

## МУНДАРИЧА

### ЭНЕРГЕТИКА

- Р.Х. Диёров, М.В. Глазырин, Ш.М. Султонов.** Модели гидротурбины Френсис барои гидроагрегати НБО-и хурд..... 6

### МЕТАЛЛУРГИЯ ВА МАСОЛЕҲШИНОСӢ

- Т.Д. Чӯраев, Э.Р. Газизова, Фаридан Амонullo, М.С. Ашӯров.** Масъала оид ба структураи кристалли алюминидҳои металлҳои ишқорзамин ва монанди онҳо..... 14
- Т.Д. Чӯраев, Э.Р. Газизова, М.М. Ҳакдодов.** Дар бораи модификаторҳои дуумдараҷаи ҳӯлаҳои алюминий..... 23

### ТЕХНОЛОГИЯИ КИМӢВӢ

- Э.М. Аслзода.** Хусусиятҳои тайёр намудани маҳлулҳои гилии ба намак тобовар бо истифодаи омехтагҳои химиявӣ..... 31
- М.Т. Идиев, Б.С.Сафаров.** Истифодабарии плазмаи ҳарораташ паҳл баҳри ҳосил намудани пайвастагҳои нимноқилии  $A^{IV}B^V$ ..... 39
- М. Чаманова, А. Бадалов.** Қонунияти тағйирёбии хусусиятҳои термохимиявии интерметаллҳои системаҳои алюминий – лантаноидҳо, ки дорои барзиёди алюминиянд..... 48
- Д.А. Абдушукуров, Д. Абдусамадзода, О.Д. Назарова, Т. Маҳмадов, И.М. Раҳимов, Д.Ф. Стотский.** Тадқиқоти физикӣ-химиявӣ ва микробиологӣ оид ба оби дарёҳои ҳавзаи Кофарниҳон..... 57

### НАҚЛИЁТ

- Р.С. Бобиев, М.И. Исмоилов.** Тариф ҳамчун механизми танзими хизматрасониҳои нақлиёти истифодаи умум дар ш. Душанбе..... 69
- А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоқов, В.Б. Тедеев.** Такмилдиҳии механизми курсии боздории трактори МТЗ..... 79
- А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоқов, В.Б. Тедеев.** Усулҳои баландбардории самаранокии боздории ядакҳои автомобилҳои сабукрав..... 86
- М.З. Алмаматов, Р. Ш. Халов, Ф. Ҷобиров.** Синтези механизми зерқатқашӣ бо сохтори тағйирёбанда..... 93

### СОХТМОН ВА МЕЪМОРӢ

- Ҷ.Н. Низомов, И.Қ. Қаландарбеков, И.И. Қаландарбеков.** Модели дискретии динамикии ҳисоби ром бо усули мутамарказонии деформатсияҳо..... 100
- Р.Р. Саидов, Б.Ж. Фаттоев.** Ҳисоби болор – девори рафакӣ дар асоси чандир бо усули деформатсияҳои мутамарказонидашуда..... 106
- С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, А.М. Сангинов, Ш.С. Абдыкеева.** Дар бораи баъзе аз сарчашмаи иловагии таваккал барои шаҳрвандони сокини минтақаҳои сейсмикӣ..... 112

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭНЕРГЕТИКА

**Р.Х. Диёров, М.В. Глазырин, Ш.М. Султонов.** Математическая модель гидротурбины Френсиса для гидроагрегата МГЭС. .... 6

### МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Т.Д. Джураев, Э.Р. Газизова, Фариди Амонулло, М.С. Ашуров.** К вопросу о кристаллической структуре алюминидов щелочноземельных металлов и их аналогов..... 14

**Т.Д. Джураев, Э.Р. Газизова, М.М. Хакдодов.** О модификаторах алюминиевых сплавов второго рода..... 23

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**Э.М. Аслзода.** Особенности приготовления солеустойчивых буровых растворов с применением химических реагентов..... 31

**М.Т.Идиев Б.С.Сафаров,** Применение низкотемпературной плазмы для синтеза полупроводниковых соединений  $A^{IV}B^V$  ..... 39

**М. Чаманова, А. Бадалов** Закономерности изменения термохимических характеристик интерметаллидов систем алюминий – лантаноиды, богатых алюминием..... 48

**Д.А. Абдушукуров, Д. Абдусамадзода, О.Д. Назарова, Т. Махмадов, И.М. Рахимов, Д.Ф. Стоцкий.** Физико-химические и микробиологические параметры воды в период половодья в бассейне реки Каферниган..... 57

### ТРАНСПОРТ

**Б.С. Бобиев, М.И. Исмоилов.** Тариф как механизм регулирования услуг пассажирского транспорта в г. Душанбе..... 69

**А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоков, В.Б. Тедеев.** Совершенствование дискового тормозного механизма трактора МТЗ..... 79

**А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоков, В.Б. Тедеев.** Способы повышения эффективности торможения прицепов легковых автомобилей..... 86

**М.З.Алмаматов, