

Периодическое издание,
содержащее статьи научного и
производственного характера

Издается два раза в год

Учредитель журнала:
Инженерная академия
Кыргызской Республики

Журнал зарегистрирован
в Министерстве юстиции
Кыргызской Республики.
Рег. номер №1362

Главный редактор
Кожоголов К.Ч.

Заместитель главного редактора
Алымкулов К.

Ответственный секретарь
Аилчиева Т.А.

Ответственный зам выпуск
Ниязбаев К.

*Главный специалист отдела
допечатной подготовки*
Жумаева Б.А.

*Главный специалист отдела
послепечатной подготовки*
Маканов К.М.

Адрес редакции:

Кыргызская Республика, 720047,
город Бишкек, Редакционно-
издательский Центр ИА КР
ул. Киевская, 96 "Б"
Тел.: (996 555) 71-15-32,
(996 0772) 61-38-00;
Факс: (996 708) 50-33-85

Электронные адреса:
e-mail: eakr.info@gmail.com

Инженер

24* 2022

В журнале «Инженер» опубликованы статьи
ученых и производственников, имеющих
большой опыт в инженерном деле.

Отражены научно-технические проблемы,
новые технологии, опыт иностранных и
отечественных промышленников, мнение и
взгляды аналитиков

Информационные системы, вычислительная
техника, метрология, приборостроение ... 6-41

Машиностроение, материаловедение
и металлургия 42-53

Природные и техногенные катастрофы
и медицинская инженерия 54-65

Энергетика и электротехника 66-72

Механика и процессы управления 73-79

Экономика, право и управление в
инженерной деятельности 80-97

Охрана окружающей среды (инженерная
экология и ресурсосбережение) 98-107

Геология, добыча и переработка полезных
ископаемых 108-119

Коммуникации (транспортные системы
и другие) 120-126

Бишкек
24/2022

Учредителем журнала является
Инженерная академия Кыргызской Республики

**Состав редакционной коллегии научно-производственного
и образовательного журнала «Инженер»:**

Кожогулов К.Ч. – д-р техн.наук, проф. (главный редактор)
Алымкулов К.А. – д-р техники и технологии, проф. (зам.гл.ред.)
Аилчиева Т.А. – ответственный секретарь
Абидов А.О. – д-р техн.наук, проф.
Абытов А.А. – канд. техн.наук, доцент
Асанов А.А. – д-р техн.наук, проф.
Аширалиев А.А. – д-р техн.наук, проф.
Базаров Б.И. – д-р техн.наук, проф.(ТГТУ)
Баткибекова М.Б. – д-р хим.наук, проф.
Бримкулов У.Н. – д-р техн.наук, проф.
Джаманбаев М.Дж. – д-р ф.-м.наук, проф.
Дуйшеналиев Т.Б. – д-р ф.-м.наук, проф.
Иманкулова А.С. – д-р техн.наук, проф.
Кадыров И.Ш. – д-р техн.наук, проф.
Кожокматова Г.С. – д-р мед.наук, проф.
Маймеков З.К. – д-р техн.наук, проф.
Мамасайдов М.Т. – д-р техн.наук, проф.
Маткеримов Т.Ы. – д-р техн.наук, проф.
Мендекеев Р.А. – д-р техн.наук, проф.
Мусакожоев Ш.М. – д-р экон.наук, проф.
Мусульманова М.М. – д-р техн.наук, проф.
Оморов Р.О. – д-р техн.наук, проф.
Осмонбетов К.О. – д-р г.-м.наук, проф.
Сагымбаев А.А. – д-р техн.наук, проф.
Усенов К.Ж. – д-р техн.наук, проф.

Редакторы языковой редакции: *Лыткин Ю.М., Жумаева Б.А.*
Технический редактор: *Маканов К.М.*
Компьютерная верстка: *Султангазиева М.*
Корректор: *Ниязбаев К.*

Подписано в печать с оригинала макета 21.03.22. Формат бумаги 60х84 ¹/₈
Бумага офисная А4, 297х210мм, 80г/м², Печать офсетная, Объем 15,75 п.л.
Заказ 015, Тираж 100 экз.

720055, г.Бишкек, Издательство «ЕАКР», ул.Скрябина, 23. Тел.: (+996 555)
711532, (+996 0772) 613800; (+996 0708) 503385. e-mail: eakr.info@gmail.com

СОДЕРЖАНИЕ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, МЕТРОЛОГИЯ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, СВЯЗЬ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Проблемы робастности и грубости динамических систем Оморов Р.О.	6
Проектирование сети 5G: проблемы и перспективы внедрения в Кыргызской Республике Сагымбаев А.А., Джылышбаев М.Н., Лаценко О.А.	20
Частоты, используемые для 5G в Кыргызской Республике Сагымбаев А.А., Лаценко О.А.	33

МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

К совершенствованию конструкции камнерезных машин с цепными рабочими органами Мамасаидов М.Т., Исманов М.М.	42
--	----

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И МЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

Концентрация асимметричного диметиларгинина и высокочувстви- тельного С-реактивного белка у пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии Джеентаев К.Ш., Иманов Б.Ж., Исакова Ж.Т., Калиев Р.Р.	54
--	----

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Об отсутствии удвоения частоты реактивной мощности в электрической цепи Рахимов К.Р.	66
---	----

МЕХАНИКА И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

Разработка и экспериментальные исследования автоматизированного озонового стерилизатора воздуха Атаханов Х.М., Султанов С.К.	73
---	----

ЭКОНОМИКА, ПРАВО И УПРАВЛЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Вопросы улучшения способов повышения инвестиционной привлекательности

Райымбаев Ч.К., Юсупов А.Ш. 80

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (инженерная экология и ресурсосбережение)

Лимонная кислота – выщелачивающий агент для сурьмы из ее сернистых соединений

Маймеков З.К., Шабданова Э.А., Тунгучбекова Ж.Т., Самбаева Д.А. 98

ГЕОЛОГИЯ, ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Вопросы улучшения способов повышения инвестиционной привлекательности

Осмонбетов К.О., Осмонбетова Д.К., Осмонбетов С.К. 108

КОММУНИКАЦИИ (ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ДРУГИЕ)

Анализ влияния морозного пучения дорожного полотна автомобильных дорог на их эксплуатацию

Джакупбеков Б.Т., Исагалиева С.У., Кадыралиева Г.А. 120

Предисловие

Данный выпуск журнала посвящен вопросам, связанным проблемами инженерного дела в области информационной технологии, машиностроения, медицинской инженерии, энергетики, управления технологическими процессами, экономики, охраны окружающей среды, геологии и транспорта.

Техническая революция, которая началась в конце XVIII века, продолжается до сих пор и будет интенсивно развиваться и в будущем. Поэтому с целью участия в мировом техническом прогрессе выпускается журнал «Инженер: научное и периодическое издание Инженерной академии Кыргызской Республики», где будут опубликованы доклады ученых и производственников, имеющих большой опыт в инженерном деле, также научные статьи аспирантов, магистрантов и студентов.

Редакция журнала осуществляет рецензирование всех поступающих научных статей, соответствующих его тематике, с целью их экспертной оценки.

Публикуемые материалы рецензируются как внутренними, так и внешними рецензентами, являющимися ведущими специалистами в рассматриваемой области. Журнал «Инженер» будет распространяться в странах СНГ и обмениваться публикациями с Инженерными академиями зарубежных стран.

Редколлегия надеется, что представленные в журнале результаты исследований и поднятые вопросы заинтересуют широкий круг читателей.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА, МЕТРОЛОГИЯ, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, СВЯЗЬ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 62-50

ПРОБЛЕМЫ РОБАСТНОСТИ И ГРУБОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Оморов Роман Оморович

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук
Кыргызской Республики, г. Бишкек, e-mail: romano_ip@list.ru*

Аннотация: *Рассматриваются вопросы робастности и грубости систем при параметрических возмущениях как в случае непрерывных, так и дискретных систем. Изложены направления исследований робастности – частотные и алгебраические. Алгебраическое или Харитоновское направление представлено Алгебраическим методом робастной устойчивости. Грубость динамических систем рассмотрен на базе основ метода топологической грубости*

Ключевые слова: *робастность и грубость динамических систем, интервальная динамическая система, робастная устойчивость, точки и интервалы перемежаемости, топологической грубость, особая точка и особые траектории, число обусловленности матриц*

PROBLEMS OF ROBUSTNESS AND ROUGHNESS OF DYNAMIC SYSTEMS

Omorov Roman Omorovich

*Institute of Machine Science and Automation of the National
Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyzstan*

Annotation: *Issues of robustness and roughness of systems at parametric disturbances are considered both in case of continuous and discrete systems. The directions of robustness research are presented - frequency and algebraic. The algebraic or Khariton direction is represented by the Algebraic method of robustic stability. Roughness of dynamic systems is considered on the basis of topological roughness method*

Keywords: *robustness and roughness of dynamic systems, interval dynamic system, robustic stability, interleaved points and intervals, topological roughness, special point and special trajectories, number of matrices conditionality*

Введение. В развитии современной теории управления наблюдается повышенный интерес к проблемам робастности и грубости систем [1-6]. Особое место в обсуждении проблемы робастности систем управления заняло направленность тематики 11-го Международного Конгресса ИФАК, которая состоялась в 1990 г. в г.Таллине [6]. На этом Конгрессе, в связи с важностью вопросов робастности для современной теории и практики систем управления, была проведена представительная дискуссия о проблемах робастности. Достаточно отметить, что на этой дискуссии Конгресса по проблеме робастности в системах управления участвовали и выступали многие известные ученые в области автоматического управления, такие как Я.З. Цыпкин, Э.И. Джури, Б.Т. Поляк, Р. Темпо, В.Л. Харитонов, Ю. Аккерманн, Б. Бармиш, В.М. Кунцевич, М. Мансур и др. Вопросам робастности, с которыми тесно связана проблема грубости, посвящены работы ученых и исследователей многих стран мира [3-20].

Традиционное понимание грубости и робастности в современной литературе определяет робастность как способность систем сохранять те или иные свойства не единственной системы, а множества систем, определенных тем или иным способом, а грубость как свойство систем сохранять качественную картину разбиения фазового пространства на траектории при малом возмущении топологии, при рассмотрении близких по виду уравнений систем [1,2,5,6,20].

Тот интерес, к которому привлекают проблемы робастности и грубости в различных областях науки и техники, да и не только в теории управления, но и в экологии, синергетике и т.д., связан с тем, что эти понятия относятся к важнейшим свойствам систем, рассматриваемых при их реальном функционировании. Что касается систем управления, то в настоящее время наиболее рассмотрены и решены вопросы робастной устойчивости. Решение этих вопросов прежде всего связано с

основополагающей работой В.Л. Харитонова, в которой решены вопросы робастной устойчивости для интервальных полиномов [19].

К настоящему времени недостаточно рассмотрены вопросы построения робастных и грубых нелинейных систем управления.

Появление тенденции «робастизации» в развитии теории управления не случайно, она продиктована необходимостью рассмотрения современных сложных систем управления (не только традиционных систем автоматического управления, а более широкого класса систем управления различной природы) в динамике, со всеми возможными изменениями и возмущениями в реальных условиях функционирования и развития [6].

Как известно, работа В.Л. Харитонова [19], явилась основой современной теории робастной устойчивости.

I. Постановка задачи робастной устойчивости

Рассматриваются линейные динамические системы порядка n , непрерывная

$$\dot{x} = Ax, x(t_0) = x_0, \quad (1)$$

и, дискретная

$$x(m+1) = Ax(m), m = 1, 2, 3, \dots, \quad (2)$$

где $x = x(t) \in R^n$, $x(m)$ - вектора состояния, $A \in R^{n \times n}$ - интервальная матрица с элементами $a_{ij}, i, j = 1, \dots, n$, представляющие интервальные величины $a_{ij} \in [\underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}]$ с угловыми значениями $\underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}, \underline{a}_{ij} \leq \bar{a}_{ij}$.

Требуется определить условия робастной устойчивости систем (1) и (2).

1.1. Непрерывные системы

Основные результаты. В основополагающих для рассматриваемого метода работах [12,14] получены результаты в виде строго доказанных теоремы 1 и леммы к ней о робастной устойчивости систем (1) по условиям гурвицевости четырех угловых полиномов Харитонова, составленным по последовательным сепаратным угловым коэффициентам $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = 1, n)$ характеристических полиномов системы (1):

$$f(\lambda) = \lambda^n + b_1 \lambda^{n-1} + \dots + b_n = 0. \quad (3)$$

Приведем эти теорему 1 и лемму.

Теорема 1. Для того чтобы положение равновесия $x=0$ системы (1) было асимптотически устойчиво при всех $A \in D$ или, чтобы интервальная матрица A была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы были гурвицевы все четыре угловые полиномы Харитонова, составленные по последовательным сепаратным угловым коэффициентам $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = \overline{1, n})$ характеристических полиномов (3) системы (1).

Данная теорема доказана на основе следующей леммы.

Лемма. Сепаратные угловые коэффициенты $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = \overline{1, n})$ образуются как соответствующие коэффициенты полиномов (3), либо при угловых значениях элементов $a_{ij}, i, j = \overline{1, n}$, матрицы A , либо при нулевых значениях некоторых элементов (если интервал принадлежности включает нуль).

Как нетрудно видеть из леммы, для нахождения коэффициентов $b_i, (\underline{b}_i, \bar{b}_i, i = \overline{1, n})$, в общем случае необходимо применение оптимизационных методов нелинейного программирования.

К теореме 1, доказательство которой приведено в приложении работы [12], необходимо сделать следующее уточняющее замечание.

Замечание 1. Из основного аргумента доказательства теоремы 1, связанного с наличием четырех угловых полиномов Харитонова следует, что при отсутствии полного множества (набора) из четырех угловых полиномов условия теоремы 1 необходимы, но могут быть недостаточны для устойчивости системы (1).

Случай, соответствующий приведенному замечанию 1 может возникнуть тогда, когда сепаратные угловые коэффициенты полиномов (3) взаимосвязаны и в итоге сужают набор угловых коэффициентов до количества менее четырех.

Следует отметить, что замечание 1 снимает выводы работы [21] относительно робастной устойчивости интервальных динамических

систем. При этом данное утверждение проиллюстрировано на примерах, приведенных в работе [22].

Справедливость доказанной теоремы 1 подтверждается аннулированием известных контрпримеров к теореме Биаласа [23].

Так, теорема 1 апробирована на различных контрпримерах теоремы Биаласа, в частности из работы [24], где рассматривается матрица

$$A = \Omega_r = \begin{bmatrix} -0.5 - r & -12.06 & -0.06 \\ -0.25 & 0 & 1 \\ 0.25 & -4 & -1 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $r \in [0,1]$, для которого подтверждена справедливость теоремы 1.

Но в случае матрицы $A = \Omega_r$ из [24] можно также наглядно рассмотреть справедливость приведенного выше замечания к теореме 1, что показано в работе [22].

Теорема 1 и лемма позволяют решить задачу о реберной гипотезе для многогранников матриц [5], как показано в работе [22].

1.2. Дискретные системы

Как известно, публикация работы [19] дала импульс для поиска многими исследователями дискретных аналогов теорем Харитонова [4-6, 13,17].

Так в работе [5] указано, что «дискретный вариант харитоновского условия четырех многочленов отсутствует». Но здесь же отмечается, что в настоящее время получены [25, 26] дискретные аналоги слабой и сильной теорем Харитонова.

Но эти аналоги теорем Харитонова имеют определенные ограничения, накладываемые на интервальные области коэффициентов [5]. Эти ограничения были сняты в работах [13, 16], где получены аналоги теорем Харитонова с использованием теоремы Шура.

Также в [13,16] сформулированы теоремы, являющиеся дискретными аналогами результатов работы [12] по интервальным матрицам и многогранникам матриц.

Далее, рассматривается обобщение результатов, полученных в работе [13,16] с учетом выводов, приведенных выше для непрерывных систем.

Основные результаты. Для дискретных систем, используя z - преобразование, получаем интервальный характеристический полином

$$f(z) = \det(zI - A) = \sum b_i z^{n-i}, \quad b_i \in [\underline{b}_i, \overline{b}_i], \quad \underline{b}_i \leq \overline{b}_i. \quad (5)$$

Для определения условий устойчивости воспользуемся теоремой Шура, т.е. условиями вида $|b_0| > |b_n|$, для последовательности полиномов, определяемых рекуррентными соотношениями

$$f_i(z) = [b_0 f(z) - b_n f(1/z)z^n] / z, \dots, f_{i+1}(z) = [b_{0,i} f_i(z) - b_{n,i} f_i(1/z)z^{n-1}] / z,$$

где $b_{0,i}, b_{n,i}$ - соответственно старший и младший коэффициенты i -го ($i = 1, \overline{n-2}$) полинома $f_i(z)$.

Определение. Точками перемежаемости для коэффициентов $b_i, i = \overline{0, n}$ будем называть – точки на действительной оси, в которых происходят переходы корней полинома (5), через единичную окружность на плоскости корней, а интервалами перемежаемости – соответственно интервалы, в которых корни находятся либо внутри, либо вне единичного круга (Рис.1).

В работе [13] сформулированы основные результаты по определению условий робастной устойчивости дискретных интервальных систем в виде соответствующих теорем 1-6.

При этом следует отметить, что, как указано выше на с.7, для случая непрерывных систем [12], справедливость теоремы 5 [13] имеет ограничение, обусловленное Замечанием 1 к теореме 1 работы [12], т.е. теорема 5 верна при полном наборе из 4-х различных полиномов Харитонова.

Справедливость результатов [13, 16] относительно аналога сильной теоремы Харитонова продемонстрированы на известных контрпримерах, в частности из [5].

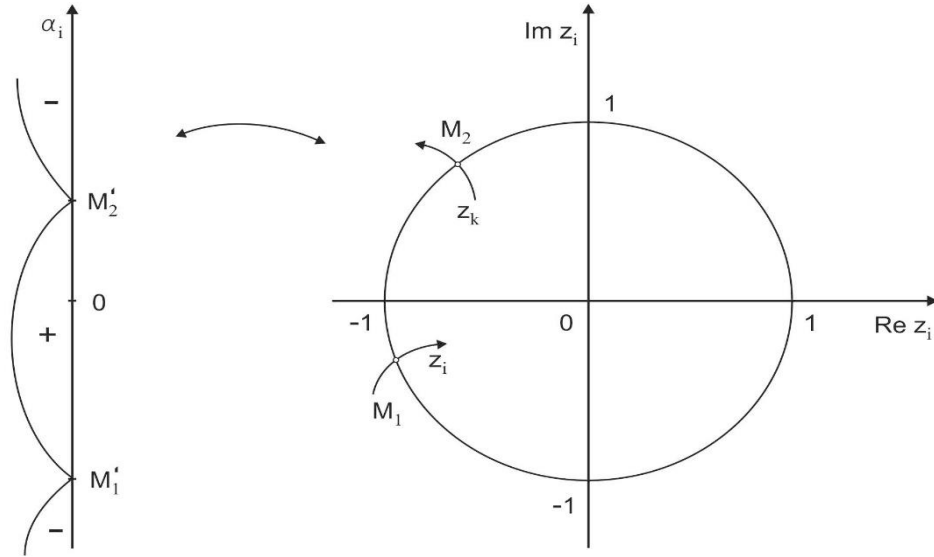


Рис.1. Точки (M'_1, M'_2) и интервалы перемежаемости $(-\infty, M'_1)^-, [M'_1, M'_2]^+, [M'_2, +\infty)^-$ для коэффициента a_i .

Таким образом, алгоритм определения робастной устойчивости дискретных интервальных динамических систем будет следующим.

1. Пользуясь формулами леммы к теореме 1 [12], оптимизацией по элементам $a_{ij} \in [\underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}]$, $i, j = \overline{1, n}$, интервальной матрицы A , находятся сепаратные угловые коэффициенты $b_i \in [\underline{b}_i, \bar{b}_i]$, $i = \overline{0, n}$, интервального характеристического полинома (5).

2. Определяются четыре полинома Харитонова, соответствующие интервальному полиному (5)

$$f_1(z) : \{\underline{b}_0, \underline{b}_1, \bar{b}_2, \bar{b}_3, \underline{b}_4, \dots\}, f_2(z) : \{\underline{b}_0, \bar{b}_1, \bar{b}_2, \underline{b}_3, \underline{b}_4, \dots\};$$

$$f_3(z) : \{\bar{b}_0, \underline{b}_1, \underline{b}_2, \bar{b}_3, \underline{b}_4, \dots\}, f_4(z) : \{\bar{b}_0, \bar{b}_1, \underline{b}_2, \underline{b}_3, \bar{b}_4, \dots\};$$

3. Составляются n неравенств вида (П.2), указанных в Приложении работы [13].

4. Относительно каждого коэффициента b_i , $i = \overline{0, n}$, считая остальные коэффициенты фиксированными, последовательно находятся точки перемежаемости для всех четырех полиномов Харитонова и по всем n неравенствам (см. п.3), начиная с меньших порядков.

5. Если все точки перемежаемости по всем коэффициентам $b_i, i = \overline{0, n}$, не принадлежат заданным интервалам, то исходный полином (система) устойчив (а), в противном случае – неустойчив.

II. Основные положения метода топологической грубости

В классической постановке вопросы грубости и бифуркаций были поставлены еще на заре становления топологии как нового научного направления математики великим французским ученым А. Пуанкаре, в частности термин бифуркация впервые введен им и означает дословно «раздвоение» или иначе от решений уравнений динамических систем ответвляются новые решения.

Грубость динамических систем при этом определяется, как свойство систем сохранять качественную картину разбиения фазового пространства на траектории при малом возмущении топологий, при рассмотрении близких по виду уравнений систем.

В современной терминологии «бифуркация» употребляется как название любого скачкообразного изменения, происходящего при плавном изменении параметров в любой системе. Таким образом, бифуркация означает переход между пространствами грубых систем. Переход между грубыми системами осуществляется через негрубые области (пространства).

Многие основополагающие результаты в теории грубости и бифуркации получены А.А.Андроновым и его школой [1, 2].

В работе [1] впервые дано понятие грубости и сформулированы качественные критерии грубости, названное понятием грубости по Андронову-Понтрягину [2], формальное определение которого приведены в работах [20, 27, 28].

В многомерной постановке рассматривается динамическая система (ДС) n -го порядка

$$\dot{z}(t) = F(z(t)), \quad (6)$$

где $z(t) \in R^n$ - вектор фазовых координат (далее обозначение времени t , если не оговорено, для краткости опускаем), F – n -мерная дифференцируемая вектор-функция.

Система (6) называется топологически грубой по Андронову – Понтрягину в некоторой области G если исходная система и возмущенная система, определенная в подобласти $\tilde{G}$, области G :

$$\dot{\tilde{z}} = F(\tilde{z}) + f(\tilde{z}), \quad (7)$$

где $f(\tilde{z})$ – дифференцируемая малая по какой либо норме $\|\cdot\|$ n – мерная вектор-функция, являются ε – тождественными в топологическом смысле.

Системы (6) и (7) ε – тождественны, если существуют открытые области $D, \tilde{D}$ в n – мерном фазовом пространстве также, что $D, \subset \tilde{D} \subset \tilde{G} \subset G$

$\exists \varepsilon, \delta > 0 :$

если $\|f(\tilde{z})\| < \delta,$

$$|df_i(\tilde{z})/d\tilde{z}_j| < \delta, \quad i, j = \overline{1, n},$$

то $|\|z\| - \|\tilde{z}\|| < \varepsilon,$

или $(\tilde{D}, (2)) \equiv (D, (1)), \quad (8)$

иначе, разбиение областей $\tilde{D}$ и D траекториями систем (7) и (6) ε – тождественны (имеют одинаковые топологические структуры с траекториями близкими до ε). Если (8) не выполняется, то система (6) негруба по Андронову-Понтрягину.

Топологическая структура динамических систем определяется *особыми траекториями* и многообразиями типа особых точек, особых линий, замкнутых траекторий, притягивающих многообразий (аттракторов).

В работах [9,10], на базе понятия грубости по Андронову-Понтрягину предложены основы «метода топологической грубости» с использованием меры грубости в виде числа обусловленности $C\{M\}$ – нормированной матрицы M , приведения системы к каноническому

диагональному (квазидиагональному) виду в особых точках фазового пространства. Здесь же, впервые введены понятия максимальной грубости и минимальной негрубости систем, на отношениях пары δ и ε , которые сформулированы в виде Определений 1 и 2.

Условие достижимости максимальной грубости и минимальной негрубости в окрестности особых точек фазового пространства определяется следующей теоремой, доказанной в работе [9].

Теорема 2. *Для того чтобы динамическая система в окрестности гиперболической особой точки (z_0) была максимално грубой, а в окрестности негиперболической – минимально негрубой, необходимо и достаточно иметь:*

$$M^* = \operatorname{argmin} C\{M\},$$

где M - матрица приведения линейной части A системы (6) в особой точке (z_0) к диагональному (квазидиагональному) базису, $C\{M\}$ - число обусловленности матрицы M .

Замечание 2. *Как следует из определений 1 и 2, а также теоремы 2, существуют и минимально грубые, и максимално негрубые системы, для которых $C\{M\} = \infty$. Иначе, множество грубых и негрубых систем образуют непрерывные множества со значениями $C\{M\}$ от 1 до ∞ . При этом, системами с $C\{M\} = \infty$ будут системы с жордановой квазидиагональной формой матриц A .*

Теоретические результаты «метода топологической грубости», полученные в работах [9,10,29], позволяют управлять грубостью синергетических систем, соответствующая теорема доказана в работе [9].

Метод топологической грубости также позволяет определять бифуркации динамических систем на основе критериев, разработанных в работах [27-29].

Более того, метод представляет возможности прогнозирования бифуркаций, а также управления параметрами бифуркаций.

Заключение. *Алгебраический метод Харитоновского направления исследований робастной устойчивости интервальных динамических*

систем, рассмотренный в данной работе, является дальнейшим развитием основных результатов работ [12, 13], который позволяет решать проблему робастной устойчивости при общем виде интервальной матрицы системы. При этом метод направлен для решения задач робастной устойчивости как для линейных непрерывных, так и для линейных дискретных интервальных динамических систем. Вопросам робастной устойчивости как частотного, так и алгебраического направления, в особенности, результатам *Алгебраического метода робастной устойчивости* посвящены монографии [30, 31].

Следует отметить, что *Замечание 1* к теореме 1 существенным образом уточняет результаты работы [12], а именно подчеркивает необходимость полного набора из четырех угловых полиномов Харитонова (с учетом кратности полиномов) для определения робастной устойчивости интервальных динамических систем. Также, условия необходимости и достаточности по теореме 1 соответствуют угловым сепаратным коэффициентам, определяемым последовательно от 1-го до n -го коэффициента характеристического полинома системы, которые могут быть найдены с использованием методов нелинейного программирования.

В работе также рассмотрены основные положения *метода топологической грубости* систем, разработанной автором. Фундаментальные результаты в области теории грубости и бифуркаций динамических систем в целом и синергетических систем в частности, приведены в обобщающих монографиях [32 - 35].

Список литературы

1. Андронов А.А., Понтрягин Л.С. Грубые системы //Докл. АН СССР, 1937. Т.14. – No 5. – С. 247-250.
2. Аносов Д.В. Грубые системы // Топология, обыкновенные

дифференциальные уравнения, динамические системы: Сб. обзорных статей. 2. К 50-летию института (Труды МИАН СССР. Т.169). – М.: Наука. 1985. – С. 59-93.

3. Dorato P.A. Historical review of robust control // IEEE Contr. Syst. Magazine. 1987. V.7. №2. P.44-47.

4. Гусев Ю.М., Ефанов В.Н., Крымский В.Г. и др. Анализ и синтез линейных интервальных динамических систем (состояние проблемы). I. Анализ с использованием интервальных характеристических полиномов // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. 1991. – №1. – С. 3-23.

5. Джури Э.И. Робастность дискретных систем // Автоматика и телемеханика. 1990. – №5. – С.4-28.

6. Дискуссия по проблеме робастности в системах управления // Автоматика телемеханика. 1992. – №1. – С. 165-176.

7. Неймарк Ю.И. Робастная устойчивость и D-разбиение // Автоматика и телемеханика. 1992. – №7 – С. 10-18.

8. Никифоров В.О. Робастное управление линейным объектом по выходу // Автоматика и телемеханика. 1998. – №9. – С. 87-99.

9. Оморов Р.О. Максимальная грубость динамических систем // Автоматика и телемеханика. 1991. – №8. – С. 36-45.

10. Omorov R.O. Maximal coarseness of dynamical systems // Automation and Remote Control. 1992. T. 52. № 8 pt. 1. P. 1061-1068.

11. Оморов Р.О., Ушаков А.В. Оценка робастности в задачах управления и наблюдения // Известия вузов. Электромеханика. 1991. – №1. – С. 78-85.

12. Оморов Р.О. Робастность интервальных динамических систем. I. Робастность непрерывных линейных интервальных динамических систем // Теория и системы управления. 1995. – №1. – С. 22-27.

13. Оморов Р.О. Робастность интервальных динамических систем. II. Робастность дискретных линейных интервальных динамических систем // Теория и системы управления. 1995. – №3. – С. 3-7.

14. Omorov R.O. Robustness of Interval Dynamic Systems. I. Robustness

I Continous Linear Interval Dynamic Systems // Journal of Computer and Systems Sciences International. 1996. Т.34. – No3. – С.69-74.

15. Omorov R.O. Robustness of Interval Dynamic Systems. II. Robustness of Discrete Linear Interval Dynamical Systems // Journal of Computer and Systems Sciences International. 1996. Т. 34. – No4. – С.1-5.

16. Оморов Р.О. О дискретном аналоге теоремы Харитоновой // Наука и новые технологии, 2002, – No3. – С. 5-10.

17. Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З. Робастная устойчивость линейных систем // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. Т.32.М.: ВИНТИ. 1991. – Т.32. – С. 3-31.

18. Поляк Б.Т., Цыпкин Я.З. Робастный критерий Найквиста // Автоматика и телемеханика. 1992. – No7. – С. 25-31.

19. Харитонов В.Л. Об асимптотической устойчивости положения равновесия семейства систем линейных дифференциальных уравнений //Дифференц. уравнения. 1978. Т.14. – No 11. – С. 2086-2088.

20. Barmish B.R., Hollot C.V. Counter-example to a recent result on the stability by S. Bialas // Int. J. Control. 1984. V.39. No5. P. 1103-1104.

21. Barmish B.R., Fu M., Saleh S.// Stability of a polytope of matrices: Counterexamples // IEEE Trans. Automatic. Control. 1988.V.AC-33. No6. P. 569-572.

22. Bialas S. A necessary and sufficient condition for stability of internal matrices // Int. J. Control 1983. V.37. No4. P. 717-722.

23. Kraus F.J., Anderson B.D.O., Jury E.I., Mansour M. On the robustness of low order Shur polynomials // IEEE Trans. Circ. Systems. 1988. – V. CAS-35, N5. P. 570-577.

24. Mansour M., Kraus F.J. On robust stability of Shur polynomials // Report N 87-05, Inst. Autom. Cont. Ind. Electronics, Swiss, Fed. Inst. Tech. (ETH). Zurich, 1987.

25. Rohn J. Regularity of Interval Matrices and Theorems of Alternatives // Reliable Computing (2006) 12. P. 99-105.

26. Оморов Р.О. Модальная чувствительность, робастность и грубость

динамических систем (обзорная статья) // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т.21. – № 2. – С. 179-190.

27. Оморов Р.О. Алгебраический метод исследования робастности интервальных динамических систем // Научно-технический Вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т.20. – №3. – С.364-370.

28. Оморов Р.О. Метод топологической грубости динамических систем: Приложения к синергетическим системам // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т.20. – № 2. – С. 257-262.

29. Оморов Р.О. Приложения метода топологической грубости к синергетическим системам // Инженер: научное и периодическое издание Инженерной академии Кыргызской Республики. – Бишкек, 2021. – № 22. – С. 65-72.

30. Оморов Р.О. Синергетические системы: Проблемы грубости, бифуркаций и катастроф // Наука и новые технологии. – Бишкек, 1997. – № 2. С.26- 36.

31. Оморов Р.О. Робастная устойчивость интервальных динамических систем. – Бишкек: Илим, 2018. – 104 с.

32. Omorov R. Robust Stability of Interval Dynamic Systems. - Beau Bassin: LAP LAMBERT, 2017. 74 p.

33. Оморов Р.О. Теория топологической грубости систем: Приложения к синергетическим системам. – Б.: Илим, 2019. – 288 с.

34. Omorov R. Theory of Topological Roughness of Systems: Applications to Synergetic Systems and Chaos. – Beau Bassin: LAP LAMBERT, 2019. – 220 p.

35. Оморов Р.О. Чувствительность, робастность и грубость динамических систем. – М.: ЛЕНАНД, 2021. – 304 с.

36. Оморов Р.О. Синергетика и хаос: Топологическая грубость и бифуркации. – М.: ЛЕНАНД, 2022. – 160 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТИ 5G: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Сагымбаев А.А.,¹ Джылышбаев М.Н.,² Лаценко О.А.³

Министерство цифрового развития КР,¹ Кыргызский экономический университет,² Кыргызско-Российский Славянский Университет,³
Бишкек, Кыргызстан, dnmaksat@yahoo.com

Аннотация: Статья посвящена вопросам внедрения сети пятого поколения в Кыргызской Республике, учитывая проблемы, которые будут встречаться, возможные решения для них, а также перспективы.

В содержании статьи отражены: основные стратегии перехода к беспроводной связи 5G; вопросы внедрения, реальные возможности и перспективные направления Интернет вещей; преимущества и недостатки новой технологии

Ключевые слова: технология 5G, мобильная связь, смартфоны, планшеты, дроны, высокоскоростная система, телекоммуникационная информационная инфраструктура, интеграция новых технологий

5G NETWORK DESIGN: PROBLEMS AND PROSPECTS OF IMPLEMENTATION IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Sagimbayev A.A.,¹ Dzhylyshbayev M.N.,² Lutsenko O.A.³

Ministry of Digital Development of the Kyrgyz Republic,¹ Kyrgyz Economic University,² Kyrgyz-Russian Slavic University,³ Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation: The article is devoted to the implementation of the fifth generation network in the Kyrgyz Republic, taking into account the problems that will occur, possible solutions for them, as well as prospects.

The content of the article reflects: the main strategies for the transition to 5G wireless communication; implementation issues, real opportunities and promising areas of the Internet of Things; advantages and disadvantages of the new technology

Keywords: 5G technology, mobile communications, smartphones, tablets, drones, high-speed system, telecommunication information infrastructure, integration of new technologies

Ключевые задачи при моделировании сети

Сети 5G обещают перенести нас в потрясающий мир беспроводных коммуникаций и интеллектуальных систем. Эта технология затронет области электроники, интернета вещей (IoT), систем помощи водителю (ADAS), телекоммуникаций, развлечений, медицины, транспорта и многих других секторов. 5G будет предоставлять миллиардам устройств по всему миру данные по требованию.

5G это новая техническая революция – повсеместно распространяющаяся ультрабыстрая вычислительная сеть соединит миллиарды устройств. Это приведёт к экономическому расширению многих секторов, позволит создавать новые продукты и службы, что в значительной степени повлияет на жизнь каждого.

Но для достижения преимуществ, которые могут дать сети 5G, нужно переосмыслить подход к проектированию электронных компонентов, устройств и инфраструктуры в целом. Продумать взаимодействие устройств и то, как они соединяются друг с другом в далеко не идеальных условиях. Возможности сетей 5G можно будет достичь благодаря следующим технологическим решениям:

- использование миллиметрового диапазона волн (mmWave spectrum);
- установка множества антенн с применением технологии MIMO;
- уменьшение размера соты базовых станций (small cells);
- динамическое формирование и отслеживание луча диаграммы направленности антенны (beamforming).

Объединение этих технологий в одну систему позволяет значительно увеличить скорость, пропускную способность, стабильность и покрытие сети. Сложность объединения этих решений в одном "корпусе" заключается в необходимости проектирования однокристальных систем (SoCs), способных:

- обрабатывать большие объемы данных;
- поддерживать различные варианты машинных коммуникаций (процессов, происходящих без участия человека);
- обеспечить высокую надежность сетей;
- гарантировать низкую задержку при передаче данных.

Благодаря агрегации каналов в диапазоне 6-ГГц, будет возможно развертывание сетей 5G, используя уже существующую инфраструктуру. Однако, данный метод подразумевает одновременную работу нескольких базовых станций, что приводит к перекрестным радиопомехам и дополнительным тепловым нагрузкам. Из-за использования более высоких частот, технологии 5G требуют плотного размещения существующих сетей и совершенствование радиочастотной коммутации. Для решения этих задач инженеры используют расчетные платформы, необходимые для определения параметров элементов сетей.

Как уже было сказано ранее, разработка и проектирование систем 5G является достаточно сложной задачей. Для того, чтобы построить действующую сеть 5G, требуется постоянное тестирование и прототипирование, что занимает много времени и является очень дорогостоящим процессом. Чтобы сократить затраты и значительно ускорить производство, разработчики используют виртуальные модели - "цифровые двойники" реальных систем, которые в последнее время набирают все большую популярность. Благодаря такому подходу инженеры моделируют проекты на различных уровнях абстракции, от проектирования компонентов до моделирования на системном уровне. Заменяя часть системы на виртуальный прототип, навешивая датчики и обеспечивая тем самым цифровой интерфейс для системы моделирования. Проектирование и моделирование тесно связаны и являются неотъемлемыми частями процесса разработки устройства.

Виртуальное прототипирование и моделирование могут существенно снизить стоимость и ускорить процесс разработки. Улучшение диаграммы направленности в 5G позволяет увеличить пропускную способность и скорость передачи данных для беспроводных приложений. Технологии MIMO используют многолучевое распространение и пространственное мультиплексирование между базовыми станциями и абонентским оборудованием, позволяют увеличить скорость передачи данных и обслуживать большее количество абонентов. Корректное формирование и управление лучом диаграммы направленности оптимизирует подключение и снижает риск обрыва соединения.

Антенные системы должны быть тщательно спроектированы для лучшего контроля за элементами, их установкой и монтажом, а также, чтобы минимизировать потери вследствие потенциального выхода элементов из строя.

Применение стандартов 5G приведёт к увеличению количества несущих LTE, используемых для подключения одного абонента, с целью увеличить пропускную способность. Однако, это означает и увеличение сложности оборудования, и повышение потенциального количества помех. Растущее количество чувствительных фильтров как на базовых станциях, так и у абонентов позволяет разделять под несущие и сигналы. Оценка электромагнитной связи между резонаторами, фильтрами и осцилляторами, установленными на обоих концах, имеет ключевое значение в разработке этих интерфейсов.

Интеграция различных модулей в высокочастотный интерфейс приводит к выделению большого количества тепла, тогда как большая часть оборудования пользователей не приспособлено к активному охлаждению. Антенны базовых станций также будут склонны к перегреву и должны рассеивать тепло за счёт воздушных или водяных систем охлаждения. Зависимые от температуры свойства электронных систем должны быть изучены для уменьшения выделяемого тепла и сохранности системы. Для решения этих задач также могут быть использованы системы моделирования, позволяющие анализировать воздушные потоки.

Перед началом развертывания коммерческой сети требуется обширное и эффективное моделирование сети. Целью моделирования сети является решение следующих ключевых задач:

- необходимо решить задачу частотно территориального планирования, чтобы обеспечить минимальное количество межсистемных помех, при максимальной зоне обслуживания, обеспечивая требуемое качество передачи информации и ЭМС с существующим радиооборудованием;
- проверить характеристики имеющейся сети;
- оптимизировать методы преобразования и передачи информации по будущей сети;
- оптимизировать параметры устройств, работающих в этой сети.

Для решения вышеупомянутых проблем моделирования беспроводной сети необходимы следующие исходные данные:

- карта местности, необходимая для адекватного описания условий распространения сигнала в рассматриваемом регионе при использовании модели в автоматизированных компьютерных системах;
- информация о распределении абонентов (трафика) в оцениваемой области и их характеристиках (удельной Эрланговой нагрузке), аналитически определенная или представленная в формате взаимозаменяемых картографических данных;
- технические характеристики будущей сети (технологии передачи и обработки информации, диапазон частот, требуемый уровень ОСШ и т. д.), зависящие от используемого стандарта;
- характеристики будущего оборудования;
- координаты и технические характеристики радиооборудования, работающего в рассматриваемом регионе, необходимого для расчета показателей ЭМС, спроектированных и эксплуатируемых в этом регионе сетей.

Современные подходы к планированию сетей 5G

Проектирование сети 5G отличается от процессов проектирования предыдущих стандартов. Дело в том, что оборудование для 5G, а также и сама архитектура сети значительно меняется. Как говорилось ранее, 5G становится более виртуальной, чем аппаратной. То есть даже сам процесс обработки данных в дата центре меняется.

5G не просто новый стандарт мобильной связи, внедрение сетей 5-го поколения в долгосрочной перспективе преобразует наше восприятие мира и приведет к социальной трансформации общества. При этом изменится экономика сетей: средняя скорость передачи увеличится в 40 раз, а себестоимость доставки напротив уменьшится в 30 раз. Уже к 2024 году, по мнению аналитиков, до 30% мобильного трафика будет идти через устройства с поддержкой 5G. На технологию 5G к 2025 году будет приходиться 15% всего мирового сектора мобильной телефонии.

5G - новый стандарт сотовой связи, который должен прийти на

замену 4G (в него входят LTE Advanced и WiMAX). Сотовые операторы и производители смартфонов, включая Apple, часто называют главным преимуществом 5G в разы выросшую скорость по сравнению с 4G. К примеру, они утверждают, что двухчасовой фильм на 5G можно будет скачать за пару секунд.

Согласно стандарту 5G, сети нового поколения действительно должны работать на скорости до 20 Гбит в секунду в идеальных условиях и до 50 Мбит в секунду в плотной застройке. Но на самом деле всё не так просто.

Сотовая связь пятого поколения, как и все предыдущие, работает за счёт радиоволн - тех же, которые позволяют слушать FM-радио, но с более высокими частотами. Главное отличие 5G в использовании самого широкого и одновременно высокого диапазона в истории сотовой связи. Если LTE работал в промежутке от 700 до 2100 мегагерц, то 5G может работать на частотах до 100 гигагерц.

Создание максимально возможной зоны покрытия при этом обеспечивая требуемую емкость сети - являются основным подходом к проектированию сети следующего поколения на ранних стадиях развития. Эти поставлены задачи зачастую являются противоречивыми друг-другу. Так, например, в городе с плотной застройкой, покрытие сети намного меньше, чем они должны быть, но при этом сохраняется хорошая пропускная способность.

А в пригородной зоне всё наоборот, зона покрытия больше и покрывают большие территории, но пропускная способность значительно ниже.

На сегодня существует несколько подходов к планированию сети 5G:

1. Планирование сети "с нуля": сеть разворачивается в новой области, без опоры на существующие сети (4G). Такие сети называются автономными. В Кырнызстане такой подход нецелесообразен из-за его обширной территории.

2. Сеть 5G строится постепенно с максимальным использованием существующих сетей 4G (посредством модернизации). В этом случае целесообразно установить первые базовые станции 5G, в местах где сеть 4G не справляется с обслуживанием трафика и решать проблему не

покрытия, а прежде всего, наращивания емкости сети. Учитывая, что использование этого подхода требует меньших инвестиций, это оптимальный выбор для рынка в Кыргызстане.

3. Сеть 5G строится с использованием инфраструктуры существующей сети 3G путем замены базовых станций 3G/HSPA (также программного обеспечения в них) на 5G и соответственно, укрепления транспортной инфраструктуры (посредством модернизации). Это дорогое решение, требующее значительных разовых инвестиций. Этот вариант также рассматривается, так как важность сети 3G снижается с каждым годом, и многие страны объявили о своем намерении отказаться сети третьего поколения.

4. Создание единого оператора 5G на всю страну. Его можно создать по подходу 1 или 2, если есть такая возможность и финансирование. Всем действующим операторам предоставляется возможность продавать услуги этого «перевозчика». Здесь есть ряд минусов:

- не готово законодательство;
- не задействован механизм конкуренции, а значит, себестоимость проекта и цены на его услуги могут оказаться слишком высокими;
- нет стимулов к развитию.

5. Совместное строительство сетей 5G несколькими операторами. Этот подход означает, что государство выдает лицензии и частоты при условии, что каждая или несколько таких лицензий предназначены для совместного использования двумя или более операторами. Подобные примеры существуют за рубежом. Этот метод наиболее вероятен, потому что инвестиции в этот проект огромны, и этот метод поможет операторам сократить расходы в три раза.

Проектирование сети включает в себя следующие этапы:

- подготовительный этап, на нём происходит сбор информации о планируемой сети, то есть емкость будущей сети, зона покрытия, подготавливаются необходимые ресурсы и производят моделирование.
- номинальное и детальное планирование, которое включает выбор и использование различных методов планирования. Он включает в себя

настройку модели распределения, определение пороговых значений из запланированного ресурса, создание подробного плана радиосети на основе пороговых значений, проверку скорости передачи с более подробной оценкой трафика, настройки планирования, параметры планирования gNB;

– определение ключевых показателей эффективности и параметров планирования использования параметров и счетчиков gNB, которые определяют эффективность ключевых показателей и целей на основе поставщика оборудования, контроль ключевых показателей эффективности и целей посредством планирования, а также оптимизация до и после запуска сети.

Перспективы модернизации сетей связи от LTE к 5G

Как уже упоминалось, современные сети 4G не соответствуют требованиям, изложенные в новых сценариях применения. Помимо плотности соединения, ширины полосы радиосвязи и т.д., задержки в сетях 4G относительно велики. Задержки состоят из задержек в части радиосвязи и в части инфраструктуры, и сегодня достигают десятков миллисекунд. В долгосрочной перспективе для полноценных сетей 5G, включая поддержку Slicing и URLLC, потребуется новая сетевая инфраструктура NGCN (конвергентная сеть нового поколения) и обновление сети радиодоступа.

Консорциум 3GPP изначально учел сложность развертывания новых сетей и принял на вооружение сценарии перехода от стандартной конфигурации LTE сетей к 5G. Внедрение 5G предлагается сначала проводить поверх существующей инфраструктуры LTE EPC в режиме NSA (Non-Standalone), как это делали операторы сотовой связи весь 2019 год. В такой конфигурации задержки на радиочасти сократятся, но виду ограничений LTE ядра EPC, общий показатель задержки будет далек от требований URLLC. Главный смысл такой конфигурации в другом – в радиочасти мы получим значительное повышение пропускной способности достаточных для большинства существующих приложений eMBB, а также стабильность соединения при большом количестве подключившихся абонентов на одну базовую станцию.

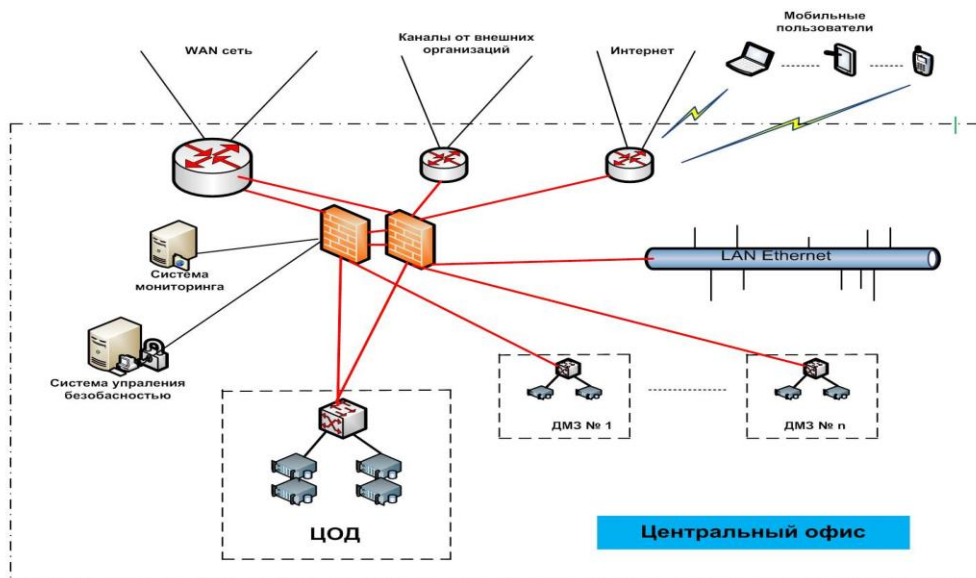


Рис.1. Сценарии построения, начального и промежуточного этапов

Начальная модель NSA направлена на улучшение качества мобильного широкополосного интернета для повышения надёжности и объёма передаваемых данных путём использования подключения в режиме EN-DC (E-UTRAN New Radio - Dual Connectivity).

Пользовательские терминалы, поддерживающие EN-DC, могут одновременно подключаться к базовым станциям LTE и 5G, при этом базовая станция LTE является якорной (требуется модернизация до ng-eNb, или new generation eNB).

При удовлетворительном «качестве радиосигнала» 5G базовая станция LTE ng-eNb инициирует запрос к базовой станции 5G gNB на выделение UE сетевых ресурсов. По завершении процедуры UE подключается одновременно к базовым станциям LTE ng-eNB и 5G gNB. Конечно, зона охвата базовой станции 5G будет значительно уже LTE, т.к. высокочастотный сигнал миллиметрового диапазона имеет больший коэффициент затухания. Далее, посредством комбинированных базовых станций LTE+5G-NR можно осуществить расширение зоны покрытия 5G за счет применения технологии DSS (Dynamic Spectrum Sharing, динамическое разделение спектра), когда нижний диапазон частот E-UTRAN (<2ГГц) делится динамически с 5G-NR до внедрения операторами ядра 5G сети смогут работать вот таким образом.

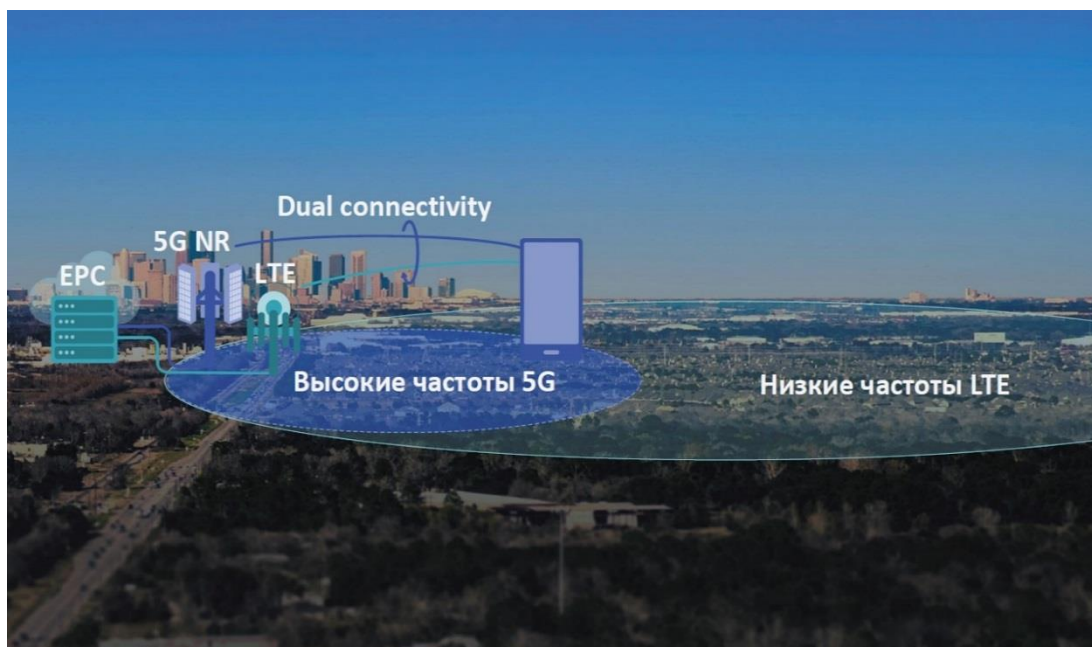


Рис. 2. Подключение UE к LTE ng-eNB и 5G gNB в режиме EN-DC

Далее от этапа #3, когда операторы сотовой связи интегрируют ядро 5G NGCN, они могут переходить к целевому и финальному режиму SA (опции #2 и #5), когда используется одна технология радиодоступа – либо E-UTRAN, либо 5G-NR. Ниже представлен финальный вид сети 5G, способной предоставлять услуги URLLC.

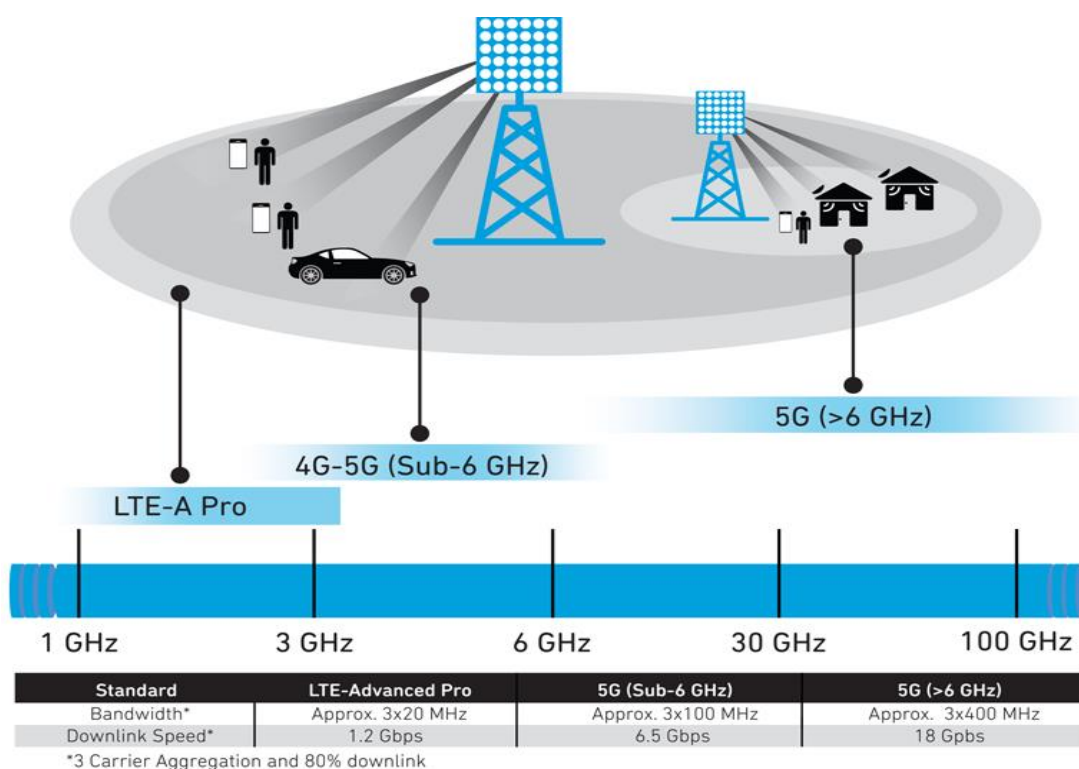


Рис. 3. Расширение зоны покрытия 5G за счет низких частот LTE

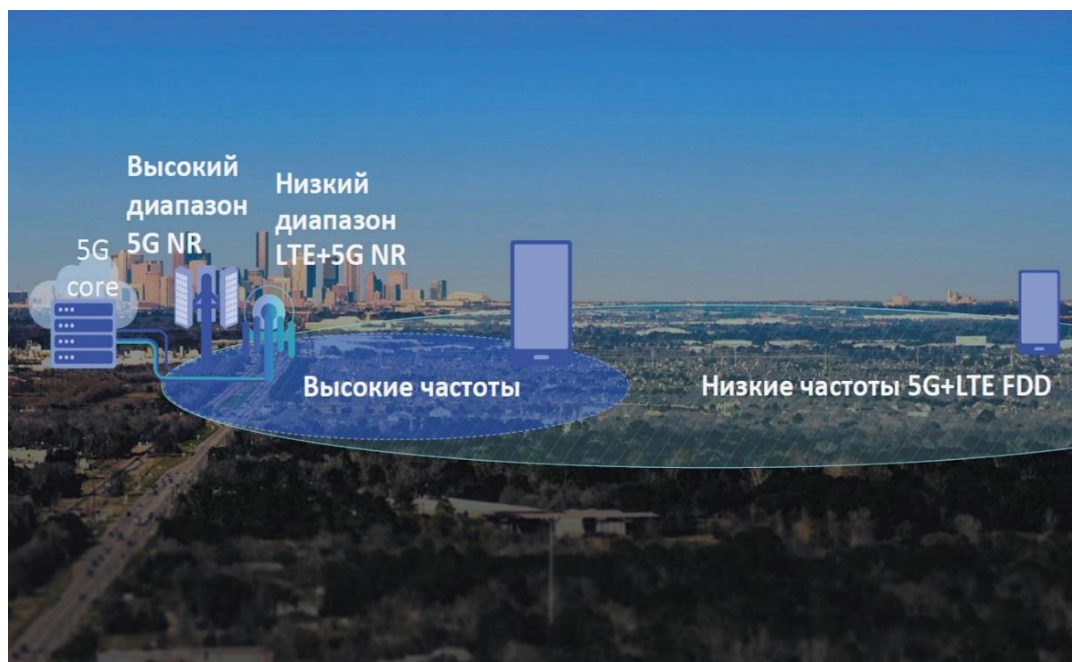


Рис. 4. Финальный вид сети 5G

Для удовлетворения растущей потребности eMBB можно задействовать средние частоты (2 ГГц-7 ГГц), увеличив таким образом скорости передачи данных, в том числе и за счет агрегации частот. Ниже частота – больше покрытие, но и меньше ширина канала. Однако есть способ увеличить покрытие сохраняя высокую скорость выгрузки при помощи дополнительного канала линии вверх (SUL, Supplementary Uplink). Как это работает? На рисунке ниже показано, как «парному» 31 (UL/DL) радиоресурсу из средних частот для UE назначается дополнительный непарный канал линии «вверх» (SUL) из низких частот.

Тогда в одной соте UE получает 1xDL (средние частоты) и 2xUL (низкие и средние частоты) канала, использование которых будет контролироваться сетью. В этом случае, на границе соты в DL-канале используется среднечастотный сигнал с повышенной мощностью из «парного» диапазона, а в UL-канале – низкочастотный сигнал в непарном SUL диапазоне. В итоге базовая станция «видит» UE на более дальних расстояниях, а скорость скачивания сохраняется как с применением средних частот.

На данном этапе, известны по большей мере проблемы, перспективой внедрения является лишь высокая скорость, по той причине, что в стране на данный момент не имеется такой инфраструктуры

промышленности, которая могла бы раскрыть потенциал 5G в полной мере.

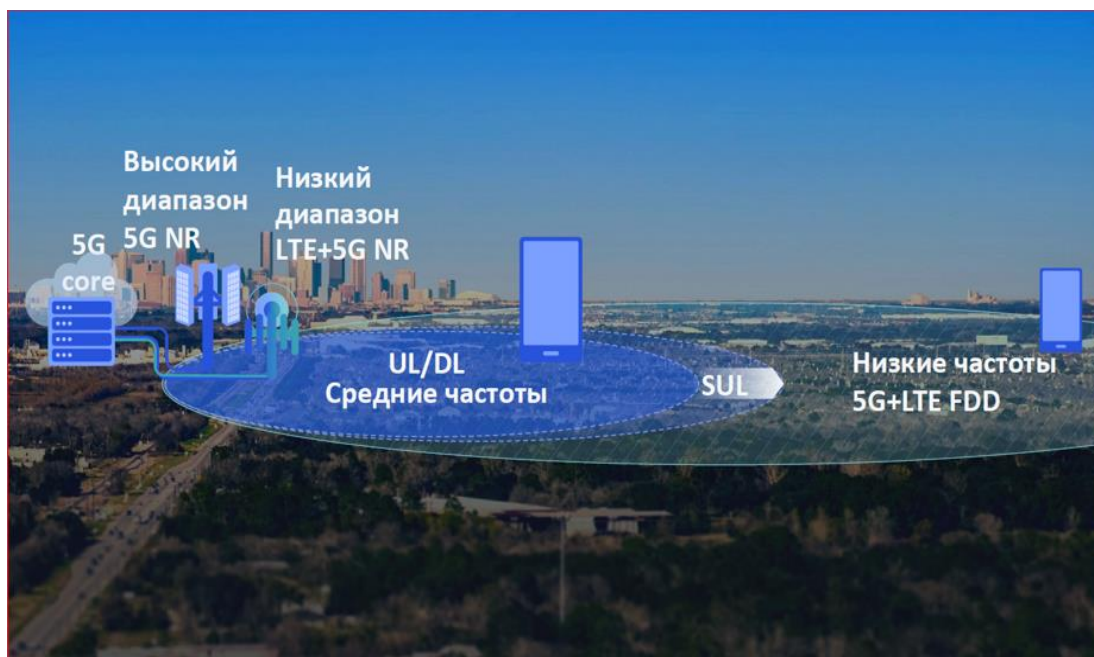


Рис. 5. Расширение покрытия средних частот за счет непарного канала

Основные проблемы, с которыми пришлось столкнуться в данный момент:

- полоса частот 3400-3 800Гц так же занята технологией WiMAX;
- силовые ведомости так же заинтересованы в 5G и по этой причине так же хотят занять полосу, в целях национальной безопасности;
- проблема выделения ресурсов;
- еще не определена полоса частот для проведения испытаний.

Напоминаю, WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) - это семейство стандартов беспроводной широкополосной связи, основанных на наборе стандартов IEEE 802.16, которые предоставляют несколько вариантов физического уровня (PHY) и управления доступом к среде (MAC). Основана на стандарте IEEE 802.16.

Архитектура масштабируемого физического уровня, которая позволяет легко масштабировать скорость передачи данных с доступной полосой пропускания канала и диапазоном WiMAX, делает его пригодным для следующих потенциальных приложений:

- обеспечение портативного мобильного широкополосного подклю-

чения через горы ода и страны через различные устройства;

- предоставление беспроводной альтернативы кабельной и цифровой абонентской линии (DSL) для широкополосного доступа «последней мили»;

- предоставление услуг передачи данных, телекоммуникаций (VoIP) и IPTV (TriplePlay);

- обеспечение подключения к Интернету как часть плана обеспечения непрерывности бизнеса;

- умные сетки и замеры.

WiMAX может обеспечить домашний или мобильный доступ в Интернет во всех городах или странах. Во многих случаях это привело к конкуренции на рынках, которые обычно имели доступ только через существующего оператора DSL (или аналогичного оператора).

Кроме того, учитывая относительно низкие затраты, связанные с развертыванием сети WiMAX (по сравнению с 3G, HSDPA, xDSL, HFC или FTTx), в настоящее время экономически целесообразно предоставлять широкополосный доступ в Интернет на последней миле в удаленных местах.

Использованная литература

1. 5G: как работает технология и зачем нам это нужно [Эл. ресурс]. – URL: <https://rb.ru/longread/what-is-5G/> (дата обращения 10.04.2020).

2. 5G Mobile Communications. Wei Xiang and Kan Zheng. Springer. 2020. – PP. 276-282.

3. Аданбаев А.М., Сагымбаев А.А. Методика оценки зоны обслуживания цифрового телевизионного передатчика в условиях горной местности//Universum:Технические науки электронного научного журнала. 2016. – №6 (27). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3304>.

4. Аданбаев А.М. Опыт внедрения наземного цифрового телевизионного вещания. Государственное регулирование при создании радиосетей наземного цифрового телевизионного вещания // Universum: Технические науки электронного научного журнала. 2017. – № 2 (35). URL: <http://7uni-versum.com/ru/tech/archive/item/4290>.

ЧАСТОТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ 5G В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Сагымбаев А.А.,¹ Лаценко О.А.²

Министерство цифрового развития КР,¹ Кыргызско-Российский
Славянский Университет,³ Бишкек, Кыргызстан, dnmaksat@yahoo.com

Аннотация: В данной статье описывается та картину, когда почти в каждом мобильном устройстве находится целый спектр радиотехнологий (LTE, Wi-Fi, GPS, Bluetooth, NFC и др.). Они могут как дополнять друг друга, так и решать совершенно разные задачи. Кроме того, одни и те же технологии могут работать в разных частотных диапазонах. Большая часть используемого спектра в настоящее время работает на частотах до 3 ГГц. При увеличении рабочих частот до 10 ГГц, оборудование нужно располагать так, чтобы оно работало в пределах прямой видимости

Ключевые слова: фиксированный и высокоскоростной доступ в Интернет, широкополосная связь, телекоммуникационные стандарты, телефонная линия, высокоскоростная передача данных, базовая станция, цифровая обработка сигналов и модуляции, ширина полос

FREQUENCIES USED FOR 5G IN THE KYRGYZ REPUBLIC

Sagimbayev A.A.,¹ Lutsenko O.A.²

Ministry of Digital Development of the Kyrgyz Republic,¹
Kyrgyz-Russian Slavic University,² Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation: This article describes the picture when almost every mobile device contains a whole range of radio technologies (LTE, Wi-Fi, GPS, Bluetooth, NFC, etc.). They can both complement each other and solve completely different problems. In addition, the same technologies can operate in different frequency ranges. Most of the spectrum in use currently operates at frequencies up to 3 GHz. When increasing operating frequencies up to 10 GHz, the equipment must be positioned so that it operates within the line of sight

Keywords: fixed and high-speed Internet access, telecommunications standards, telephone line, high-speed data transmission, base station, digital signal processing and modulation, bandwidth, broadband

В 2009-2010 годах, в Кыргызской Республике начал развиваться широкополосный доступ (ШПД).

Широкополосный или высокоскоростной доступ в Интернет - это доступ в Интернет со скоростью передачи данных, превышающей максимально возможную при использовании коммутируемого доступа с использованием модема и телефонной сети общего пользования. Это осуществляется с использованием проводных, оптоволоконных и беспроводных линий связи различных типов.

Если коммутируемый доступ имеет ограничение полосы пропускания около 56 кбит/с и полностью занимает телефонную линию, то широкополосные технологии обеспечивают во много раз большую скорость передачи данных и не монополизировали телефонную линию. Исторически считается, что широкополосный доступ со скоростью выше E1 (32х64кбит/с).

В дополнение к высокоскоростному широкополосному доступу обеспечивается непрерывное подключение к Интернету (без необходимости подключения по телефонной линии) и так называемая «двусторонняя» или дуплексная связь, то есть возможность как принимать, так и передавать информацию на высоком уровне, скорость в обе стороны с одинаковой скоростью.

Выделяют мобильный широкополосный доступ и фиксированный широкополосный доступ. Фиксированная широкополосная связь построена на основе проводных соединений, в то время как мобильная широкополосная связь включает передачу данных по беспроводным соединениям.

Впоследствии были внедрены такие технологии, как UMTS и LTE.

UMTS (Универсальная мобильная телекоммуникационная система) - это сотовая технология, разработанная Европейским институтом телекоммуникационных стандартов (ETSI) для внедрения в Европе. В качестве метода передачи данных через воздушное пространство используется технология W-CDMA, стандартизированная в соответствии с проектом 3GPP, ответ европейских ученых и производителей на требование IMT-2000, опубликованное Международным союзом

электросвязи в качестве набора минимальных критериев, для сотовой сети третьего поколения.

Чтобы отличаться от конкурирующих решений, UMTS также часто называют 3GSM, чтобы подчеркнуть принадлежность технологии к сетям 3G и ее непрерывность в разработках со стандартами GSM.

LTE - он же 4G - это стандарт беспроводной высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и других терминалов данных. Он основан на сетевых технологиях GSM/EDGE и UMTS/HSPA, увеличивая пропускную способность и скорость за счет использования другого радио интерфейса наряду с улучшением ядра сети. Стандарт был разработан 3GPP.

LTE - это стандарт беспроводной передачи данных и разработка стандартов GSM/UMTS. Целью LTE было увеличение пропускной способности и скорости с использованием нового метода цифровой обработки сигналов и модуляции, который был разработан на рубеже тысячелетий. Другая цель состояла в том, чтобы реконструировать и упростить архитектуру IP-сетей, значительно сократив задержку при передаче данных по сравнению с архитектурой сетей. Беспроводной интерфейс LTE не совместим с 2G и 3G, поэтому он должен работать на отдельной частоте.

Спецификация LTE допускает скорость загрузки до 3 Гбит/с, а задержка данных может быть уменьшена до 2 миллисекунд. LTE поддерживает ширину полосы частот от 1,4 МГц до 20 МГц и поддерживает как мультиплексирование с частотным разделением (FDD), так и мультиплексирование с временным разделением (TDD).

В сетях 4G обмен данными с базовой станцией сотового оператора возможен двумя способами: с использованием частотного разделения и временного разделения. Первый метод называется FDD - аббревиатура для дуплексирования с частотным разделением. Второй метод называется дуплексом с временным разделением или (TDD).

LTE FDD подразумевает наличие двух разных полос частот для приема и передачи данных. Например, в наиболее популярном стандарте LTE FDD (band 7) данные принимаются с частотой 2620-2690 МГц, а

передача - с частотой 2500-2570 МГц. Благодаря использованию отдельных частотных диапазонов, данные загружаются и отправляются параллельно и независимо друг от друга. Другими словами, ваше мобильное устройство (смартфон, модем) слушает и говорит одновременно.

В свою очередь, LTE TDD) использует один и тот же частотный диапазон как для приема, так и для передачи данных. Вместо разных частотных диапазонов здесь используются временные интервалы: сначала ваше устройство передает данные на базовую станцию, а затем принимает. Поскольку сегменты (слоты) приема и отправки сменяют друг друга на высокой скорости, абонентские устройства воспринимают передачу данных как непрерывную, хотя на самом деле она дискретна.

FDD является наиболее распространенным способом обмена данными в сетях 4G. Количество сетей LTE FDD многократно превалирует над LTE TDD. Разделение частот исторически зарекомендовало себя как надежный способ связи в сетях 2G и 3G и активно внедрялось операторами сразу после появления спецификаций 4G. Основные преимущества LTE FDD включают более высокую пропускную способность, большую дальность и как следствие, возможность уменьшения общего количества базовых станций без потери производительности или зоны покрытия.

Недостатков, однако, у технологии много:

- LTE FDD использует вдвое большую ширину полосы, чем LTE TDD. В результате от оператора требуется приобрести лицензию на большее количество частот (для приема и передачи данных);

- Поскольку частоты для приема и передачи расположены в непосредственной близости друг от друга, для их изоляции требуется промежуточная защитная полоса частот. Эта полоса частот не используется;

- При проектировании устройств также необходимо учитывать, что приемник и передатчик работают одновременно и могут влиять друг на друга. Установка дополнительных фильтров и дуплексеров, необходимых для изоляции входных и выходных каналов, также приводит к

удорожанию оборудования;

- Поскольку прием и передача данных осуществляются на разных частотах, оператор не может гарантировать одинаковое качество сигнала в обоих каналах;

- На основе LTE FDD сложнее реализовать передовые технологии, такие как MIMO или «формирование луча» (формирование направленного луча).

Принцип временного разделения реализуется медленно в сетях 4G, и лишь небольшой процент операторов предпочитает стандарты LTE TDD. Тем не менее, сама технология перспективна и имеет ряд важных преимуществ:

- Использование одного частотного диапазона для приема и передачи данных значительно сокращает необходимый частотный диапазон и позволяет использовать его более эффективно;

- Базовые станции LTE TDD обходятся оператору дешевле, поскольку они требуют более простого оборудования. Стоимость оборудования LTE TDD обычно ниже, чем LTE FDD;

- Принцип временного разделения позволяет эффективно перераспределять полосу пропускания между каналами восходящей и нисходящей линий без изменения ширины выделенной полосы частот.

В то же время принцип TDD имеет ряд недостатков:

- Сети LTE TDD имеют меньшую полосу пропускания, поскольку прием и передача осуществляются попеременно на одной и той же частоте;

- Базовые станции LTE TDD имеют меньший радиус действия. В результате для покрытия определенной области потребуется большее количество базовых станций, чем при использовании LTE FDD;

- Надежная работа LTE TDD требует более строгой синхронизации времени и наличия защитных временных интервалов между приемом и передачей.

Технология 5G также работает в режиме TDD - временное разделение каналов. В отличие от предыдущих поколений 3G/ 4G, которые почти полностью сосредоточены на модели домашнего

потребления, мы ожидаем совершенно новый набор принципиально новых функций из стандарта 5G: высокую скорость передачи данных, высокую плотность устройств на квадратный километр и низкую задержку.

Параметры новой сети очень серьезны и требуют более высоких частот: для первоначального запуска называется частоты 3,6 - 3,7 ГГц и миллиметровые волны - 27,5 - 28,3 ГГц. И здесь, идут разговоры об армии, которая явно не торопится расставаться с этими частотами, есть чисто количественная проблема. Чтобы обеспечить покрытие 5G, которое является общим и характерным для сетей 3G / 4G, необходимо построить в 3-5 раз больше базовых станций, не говоря уже об остальной инфраструктуре, такой как центры обработки данных, нагрузка на которых увеличится в десятки раз.

Выбор сетевой архитектуры Non-Standalone либо Standalone

В начале развертывания 5G, когда операторы выбирают сетевую архитектуру 5G, они сталкиваются с выбором между архитектурами NSA или SA. В дополнение к изучению самой архитектуры сети, операторы также заинтересованы в том, могут ли NSA и терминал SA иметь доступ к сети 5G одновременно.

Основное различие между NSA (Non-Standalone Architecture) и SA (Standalone Architecture) заключается в том, что NSA привязывает управляющую сигнализацию радиосетей 5G к ядру 4G, в то время как схема SA соединяет радио 5G непосредственно с основной сетью 5G, а управляющая сигнализация вообще не зависит от сети 4G. SA, с другой стороны, позволяет полностью независимо работать сервису 5G без какого-либо взаимодействия с существующим ядром 4G.

С точки зрения сети, сеть радиодоступа определяет полный стандартный интерфейс к базовой сети 3GPP.

Базовая станция 5G поддерживает архитектуры NSA и SA. Одна и та же базовая сетевая платформа может поддерживать 4G EPC и 5G Core одновременно. В результате, NSA или SA больше не являются дилеммой для операторов. Одна и та же сеть 5G, две архитектуры гармонично сосуществуют, и базовая станция NSA может быть легко обновлена до

базовой станции SA посредством обновлений программного обеспечения.

Однако для некоторых МНП, нацеленных на новые корпоративные сервисы 5G, такие как "умные города", "умные фабрики" или другие вертикальные рыночные решения, автономная архитектура (SA) могло бы быть больше смысла. В этом сценарии, который 3GPP теперь стандартизировала, MNO могут построить совершенно новую полностью виртуализированную сеть 5G, которая включает в себя новую сеть радиодоступа, новую транспортную сеть и новые мобильные основные и пограничные сети 5G – стоящие отдельно и отдельно от своих существующих сетей 4G и устаревших сетей. Автономная архитектура – 5G-это полностью виртуализированная облачная архитектура (CNA), которая вводит новые способы разработки, развертывания и управления службами. CNA включает в себя концепции микросервисов и сервисных интерфейсов, которые значительно упрощают услуги, резко снижая стоимость эксплуатации и ускоряя внедрение новых приносящих доход услуг. С 5G SA, явным преимуществом здесь является сквозная поддержка 5G скоростей и сервисов. А истинным обещанием 5G является корпоративный доход-он меняет бизнес – модель с потребительской на корпоративную, открывая совершенно новые варианты использования и потоки доходов. По мнению операторов Кыргызстана, «Следует отметить, что с точки зрения операционной эффективности мобильные операторы могут считать автономный режим (SA) более приемлемым для реализации, поскольку в этом случае архитектура выглядит проще. С другой стороны, несмотря на недавнюю положительную динамику в пользу выбора режима SA из китайских и глобальных операторов, есть также несколько операторов, которые предпочитают режим NSA.

«Для некоторых операторов это решение основано на преимуществе времени выхода на рынок и возможности развертывания 5G как можно скорее. Для других этот вариант также тесно связан со стоимостью, поскольку по определению режим NSA - это радиосвязь 5G с базовыми сетями LTE, которая, по крайней мере на начальном этапе, экономит затраты на построение базовой сети».

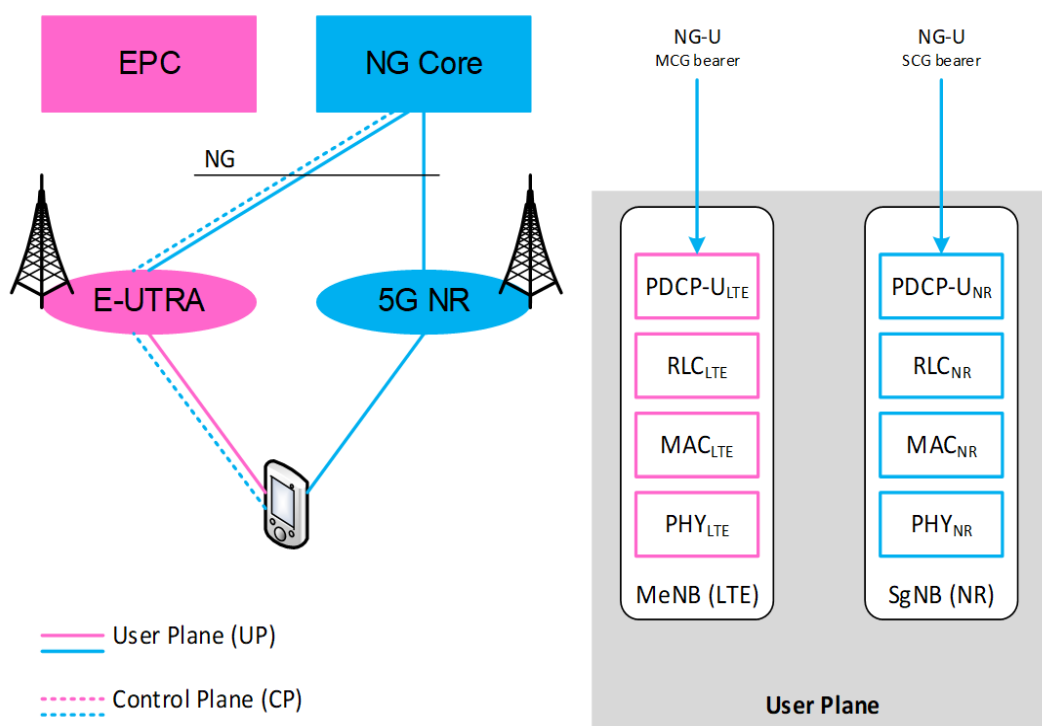


Рис. 6. Сетевые архитектуры

Таким образом, наиболее реалистичным сценарием в Кыргызстане является Non-Standalone 5G, когда компании используют существующие базовые станции LTE, чтобы начать развертывание сетей пятого поколения.

В настоящее время в Кыргызстане планируется внедрение 5G. Ведется процесс переговоров с заинтересованными операторами сотовой связи, которые в свою очередь подали запрос в Государственное агентство связи о внедрении этой технологии на территории Кыргызской Республики.

На последней проведенной ВКР (Всемирной конференции радиосвязи) были определены полосы частот для сети пятого поколения:

- 3400-3800Гц;
- 4800-4990Гц.

В январе 2020 года была создана рабочая группа, по проведению тестовых испытаний. Изначально планировалось разработать пилотные зоны для тестирования по всей территории республики, но на обсуждении этого вопроса, операторы связи объяснили, что у них нет транспорта, для

того, чтобы доставить сигнал в отдаленные участки страны, а приобретение необходимого транспорта - дополнительные затраты. В целях минимизации затрат пилотная зона будет в городе Бишкек.

Использованная литература

1. Jonathan Rodriguez. Fundamentals of 5G Mobile Networks 1st Edition/ Wiley., 2015. – 334 стр.
2. Christofer Larsson. 5G Networks Planning, Design and Optimization 1st Edition/ Academic Press. 2018. – 418 стр.
3. Степутин А.Н., Николаев А.Д. Мобильная связь по маршруту 6G. ИнфраИнженерия. 2017. – 415 стр.
4. Hussain Sk.S. et al. An overview of massive MIMO system in 5G // International Science Press, I J C T A. 2016. P. 4957-4968.
5. Степанец И., Фокин Г. особенности реализации Massive MIMO в сетях 5G/ Первая миля., 2018. – 50 стр.
6. Тихвинский В.О. Возможности технологии 5G для создания сетей широкополосного беспроводного доступа в малых и средних населенных пунктах 7 Mahesh K Choudhary. Building Fully Connected Intelligent LATAM with 5G. 2019. – 20 стр.
8. Pat Hindle, Randy Oltman, Bror Peterson. 5G Semiconductor Solutions – Infrastructure and Fixed Wireless Access/. 2018. – 35стр.
9. Huawei lampsite, Digital Indoor Solution/ Huawei products, 2020 – электронная версия статья на сайте
<https://e.huawei.com/se/products/wireless/lampsite>
10. Ericsson radio dot system/ Ericsson products, 2020 – электронная версия статьи на сайте
<https://www.ericsson.com/en/portfolio/networks/ericsson-radiosystem/radio/indoor/radio-dot-system>
11. Huawei's Intelligent Operation Center Solution – электрон. версия статьи на сайте
<https://e.huawei.com/en/solutions/industries/government/smart-city/ioc>

МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 622. 23.05

К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ КОНСТРУКЦИИ КАМНЕРЕЗНЫХ МАШИН С ЦЕПНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Мамасаидов М.Т., Исманов М.М.

Кыргызско-Узбекский Международный университет
Ош, Кыргызстан, E-mail: ismanov1970@mail.ru

***Аннотация:** В данной работе предметом исследования является камнерезные машины с цепными рабочими органами. Целью работы является совершенствование конструкций камнерезных машин с цепными рабочими органами. В исследованиях использованы методы обзора и анализа конструкций существующих, проектирования и конструирования опытных образцов машин и механизмов. Разработаны новые конструкции цепных рабочих органов с плоскими рамами трапецеидальной и клиновидной форм, обеспечивающие плавное перемещение режущей цепи. Предложенные конструкции цепных рабочих органов обеспечивают снижение величины силы трения скольжения между плоской рамой и режущей цепью в среднем 50 раз, потери мощности и вибрации камнерезной машины, существенное увеличение коэффициента полезного действия привода цепного рабочего органа, уменьшение поломок резцов и элементов режущей цепи. Разработана принципиальная схема новой камнерезной машины с цепным рабочим органом, обеспечивающий повышение надежности и долговечности, увеличение производительности работы, снижение себестоимости и потерь сырья при вырезании блоков и других строительных изделий-заготовок из массива природного камня. Полученные результаты рекомендуются предприятиям, занимающиеся добычей и обработкой природного камня*

Ключевые слова: *конструирования опытных образцов машин и конструкций цепного рабочего органа, механизмов, динамическая модель, камнерезные машины, коэффициент трения скольжения, режущая цепь, рабочая тележка, виброустойчивость, ведомый ролик, массив камня, плоская рама трапецеидальной и клиновидной форм, специальные ролики*

TO IMPROVEMENT OF THE DESIGN STONE CUTTING MACHINES WITH CHAIN WORKING BODIES

Mamasaidov M.T., Ismanov M.M.

Kyrgyz-Uzbek International University
Osh, Kyrgyz Republic

Abstract: *In this paper, the subject of research is stone-cutting machines with chain working bodies. The aim of the work is to improve the designs of stone-cutting machines with chain working bodies. The studies used methods of review and analysis of existing structures, design and construction of prototypes of machines and mechanisms. New designs of chain working bodies with flat frames of trapezoidal and wedge-shaped shapes have been developed, which ensure smooth movement of the cutting chain. The proposed designs of chain working organs provide a reduction in the magnitude of the sliding friction force between the flat frame and the cutting chain by an average of 50 times, power losses and vibration of the stone-cutting machine, a significant increase in the efficiency of the drive of the chain working body, and a decrease in breakages of cutters and elements of the cutting chain. A schematic diagram of a new stone-cutting machine with a chain working body has been developed, which provides an increase in reliability and durability, an increase in work productivity, a reduction in the cost and loss of raw materials when cutting blocks and other building products-blanks from an array of natural stone. The results obtained are recommended for enterprises engaged in the extraction and processing of natural stone*

Keywords: *design of prototypes of machines and structures of the chain working body, mechanisms, dynamic model, stone-cutting machines, coefficient of sliding friction, cutting chain, work trolley, vibration resistance, driven roller, mass of stone, flat frame trapezoidal and wedge-shaped, special rollers*

В настоящее время на практике камнедобычи своей мобильностью и технологичностью широкие масштабы применения находят камнерезные машины с цепными рабочими органами. Это обусловлено созданием новых, более совершенных конструкций цепного рабочего органа (ЦРО) [1,2].

В создании более совершенных конструкций ЦРО за прошедшие периоды времени можно выделить 3 направления:

1. Повышение износостойкости резцов ЦРО, позволяющих увеличить его срок службы и производительность при резании прочных камней. Были созданы новые износостойкие поликристаллические алмазные резцы типа «Стратопакс» и «Синдрис», позволяющие выпиливать прочных мраморов (до 200 МПа), имеющих в составе до 5...10% кварца;

2. Создание мобильных камнерезных машин с ЦРО на колесном или гусеничном самоходном шасси;

3. Создание камнерезных машин с ЦРО для подземной добычи блоков камня и проходки туннелей в массиве природного камня.

Следует отметить, что по конструктивным отличиям и функциональному назначению рабочих органов эти машины делятся на две группы:

1. Машины для вырезания из массива блоков стенового камня с пределом прочности на сжатие до 80 МПа;

2. Машины для вырезания из массива блоков облицовочного камня с пределом прочности на сжатие до 200 МПа.

Анализ технологического процесса отделения блоков камня путем направленного резания и конструктивных схем существующих камнерезных машин с ЦРО показали целый ряд их недостатков [1,2]. К числу серьезных недостатков, существующих ЦРО относятся:

- не совершенная конструкции плоской рамы ЦРО, имеющая склонности к вибрациям и частым отскакиваниям от забоя, в результате чего происходят частые поломки резцов и элементов режущей цепи, что приводит к снижению надежности и долговечности работы ЦРО в целом;
- неравномерное внедрение резцов, существующих ЦРО в массив

природного камня и, как следствие, недифференцированное распределение удельных нагрузок по резцам в процессе резания камня, что обуславливает повышенные динамические нагрузки на элементы режущей цепи;

- чрезвычайно высокая потеря мощности на трения скольжения между плоской рамой и режущей цепью ЦРО, а также между звеньями цепи;

- образование широкой технологической щели (40 мм и выше при резании камней с прочностью до 80 МПа), приводящей к неэффективному использованию мощности и значительным потерям сырья;

- весьма большие потери рабочего времени и материальных средств из-за несовершенства технологии применения камнерезных машин.

Решение указанной проблемы обуславливает необходимость постановки и проведения следующих задач исследований:

1. Разработки динамических моделей и получения уравнений движения цепного рабочего органа камнерезных машин при вырезании архитектурно-строительных изделий из массива природного камня.

2. Анализ уравнений движения и разработка рекомендаций по выбору рациональных конструктивных и режимных параметров цепного рабочего органа камнерезных машин.

3. Выработка предпосылок и сформулирование условий выбора рациональных параметров цепного рабочего органа камнерезных машин.

4. Разработка методики выбора основных параметров цепного рабочего органа камнерезных машин на основе положений многокритериальной оптимизации.

5. Обоснование параметров, разработка новых конструкций и создание цепного рабочего органа камнерезных машин.

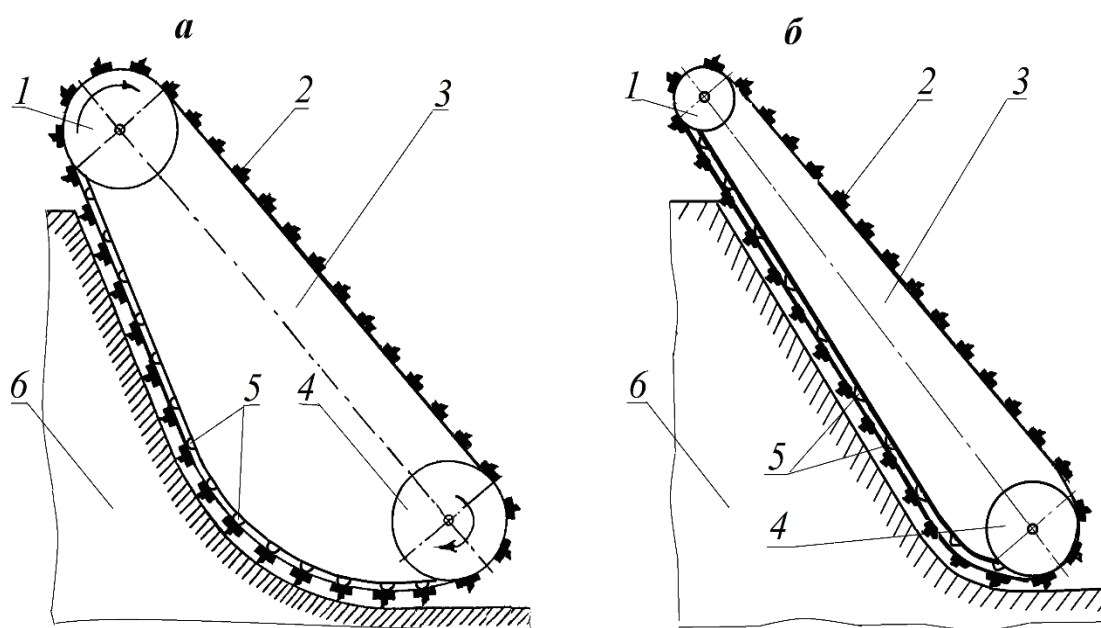
6. Разработка методики, проведение экспериментально-стендовых и промышленных испытаний опытных образцов камнерезных машин с новыми цепными рабочими органами.

7. Разработка рациональных технологий применения опытных образцов камнерезных машин с новыми цепными рабочими органами для вырезания строительных изделий из массива природного камня.

8. Сравнительный анализ технико-экономических показателей, существующих промышленных и опытных образцов камнерезных машин с новыми цепными рабочими органами.

Для решения поставленных задач нами осуществлен творческий поиск перспективных конструкций, выполнены исследования динамики ЦРО и произведен синтез его параметров [3,4,5]. На основе такого научно-обоснованного подхода, нами разработаны оригинальные конструктивные схемы ЦРО (рисунок 1). Главной особенностью этих новых ЦРО является то, что их плоская рама имеет трапецевидальную и клиновидную форм, а между плоской рамой и режущей цепью установлены специальные ролики, которые обеспечивают снижение силы трения скольжения в процессе резания камня.

Разработанные ЦРО состоят (рисунок 1) из ведущей звездочки 1, режущей цепи с резцами 2, плоской рамы (бара) измененной конфигурации в виде трапецевидальной (рисунок 1, а) и клиновидной (рисунок 1, б) форм 3, ведомого ролика 4 и специальных роликов 5, установленных по рабочему контуру плоской рамы.



1- ведущая звездочка; 2 – режущая цепь; 3 – плоская рама;
4 – ведомый ролик; 5 – специальные ролики; 6 – массив камня.

Рис.1. Конструктивные схемы перспективных цепных рабочих органов:
а – плоской рамой трапецевидальной формы; б – плоской рамой клиновидной формы

Оригинальность и новизна конструкций, разработанных ЦРО защищены патентами Кыргызской Республики на изобретения: №353 и №1728 [6,7].

В отличие от существующих, установленные ролики по рабочему контуру плоской рамы, обеспечивают плавное перемещение режущей цепи со значительным снижением величины силы трения между плоской рамой и режущей цепью, потери мощности и вибрации, а, следовательно, увеличение производительности работы камнерезной машины. При этом к.п.д. привода ЦРО значительно увеличивается за счет превращения трения скольжения на трении качения: поскольку коэффициент трения скольжения равен в среднем 0,25 [8], а коэффициент трения качения - в среднем 0,005 [8]. Откуда можно утверждать, что величина силы сопротивления, возникающая в следствия трения скольжения между плоской рамой и режущей цепью, уменьшается в среднем 50 раз.

Изменение существующей прямоугольной конфигурации плоской рамы ЦРО в трапецеидальную и клиновидную форму, приводит к плавному переходу резца от дуги ведомого ролика в другой прямолинейный рабочий участок плоской рамы. Это позволяет уменьшить начальный угол резания резцов, постепенное и равномерное внедрение их в породу, а, следовательно, дифференцированному распределению удельных нагрузок по резцам при резании природного камня. Обеспечивается уменьшение поломок резцов и элементов режущей цепи, а в конечном счете повышение надежности и долговечности, увеличение производительности работы камнерезных машин с ЦРО, снижение себестоимости и потерь сырья при вырезании блоков из массива камня.

Разработанные ЦРО работают следующим образом (рисунок 1). С вращением ведущей звездочки 1, режущая цепь 2 приводится в плавное движение по замкнутому контуру плоской рамы 3, благодаря специальным роликам 5. При этом режущая цепь 2, огибаясь вокруг ведомого ролика 4, вступает во взаимодействие с массивом природного камня 6 и обеспечивает прорезание в нем горизонтальной или вертикальной технологической щели.

Анализ технико-эксплуатационных качеств существующих камнерезных машин с ЦРО показали [9-13], что целесообразным является разработка конструкции и создание камнерезной машины с ЦРО, позволяющий вырезать строительных изделий-заготовок непосредственно из массива камня малой и средней прочности. Такой выбор обоснован следующими конструктивными и технологическими предпосылками:

- в теории и практике накоплен богатый опыт использования камнерезных машин с ЦРО для вырезания из массива камня малой прочности (т.е. стенового камня) готовых кирпичей [9-13];

- разработана конструкция и создан опытный образец ЦРО с шириной 16 мм (рисунок 1). Откуда выявляются реальные возможности создания работоспособной и надежной камнерезной машины с ЦРО, обеспечивающее вырезание строительных изделий-заготовок непосредственно из массива камня малой и средней прочности;

- применение таких машин кардинально изменит существующие технологии, совмещает работу ЦРО камнерезных машин и камнераспиловочных станков прямо на карьере. Существенно увеличивает производительность и снижает себестоимость вырезания высококачественных облицовочных и архитектурно-строительных изделий из массива камня с минимальными потерями сырья;

- новая камнерезная машина будет отличаться простотой конструкции, малогабаритностью и легкостью, многофункциональностью в эксплуатации, относительно минимальным потреблением электрической энергии, бесшумностью и плавностью работы ЦРО.

Общая принципиальная схема такой камнерезной машины с ЦРО особенно выгодно, когда месторождение природного камня представляет собой достаточно монолитный массив с пластовым залеганием. Откуда возникает целесообразность создания камнерезной машины на жестком шасси, что позитивно влияет на ее функциональную работоспособность и основные технико-экономические показатели.

- шасси машины должно быть «жестким», чтобы исключить защемление ЦРО в щели и обеспечить надежность ее работы в целом.

«Жесткое шасси» способствует строгой направленности, что приводит к уменьшению величин увода и наклона ЦРО от желаемой плоскости, а также к минимизации потерь сырья;

- «жесткое» шасси по мере технической возможности, должно обладать достаточной виброустойчивостью и способностью равномерно распределять инерционные нагрузки, возникающие в процессе вырезания изделий из массива камня. От таких свойств шасси прямым образом зависит качество вырезаемых изделий и производительность машины в целом.

Опыт работы камнерезных машин на карьерах и логический анализ показывают, что предъявляемым требованиям наиболее полно отвечает жесткое шасси на рельсовом ходу. Представляется целесообразным выбрать в качестве шасси рабочую тележку, которая устанавливается на специальных рельсах и будет перемещаться строго по прямой линии. Данный выбор объясняется также тем, что конструкция рабочей тележки наибольшей степени приспособлена, а надежность ее работы проверена многолетней практикой. Поэтому этот выбор является наиболее рациональным и значительно облегчит создание новой камнерезной машины, снизит ее стоимость. Сказанное подтверждается еще тем, что на рабочей тележке монтируются основные узлы машины и привод ЦРО, которые перемещаются вместе с рабочей тележкой по направлению рельса. При этом появляется возможность вырезания строительных изделий-заготовок непосредственно из массива природного камня с ЦРО камнерезной машины.

Установка специального манипулятора на рабочей тележке дает возможность ЦРО вырезать вертикально-продольную и вертикально-поперечную, а также горизонтальную технологическую щель. При этом ЦРО машины должен иметь две степени свободы вращения: относительно горизонтальной и вертикальной оси.

Разработка принципиальной схемы новой камнерезной машины требует решения следующих вопросов: какие вспомогательные узлы должны обеспечить камнерезной машине необходимые технологические операции? Какова должна быть их принципиальная схема?

Прежде всего, должен быть механизм перемещения рабочей тележки, обеспечивающий передвижение ее на необходимое положение и фиксирующий ее в данном положении. К тому же этот механизм должен обеспечить направленное резание щелей при рабочем перемещении, совмещать скорость подачи рабочей тележки со скоростью резания щели, а также возвратный ход рабочей тележки после прорезания необходимых щелей.

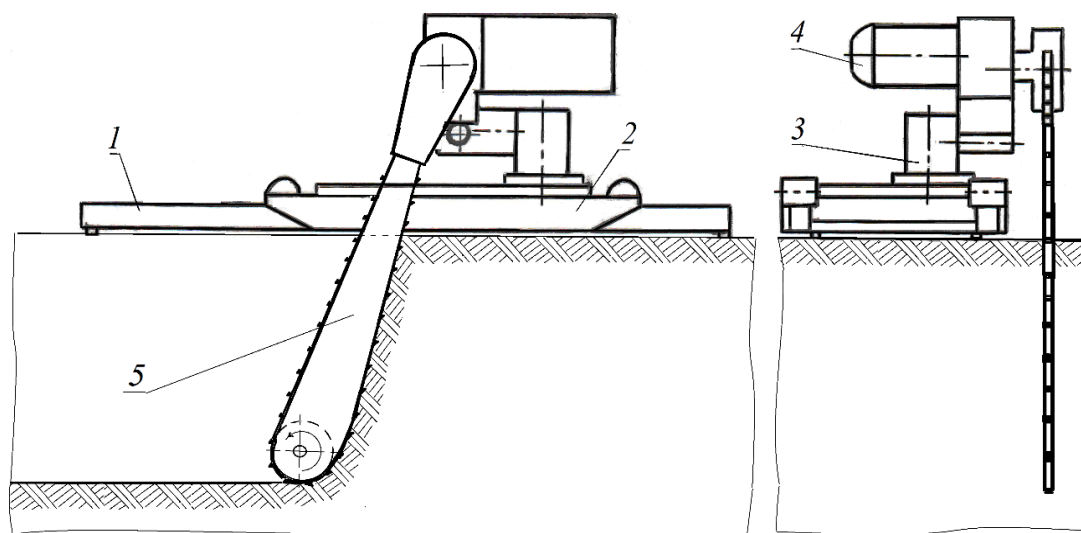
Механизм горизонтального и вертикального перемещения ЦРО, должен обеспечить заглубление рабочего органа на необходимую глубину резания. При резании горизонтальных щелей поворот относительно вертикальной оси, а при резании вертикальных щелей поворот относительно горизонтальной оси и подъем ЦРО после работы камнерезной машины.

