней компоненты. Более подробно переопределяемые методы будут описаны ниже. Подробно про создание ВК можно ознакомиться в работе [3].

Поскольку изначально оборудование от производителя *Rongta Scale Rls1100* невозможно связать со средой 1С, возникла необходимость найти способ их внедрения. Поэтому целью данной работы является разработка ВК для подключения весов от производителя *Rongta Scale Rls1100* в «1с: Предприятие».

**Выбора алгоритма решения задачи.** Для решения поставленной задачи в общем случае существует 2 алгоритма:

- Основан на прямом взаимодействии с оборудованием, позволяющий посылать напрямую команды на электронные весы по СОМ-порту [4].
- Основан на обращении к оборудованию через драйвер, поставляемый производителем оборудования [4].

В результате был выбран второй алгоритм т.к. наличие драйвера, оборудования *Rongta RLS1100*, значительно ускоряет процесс разработки внешней компоненты.

Для того чтобы взаимодействовать с весами *Rongta RLS1100*, необходимо подключить драйвера, поставляемые вместе с весами, в данном случае это файл «*rtscale.dll*». Задача состоит в том, чтобы реализовать следующие функции, описание которых приводится в таблице 1.

Важно отметить, что при разработке функций нельзя выделять память с помощью функций *new* или *malloc*, так как это приведет к ее утечке.

После написания функций из таблицы 1, необходимо выполнить связь с весами из среды «1С: Предприятия», для этого следует реализовать функции из таблицы 2:

- *НазваниеТовара* – русский или английский набор символов с типом строка, максимальный размер составляет 32 байта.
- *LFКодТовара* – числовая переменная, содержит PLU-код товара.
- *КодТовара* – числовая переменная, содержит индекс товара для хранения в памяти электронных весов.
- *БарКод* – числовая переменная, содержит параметр для отображения разных штрих-кодов товара, используется число от 0 – 99.
- *ЦенаЗаЕдИзм* – числовая переменная, содержит цену за выбранную единицу измерения (задается целым числом, последние два элемента числа автоматически конвертируются в дробь, если необходимо добавить целое число, то в конце передаются два нуля, например, при передаче числа 13452 в базе число сохранится как 134.52)
- *ТипИзмерения* – числовая переменная в диапазоне от 0-13. Определяется тип измерения – штука или килограмм. Ниже приведена табл. 3, которая содержит код и соответствующее ему значение.

Таблица 1 - Функции для реализации

Функция	Синтаксис	Возвращаемое значение	Описание	Параметры:
<i>GetClassNames</i>	<i>const WCHAR_T*</i> <i>GetClassNames()</i>	<i>const WCHAR_T*</i>	Получение списка имен объектов компоненты	
<i>GetClassObject</i>	<i>long</i> <i>GetClassObject(const WCHAR_T*</i> <i>clsName,</i> <i>IComponentBase*</i> <i>* pIntf)</i>	<i>long</i> – не нулевое значение сигнализирует об успешном создании объекта	Создание экземпляра объекта компоненты. Если объект не может быть создан или не найден объект с указанным именем – возвращается 0	< <i>clsName</i> > Тип: <i>const WCHAR_T*</i> . Имя создаваемого объекта. < <i>pIntf</i> > Тип: <i>IComponentBase**</i> . Указатель на переменную, в которую нужно записать адрес вновь созданного объекта
<i>DestroyObject</i>	<i>long</i> <i>DestroyObject(IComponentBase**</i> <i>pIntf)</i>	<i>long</i> – успешность выполнения	Удаление экземпляра ранее созданного объекта. Компонента должна своими средствами удалить объект и освободить используемую им память. При успешном завершении возвращается 0, иначе – код ошибки (Runtime error)	< <i>pIntf</i> > Тип: <i>IComponentBase**</i> . Указатель на объект компоненты
<i>SetPlatformCapabilities</i>	<i>AppCapabilities</i> <i>SetPlatformCapabilities(const</i> <i>AppCapabilities</i> <i>capabilities)</i>		Устанавливает версию поддерживаемых платформой возможностей. Компонента должна вернуть версию, с которой она может работать. Если функция не реализована, то для компоненты не будут доступны возможности вывода сообщений, запроса информации о платформе.	< <i>capabilities</i> > Тип: перечисление <i>AppCapabilities</i> . Значения перечисления: <i>eAppCapabilitiesInvalid</i> = -1, <i>eAppCapabilities1</i> = 1, <i>eAppCapabilitiesLast</i> = <i>eAppCapabilities1</i>
<i>Init</i>	<i>bool</i> <i>Init(void*</i> <i>Interface)</i>	<i>Истина</i> -инициализация прошла успешно, <i>Ложь</i> – произошла ошибка	При загрузке "1С: Предприятие" инициализирует объект компоненты, вызывая метод <i>Init</i> и передавая указатель на <i>IAddInDefBase</i> . Объект может сохранить этот указатель для дальнейшего использования. Объект должен вернуть <i>true</i> , если инициализация прошла успешно, и <i>false</i> при возникновении ошибки	< <i>Interface</i> > Тип: <i>void*</i> . Указатель на интерфейс «1С: Предприятия».
<i>setMemManager</i>	<i>bool</i> <i>setMemManager(void*</i> <i>memManager)</i>	<i>Истина</i> -Успешное выделение <i>Ложь</i> – произошла ошибка	Установка менеджера памяти для компоненты. При вызове методов компоненты и передаче возвращаемых значений, которые не могут быть переданы полностью через стек, компонента должна выделять память с помощью функции <i>AllocMemory</i> , предоставляемую менеджером памяти. "1С:Предприятие" впоследствии освободит эту память с помощью функции <i>FreeMemory</i> .	< <i>memManager</i> > Тип: <i>void*</i> . Указатель на интерфейс менеджера памяти «1С: Предприятия».

Таблица 2 - Функции для связи «1С: Предприятие» и электронных весов

Команда	Назначение	Параметр	Пример команды
<i>ПодключитьУстройство</i> (строка <i>IpАдрес</i> )	Связывает весы с компьютером по локальной сети	<i>IpАдрес</i> – строковая переменная, содержит IP – адрес электронных весов в формате: «XXX.XXX.XXX.XXX».	<i>ВнешняяКомпонента.ПодключитьУстройство</i> (192.168.0.202);
<i>ОтключитьУстройство</i> (строка <i>IpАдрес</i> )	Отключает весы от компьютера		<i>ВнешняяКомпонента.ОтключитьУстройство</i> (192.168.0.202).
<i>ОчиститьБазу()</i>	Очищает все значения таблицы PLU (буквенный или числовой код товара) и очищает с памяти электронных весов		<i>ВнешняяКомпонента.Очисти</i> <i>тьБазу(Объект.IPAddr).</i>
<i>ВыгрузитьТовары(Строка</i> <i>НазваниеТовара, Число</i> <i>LFКодТовара, Число</i> <i>КодТовара, Число</i> <i>БарКод, Число</i> <i>ЦенаЗаЕдИзм, Число</i> <i>ТипИзмерения, Число</i> <i>Отдел, Число</i> <i>СрокГодности, Число</i> <i>ТипУпаковки, Число</i> <i>Скидка)</i>	Выгружает товар с описанными характеристиками на весы.	Описание параметров дается ниже	<i>Название = "Малина";</i> <i>LFКодТовара = 1;</i> <i>КодТовара = 22;</i> <i>БарКод = 17;</i> <i>ЦенаЗаЕдИзм = 4550;</i> <i>ТипИзмерения = 4;</i> <i>Отдел = 4;</i> <i>СрокГодности = 10;</i> <i>ТипУпаковки = 0;</i> <i>Скидка = 0;</i>
<i>ЗагрузитьГорячиеКлавиши</i> <i>иНаВесы (Строка</i> <i>НомерГорячейКлавишиИееКод)</i>	Заполняет таблицу горячих клавиш электронных весов <i>Rongta</i>	<i>НомерГорячейКлавишиИееКод</i> – строковая переменная, содержит строку следующего формата «ГорячаяКлавиша», «PLU код»	

Таблица 3 - Код и значение электронных весов Rongta

Код	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Значение	50g	g	10g	100g	kg	oz	lb	500g	600g	pcs-g	pcs-kg	pcs-oz	pcs-lb

- *Отдел* – числовая переменная, содержит номер отдела или отделения.
- *СрокГодности* – числовая переменная, содержащая допустимое время хранения товара (в днях).
- *ТипУпаковки* – числовая переменная, содержит тип упаковки в диапазоне от 0 – 4, где: 0 – *normal weight limit mode*, 1 – *fixed weight packing*, 2 – *pricing packaging*, 3 – *barcode printer mode*.
- *Скидка* – числовая переменная, содержит число скидкой в диапазоне от 0-99. Учет Скидки введется в процентном соотношении.

**Результаты.** В процессе разработки ВК были реализованы функции из табл. 1 в среде разработки Visual Studio, на языке С++ и функции из таблицы 2 в среде «1С: Предприятие».

**Заключение.** В результате выполненной работы была реализована внешняя компонента для «1С: Предприятия», которая обеспечивает взаимодействие с электронными весами *Rongta*. Данная компонента была успешно внедрена в конфигурацию 1С «Розница 2.2

для Кыргызстана», а также включена в Библиотеку Подключаемого Оборудования (БПО) «1С: Предприятия».

*Автор выражает благодарность своему научному руководителю Сычевой Нائلة Абдуллоевне, за помощь в решении задачи.*

### **Литература**

1. 1С: Предприятие 8.3. Руководство разработчика. Ч. 1. М.: Фирма «1С». 2014. С. 301-354.
2. 1С: Предприятие 8.3. Руководство разработчика. Ч. 2. М.: Фирма «1С». 2014. С. 40-60.
3. <https://its.1c.ru/db/metod8dev#content:5887:hdoc>
4. <https://habr.com/post/191014/>
5. <https://its.1c.ru/db/metod8dev#content:3221:hdoc>

## ОБРАЗЕЦ ЦИФРОВОЙ ПОРТАТИВНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ

Прохоров О.А.  
helgpro@yandex.ru

Научная станция Российской академии наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Создан рабочий образец цифровой портативной геодезической метеостанции (ЦПГМ-1) для оперативной комплексной оценки параметров атмосферы (температура, давление, влажность) при линейно-угловых измерениях на территории Бишкекского геодинамического полигона. Прибор состоит из приемника и передатчиков, содержащих в себе по 3 цифровых датчика, контроллеру и радиомодулю. Передатчики посылают информацию о параметрах атмосферы на реперах с отражателями. Приемник располагается у тахеометра и опрашивает собственные датчики, обрабатывает и выдает на дисплей среднюю температуру, давление и влажность по нескольким базовым линиям. Проведены успешные тестовые полевые измерения с частотой опроса датчиков – 4 секунды, и передачей данных по радио сигналу на расстояния до 3000 м между геодезическими реперами.*

*Ключевые слова: контроллер, радио связь, датчик, температура, давление, влажность, линейно-угловые измерения, тахеометр.*

При режимных линейно-угловых измерениях (ЛУИ) на геодезических площадках Kentor, Almaly и Polygon в пределах Бишкекского геодинамического полигона, сотрудники лаборатории GPS еженедельно опрашивают до 44 базовых линий в двух направлениях. Для каждого направления базовой линии необходимо измерить температуру, давление и влажность в точках стояния тахеометра (прибор для измерения расстояния, вертикального и горизонтального углов) и отражателя (стеклянная призма для возвращения светодальномерного луча к тахеометру). Средние параметры атмосферы по данному направлению базовой линии заносится оператором в тахеометр для повышения дальномерной точности. Традиционно линейно-угловые измерения проводятся с использованием психрометров аспирационных для определения температуры и влажности, и высотных барометров-анероидов для оценки давления (рис.1).



Рисунок 1 – а) Психрометр аспирационный МВ-4М; б) Высотный барометр-анероид М-111.

Для определения средних параметров атмосферы при каждом измерении базовой линии (БЛ) требуется измерить температуру, давление и влажность на каждом из двух реперов этой БЛ. Параметры атмосферы от репера с отражателя по рации передаются на репер с тахеометром, где вычисленные средние показатели температуры, давления и влажности вводятся в прибор. Только после этого проводятся ЛУИ в одном направлении для БЛ, а зетам

в обратном направлении для этой же БЛ. На практике процедура определения средних параметров атмосферы является трудоемкой и занимает большую часть времени в цикле двустороннего измерений БЛ. Кроме этого, набор традиционных приборов определения параметров атмосферы к настоящему времени морально и физически устарел. В связи с вышеперечисленными обстоятельствами было принято решение сконструировать рабочую модель прибора нового поколения на цифровых датчиках измерения 3-х параметров атмосферы. Такая модель должна быть не дорогой, компактной и мобильной; она не должна по точности измерения температуры, давления и влажности уступать аналоговым приборам; должна быть организована оперативная передача данных и их автоматическое усреднение,

Корпус для нового прибора был позаимствован со старого психрометра (рис. 1), где размещены кулер, датчики, плата и модули с литиевыми аккумуляторами (рис. 2).

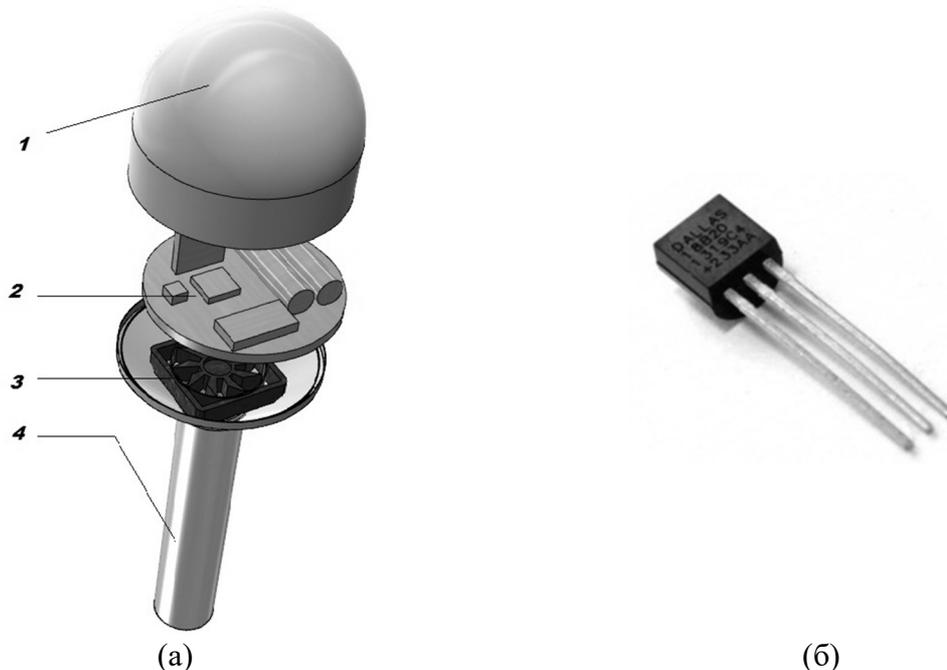


Рисунок 2 – а) Устройство прибора: 1 – защитный корпус, 2 – монтажная плата, 3 – кулер, 4 – отражающая трубка; б) Датчик температуры DS18B20

Для считывания температуры, выбран датчик [1] на популярной микросхеме DS18B20 (рис.2). Он позволяет определить температуру окружающей среды в диапазоне от  $-55^{\circ}\text{C}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$  и получать данные в виде цифрового сигнала с 12-битным разрешением по 1-Wire протоколу. Данный протокол позволяет контроллеру по одному порту подключить до 10 датчиков. Датчик имеет уникальный прошитый на производстве 64-битный код, по которому можно обратиться к каждому датчику отдельно. Точность  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  в пределах рекомендуемого диапазона температур  $-10...+85^{\circ}\text{C}$ .

Так как датчик температуры имеет большую чувствительность, то его необходимо разместить в экране внутри отражающей трубки. Кулер засасывает внешний воздух, что позволяет не фиксировать температуру металла из-за нагрева на солнце (рис.3).

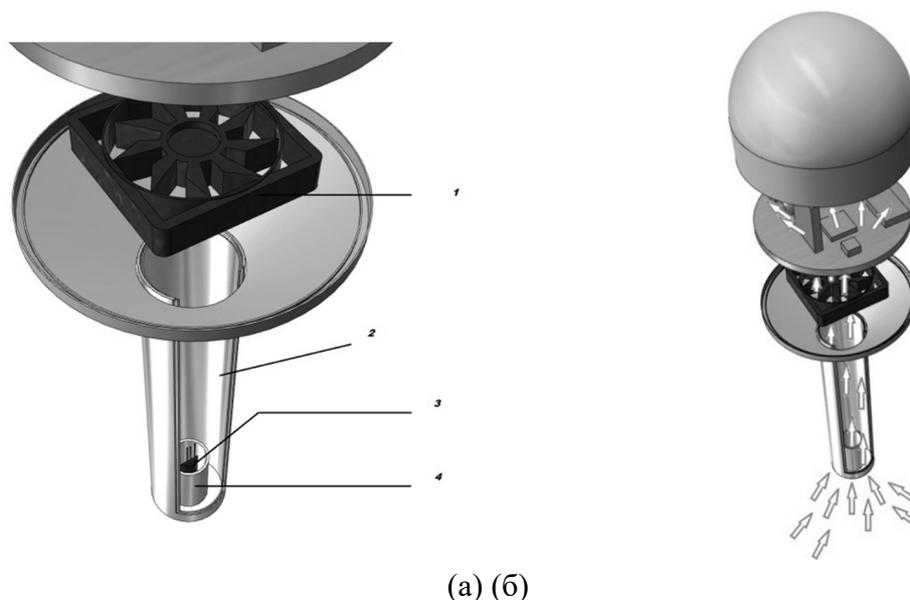


Рисунок 3 – а) 1- кулер, 2- отражающая трубка, 3-датчик, 4- экран; б) срез прибора

Скорость вращения кулера дозируется шим сигналом с мосфета, которым управляет контроллер Atmega328 [2], что позволяет уменьшить потребления тока (рис.4а). В отличие от биполярных транзисторов, тут управление идет не током, а напряжением. В итоге потребление тока приемника достигает 0.24А, а передатчиков 0.19А. Над кулером расположена перфорированная плата которая продувается внешним воздухом (рис.3б).

На плате установлен контроллер Atmega 328 [2] с тактовой частотой 0 – 20 МГц, объемом Flash-памяти 32 кб, объемом SRAM-памяти: 2кб и объемом, EEPROM-памяти: 1 кб, общим количеством портов: 23, из которых 6 ШИМ (PWM) выходов и 6 каналов АЦП аналоговых входов (рис. 4а).

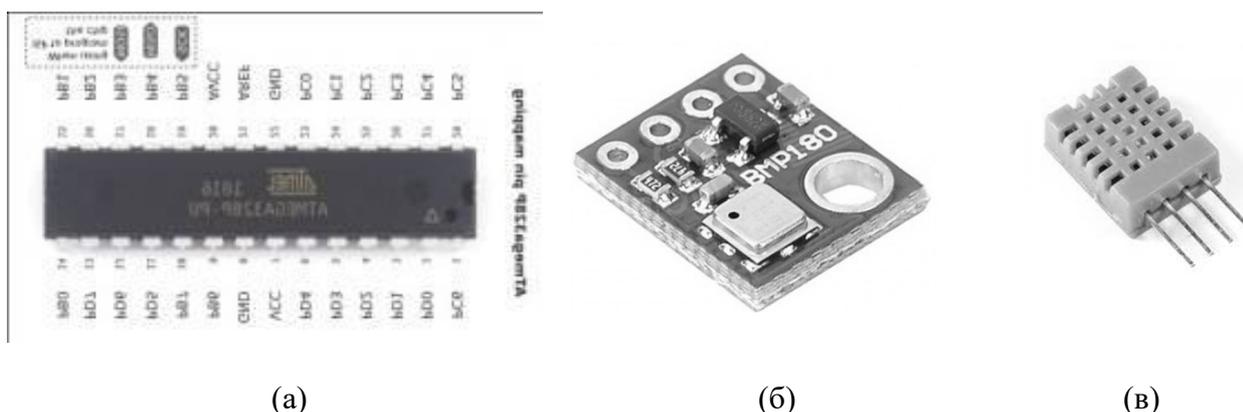


Рисунок 4 – (а) – Контроллер Atmega 328; (б) Модуль RKP-GY-68-BMP180б; (в) Датчик влажности, сенсор DHT11

Датчики атмосферного давления (рис.4б), в основе модуля заложен чип компании BOSCH BMP180, использующий пьезорезистивный метод [3]. Модуль RKP-GY-68-BMP180 имеет I2C интерфейс. Потребляемый ток: 0.1мкА в режиме ожидания. Диапазон измерения давления: от 300 до 1100 гПа (от -500 до +9000 метров над уровнем моря)

Датчик влажности, сенсор DHT11(рис.4в) [4] для измерения температуры и относительной влажности окружающего воздуха — отлично откалиброванный, стабильный и энергоэффективный. Измеряемый диапазон температур от 0–50 °С, погрешность температуры: ±2°С. Диапазон влажности: 20–90% с погрешностью влажности: ±5% .