Механизм перемещения рабочей тележки целесообразно выполнить в двух вариантах: один ручной, другой с электрическим приводом. Первый механизм обеспечивает ручное перемещение рабочей тележки в необходимое положение. Механизм с электроприводом может обеспечить автоматический режим работы машины, а также перемещение ее к началу подготовленного забоя. Такой механизм, после прорезания поперечных щелей, осуществляет автоматический переход машины на новое положение, а расстояние между предыдущими положениями определяет толщины получаемого изделия.

Механизм горизонтального и вертикального перемещения ЦРО целесообразно сделать ручной или с электрическим приводом: а именно в виде винтовой передачи с электрическим приводом. Винтовая передача обеспечивает равномерное перемещение ЦРО, удержание их в требуемом фиксированном положении. Она также создает хорошие условия для вырезания качественных изделий непосредственно из массива камня, обеспечивая достаточную жесткость и виброустойчивость ЦРО.

Изложенные конструктивные решения по вспомогательным механизмам предъявляют, в свою очередь, повышенные требования к узлам и деталям, материалам и элементам конструкций по монтажу этих механизмов на шасси.

На основе выбранной принципиальной схемы разработана компоновка основных узлов новой камнерезной машины с ЦРО (рисунок 2).



1 – рельс; 2 – рабочая тележка; 3- манипулятор; 4 – привод цепного рабочего органа; 5 – цепной рабочий орган

Рис. 2. Принципиальная схема опытного образца камнерезной машины с цепным рабочим органом

Далее необходимо осуществить поиск рациональных вариантов конструкций узлов и механизмов, разработать необходимые чертежи сборочных единиц и деталей камнерезной машины. При этом целесообразно руководствоваться принципом агрегатирования и унификации, который значительно сократит время создания и стоимость, повысит технико-эксплуатационные показатели опытного образца камнерезной машины с новым ЦРО.

Естественно, решение поставленных задач повлечет за собой проведения масштабного поиска, комплексных теоретико-экспериментальных исследований, проектно-изыскательских работ и практико-созидательной деятельности. Способствуют разработке научно-прикладных основ создания перспективных камнерезных машин с высокоэффективными рабочими органами, а также технологий их применения для вырезания архитектурно-строительных изделий непосредственно из массива природного камня.

Выводы:

1. Сделан анализ конструкций камнерезных машин с цепными рабочими органами. Определены их недостатки и выявлены перспективы совершенствования конструкций камнерезных машин с цепными рабочими органами;

2. Разработаны новые конструкции цепных рабочих органов с плоскими рамами трапецеидальной и клиновидной форм, по рабочему контуру которых установлены специальные ролики. Предложенные изменения конфигурации плоских рам со специальными роликами по их рабочему контуру и конструкция их режущей цепи с твердосплавными резцами обеспечивают:

- плавный переход резцов от дуги ведомого ролика в другой прямолинейной рабочий участок плоской рамы, уменьшение начального угла резания резцов, постепенное и равномерное внедрение их в породу, дифференцированное распределение удельных нагрузок по резцам при резании природного камня;

- плавное перемещение режущей цепи, снижение величины силы трения скольжения между плоской рамой и режущей цепью в среднем 50 раз, потери мощности и вибрации камнерезной машины, существенное увеличение к.п.д. привода ЦРО;

- уменьшение поломок резцов и элементов режущей цепи, повышение надежности и долговечности, увеличение производительности работы камнерезных машин, снижение себестоимости и потерь сырья при вырезании блоков и других строительных изделий-заготовок из массива камня.

3. Разработана принципиальная схема новой камнерезной машины с цепным рабочим органом для эффективного вырезания строительных изделий из массива природного камня с минимальными потерями сырья.

Использованная литература

1. Исманов, М.М. Камнерезная машина с цепным рабочим органом [Текст] / М.М. Исманов. – Бишкек.: Улуу Тоолор, 2021. – 184 стр.

2. Мендекеев, Р.А. Современные баровые камнерезные машины и мировой опыт их применения при добыче блоков природного камня [Текст] / Р.А. Мендекеев, М.М. Исманов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2012. – № 3,4. – С. 47-55.

3. Исманов, М.М. К исследованию динамики цепного режущего органа камнерезной машины ЦКМ-1 [Текст] / М.М. Исманов // Инженер. – Бишкек, 2010. – № 1. – С. 51-56.

4. Мамасаидов, М.Т. Зависимости режимных и конструктивных параметров цепного рабочего органа камнерезных машин [Текст] / М.Т. Мамасаидов, М.М. Исманов // Машиноведение. – Б.: Институт Машиноведения НАН КР, 2018. – № 2. – С. 45-58.

5. Исманов, М.М. Обоснование конструкции и создание нового образца цепного рабочего органа камнерезной машины [Текст] / М.Т. Мамасаидов, М.М. Исманов // Машиноведение. – Б.: ИМаш НАН КР, 2017. - № 1. – С. 54-62.

6. Патент №353, (Кыргызпатент). Цепной режущий орган [Текст] / М.Т. Мамасаидов, М.М. Исманов, Ш.С. Закиров, И.А. Бакиров; Кыргызпатент. - № 970178.1; заявл. 18.11.1997; опубл. 30.12.1999. Бюл. № 4.

7. Патент №1729, (Кыргызпатент). Режущая цепь [Текст] / М.Т. Мамасаидов, М.М. Исманов; Кыргызпатент. - № 20140021.1; заявл. 21.02.2014; опубл. 30.04.2015. Бюл. № 4.

8. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики [Текст]: учеб. для втузов / С.М. Тарг. – М.: Высшая школа, 1986. – 416 стр.

9. Исманов, М.М. Анализ технологий отделения блоков природного камня от массива путем резания [Текст] / М.М. Исманов // Наука. Образование. Техника. – Ош: КУУ, 2012. – №3,4. – С. 58-65.

10. Ажибаев, Э.К. Мобильная цепная камнерезная машина с автономным приводом [Текст]: дис. ... к.т.н.: 05.05.06 /Э.К. Ажибаев. – Ф., 1985. – 223 стр.

11. Рогатин, Н.Н. Совершенствование техники и технологии добычи блоков природного камня [Текст]: обзорная инф. / Н.Н. Рогатин, В.Н. Сиренко, Э.Э. Гайдуков. – М.: ВНИИЭСМ, 1986. – 67 стр.

12. Михельсон, Р.В. Состояние и развитие механизации добычных работ на карьерах облицовочного камня [Текст]: обз. инф. Вып.7. / Р.В. Михельсон, Г.И. Цицикашвили. – Тбилиси: ГрузНИИНТИ, 1985. – 60 стр.

13. Оборудование для добычи и обработки природного камня [Текст]: каталог-справочник. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1980. – 228 стр.

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И МЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

УДК.: 616.61-002.2:616-092:611-018.74

КОНЦЕНТРАЦИЯ АСИММЕТРИЧНОГО ДИМЕТИЛАРГИНИНА И ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО С-РЕАКТИВНОГО БЕЛКА У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ ПОЧЕК 5-Й СТАДИИ

Джеентаев К.Ш.¹, Иманов Б.Ж.¹, Исакова Ж.Т.², Калиев Р.Р.³

Национальный центр кардиологии и терапии им.акад. М.Миррахимова¹,
Научно-исследовательский институт молекулярной биологии и
медицины², Кыргызская государственная медицинская академия
им. И.К. Ахунбаева³, Бишкек, Кыргызстан, E-mail: jeen81@mail.ru

Аннотация: Цель исследования: определение концентраций асимметричного диметиларгинина (АДМА) и высокочувствительного С-реактивного белка (вчСРБ) у пациентов с хронической болезнью почек 5-й стадии (ХБП), а также изучение их связи с результатами лабораторно-инструментальных исследований. Материалы и методы: обследованы 60 пациентов с установленным диагнозом – ХБП 5-й стадии. Больные были разделены на 2 группы: 1 – 40 пациентов с ХБП 5-й стадии, находящихся на гемодиализе (ГД); 2 – 20 больных с ХБП 5-й стадии, додиализный период. Результаты: среди пациентов с ХБП 5-й стадии, не получающих ГД, уровень АДМА в сыворотке крови был выше, чем у больных на ГД (2,1 (1,8; 2,7) мкмоль/л против 0,85 (0,68; 1,75) мкмоль/л, $p < 0,001$, соответственно). По содержанию вчСРБ, указанные группы между собой не отличались: 11,25 (4,05; 12,95) мг/л и 10,6 (5,0; 12,8) мг/л, $p > 0,05$, соответственно. В додиализном периоде, повышение концентрации АДМА сопровождалось увеличением уровней холестерина, триглицеридов, липопротеидов низкой плотности, а также снижением гемоглобина крови. Среди пациентов на ГД установлены следующие особенности: обратная связь АДМА с содержанием гемоглобина ($r = -$

0,36, $p < 0,05$) и количеством эритроцитов ($r = -0,37$, $p < 0,05$); прямая связь с числом лейкоцитов в крови ($r = 0,42$, $p < 0,05$), уровнем мочевины в сыворотке крови после диализа ($r = 0,42$, $p < 0,05$). При эхокардиографии отмечено увеличение размеров левого предсердия (ЛП) ($r = 0,36$, $p < 0,05$).

Заключение: повышение концентрации АДМА и вЧСРБ в сыворотке крови у пациентов с ХБП 5 ст. сопровождались нарушением липидного обмена, анемией и увеличением размеров левого предсердия С

Ключевые слова: хроническая болезнь почек, эндотелиальная дисфункция, асимметричный диметиларгинин, высокочувствительный С-реактивный белок, гемоглобин, диализ, размер левого предсердия

CONCENTRATION OF ASYMMETRIC DIMETHYLARGININE AND HIGH-SENSITIVE C-REACTIVE PROTEIN AT PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE AT STAGE 5

Dzheentaev K.Sh.¹, Imanov B.Zh.¹, Isakova Zh.T.², Kaliev R.R.³

National center of cardiology and internal medicine named after academician M. Mirrakhimov¹, Institute of Molecular Biology and Medicine², Institute of Molecular Biology and Medicine³, Bishkek, Kyrgyz Republic

Abstract: Aim of study: determination of asymmetric dimethylarginine (ADMA) and high-sensitive C-reactive protein (hsCRP) concentration in patients with chronic kidney disease at stage 5 and assessment it's relation with results of laboratory and instrumental investigations. Patients and methods: 60 patients, with established diagnosis – chronic kidney disease (CKD) stage 5 were clinically examined. Patients were divided into 2 groups: 1 – 40 patients with CKD 5 on hemodialysis (HD); 2 – 20 patients with CKD 5 on predialyse period. Results: among non-dialysis patients with CKD stage 5 ADMA serum level was higher than in patients on HD (2,1 (1,8; 2,7) $\mu\text{mol/L}$ versus 0,85 (0,68; 1,75) $\mu\text{mol/L}$, $p < 0,001$, accordingly). By hsCRP concentrations subjects at named groups didn't differ (11,25 (4,05; 12,95) mg/L and 10,6 (5,0; 12,8) mg/L, $p > 0,05$). Elevated concentration ADMA in serum at patients with CKD 5 on predialyse period was associated with high levels of cholesterol, triglycerides, low-density lipoproteins and low hemoglobin. In patients on HD negative correlation identified: between ADMA level and hemoglobin concentration ($r = -0,36$, $p < 0,05$), amount of red blood cells ($r = -0,37$,

$p < 0,05$); positive correlation with amount of leukocytes ($r = 0,42$, $p < 0,05$), postdialysis serum urea ($r = 0,42$, $p < 0,05$) and left atrium (LA) size ($r = 0,36$, $p < 0,05$).

Conclusion: High levels of ADMA and hsCRP in blood serum at patients with chronic kidney disease at stage 5 are conducted with lipid metabolism disturbance, anemia and left atrium enlargement

Keywords: chronic kidney disease, endothelial dysfunction, dialysis, asymmetric dimethylarginine, high sensitive C-reactive protein, hemoglobin, left atrial size

Введение

Кардиоваскулярные заболевания являются частым коморбидным состоянием у пациентов с хронической болезнью почек (ХБП) и служат основной причиной смертности [1, с.1050]. На протяжении последних десятилетий большое значение придаётся роли эндотелиальной дисфункции (ЭД) в патогенезе артериальной гипертензии, атеросклероза, коронарной болезни сердца, острого инфаркта миокарда и легочной артериальной гипертензии [2, с.14]. Открытый в 1978 г. оксид азота (NO) был описан, как эндотелиальный фактор релаксации сосудов, который оказывает сосудорасширяющее действие, подавляет пролиферацию гладкомышечных клеток, уменьшает перекисное окисление липидов низкой плотности, предотвращает агрегацию тромбоцитов и адгезию моноцитов [3, с.34]. NO образуется из L-аргинина с участием фермента – эндотелиальной синтазы оксида азота (eNOS). В 1992 г. Vallance P. и соавт. в экспериментах показали, что эндогенным ингибитором данного процесса является асимметричный диметиларгинин (АДМА), конкурентно связывающийся с eNOS. Введение в организм, указанного вещества, приводило к спазму и нарушению эндотелий-зависимого расширения сосудов [4, с.172; 5, с.572].

АДМА метаболизируется в печени под действием фермента диметиларгинин диметиламиногидролазы (ДДАГ) и экскретируется почками [6, с.1455]. При прогрессирующем снижении скорости клубочковой фильтрации (СКФ) отмечено повышение уровня АДМА в крови, по этой причине данный продукт обмена веществ был признан

уремическим токсином [7, с. 50; 8, с.154]. Мета-анализ 22 проспективных исследований, проведённых в общей популяции и среди пациентов с ХБП, показал увеличение относительного риска развития сердечно-сосудистых заболеваний при повышении содержания АДМА в сыворотке крови [9].

В литературе накоплено большое количество данных, указывающих на тесную связь ЭД и хронического воспаления. При лабораторном изучении сыворотки крови пациентов с ХБП отмечены подъёмы уровней воспалительных цитокинов (интерлейкин-10, интерлейкин-6, фактора некроза опухоли), и маркёра острой фазы воспаления – С-реактивного белка (СРБ) [10, с.1216; 11, с. 29].

У пациентов, получающих заместительную почечную терапию (ЗПТ), воспаление может быть вызвано: течением основного заболевания, кальцификацией сосудов, инфекцией в области сосудистого доступа, анемией, сердечной недостаточностью, контактом крови с бионесовместимыми диализаторами и загрязнением диализирующего раствора [12, с.274].

В проспективном наблюдении высокие уровни АДМА и СРБ были связаны с ростом числа сердечно-сосудистых событий и смертности на гемодиализе (ГД) [13, с.1714]. Область взаимоотношений вазоактивных веществ и медиаторов воспаления в сложном патогенезе хронической почечной недостаточности остаётся малоизученным.

Цель исследования: определение уровня асимметричного диметиларгинина и высокочувствительного С-реактивного белка и сопоставление их с результатами лабораторно-инструментальных исследований при хронической болезни почек 5 стадии.

Материалы и методы

После получения согласия на участие в исследовании, были отобраны 60 пациентов в возрасте от 18 до 70 лет, с установленным диагнозом ХБП 5-й стадии.

В зависимости от вида проводимой терапии, больных разделили на 2 группы:

- 1-40 пациентов с ХБП 5-й стадии, получающие ГД;

– 2-20 больных с ХБП 5-й стадии, перед введением в программу ЗПТ.

Причинами ХБП явились:

- хронический гломерулонефрит – в 43 случаях,
- сахарный диабет – у 6 пациентов,
- поликистоз почек – у 5,
- хронический пиелонефрит, подагра и гипертоническая болезнь (по 2 человека).

Критериями исключения из исследования служили наличие у пациентов острого коронарного синдрома, острого нарушения мозгового кровообращения, тромбоэмболии лёгочной артерии, острых гнойно-воспалительных заболеваний, врождённых и приобретённых пороков сердца, хронической сердечной недостаточности 3-4-й ст. по NYHA (Нью-Йоркская ассоциация кардиологов), а также злокачественных новообразований любой локализации. Участники исследования прошли комплекс лабораторных и инструментальных обследований. СКФ была определена по формуле СКД-ЕРІ с учётом возраста, пола, уровня креатинина сыворотки крови. Пациенты на додиализной стадии проходили подготовительный этап к ГД. Больным проводился стандартный бикарбонатный ГД, три раза в неделю по 4 часа. Сосудистым доступом у больных являлась артериовенозная фистула.

Эхокардиография (ЭхоКГ) проводилась на ультразвуковой системе «iE33» корпорации «Phillips» одним специалистом, в М-, В- и доплеровском режимах, по методике предложенной Американским обществом эхокардиографии (АОЭ).

Забор крови для определения концентрации АДМА и вчСРБ производился у пациентов натощак, перед процедурой ГД. Уровни АДМА в сыворотке крови определяли методом иммуноферментного анализа (ИФА) с помощью набора реактивов фирмы ДЛД Диагностика Гамбург (Германия). За диапазон нормальных значений был принят уровень – 0,40-0,75 мкмоль/л. Количественное измерение вчСРБ в крови проводилось методом твердофазного непрямого ИФА с использованием набора А-9002 ЗАО «Вектор-Бест» (Россия). Референсные значения вчСРБ в сыворотке крови составляют: 1-3 мг/л.

Для обработки, полученных данных, использовали компьютерную программу Statistica 7.0. Нормальность распределения определяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Методы описательной статистики применяли с вычислением средних значений (М) и стандартного отклонения (SD) для переменных с нормальным распределением и медианы (Me), 25-й и 75-й процентиля - при асимметричном распределении. Для выявления отличий количественных признаков с нормальным распределением использовали t-критерий Стьюдента, и непараметрический критерий Манна-Уитни – для переменных с асимметричным распределением. Сравнение качественных признаков осуществляли по χ^2 Пирсона.

Связь между переменными с нормальным распределением оценивали по параметрическому коэффициенту линейной корреляции Пирсона, при асимметричном распределении и отсутствии линейной связи – непараметрическому коэффициенту Спирмена. Полученные результаты считали достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты

Обследованные категории пациентов были сопоставимы по возрасту и полу ($p > 0,05$).

При объективном осмотре в группе пациентов на ГД, в сравнении с пациентами на додиализной стадии ХБП выявлялись более низкий индекс массы тела (ИМТ): 22,15 (20,1; 24,25) кг/м² против 24,5 (21,95; 30) кг/м², ($p = 0,019$) (табл.1). По уровню систолического и диастолического АД выборки больных не отличались ($p > 0,05$).

В общеклинических анализах крови у пациентов с додиализной стадией ХБП в отличие от пациентов, получающих ГД, выявлены снижения количества эритроцитов и гематокрита (3,65 (3,0; 4,13) $\times 10^{12}/л$ против 4,05 (3,7; 4,27) $\times 10^{12}/л$, $p = 0,012$; 30,5% (24,05; 35) против 36,5% (31,5; 38), $p = 0,005$, соответственно), концентраций гемоглобина и альбумина сыворотки крови (99,6 $\pm$ 26,15 г/л и 115,15 $\pm$ 16,8 г/л, $p = 0,015$; 35 (29; 38,25) г/л и 40 (37; 42) г/л, $p < 0,001$, соответственно).

Дислипидемия в первой категории больных выражалась высоким содержанием холестерина (5,11 (3,37; 6,16) ммоль/л против 3,6 (3,07; 4,18)

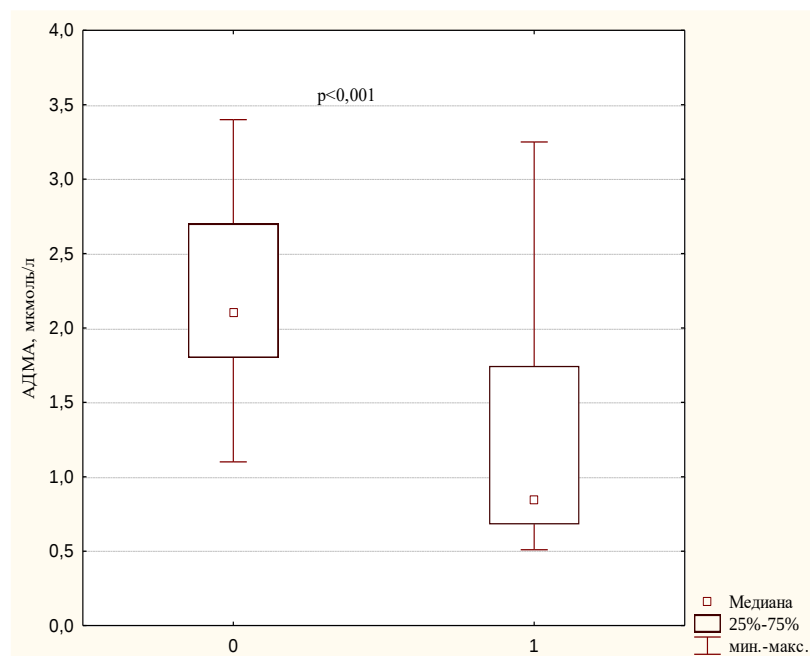
ммоль/л, $p = 0,004$, соответственно), триглицеридов (ТГ) (1,57 (1,0; 2,02) против 1,01 (0,67; 1,54) ммоль/л, $p=0,032$, соответственно) и липопротеидов низкой плотности (ЛПНП) (2,86 (2,01; 4,05) ммоль/л и 1,9 (1,5; 2,5) ммоль/л, $p=0,002$, соответственно) (табл.1).

Таблица 1

Клинико-лабораторная характеристика пациентов с ХБП 5-й ст.

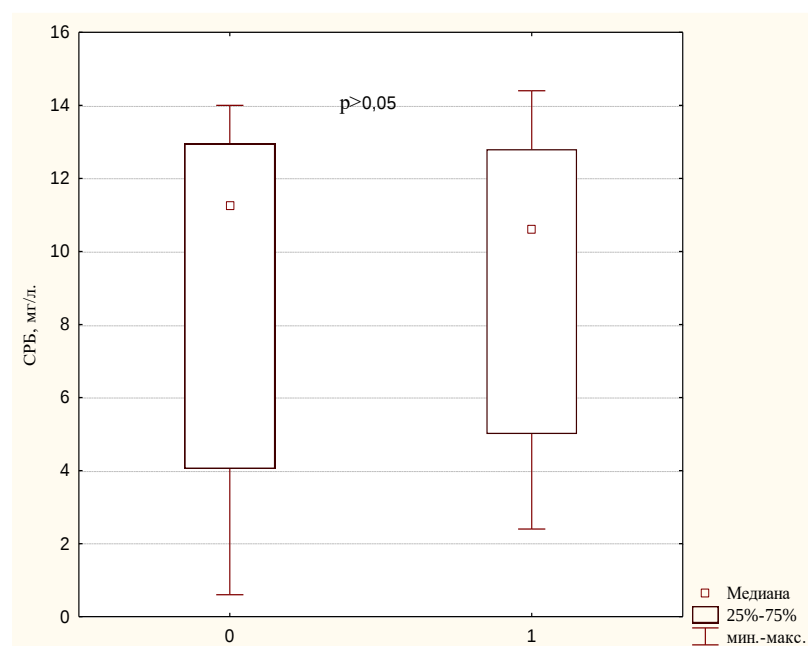
Показатели	Пациенты с ХБП 5-й ст. на ГД (n=40)	Пациенты с ХБП 5-й ст. без ГД (n=20)	p
Мужчины	26 (65%)	13 (65%)	$p>0,05$
Женщины	14 (35%)	7 (35%)	$p>0,05$
Возраст, лет	49 (36;56,5)	44 (30,5; 52,5)	$p>0,05$
ИМТ, кг/м ²	22,15 (20,1; 24,25)	24,5 (21,95; 30)	$p=0,019$
сист.АД, мм рт.ст.	150 (130; 160)	145 (130;165)	$p>0,05$
диаст.АД, мм рт.ст.	90 (80; 100)	90 (80; 100)	$p>0,05$
Гемоглобин, г/л	115,15±16,8	99,6±26,15	$p=0,015$
Эритроциты, 10 ¹² /л	4,05 (3,7; 4,27)	3,65 (3,0; 4,13)	$p=0,012$
Гематокрит, %	36,5 (31,5; 38)	30,5 (24,05; 35)	$p=0,005$
Альбумин, г/л	40 (37; 42)	35 (29; 38,25)	$p<0,001$
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	6,3 (5,6; 7,4)	6,65 (5,77; 7,46)	$p>0,05$
СОЭ, мм/ч	19 (15; 33,5)	20 (13; 29,5)	$p>0,05$
Холестерин, ммоль/л	3,6 (3,07; 4,18)	5,11 (3,37; 6,16)	$p=0,004$
ТГ, ммоль/л	1,01 (0,67; 1,54)	1,57 (1,0; 2,02)	$p=0,032$
ЛПНП, ммоль/л	1,9 (1,5;2,5)	2,86 (2,01; 4,05)	$p=0,002$
Креатинин, мкмоль/л	865,95 (764,3; 1002,1)	629,5 (451,5; 723,5)	$p<0,001$
СКФ, мл/мин	5 (4; 6)	8 (6,5; 13,5)	$p<0,001$
Иониз.кальций, ммоль/л	1,0 (0,91; 1,09)	1,18 (1,07; 1,26)	$p<0,001$

Примечание: ХБП – хроническая болезнь почек; ГД – гемодиализ; p – уровень достоверности; ИМТ – индекс массы тела; ЧСС – частота сердечных сокращений; АД – артериальное давление; СОЭ – скорость оседания эритроцитов; ТГ – триглицериды; ЛПНП – липопротеиды низкой плотности; СКФ – скорость клубочковой фильтрации.



0 – пациенты с хронической болезнью почек (ХБП) 5 ст. додиализный период, 1 – пациенты с ХБП 5ст. на гемодиализе
 Рис.1. Концентрация асимметричного диметиларгинина (АДМА) в сыворотке крови пациентов с хронической болезнью почек (ХБП) 5ст.

Концентрация АДМА в сыворотке крови пациентов с додиализной ХБП 5-й ст. достоверно была выше, чем у лиц, получающих ГД (2,1 (1,8; 2,7) мкмоль/л против 0,85 (0,68; 1,75) мкмоль/л, $p < 0,001$, соответственно, рис.1).



0 – пациенты с хронической болезнью почек (ХБП) 5 ст., додиализный период, 1 – пациенты с ХБП 5ст. на гемодиализе
 Рис.2. Концентрация высокочувствительного С-реактивного белка (вчСРБ) в сыворотке крови пациентов с хронической болезнью почек (ХБП) 5ст.

Значимых различий в содержании вчСРБ в сыворотке крови у больных обеих групп не было установлено (10,6 (5,0; 12,8) мг/л и 11,25 (4,05; 12,95) мг/л, $p > 0,05$, соответственно, рис. 2).

Уровень АДМА в крови у пациентов, получающих ГД, находился в обратной зависимости от концентрации гемоглобина и количества эритроцитов ($r = -0,36$, $p < 0,05$ и $r = -0,37$, $p < 0,05$ соответственно) (табл.2). Одновременно увеличение концентрации АДМА в сыворотке крови ассоциировалось с ростом числа лейкоцитов в крови ($r = 0,42$, $p < 0,05$), а также уровнем содержания мочевины в сыворотке крови после диализа ($r = 0,42$, $p < 0,05$) (табл.2). Кроме того, увеличение размеров ЛП, сопровождалась повышением концентрации АДМА в сыворотке крови ($r = 0,36$, $p < 0,05$) (табл.2). О сохранении системного воспаления среди данной категории пациентов, свидетельствовала положительная связь между концентрацией вчСРБ и величиной СОЭ ($r = 0,55$, $p < 0,05$).

Таблица 2

Корреляционная связь уровней асимметричного диметиларгинина (АДМА) и высокочувствительного С-реактивного белка (вчСРБ) с результатами лабораторных исследований и размером левого предсердия (пациенты на ГД)

Показатель	АДМА	вчСРБ
Гемоглобин	$r = -0,36$ ($p < 0,05$)	$p > 0,05$
Эритроциты	$r = -0,37$ ($p < 0,05$)	$p > 0,05$
Лейкоциты	$r = 0,42$ ($p < 0,05$)	$p > 0,05$
СОЭ	$p > 0,05$	$r = 0,55$ ($p < 0,05$)
Мочевина в сыворотке крови после диализа	$r = 0,42$ ($p < 0,05$)	$p > 0,05$
Размер ЛП	$r = 0,36$ ($p < 0,05$)	$p > 0,05$

Примечание: АДМА – асимметричный диметиларгинин; вчСРБ – высокочувствительный С-реактивный белок; ГД – гемодиализ; r -степень корреляции; p -уровень достоверности; СОЭ-скорость оседания эритроцитов; ЛП – левое предсердие

Обсуждение

В обеих исследованных группах пациентов с ХБП 5-й ст., установлены повышение уровней АДМА и вчСРБ в сыворотке крови,

превышающими референсные значения в 2-3 раза (0,40- 0,75 мкмоль/л и 1-3 мг/л, соответственно). По мнению исследователей, увеличение содержания в организме данного уремического токсина вызывает эндотелиальную дисфункцию со снижением концентрации NO, ростом сосудистого сопротивления, АД, снижения ЧСС и сердечного выброса [6, с.1455]. В экспериментах было зарегистрировано угнетение мобилизации, дифференцировки и функции клеток предшественников эндотелиоцитов [14, с.1693].

В нашей работе среди пациентов с додиализной стадией ХБП, высокие уровни АДМА и вчСРБ в сыворотке крови сопровождались повышением содержания холестерина, ТГ и ЛПНП. В проспективном наблюдении, проведённом Zocalli С. с коллегами [11], у пациентов, получающих ГД, АДМА и СРБ являлись независимыми предикторами повреждения эндотелия сонных артерий. Китайские исследователи Tse-Min Lu и соавт. определили уровень АДМА >0,47 мкмоль/л в плазме крови, как неблагоприятный прогностический маркёр высокой смертности, нефатального инфаркта миокарда и инсульта головного мозга среди больных с ХБП 3-4-й ст. При этом каждое увеличение концентрации данного маркёра эндотелиальной дисфункции на 0,1 мкмоль/л повышало относительный риск таких событий на 37% [15, с.1566].

При анализе результатов лабораторных данных пациентов, получающих ГД, мы выявили отрицательную корреляцию между концентрацией АДМА в сыворотке крови, уровнем гемоглобина и количеством эритроцитов. По мнению японских учёных, высокий уровень АДМА в крови у пациентов с преддиализной стадией ХБП приводит к угнетению NO-зависимой экспрессии рецепторов эритропоэтина на поверхности эритробластов [16].

Прямая зависимость между размером ЛП и содержанием АДМА среди пациентов, получающих ГД, указывает на гиперволемию сосудистого русла с накоплением в крови данного уремического токсина. По мнению Agarwal R. увеличенное ЛП является признаком хронической объёмной перегрузки сердца [17, с. 3908]. В Фремингемском исследовании размеры ЛП, превышающие нормальные значения, являлись предикторами сердечно-сосудистых событий и летального исхода [18, с.835]. Cross J. и соавт. сообщают о перманентном улучшении способности сосудов к вазодилатации, после сеансов ГД, т.е. снижение

концентрации уремических токсинов и восстановление объёмного статуса пациентов благоприятно воздействуют на эндотелий сосудов [19, с.1823]. По литературным данным после проведения процедур экстракорпорального очищения крови регистрировался спад концентрации АДМА на 20-40% от исходных значений [20, с.1437].

Высокий уровень АДМА и вчСРБ в крови ассоциировались лейкоцитозом и подъёмом СОЭ в крови у пациентов, получающих ГД.

Другой находкой нашей работы явилось выявление прямой связи между содержанием в сыворотке крови ингибитора синтеза NO и постдиализным уровнем мочевины.