Из-за не стабильности уровня сотовой связи в горных условиях проведения ЛУИ на всех геодезических площадках для передачи данных было решено выбрать радиосвязь. Далее нужно было выбрать протокол связи и радио-модуль, что бы сигнал доходил без потерь на самую длинную базовую линию площадки Kentor с расстоянием 2600 м. По параметрам оптимальным подошли радио модули E01-ML01DP5 nRF24L01 PA LNA [5] (рис.5) и на чипе SX1278/SX1276 LORA, но цена второго в четыре раза больше и тест расстояния в 2600м, модуля nrf2401 с усилителем дал хороший результат.



Рисунок 5 - Радио модуль nRF24L01 PA LNA

Параметры радио модуля, рабочая частота 2400 ~ 2525 МГц, заверенное расстояние производителем 2500 м, обмен данными с контроллером осуществляется по протоколу SPI. Одновременно в системе могут находиться до 6 модулей на одном канале. Что позволит получить данные с нескольких базовых линий в одно время. Количество каналов 127. Обмен данными от 250 кбит\с до 2 Мбит\с. Объем одного пакета 32 байта, что значит можно передать 32 числа в виде байт или 16 в виде int за раз. Потребляемый ток передачи 140 мА. Контроллер (рис.4а) опрашивает датчики каждые четыре секунды и хранит информацию в памяти, и если были изменения, то отправляет пакет с данными приемнику, а последний результат запоминает. Приемник после получения пакета опрашивает датчики, рассчитывает среднее показатели по трем параметрам и выводит на дисплей оператору (рис.6).

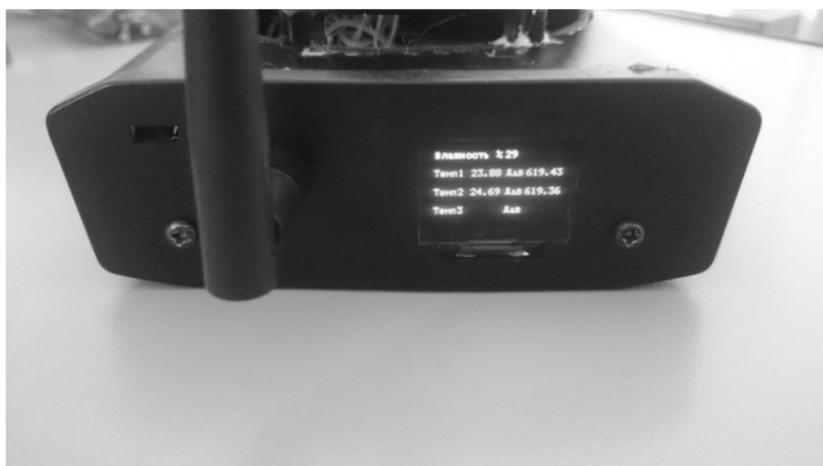


Рисунок 6 - OLED-дисплей.

Дисплей так же работает по i2c шине, как и датчик атмосферного давления [3], контрастность дисплея позволит уверенно считывать с него информацию даже при очень ярком свете. Дисплей выполнен на SSD1306 универсальной микросхемы-контроллера на основе которой построены миниатюрные, экономичные OLED-дисплеи. В шину можно подключить несколько дисплеев поменяв адрес. Размер экрана - 0.96 дюйма, Тип матрицы – OLED, Напряжение питания - от 3,3В до 5В; Общий потребляемый ток - примерно 13-20 мА. Разрешение матрицы дисплея - 128x64 пикселей. Размеры - 11x27x27 мм (толщина без разъема - 4 мм). Рабочая температура - от -30 до +70 градусов по Цельсию.

Для питания радио модуля необходимо 3.3-3.6 вольт и 1 А, основным питанием датчиков и контроллера служит питание в 5вольт. В схему (рис.7) добавлен линейный стабилизатор с малым падением напряжения на 3.3 вольт на микросхеме AMS1117-3.3 [6].

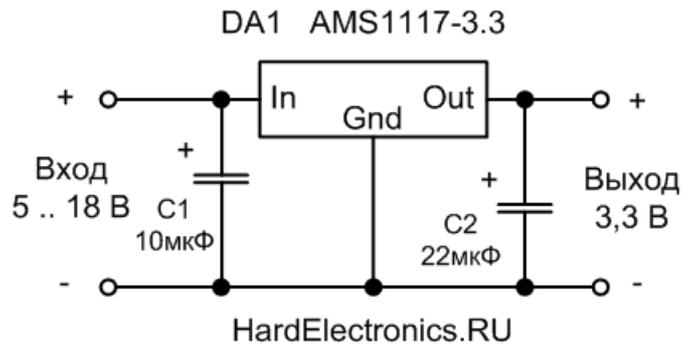


Рисунок 7 – линейный стабилизатор напряжения

Так же для питания контроллера имеется второй стабилизатор AMS1117-5.0 [6] на 5вольт. Максимальный выходной ток – 1 А; Максимальное входное напряжение – 15 В. Принципиальная схема ЦПГМ-1 отражена на рис.8.

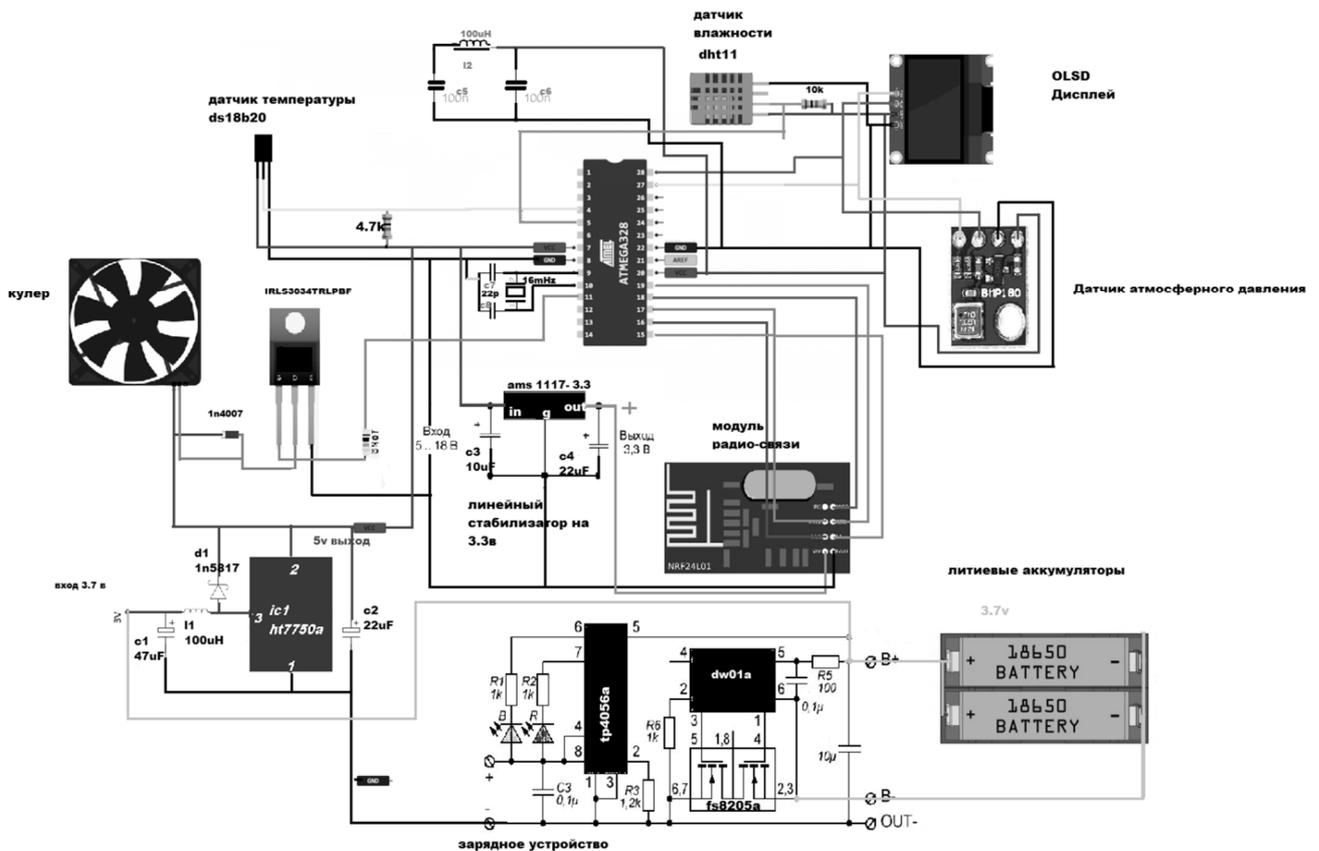


Рисунок 8 – Принципиальная схема ЦПГМ-1

Питание осуществляется литиевыми аккумуляторами на 3.7 вольт с преобразователем напряжения на 5 вольт и модулем зарядки от micro-usb с защитой по току, что исключает перезарядку аккумуляторных батарей. В настоящее время изготовлен рабочий образец прибора, состоящий из двух компонент – передающего и принимающего сегментов (рис. 9).



Рисунок 9 – Внешний вид приборов

В феврале 2019 года прибор успешно прошел полевые испытания при очередных режимных ЛУИ на площадке Kentor (рис.10).



Рисунок 10 – Полевые линейно-угловые измерения на площадке Kentor.

В настоящее время прибор эксплуатируется сотрудниками Группы светодальномерных наблюдений лаборатории GPS на дистанциях до 3000 м с настроенной частотой опроса датчиков – 4 секунды. Разница в показаниях аналоговых приборов и ЦПГМ-1 не превышает допустимых значений ( $0.2^\circ$ , 0.5 мм. рт. ст., 10% относительной влажности воздуха).

*Автор работы выражает благодарность своему научному руководителю к.ф.-м.н., заведующему ЛГПС ИС РАН Кузикову С.И. за советы при проведении работ и рекомендации по оформлению статьи.*

#### Литература

1. Ds18b20. 1-Wire Digital Thermometer [Электронный ресурс] / Maxim Integrated inc . – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> (ссылка актуальна на 01.03.2019).
2. Atmega328p. The high-performance Microchip picoPower 8-bit AVR RISC-based microcontroller [Электронный ресурс] /Microchip Technology Inc. – Режим доступа:

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/ATmega48A-PA-88A-PA-168A-PA-328P-DS-DS40002061A.pdf> (ссылка актуальна на 28.02.2019).

3. bmp180. Barometric pressure sensor of Bosch Sensortec [Электронный ресурс] / Bosch Sensortec – Режим доступа: [https://ae-bst.resource.bosch.com/media/\\_tech/media/datasheets/BST-BMP180-DS000.pdf](https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BMP180-DS000.pdf)(ссылка актуальна на 01.03.2019).
4. Dht11. Temperature & Humidity Sensor [Электронный ресурс]/ mouser electronics inc. – Режим доступа: <https://www.mouser.com/ds/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>(ссылка актуальна на 01.03.2019).
5. nrf2401. Transceivers 2.4 GHz.[Электронный ресурс] / Nordic Semiconductor. – Режим доступа: [https://www.nordicsemi.com/-/media/DocLib/Other/Product\\_Spec/nRF24LE1PSv16.pdf?la=en](https://www.nordicsemi.com/-/media/DocLib/Other/Product_Spec/nRF24LE1PSv16.pdf?la=en) (ссылка актуальна на 01.03.2019).
6. AMS1117. 1A Low Dropout Voltage Regulator [Электронный ресурс] / Advanced Monolithic Systems Inc. – Режим доступа: <http://www.advanced-monolithic.com/pdf/ds1117.pdf> (ссылка актуальна на 28.02.2019).

## ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Райымкулов М.А.

*rmarat@istc.kg*

Институт коммуникаций и информационных технологий

Кыргызско-Российского Славянского университета, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В статье рассматриваются методы численного моделирования для решения задач горного производства с применением высокопроизводительных ресурсов.*

*Ключевые слова: горное производство, воздушный промежуток, метод численного моделирования.*

Развитие горнодобывающих предприятий повышает интерес к решению широкого спектра задач, связанных с проектированием буровзрывных работ (БВР) на карьере. Решение таких ресурсоемких задач, как разработка рациональной конструкции скважинных зарядов для наиболее эффективного дробления горной массы, анализ распределения энергии взрыва, сейсмическое воздействие массового взрыва на охраняемые сооружения и др., требует применения высокопроизводительных вычислительных машин и разработку соответствующего программного обеспечения.

Институт коммуникаций и информационных технологий Кыргызско-Российского Славянского университета (ИКИТ КРСУ) занимается разработкой технологии ведения взрывных работ на карьерах для решения различных задач горного производства [1-3]. Исследования ведутся, в том числе, методом численного моделирования с привлечением результатов натурных измерений для калибровки и тестирования расчетных моделей. Данный подход позволяет получить адекватный и комплексный анализ воздействия массовых взрывов на неоднородный горный массив и на охраняемые сооружения. Представляется возможным определять параметры взрывных работ, обеспечивающие необходимое качество взрыва.

Расчеты ведутся методом конечных элементов на узлом кластере T-Edge64 на базе 64 процессоров Intel Xeon с применением свободно распространяемой программы с открытым кодом Adventure Impact [1]. Также активно ведется разработка специализированного программного пакета "Blast Wave" для рабочей станции суперкомпьютера с решателем Tesla K40 с применением технологии CUDA. Данный пакет включает также инструмент построения расчетной сетки и задания начальных и граничных условий, задание геологического строения горного массива, а также инструмент представления и визуализации результатов расчетов.

Моделирование газодинамических процессов в скважине осуществляется в программном комплексе ANSYS AUTODYN, зарекомендовавшем себя в решении нестационарных задач нелинейной динамики [2, 4]. Состояние продуктов детонации определяется уравнением Джонса-Уилкинсона-Ли:

$$p = A \left( 1 - \frac{\omega}{R_1 V} \right) e^{-R_1 V} + B \left( 1 - \frac{\omega}{R_2 V} \right) e^{-R_2 V} + \frac{\omega e_0 \rho_e}{V} \quad (1)$$

где  $p$  – давление в скважине;  $A$ ,  $B$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $\omega$  – постоянные величины для конкретного типа взрывчатого вещества;  $V = \frac{\rho_e}{\rho_{ne}}$ , где  $\rho_e$  – плотность ВВ;  $\rho_{ne}$  – плотность продуктов взрыва;  $e_0$  – удельная внутренняя энергия.

Для анализа поведения горного массива применяется программный комплекс по оценке напряженно-деформированного состояния горных пород, разработанный сотрудниками

ИКИТ КРСУ [3]. Модель поведения среды под действием взрывной нагрузки описывается законом откольного нагружения:

$$\sigma_i \leq \sigma_p, \quad i = 1, 2, 3 \quad (2)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – главные напряжения;  $\sigma_p$  – критическое напряжение. Если условие (2) не выполняется, то в элементе среды образуется трещина.

Высокопроизводительные вычислительные ресурсы позволяют производить ряд численных экспериментов, таких как:

- влияние структурных особенностей горного массива на распределение энергии взрывных волн и возникающих при этом деформаций;
  - способы защиты от сейсмических воздействий при помощи экранирующих слоев между зоной действия взрыва и защищаемым бортом карьера;
  - механизм действия воздушного промежутка в рассредоточенных скважинных зарядах;
  - оценка эффективности воздушного промежутка в зарядах различных конструкций;
  - сейсмическая нагрузка на охраняемые сооружения, в частности, на подземные горные выработки при различных схемах коммутации;
- и др.

Полученные результаты показали возможность решения широкого спектра задач горного производства методом численного моделирования. Высокопроизводительные ресурсы обеспечивают расчет параметрических задач, что, в свою очередь, позволяют решать задачи оптимизации БВР.

### Литература

1. Коваленко В.А., Райымкулов М.А., Воробьев Д.А. Сравнительный анализ сейсмического воздействия взрывных работ на карьере на подземные горные выработки методом численного моделирования // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2015. Т. 15. № 3. С. 116-119.
2. Нифадьев В.И., Коваленко В.А., Райымкулов М.А., Комиссаров П.В., Басакина С.С. Газодинамическая неустойчивость при взрыве рассредоточенного воздушными промежутками скважинного заряда как причина начальной сети трещин в породе // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2018. Т.18. № 4. С. 175-179.
3. Коваленко В.А., Григорьев В.В. О численном моделировании разрушения горных пород динамическим нагружением // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. АН СССР, Сиб. отд-ние. 1991. № 5. С. 71-77.
4. Прис Д. Использование ANSYS AUTODYN для оптимизации процесса взрывных работ в горной промышленности // ANSYS Advantage. Русская ред. Инж.-техн. журн. 2010. № 14. С. 13–14.

## МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Руднев А.Б  
arq7753@gmail.com

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*В работе представлены результаты анализа поверхности разрушенных зубчатых зацеплений в ходе эксплуатации многоступенчатых планетарных редукторов.*

*Ключевые слова: сканирующая электронная микроскопия, зубчатые передачи, порошковая металлургия, спекание порошковых материалов.*

На практике современного машиностроения важную роль для обеспечения надежности компонента играют материалы его изготовления и их обработка. Двухступенчатые планетарные редукторы являются одним из наиболее распространенных звеньев силовых передач, поскольку они позволяют уменьшить частоту вращения колес и увеличить крутящий момент. Основные составляющие планетарных передач на данном этапе развития производства изготавливаются преимущественно из порошковых материалов. На качество конечного продукта оказывает влияние множество факторов: таких как размеры исходных материалов, технология изготовления и обработки, а также технологии спекания. Даже при соблюдении нормальных условий эксплуатации, установленных производителем, существует риск поломки одной из составляющих, что в конечном итоге приводит к выходу из строя целого компонента, исключая возможность ремонта в дальнейшем. С учетом таких серьезных последствий возникла острая необходимость проведения исследования характера разрушения материалов, из которых изготовлены зубчатые зацепления.

Для исследования был выбран обломок зуба одного из сателлитов планетарной передачи изъятый из редуктора после разборки. Затем исследуемый образец был разделен на две части для определения характера разрушения материала и определения качественного и количественного составов соответственно.

Поскольку образец был извлечен из компонента, работающего при наличии смазывающей жидкости, для того чтобы в дальнейшем исключить ее влияние на результаты исследований потребовалась очистка. Произведена очистка образца в ультразвуковой ванне от остатков масляных отложений, с использованием моющего средства и дистиллированной воды. В последствие образцы были высушены при температуре 120°C в печах.

Этих действий вполне достаточно для получения снимков поверхностей разрушения материала, однако для проведения количественного и качественного анализа потребовалось сделать шлиф. Для его изготовления образец был помещен в емкость удобную для последующей обработки и залит эпоксидной смолой. Материал исследуемого образца является проводником, что исключает необходимость создания проводящей пленки на поверхности, однако предполагает контакт образца со столиком, на котором он устанавливается. В итоге образец получился сквозным с одной поверхностью зеркальной полировки для качественного и количественного анализа, а другой контактируемой со столиком для образцов микроскопа.

При правильной технологии спекания исходные материалы, представленные в виде металлических шаров размерами от 10 до 200µm (рис.1), должны спекаться под действием высоких температур и формировать однородный слой [1].