Выводы: Утрата почечной функции сопровождается повышением концентраций АДМА и вчСРБ в сыворотке крови; Увеличение содержания АДМА в сыворотке ассоциируется с дислипидемией; Начало ЗПТ приводит к снижению АДМА в крови, но остаётся выше референсных значений; Уровень АДМА в крови может быть связан с гиперволемией сосудистого русла.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использованная литература

1. Sarnak, M.J. Kidney disease as a risk factor for development of cardiovascular disease: a statement from the American Heart Association Councils on Kidney in Cardiovascular Disease, High Blood Pressure Research, Clinical Cardiology, and Epidemiology and Prevention [Текст] / M.J. Sarnak, A.S. Levey, A.C. Schoolwerth et al. // Hypertension 2003. – 42. P. 1050-1065
2. Булаева Н.И. Эндотелиальная дисфункция и оксидативный стресс: роль в развитии кардиоваскулярной патологии [Текст] / Н.И. Булаева, Е.З. Голухова // Креативная кардиология 2013. – 1. С. 14-22
3. Лупинская З.А. Эндотелий. Функция и дисфункция [Текст] З.А. Лупинская, А.Г. Зарифьян, Т.Ц. Гурович и др. // Бишкек: КРСУ, 2008. – 372 с.
4. Kielstein J.T. Cardiovascular effects of systemic nitric oxide synthase inhibition with asymmetrical dimethylarginine in humans [Текст] / J.T. Kielstein, B. Impraim, S. Simmel et al. // Circulation 2004. – 109. P. 172-177
5. Vallance P. Accumulation of an endogenous inhibitor of nitric oxide synthesis in chronic renal failure [Текст]/P.Vallance, A.Leone, A.Calver et al.//Lancet 1992. –339. P.572–575
6. Achan V. Asymmetric dimethylarginine causes hypertension and cardiac dysfunction in humans and is actively metabolized by dimethylarginine dimethylaminohydrolase [Текст] / V. Achan, M. Broadhead, M. Malaki et al.// Arterioscler Thromb Vasc Biol 2003. – 23. P. 1455-1459

7. Eiselt J. Asymmetric Dimethylarginine and Progression of Chronic Kidney Disease - a One-Year Follow-Up Study [Текст] / J. Eiselt, D. Rajdl, J. Racek et al. // *Kidney Blood Press Res* 2014. – 39. P. 50-57
8. Webb D. Endothelial function in hypertension [Текст] / D. Webb, P. Vallance// Berlin, Springer, 1997. – P. 154
9. Willeit P. Asymmetric dimethylarginine and cardiovascular risk: Systematic Review and Meta-Analysis of 22 Prospective Studies [Текст] / P. Willeit, D.F. Freitag, J. A. Laukkanen // *J Am Heart Assoc* 2015. – 4. e001833. doi: 10.1161/JAHA.115.001833
10. Stenvinkel P. IL-10, IL-6, and TNF-alpha: Central factors in the altered cytokine network of uremia: The good, the bad, and the ugly [Текст] / P. Stenvinkel, M. Ketteler, R. Johnson et al. // *Kidney Int.* 2005. – 67. P. 1216–1233
11. Zoccali C. Inflammation and atherosclerosis in end-stage renal disease [Текст] / C. Zoccali, F. Mallamaci, G. Tripepi // *Blood Purif.* 2003. – 21. P. 29–36
12. Jofre' R. Inflammatory Syndrome in Patients on Hemodialysis [Текст] / R. Jofre', P. Rodriguez-Benitez, M. Juan et al. // *J Am Soc Nephrol.* 2006. – 17. P. 274–280 doi: 10.1681/ASN.2006080926
13. Tripepi G. Inflammation and Asymmetric Dimethylarginine for Predicting Death and Cardiovascular Events in ESRD Patients [Текст] / G. Tripepi, F.M. Raso, E. Sijbrands et al. // *Clin J Am Soc Nephrol.* 2011. – July 6. P. 1714–1721
14. Thum T. Suppression of endothelial progenitor cells in human coronary artery disease by the endogenous nitric oxide synthase inhibitor asymmetric dimethylarginine [Текст] / T. Thum, D. Tsikas, S. Stein et al. // *J Am Coll Cardiol.* 2005. – Nov 1. 46(9). P. 1693-701
15. Tse-Min Lu. Asymmetric Dimethylarginine and Clinical Outcomes in Chronic Kidney Disease [Текст] / Tse-Min Lu, Ming-Yi Chung, Chih-Ching Lin et al. // *Clin J Am Soc Nephrol.* 2011. – July 6. P. 1566–1572
16. Yokoro M. Asymmetric Dimethylarginine Contributes to the Impaired Response to Erythropoietin in CKD-Anemia [Текст]/M.Yokoro, Y.Nakayama,S.Yamagishi et al.//*J Am Soc Nephrol.* 2017.–28. doi: <https://doi.org/10.1681/ASN.2016111184>
17. Agarwal R. Prevalence, determinants and prognosis of pulmonary hypertension among hemodialysis patients [Текст] / R. Agarwal // *Nephrol Dial Transplant.* 2012. – Oct. 27(10). P. 3908–3914
18. Benjamin E.J. Left atrial size and the risk of stroke and death. The Framingham Heart Study [Текст] E.J. Benjamin, R.B. D'Agostino, A.J. Belanger et al. *Circulation.* 1995. – Aug 15. 92(4). P. 835-41
19. Cross J.M. Dialysis improves endothelial function in humans [Текст]/J.M. Cross, A.Donald, P.J.Vallance et al.//*Nephrol Dial Transplant.* 2001. – Sep. 16(9). P.1823-9
20. Anderstam B. Serum Levels of NG, NG-dimethyl-L-Arginine, a Potential Endogenous Nitric Oxide Inhibitor in Dialysis Patients [Текст] / B. Anderstam, K. Katzarski and J.J. Bergstrom // *J Am Soc Nephrol.* 1997. – 8. P. 1437-1442

УДК 621.31

ОБ ОТСУТСТВИИ УДВОЕНИЯ ЧАСТОТЫ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Рахимов К.Р.

Кыргызский государственный технический университет
им И. Раззакова, Бишкек, Кыргызстан

***Аннотация:** В литературе принято считать, что имеется сдвиг векторов между током и напряжением в цепи емкости и индуктивности в 90 градусов. Имеющееся такое заблуждение математически приводило к неправильному выводу, что емкостное и индуктивное мощности имеют двойную частоту. При отказе от такого заблуждения все становится на место*

***Ключевые слова:** теории электричества, закон Ома, пропорции тока и напряжения, мгновенные, максимальные и действующие значения тока и напряжения, активная и реактивная мощности*

ON THE ABSENCE OF DOUBLING THE FREQUENCY OF REACTIVE POWER IN THE ELECTRICAL CIRCUIT

Kaly R. Rakhimov

KSTU named after I. Razzakova, Bishkek, Kyrgyzstan

***Annotation:** Of the article is to prove that there is no vector shift between current and voltage in any circuit. The existing such misconception mathematically led to the incorrect conclusion that capacitive and inductive powers have a double frequency. When such delusion is abandoned, it puts everything in its place*

***Key words:** theories of electricity, Ohm's law, proportions of current and voltage, instantaneous, maximum and effective values of current and voltage, active and reactive power*

Некоторые результаты математических описаний в электротехнике не соответствуют физическим процессам или явлениям. Самое серьезное заблуждение заключается в принятии сдвига векторов тока и напряжения. Некоторыми авторами было принято, что между током и напряжением в цепи емкости и индуктивности есть сдвиг векторов в 90 градусов. Это положение попало в учебники. Использование этого заблуждения приводит к нарушению закона Ома, мгновенные значения тока и напряжения становятся непропорциональными друг другу. Этот закон незыблем и справедлив для любого случая: во всякой электрической цепи, для любого элемента цепи, для любого вида сопротивления, для любой мощности, для любого момента времени, для мгновенных и действующих значений параметров цепи – пропорциональность тока и напряжения несомненны. Величины тока и напряжения в любой момент имеют определенное соотношение в зависимости от величины сопротивления.

Заблуждение о наличии между током и напряжением сдвига векторов приводит к неправильному выводу, что имеет место удвоение частоты мощности в емкостном и индуктивном сопротивлениях. Нарушается баланс активных и реактивных мощностей, искажается и приводит к асимметрии синусоид реактивного и полного мощностей, положительная полуволна становится не равной обратной полуволне. Максимальные мгновенные значения реактивных мощностей при принятом сдвиге между током и напряжением в 90 градусов получается в два раза меньше, чем обычно считают на практике. При суммировании с активной мощностью полная мощность получается с несимметричной синусоидой. В действительности ток и напряжение меняются по синусоиде по так называемой гармонической кривой, которая является строго симметричной.

Ошибочность принятия удвоение частоты в реактивных мощностях доказывается тем, что на практике нигде не встречается удвоение частоты. Опыт проектирования и эксплуатации электрооборудования (генераторов, трансформаторов и др.), линий электропередач и двигателей показывают, что частота 100 Гц нигде в расчетах не применяется. Практики в расчетах всегда используют частоту 50 Гц, например, при определении емкостного и индуктивного сопротивления трансформатора, линии, двигателя и так далее. Число оборотов

генераторов и двигателей рассчитывают на частоту 50 Гц и они имеют число оборотов соответствующее этой частоте. Замеры в любой части электрической системы не подтверждают наличие частоты в 100 Гц. Имеющаяся автоматика в электрической системе и приборы учета также рассчитывают на частоту 50 Гц, например, АЧР (автоматическая частотная разгрузка), индукционные счетчики.

На практике направления векторов тока, напряжения и мощности в каждом элементе цепи совпадают друг с другом (Рис.1).

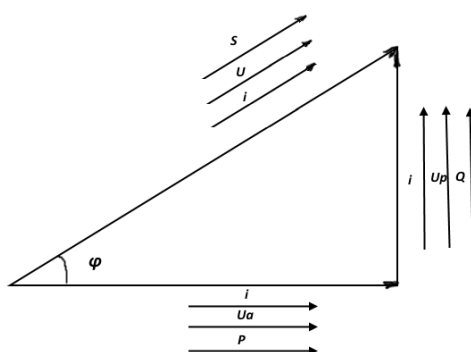


Рис.1. [1]

Синусоиды токов, напряжений и мощностей в цепях активного, индуктивного и емкостного сопротивлений показаны на рис.2.

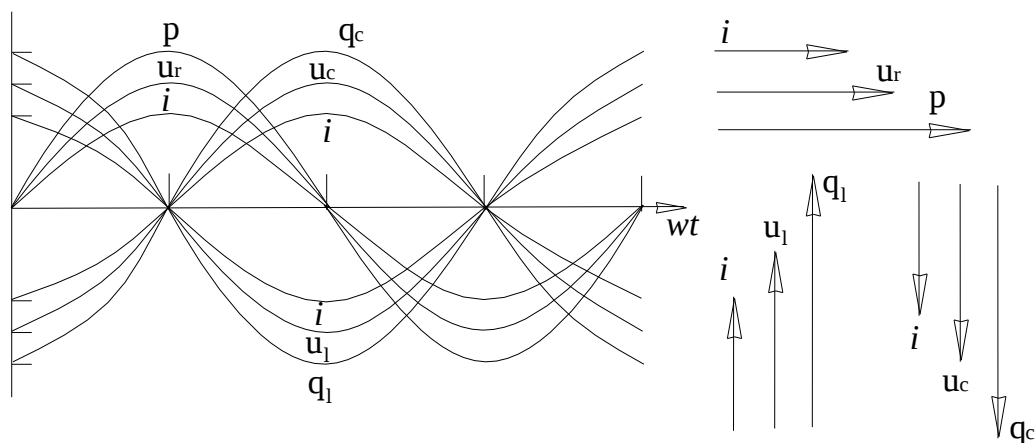


Рис.2. [2]

Они в реактивных элементах сдвинуты относительно активного на 90 градусов в ту или иную сторону. Треугольники сопротивлений, действующих значений напряжений и мощностей всегда связаны общностью угла сдвига φ (Рис.3).

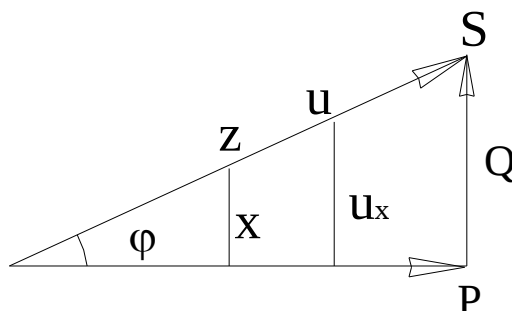


Рис.3. [3]

Отказ от положения, что ток и напряжение имеют сдвиг векторов, ставит все на свои места. Во-первых, не нарушается закон Ома для мгновенных значений, во-вторых, можно утверждать об отсутствии удвоения частоты, в-третьих, при суммировании графиков мгновенных значений активной и реактивных мощностей их синусоидальность, симметричность не нарушаются и в-четвертых, самое главное – графики мгновенных значений приходят в соответствие с треугольниками напряжений и мощностей (Рис. 4). Угол сдвига векторов активной и полной мощности φ в графике мгновенных значений и в треугольнике мощностей совпадают, что очень важно – все становятся на свои места.

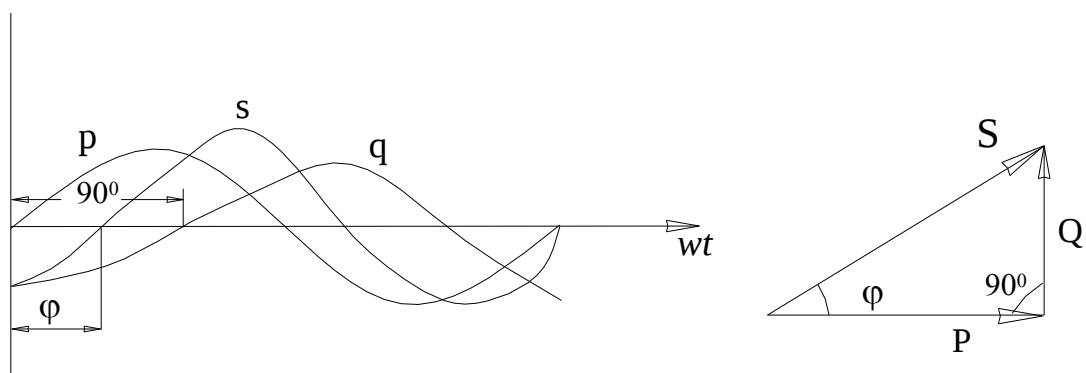


Рис.4. [4]

Необоснованно ввели сдвиг фаз между потокосцеплением и ЭДС, между током и напряжением (стр. 143-144, Л. 1), ее назвали углом сдвига

тока по отношению к напряжению и принято, что при $\varphi = 0$ ток и напряжения совпадают по фазе, при $\varphi = \pi$ - противоположны по фазе, при $\varphi = \pi/2$ - находятся в квадратуре. Угол φ есть угол между векторами активного и полного сопротивлений, этот же угол есть угол между активной составляющей и полным напряжением, а также это угол между активной и полной мощностью (Рис.3).

Сдвиг тока и напряжения в 90 градусов получилось при тригонометрических преобразованиях – при определении производных или при интегрировании. В учебниках принято, что синусоида индуктивного напряжения опережает по фазе синусоиду тока на угол сдвига $\pi/2$, а синусоида емкостного напряжения отстает по фазе синусоиду тока тоже на угол $\pi/2$. В то же время считается, что действующие значения тока и напряжения в этих цепях пропорциональны. Также считается, что максимальные значения мгновенных значений также подчиняются закону Ома. Сдвиг синусоид имеет место, только сдвигаются все вместе ток, напряжение и мощность без сдвига между собой (Рис.4).

Сдвиг якобы имеющийся между током и напряжением в цепи индуктивности обосновывают следующим образом. Допустим, ток в индуктивности изменяется по синусоиде

$$i = I_m \sin \omega t \quad (1)$$

Напряжение на индуктивности

$$u_l = U_m \sin (\omega t + \pi/2) \quad (2)$$

Для мгновенной мощности получают $q_l = U_m I_m \sin 2\omega t$, при получении этого выражения используют тригонометрическую формулу $1 - \cos 2\alpha = 2 \sin^2 \alpha$ таким образом доказывается удвоение частоты. Однако использование таких математических преобразований не соответствует физическому процессу.

Не делая никакого дифференцирования можно записать

$$u_l = x_l I_m \sin \omega t = U_{lm} \sin \omega t \quad (3)$$

Мгновенные значения напряжения в цепи индуктивности пропорциональны мгновенным значениям тока (Рис.5).

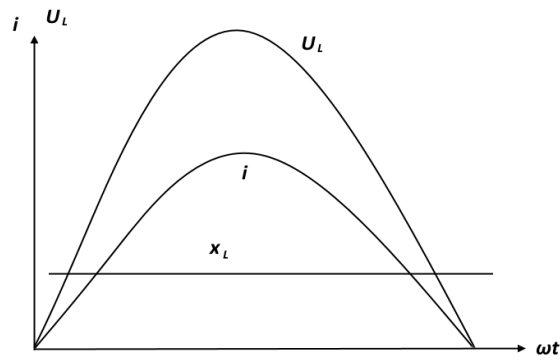


Рис.5. [5]

Аналогичное математическое преобразование делают с цепью с емкостью и делают вывод о сдвиге синусоид и, что напряжение отстает от тока на угол в 90° и получают выражение $p_c = U_{cm} I_m \sin 2\omega t$.

Без математических преобразований можно записать, что в цепи емкости

$$u_c = x_c I_m \sin \omega t = U_{cm} \sin \omega t \quad (4)$$

Мгновенные значения напряжения в цепи емкости пропорциональны мгновенным значениям тока (Рис.6).

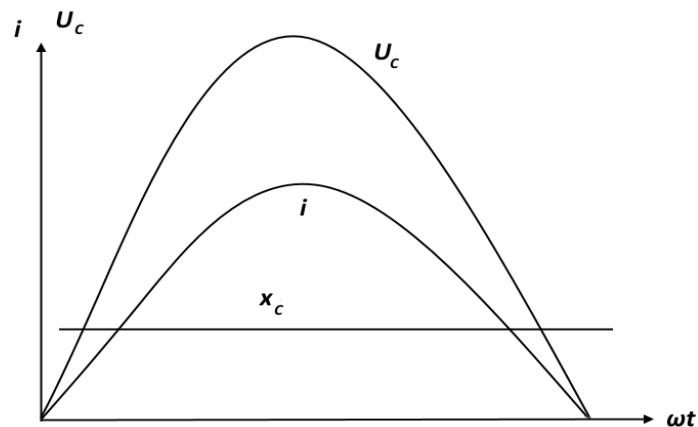


Рис.6. [6]

Правильное выражение мгновенного значения мощности для цепи индуктивности получается при умножении (1) на (4)

$$q_l = U_{lm} I_m \sin^2 \omega t \quad (5)$$

для цепи емкости при умножении (1) на (5)

$$q_c = U_{cm} I_m \sin^2 \omega t \quad (6)$$

Мгновенные значения мощности для всей цепи r, L, C

$$p = u I_m \sin^2 \omega t, \text{ где } u = u_r + u_l + u_c \quad (7)$$

Выводы

1. Принятые в учебниках положение о наличии сдвига между мгновенными значениями тока и напряжения в цепи индуктивности и емкости приводят к неправильному выводу, что реактивные мощности имеют двойную частоту.

2. Закон Ома справедлив для любого случая: для любого вида сопротивления, для любой мощности, для действующего, максимального и мгновенного значений - пропорциональность тока и напряжения несомненны.

3. Практика не показала наличия удвоения частоты реактивных мощностей, что дает основание говорить об отсутствии сдвига между векторами тока и напряжения.

Использованная литература

1. Демирчян. К. С. и др. Теоретические основы электротехники. 5-е изд. Том 1. – СПб. Питер. 2009.
2. Борисов Ю.М. и др. Электротехника. – М.: Энергоатомиздат. 1985.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. – М.: «Высшая школа». 1999.
4. Рахимов К.Р. О мгновенных значениях и частоте активной и реактивной мощности. Известия КГТУ им И. Раззакова. – Том 1. – Б., 2006.
5. Рахимов К. Р. Линии электропередач Кыргызстана, особенности, методы расчета и управления. КГТУ им И. Раззакова. – Бишкек, 2010.
6. Рахимов К. Р. О наличии сдвига векторов тока и напряжения в цепи синусоидального тока. Журнал «Инженер» Инженерной академии Кыргызской Республики. – Бишкек, 2010.
7. Рахимов К. Р. О теориях генерации, передачи электроэнергии и реактивной мощности. КГТУ им И. Раззакова. – Бишкек, 2014.

УДК 628.1.9.

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОЗОНОВОГО СТЕРИЛИЗАТОРА ВОЗДУХА

Атаханов Х.М., Султанов С.К.

Инновационный колледж STEM, Ошский Государственный
университет, Ош, Кыргызстан, atakhanov53@mail.ru

Аннотация: Одним из наиболее эффективных методов уничтожения вирусов является стерилизация и дезодорации воздуха в местах скопления людей с помощью озонowego газа. Так как озон разрушает возбудителей гриппа, герпеса, ВИЧ и других вирусов. Поэтому разработка конструкции автоматизированного озонowego стерилизатора воздуха, отличающиеся высокой надежностью, простотой в эксплуатации и низким энергопотреблением, является актуальной задачей защиты населения

Ключевые слова: озонвый стерилизатор воздуха, борьба с коронавирусом, озонотерапия, инфекция, пандемия, вирусы, дезодорации воздуха, концентрации озона

DEVELOPMENT AND EXPERIMENTAL STUDIES OF AN AUTOMATED OZONE AIR STERILIZER

Atakhanov Kh.M., Sultanov S.K.

Innovative College STEM, Osh State University, Osh, Kyrgyzstan

Annotation: One of the most effective methods for the destruction of viruses are sterilization and deodorization of air in places of accumulation of people with ozone gas. Since ozone destroys the pathogens of influenza, herpes, HIV and other viruses. Therefore, the design of the automated ozone air sterilizer, characterized by high reliability, ease of operation and low power consumption, is the actual task of protecting the population

Key words: ozone air sterilizer, coronavirus control, ozone therapy, infection, pandemic, viruses, air deodorization, ozone concentrations

Одним из наиболее эффективных методов уничтожения вирусов, является стерилизация и дезодорации воздуха в местах скопления людей с помощью озонowego газа. Так как озон разрушает возбудителей гриппа, герпеса, ВИЧ и других вирусов группы РНК. При этом необходимо обеспечить строгое соблюдение концентрации озона в пределах допустимой безопасной для людей нормы и полную автоматизацию процесса дезинфекции. Проблема защиты населения от короновирусной пандемии на данный момент является одним из приоритетных задач, стоящий перед научным сообществом всего мира.

Концентрация озона в воздухе, порядка 10 мг/л, при небольших по времени сроках воздействия, достаточны для полной инаktivации бактерий и вирусов, находящихся в воздухе, на стенах, предметах интерьера и полного устранения въевшихся запахов. Стерилизация воздуха в общественных местах и в помещениях медицинских учреждений является очень актуальной проблемой.

Высокая химическая активность озона обусловлена его окислительными свойствами. Озон взаимодействует с мембранной структурой клетки бактерий, грибов, структурной единицей вирусов, что приводит к нарушению ее барьерной функции и их гибели. Первичное действие оптимальной концентрации озона на плесень - это подавление их роста и этот эффект наступает очень скоро, в частности в начальной стадии на поверхности плесени. Впоследствии, эти процессы ведут к разрушению уже сформировавшихся культур.

Озон немедленно атакует легкодоступные поверхностные клетки, так как озон в первую очередь оказывает поверхностное действие и незначительно проникает вглубь.

Кроме большой способности уничтожения бактерий озон обладает высокой эффективностью в уничтожении спор, цист (плотные оболочки, образующиеся вокруг одноклеточных организмов, например, жгутиковых и корненожек, при их размножении, а также в неблагоприятных для них условиях) и многих других патогенных микробов [1-5].

По данным Всемирной организации здравоохранения, обеззараживание озоном разрушает возбудителей гриппа, герпеса, ВИЧ и

других вирусов группы РНК, небольшого размера, с оболочкой. Похожее строение имеет и COVID-19 (SARS-CoV-2). Новые исследования доказали, что коронавирусы также повреждаются действием газа. Рекомендации по озонированию помещений и озонотерапии от COVID-19 описаны в документе № ISCO3/EPI/00/04 (Г. Мартинес-Санчес, А. Шварц). При обработке помещений газ проникает во все полости, микрповреждения поверхностей, пористые материалы и достает до скрытых в них инфекций. Впоследствии нарушается целостность покрова, механизмы жизнедеятельности и размножения, что влечет гибель вируса.

Вода, прошедшая через озоновый фильтр, не только очищается, но и приобретает ряд полезных свойств. Большинство из них обусловлено повышенным содержанием кислорода в жидкости.

Основные преимущества воды, прошедшей очищение озоном, для организма человека [6-7]:

1. Отсутствие микроорганизмов. Озон убивает всю патогенную микрофлору: бактерии, вирусы, грибки.

2. Очищение жидкости от органических и неорганических примесей. Озон не только выводит соединения тяжелых металлов из воды, но и очищает ее от остатков пестицидов, гербицидов, яиц глистов и прочих отходов.

3. Удаление посторонних привкусов и запахов. Озоновый фильтр полностью убирает частицы тяжелых металлов и органических примесей из воды и насыщает ее кислородом.

4. Положительное влияние на организм. Насыщенная кислородом вода после озонирования улучшает метаболизм, нормализует работу сердечной мышцы, увеличивает дыхательный объем, что приводит к лучшей вентиляции легких.

Исходя из этих свойств озона, мы решили разработать действующую конструкцию автоматизированного стерилизатора воздуха. После изучения конструкции и схмотехнического решения ряда моделей для стерилизации воздуха нами была разработана конструкция и подобрано оптимальное схмотехническое решение разрабатываемой конструкции стерилизатора воздуха.

Разработанная нами конструкция автоматизированного стерилизатора воздуха (рис. 1.), отличается высокой надежностью, простотой в эксплуатации и низким энергопотреблением. Еще одной особенностью установки является то, что производительность аппарата по выработке озона может быть увеличена в десятки раз только увеличением площади реактора озона, не меняя остальные узлы стерилизатора. Заложенная мощность высоковольтного блока перекрывает использованную мощность в этой модели в сотни раз. Блочно функциональная схема автоматизированного стерилизатора воздуха представлена на рис. 2. Конструкция стерилизатора воздуха получилась компактным и легким. Вес прибора составляет 1,3 кг. Потребляемая энергия - 5 Вт/ч. Корпус прибора не содержит токопроводящих материалов, поэтому установка имеет высокую степень защиты по электробезопасности.

1. Автоматизация процесса работы стерилизатора воздуха обусловлена наличием программируемого таймера китайского производства TM618N-2, который позволяет программировать 16 циклов включения и выключения в течении 7 дней. Программирование и установка времени осуществляется с помощью кнопок, расположенных на передней панели таймера. Таймер имеет встроенную аккумуляторную батарею для сохранения и индикации установленной программы коммутации. Питание таймера осуществляется от сети 220В. Контакты коммутационного реле позволяют коммутировать ток нагрузки до 16 А.

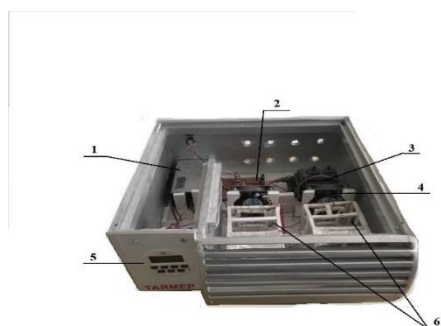


Рис.1. Внешний вид и конструкция стерилизатора воздуха:
 1 - Блок питания на 24В; 2 - Высоковольтный блок на 16 кВ;
 3 - Высоковольтный трансформатор; 4 - Вентиляторы;
 5 - Программируемый таймер; 6 - Реакторы озона.

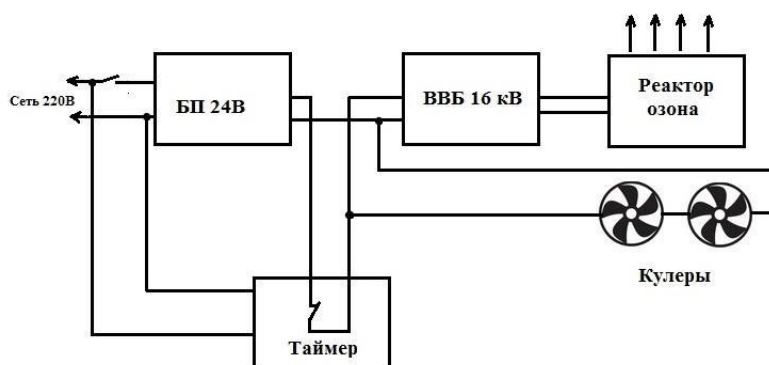


Рис. 2. Блочнo-функциональная схема стерилизатора воздуха

Для определения практической производительности выработки озона, проведены экспериментальные исследования технических параметров изготовленной модели стерилизатора воздуха (табл. 1). Для этого было выбрано помещение размерами 4x4x2,5 м. Для измерения концентрации озона в помещении был использован газоанализатор "СИГНАЛ-4Э" представленный МЧС КР на время испытаний [8].

Из полученных результатов экспериментальных исследований (табл. 1) видно, что стерилизатор воздуха за 2 минуты в помещении с объемом 40м³ обеспечил концентрацию озона 0,08 мг/м³. За 3 минуты концентрация озона превысил предельно допустимую норму (0,1 мг/м³). Исходя из этого можно утверждать, что стерилизатор в течении 1 минуты вырабатывает 1,6 мг озона (96 мг/ч). Для помещения с объемом 40 м³ достаточно работы в течении 2-х минут и в помещении озон сохраняется в течении 2х часов. За это время все микробы и бактерии, имеющиеся в воздухе помещения, будут уничтожены.

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований втоматизированного стерилизатора воздуха (09-29 сентября 2020г.)

№ п.п	Состояние стерилизатора	Время отсчета с начала испытания (мин)	Результат измерения		Примечание
			ppm	мг/м ³	
1	Включен	0	0	0	
2		1	0,02	0,04	безвредно

3		2	0,04	0,08	безвредно
4		3	0,06	0,12	предельная концентрация
5		4	0,08	0,16	предельная концентрация
6	Выключен	5	0,08	0,16	предельная концентрация
7		6	0,08	0,16	предельная концентрация
8		7	0,08	0,16	предельная концентрация
9		8	0,08	0,16	предельная концентрация
10		9	0,06	0,12	предельная концентрация
11		10	0,06	0,12	предельная концентрация
12		11	0,06	0,12	предельная концентрация
13		12	0,06	0,12	предельная концентрация
14		13	0,04	0,08	безвредно
15		14	0,04	0,08	безвредно
16		15	0,04	0,08	безвредно
17		16	0,04	0,08	безвредно
18		17	0,04	0,08	безвредно
19		18	0,04	0,08	безвредно
20		19	0,04	0,08	безвредно
21		30	0,04	0,08	безвредно
22		60	0,02	0,04	безвредно

Двухразовая стерилизация воздуха в течении суток, обеспечит

надежное уничтожение всех микробов и бактерий. При этом концентрация озона не нанесет вреда здоровью человека, наоборот будет благоприятно влиять на состояние человека. Человек начинает чувствовать наличие озона с концентрации 0,01- 0,016 мг/м³.

Поэтому обработка помещений (поликлиник, больниц, школ, детских садов, гостиничных номеров, офисов, ресторанов и прочих общественных и частных помещений) озоном, находящимся в газообразной форме – это мощное, удобное и надежное средство их стерилизации и дезодорации.

Разработанная нами конструкция озонового стерилизатора воздуха зарегистрирована в Государственной службе интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики и получен патент №308 МПК А61L9/015(2021/01).

Имеется возможность масштабного производства недорогого и надежного автоматизированного стерилизирующего устройства для оснащения помещений на местах скопления людей.

Использованная литература

1. Озон. <http://www.proektm.ru/encicl/ozon.html>.
2. Способы получения озона <https://megaobuchalka.ru/6/30249.html>.
3. Производство озона. <http://www.waterline.ru/poluchenie-ozona>.
4. Разумовский С.Д., Заиков Г.Е., Озон и его реакции с органическими соединениями. – М.: Наука, 1974. – 322 стр.
5. Универсальный блок питания для ноутбуков KS-is Tirzo (KS-271) 90Вт, с регулируемым выходным напряжением (12/15/16/18/19/22/24В), 8 переходников. https://www.forum3.ru/?cmd=show_tovar&code=175651.
6. Ионный ветер и его применения. И.А.Криштафович, Ю.А. Криштафович. – ПДФ, – 270 стр.
7. Эффект Бифельда-Брауна (ионный ветер). https://pikabu.ru/story/yeffekt_bifeldabrauna_ionnyiy_veter_2491320.
8. Газоанализатор "СИГНАЛ-4Э". Руководство по эксплуатации.

ЭКОНОМИКА, ПРАВО И УПРАВЛЕНИЕ В ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК: 330.322.01

ВОПРОСЫ УЛУЧШЕНИЯ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ

Райымбаев Ч.К., Юсупов А.Ш.

Кыргызско-Узбекский Международный университет,
г.Ош, Кыргызская Республика, Kuu_2019@mail.ru

Аннотация: В данной работе рассматривается вопрос совершенствования способов повышения привлекательности инвестиционного климата в регионах. Цель исследования заключается в теоретико-практическом рассмотрении методов и способ улучшения инвестиционной среды региона. В процессе исследования использовался комплекс существующих базовых методов таких как: метод анализа и синтеза, наблюдения, аналогии, сравнительные методы научного познания. Есть также научные работы зарубежных и отечественных ученых, изучавших привлекательность инвестиционного климата в регионах. Предложена модель оценки влияния инвестиций на экономику региона. Кроме того, сделаны выводы и рекомендации по совершенствованию способов повышения привлекательности инвестиционного климата в регионах

Ключевые слова: инвестиционный климат, инвестиционная привлекательность, инновационные идеи и технологии, инвестиционный потенциал регионов

ISSUESE OF IMPROVING WAYS TO INCREASE INVESTMENT ATTRACTIVENESS

Raimbaev Ch.K., Yusupov A.Sh.

Kyrgyz-Uzbek International University, Osh, Kyrgyz Republic

Annotation: This paper discusses the issue of improving the ways to increase the attractiveness of the investment climate in the regions.

The purpose of the study is to theoretically and practically examine the methods and ways to improve the investment environment in the region. In the course of the research, a set of existing basic methods was used, such as: the method of analysis and synthesis, observations, analogies, comparative methods of scientific knowledge. There are also scientific works of foreign and domestic scientists who have studied the attractiveness of the investment climate in the regions. A model for assessing the impact of investments on the region's economy is proposed. In addition, conclusions and recommendations were made to improve the ways to increase the attractiveness of the investment climate in the regions.

Key-words: *Investment Climate, Investment Attractiveness, Investment Potential of the Regions, Investment Regional Economy, Innovative Ideas and Technologies*

Введение

В развитии экономики нашей страны и ее регионов большое внимание уделяется реализации программных мероприятий по целевому использованию иностранных инвестиций. В частности, Указ Президента Кыргызской Республики УП №61 от 4 марта 2021 г. «О дополнительных мерах по защите субъектов предпринимательства» [1] и задач, изложенных в государственных программах. В стратегии дальнейшего развития страны важна оценка эффективности инвестиций в модернизацию производства, дальнейшее расширение экономического потенциала регионов в результате активной инвестиционной политики и их реализации, наращивание экспортного потенциала. Принимая это во внимание, В Указе Президента Кыргызской Республики УП №61 «О дополнительных мерах по защите субъектов предпринимательства» определяет следующие задачи (направления) как приоритетные для экономического развития и либерализации:

- Дальнейшее укрепление макроэкономической стабильности и поддержание высоких темпов экономического роста; углубление структурных реформ, повышение конкурентоспособности за счет модернизации и диверсификации ключевых секторов национальной экономики; модернизация и ускоренное развитие сельского хозяйства;

- Продолжение институциональных и структурных реформ, направленных на сокращение государственного участия в экономике, защиту прав частной собственности и дальнейшее укрепление ее приоритетных позиций, стимулирование развития малого бизнеса и частного предпринимательства; комплексное и сбалансированное социально-экономическое развитие регионов, районов и городов, эффективное и оптимальное использование их имеющегося потенциала.

Поэтому экономическая политика государства, направленная на обеспечение социально-экономического развития регионов, исходит из приоритетной цели обеспечения экономического развития страны, повышения благосостояния населения. Даже из-за ограниченных экономических ресурсов, имеющихся в регионах (регионального богатства), наиболее эффективным способом увеличения производственных мощностей является оптимальное использование ресурсов и мобилизация дополнительных капитальных ресурсов на основе высоких технологий. Для этого важно провести углубленный причинно-следственный анализ для улучшения инвестиционного климата в регионах и дальнейшего повышения его привлекательности. Учитывая кратность эффективности (т.е. капитал в виде не только денег, но и передовых технологий, эффективного маркетинга и лучших практик управления) при привлечении иностранных инвестиций в экономику мы учитываем его важность и размер, в частности, прямые иностранные инвестиции.

Иностранные займы и инвестиции гарантированы государством, и трудно приравнять выгоды от полного инвестирования риска с выгодами от прямых инвестиций. Более того, такие вложения не всегда сопровождаются новыми технологиями, эффективным маркетингом и передовым управленческим опытом [9]. Самое главное, мы считаем, что страна не должна постоянно привлекать иностранные инвестиции под государственные гарантии, потому что это нарушает принцип социальной ответственности поколений, то есть «те, кто живут сейчас, потребляют, а будущие поколения будут за это платить». Для достижения этой цели важно всесторонне оценить инвестиционный климат в стране, выявить

проблемы, препятствующие потоку прямых иностранных инвестиций, и определить пути совершенствования инвестиционной политики в стране посредством изучения передового международного опыта. Президент страны так прокомментировал анализ динамики иностранных инвестиций в национальную экономику: «Состояние дел в привлечении иностранных инвестиций, особенно прямых иностранных инвестиций, требует критического анализа. Доля таких вложений снизилась до 30%.

Анализ соответствующей литературы.

На наш взгляд, инвестиционный риск оценивается и определяется посредством всестороннего и глубокого анализа инвестиционного климата. Инвестиционный климат и уровни риска обратно пропорциональны. Чем более благоприятная инвестиционная среда, тем ниже предпринимательский риск инвестора, а это активизирует приток инвесторов. И наоборот, если инвестиционная среда неблагоприятна, уровень риска будет высоким. Это приводит к увеличению затрат для получателя инвестиций. Состояние инвестиционной среды важно не только для инвестора, но и для самого инвестора. Для покупателя важна не только мука, но и вложения. Экономист Т.М. Смаглюкова выделяет из всех показателей инвестиционной привлекательности те, которые соответствуют требованиям комплексной оценки. По его мнению, эти показатели входят в факторы инвестиционной привлекательности, которые отражают все аспекты инвестиционного процесса [8]. Сумма сформированных показателей охватывает внешние и внутренние факторы деятельности регионов как экономической системы и объектов инвестирования. Т.М. Смаглюкова включает в группу факторов, определяющих инвестиционную привлекательность регионов [10]:

- Политический;
- Инновационный;
- Социальный;
- Производство;
- Экономический;
- Труд;

- Экологический;
- Финансы;
- Инфраструктура;
- Инвестиции;
- Юридические и уголовные;
- Сырьевая база.

Понятие территории не всегда отражает территориальное единство государства. По мнению А.И. Добринина, регион является территориально специализированной частью экономики страны, что характеризует целостность и взаимозависимость процесса воспроизводства [5]. С.В. Зенченко, М.А. Шемёткин в своем исследовании выделяет ряд факторов, которые в большей степени влияют на желание инвесторов [6].

В частности, в качестве важнейших факторов для оценки инвестиционного потенциала региона страна называет:

- ✓ Ресурс - сырье (средневзвешенное предложение основных видов природных ресурсов);
- ✓ Производство (общие результаты хозяйственной деятельности в регионе);
- ✓ Потребление (покупательная способность населения региона);
- ✓ Инфраструктура (экономико-географическое положение региона и его инфраструктура);
- ✓ Интеллектуальный (образовательный уровень населения);
- ✓ Институциональный (уровень развития ведущих институтов на основе рыночной экономики);
- ✓ Инновационный (уровень внедрения достижений научно-технического развития в регионе).

Следует отметить, что инвестиционный потенциал является одним из критериев классификации регионов. Г. Марченко и О. Мачульская, ссылаясь на типологию регионов, отмечают следующее [4]:

Первые три типа - это «локомотивы», «базовые площадки» и «полюса роста». Кроме того, научно-теоретические аспекты разработки маркетинговых стратегий, направленных на повышение привлекатель-

ности инвестиционной среды в регионах, являются предметом исследований многих зарубежных ученых. Бунда К. Анхольт, Ф. Котлер, К. Келлер, М. Научные труды Портера, Д. Гавры, Э. Оливэары, С. Уорда стали классикой [20].

Несмотря на значительный вклад этих исследователей в науку о маркетинге, использование маркетинговых стратегий в социально-экономическом развитии регионов и повышении инвестиционной привлекательности, не учитываются специфические особенности формирования имиджа региона. В Содружестве независимых государств Л.К. Егорова, Н.Л. Маренков, А. Шишкин, Л.Ф. Чудинова, О.М. Фокина, К.Е. Азжеурова, И. Воронцова А.П. Исследования проводились такими учеными, как Панкрухин [3].

В исследовании рассматриваются пути развития регионального рынка за счет развития региональной экономики, повышения инвестиционной привлекательности, формирования имиджа региона, повышения конкурентоспособности предприятий без учета специфики использования маркетинговых стратегий и их экономической эффективности. В указанных работах недостаточно изучены проблемы использования маркетинговых стратегий для повышения инвестиционной привлекательности регионов и проведения эффективной инвестиционной маркетинговой политики. Общие аспекты разработки эффективных маркетинговых стратегий повышения привлекательности инвестиционного климата в регионах Кыргызстана были изучены Молдокуловым А., Балбаковым М.Б., Сарыбаевым А.С. и другими кыргызстанскими экономистами [17]. Также аспекты изучения инвестиционной привлекательности можно увидеть в трудах таких зарубежных ученых, как У. Шарп, В.Бочаров, В. Кузов, Ф. Мишкин, Б. Олин, Б. Рубцов, Дж. Стиглиц, Я.Миркин и др. [12]. Несмотря на масштабы исследований в этой области, вышеупомянутые исследования ученых были использованы для изучения конкурентоспособности предприятий реального сектора на локальном и глобальном рынках современного Кыргызстана, для развития региональных рынков и повышения инвестиционной привлекательности.

3. Методология исследования

Как отмечалось выше, понятие «инвестиционная привлекательность» в самой экономике не определено, оно включает в себя обширную базу знаний и методологию, но является абстрактным. В первую очередь, банки учитывают платежеспособность и доходность средств на предприятии, а для акционера – общую рентабельность активов от активной и планомерной работы предприятия [13].

В ходе исследования изученные подходы к классификации и особенности, лежащие в их основе, а также их участие в процессе, прибыльность, сроки охвата изучались по группам. Это, в свою очередь, основано на том факте, что позволяет решать множество наборов задач (рис.1).



Источник : разработано автором, на базе результатов исследования

Рис.1. Классификационная группа инвестиций

Независимо от формы инвестиций, они будут способствовать развитию конкурентной среды, ускорению производства конкурентоспособной продукции или непосредственному внедрению и модернизации новых инновационных, передовых методов и технологий, ускорению производства высококачественной продукции или замене существующих продуктов. произведено. Создание благоприятного инвестиционного

климата в стране - одна из важных основ развития и реализации инвестиционной деятельности [14]. В концепции инвестиций такие термины, как инвестиционная деятельность и инвестиционные процессы, используются одновременно много раз. Поэтому целесообразно понять, в чем их содержание и суть. В исследовании автор пишет «Капитальные вложения, которые представляют собой сумму материальных и нематериальных средств, потраченных на предпринимательскую и иную деятельность за определенный период времени с целью получения экономической выгоды на основе инвестиционного риска», Инвестиционный процесс - анализ спроса и предложения на инвестиции, формирование их фонда, изучение рисков и сроков окупаемости, оценка эффективности и реализация этапов выбора инвестиционной политики [18]. По регионам доля вложений в основной капитал растет, в основном в Бишкеке - 129%, Ош - 132% и Нарынская область - 124,9%. Однако из-за пандемии в 2020 году эти показатели резко упали до 100,5% в Бишкеке, 108,2% в Оше и 103,2% в Нарынской области (1-таблица). Очевидно, что доля вложений в основной капитал в регионах страны снизилась [19].

Таблица 1

Инвестиции в основной капитал по регионам (темп роста, в%)

	2015	2016	2017	2018	2019	январь декабрь 2020	январь март 2021
По стране	101,3	106,1	111,78	113,52	118,49	95,49	99,78
г.Бишкек	105,1	102,4	114,3	113,7	129	100,5	118,2
г.Ош	98,7	97,1	98,6	135,9	132	106,4	108,2
Чуйская область	98,7	120,8	124,7	60,6	95,9	96,7	101,6
Нарынская область	96,9	102,7	108,2	128,1	124,9	100,5	103,2
Таласская область	90,7	114,1	107,4	118	114,3	78,7	73,4
Иссык-Кульская область	108,5	108,2	110,2	118,1	121,1	87,9	93,1
Джалал-Абадская область	115,8	103,4	105,7	111,4	114,5	107,9	101,1
Баткенская область	110,3	107,6	118,4	124,2	124	76,3	97,2
Ошская область	87,2	97,8	118,5	111,7	110,7	104,5	102

Источник: на основе информации www.stat.kg.

В Кыргызстане объем основного капитала на душу населения также растет по регионам. В частности, в городе Бишкеке в 2015 году 159 тыс. сом. Если в 2017 году он составлял 208, тысячи сомов, то в 2020 году этот показатель достиг 639,9 тысячи сомов (таблица 2).

Наиболее инвестиционно привлекательными предприятиями являются фирмы на ранних стадиях развития, в детстве и юности. На стадии зрелости также возможен ряд ситуаций, при которых предприятию необходимы инвестиции, и предприятие способно их получить. К таким ситуациям можно отнести ситуацию на начальном этапе срока погашения или, при позднем сроке погашения, приток инвестиций может определяться такими факторами, как быстрая окупаемость предприятия, например, инвестор может вложить на короткий период время на переоборудование и модернизацию предприятия или приток инвестиций может быть обусловлен сильным ростом и рыночными перспективами [3].

Таблица 2

**Инвестиции в основной капитал
на душу населения (в тыс. сом)**

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	январь-март 2021
По стране	115,93	133,95	197,3	286,26	464,5	431,55	99,53
г.Бишкек	159	150,5	208,2	388,4	697	639,9	141,9
г.Ош	226	323,6	625,2	512,4	542,3	581,1	39,6
Чуйская область	103,1	112,1	136,9	263,9	577,9	229,9	169,3
Нарынская область	73,6	74,8	82,4	156,8	233,2	299	52,5
Таласская область	88,7	88,8	125,1	165,6	271,4	354,6	49,1
Иссык-Кульская область	86,8	104,8	130,3	292,5	434,1	322,5	75,8
Джалал-Абадская область	91	101,6	119,4	188,3	267,9	343,7	63,9
Баткенская область	77	89,1	147,1	288,3	455,8	373,3	64,4
Ошская область	138,2	160,3	201,1	320,2	700,9	740	139,3

Источник: на основе информации www.stat.kg.

4. Анализ и результаты

Инвестиционный мультипликатор используется для оценки эффективности инвестиций на макроуровне. Коэффициент эффективности мультипликатора отражает рост ВРП за счет роста инвестиций в отраслях экономики регионов. Для оценки влияния региональной инвестиционной эффективности на развитие различных секторов экономики необходимо изучить зависимость инвестиций от показателей экономического роста [2]. В результате нашего исследования была предложена модель оценки влияния инвестиций на экономическое развитие (рисунок 2). Рассмотрены применение и интерпретация математических моделей распределения межотраслевых инвестиций в экономике Кыргызстана, перспективы совершенствования методологии эконометрического моделирования при распределении межотраслевых инвестиций.

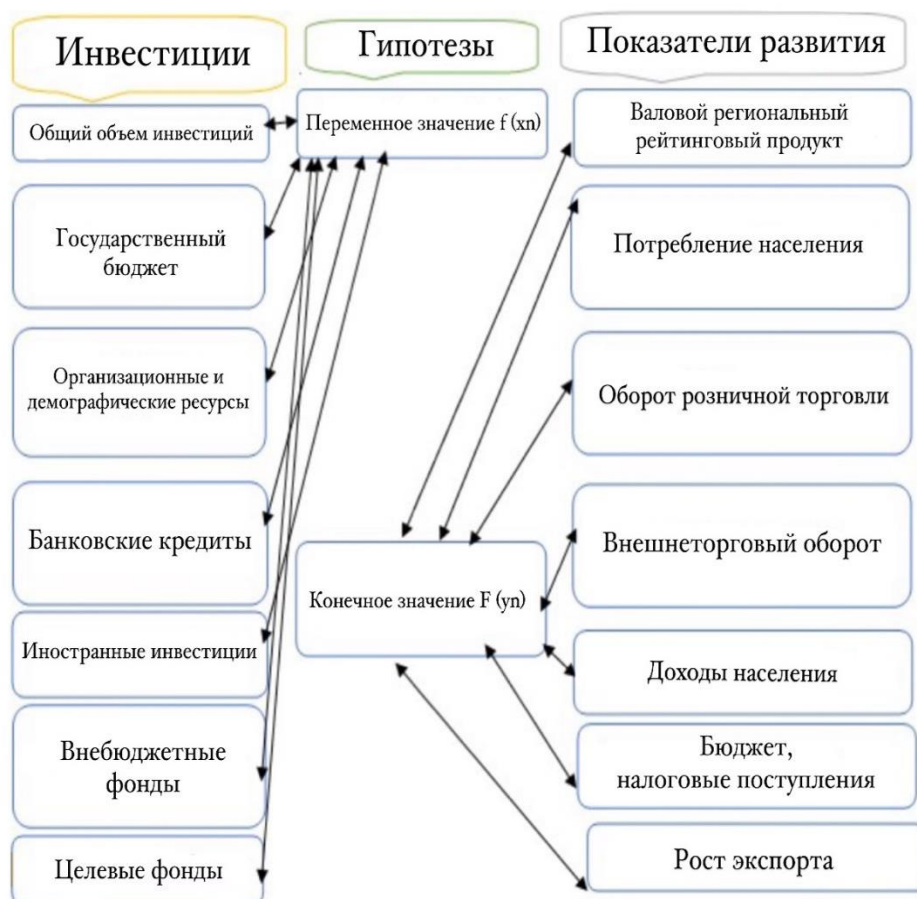


Рис.2. Модель для оценки влияния инвестиций на развитие региональной эконом

Рисунок 3 основан на матрице, состоящей из 3 показателей привлекательности инвестиционного климата в мировой экономике, что важно для McKinsey & Co. при принятии решения об инвестировании иностранного инвестора. Уровень методологии индикатора 1-3 балла низкий уровень привлекательности, 4-6 баллов средний уровень привлекательности и 7-10 баллов высокий уровень привлекательности. В этой методологии каждый показатель включает ряд факторов, которые оцениваются по 10-балльной шкале McKinsey & Co. Как упоминалось выше, при оценке показателей и факторов матрицы учитываются три показателя, а именно: потенциал развития и состав сектора, а также внешняя среда и связанные с ней факторы, влияющие на деятельность сектора показатели инвестиционной привлекательности отраслей.



Источник : Авторская разработка

Рис. 3. Показатели уровня методологии McKinsey & Co

Совокупность природно-географических, социальных, политических, инновационных, законодательных и других условий, обеспечивающих поддержание, производство и расширение общественного и индивидуального капитала, образуют инвестиционный комплекс экономической системы. Объективная оценка этих инвестиционных

условий в целом для различных инвесторов и удовлетворение общественных потребностей инвестиционного климата.

Состав факторов оценки ИС экономических систем разного уровня, а также его взаимосвязь с органами управления и инвесторами показаны на рисунке 4.

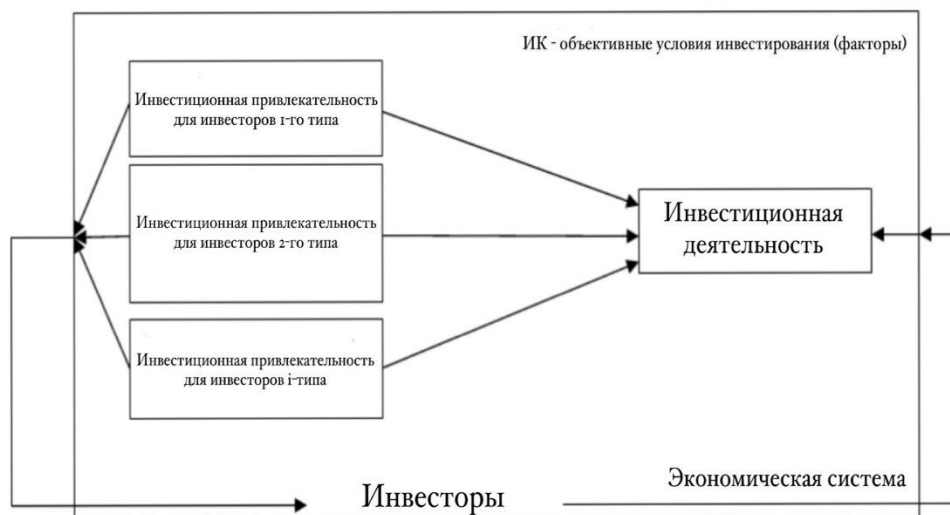


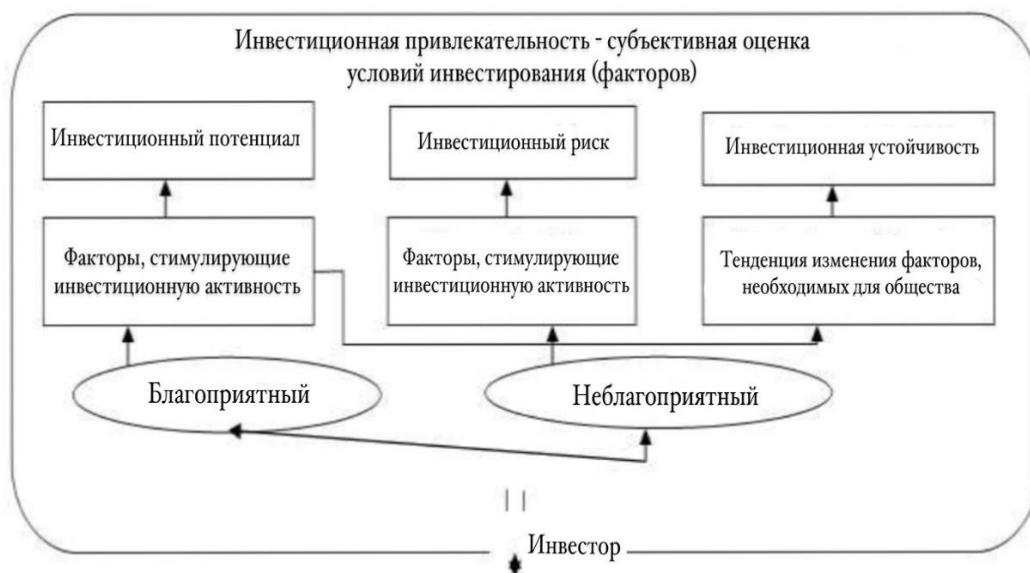
Рис. 4. Инвестиционный климат экономической системы

Если инвестиционный климат представляет собой объективную оценку инвестиционного комплекса, то индивидуальному предпринимателю свойственна субъективность. Свое отношение к инвестиционному климату инвесторы выражают в виде конкретного инвестиционного решения (инвестиционной деятельности). В то же время одна и та же система может быть по-разному привлекательной для разных инвесторов

Весь набор факторов, определяющих IP, можно разделить на 3 большие категории:

1. Факторы, стимулирующие инвестиционную активность или инвестиционный потенциал;
2. Факторы, препятствующие инвестиционной активности или риску;
3. Оценка устойчивости инвестиций.

Соотношение между этими категориями показано на рисунке 5.



Источник : Авторская разработка

Рис. 5. Инвестиционная привлекательность экономической системы

Масштабное привлечение иностранных инвестиций в национальную экономику связано с необходимостью решения стратегических и текущих задач переходного периода [20].

В результате выполнения этих задач в последние годы ускорился рост инвестиций.

Всемирный экономический форум использует следующую формулу для определения экономической привлекательности (IJ):

$$IJ = mb + mbs + is + isd + ibh + trd + is \quad (1)$$

IJ - оценка, присвоенная государству по категории «Экономическая привлекательность»

Рейтинг «ведение бизнеса» используется для определения юридической привлекательности.

Здесь HJ - юридическая привлекательность; DB - Рейтинг страны в рейтинге Doing Business.

$$Risk = HJ / DB \quad (2)$$

Здесь риск - это степень присутствия риска в инвестиционном процессе: чем выше значение показателя, тем ниже уровень риска

размещения капитальных вложений.

Таблица 3

Система показателей инвестиционной привлекательности

Группы	Индикаторы
Экономическая привлекательность	Макроэкономическая стабильность (mb)
	Эффективность рынка труда (mbs)
	Качество инфраструктуры (is)
	Уровень качества институтов (isd)
	Емкость внутреннего рынка (ibh)
	Уровень развития технологий (trd)
	Инновационный потенциал (is)
Юридическая привлекательность	Созданы благоприятные условия для ведения бизнеса с юридической точки зрения
Риски в инвестиционном процессе	Уровень демографического давления Demographic pressure level (dbd)
	Недовольных политикой и жизнью населения (nb)
	Рост государственной коррупции (DTK)
	Степень нарушения прав и свобод человека (iherpb)
	Уровень влияния групп высшего руководства (ybog)
	Уровень влияния органов государственной безопасности (dxot)
	Уровень влияния других стран / регионов (bt)

5. Вывод

На наш взгляд, инвестиции - один из важнейших источников экономического роста, но он не лишен проблем. Реализуя инвестиционную политику, при выборе инвестиционной стратегии важно ориентироваться на материальные вложения, особенно на уровне предприятий и их приравненных к ним структур - для улучшения использования основных фондов и производственных мощностей, повышения производительности труда и устранения различных потерь и непроизводительных затрат, а также затраты на производство. Возможности по привлечению иностранных инвестиций в реальный сектор страны еще не полностью использованы [21].

Анализ показывает, что эффективному использованию имеющихся возможностей мешает ряд факторов:

- Недостаточные знания и опыт предприятий, привлекающих иностранные инвестиции на зарубежных рынках, низкая позиция на международном рынке;

- Стороны, участвующие в инвестиционном процессе, не обладают достаточной информацией друг о друге или эта информация не всегда является полной и достоверной и т.д.

Для преодоления подобных проблем и препятствий, на наш взгляд, целесообразно реализовать следующую систему мер:

- Усиление мер на международной арене, таких как повсеместное продвижение, анализ, оценка и утверждение информации об инвестиционном климате в стране, инвестиционных возможностях ведущих секторов национальной экономики, компаний и организаций;

- Развитие ИКТ в рыночных информационных услугах в стране, активация маркетинговых услуг и внешнеэкономического законодательства;

- Создание достаточных условий для открытия филиалов крупных иностранных банков, представительств международных компаний и корпораций;

- Интенсификация совместных инвестиций в сфере инфраструктуры (дороги, транспорт, связь);

- Стратегия сотрудничества с зарубежными странами, в частности, установление взаимовыгодного сотрудничества, направленного на осуществление экспортно-импортных грузоперевозок морем и др.

Сегодня в Кыргызстане в год активного предпринимательства, поддержки инновационных идей и технологий планируется кардинально развивать и расширять торгово-экономическое, инвестиционное, технологическое и финансово-техническое сотрудничество с зарубежными партнерами, что будет способствовать дальнейшему увеличению ВВП.

Выполнение приоритетов, поставленных Президентом и государственными органами: закладывание фундаментальных основ

нормативно-правовой базы общественной жизни, создание благоприятной деловой среды, привлечение инвестиций в региональную экономику, а также в социально-экономическую жизнь на сегодняшний день остаются важными источниками для улучшения уровня жизни населения.

Словом, чтобы эффективно осуществлять инвестиционную деятельность в регионах, необходимо обращать внимание на важные аспекты инвестиционной деятельности. В частности, мы считаем важным формировать и постепенно улучшать механизмы привлечения инвестиций, создания и постоянного развития инвестиционных фондов для повышения местной инвестиционной активности.

Мы считаем, что при создании инвестиционных фондов на основе исследований необходимо учитывать следующее:

- Создание нормативно-правовой базы для формирования региональных сберегательных фондов;
- Разработка и внедрение критериев для определения распределения государственных средств стратифицированным образом в связи с социально-экономическим развитием регионов;
- Внедрение нормативно-правовой базы для соотношения финансирования государственного и частного секторов для конкретного проекта;
- Установление сроков отбора поданных проектов;
- Формирование списка конкретных документов, необходимых для перевода государственных средств в инвестиционные фонды;
- Кратковременность государственной поддержки;
- Повышение прозрачности информации о возможностях фонда для инвесторов.

Использованная литература

1. Указ Президента Кыргызской Республики от 4 марта 2021 года «О дополнительных мерах по защите субъектов предпринимательства». Бишкек, 2021.

2. Азжеурова К.Э. Инструментарий для управления региональ-

ными инвестиционными проектами [Текст] К.Э.Азжеурова // Известия Санкт-петербургского университета экономики и финансов. – СПб, 2012. – №2. – 140 стр.

3. Алматова Д.С. Региональные особенности привлечения инвестиций в предпринимательскую деятельность [Текст] / Д.С.Алматова. Монография. – Т.: «Ношир». 2013. – 194 стр.

4. Анхольт С. Места: идентичность, имидж и репутация. [Текст] / С. Анхольт // Palgrave Macmillan, 2009 г.

5. Каримов Н. Вопросы внедрения рыночных механизмов финансирования инвестиционной деятельности в условиях экономической интеграции. Н.Каримов. Монография. – Ташкент: Наука и технологии. 2007. – 240 стр.

6. Маренков Н. Основы инвестиционного менеджмента: Учебник. Изд. 2-й, стереотипный. – М.: Редакция УРСС, 2007 – 480 стр.

7. Муминов М.Е. Дискретный спектр некомпактного возмущения трехчастичного оператора Шредингера на решетке [Текст] / М.Е.Муминов, Н.М.Алиев // Теоретическая и математическая физика (Российская Федерация). 2015. – № (3). – С. 381-396.

8. Райымбаев Ч.К. Механизм участия государственного и иностранного капитала в инвестиционном обеспечении крупных предприятий [Текст] / Ч.К.Райымбаев, А.Ш.Юсупов, У.Т.Шамшидинов // MODERN SCIENCE. Издательство: Научно-информационный издательский центр "Институт стратегических исследований". – Москва – №4-2. 2019. – С.170-176. ISSN: 2414-9918

9. Райымбаев Ч.К. Возрастание роли инноваций в обеспечении конкурентоспособности крупных зарубежных компаний [Текст] / Ч.К.Райымбаев, А.Ш.Юсупов, У.Т.Шамшидинов // Актуальные вопросы современной экономики. – Махачкала, – №1. 2019. – С.192-199.

10. Сотволдиева М.М. Опыт зарубежных стран в социально-экономической развитии регионов [Текст] М.М.Сотволдиева // Наука. Образование. Техника. – Ош, 2020. – №1 (67). – С. 53-57.

11. Сабилов О.Ш. К вопросу повышения инвестиционной привлекательности и создания благоприятного инвестиционного климата

[Текст] / О.Ш.Сабиров // Актуальные вопросы современной экономики. – Махачкала, –№10. 2020. – С.64-79.

12.Тухтабаев Ю.С. Эконометрическая оценка эффективности труда в обеспечении экономической безопасности промышленных предприятий [Текст] Ю.С.Тухтабаев, А.Н.Рахмонов, К.Ф.Уктамов, Н.М. Умурзакова, Р.Ильхомович // Международный журнал современного сельского хозяйства. 2021. – №10 (01). – С.971-980.

12. Филип Котлер. Управление продажами. Филип Котлер, Кевин Лейн Келлер. Pearson Education, Inc., издательство Prentice Hall, Соединенные Штаты Америки, 2012.

13. Шакиев Ш.О. Экономическая сущность инвестиций [Текст] / Ш.О.Шакиев // Наука. Образование. Техника. – Ош, 2017. – №1 (58). – С. 42-45.

14. Юсупов А.Ш. Экономическая характеристика и классификация инновационной деятельности [Текст] / А.Ш. Юсупов // Вестник филиала РГСУ в городе Ош. – Ош, – №1. 2018. – С.116-124.

15. Sabirov O.Sh. Improving Ways to increase the attitude of the Investment environment [Текст] O.Sh.Sabirov, B.T.Berdiyarov, A.Sh. Yusupov, A.T.Absalamov, A.I. Berdibekov // Revista GEINTEC- Gestao Inovacao E Tecnologias. ISSN: 2237-0722, vol, 11 No.2 (2021), p.1961-1975. DOI: 10.47059/REVISTAGEINTEC.V11I2.1811

16. Rayimbaev Ch.K. The Mechanism of Participation of State and Foreign Capital in the Investment Provision of Large Companie. Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow [Текст] / Chatkalbay K. Rayimbaev, Alisher Sh. Yusupov, Uchkunbek T. Shamshidinov. // Lecture Notes in Networks and Systems. 1581-1588 p. Volume 129. 2020. DOI:10.1007/978-3-030-47945-9_168

17. <http://inecon.kg/>-Официальный сайт журнала «Экономика» Института экономики НАН КР. <http://modern-journals.com/index.php/ijma/article/view/700>

18.Юсупов А.Ш. Меры по активизации работы банков по инвестиционному обеспечению ключевых предприятий [Текст] / А.Ш. Юсупов // Известия вузов Кыргызстана. – Б., 2014. – №8. – С. 119-121.