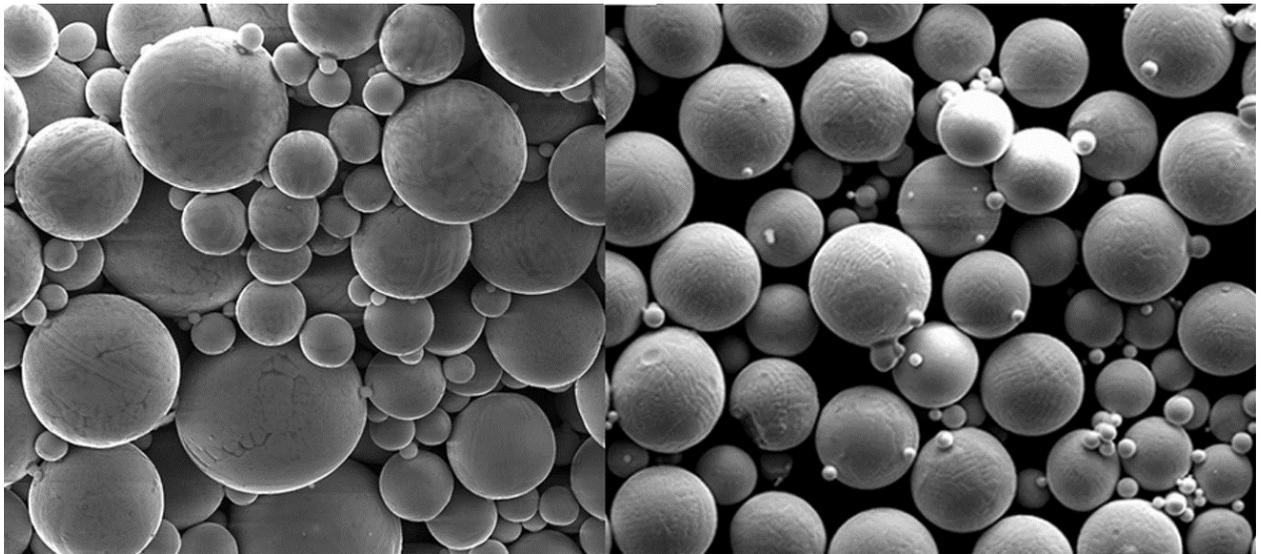


Рисунок 3 – Исходные материалы, представленные в виде металлического порошка размерами от 10 мкм

Ниже на рис.2 показан процесс разрушения порошкового материала в процессе спекания, который условно можно разделить на три стадии:

1. Разрушение внешней оболочки порошкового тела
2. Кипение металла внутри порошковой полости
3. Заполнение металлом пространства между порошковыми телами

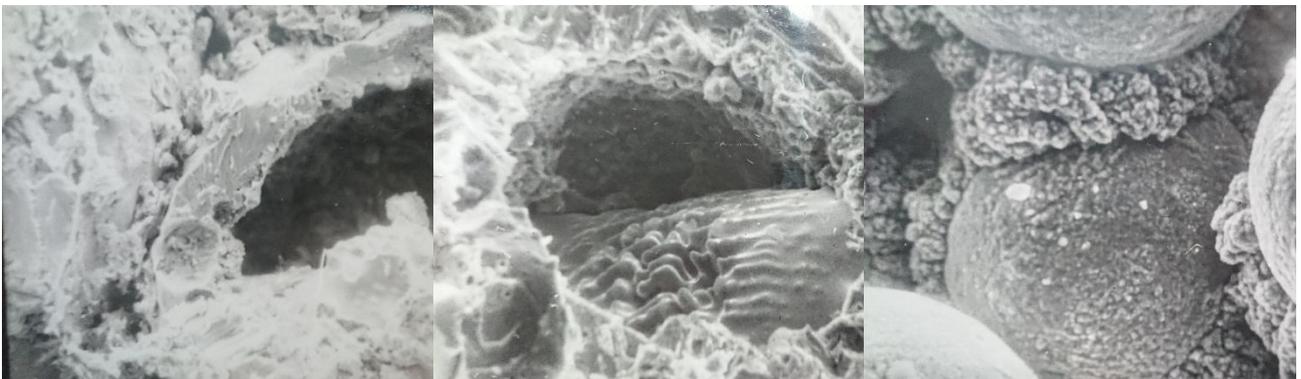


Рисунок 4 – Процесс разрушения порошкового сырья во время спекания

Результаты исследования морфологии поверхности одного из образцов изъятого из сломанного редуктора после разбора приведены на рис.3 Исходя из полученных снимков было показано, что один из спутников планетарной передачи был произведен с нарушением технологии спекания поскольку на внутренней поверхности были обнаружены целые частицы металлического порошка.

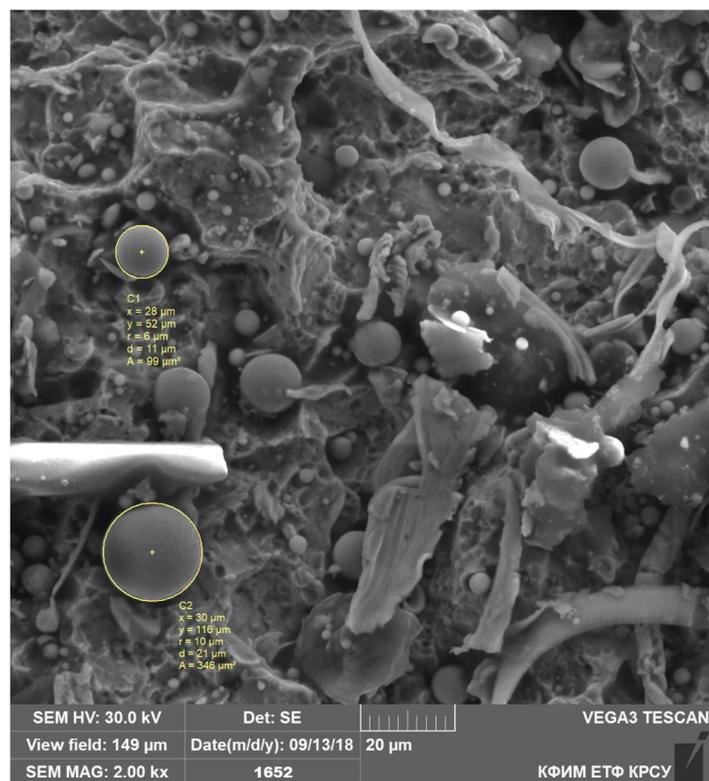


Рисунок 5 – Снимок внутренней поверхности разрушенного зуба спутника

Помимо этого, с учетом размеров обнаруженного металлического порошка можно определить метод спекания. В данном случае максимальный размер частиц составляет 20 мкм, что соответствует технологиям инжекционного формования металла и горячего изостатического прессования [2].

С помощью энерго-дисперсионного анализатора, которым оснащен сканирующий электронный микроскоп, были установлены химические элементы, входящие в состав образца, а также их количественное содержание. На рис. 3 представлены результаты качественного химического анализа образца, где положение каждого энергетического пика соответствует определенному химическому элементу.



Рисунок 6 – Результаты качественного химического анализа образца

### Литература

1. W. Brian James, Powder Metallurgy Methods and Applications: ASM Handbook, Volume 7, Powder Metallurgy.
2. Dr. Volker Arnhold, Powder Metallurgy Solutions: Powder Metallurgy (PM) for Beginners. An Introductory Lecture.

## СОВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Саламатова А.А.

*annaserzinlapir@mail.ru*

Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

*Преимущество мониторинга состоит в скорости и срочности информации для поддержки управленческих решений. Актуальными становятся аспекты оценки эффективности государственных программ. В статье выполнен обзор источников ресурсов Интернет для проведения мониторинга программ регионального развития (на примере Программы реиндустриализации экономики Новосибирской области); выявлены возможности внешней оценки государственных программ в ее проведении. Рассмотрены современные инструменты мониторинга сети Интернет, их преимущества и недостатки, выделен ряд специальных сервисов для анализа массивов информации в процессе мониторинга. В ходе работы изучен понятийный аппарат мониторинга в сфере государственного и муниципального управления. Мониторинг государственных программ можно считать их промежуточной, текущей оценкой, в области регламентации которой утверждён ряд важных документов, отраженных в статье. На основе мониторинга мероприятий по реализации флагманских проектов программы реиндустриализации экономики Новосибирской области выявлены результаты их готовности. В заключение сделаны выводы о возможностях и ограничениях мониторинга ресурсов Интернет.*

*Ключевые слова: интернет-мониторинг, региональная программа, реиндустриализация, Новосибирская область.*

В период Второй мировой войны Уинстона Черчилля выделяла его успешная политика, которая обусловлена информационно-аналитической деятельностью. Перед тем как все европейские газеты выходили в печать, Черчилль получал их на руки и каждое утро тщательно изучал данные из этих газет. В случае, если он не успевал просмотреть все новости самостоятельно, то для него подчиненные составляли дайджест с самой важной на тот момент политической информацией, которую затем он анализировал и применял в стратегическом планировании [1].

Актуальность данной работы обусловлена современными реалиями: цифровизацией экономики и государства (открытого правительства), информатизацией процессов управления, дающими возможность мониторинга информации (с учетом скорости и срочности) для поддержки управленческих решений.

В контексте совершенствования системы стратегического планирования в Российской Федерации становятся актуальными аспекты оценки эффективности государственных программ, выявление проблем при их реализации, выработка решений для их корректировки.

Круг контрольно-аналитических процедур разнообразен: аудит, оценка, контроллинг, мониторинг и иные [2].

В этой связи для реализации контрольно-аналитических процедур требуется систематизировать источники интернет, дающие такую возможность.

На понятийном уровне были рассмотрены различные определения понятия мониторинг, используемого в деловом обороте, а также в сфере государственного и муниципального управления, где под ним понимается степень эффективности деятельности органов власти, которая оценивается при помощи контроля и наблюдения за результатами работы органов управления, здесь мониторинг позволяет оценить насколько своевременно

достигаются цели работы, выполняются ли задачи и программы, а затем даёт возможность выявить и устранить отклонения и ошибки.

В статье мы рассмотрим мониторинг, который представляет собой совокупность процедур по поиску, анализу и классификации информации из сети Интернет по тематике, которая интересует пользователя.

Мониторинг сети Интернет даёт возможность отследить степень развития отдельных событий с целью выявления соответствия процесса запланированному результату. В настоящее время интернет-мониторинг стал неотъемлемым элементом в государственном управлении.

Цель мониторинга – собрать интересующую нас информацию в полном объеме. То есть, собирается вся требуемая информация из различных источников, и из нее отбирается нужная по определенной тематике.

Осуществлять мониторинг сети Интернет можно с помощью ряда методов и инструментов, например, обрабатывать всё в ручном режиме, через поисковую систему, новостные вырезки или же программные продукты и специальные сервисы автоматического мониторинга.

Каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки:

- метод «ручного поиска» подразумевает постоянную проверку сайтов по требуемой теме и является наипростейшим, но малоэффективным из-за трудозатрат, которые должен приложить пользователь;

- еще один доступный метод, посредством поисковых систем и каталогов, также является трудоёмким: время, которое необходимо для индексирования новой информации будет составлять от нескольких часов до нескольких суток, также не всегда можно получить доступ к архивным документам;

- новостные подписки дают возможность обновления и актуализации информации, которая попадает в сеть, но страницы источников могут быть перегружены рекламой.

- самый эффективный в настоящее время инструмент мониторинга сети Интернет – это специализированные решения и программные продукты, такие как системы мониторинга.

Преимуществами систем мониторинга являются: оперативность поиска, так как базы обновляются каждые 10 минут; доступен ретроспективный фонд после удаления информации; с помощью инструментов аналитики возможно в режиме онлайн получать результаты и анализировать динамику данных; селекция дубликатов маркировкой; масштабный запрос возможно разбить на отдельные критерии для более результативного поиска.

Пользователь имеет некоторые преимущества, используя системы мониторинга, а именно: охват источников по заданной тематике, доступ к информации из многих отдельных сайтов по принципу «одних рук», расширенные поисковые возможности и доступность ретроспективного фонда.

Автоматизированная система рассматривается в виде базы знаний. При проведении мониторинга с ее помощью происходит анализ деталей всех найденных данных, представляется возможным построение прогноза показателей, выявление тенденций развития поставленной цели региональной программы.

При мониторинге система в онлайн-режиме позволяет видеть информацию о ходе выполнения программы и получать сведения об актуальном состоянии.

Для профессионального поиска в сети Интернет необходимы специальные поисковые сервисы. Сегодня существует множество программ и сервисов для проведения мониторинга сети Интернет. Отметим некоторые из них:

- программа «Доктор Ватсон», которая является первым помощником аналитика, с ее помощью легко исследовать массу информации, в последствии выделяя из нее нужные связи, итогом будет отчет об исследуемом объекте.

– WebSite-Watcher, в свою очередь, помогает процедуре мониторинга веб-страниц, форумов, новостных групп, программа оснащена фильтрами для удобства использования.

– CaptureSaver – данная программа позволяет исследовать пространства сети Интернет. Она позволяет сохранять и экспортировать любую информацию и изображения.

– CopernicAgent – программа оснащена более 90 поисковых систем для поиска и определенным количеством параметров, в ней можно объединить найденные результаты, избежать дублирования информации и нерабочие ссылки.

– Pdfsearch – признан лучшим по качеству выдачи материала поисковик мирового архива pdf-документов.

– Datacol – с помощью данной программы возможно получения любых данных, представленных в сети Интернет по требуемой тематике [3].

В настоящее время интернет-технологии интенсивно развиваются и закрепляются в нашей жизни. Люди всего мира используют телекоммуникационную сеть «Интернет» во всех сферах своей деятельности.

Мониторинг государственных программ можно считать их промежуточной, текущей оценкой, в области регламентации которой утвержден ряд важных документов:

1. Методические указания по разработке и реализации государственных программ Новосибирской области утв. приказом министерства экономического развития Новосибирской области от 09.11.2012. № 110.

2. Типовой порядок разработки, реализации и оценки эффективности государственных программ субъекта Российской Федерации и методические рекомендации к нему (проект).

3. Методические указания по разработке и реализации государственных программ РФ (приказ Минэкономразвития России от 16 сентября 2016 г. № 582).

4. Постановление Правительства РФ от 12 октября 2017 г. № 1242 «О разработке, реализации и об оценке эффективности отдельных государственных программ Российской Федерации».

5. Приказ Минэкономразвития РФ от 15 ноября 2017 г. № 607 «Об утверждении Методических рекомендаций по проведению ранжирования проектов (программ) и ведомственных целевых программ с учетом оценки достижения целей государственных программ Российской Федерации».

6. Порядок разработки, реализации и оценки эффективности государственных программ Российской Федерации, утв. Пост. Правительства РФ от 2 августа 2010 г. N 588 (в ред. Пост. Правительства РФ от 23.02.2018 г. № 196).

В целях обеспечения прозрачности информационный блок о реализации программ, за исключением государственной тайны, размещается на сайте Министерства экономического развития российской Федерации [4], также, на Портале государственных программ в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» [5].

Помимо этого, функционирует портал ГАС «Управление», включающий блок «Стратегическое планирование» [6]. Последний позиционируется как портал взаимодействия органов власти, бизнеса и гражданского общества. Этот агрегатор документов стратегического планирования дает возможность для мониторинга результатов социально-экономического развития РФ, представленного в различных формах визуализации (табличный, картирование и др.).

Процедура поиска необходимой информации по заданной тематике и её кластеризация по отдельным блокам осуществляется в несколько шагов: для начала формируется запрос на поиск, затем необходимо проанализировать массив найденных результатов по ссылкам и только тогда сохранить подходящие источники и сформировать конечный результат поиска. Если в итоге результат покажется неудовлетворительным, то вновь происходит формирование запроса в поиске, но в более четкой формулировке.

В качестве объекта наблюдения была выбрана программа реиндустриализации экономики Новосибирской области, принятая 29 февраля 2016 г. Правительством Новосибирской области.

Актуальность данной программы состоит в том, что появляется возможность создания нового производства, беря в основу инновационные уклады в целях повышения конкурентоспособности региона, а, следовательно, и улучшение качества жизни населения [7].

Новосибирская область является субъектом Российской Федерации, осуществляющим модель экономического развития, которая основана на реализации главных конкурентных преимуществ, на эффективных управленческих решениях и технологиях, а также на воплощении в жизнь принципа «опоры на собственные силы».

Будущее регионов определяется развитостью институтов планирования и прогнозирования. Главным фактором является верная расстановка акцентов и выбор правильной траектории развития.

Новосибирская область отнесена к регионам, в которых основные усилия исполнительных органов направлены на развитие инновационной системы. В регионе формируется научно-техническая и инновационная политика, развивается инфраструктура в области инноваций, постоянно поддерживаются инновационные проекты. Новосибирская область входит в группу сильных инноваторов, занимающая шестое место в рейтинге «Ассоциация инновационных регионов России».

Ориентация на опережающее развитие промышленного кластера, формирование высокотехнологичных систем полного цикла, усложнение технологий производства, возрастающая специализация и разделение труда вызывают необходимость формирования новых и совершенствования существующих институциональных структур [8].

Программа принята в связи с тем, что нужно было кардинально пересматривать традиционные технологии.

Реиндустриализация (как ребрендинг – смена имени), связана со сменой и внедрением оборудования, высоких технологий. В чистом поле на новой основе создаются инновации. Выполнение программы обеспечивается всеми видами ресурсов по полному спектру источников [9].

С одной стороны, в экономике знаний актуальны новые технологии, такие как 3D принтеры, но доля материального производства всё-таки остается большой, особенно в Новосибирской области. В то же время долгие годы практически ничего не модернизировалось, в лучшем случае как-то точечно.

В рамках данного этапа исследования проведен интернет-мониторинг реализации Программы реиндустриализации экономики Новосибирской области до 2025 года, а именно исполнение девяти «флагманских» проектов.

Мониторинг реализации Программы осуществлялся через названные порталы государственных программ и ГАС «Управление», а также сайт Правительства Новосибирской области [10].

Исполнитель, который назначен ответственным за государственную программу, учитывая все предложения соисполнителей и действуя в соответствии с методическими указаниями, на портале государственных программ формирует её проект.

План мероприятий по реализации Программы реиндустриализации экономики Новосибирской области до 2025 года представлен на сайте Правительства Новосибирской области в виде «дорожных карт» за два периода. Они были сопоставлены на предмет выполнения заявленных в них пунктов, которые касались комплексных «флагманских» проектов.

Результаты мониторинга отражены в таблице.

Расчет количества выполненных мероприятий проводился относительно запланированных. Часть проектов были выполнены полностью, к выполнению мероприятий одного флагманского проекта так и не приступили.

Таблица – Результаты мониторинга выполнения мероприятий по реализации флагманских проектов программы реиндустриализации экономики Новосибирской области по состоянию на 2018 год (рассчитано автором)

Название проекта	Инициаторы	Доля выполненных мероприятий, %
1.Создание масштабируемого промышленного производства углеродных нанотрубок и наномодификаторов на их основе	OKSIAL	87,5
2.Создание и развитие кластера высокотехнологичной медицины	ННИИПК, АНО «Клиника НИИТО», частные клиники, институты СО РАН	47,4
3.Создание и развитие кластера микро-, нано- и биоэлектроники	Восток, ИФП СО РАН	100,0
4. «Умный регион»: интеллектуальные системы жизнеобеспечения, транспорта и регионального управления	ГБУ «Центр навигационных и геоинформационных технологий Новосибирской области», СГУПС, СГУГиТ	100,0
5.Организация импортозамещающего промышленного производства современных биотехнологических препаратов и ферментов для кормопроизводства	Сиббиофарм, ЗАО "МБС-Технология", ИЦГ СО РАН, ИХБиФМ СО РАН	100,0
6.Разработка национальной платформы промышленной автоматизации (НППА)	ООО «Модульные Системы Торнадо», ИАиЭ СО РАН,	85,7
7. «БиоФармПолис»: разработка и производство оригинальных биофармацевтических препаратов и субстанций антибиотиков	ЗАО «Вектор-Бест»	75,0
8.Сибирский металлурго-машиностроительный кластер аддитивных цифровых технологий и производств	ИХТТМ СО РАН, ИЛФ СО РАН, ИАиЭ СО РАН, КТИ НП СО РАН, НГТУ, ООО «ЭПОС-инжиниринг»	72,7
9.Создание производства и инфраструктуры по глубокой переработке алюминия: промышленно-технологический парк «13 элемент»	ООО «Стиллайн», ООО «Август Ин»	0,0

На основе этого можем сделать выводы о возможностях и ограничениях мониторинга программ посредством Интернет-среды.

Преимущества мониторинга интернет-источников:

- 1) мониторинг позволяет оперативно реагировать на событие;
- 2) быстрота обработки и структурирование массива информации;
- 3) полнота охвата интернет-источников и их анализ;
- 4) малый интервал между опубликованием новости, мероприятия и «доставкой» ее пользователю;
- 5) мониторинг информации о государственных программах позволяет отслеживать, на какой стадии находится реализация данной программы, чего добились за прошедший период и укладываются ли в сроки исполнители;
- 6) проводится анализ с возможностью оперативного выявления проблемных сфер.

Наряду с возможностями, мы сталкиваемся и с ограничениями при мониторинге:

- 1) информация по программе может носить характер государственной тайны и, таким образом, не все аспекты будут опубликованы в сети «Интернет».
- 2) поиск информации весьма трудоемкий и сложный процесс: информации и источников много, и всё это требует структуризации и детальной обработки.
- 3) при мониторинге исполнения региональной программы столкнулись с отсутствием информации об исполнении главных задач «флагманских» проектов, вся информация о ходе работы ограничивается двумя «дорожными картами», в которых описаны мероприятия по реализации Программы реиндустриализации экономики Новосибирской области до 2025 года.

**Заключение.** Итак, регулярный мониторинг информационного поля ресурсов Интернет необходимы для того, чтобы понимать текущую ситуацию и своевременно принимать решения в плане изменения направлений работы во избежание каких-либо отклонений. Пользователь (заинтересованная сторона) после публикации информации анализирует структурированный массив, то есть расширяет поиск по базе новостей, делает графический и статистический анализ, и по его результатам может принимать определенные решения.

Мониторинг позволяет отследить социально-значимые проблемы на уровне региона. Для того, чтобы программы действительно выполнялись и оценивались на предмет достижения конечной цели, а также, чтобы выполнение происходило в намеченные сроки, решались все поставленные задачи, нужно совершенствовать методику мониторинга реализации государственных программ.

Во избежание откладывания программы «на полку», необходимо четко запланировать работу и отладить систему постоянного контроля за ходом её реализации.

### Литература

1. Вторая мировая война. В 3-х кн. Кн. 2. Т. 3: Великий союз; Т. 4: Поворот судьбы / Уинстон Черчилль. 7-е изд. М.: Альпина нон-фикшн. 2016. 735 с.
2. Адова И.Б. Контрольно-аналитические процедуры в процессе аудита системы вознаграждения персонала акционерного общества // Сибирская финансовая школа. 2009. № 1. С. 121-129.
3. Софт и сервисы для профессионального поиска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://hrzvedka.ru/poisk\\_soft/](http://hrzvedka.ru/poisk_soft/) (дата обращения 11.02.2019).
4. Министерство экономического развития Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://economy.gov.ru/mines/main> (дата обращения 01.02.2019).
5. Портал госпрограмм РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://programs.gov.ru/Portal/> (дата обращения 10.01.2019).
6. Государственная автоматизированная информационная система «Управление» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [gasu.gov.ru/](http://gasu.gov.ru/) (дата обращения 01.02.2018).
7. Программа реиндустриализации экономики Новосибирской области до 2025 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sbras.ru/files/news/docs/programma\\_reindustrializacii.pdf](https://www.sbras.ru/files/news/docs/programma_reindustrializacii.pdf) (дата обращения 01.02.2019).
8. Адова И.Б., Милёхина О.В. О некоторых институциональных проблемах реализации концепции реиндустриализации экономики Новосибирской области // Институциональная трансформация экономики: российский вектор новой индустриализации. Материалы IV Междунар. науч. конф. В 2-х ч. Отв. ред.: Е.А. Капогузов, Г.М. Самошилова. Омск. 2015. С. 190-196.
9. Милёхина О.В., Адова И.Б. Система поддержки принятия решений в рамках реализации программы реиндустриализации экономики региона // Глобальные вызовы в экономике и развитие промышленности (INDUSTRY-2016). Тр. науч.-практ. конф. с зарубежным участием. Под ред. А.В. Бабкина. СПб. 2016. С. 347-351.
10. Портал Правительства Новосибирской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nso.ru/> (дата обращения 10.01.2019).

## ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Сангинов А.М.

*samad80@mail.ru*

Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии  
Академии наук Республики Таджикистан, г. Душанбе, Республика Таджикистан

*В рамках приведённых исследований со специалистами Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан, и Норвежского научного института NOR SAR проведена оценка сейсмического риска существующей застройки города Худжанда (Таджикистан), с помощью программы SELENA.*

*Ключевые слова: сейсмический риск, оценка, Худжанд.*

Основная цель исследований является оценка ущерба от землетрясений: ожидаемый физический ущерб, экономический и социальные потери, которые связаны с прямыми или косвенными убытками.

В последние годы различные методологии определения ущерба от землетрясения и оценки потерь были включены в значительном числе различных программных обеспечениях [1-4]. Важной вехой в развитии программного обеспечения оценки ущерба от землетрясения являются первый выпуск FEMA и методологии NIBS в HAZUS в 1997 (HAZUS-97, FEMA1997). С тех пор были опубликованы ряд выпусков и обновлений этой методики (HAZUS-99, FEMA1999; HAZUS-MH, FEMA2003). Кроме того, HAZUS напрямую интегрируется с национальными и региональными базами данных жилищного фонда и демографии (США, FEMA2001, 2008). Это означает, что HAZUS более расположен американским нормам, что затрудняет применить его к другим средам или географическим регионам (Hansen и Vausch 2006).

Базовая методология HAZUS инициировала множество других аналитических программ, которые были разработаны в последующие годы. Одним из таких инструментов является SELENA (сокращенное от «Seismic Loss Estimation using a Logic Tree Approach»), развитие которого началось в 2004 году под эгидой Международного центра геологических угроз (ICG) в сотрудничестве между NOR SAR (Норвегия) и Университета Аликанте (Испания). Основная идея SELENA была разработка инструмента для быстрой оценки сейсмического риска, который открыт для всех зарегистрированных пользователей, и поэтому, может быть применен в любой части мира.

В отличие от других программных обеспечений, SELENA является автономным приложением, не привязанной к определенной ГИС программе, таким образом можно использовать в различных операционных системах и платформах. Все требуемые входные и полученные сгенерированные файлы могут сохраняться в текстовом формате для того, чтобы весь процесс обработки и вычисления данных был прозрачным и как можно комфортным. Это позволяет пользователям использовать любой имеющийся ГИС формат для отображения результатов оценки сейсмического риска.

В рамках данного вопроса проведена оценка сейсмического риска существующей застройки города Худжанда (Таджикистан), с помощью программы SELENA.

Город Худжанд является одним из административных, промышленных и культурных центров Таджикистана. Город расположен по берегам р. Сырдарья, в Ферганской долине, одной из наиболее сейсмически активных регионов Центральной Азии.

Для оценки уязвимости жилой постройки к сейсмическим воздействиям, территория города была разделена на 138 географических единиц (рис.1).

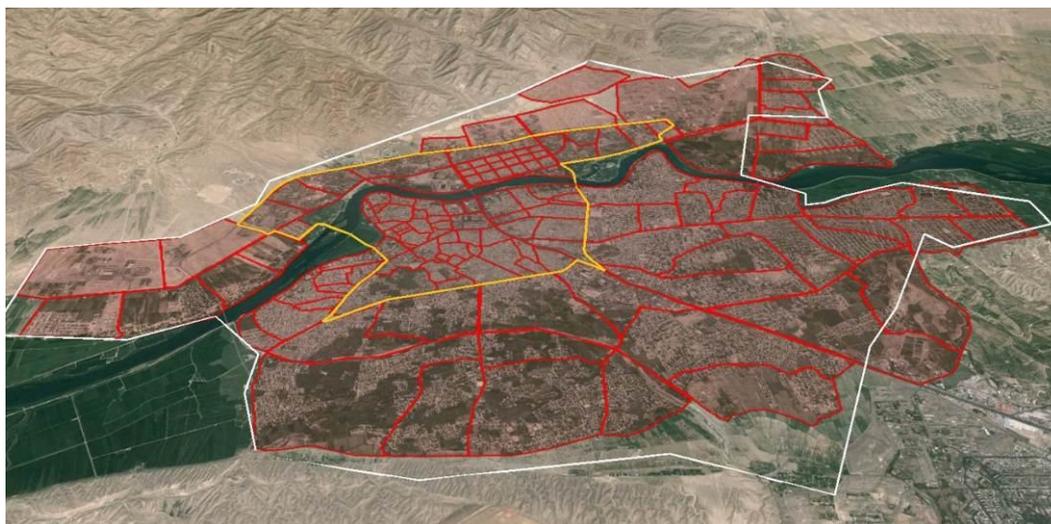


Рисунок 1 – Географические единицы г.Худжанд (основа – по Google)

**Заключение.** В результате проведенной классификации зданий на территории г.Худжанда выделено 12 конструктивных типов зданий: одно- и двухэтажные деревянные дома, крупнопанельные пятиэтажные, монолитные девятиэтажные, одноэтажные каркасные дома рамные связи, 2-этажные и четырехэтажные кирпичные дома, возведенные с сейсмозащитными мероприятиями, индивидуальные саманные дома, построенные без учета норм сейсмозащиты. На основании анализа кривых уязвимости по данным типам зданий выявлено, что наиболее сейсмостойкими являются монолитные, каркасные железобетонные и крупнопанельные дома. Затем следуют деревянные одно и двухэтажные дома, кирпичные одно-двух и четырехэтажные здания. Индивидуальные глинобитные дома являются самой неустойчивой конструктивной группой.

#### Литература

1. Building Seismic Safety Council (BSSC), 1995. 1994 Edition. NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, FEMA 222A/223A, Vol. 1 (Provisions) and Vol. 2 (Commentary), developed for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
2. Lang, D.H. (2013). *Earthquake Damage and Loss Assessment - Predicting the Unpredictable*, Dissertation for the degree doctor philosophiae (dr.philos.), University of Bergen, Norway, ISBN: 978-82-308-2271-5, 334 pp., <http://hdl.handle.net/1956/6753>.
3. Federal Emergency Management Agency (1999). HAZUS®99 Earthquake Loss Estimation Methodology, User Manual. Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., United States, 314 pp.
4. Molina, S., Lang, D.H., Lingvall, F., and Lindholm, C.D. (2010a). User Manual for the Earthquake Loss Estimation Tool: SELENA (v5.0), July 2009, 75 pp.

## МОДЕЛИ ВЕКТОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СЛОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ LSTM-СЕТИ

Сороковая А.В.

*nastusha24sh-g@yandex.ru*

Кыргызско-Российский Славянский университет, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Векторное представление слов используется для различных задач обработки естественного языка с целью определения семантического значения слов. Существует множество методов векторного представления слов: нейросетевые методы, в т.ч. Word2Vec и GloVe, и классические методы, в т.ч. LSA. Цель работы - сравнить эффективность применения методов векторного представления слов LSA, Word2Vec и GloVe для задачи определения тональности текста на корпусе русскоязычных комментариев из социальных медиа. В работе представлено сравнение результатов применения различных моделей векторного представления слов LSA, Word2Vec и GloVe к LSTM-сетям для определения тональности русскоязычных комментариев. Полученные модели различаются параметрами и объемом тренировочной выборки, использованной для их обучения. В работе обоснован выбор оптимальных из полученных моделей с позиции скорости обучения модели, меньшего объема корпуса для ее обучения, меньшей размерности, лучшей точности и скорости обучения LSTM-сети, использующей эти модели.*

*Ключевые слова: векторное (распределенное) представление слов (word embedding), определение тональности текста (sentiment analysis), LSA, Word2Vec, GloVe, LSTM, нейронные сети.*

**Введение.** Анализ информации на естественном языке приобретает все большую значимость. В особенности этому способствует стремительное расширение сети Интернет. Автоматический анализ информации представляет огромный интерес в социологии, маркетинге, лингвистике, психологии и других сферах человеческой деятельности.

Задачи подобного рода требуют представление текста в виде вектора его характеристик. Для этого используются 2 подхода: представление текста как “мешка слов” и представление текста как последовательности слов, которые в свою очередь представляются векторами [1].

Представление текста в виде “мешка слов” позволяет представить текст в виде вектора размерности словаря обучающей выборки. Каждый элемент вектора представляет собой вес соответствующего слова из словаря. Весом может быть частота появления слова в тексте или другая более сложная мера. Такое представление не учитывает порядок слов в тексте, и это один из главных недостатков данного метода.

Перспективным направлением в обработке естественного языка является векторное представление слов, которое позволяет представлять текст как последовательность векторов, соответствующих словам текста.

Простейший способ преобразования слова в вектор - one-hot кодировка [2], кодирование каждого слова с помощью вектора длины, равной размеру словаря обучающей выборки. Каждый такой вектор состоит из нулей и одной единицы, соответствующей положению слова в словаре. Такое представление неэффективно по памяти и, самое главное, не дает никакого объяснения семантического смысла слов, не позволяет сравнивать слова на предмет семантической близости, что сильно затрудняет процесс классификации.

Главная цель векторного представления слов – построить низкоразмерное векторное представление каждого слова по корпусу (набору) текстов. Главным преимуществом векторного представления слов является то, что оно поддерживает контекстуальное сходство

слов. В последнее время используются два хорошо известных метода получения векторного представления слов - это Word2Vec [3,4], разработанный в Google, и Global Vectors (GloVe) [5], разработанный в Стенфордском университете. Эти два метода отлично показали себя в задачах обработки естественного языка, таких как определение похожих слов и др. Однако Пеннингтон и др. показали [5], что классические методы, в частности LSA [6], могут быть более полезными чем Word2Vec. Это объясняется тем, что Word2Vec учится на низкоразмерных векторах с начала обучения и не использует всю информацию из учебного корпуса. Так же доказано [7], что LSA более устойчив и не сильно зависит от размера корпуса.

В задачах обработки естественного языка, в частности классификации текста, хорошо зарекомендовали себя искусственные нейронные сети (ИНС). ИНС прямого распространения [8] ограничены контекстом, т.е. могут учитывать только фиксированное количество слов вокруг рассматриваемого для определения его значения. Рекуррентные нейронные сети (РНС) [9] могут использовать весь контекст, независимо от его длины (с некоторыми ограничениями). LSTM-сеть (долгая краткосрочная память) [10] – частный вид РНС, который позволяет обнаруживать как длинные, так и короткие шаблоны в данных, а также частично устраняет проблему исчезновения градиента.

Частной задачей классификации текста является анализ его тональности. Анализ тональности текста - процесс вычислительной идентификации и категоризации мнений, выраженных в части текста для определения того, является ли отношение автора текста к определенной теме, продукту и т.д. положительным, отрицательным или нейтральным [11].

В настоящей статье представлено краткое описание каждого из указанных методов векторного представления слов и результаты их применения к LSTM-нейронной сети для определения тональности русскоязычных комментариев из социальных медиа.

При дальнейшем изложении термин “слово” заменяется на “терм”, подчеркивая, что это часть текста, несущая некоторую смысловую нагрузку.

Далее статья построена следующим образом: второй раздел кратко описывает методы векторного представления слов LSA, Word2Vec, GloVe; третий раздел описывает общий алгоритм построения классификатора для определения тональности текста на основе моделей векторных представлений и LSTM-нейронных сетей; четвертый раздел представляет результаты вычислительных экспериментов и их обсуждение; заключение и дальнейшие перспективы исследования представлены в пятом разделе.

**Обзор методов векторного представления слов. Латентно-семантический анализ.** В основе метода латентно-семантического анализа (LSA) лежат принципы факторного анализа [6].

Первым шагом необходимо преобразовать корпус текстов (документов) в матрицу термы-на-документы. Элементами этой матрицы обычно являются веса TF-IDF [6]. Слова с высокой частотой в пределах конкретного документа и с низкой частотой употреблений в других документах получают большой вес TF-IDF.

Согласно теореме о сингулярном разложении [12], любая вещественная прямоугольная матрица может быть разложена на произведение трех матриц:

$$A = USV'$$

где матрицы  $U$  и  $V$  – ортогональные, а  $S$  – диагональная матрица, значения на диагонали которой называются сингулярными значениями матрицы  $A$ .

Если в матрице  $S$  оставить только  $k$  наибольших сингулярных значений, а в матрицах  $U$  и  $V$  – только соответствующие этим значениям столбцы, то произведение получившихся матриц  $S$ ,  $U$  и  $V'$  будет наилучшим приближением исходной матрицы  $A$  к матрице  $\hat{A}$  ранга  $k$ . При этом каждый терм (строка матрицы  $U$ ) и документ (строка матрицы  $V$ ) представляются в виде векторов в общем пространстве размерности  $k$  (пространстве гипотез). Вектора термов можно использовать в качестве векторного представления слова.

**Word2Vec.** Word2Vec [3] — класс нейросетевых методов для расчета векторных представлений слов, основанных на идее, что слова, встречающиеся в похожих контекстах, имеют тенденцию быть семантически близкими, т.е. иметь похожее значение. Методы CBOW

и Skip-Gram описывают, как именно нейронная сеть запоминает векторные представления слов. Принцип работы CBOW — предсказывание слова при данном контексте, а Skip-Gram — предсказывание контекста при данном слове.

Общая архитектура нейронной сети: входной слой, который принимает векторы слов контекста для CBOW или вектор слова для Skip-Gram в one-hot кодировке размерности  $v$ ; скрытый слой с количеством нейронов  $k$ ; выходной слой с функцией активации иерархический софтмакс (Hierarchical Softmax) [4] или негативное семплирование (Negative Sampling) [4], выход которого приближается в процессе обучения к вектору слова для CBOW или векторам слов контекста для Skip-Gram в one-hot кодировке размерности  $v$ . Выход скрытого слоя после обучения используется для получения векторного представления слов размерности  $k$ .

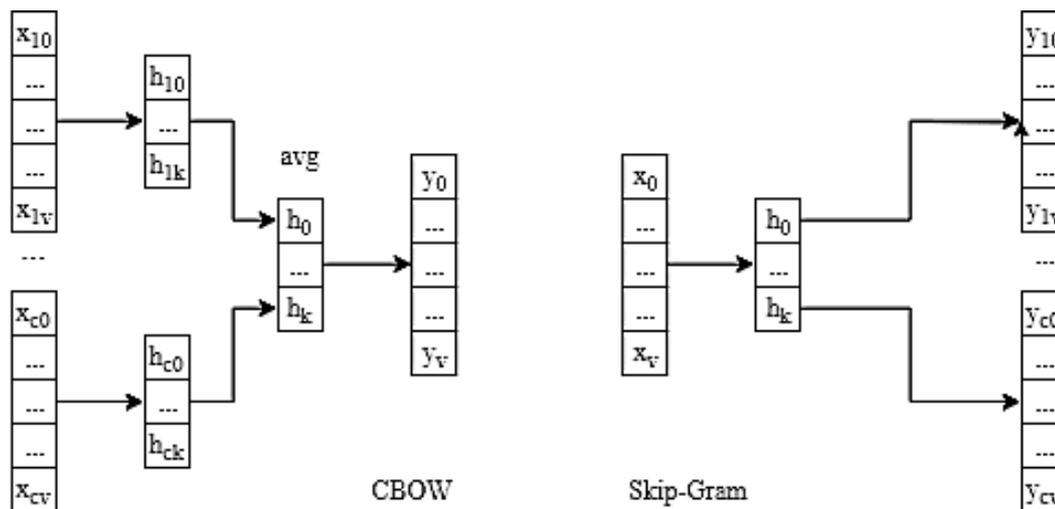


Рисунок 1 - Обучение методов Word2Vec

Хотя в метод заложены только статистические свойства текстов, оказывается, что натренированная модель Word2Vec улавливает некоторые семантические свойства слов.

**GloVe.** GloVe [5] - модель, сочетающая в себе черты сингулярного разложения и методов Word2Vec.

Первым шагом строится матрица совместной встречаемости  $X$  из учебного корпуса. Значение элемента  $X_{ij}$  отображает как часто встречается слово  $j$  в контексте слова  $i$ .

Для оценки семантической близости между словами  $i$  и  $j$  используется отношение вероятностей их совместного появления в контексте  $k$ .

$$F(w_i, w_j, \tilde{w}_k) \approx \frac{P_{ik}}{P_{jk}} = \frac{X_{ik} / \sum_m X_{im}}{X_{jk} / \sum_n X_{jn}} \quad (1)$$

Семантическая близость получаемых векторов определяется их скалярным произведением. Путем преобразований и предположений показано [5], что целью обучения GloVe является изучение векторов таким образом, чтобы их скалярное произведение приближалось к логарифму вероятности совместного появления слов. Чтобы снизить вес совместных появлений слов, которые редко встречаются (несут меньше информации, шумные и ненадежные) или не встречаются, а также снизить вес слишком частых совместных появлений, таких как “it is”, Пеннингтон и др. [5] используют регрессионную модель взвешенных наименьших квадратов как целевую функцию обучения (функцию потерь) (2), где  $w_i$  - вектор основного слова,  $\tilde{w}_j$  - вектор контекста,  $b_i$  и  $\tilde{b}_j$  - скалярные величины отклонений для основного слова и слова контекста соответственно,  $f(X_{ij})$  - весовая функция (3):

$$J = \sum_{i,j=1}^V f(X_{ij})(w_i^T \tilde{w}_j + b_i + \tilde{b}_j - \log X_{ij})^2 \quad (2)$$

$$f(x) = \begin{cases} \left(\frac{x}{x_{max}}\right)^\alpha & \text{если } x < x_{max} \\ 1 & \text{если } x \geq x_{max} \end{cases} \quad (3)$$

Модель генерирует 2 вектора каждого слова: слова как основного и слова как контекста. В качестве векторного представления можно использовать один из них или, например, их сумму.

**Построение классификатора.** Для программирования и проведения экспериментов использовался язык программирования Python. Для программирования и обучения моделей векторного представления использовались библиотеки gensim и glove-python. Для программирования и обучения нейронной сети использовалась библиотека keras.

Архитектура нейронной сети – гибридная сверточной и LSTM сетей:

- входной слой, принимающий документ как последовательность индексов термов;
- слой векторного преобразования с фиксированными весами, где веса слоя преобразования задаются матрицей,  $i$ -ая строка которой представляет собой векторное представление  $i$ -го термина;
- сверточная сеть – последовательность сверточного и субдискретизирующего слоя с функцией максимума;
- слой LSTM;
- выходной слой с сигмоидальной функцией активации.

**Результаты вычислительных экспериментов и обсуждение.** В работе использовался русскоязычный корпус комментариев [13].

Проведены эксперименты с разным объемом корпусов для обучения и сочетанием параметров моделей векторного представления слов: число комментариев для обучения - 1000, 10000, 25000; размерность векторного представления - 50, 150, 300; число эпох обучения нейросетевых моделей векторного представления или итераций для LSA - 2, 8, 15. Для моделей Word2Vec и GloVe использовался размер окна контекста 2 слова слева и 2 слова справа от основного слова. Для моделей Word2Vec использовалось негативное семплирование. Неуказанные параметры заданы по умолчанию в реализации используемых библиотек. В результате каждого эксперимента было зафиксировано время обучения модели векторного представления текста (ось абсцисс, рис. 2). Для проверки эффективности нейросеть для определения тональности текста обучалась на 13000 комментариев. Проверка точности проводилась на 3250 комментариях. В результате была зафиксирована максимальная достигнутая точность классификации на тестовой выборке за 10 эпох обучения классификатора (ось ординат, рис. 2).