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (инженерная экология и ресурсосбережение)

УДК 547.022.12(572.5)

ЛИМОННАЯ КИСЛОТА – ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩИЙ АГЕНТ ДЛЯ СУРЬМЫ ИЗ ЕЕ СЕРНИСТЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Маймеков З.К.¹, Шабданова Э.А.²,
Тунгучбекова Ж.Т.², Самбаева Д.А.²

¹Кыргызско-Турецкий университет “Манас”, ²Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов², Бишкек, Кыргызская Республика

Аннотация: Изучена система: Sb_2O_3 - Sb_2S_3 - лимонная кислота ($C_6H_8O_7$) - H_2O при гидро- и пирометаллургических режимах деструкции твердой фазы и определены физико-химические и термодинамические их параметры. Установлены концентрационные распределения сурьмусодержащих компонентов и частиц в растворе при широких интервалах изменения температуры. Равновесные составы и концентрации соединений сурьмы показали, что в жидкой фазе содержатся $HSbO_2$, SbO_2^- , а в газовой фазе - Sb (к), Sb , Sb_2 , Sb_3 , Sb_4 , SbO , Sb_2O_3 (к), Sb_4O_6 , SbH , SbH_3 , SbS , Sb_2S_3 (к). Распределение сурьмусодержащих компонентов и частиц в газо-жидкостных средах позволило определить концентрационные и температурные пределы образования отдельных конденсированных веществ: Sb (к), Sb_2O_3 (к), Sb_2S_3 (к). Показано, что значение окислительно - восстановительного потенциала (Eh , В) рассмотренной выше системе положительная, соответственно свойство раствора окислительное, которое способствует растворению твердой фазы

Ключевые слова: сурьма, оксид, сульфид, лимонная кислота, вода, распределение, моделирование

CITRIC ACID - LEACHING AGENT FOR ANTIMONY FROM ITS SULFUR COMPOUNDS

Maimekov Z.K.¹, Shabdanova E.A.²,
Tyngychbekova J.T.², Sambaeva D.A.²

¹Kyrgyz-Turkish Manas University, ²Kyrgyz State University of Geology, Mining and Natural Resources Development, Bishkek, Kyrgyz Republic

Annotation: The system: Sb_2O_3 - Sb_2S_3 - citric acid ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) - H_2O was studied under hydro- and pyrometallurgical modes of solid phase destruction and their physicochemical and thermodynamic parameters were determined. The concentration distributions of antimony-containing components and particles in solution are established for wide temperature ranges. The equilibrium compositions and concentrations of antimony compounds showed that the liquid phase contains HSbO_2 , SbO_2^- , and the gas phase contains Sb (c), Sb , Sb_2 , Sb_3 , Sb_4 , SbO , Sb_2O_3 (c), Sb_4O_6 , SbH , SbH_3 , SbS , Sb_2S_3 (c). The distribution of antimony-containing components and particles in gas-liquid media made it possible to determine the concentration and temperature limits for the formation of individual condensed substances: Sb (c), Sb_2O_3 (c), Sb_2S_3 (c). It is shown that the value of the redox potential (E_h , B) of the system considered above is positive, respectively, the property of the solution is oxidative, which contributes to the dissolution of the solid phase

Keywords: antimony, oxide, sulfide, citric acid, water, distribution, modeling

Введение. Известно, что основным растворителем для соединений сурьмы являются минеральные кислоты, сульфиды и хлориды щелочных металлов, растворы едкого калия (натрия), а из органических соединений в последние годы в технологических целях часто применяют оксикарбоновые кислоты, однако использование их в качестве основного растворителя при производстве сурьмы и ее соединений, до сих пор носит чисто аналитический характер [1-5]. Между тем, отдельные оксикарбоновые растворы сурьмы более устойчивы, не подвергаются гидролизу при нагревании и, особенно, при разбавлении водой. Отмечено, что повышение концентрации винной кислоты увеличивает растворимость триоксида сурьмы [2]. В связи с изложенным выше представляет интерес изучение и определение равновесных и рабочих параметров гетерогенных сложных систем: Sb_2O_3 - Sb_2S_3 – лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)- H_2O с целью установления концентрационного распределения Sb , S , O , H , S - содержащих компонентов и частиц в отдельных фазах [1].

Материал и метод исследования. Формирование физико-химической модели гетерогенной системы: оксид (сульфид) сурьмы - лимонная кислота - вода при температурах 288 - 448 К (гидрометаллургический режим) осуществлено путем поиска потенциально возможных в равновесии фаз, зависимых компонентов и состава системы по

независимым компонентам при минимизации изобарно-изотермического потенциала [6, 7]. При этом расчет включил использование нескольких баз исходных данных, вычисление термодинамических характеристик, проверку и сопоставление результатов из различных источников, а также обработку, корректировку и визуализацию термодинамических параметров компонентов водного раствора электролита, газов, жидких и конденсированных фаз. В экспериментальных исследованиях учтены возможные молекулярные и ионные уравнения химических реакций, найдено мольное соотношение компонентов (C:H:S:O:Sb) в растворе и составлена матрица изучаемой системы.

Пирометаллургический режим изучение гетерогенной системы: оксид (сульфид) сурьмы - лимонная кислота - вода осуществлено при температурах 500 - 1000 К. Здесь предусмотрена возможность образования газообразных веществ, электронейтральных и ионизированных компонентов [8]. В базу данных термодинамических свойств индивидуальных веществ включены информации об оксидах и сульфидах сурьмы, а также лимонной кислоты и воды.

Результаты и их обсуждения. Распределение сурьмусодержащих компонентов и частиц в системе: $C_6H_8O_7-Sb_2S_3-Sb_2O_3-H_2O$, соответствующих **пирометаллургическим режимам** деструкции твердой фазы $T=500-1000$ К, показало образование конденсированных веществ типа (рис. 1 - 3): $Sb(к)$, $Sb_2O_3(к)$, $Sb_2S_3(к)$, а также соединений сурьмы типа: Sb , Sb_2 , Sb_3 , Sb_4 , SbO , Sb_4O_6 , SbH , SbH_3 и SbS за счет взаимного превращения сульфида и оксида сурьмы при высоких температурах с выделением конденсированной сурьмы и диоксида серы (табл.1): $Sb_2O_3+Sb_2S_3=Sb(к)+SO_2$, и других H, O - содержащих веществ, обусловленных из лимонной кислоты [9]. Конденсированная сурьма $Sb(к)$ образуется в пределах изменения температуры от 448 К до 998 К. Из рисунка 1-3 видно, что с увеличением температуры процесса конверсии твердой фазы, концентрации: Sb , Sb_2 , Sb_3 , Sb_4 , SbO , Sb_4O_6 , SbH , SbH_3 и SbS увеличиваются, а концентрации: $Sb(к)$, $Sb_2O_3(к)$, $Sb_2SO_3(к)$ изменяются ступенчато. В системе обнаружено образование трех видов оксидов сурьмы типа: SbO , $Sb_2O_3(к)$, Sb_4O_6 . В изученных гетерогенных системах кроме сурьмусодержащих веществ, как было отмечено выше образуются:

H, C, O, S - содержащие компоненты и частицы: H, H₂, OH, H₂O, S, S₂, S₃, S₄, SO, SO₂, S₂O, SH, H₂S, SOH, H₂SO, C (к), CO, CO₂, CH₃, CH₄, C₂H₂, C₂H₄, C₂H₅, C₂H₆, C₃H₈, CHO, CHO₂, CH₂O, CH₂O₂, C₂H₄O₂, C₃H₆O, CS, CS₂, COS. Образование конденсированных веществ, по-видимому, связано с взаимодействием соединений сурьмы с восстановителями типа: H₂, C (к), CO, SO₂, CH₄.

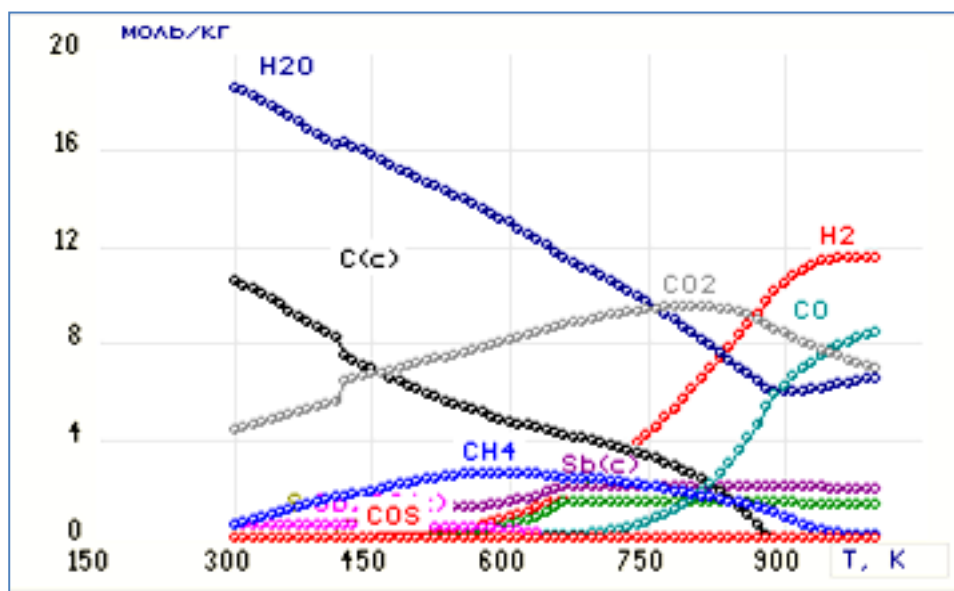


Рис.1. Равновесные составы и концентрации компонентов, образующихся в системе лимонная кислота (C₆H₈O₇)-Sb₂O₃-Sb₂S₃-H₂O (3:1:1:1) при P=0,1 МПа

Таблица 1

Распределение сурьмосодержащих частиц в газовой фазе (моль/кг) в зависимости от температуры

T	Sb (к)	Sb	SbO	Sb ₂ O ₃ (к)	SbH ₃	SbS	Sb ₂ S ₃ (к)
298	1E-30	1,93E-22	1,93E-22	0,571772	1,93E-22	1,93E-22	0,499
348	9,36E-24	1,93E-22	1,93E-22	0,571819	1,93E-22	1,93E-22	0,490
398	2,86E-30	1,93E-22	1,93E-22	0,571998	1,93E-22	1,08E-21	0,490
448	1,14	1,93E-22	1,93E-22	2,86E-30	7,66E-21	3,87E-18	0,488
498	1,16	2,51E-20	1,93E-22	2,86E-30	1,97E-18	2,29E-15	0,479
548	1,24	8,87E-18	2,9E-22	2,86E-30	1,78E-16	4,17E-13	0,441
598	1,46	1,18E-15	5,56E-20	2,86E-30	7,34E-15	3,18E-11	0,328
648	2,00	7,49E-14	4,79E-18	1E-30	1,6E-13	1,24E-09	0,060
698	2,12	2,61E-12	2,16E-16	2,86E-30	2,23E-12	1,42E-08	2,86E-30
748	2,12	5,71E-11	5,84E-15	2,86E-30	2,11E-11	1,07E-07	2,86E-30
798	2,12	8,6E-10	1,04E-13	2,86E-30	1,43E-10	6,51E-07	2,86E-30
848	2,11	9,58E-09	1,31E-12	2,86E-30	7,32E-10	3,35E-06	2,86E-30
898	2,09772	8,25E-08	1,32E-11	2,86E-30	2,9E-09	1,52E-05	2,86E-30
948	2,05492	4,82E-07	1,19E-10	2,86E-30	7,48E-09	5,61E-05	2,86E-30
998	1,97594	2,27E-06	9,18E-10	2,86E-30	1,54E-08	0,000189	2,86E-30

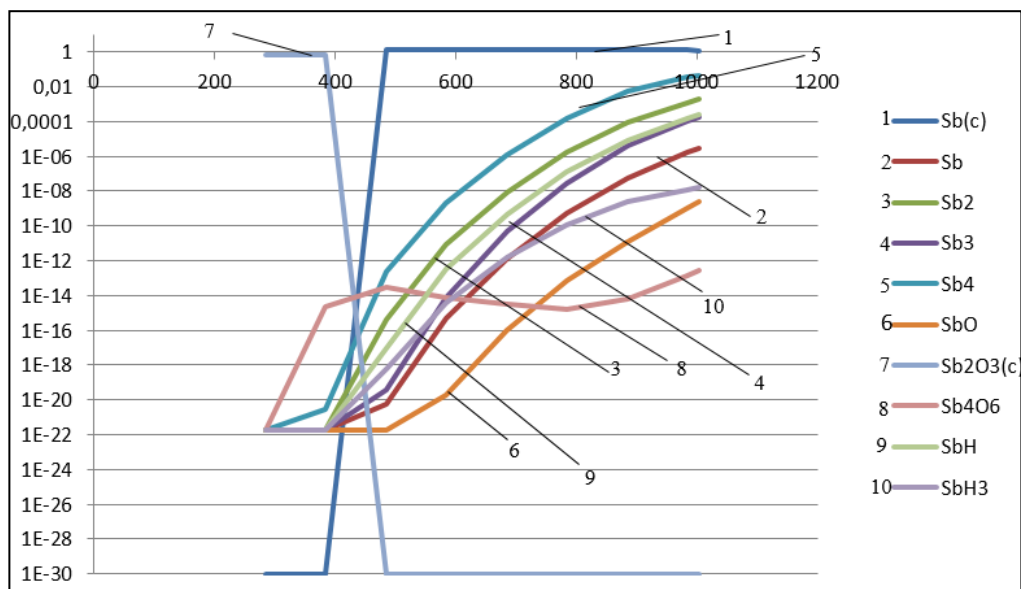


Рис.2. Распределение сурьмусодержащих компонентов и частиц в газовой фазе в зависимости от температуры в оксидной системе: $C_6H_8O_7-Sb_2O_3-H_2O$ при $P=0,1$ МПа, $T=285-1005$ К

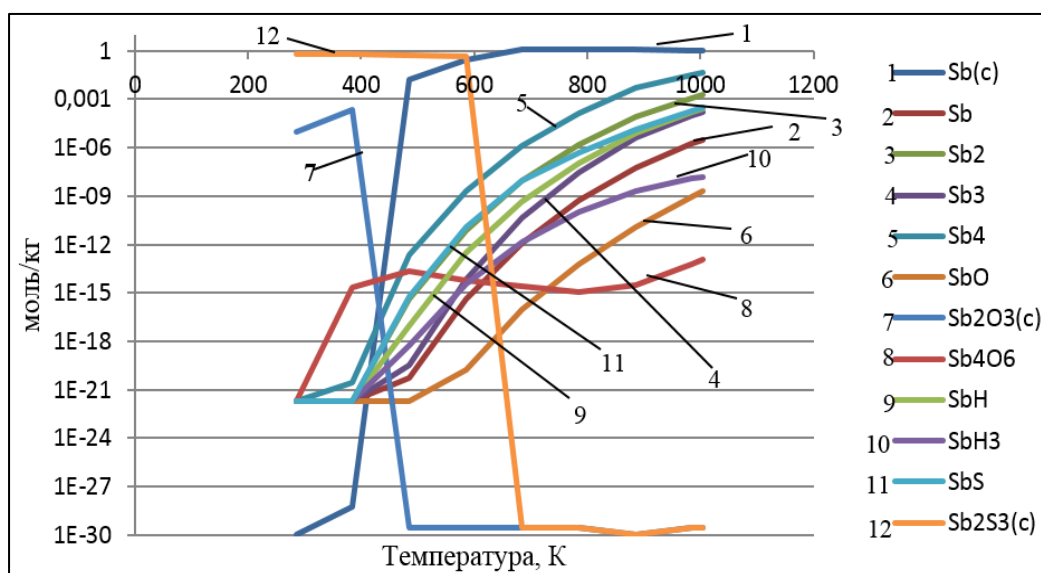


Рис.3. Распределение сурьмусодержащих компонентов и частиц в газовой фазе в зависимости от температуры в сульфидной системе: $C_6H_8O_7-Sb_2S_3-H_2O$ при $P=0,1$ МПа, $T=285-1005$ К

Содержание конденсированного углерода составляет от 7,44 моль/кг до 0,37 моль/кг в пределах изменения температуры от 298 К до 748 К, а воды 18,3-9,4 моль/кг, молекулярного водорода 0,0001-8,3 моль/кг при 298 - 998 К, соответственно; оксида углерода $CO=0,0005-5,05$ моль/кг при 498 - 998 К; диоксида углерода $CO_2=5,4-10,2$ моль/кг (298 - 748 К), 10,2-8,2 моль/кг (798 - 998 К); $CH_4=0,4-2,1$ моль/кг (298 - 698 К);

C (к)=7,4-0,3 моль/кг (298 - 748 К); Sb (к)=1,1-2,1 моль/кг (298 - 698 К), 2,1-1,9 моль/кг (798 - 998 К).

Изучение системы: $C_6H_8O_7$ - Sb_2S_3 - Sb_2O_3 - H_2O , соответствующих гидрометаллургическим режимам деструкции твердой фазы ($P = 0,1$ МПа, $T = 288 - 448$ К и соотношениях исходных веществ 3:1:1:1), позволили определить: объем, массу, плотность раствора; энергию Гиббса, G , МДж; энтальпию, H , МДж; энтропию, S , кДж/К; внутреннюю энергию, U , МДж; теплоемкость, C_p , кДж; число Прандтля; окислительно-восстановительный потенциал, E_h , В; pH; ионную силу; количество растворенных веществ в растворе, TDS, мг/кг; количество молей и весовой процент компонентов фазы (табл. 2 и 3). Показано, что водородный показатель среды во всех изученных системах кислая. Система Sb_2O_3 - Sb_2S_3 - H_2O в лимонной кислоте имеет pH равной 2,06, 298 К, $E_h=0,1$ В и соответственно, она может быть использована к качестве выщелачивающего агента в гидрометаллургических процессах разделения продуктов сурьмы от примесей и получения сурьмы (оксида сурьмы) из ее сульфидных соединений. Протекание и направление процессов в изученных выше системах подтверждены значениями энергии Гиббса ($\Delta G < 0$), энтальпии ($\Delta H < 0$) и внутренней энергии ($\Delta U < 0$): $C_6H_8O_7$ - Sb_2O_3 - Sb_2S_3 - H_2O : $G = -6,11$ МДж, $H = -7,13$ МДж, $U = -7,12$ МДж; количество растворенных веществ в растворе (TDS, мг/кг) составляет в лимонной кислоте $C_6H_8O_7$ - Sb_2O_3 - Sb_2S_3 - H_2O TDS = 429,44 при 298 К.

Таблица 2

Физико-химические и термодинамические параметры системы:
лимонная кислота ($C_6H_8O_7$) - оксид сурьмы (Sb_2O_3) - сульфид сурьмы (Sb_2S_3) (3:1:1)

Температура, К	288	G, МДж	-6,09	E_h , В	0,10
Давление, Па	1×10^5	H, МДж	-7,19	-	-
Объем, м ³	$5,53 \times 10^{-4}$	S, кДж/К	1,85	pH	2,06
Масса, кг	1,549	U, МДж	-7,18	Ионная сила	0,01
Плотность, кг/м ³	2802	C_p , кДж	4,67	TDS, мг/кг раств.	456,58

Температура, К	298	G, МДж	-6,11	E_h , В	0,10
Давление, Па	1×10^5	H, МДж	-7,13	-	-
Объем, м ³	$5,75 \times 10^{-4}$	S, кДж/К	2,04	pH	2,06
Масса, кг	1,549	U, МДж	-7,12	Ионная сила	0,01

Плотность, кг/м ³	2693	Ср, кДж	4,28	TDS, мг/кг раств.	429,44
------------------------------	------	---------	------	-------------------	--------

Температура, К	313	G, МДж	-6,14	Eh, В	0,08
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-7,03	ре	1,35
Объем, м ³	6,27x10 ⁻⁴	S, кДж/К	2,40	pH	2,12
Масса, кг	1,549	U, МДж	-7,01	Ионная сила	0,01
Плотность, кг/м ³	2471	Ср, кДж	4,06	TDS, мг/кг раств.	318,58

Температура, К	348	G, МДж	-6,23	Eh, В	0,07
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-6,86	-	-
Объем, м ³	6,79x10 ⁻⁴	S, кДж/К	2,94	pH	2,23
Масса, кг	1,549	U, МДж	-6,84	Ионная сила	0,01
Плотность, кг/м ³	2279	Ср, кДж	3,78	TDS, мг/кг раств.	241,62

Температура, К	363	G, МДж	-6,27	Eh, В	0,06
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-6,80	-	-
Объем, м ³	6,87x10 ⁻⁴	S, кДж/К	3,10	pH	2,27
Масса, кг	1,549	U, МДж	-6,78	Ионная сила	0,01
Плотность, кг/м ³	2254	Ср, кДж	3,70	TDS, мг/кг раств.	238,91

Температура, К	398	G, МДж	-6,37	Eh, В	0,05
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-6,67	-	-
Объем, м ³	7,03x10 ⁻⁴	S, кДж/К	3,44	pH	2,41
Масса, кг	1,549	U, МДж	-6,65	Ионная сила	0,00
Плотность, кг/м ³	2202	Ср, кДж	3,63	TDS, мг/кг раств.	226,80

Температура, К	423	G, МДж	-6,46	Eh, В	0,04
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-6,58	-	-
Объем, м ³	7,15x10 ⁻⁴	S, кДж/К	3,66	pH	2,52
Масса, кг	1,549	U, МДж	-6,56	Ионная сила	0,00
Плотность, кг/м ³	2166	Ср, кДж	3,62	TDS, мг/кг раств.	215,43

Температура, К	448	G, МДж	-6,54	Eh, В	0,03
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-6,45	-	-
Объем, м ³	7,27x10 ⁻⁴	S, кДж/К	3,96	pH	2,66
Масса, кг	1,549	U, МДж	-6,47	Ионная сила	0,00
Плотность, кг/м ³	2129	Ср, кДж	3,66	TDS, мг/кг раств.	203,05

Таблица 3

Физико-химические и термодинамические параметры системы:
лимонная кислота C₆H₈O₇-Sb₂O₃-Sb₂S₃-H₂O (3:1:1:1) при 298 К

Температура, К	298	G, МДж	-6,11	Eh, В	0,10
Давление, Па	1x10 ⁵	H, МДж	-7,13	-	-
Объем, м ³	5,75x10 ⁻⁴	S, кДж/К	2,04	pH	2,06
Масса, кг	1,549	U, МДж	-7,12	Ионная сила	0,01
Плотность, кг/м ³	2693	Ср, кДж	4,28	TDS, мг/кг раств.	429,44

Название фазы	Объем, 10^{-3} м^3	Количество молей	Масса, 10^{-3} кг	Плотность, 10^3 кг/м^3	Вес. %
Водный раствор	0,575	1,64e+01	638,64	1,11e+00	41,23
Sb	0,0002	5,10e-01	62,13	2,80e+02	4,01
Sb ₂ S ₃	0,00	1,00e+00	339,70	0,00e+00	21,93
Sb ₂ O ₃	0,00	8,72e-01	508,62	0,00e+00	32,83

Распределение компонентов и частиц	моляльность	количество молей	мг/кг р-ра или вес. %	коэффициент активности
Водный раствор				
CO ₃ ⁻²	1,38e-14	3,22e-15	8,26e-13	0,67
HCO ₃ ⁻	4,25e-06	9,94e-07	2,59e-04	0,91
CH ₃ COO ⁻	4,24e-05	9,92e-06	2,50e-03	0,91
CO ₂	2,27e+01	5,32e+00	1,00e+00	1,00
C ₂ H ₆	2,66e-01	6,22e-02	8,00e+00	1,00
HCOO ⁻	2,00e-10	4,69e-11	9,02e-09	0,91
H ₂	1,91e-11	4,47e-12	3,85e-11	1,00
H ₂ S	1,38e-13	3,22e-14	4,69e-12	1,00
C ₄ H ₁₀	5,50e+00	1,29e+00	3,20e+02	1,00
C ₃ H ₈	1,29e+00	3,02e-01	5,69e+01	1,00
C ₄ H ₇ O ₃ ⁻	2,82e-14	6,59e-15	2,90e-12	0,91
C ₂ H ₃ O ₂ ⁻	4,24e-05	9,92e-06	2,50e-03	0,91
C ₄ H ₇ O ₂ ⁻	1,46e-03	3,42e-04	1,27e-01	0,91
C ₂ H ₃ O ₃ ⁻	5,17e-18	1,21e-18	3,88e-16	0,91
C ₃ H ₃ O ₄ ⁻	2,25e-09	5,27e-10	2,32e-07	0,91
C ₂ HO ₄ ⁻	7,39e-15	1,73e-15	6,58e-13	0,91
HSbO ₂	1,12e-07	2,61e-08	1,73e-05	1,00
C ₃ H ₅ O ₃ ⁻	6,40e-15	1,50e-15	5,70e-13	0,91
C ₃ H ₂ O ₄ ⁻²	3,14e-13	7,34e-14	3,20e-11	0,67
C ₃ H ₅ O ₂ ⁻	4,27e-04	9,99e-05	3,12e-02	0,91
SbO ₂ ⁻	6,36e-17	1,49e-17	9,78e-15	0,91
OH ⁻	4,60e-16	1,08e-16	7,82e-15	0,91
H ⁺	2,40e-03	5,62e-04	2,42e-03	0,90
H ₂ O	1,37e+01	3,21e+00	5,79e+01	1,00
Sb	-	5,10e-01	6,82	1,00
Sb ₂ S ₃	-	1,00e+00	37,31	1,00
Sb ₄ O ₆	-	8,72e-01	55,86	1,00

Концентрационное распределение компонентов и заряженных частиц: CO₃⁻², HCO₃⁻, CH₃COO⁻, CH₃COOH, CO₂, C₂H₆, HCOO⁻, HCOOH, H₂, H₂S, CH₄, CH₃OH, C₄H₁₀, C₃H₈, C₂H₅COO⁻, C₂H₅COOH, C₄H₇O₃⁻, C₂H₃O₂⁻, C₄H₇O₂⁻, C₂H₃O₃⁻, C₃H₃O₄⁻, C₂HO₄⁻, HSbO₂, C₃H₅O₃⁻, C₃H₂O₄⁻²,

$\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_2^-$, SbO_2^- , OH^- , H^+ , H_2O , Sb , Sb_2S_3 , Sb_4O_6 в водном растворе лимонной кислоты показало образование сурьмусодержащих компонентов. Установлено, что в жидкой фазе содержатся HSbO_2 , SbO_2^- , а в газовой фазе - Sb(к) , Sb , Sb_2 , Sb_3 , Sb_4 , SbO , $\text{Sb}_2\text{O}_3(\text{к})$, Sb_4O_6 , SbH , SbH_3 , SbS , $\text{Sb}_2\text{S}_3(\text{к})$. Взаимное превращение сульфида и оксида сурьмы с участием лимонной кислоты привело к образованию конденсированной сурьмы и диоксида серы: $2\text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{Sb}_2\text{S}_3 = 6\text{Sb(к)} + 3\text{SO}_2$, а также других H, O, S, C - содержащих веществ. Результаты экспериментальных и расчетных исследований в дальнейшем позволили разработать принципиальную технологическую схему процесса разделения продуктов извлечения сурьмы от примесей на основе лимонной кислоты и ионообменной смолы, и получения оксида сурьмы из сульфидных ее соединений [10-11].

Заключение

Изучена система: Sb_2O_3 - Sb_2S_3 - лимонная кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) - H_2O при гидро- и пирометаллургических режимах деструкции твердой фазы и определены физико-химические и термодинамические их параметры. Установлены концентрационные распределения сурьмусодержащих компонентов и частиц в растворе при широких интервалах изменения температуры. Равновесные составы и концентрации соединений сурьмы показали, что в жидкой фазе содержатся HSbO_2 , SbO_2^- , а в газовой фазе - Sb(к) , Sb , Sb_2 , Sb_3 , Sb_4 , SbO , $\text{Sb}_2\text{O}_3(\text{к})$, Sb_4O_6 , SbH , SbH_3 , SbS , $\text{Sb}_2\text{S}_3(\text{к})$. Распределение сурьмусодержащих компонентов и частиц в газо-жидкостных средах позволило определить концентрационные и температурные пределы образования отдельных конденсированных веществ: Sb(к) , $\text{Sb}_2\text{O}_3(\text{к})$, $\text{Sb}_2\text{S}_3(\text{к})$. Показано, что значение окислительно-восстановительного потенциала (E_h , В) рассмотренной выше системы положительная, соответственно свойство раствора окислительное, которое способствует растворению твердой фазы.

Использованная литература

1. Шабданова Э.А. Концентрационное распределение сурьмусодержащих компонентов и частиц в растворах оксикарбоновых кислот - Автреф. дис. на соискание уч.ст.канд.хим.наук. – Бишкек, 2018. – 27с.

2. Усубакунов М.У., Сибиченкова Н.И., Власова Л.И. Применение метода ионного обмена в производстве особо чистой сурьмы и ее соединений. – Фрунзе: Илим, 1984. – С.18-31.

3. Витченко Н.К., Тихонов А.С. Исследование реакций комплексообразования иона цинка с ионами лимонной кислоты в водной среде. Тр.Воронежск.ун-та. – Воронеж, 1956. – №2. – С. 57-59.

4. Тихонов А.С., Тищенко Г.В. Исследование реакций комплексообразования ионов двухвалентного железа с ионами лимонной кислоты. Тр.Воронежск.ун-та. – Воронеж, 1956. – №2. – С. 69-70.

5. Какеева М. Получение особо чистой сурьмы из лимоннокислых растворов: дис. на соискание уч. ст. канд. хим. наук. – Ф., 1974. – С.18-22.

6. Karpov I.K., Chudnenko K.V., Kulik D.A. and oth. The convex programming minimization of five thermodynamic potential other than Gibbs energy in geo-chemical modeling. American J. Science, 2002. - P. 281-311.

7. Маймеков З. К., Кемелов К.А., Молдобаев М. Б., Самбаева Д. А. Влияние воды в водотопливных эмульсиях на процессы снижения концентрации сажи в газовой фазе. Проблемы региональной экологии. – Москва, 2016. – №4. – С.30-36.

8. Синярев Г.Б., Ватолин Н.А., Трусков Б.Г. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов. – М.: Наука, 1982. – 260 с.

9. Шабданова Э.А., Айткеева Ч.А., Усубакунов М.У. Изучение сорбции примесей сурьмы из раствора лимоннокислого аммония. Вестник КНУ им. Жусупа Баласагына. – Бишкек, 2007. – Т.1. – Вып.1. Серия 5. – С. 292-295.

10. Самбаева Д.А., Шабданова Э.А., Тунгучбекова Ж.Т., Маймеков З.К. Распределения сурьмусодержащих частиц в системе: Sb_2S_3 - Sb_2O_3 - $H_2C_6H_6O_7$ - H_2O при высоких температурах. Вестник КГУСТА им. Н.Исанова. – Бишкек, 2013. – №3 (41). – С. 124-128.

11. Maimekov Z., Sambaeva D., Dzhetimov M., Shabdanova E. Concentration distribution of stibium containing components and particles in oxycarboxylic acids solutions //WALIA journal, 2016. – No32(S2). – P.1-6 (Scopus).

ГЕОЛОГИЯ, ДОБЫЧА И ПЕРЕРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК.: 574

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В МАССИВАХ ГОРНЫХ ПОРОД

Осмонбетов К.О., Осмонбетова Д.К., Осмонбетов С.К.

Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов, Бишкек, Кыргызская Республика

***Аннотация:** Статья посвящена актуальным исследованиям закономерностей миграции радионуклидов в горных породах. Также рассмотрены источники и направления радиационной безопасности, химические, экспериментальные методы исследований, физические, геологические и геоэкологические*

***Ключевые слова:** подземные воды, радиоактивные отходы, миграция радионуклидов в горных породах, трещиноватость, скважина, процесс десорбции, гамма-активность, загрязненные обломки пород, хранилище, мощный луч лазера, облучении ультрафиолетом*

SOME PATTERNS OF MIGRATION RADIONUCLIDES IN ROCK MASSIFS

Osmonbetov K.O., Osmonbetova D.K., Osmonbetov S.K.

Kyrgyz State University of Geology, Mining and Natural
Resources Development, Bishkek, Kyrgyz Republic

***Annotation:** The article is devoted to topical studies of the patterns of migration of radionuclides in rocks. The sources and directions of radiation safety, chemical, experimental research methods, physical, geological and geoecological are also considered*

***Keywords:** groundwater, radioactive waste, migration of radionuclides in rocks, fracturing, borehole, desorption process, gamma activity, contaminated rock fragments, storage, powerful laser beam, ultraviolet irradiation*

Как известно, в бывшем СССР по программе исследований о возможности использования подземных ядерных взрывов в мирных целях было проведено свыше 100 взрывов в различных регионах и разнообразных геологических условиях. Кроме того, за последние годы в странах СНГ и за рубежом накоплено огромное количество радиоактивных отходов, временно хранящихся в основном на поверхности. В связи с этим, в соответствии с федеральной целевой программой, в России ведутся обширные научные и проектные работы, направленные на создание подземных хранилищ твердых или отверженных радиоактивных отходов. И в том и в другом случае важно знать, на какое расстояние и в какой концентрации могут мигрировать с подземными водами радионуклиды от источника, например, в случае нарушения герметичности искусственных инженерных барьеров.