Видно, что LSA является самой устойчивой моделью относительно изменяемых параметров по точности классификатора на ее основе, т.к. все эксперименты привели к примерно одинаковой точности классификации. LSA показала лучшие результаты по точности классификации (в среднем 81,2%), но при этом худшие по времени обучения (в среднем 25,2 с.). Средняя точность классификаторов, использующих модели Word2Vec Skip-Gram и GloVe, примерно одинаковая – 78,4% и 78,7% соответственно. Однако GloVe значительно выигрывает в скорости обучения (в среднем 3,7 с.) против Word2Vec Skip-Gram (в среднем 14,9 с.). Эксперименты с моделью Word2Vec CBOW показали худшую точность классификатора (в среднем 76,8%) и посредственное время обучения (в среднем 14,5 с.).

Согласно исследованию [14], эксперты обычно соглашались в оценках тональности конкретного текста в 79% случаев. Классификатор, который определяет тональность текста с точностью 70 % считают эффективным. С точки зрения этого критерия все классификаторы, построенные на базе LSA и GloVe, можно применять на практике (рис. 2). Как показали вычислительные эксперименты, Word2Vec плохо применим на корпусах небольшого размера, однако в остальных случаях показывает хорошие результаты.

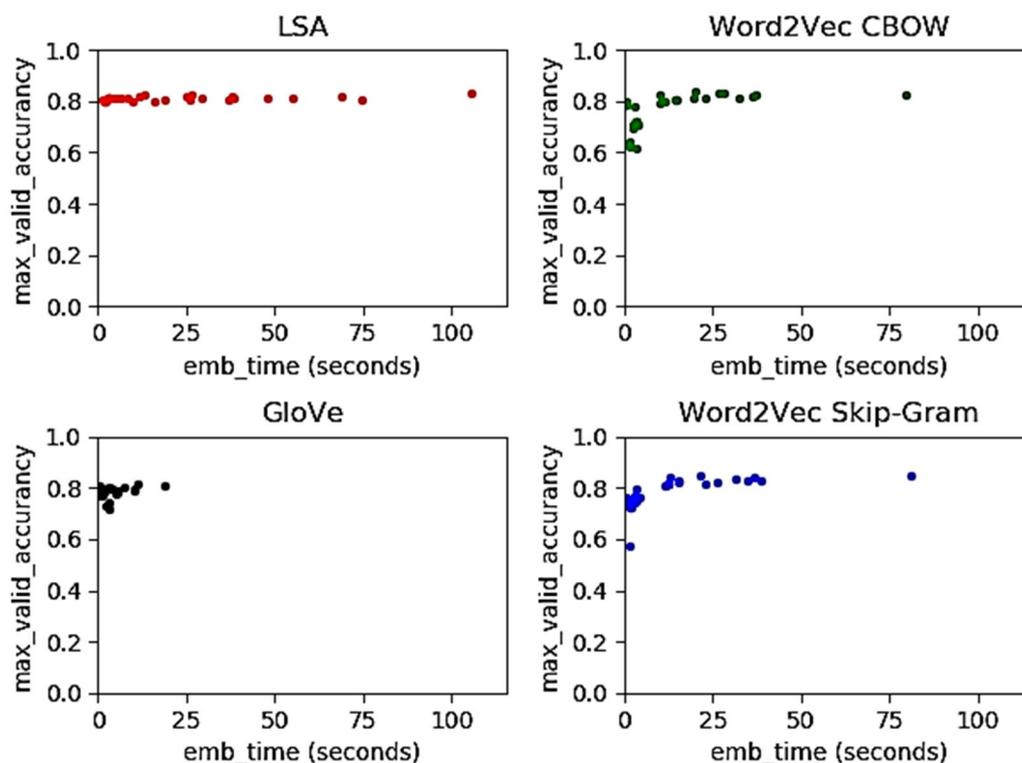


Рисунок 2 - Диаграммы рассеивания для экспериментов

В общем проведено 108 экспериментов.

Для выбора наиболее эффективных моделей рассмотрим многокритериальную задачу:

1. Максимизировать точность полученной нейронной сети (acc);
2. Минимизировать время обучения модели векторного представления текста (time);
3. Минимизировать число эпох нейронной сети, при которых достигается максимальная точность (epoch);
4. Минимизировать размерность векторного представления слова (dim);
5. Минимизировать размер корпуса для обучения модели векторного представления (size).

Для ранжирования критериев воспользуемся методом анализа иерархий. Заполним матрицу  $A$  попарных сравнений важности критериев так, что  $A_{ij} = 1$ , если критерий  $i$  так же важен как критерий  $j$ ,  $1 < A_{ij} \leq 9$ , если критерий  $i$  более важен чем критерий  $j$  (таблица 1).

Таблица 1. Матрица парных сравнений критериев

	acc	time	epoch	dim	size
acc	1	1	1	3	9
time	1	1	1	3	9
epoch	1	1	1	3	9
dim	0,33333	0,33	0,33	1	3
size	0,11	0,11	0,11	0,33	1

Коэффициент согласованности матрицы  $CI = 0 < 0.1$ , из чего следует, что матрица составлена приемлемо. Метод анализа иерархий дал следующие веса важности критериев: acc - 0,290323; time - 0,290323; epoch - 0,290323; dim - 0,096774; size - 0,032258.

Нормализуем каждый критерий с помощью мини-макс нормализации, в итоге каждый критерий оценивается величиной от 0 до 1. Определим идеальную точку как точку (acc:1,

time:0, epoch:0, dim:0, size:0). Определим 5 наиболее эффективных моделей векторного представления слов (рис. 5) как ближайшие к идеальной точке в пространстве критериев (евклидова метрика). При этом взвесим расстояние по каждому критерию с помощью весов, полученных ранее.

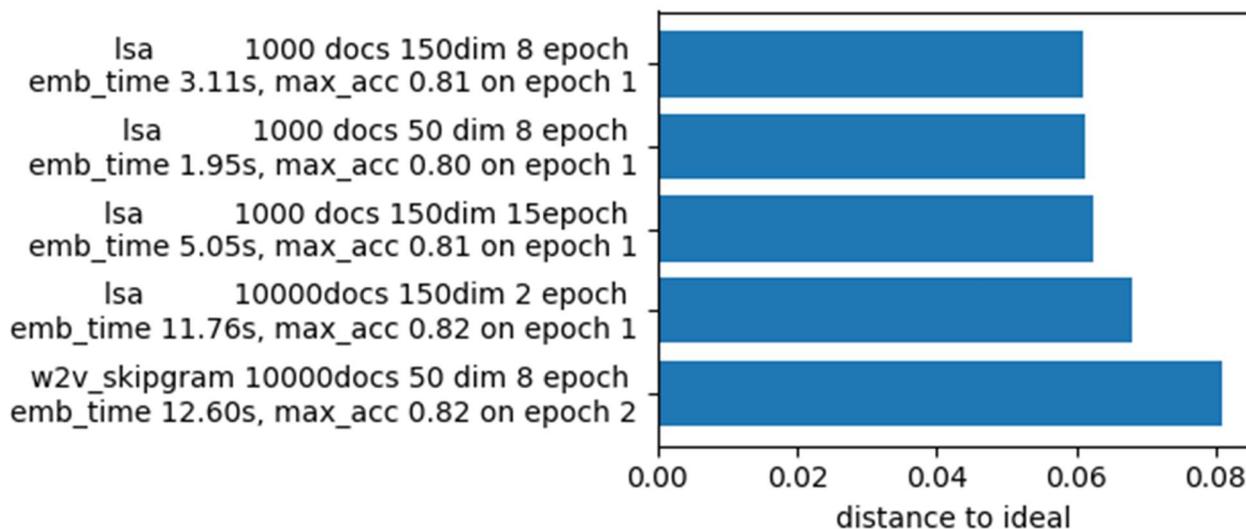


Рисунок 3 - Модели, показавшие лучшую эффективность для определения тональности комментариев

Выберем в качестве лучшей первую модель LSA, обученную на 1000 комментариев в течение 8 эпох, проектирующей терм в вектор размерности 150. Точность модели (acc) и значения функции потерь (loss) на каждой эпохе обучения (epoch) показаны на рис. 4.

Значение функции потерь на тестовой выборке уменьшается до первой эпохи. Однако начиная со 6 эпохи функция потерь на тестовой выборке начинает значительно увеличиваться, при этом на обучающей выборке – продолжает стремительно падать. Это говорит о начале процесса переобучения сети. Можно проследить изменение значений точности определения тональности текста, достигнутых на каждой эпохе – точность на обучающей выборке растет, точность на тестовой выборке меняется незначительно, а значит увеличение количества эпох обучения нейросети для классификации не имеет смысла. Оптимальное количество эпох обучения нейронной сети для данной модели векторного представления – 1-5 эпох.

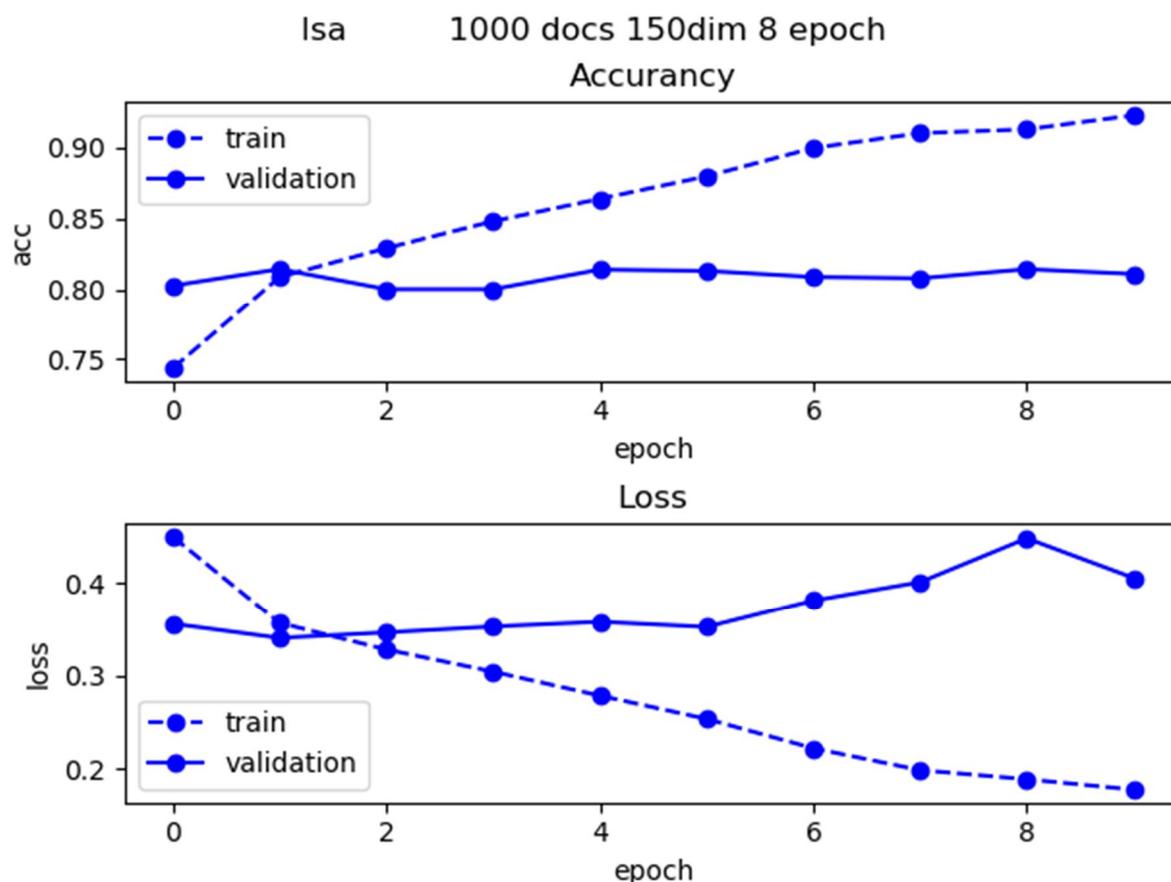


Рисунок 4 - Прогресс обучения нейронной сети с использованием модели LSA, обученной на 1000 комментариев в течение 8 эпох, проектирующей терм в вектор размерности 150

**Заключение.** Таким образом в работе представлено описание методов векторного представления слов и сравнение эффективности полученных моделей для обучения классификатора на основе LSTM нейронной сети.

Исследование показало, что наиболее эффективной в задаче анализа тональности русскоязычных комментариев из социальных медиа по выбранным критериям является модель LSA, обученная на 1000 комментариев в течение 8 эпох, проектирующей терм в вектор размерности 150. Модель LSA довольно ресурсоемкая, но не слишком чувствительна к объему выборки для обучения.

Стоит учитывать, что для каждого набора параметров моделей векторного представления слов был проведен лишь один эксперимент, что вносит большие ошибки в оценку измерений, в особенности, времени обучения. Точность классификатора, основанного на LSTM-сети, так же зависит от способа токенизации текста и обработки токенов (стемминг или лемматизация, удаление стоп-слов, приведение к одному регистру и т.д.), от параметров моделей векторного представления, а также от структуры и параметров самой нейронной сети. Исследование, изложенное в данной работе, проводилось на ограниченном количестве значений параметров моделей векторного представления слов. Поэтому для улучшения результатов стоит рассмотреть различные виды предобработки текстов, проверить эффективность моделей векторного представления с другими параметрами и на других архитектурах LSTM-сетей.

Выбор лучшей модели векторного представления текста так же основывается на ранжированных критериях оценки. Для различных задач критерии и их приоритет не совпадают, а поэтому модель следует выбирать относительно ограничений, которым должна удовлетворять выбираемая модель.

## Литература

1. Word Bags vs Word Sequences for Text Classification: <https://towardsdatascience.com/word-bags-vs-word-sequences-for-text-classification-e0222c21d2ec> (дата обращения 01.02.2019).
2. How to One Hot Encode Sequence Data in Python: <https://machinelearningmastery.com/how-to-one-hot-encode-sequence-data-in-python> (дата обращения 05.02.2019).
3. Le Q., Mikolov T. Distributed Representations of Sentences and Documents // Proceedings of the 31<sup>st</sup> International Conference on Machine Learning, Beijing, China. 2014. Vol. 32. Pp. 1188-1196.
4. Mikolov T., Chen K., Corrado G., Dean J. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // In Proceedings of Workshop at ICLR, arXiv. 2013. Pp. 1301-3781.
5. Pennington J., Socher R., Manning C.D. GloVe: Global Vectors for Word Representation // In EMNLP. 2014. Vol. 14. Pp. 1532-1543.
6. Landauer T.K., Foltz P.W., Laham D. Introduction to Latent Semantic Analysis // Discourse Processes. 1998. Vol. 25. Pp. 259-284.
7. Altszyler E., Sigman M., and Slezak D.F. Comparative study of LSA vs Word2vec embeddings in small corpora: a case study in dreams database // Consciousness and Cognition. 2017. Vol. 56. Pp. 178-187.
8. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. Пер. с англ. М.: ООО “И.Д. Вильямс”. 2006. 1104 с.
9. Williams R.J., Zipser D. A learning algorithm for continually running fully recurrent neural networks // Neural computation. 1989. Vol. 1. Issue 2. Pp. 270–280.
10. Understanding LSTMs: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/> (дата обращения 16.10.18).
11. Кузнецов А.Л., Кочуров Д.Н. Анализ тональности текста в социальных медиа с использованием искусственных нейронных сетей // Студенческий научный форум, УрФУ. Екатеринбург. 2018.
12. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. М.: Мир. 1999. 548 с.
13. Тренировочные корпуса текстов на русском языке: <http://study.mokoron.com/> (дата обращения 09.01.2019).
14. How Companies Can Use Sentiment Analysis to Improve Their Business: <https://mashable.com/2010/04/19/sentiment-analysis/#UIu5Ryq625qL> (дата обращения 12.02.2019).

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ КА РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Толендиулы С.<sup>1</sup>, Грищенко В.Ф.<sup>2</sup>, Нурланкызы А.<sup>1</sup>  
*sanat\_tolendiuly@mail.ru*

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Институт ионосферы, г. Алматы, Республика Казахстан

*В работе представлены различные методы оценки радиационной опасности для различных космических аппаратов, включающая радиационную опасность различной категории, в том числе: прямую опасность, связанную с воздействием СКЛ и ГКЛ, а также частиц РПЗ на модули памяти бортовой электронной аппаратуры; косвенную опасность, связанную с условиями эксплуатации, например, бортовым питанием (состоянием солнечных батарей) на различных орбитах; технологическую опасность, связанная с использованием ИС, изготовленных по различным технологиям.*

*Ключевые слова: радиационная опасность, электронная аппаратура, факторы космического пространства.*

Известно, что в результате комплексного воздействия факторов космического пространства происходят сбои и отказы в бортовой электронной аппаратуре КА различного назначения, приводящие к возникновению нештатных ситуаций, а в некоторых случаях и к потере спутников. Причины и характер отказов бортовой электронной аппаратуры различны. Большинство авторов связывает такие отказы с солнечными вспышками (СВ) [1]. Имеются данные, показывающие, что даже при отсутствии СВ регистрируются отказы бортовой электронной аппаратуры. Например, возникшие нештатные ситуации с КА «KazSat-1» и «Фобос-грунт» были связаны с отказами в системе управления и с условиями эксплуатации. Поэтому большое внимание уделяется оценке радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве, включающей следующие основные радиационные компоненты: галактические космические лучи, солнечные космические лучи, радиационные пояса Земли.

Модель потоков солнечных космических лучей включает в себя модели пикового потока и флюенса для солнечных протонов и расчетов потоков ионов и флюенса. Известно, что галактические космические лучи состоят из 87% протонов, 12% альфа-частиц и тяжелых ионов, а остальные 1% относятся к электронам. Галактические космические лучи (протоны, электроны и полностью ионизированные ядра). Галактические космические лучи содержат тяжелые ионы, которые могут вносить значительное количество энергии в чувствительные объемы полупроводниковых приборов, тем самым вызвать проблемы для бортовой электронной аппаратуры космического корабля.

Существуют различные модели распределения потоков КЛ в околоземном космическом пространстве [2]. Так, модель AP8 используется для характеристики захваченных протонов энергий от 0,1 до 400 МэВ. Модель AE8 связана с энергией захваченного электрона от 0,4 до 7 МэВ, тогда как электроны внутренней зоны имеют энергетический диапазон 0,4-4,0 МэВ, а электроны внешней зоны имеют диапазон энергий 0,04-7,0 МэВ. Обе модели AP8 и AE8 имеют версии для минимума и максимума солнечных лучей, которые обозначаются соответственно AP8-Min, AE8-Min и AP8-Max, AE8-Max.

Существует несколько моделей, описывающих спектры и потоки ГКЛ. Модель (COSRAD) Московского государственного университета и CREME96 (модель NASA). Следует отметить, что модель COSRAD, была одной из первых. Обновленная модель CREME была разработана позже. Хотя более современная модель NASA выглядит более точной для

описания спектров с точки зрения спектральной формы и среднеквадратичного отклонения от экспериментальных данных, прогнозируемая мощность модели МГУ считается более точной [3]. Модели CREME96 позволяют рассчитывать энергетический спектр с учетом геомагнитного экранирования и экранирования материалов, оценивать влияние излучения на электронику в космических аппаратах на разных высотах и оценивать спектр линейного переноса энергии.

Частицы, захваченные в естественном радиационном поясах, играют важную роль на низкоорбитальных высотах. Естественный радиационный пояс основан состоит из захваченных электронов с энергией до нескольких МэВ, тогда как диапазон энергий для захваченных протонов простирается до нескольких сотен МэВ.

Оценка радиационной обстановки космического пространства включает:

- оценку энергетического и массового спектров космических лучей для низкоорбитальных КА;
- расчет энергетических спектров потоков космических лучей для геостационарных спутников.

В данной работе будут представлены следующие методики:

- метода расчета радиационной обстановки для различных орбит;
- методы расчета отказов бортовой аппаратуры по траектории КА;
- методы имитационного моделирования воздействия радиационных факторов КП.

Методика оценки радиационной опасности для различных космических аппаратов включает радиационную опасность различной категории, в том числе:

- прямую опасность, связанную с воздействием СКЛ и ГКЛ, а также частиц РПЗ на модули памяти бортовой электронной аппаратуры;
- косвенную опасность, связанную с условиями эксплуатации, например, бортовым питанием (состоянием солнечных батарей) на различных орбитах;
- технологическую опасность, связанную с использованием ИС, изготовленных по различным технологиям.

Основным критерием прямой опасности является определение пикового значения энергии ядра КЛ при максимальном значении потока частиц.

Прямая опасность, связанная с прохождением одиночных ядер СКЛ и ГКЛ, а также частиц РПЗ в активной области ячеек модулей памяти путем определения тока ионизации, отражена на рисунке 1.

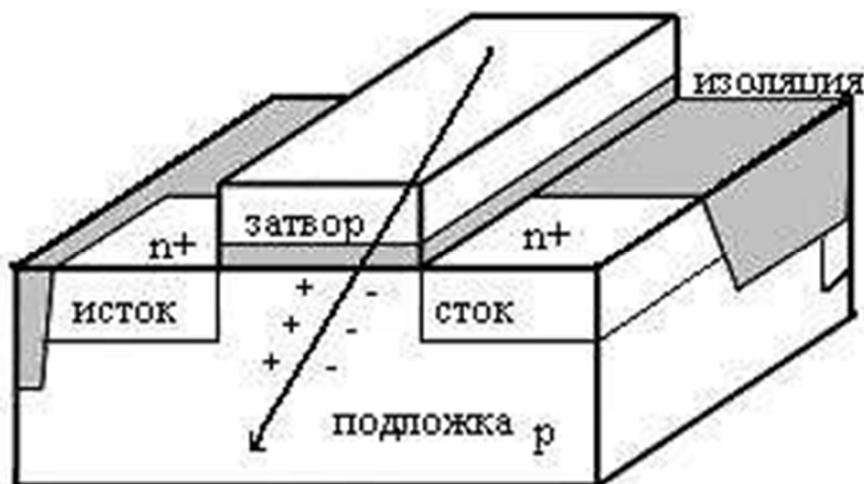


Рисунок 1 – Механизм возникновения тока ионизации при прохождении одиночного ядра

Косвенная опасность будет оценена путем разработки диаграммы энергообеспечения для бортовой аппаратуры КА различного назначения. Исходными данными будут выходные параметры функциональной схемы.

Технологическая опасность, связанная с использованием ИС и изготовленных по различным технологиям, определяется результатами схмотехнического моделирования, которые дадут возможность оптимизировать технологию изготовления ИС на этапе проектирования.

Для более достоверного определения радиационной опасности (интенсивности на отказ) при воздействии одиночных тяжелых ядер на схмотехническом уровне будут рассчитаны в модуле «Схмотехнические параметры с учётом топологии СБИС».

*Создание методов расчета радиационной обстановки для различных орбит*

Методы расчета радиационной обстановки включают в себя расчет потоков частиц КЛ по траектории КА.

Рассмотрены воздействие радиационной обстановки на микросхемы, изготовленные по КМОП - технологии для низкоорбитального спутника со следующими параметрами: солнечно-синхронная орбита, наклонение 60 градусов, высота 512 километров [4].

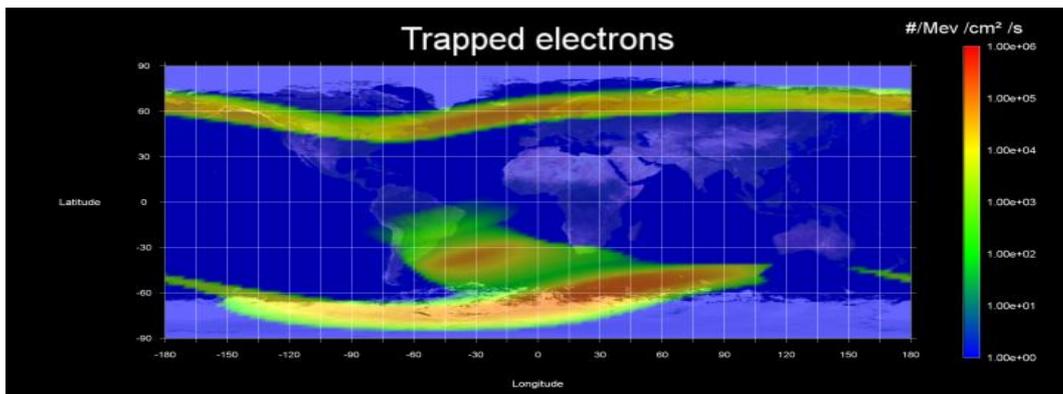
Расчёт по заданной орбите выполнен с использованием ПО OMERE. Определен жизненный цикл, то есть период функционирования космического аппарата на орбите (февраль 2017-2019 гг.). Следует, отметить, что данный период относится к максимуму солнечной активности (24-ый солнечный цикл), действующий с апреля 2013 по 2020 год. Для захваченных электронов РПЗ использована модель AE8-Max NASA. Для расчета потока захваченных протонов в РПЗ - модель AP8-Max NASA [5].

Анализ данных показал, что максимальное значение интегрального потока для захваченных электронов варьируется от  $\phi=1,5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}\text{s}^{-1}$  при  $E \sim 40 \text{ кэВ}$  до минимального значение потока  $\phi=1,0 \text{ см}^{-2}\text{s}^{-1}$  для  $E \sim 5 \text{ МэВ}$ . Максимальное значение интегрального потока захваченных протонов колеблется от  $\phi=7,4 \cdot 10^2 \text{ см}^{-2}\text{s}^{-1}$  при  $E=100 \text{ кэВ}$  и уменьшается до минимального потока  $\phi=1,9 \text{ см}^{-2}\text{s}^{-1}$  при  $E > 200 \text{ МэВ}$ .

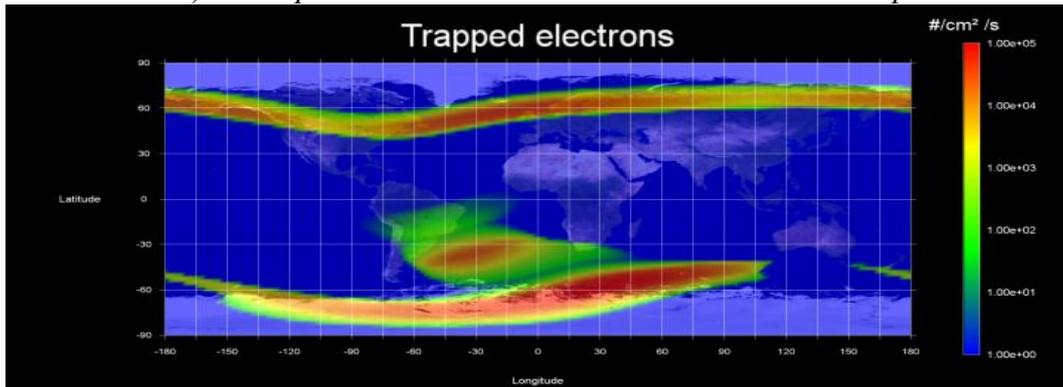
На рисунке 2 а-г показаны изменения интенсивности захваченных потоков электронов (2 а-б) и протонов внутреннего и внешнего РПЗ (2 в-г). Из-за изменения плотности геомагнитных силовых линий на высоте 512 км отмечается относительно высокая интенсивность захваченных протонов, над районом Бразильской магнитной аномалии и над Южным полюсом, которые могут быть опасными для бортовой электронной аппаратуры КА по траектории орбиты.

На рисунке 3 представлены потоки электронов и протонов, захваченные в радиационных поясах низкоорбитального спутника (высота орбиты 512 км, 60° наклон КА).

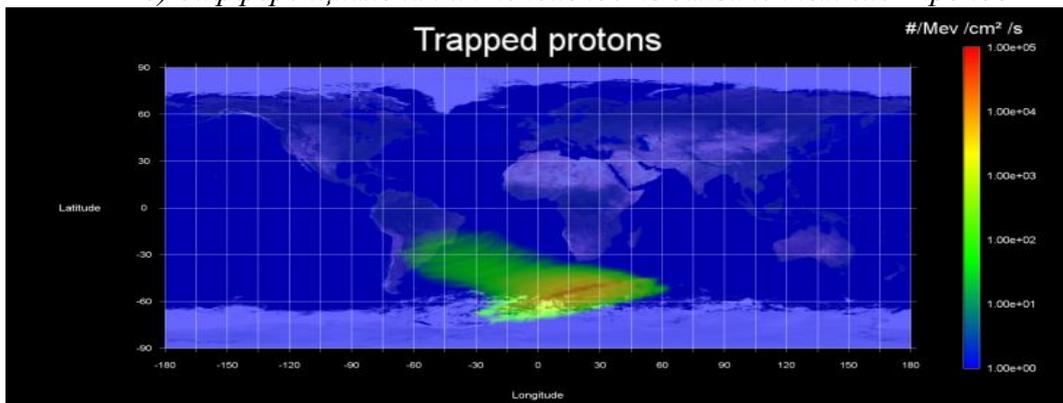
Сильная концентрация захваченных электронов наблюдается на полюсах, тогда как концентрация захваченных протонов проявляется в районе Бразильской магнитной аномалии и в районе Южного полюса на высоте низкоорбитального спутника. Таким образом, разработана методика расчета распределения потока протонов и электронов для солнечно-синхронной орбиты на высоте 512 км с наклонением 60° для жизненного цикла: 2017 - 2019 годы.



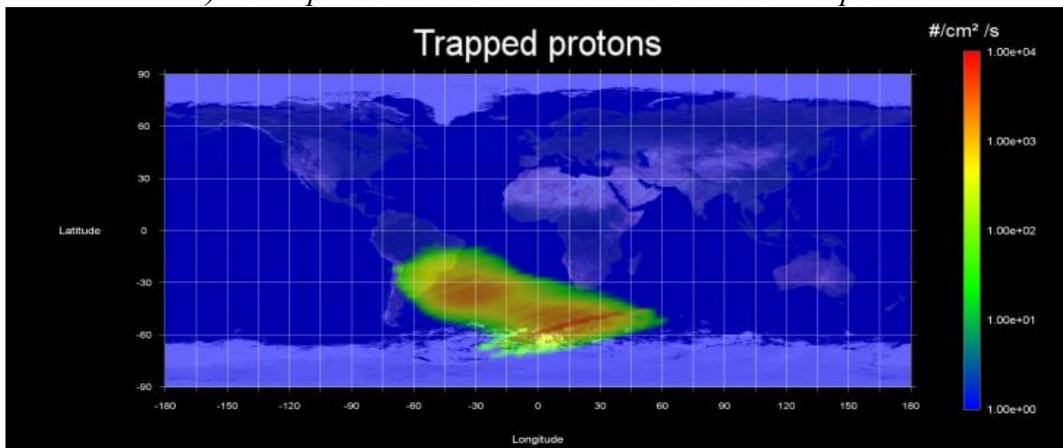
а) интегральная интенсивность захваченных электронов



б) дифференциальная интенсивность захваченных электронов

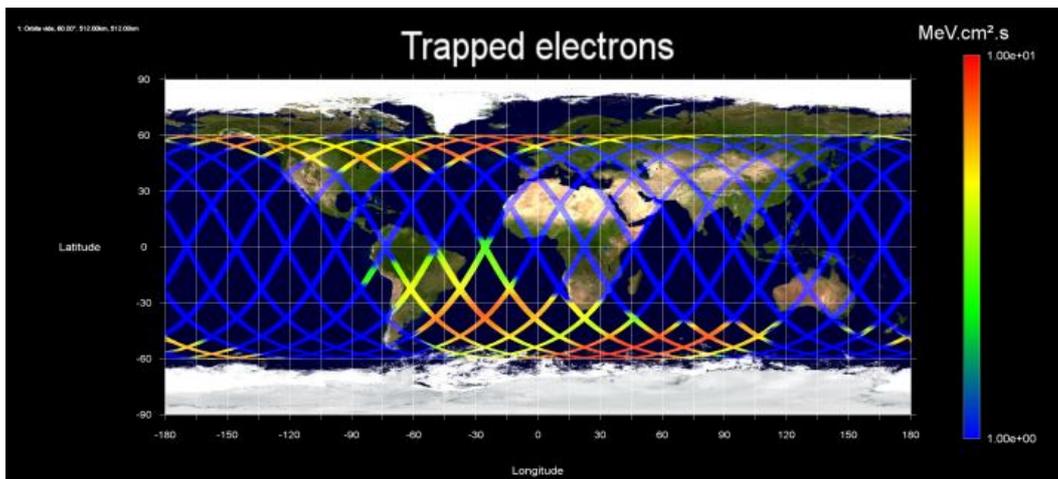


в) интегральная интенсивность захваченных протонов

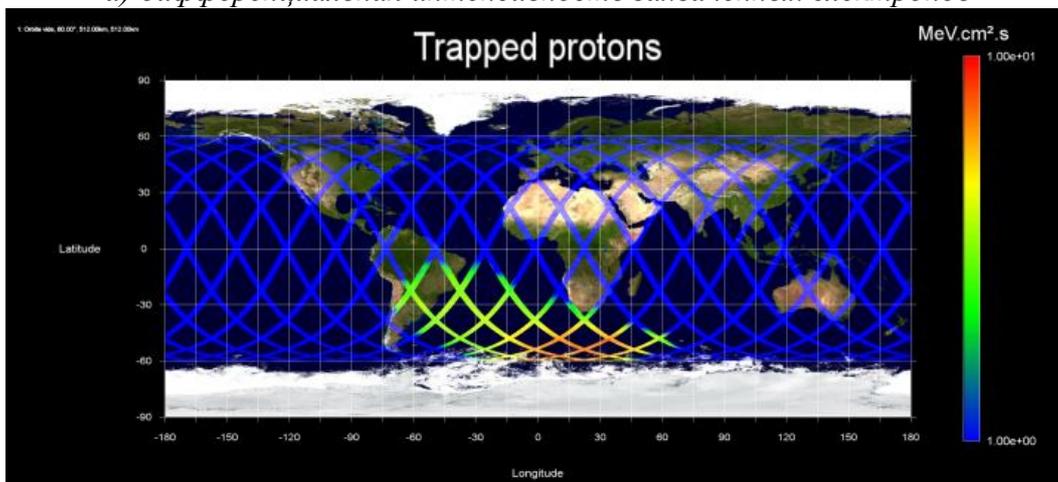


г) дифференциальная интенсивность захваченных протонов

Рисунок 2 – Интенсивности захваченных потоков электронов и протонов внутреннего и внешнего РПЗ (а,б,в,г)



а) дифференциальная интенсивность захваченных электронов



б) дифференциальная интенсивность захваченных протонов

Рисунок 3 – Интенсивности захваченных потоков электронов и протонов в естественном радиационном поясе Земли для низкоорбитальных спутников спутника (высота орбиты 512 км, 60° наклон КА, а и б)

*Методы расчета отказов бортовой аппаратуры по траектории КА.* В работе использовались методы расчета отказов бортовой аппаратуры с учетом распределения геомагнитной жесткости по траектории КА различного назначения. Расчет проводился по формуле:

$$\Phi_i(R, t) = \frac{D_i \beta_i^\alpha}{R_i^\gamma} \left[ \frac{R}{R + R_0(t)} \right]^{\Delta_i(t)}.$$

На рисунке 4 приведены распределение вертикальной геомагнитной жесткости и интенсивности отказов на различных витках для орбиты МКС.

Расчеты показали, что распределение интенсивности отказов по траектории низкоорбитальных КА носит нелинейный характер и зависит от вертикальной геомагнитной жесткости. Отличительной особенностью данной методики является получение данных по энергетическим спектрам и потокам КЛ с использованием вертикальной геомагнитной жесткости, что позволяет оценивать динамику радиационной обстановки по траектории КА различного назначения.

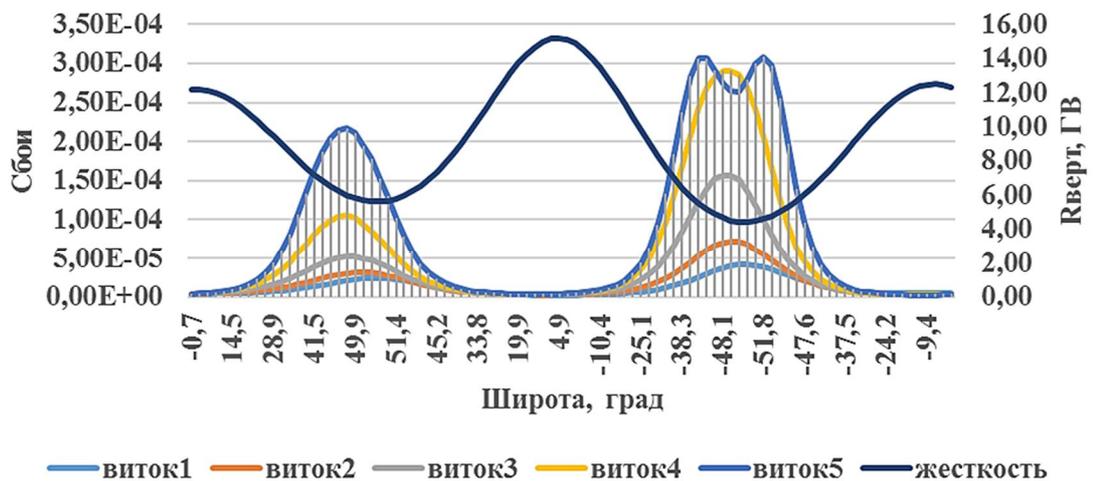


Рисунок 4 – Интенсивность отказов и вертикальная геомагнитная жесткость на различных витках для орбиты МКС

*Создание методов имитационного моделирования воздействия радиационных факторов КП.* Методы имитационного моделирования воздействия радиационных факторов КП включают в себя методы гибридного моделирования, которые основаны на обратном проектировании топологии микросхем.

Результатом гибридного моделирования являются статистические значения переключения цифровой ячейки памяти, которое выполнено в соответствии технологическими нормами. На рисунке 5 отображено гибридное моделирование, используемое в данной работе.

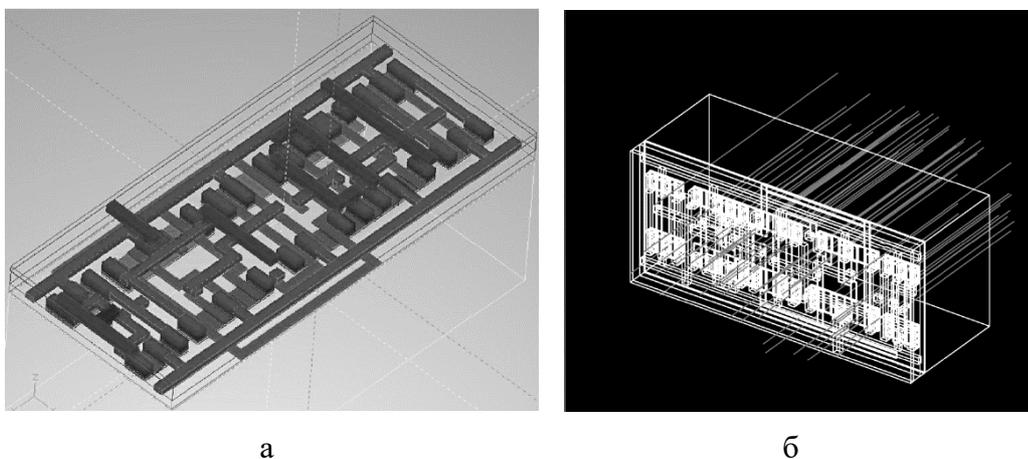


Рисунок 5 – Схематическое и геометрическое моделирование элементов СБИС

Схематическое и геометрическое моделирование элементов СБИС включает:

- моделирование топологии СБИС с учётом технологических норм в САПР VLSI electric;
- моделирование воздействия радиации КП заданной интенсивности в программном продукте GEANT4.

Разработанная методика применима для расчета интенсивности отказов других элементов цифровой логики (инверторы, элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ, триггеры и т.д.).

В дальнейшем при использовании имитационного моделирования помимо схематических параметров будут получены геометрические параметры СБИС в формате стереолитографии, которые необходимы для определения воздействия потоков частиц непосредственно на чувствительный элемент микросхемы.

Разработанные методы учитывают подающий поток заряженных частиц космического пространства на электронные устройства, в том числе на деградацию элементов солнечных батарей.

**Заключение.** Кратко рассмотрены современные модели прогнозирования радиационной обстановки. Проанализированы результаты расчета с использованием ПО OMERE для имитации радиационной обстановки низкоорбитальных спутников «CUBESAT». Установлено, что увеличение радиационной обстановки по траектории орбиты может привести к катастрофическим отказам электронной аппаратуры КА.

Разработаны методы имитационного моделирования воздействия радиационных факторов КП на интенсивность сбоев бортовой электронной аппаратуры по траектории КА различного назначения, включающие методы гибридного моделирования для расчета интенсивности отказов элементов цифровой логики. Методы позволяют получать параметры СБИС, которые необходимы для определения воздействия потоков частиц непосредственно на чувствительный элемент микросхемы. Методы учитывают поток заряженных частиц КП на электронные устройства и деградацию элементов солнечных батарей, физические модели взаимодействия заряженных частиц в материале полупроводниковой электроники и приборах на их основе.

Разработанные методики по расчетам энергетических спектров и оценке радиационной опасности и обстановки по траектории КА различного назначения будут использоваться для оптимизации траекторных параметров КА на этапе проектирования и прогнозирования интенсивности отказов бортовой электронной аппаратуры.