Разработка методов прогноза миграции радионуклидов в горных породах может выполняться по двум направлениям.

Первое – это разработка математических моделей. Преимущество данного направления – его универсальность.

Главный недостаток – исключительная сложность учета всех условий, определяющих процесс миграции радионуклидов:

- оценка поведения каждого радионуклида в пористой или трещиноватой среде;
- учет разбавления радионуклидов подземными водами и его сорбции данной породой;
- оценка структурных и фильтрационных свойств геологической среды и др.

Все это может существенно сказаться на точности прогнозных расчетов.

Второе направление эмпирическое, когда при наличии достаточного объема экспериментальных натуральных данных подбирается эмпирическая формула, описывающая процесс миграции радионуклидов.

Этот метод обеспечивает более высокую точность прогнозных расчетов, однако область его применения ограничивается объектами,

близкими по исходным условиям.

В институте протехнологии РФ выполняются научно-исследовательские и проектные работы по подземному захоронению как жидких, так и твердых радиоактивных отходов. Необходимо отметить, что институт располагает обширной базой данных по миграции радионуклидов в различных горных породах. Эти данные получены как по объектам, на которых осуществляется подземное захоронение жидких радиоактивных отходов, так и по объектам, где производились подземные ядерные взрывы.

Особую ценность в этом плане представляют фактические данные по объекту «Кама-2», на котором в течение длительного времени осуществляется подземное захоронение промстоков (нерадиоактивных) содо-цементного производства ОАО «Сода». Закачка промстоков выполняется через укрупненную нагнетательную скважину, на забое которой был произведен подземный ядерный взрыв мощностью около 10 кт на глубине свыше 2000 м. На объекте имеется сеть наблюдательных скважин, расположенных на различных расстояниях от нагнетательной скважины.

За время работы объекта «Кама-2» накоплены уникальные данные по миграции радионуклидов по различным промпласткам рабочего горизонта, общая высота которого составляет около 450 м. Рабочий горизонт представлен прочными породами – известняками с прослоями доломитов, имеющими развитую сеть естественной трещиноватости. Эти породы близки к горным породам, в которых планируется сооружение подземных хранилищ для твердых радиоактивных отходов.

В течение многих лет через нагнетательную скважину закачиваются промстоки Стерлитамакского ОАО «Сода». В процессе эксплуатации объекта во всех скважинах регулярно проводились контрольные геофизические измерения, включая гамма-каротаж, который дает интегральную картину продвижения по рабочему горизонту гамма-излучающих радионуклидов (рис.1).

Источник радиоактивности в данном случае представляет собой несколько тысяч тонн переплавленной породы, содержащей осколочные

и наведенные радионуклиды, а также остатки ядерного материала и десятки тысяч тонн раздробленной породы, поверхностно загрязненной в основном тремя радионуклидами: ^{90}Sr ; ^{137}Cs и ^3H . Закачка в скважину промстоков с расходом около $4000 \text{ м}^3/\text{ч}$ приводит к их частичному загрязнению за счет десорбции с поверхности породы и выщелачивания из переплавленной породы. Первоначально превалирует процесс десорбции, в последующем – частичное выщелачивание радионуклидов из расплава.

Загрязнение закачиваемых промстоков в центральной зоне взрыва обуславливается в основном тремя радионуклидами: ^{90}Sr ; ^{137}Cs и ^3H соответственно с первоначальной объемной активностью примерно $7,8 \cdot 10^5$, $1,6 \cdot 10^5$ и $1,4 \cdot 10^7$ Бк/л.

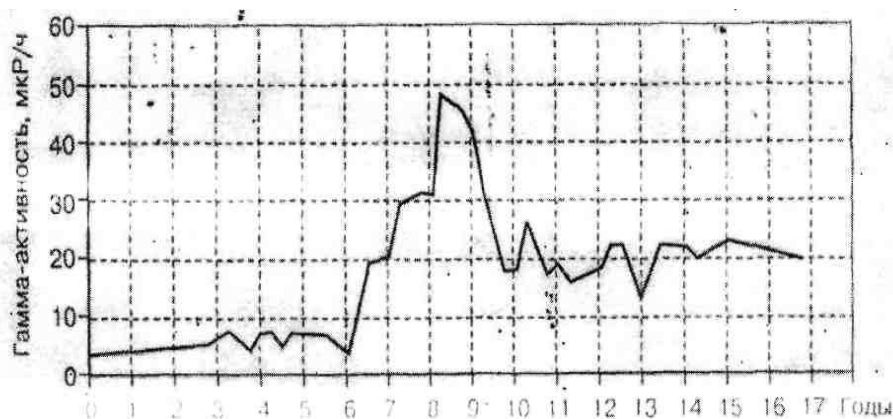


Рис. 1. Изменение гамма-активности во времени в интервале рабочего горизонта по скважине НБ-3 объекта «Кама-2».

Наглядное представление о динамике прохождения фронта промстоков, загрязненных радионуклидами, через одну из наблюдательных скважин (скважина НБ-3, удаленная от нагнетательной скважины на 1000 м) на объекте «Кама-2» дает график. Более полная информация о характере изменения гамма-активности вследствие миграции по рабочему горизонту на объекте «Кама-2» представлена графически на рис.2, 3.

Так, значения гамма-активности резко снижаются как с удалением от нагнетательной скважины, так и во времени, приближаясь к фоновым значениям. График динамики изменения гамма-активности в

логарифмическом масштабе построен по данным максимальных значений гамма-активности, которые были зафиксированы в каждой из скважин в каком-либо из интервалов рабочего горизонта.

Нетрудно видеть, что по полученным данным можно провести две прямые, характеризующие динамику изменения гамма-активности по двум взаимно перпендикулярным направлениям; наиболее быстрое снижение гамма-активности наблюдается по направлению наблюдательных скважин НБ-1 и НБ-2. Более медленное снижение гамма-активности имеет место по направлению наблюдательных скважин НБ-3 и НБ-4, т. е. по линии, совпадающей с региональным направлением естественного движения подземных вод. Определены эмпирические закономерности изменения гамма-активности по двум направлениям, которые имеют вид:

По линии наблюдательных скважин НБ-1 и НБ-2

$$J_{\gamma} = 42600e^{-0,013R}, \quad (1)$$

по линии наблюдательных скважин НБ-3 и НБ-4

$$J_{\gamma} = 42600e^{-0,007R}, \quad (2)$$

где R - расстояние от нагнетательной скважины Н-1.

Используя зависимости (1) и (2), можно сделать оценку, на каком расстоянии от нагнетательной скважины гамма-активность в рабочем пласте приблизится к среднему фоновому значению 5 мкР/ч. Расчеты показывают, что по направлению наблюдательных скважин НБ-1 и НБ-2 это расстояние составит не более 700 м, а по направлению наблюдательных скважин НБ-3 и НБ-4 – около 1300 м.

Так, используя полученные закономерности, можно, например, определить расстояние от нагнетательной скважины, на котором гамма-активность достигает фоновых значений для горных пород, которая в среднем составляет порядка 5 мкР/ч. Используя зависимость (1), получим – R = 1330 м.

Интересно отметить, что объект «Кама-2» также, как и аналогичный объект «Кама-1» (вступивший в эксплуатацию позже) можно рассматривать как натурную модель для изучения миграции

радионуклидов из подземного хранилища твердых радиоактивных отходов.

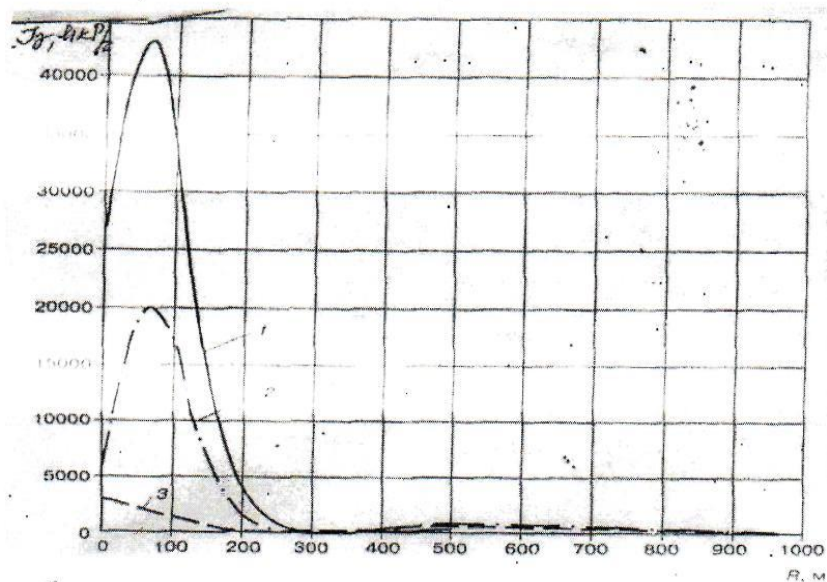


Рис.2. Изменение экспозиционной дозы гамма-излучения J_γ в зависимости от расстояния R от нагнетательной скважины в интервале рабочего горизонта на объекте «Кама-2»: 1, 2, 3 - соответственно через год, 4 года и 9 лет после начала эксплуатации.

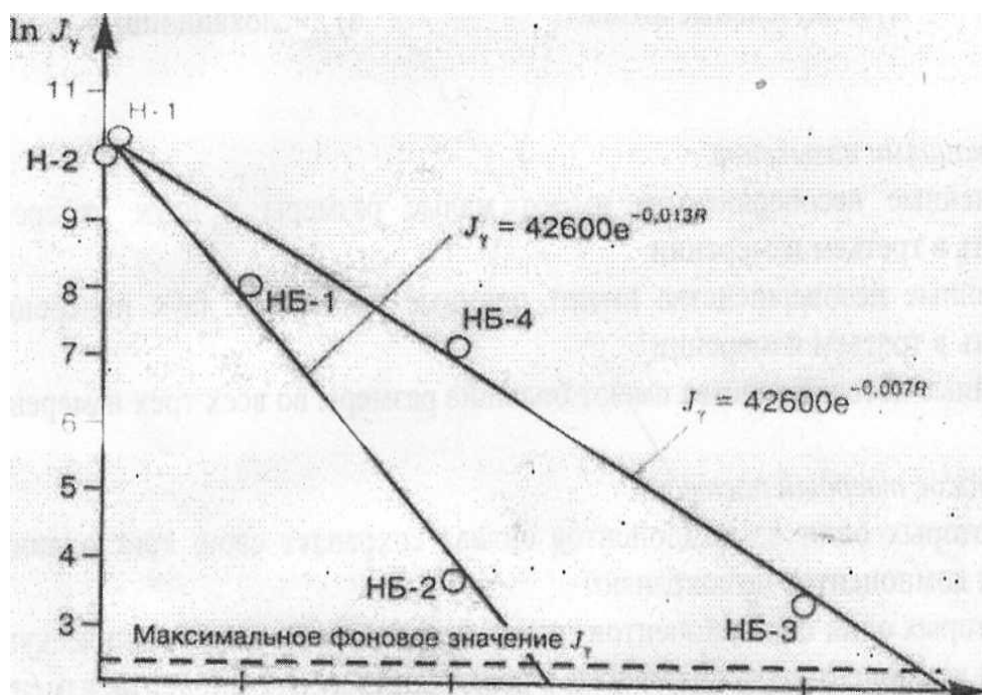


Рис.3. Изменение максимальных значений экспозиционной дозы гамма-излучения J_γ в зависимости от расстояния R от нагнетательной скважины в интервале рабочего горизонта на объекте «Кама-2».

В данном случае расплавленные горные породы на дне полости и загрязненные обломки пород в столбе обрушения могут рассматриваться как хранилище твердых отходов, а закачиваемая жидкость моделирует возможное движение пластовой жидкости через хранилище, только с большей скоростью, т. е. процесс миграции радионуклидов моделируется во времени.

Необходимо отметить, что полученные данные могут быть использованы для прогнозирования аварийной ситуации при разгерметизации проектируемого подземного хранилища твердых радиоактивных отходов. При этом следует учесть, что естественная скорость движения подземных вод на несколько порядков ниже, чем это имеет место в данном случае.

Стекло и радиоактивность

Кварцевое стекло, применяемое для изготовления волоконных световодов, в десять тысяч раз прозрачнее обычного оконного стекла. Но, как показали исследования физиков из Физического института Западного Берлина, оно в значительной мере теряет прозрачность под действием радиоактивности. Вредное явление удалось применить с пользой: если в помещении, куда может проникнуть радиоактивность, проложить стеклянный световод и время от времени проверять лучом света его прозрачность, то затухание луча будет свидетельствовать о появлении радиоактивности. Причем интересно, что дефекты, появляющиеся в стекле под действием излучения, обратимы: мощный луч лазера, пущенный по световоду, «залечивает» их, как бы пробивает себе дорогу, восстанавливая прозрачность стекла.

Японские специалисты из компании «Тосиба» используют в качестве дозиметра излучения другой сорт стекла – фосфатное. Кусочек такого стекла после воздействия радиации приобретает свойство светиться при облучении ультрафиолетом, причем яркость свечения прямо пропорциональна полученной дозе радиоактивности.

По заявлению фирмы, самая малая доза, которую может зарегистрировать стеклянный дозиметр, составляет всего 0,2 миллирентгена, что примерно соответствует уровню естественной

радиации, окружающей нас на Земле. Преимущество стеклянного дозиметра в том, что он не имеет никаких деталей, это всего лишь стеклянная трубочка или палочка.

Радиоактивное загрязнение приземного слоя атмосферы

Для краткой информации приведем исследования российских экологов. За пределами загрязненных в результате Чернобыльской аварии территорий средние концентрации в воздухе таких радионуклидов, как цезий-137 и стронций-90 практически вышли на уровни, наблюдавшиеся до аварии на Чернобыльской АЭС.

Несмотря на то, что концентрация цезия-137 в воздухе в отдельные периоды в г. Новозыбкове Брянской области в среднем в 165 раз превышала среднюю по России, она была на 4 порядка ниже допустимой. Средние годовые концентрации цезия-137 в воздухе Курска и Брянска были на 6 порядков ниже допустимой.

Содержание радионуклидов в атмосферных выпадениях на загрязненных территориях Европейской части России существенно превышает среднее по стране, но имеет тенденцию к снижению. Так, в Новозыбкове в среднем за 1993 г. среднесуточные выпадения цезия-137 были в 1,5 раза меньше выпадений 1992 года.

В районах, расположенных в зоне влияния ПО "Маяк" на Южном Урале, выпадения цезия-137 из атмосферы превышают средние по стране в 50-100 раз.

Ученые Калифорнийского технологического института в Пасадене и Центра космических полетов Годдарда при НАСА в Гринбелте, штат Мэриленд, обнаружили в нескольких сотнях километров над Землей еще один радиационный пояс космических лучей – посланцев из глубокого космоса.

Исследовательский спутник НАСА под названием САМПЕКС для изучения солнечных, аномальных и магнитосферических частиц, вращающийся вокруг Земли на высоте 600 км, измерил параметры радиационного пояса, интенсивность которого наиболее выражена над Атлантическим океаном на участке протяженностью 8050 км между мысами Горн и Доброй Надежды. Пояс состоит из частиц, известных

как аномальные космические лучи, которые появляются при взаимодействии солнечных лучей с разреженным газом, заполняющим межзвездное пространство в Галактике. Первые ясные свидетельства о существовании такого радиационного пояса были получены группой американских и советских ученых в 1991 году при анализе данных, обранных советскими спутниками типа «Космос».

Однако им не удалось определить точное местонахождение пояса, состоящего из высокоэнергетических частиц, которые отличаются по своим характеристикам от частиц, образующих давно известные радиационные пояса Ван Аллена.

Радиоактивное загрязнение местности

В целом по Российской Федерации загрязнение, обусловленное аварией на Чернобыльской АЭС, с плотностью 1 Ки/км² и выше охватывает 57650 км², что составляет 1,6% от Европейской части страны. Наибольшие площади загрязнения зафиксированы в Брянской, Тульской, Калужской и Орловской областях, где имеются площади с загрязнением цезием-137 до 15 Кюри/км², а в Брянской - до 40 Кюри/км² (таблица 1).

Таблица 1

Площади сельскохозяйственных угодий,
загрязненных цезием-137, тыс.га

Области	Содержание цезия-137 Ки/км ²			
	1-5	5-13	15-40	Более 40
Брянская	401	185	98	17
Калужская	128	33	1	-
Тульская	653	126	-	-
Орловская	963	23	-	-

По областям Центрально-Черноземного района, Смоленской, Рязанской и Ленинградской областям плотность загрязнения сельскохозяйственных угодий в основном составляет 2-3 Ки/км² и не превышают 5 Ки/км². С целью снижения поступления радиоцезия в

сельскохозяйственную продукцию проводятся агрохимические и мелиоративные мероприятия.

Ведется контроль содержания радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции. Во всех контролируемых областях зерно, картофель, кормовая свекла, силосные культуры, овощи, фрукты в 1993 г. не содержали стронций-90 и цезий-137 выше установленных допустимых уровней. Только в Брянской области отмечено превышение установленных нормативов в 12% сена и 6% сенажа, менее 1% «грязного» сена было заготовлено в Калужской области, в основном, в частном секторе.

В Брянской области количество закупленного молока с превышением установленных нормативов загрязнения составило в 1998 г. 1620 тонн или 1,7% (в 1992 году соответственно 6174 тонн или 5,7%), отмечались закупки мяса с превышением нормативов загрязнения.

Общая площадь радиоактивного загрязнения земель лесного фонда в результате аварии на Чернобыльской АЭС на территории России составляла в 1993 году около одного миллиона на гектар. Плотность и площади загрязнения представлены в табл.2.

В пределах этих территорий отмечается уменьшение мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, особенно в более влажных лесорастительных условиях. Из заглубленных радионуклидов в лесных почвах около 60% содержится в лесной подстилке (более половины из них - в нижнем слое).

Таблица 2

Загрязнение земель лесного фонда цезием-137

Плотность загрязнения, Ки/км ²	Площадь земель, тыс.га
1-5	871,2
5-15	86,6
15-40	42,0
свыше 40	2,5

Локальные участки радиоактивного загрязнения, образовавшиеся при проведении подземных ядерных взрывов в 60-80-х гг. в исследова-

тельских и технологических целях, имеются в Астраханской, Ивановской, Архангельской, Пермской, Оренбургской областях, в Мирненском районе Якутии-Саха. В результате аварии на Сибирском химическом комбинате 6 апреля 1993г. произошло радиоактивное загрязнение небольшой, слабонаселенной площади, примыкающей к территории комбината в Томской области. Общая площадь загрязнения, в основном коротко живущими радионуклидами, составила через неделю после аварии около 150 км². Суммарное количество выпавших радиоактивных продуктов оценивается величиной 40-50 Кюри. Максимальная зарегистрированная плотность загрязнения территории радиоизотопом плутония составила 16,4 мКи/км².

Загрязнение поймы р. Енисей цезием-137, обусловленное многолетними стоками Красноярского горно-химического комбината составляет около 0,2 Ки/км². Максимальные значения оцениваются величиной 1,4 Ки/км².

Неблагоприятная обстановка сложилась в Читинской области, где расположены Забайкальский (пос. Первомайский) и Приаргуньский (г. Краснокаменск) горно-обогатительные комбинаты, что связано с продолжающейся практикой использования открытых хранилищ для радиоактивных отходов. В пос. Октябрьский (Забайкальский ГОК) в ряде случаев уровни гамма-фона варьируют от 50 до 150 мкР/ч. В домах пос. Октябрьский и г.Балей содержание радона в воздухе жилых и производственных помещений в отдельных случаях превышает 2-10 ПДК, что связано с повышенной природной радиоактивностью региона и эманацией радона из горных пород.

Использованная литература

1. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почвы и растений. – М: Изд-во АН СССР, 1963.
2. Атлас «Окружающая среда и здоровья населения России». – М.: 1995. – С. 128-137.
3. Андреев О.С. Природный и обогащенный уран. Радиационно-гигиенические аспекты. – М.: Атомиздат, 1979.

4. Бабаев Н.С. и др. Ядерная энергетика, человек и окружающая среда. М.: Энергоиздат, 1984.
5. Белорусам не нужна украинская радиация. – «Российская газета», 29 мая, 2003.
6. Бендерова В. Дорогами урана. – «Наука и жизнь», №5, 1980.
7. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек. М., Энергоатомиздат, 1990.
8. Булдаков Л.А. Человек и радиация. М.: Наука и жизнь, №9, 1986.
9. В Гомеле будут лечить от радиации – «Российская газета», 29 апреля 2003.
10. Выставка радиационного мониторинга. – «Инженерная газета», 4 августа 1991.
11. Газ радон в нашем доме. – «Аргументы и факты», 1993.
12. Германов А.И. Уран в природных водах. – В кн.: Основные черты геохимии урана/Под.ред. А.П.Виноградова. М.: АН СССР. 1963.
13. Григорьев Ю.Г. Радиационная безопасность космических полетов. М.: Атомиздат, 1975.
14. Голиков В.Я., Копаев В.В., Колышкин А.Е. Медицинские последствия ядерных аварий на АЭС. – М.: Изд-во ВНИИМИ. 1988.
15. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году». Газета «Зеленый мир», №24-№5-1994-1995. – М.: 1998. – С. 145-152.
16. Действие ядерного оружия/под ред. Э.Глессона, - М.: Воениздат, 1966.
17. Еловская Л.Т., Павловская Н.А. К оценке доз внутреннего облучения, работающих с минеральным сырьем, обладающим незначительной естественной радиоактивностью. – В кн. Тезисы докл. I научно-практической конференции по радиационной безопасности. – М.: 1966.
18. Еще один удар Чернобыля. Радиация поражает не только сердце и кровь, но и мозг человека. – «Вечерний Бишкек», 9 октября, 1997.
19. Жизнь и радиация. Пер. с англ. Под ред. В.П. Рамзаева. – М.: Энергоатомиздат, 1993.
20. Замеры уровня радиации в Мавзолее В.И.Ленина. – «Новая Сибирь», №1(86), 6.07.1995.
21. Израэль Ю.А. Экологические последствия возможной ядерной войны. – М.: Метеорология и гидрология, 1983, – №10.
22. За счет ядерных отходов. – «Вечерний Бишкек». 13 января, 1999.

КОММУНИКАЦИИ (ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ И ДРУГИЕ)

УДК 656.13

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Джакупбеков Б.Т.¹, Исагалиева С.У.², Кадыралиева Г.А.¹

¹Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, Кыргызский
Государственный университет геологии, горного дела и освоения
природных ресурсов, Бишкек, Кыргызстан, djakupbelek@yandex.com

***Аннотация:** В данной статье рассматриваются причины возникновения продольных трещин на автомобильной дороге Бишкек-Нарын-Торугарт (БНТ). Также показана практика строительства автомобильных дорог на пучинистых грунтах, являющаяся серьёзной проблемой, требующей трудоемких работ и решений из-за особенностей климата на высокогорных районах Кыргызстана*

***Ключевые слова:** продольные трещины автодороги, пучинистые грунты, морозное пучение*

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF FROST HEAVING OF THE ROADWAY ON THEIR OPERATION

Djakupbekov B.T., Isagalieva S.U., Kadyralieva G.A.

¹Institute of Geomechanics and Subsoil Development of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, ²Kyrgyz State university of geology, mining and natural resources development, Bishkek, Kyrgyzstan

***Annotation:** This article discusses the causes of longitudinal cracks on the Bishkek-Naryn-Torugart highway (BNT). The practice of building roads on heaving soils is also shown, which is a serious problem that requires labor-intensive work and solutions due to the climate in the highlands of Kyrgyzstan.*

***Keywords:** frosty heaving, longitudinal cracks of the highway, heaving soils*

Введение

В каждой стране транспортная система играет одну из важнейших ролей в развитии экономики, а в странах с хорошо развитой транспортной сетью влияют на мобильность доставки грузов, туризму и качеству жизни населения регионов страны. Поэтому, хорошая эксплуатационная надёжность автомобильных дорог, это залог успеха любой страны.

Автодорога Бишкек-Нарын-Торугарт (БНТ) является одной из главных транспортных дорог в Кыргызстане и связывает три региона нашей Республики - Чуйскую, Нарынскую и Иссык-Кульскую. Также она транзитное движение через территорию Кыргызстана (ЦАРЭС «Европа - Восточная Азия») в направлении север-юг из Китая - от пункта «Торугарт» на юге, до населённого пункта «Кордай» в Казахстане на севере. создавая международный коридор между странами [1].

Практика строительства автомобильных дорог на пучинистых грунтах показал, что она является серьёзной проблемой, требующей трудоемких работ и решений из-за особенностей климата на высокогорных районах Кыргызстана.

Пучинами называют деформации дорожных одежд и земляного полотна, проявляющиеся зимой. Морозное пучение образуется при одновременном сочетании трех факторов:

1. Интенсивное морозное влагонакопление, при котором максимальная относительная влажность грунта в верхней части земляного полотна;
2. Промерзание грунта под дорожной одеждой на глубину от 0,5м до 2,5м;
3. Наличие мелких пылеватых песков и супесей, пылеватых суглинков или других пучинистых грунтов.

Дорога Бишкек-Нарын-Торугарт (БНТ) на участке с 365 км по 529 км, на котором в некоторых местах появились трещины на рисунке 1 показано расположение участка автодороги БНТ.

Климатические особенности дороги

Данная автомобильная дорога пересекает Нарынскую область в южном направлении к южной центральной части страны. Минимальная высота расположения дороги над уровнем моря составляет около 2000

метров у села Ат-Баши, однако у перевала Торугарт, на границе с Китаем, дорога поднимается на высоту, приблизительно, 3700 метров.



Рис. 1. Карта расположения автодороги Бишкек-Нарын-Торугарт (БНТ) участок с 365 км по 529 км

Участок дороги, построенный в 2012 году, расположен на высоте, приблизительно 3300 метров. По данным метеостанции, расположенной в центральной части участка БНТ. селе Ат-Баши на высоте около 2000 метров.

Климатические условия отличаются более низкими температурами. В нижней части впадины, на высотах 2000-2200 м над уровнем моря за год выпадает 280-350 мм осадков, на высотах 2500-3000 м над уровнем моря годовое количество осадков увеличивается до 400-450 мм. 75% из них выпадают в теплое время года. Максимум осадков приходится на июнь, минимум на январь, декабрь. Снежный покров залегает в течение 100-120 дней, средняя высота его 30-40 см.

Среднегодовая температура воздуха 1° тепла. Зимы холодные, продолжительные - 145-150 дней.

Средняя температура января -19...-20°, средняя минимальная температура -25°, абсолютный минимум -44° мороза [3].

При замерзании воды в замкнутом пространстве и превращении ее в лед происходит расширение объема, возрастает примерно на 9-11 % и так же, уменьшается в обратном направлении при таянии льда при 0° С, что приводит к возникновению избыточного давления, достигающего, как показывают наблюдения, 2500 кгс/см². Именно этим объясняются как разрушительная сила замерзающей воды в замкнутых пустотах, трещинах горных пород, откалывающая порой многотонные глыбы и дробящая их в дальнейшем на мелкие осколки [2].

Увеличение объема воды при замерзании имеет огромное значение как в природе, так и в строительстве автомобильной дороги в районах вечной мерзлоты.

Причины образования трещин на дорогах

Трещины появляются, когда на слои дорожного покрытия при замерзании воздействуют разные механизмы и вода, присутствующая в этих слоях, расширяется. Разная степень и интенсивность расширения происходят потому, что область, ближе к центру проезжей части покрытия (где обычно чистят снег), имеет более глубокую глубину промерзания. В этих областях, изотерма замерзания более глубоко проникает в структуру покрытия, тем самым создавая дополнительные возможности для расширения в центре покрытия, благодаря неравномерной глубине промерзания поперек структуры дорожного покрытия.

Неравномерная глубина промерзания провоцирует искривление поверхности покрытия, вызывая образование трещин в самых слабых местах, обычно над стыками покрытия (рис. 2) [3].

В течение зимнего периода, конец декабря/начало января на различной глубине, на дороге начали появляться продольные трещины. В конце морозного периода эти трещины уже достигали 2-3 см в ширину. В связи с этим возникла серьезная озабоченность в отношении причины этого явления и сохранности дорожного покрытия на указанных участках.

Наблюдались также другие типы трещин, например, поперечные трещины, однако они не рассматривались как серьезная опасность, в

отличие от продольных трещин (рис. 3). Характеристики этих трещин совпадали с характеристиками продольных трещин, возникших в результате разницы вспучивание грунта от промерзания.

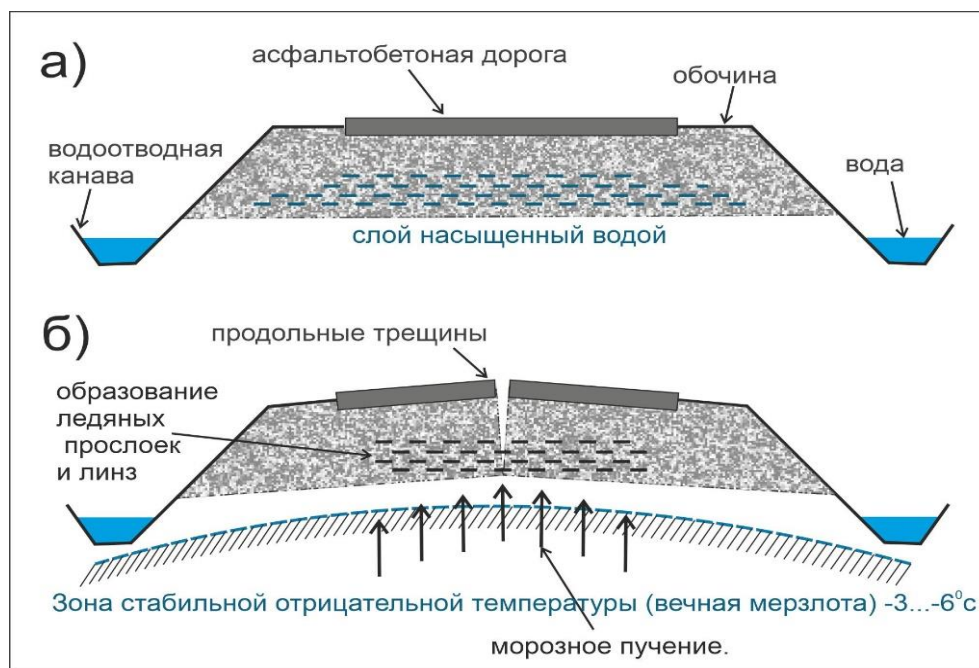


Рис. 2 Образование трещин на асфальтобетонных дорогах
а) автомобильная дорога до морозного пучения
б) автомобильная дорога после морозного пучения

Это происходит, когда слои покрытия, восприимчивые к промерзанию, промерзли на разную глубину поперек ширины покрытия, в результате чего происходило неравномерное вспучивание этого покрытия.



Рис. 3. А. Вид продольных трещин автодороги



Рис. 3. Б. Бишкек-Нарын-Торугарт (БНТ) фотографии март 2018 г.

На способность вспучиванию в значительной степени влияет содержание воды в грунтах под полотном автомобильной дороги. Данные из пробных шурфов показывают, что в таких местах присутствует ледяные прослойки и линзы и это, по-видимому, происходит в результате плохой конструкции дренажной системы (рис. 4).

Причиной скопления воды является большое количество снега, в изобилии выпадающее в этих местах, и связанные с этим работы по очистке снега, которые, в свою очередь, в больших количествах накапливаются на обочине.



Рис. 4. А. Пробный шурф и отобранный образец



на отобранных пробах видны ледяные прослойки и линзы, апрель 2018г

Рис. 4. Б. Ледяные прослойки и линзы

Выводы

- Интенсивная эксплуатация дорожного покрытия отражаются на поведении вспучивания. Ввиду холодного зимнего климата на высокогорных районах Кыргызстана, дорожное покрытие промерзает на глубину около 2-х метров.
- Во многих случаях, дренажная система работает не в полной мере вследствие слои дорожной одежды оказываются насыщенными водой. Проанализировав места дренажной системы, расположения пробных шурфов и сезонные колебания температуры, установлено что есть вероятность повторного образования трещин асфальтобетонного покрытия.
- Для удаления всей воды из структуры дорожного покрытия, нужно отвод воды от дороги, необходимо улучшить дренажную систему с учетом того что вода недостаточно испаряется в летний период.

Использованная литература

1. <http://piumotc.kgrubishkek-naryn-torugart>.
2. Киселев М. Ф. Предупреждение деформации грунтов от морозного пучения. Стройиздат. Ленинградское отделение. 1985.
3. Отчет эксперта Д.М. Роу по трещинам на БНТ 2018г.