#### **Литература**

3. Белов А.В., Виллорези Дж., Дорман Л.И. Влияние космической среды на функционирование искусственных спутников Земли // Геомагнетизм и аэрономия. 2004. Т. 44. № 4. С. 502-510.
4. Кузнецов Н.В. Радиационные условия на орбитах космических аппаратов // Модель космоса. Т. 1. М.: Наука. 2007. С. 25-30.
5. Баранов Д.Г., Гагарин Ю.Ф., Дергачев В.А., Якубовский Е.А. Исследование тяжелых ядер космических лучей твердотельными трековыми детекторами на орбитальных станциях // Журнал технической физики. 1999. Т. 69. № 9. С. 94-98.
5. Лучи космические галактические. ГОСТ 25645.150-90. 2001. М. 2001. 10 с.
6. Полесский С.Н., Жаднов В.В., Артюхова М.А., Прохоров В.Ф. Обеспечение радиационной стойкости аппаратуры космических аппаратов при проектировании // Компоненты и технологии. 2010. № 9. С. 93-97.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ

Чубаков Т.А., Галдыбаев Б.Г., Акинова А., Жусупкелдиев Ш.

*Belek1996@mail.ru*

Кыргызский национальный университет им. Ж. Баласагына, г. Бишкек, Кыргызская Республика

*Импульсные разряды высокого давления, развивающиеся в газах и других средах, представляют большой интерес для многочисленных практических приложений, обусловленный, прежде всего широким их распространением и перспективами применения в новейших областях науки и техники.*

*Ключевые слова: модификация, среда, импульсный разряд, электролит, искра, дуга.*

**Способы воздействия на материал электрическими разрядами (обзор).** К настоящему времени разработаны многочисленные методы и способы целенаправленного воздействия на материал электрическими разрядами, которые можно классифицировать следующим образом:

- по технологическому назначению выделяют методы размерного формообразования и методы модификации свойств поверхностного слоя изделий;
- по агрегатному состоянию которой реализуется разряд, выделяют методы обработки в жидкой, газообразной или аэрозольной средах. В зависимости от электрической проводимости жидкой среды различают методы, основанные на электрическом разряде в диэлектрике и проводящей среде (электролите);
- по виду применяемых электродов, между которыми реализуется разряд, можно указать две группы методов – с электродными системами “металл-металл” и “металл-электролит” соответственно;
- по величине плотности потока мощности (энергии), вводимой в рабочую зону, электроэрозионную размерную обработку;
- по характеру электрического разряда между электродами (искровой, тлеющий, искро-дуговой, дуговой);
- по характеру изменения объема заготовки в процессе формообразования различают методы нанесения материала, удаление припуска и совмещенные;
- по числу элементарных воздействий на поверхность изделия рассматривают собственно электроразрядные и комбинированные методы обработки.

Обсудим современное состояние и некоторые тенденции развития основных методов и способов обработки и получивших наибольшее промышленное распространение.

**Электроэрозионная обработка изделий.** При наложении достаточно высокого напряжения от внешнего источника питания происходит электрический пробой межэлектродного промежутка (МЭП) с образованием канала разряда, окруженного газовым пузырем.

Несмотря на значительные успехи в этой области [1], многие теоретические вопросы не имеют в настоящее время однозначного толкования, и теоретическое описание метода электро-эрозионной обработки (ЭЭО) нельзя считать завершенным.

Современное состояние и технический уровень ЭЭО позволяют в настоящее время ставить и эффективно решать широкий круг технологических задач. Это стало возможным в результате формирования, быстрого развития и расширения рынка соответствующего технологического оборудования [2]. Вместе с тем считается общепризнанным наличие нереализованных технологических резервов ЭЭО [3].

Анализ данных показывает, что ЭЭО относятся следующие:

- разработка технологических основ ЭЭО, переход от эмпирических и полуэмпирических знаний к теоретическому описанию процесса. Вместе с тем разработка методов и средств повышения производительности ЭЭО;
- разработка методов и средств повышения точности и качества обработанной поверхности как важнейшее условие применения ЭЭО в микромашиностроении;
- повышение уровня автоматизации, как при технологической подготовке, так и при производстве изделий;
- повышение технического уровня средств технологического оснащения, повышения геометрической и кинематической точности за счет применения новых конструкционных материалов, достижений в области мехатроники и линейных электрических машин, развитие элементной базы для сильноточной электроники раскрывает новые перспективы создания источников питания для эрозионных станков;
- создание гибких технологических модулей для осуществления операций физико-химической обработки и обработки резанием позволит существенно повысить эффективность обработки многих деталей авиационно-космической техники [4];
- разработка научных основ и соответствующих технологий защиты окружающей среды и безопасности жизнедеятельности при выполнении электроэрозионных работ. В последние годы это проблема остается желать наилучшего, предложены эффективные способы очистки рабочей среды от токсичных загрязнений;
- создание технологий электроэрозионной обработки перспективных керамических материалов [5];
- создание новых и совершенствование существующих комбинированных методов обработки на основе электроконтактной, электроэрозионно-электрохимической, электроэрозионно-механической, электроэрозионно-ультразвуковой обработки материалов.

Таким образом, к настоящему времени электроэрозионная размерная обработка получила значительное теоретическое и прикладное развитие. Создано и совершенствуется современное технологическое оборудование, широко используются высокоэффективные технологические процессы как в основном [6, 7], так и в инструментальном [8] производстве.

**Электроэрозионное наращивание и нанесение толстостенных покрытий.** Применение электроэрозионных явлений для разработки аддитивных технологических процессов изучено недостаточно. В [9] показана возможность получения заданной формы путем осаждения материала на электроде при электроэрозионной обработке в жидкой среде. В [10] изучены процессы переноса материала при реализации разряда в воздушной среде и разработаны технологии электроэрозионного нанесения толстослойных покрытий (ЭЭНП) для восстановления деталей машин, установлена возможность наращивания слоев толщиной до 2 мм на сторону на стальные изделия, разработана технологическая модель процесса нанесения толстослойных покрытий.

**Размерная обработка электрической дугой.** Несомненный интерес представляют работы, связанные с исследованием и внедрением такого вида ЭЭО, как размерная обработка электрической дугой (РОД) [11].

**Электроэрозионно-электрохимическая обработка.** Физическая картина прохождения электрического тока через растворы электролитов предполагает, что при достаточно интенсивном вводе энергии вблизи поверхности металлического электрода образуется много-фазная система “металл-плазма-газ-электролит”, энергоносителями в которой являются не только ионы, но и электроны, а разрушение металлического электрода происходит в результате как анодного растворения, так и электрических разрядов и сопутствующих им явлений.

**Электроискровое легирование.** Этот метод модификации свойств поверхностного слоя основан на искровом пробое газового промежутка между металлической поверхностью

и электродом-инструментом, который сопровождается переносом материала электрода и включением его в качестве легирующего элемента.

В результате теплового эффекта электрического разряда в поверхностном слое детали протекают структурно-фазовые превращения [12], образуются химические соединения, интерметаллиды, твердые растворы, что приводит к формированию специфических эксплуатационных свойств модифицированных поверхностей.

Технологическое применение электроразрядных явлений в системе “металл-электролит”

При повышении напряжения в электрохимической ячейке, содержащей раствор сильного электролита, у анода возникает ряд эффектов, т.е. по мере повышения напряжения плотность упаковки газовых пузырьков в приэлектродном газожидкостном слое возрастает, в результате Джоулево тепловыделения температура электролита в этих местах достигает температуры кипения, образуется система “жидкость-газ-пар”. Дальнейшее повышение напряжения сопровождается уменьшением величины тока в цепи из-за формирования сплошного газопарового слоя.

**Электролитный нагрев и химико-термическая обработка.** Ввиду того, что основные источники тепла сосредоточены в парогазовой оболочке, она является «нагревательным элементом», окружающим деталь. Малая инерционность этого элемента, связанная с небольшой толщиной оболочки ( $10^{-5}$  м), обеспечивает скорости нагрева до 100 град/с и возможность оперативного изменения температуры за счет регулирования величины приложенного напряжения. При соответствующем выборе ионного состава раствора удается осуществлять диффузионное насыщение (сталей серой, азотом, углеродом, бором, кремнием, молибденом и другими элементами) этого слоя теми либо иными элементами.

Обработка по такому режиму позволяет увеличить микротвердость поверхности и срок службы деталей в 2 – 5 раз по сравнению со стандартной термообработкой [13].

**Плазменно-электролитическое полирование.** При определенных условиях в присутствии парогазовой пленки наблюдается эффект полирования поверхности металлического электрода-анода. Процесс сглаживания микрорельефа обычно осуществляется в растворах минеральных солей при напряжении 250 – 350 В и средней плотности тока 0,2 – 0,5 А/см<sup>2</sup>. Установлено, что данный процесс протекает в условиях тлеющего разряда между металлическим и электролитным электродами [14].

**Анодно-искровое нанесение покрытий.** Данный метод обеспечивает возможность получения оксидных, алюмосиликатных и других неорганических, функциональных покрытий в результате совместного протекания процессов электрохимической формовки анодной пленки и модификации ее свойств электрическими разрядами. Искровые электрические разряды реализуются в системе “металл-оксид, металла-электролит” при достаточно высоких напряжениях. При правильном выборе рабочей среды-электролита и электрических параметров режима на поверхности изделия формируются покрытия, обладающие ценными эксплуатационными свойствами, такими как жаропрочность, высокие диэлектрические свойства, износостойкость и коррозионная стойкость [15].

Таким образом, технология машиностроения располагает большой постоянно расширяющейся группой методов, способов обработки и технологий на их основе, базирующихся на интенсивных физических и химических процессах в зоне электрического разряда и способных решать разнообразные задачи технологического обеспечения качества машин.

**Импульсный электрический разряд в диэлектрической среде.** Для изучения электрического пробоя в диэлектрической среде нами были созданы экспериментальный стенд на базе накопительной системы – конденсаторов типа MVGO – 2, емкостью 10 мкФ – 2шт., с рабочим напряжением 630В, высоковольтного коммутатора - тиристора и разрядного промежутка, схема стенда представлена на рис.1.

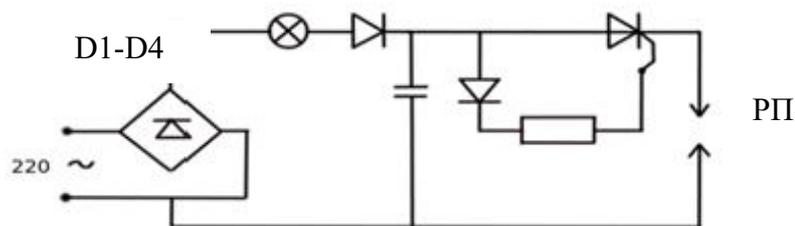


Рисунок 1 - Электрическая схема стенда

Видно, что при наложении достаточно высокого напряжения от внешнего источника питания происходит электрический пробой межэлектродного промежутка с образованием канала разряда, окруженного газовым пузырем. При преобразовании электрической энергии в тепловую в зоне разряда формируется нестационарное поле температур, которое при определенных условиях приводит к образованию на поверхности электродов локальных областей расплавленного материала электрода. Часть приповерхностного материала испаряется с поверхности расплава или сублимируется. При удалении расплава на поверхности электрода появляется эрозионная лунка, размеры которой зависят в первую очередь от энергии разряда. Необходимым условием эрозии электродов является электрический пробой межэлектродного промежутка, который осуществляется при достижении напряжения пробоя  $U_{пр}$ , величина которого сильно зависит от межэлектродного расстояния и свойств рабочей среды. Пробой характеризуется образованием канала сплошной проводимости (канала разряда), резким падением напряжения на конденсаторах и возрастанием тока. После пробойные явления обычно подразделяют на две стадии. Искровая стадия разряда длительностью  $t_{и.р.}$  порядка  $10^{-7}$  с характеризуется звуковым, световым и тепловым эффектами. По завершении этой стадии канал разряда расширяется, плотность потока мощности снижается, напряжение и ток стабилизируются - начинается стадия дугового разряда, время протекания которой  $t_{д.р.}$  определяется длительностью импульса напряжения, накладываемого на электроды (рис.2., внешний вид стенда).



Рисунок 2 - Внешний вид стенда

Принцип работы установки такова: ток из сети с помощью выпрямителя – диод типа КВРС 5010 заряжает конденсаторную батарею (С). Далее, батарея с помощью специального коммутирующего устройства – тиристора КУ202К – 1279 (или коммутирующая реле типа – АС11) может быть разряжена между двумя электродами, так называемом рабочем промежутке (РП).

При достижении рабочей величины напряжения происходит пробой в воздухе, т.е. реализуется импульсный электрический разряд (рис.3). Видно, что при касании электродов, весь накопленный заряд реализуется за «маленький» промежуток времени с сопровождением характерного звука. Это объясняется тем, что во время разряда возникает ударная волна, что требуется анализировать с помощью высокоскоростной киносъемки. Анализ полученных результатов показал, что при импульсном разряде образуется

интенсивное свечение в видимой области спектра, это говорит о том, что источник имеет высокую температуру.



Рисунок 3 - Свечение разрядного промежутка во время разряда

Поскольку, разряд конденсатора имеет колебательный характер поздний момент времени разряда видимо горит тлеющий разряд (рис.4), что требуется в дальнейшем анализировать.

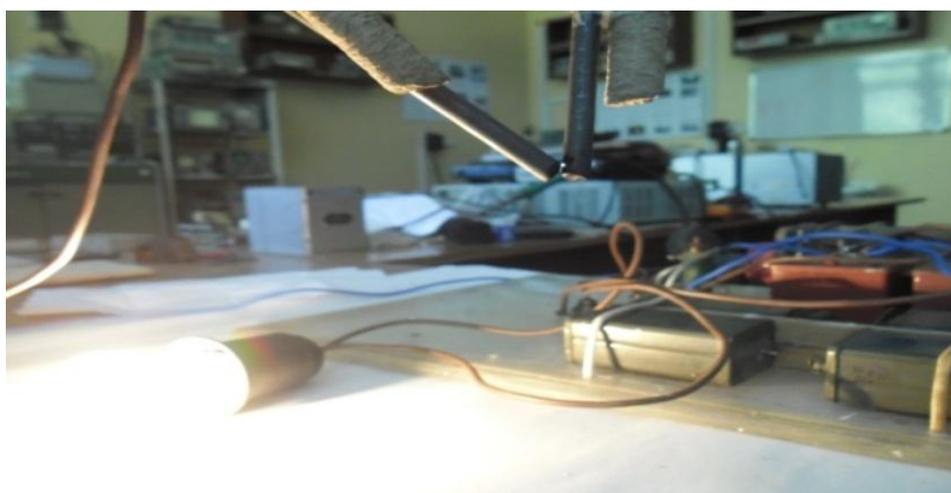


Рисунок 4 - Горение импульсного разряда за поздний момент времени

**Возникновение импульсного разряда в жидкой диэлектрической среде.** В работе [16], рассматриваются процессы в воде при воздействии сильных электрических полей и импульсных разрядов. Показано, что импульсное электрическое поле может оказывать влияние на кластерную структуру воды, а разряды вызывают образование ударной волны и расходящихся потоков жидкости, кавитационные колебания образующейся парогазовой полости, ультрафиолетового излучения. Высказывается предположение, что в сочетании импульсного разряда с наносекундным импульсом напряжения возможно получение импульса рентгеновского излучения. Отмеченные эффекты являются основой технологического использования разряда в воде, обеззараживания питьевой воды и сточных вод.

В работе применено стенд, где разряд происходит в жидкой среде, а именно в дисциллированной воде, рис.5.



Рисунок 5 - Образование импульсного разряда. Рисунок 6 - Образования ударной волны

Эксперимент показал, что при разряде образуется ударная волна об этом свидетельствуют полученные данные – рис.6.

В жидкой среде во время разряда в разрядном промежутке интенсивно выделяется различные частицы, причем эти частицы при “взрыве” оставляют интенсивный след (рис.7), что применимо для получения малоразмерных частиц.

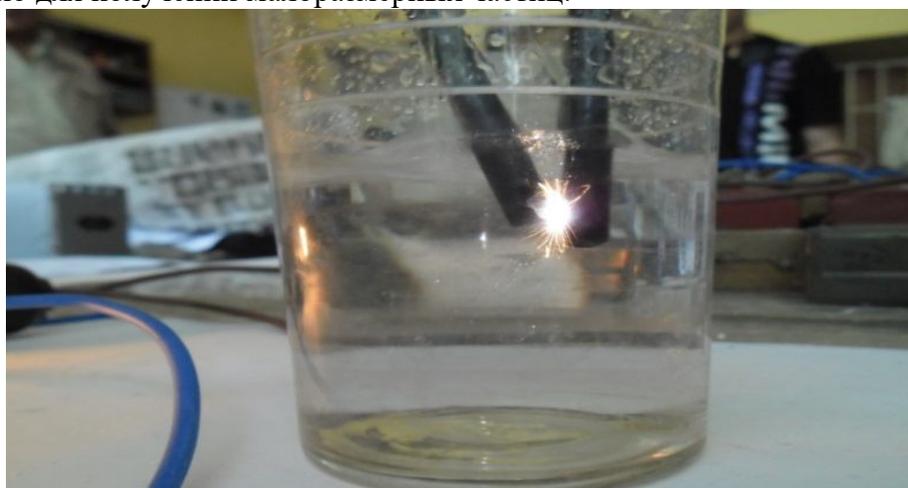


Рисунок 7 - Эмиссионные процессы во время разряда в жидкой среде

#### **Выводы:**

- составлен литературный обзор по воздействию на различные материалы электрического разряда;
- создан стенд для изучения электрического разряда в газовых и жидких средах.

#### **Литература**

1. Артамонов Б.А., Волков Ю.С. Анализ моделей процессов электрохимической и электроэрозионной обработки. Ч. II. Модели процессов электроэрозионной обработки. Проволочная вырезка. М. 1991. 144 с.
2. Hartmann P., Kutasi K., Donko Z. Comparison of one- and two-dimensional hybrid modeling of low-pressure gas discharges // XXVIIth ICPIG, Eindhoven, the Netherlands, 18-22 July, 2005. P. 3-6.
3. Панчешный С.В. Развитие импульсно-периодических газовых разрядов в самосогласованном электрическом поле. Электронная кинетика и производство активных частиц. Дис ... канд. физ.-мат. наук. Долгопрудный. 2001. 130 с.
4. Атрощенко В.В., Ганцев Р.Х., Гильметдинов М.Х. и др. Комплекс электрооборудования для интегрированных технологических процессов электрообработки // Перспективные технологии физико-химической размерной обработки и формирования эксплуатационных свойств металлов и сплавов. Уфа. 2001. С. 150-156.

5. Tani T., Fukuzawa Y., Mohu N. Machining phenomena in EDM of insulating ceramics using powder sus-pended working oil // *Ibidem*. P. 359-362.
6. Саушкин Б.П., Дорофеев И.А. Обработка охлаждающих каналов в лопатках ГТД электроэрозионным методом // *Перспективные технологии физико-химической размерной обработки и формирования эксплуатационных свойств металлов и сплавов*. Уфа. 2001. С. 160-162.
7. Алтынбаев А.К. Электроэрозионная струйная обработка глубоких отверстий малого диаметра в деталях газотурбинных двигателей // *Тез. докл ВНТК “Новые материалы и технологии”*. М. 2001.
8. Кравец А.Т. Работы по созданию автоматизированного производства штампов и прессформ // *Электронная обработка материалов*. 1994. № 1. С. 19-22.
9. Kobayashi K. The Present and Future Developments of EDM and ECM // *Proceedings of 11th International Symposium for Electromachining (ISEM XI), Lausanne, Switzerland*, pp 29–47.
10. Юриков Ю.В., Саушкин Б.П., Сычков Г.А., Быков Е.В. Технологическая модель процесса электро-эрозионного нанесения толстослойных покрытий // *Перспективные технологии физико-химической размерной обработки и формирования эксплуатационных свойств металлов и сплавов*. Уфа. 2001. С. 169-176.
11. Боков В.М., Маркашова Л.И. Физический механизм малоизносной размерной обработки дугой // *Электронная обработка материалов*. 2002. № 4. С. 3-14.
12. Михайлов В.В., Игнатков Д.А., Пасинковский Е.А. Структурно-фазовые превращения и остаточные напряжения после комбинированного упрочнения стальных деталей электроискровым легированием и электролитной химико-термической обработкой // *Электронная обработка материалов*. 1999. № 3. С. 4–9.
13. Коваленко В.С. Машиностроение в новом тысячелетии // *Электронная обработка материалов*. 2001. № 3. С.60-68.
14. Кузенков С.Е., Кирей Ю.В. Особенности тлеющего разряда в процессе электролитно-плазменной обработки // *Металлообработка*. 2002. № 3. С. 20-21.
15. Снежко Л.А. Физико-химические превращения на металлических электродах под действием анодных искровых разрядов // *Современная электротехнология в машиностроении*. Сб. тр. ВНТК. Тула. 1997. С. 12-16.

## МЕТОД АТОМНО-СИЛОВОЙ И ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (НА ОСНОВЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО КАБЕЛЯ Nb-Ti)

Бнтымакова А.С.  
aklima.int@mail.ru

Томский политехнический университет, г. Томск, Российская Федерация

*В настоящей работе представлены исследование и результат сверхпроводящего кабеля на основе Nb-Ti с помощью оптической микроскопии и атомно-силовой микроскопии. Найден и зафиксирован дефект, из-за которого исследуемый сверхпроводящий кабель теряет свою сверхпроводимость.*

*Ключевые слова: сверхпроводники, микроструктура, дефекты, атомно-силовая микроскопия, оптическая микроскопия.*

Практическое применение сверхпроводящих кабелей на основе Nb-Ti становится все более распространенной. Так, к примеру его используют в международном экспериментальном термоядерном реакторе в связи особенностями структуры сверхпроводящего сплава Nb-Ti. [1]

В лабораторных условиях было проведено исследование сверхпроводящего кабеля методами оптической [2] и атомно-силовой [3] микроскопии в Институте физики, прочности и материаловедения (ИФПМ СО РАН). г. Томск. Из-за частичной потери сверхпроводимости было необходимо провести исследование кабеля. В результате исследования были выявлены дефекты, появляющиеся во время волочения кабеля. Результаты исследования показали, что потеря сверхпроводимости кабеля из Nb-Ti связано с обрывами волокон содержащихся в матрице и из-за частичного отсутствия ниобиевого барьера. (рис.1).

В начале проводилась тщательная пробоподготовка образцов для исследования, После фиксирования положений проводников в медном кольце, образцы шлифовали на станке и полировали алмазной пастой (0-паста). [4] Исследовалось поперечное сечение кабеля. В первую очередь образец исследовался на оптическом микроскопе, результаты которых приведены на рисунке 2. В обведенном месте снимка показана деформация волокон, приобретших форму 'лепестка'. Далее этот же образец исследовался на атомно-силовой микроскопии, результаты которых приведены на рисунках 3,4 и 5.

На рисунке 3 отчетливо видны деформации на снимке полученные с помощью АСМ. Как показано на рисунке 4, волокна Nb-Ti которые прилегают к медному сердечнику, видна деформация. В месте повреждения кабеля в матрице промежуточного слоя между волокнами Nb-Ti средний размер зерна меди составляет - 850 нм обрыва, хотя по статистической обработке средний размер зерна меди в матрице должна составлять 850нм. Видна свободная область на месте обрыва кабеля. На рисунке 5: показаны Электронно-микроскопические изображения тонкой структуры конструкционных сверхпроводящих кабельных элементов.

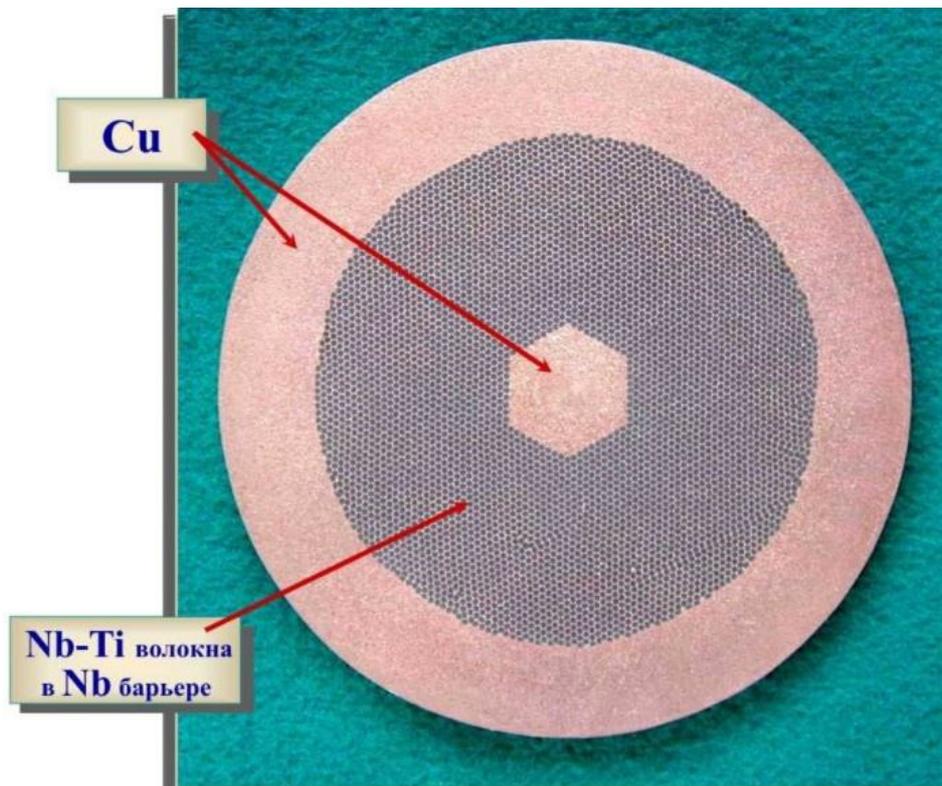


Рисунок 1 - Образец кабеля в поперечном сечении диаметром 0,2 см. В одном кабеле содержатся 3500 волокон имеющие определенное и ровное расположение. Волокна имеют одинаковую длину и одинаковый диаметр

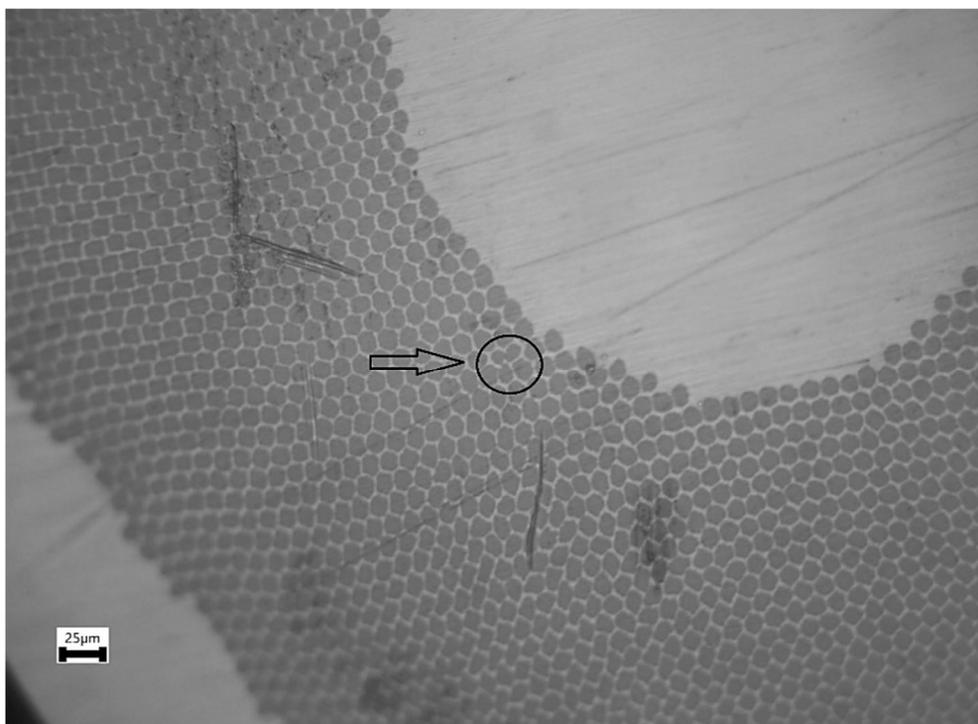


Рисунок 2 - Поперечный рисунок на оптическом микроскопе увеличении 100х

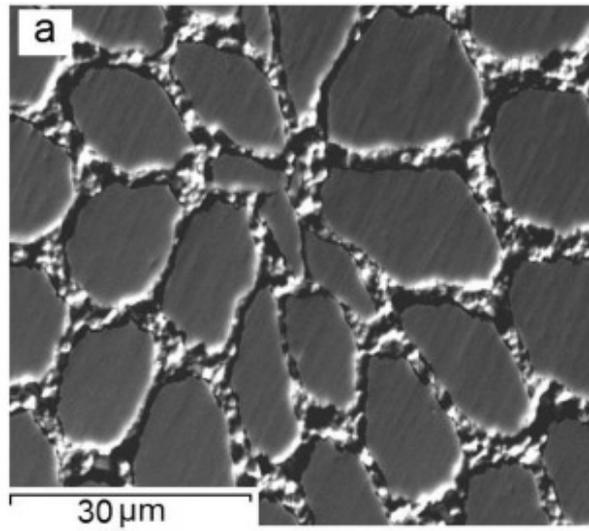


Рисунок 3 - (а) Пластическая деформация, локализованная в промежуточном слое волокон Nb-Ti в поперечном сечении

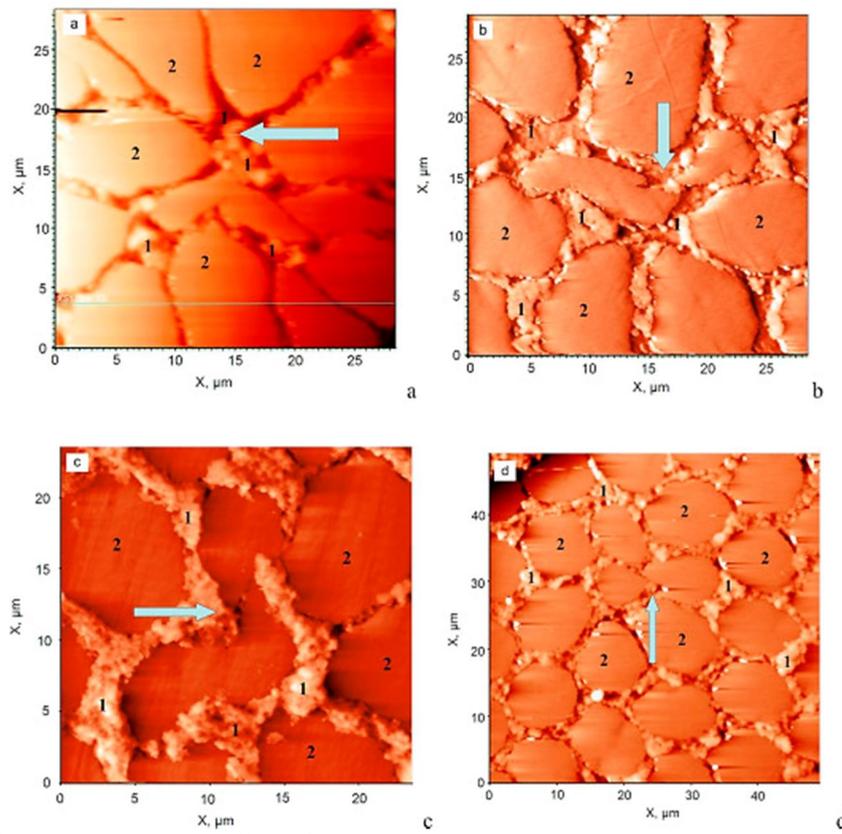


Рисунок 4 - Места пластической деформации в местах разрыва волокон Nb-Ti (показано стрелкой) по глубине полировки: (а) 0 мм, (б) 0,5 мм, (в) 1 мм; (г) 2 мм; 1 - медная матрица, 2 - волокна Nb-Ti

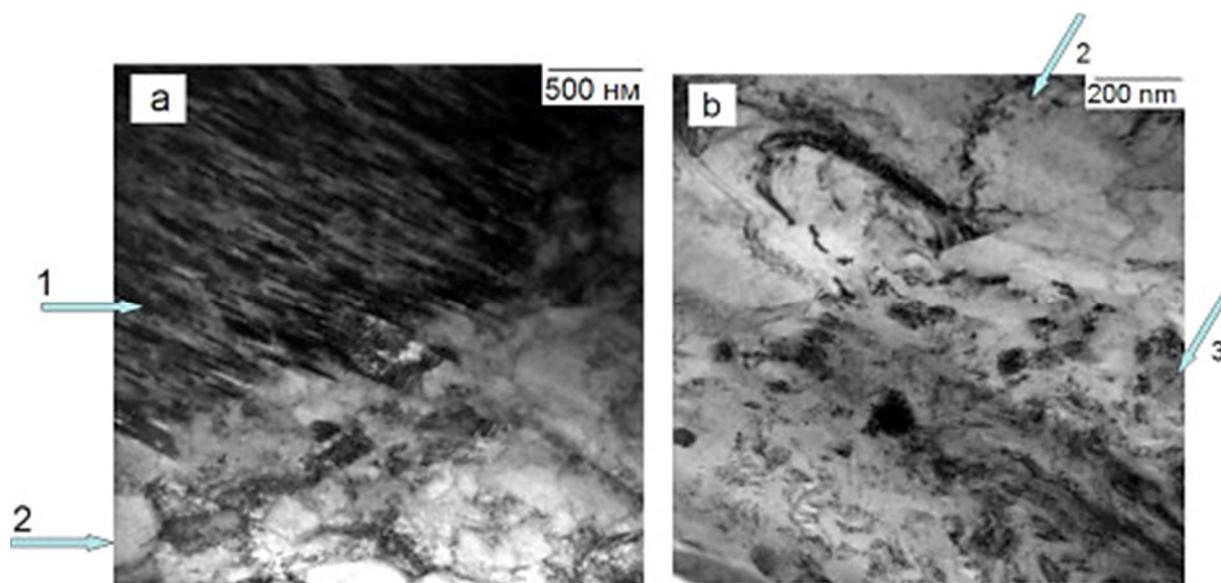


Рисунок 5 - (а) интерфейс между волокном и медью из ниобия и титана с отсутствием барьера ниобия; (б) медный барьер между матрицей и ниобием: 1 - волокна Nb-Ti; 2 - медная матрица из нити Nb-Ti; 3 - Nb барьер

**Заключение.** Было обнаружено лепесткообразное расположение волокон с помощью оптической микроскопии, подобная деформация появляется в результате передвижения, заполнения пустого места другими волокнами после обрыва одного волокна. Таким образом, теряется порядок расположения волокон

Также, эти деформации обнаружались на полученных снимках АСМ. Было обнаружено отсутствие барьера ниобия, что может привести к затруднению непрерывной работы кабеля в целом.

#### Литература

1. Дерягина И.Л., Попова Е.Н., Романов Е.П. Разработка и создание промышленных сверхпроводников на основе Nb<sub>3</sub>Sn и NbTi // Вестник Омского университета. 2013. № 2 (68). С. 57-65.
2. Власов А.И., Елсуков К.А., Косолапов И.А. Оптическая микроскопия. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 181 с.
3. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Нижний Новгород. 2004. 110 с.
4. Корниенко А.Э. Пробоподготовка и пробоотбор: <http://www.modificator.ru/terms/probopodgotovka.html>

---

# Содержание

---

## МЕХАНИКА И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КВАНТОВЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПРИ МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ <i>Абдыкаимов И.З.</i> .....	4
РАСЧЕТ ПО МЕТОДУ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С УЧЕТОМ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЗАГРУЖЕНИЯ <i>Абдыкеева Ш.С., Торокельдиева Ж.М.</i> .....	10
УЧЕТ ПОДАТЛИВОСТИ СТЫКОВ МЕЖДУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ СТЕНОЙ И ПЛИТОЙ ПЕРЕКРЫТИЯ, ОПЕРТЫХ ПО КОНТУРУ <i>Абдыкеева Ш.С.</i> .....	15
ЭКОСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ И ОХРАНЕ РЕСУРСАМИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА <i>Аденова Д.К.</i> .....	21
НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ В ЗАДАЧАХ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ТОКСИЧНОГО КОНТЕНТА <i>Алхасов С.С.</i> .....	27
ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ДЕРИВАЦИОННЫХ ГЭС <i>Аристархова А.О.</i> .....	32
АНАЛИЗ ВАРИАЦИЙ АКТИВНОСТИ КУР-БЕНТАМОК И ЕЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ АТМОСФЕРНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В СИСТЕМЕ СЕЙСМОБИОМОНИТОРИНГА В ЗОНЕ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА <i>Арифулова И.И., Нью В.А., Суровцева Н.В.</i> .....	39
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СРЕДНЕГОДОВОГО ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРОЗОЙ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА, ПОЛУЧЕННЫЕ ПО ДАННЫМ ВИЗУАЛЬНО-СЛУХОВЫХ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ <i>Аязбаев Г.М., Лозбин А.Ю.1, Инчин А.С., Шпади М.Ю.</i> .....	43
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ <i>Беркович Н. В.</i> .....	49
СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТИВНОГО КОМПОНЕНТА МАГНИТОМЕТРОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОЛНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В НАПРЯЖЕНИЕ <i>Верзунов С.Н.</i> .....	53
НАУЧНОЕ РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ В ПУБЛИКАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ И В КАРЬЕРЕ УЧЕНЫХ <i>Гуреев В. Н.</i> .....	60
ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Гусакова В.А., Хмельёва И.В.</i> .....	67

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРОЧНЕНИЯ ПРОВОЛОКИ ИЗ СТАЛИ 3 В ПРОЦЕССЕ МНОГОКРАТНОГО ВОЛОЧЕНИЯ <i>Дьяченко Е.И.</i> .....	71
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И КОСМОФОТОДЕШИФРИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ СЕВЕРНОГО УЗБЕКИСТАНА <i>Закирова Г.С., Юлдашева М.Г., Бикеева Л.Р.</i> .....	73
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ <i>Зеликов Р.В.</i> .....	78
АЛГОРИТМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ МИКРОСНИМКОВ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД И ИСКУССТВЕННЫХ ГЕОМАТЕРИАЛОВ <i>Имашев С.А.</i> .....	82
ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ В ВОЗДУХЕ <i>Кенигсберг Д.В.</i> .....	87
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ТРУБОПРОВОДА ОТ ВНУТРЕННИХ ОТЛОЖЕНИЙ <i>Кубатбекова К.К.</i> .....	92
К ПОСТРОЕНИЮ ПАСПОРТА ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД <i>Кулагина М.А.</i> .....	95
ВЫЯВЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГРАФОВ <i>Ложечка В.И.</i> .....	100
ТЕХНОЛОГИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ (В ВЫЯВЛЕНИИ РОЕВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ) <i>Лютикова В.С., Литовченко И.Н.</i> .....	104
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ БЛИЗ Г. БИШКЕК АТОМНО-ЭМИССИОННЫМ МЕТОДОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХСТРУЙНОГО ПЛАЗМАТРОНА ДГП -50 <i>Мамытбек кызы А.</i> .....	109
РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КООПЕРАТИВНОГО АЛГОРИТМА РОЯ ЧАСТИЦ И ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СИСТЕМ <i>Масимканова Ж.А., Самигулина Г.А.</i> .....	112
ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ИРРИГАЦИОННЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ГОРНЫХ РЕКАХ <i>Матюкова А.Е.</i> .....	116
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ИНСТРУМЕНТА В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ <i>Молчанов И.В.</i> .....	123
ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЮРСКОЙ ТЕРРИГЕННОЙ ФОРМАЦИИ БУХАРО-ХИВИНСКОГО РЕГИОНА <i>Музаффарова Ш.М., Каюпов Н.С.</i> .....	130

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЛЬЕФНЫХ ДЕФЕКТОВ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ ФОТОМЕТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ <i>Ничков В.Н.</i> .....	137
КРИТЕРИЙ ДОСТАТОЧНОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ <i>Панченко Е.М.</i> .....	141
РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СТОРОННЕГО ОБОРУДОВАНИЯ В 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ <i>Попов В.Ю.</i> .....	146
ОБРАЗЕЦ ЦИФРОВОЙ ПОРТАТИВНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ <i>Прохоров О.А.</i> .....	151
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Райымкулов М.А.</i> .....	158
МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Руднев А.Б.</i> .....	160
СОВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ <i>Саламатова А.А.</i> .....	163
ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ В СЕЙСМОАКТИВНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ <i>Сангинов А.М.</i> .....	169
МОДЕЛИ ВЕКТОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ СЛОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ LSTM-СЕТИ <i>Сороковая А.В.</i> .....	171
МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОЙ ОПАСНОСТИ ДЛЯ КА РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ <i>Толендиулы С., Грищенко В.Ф., Нурланкызы А.</i> .....	179
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЯД В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СРЕДЕ <i>Чубаков Т.А., Галдыбаев Б.Г., Акинова А., Жусупкелдиев Ш.</i> .....	186
МЕТОД АТОМНО-СИЛОВОЙ И ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (НА ОСНОВЕ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО КАБЕЛЯ Nb-Ti) <i>Бнтымакова А.С.</i> .....	193



Научное издание

**XI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ И СТУДЕНТОВ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

**Сборник материалов  
XI Международной конференции молодых ученых и студентов**

**Том 2**

**24-26 апреля 2019 года  
Научная станция РАН  
г. Бишкек, Кыргызская Республика**

Формат 60x80 1/8. Печать ризография.  
Объем 56,5 п.л. Тираж 100 экз.  
Отпечатано в типографии «ДЭМИ»  
г. Бишкек, ул. Кулатова, д.1а  
Тел.: +996 (312) 59 17 97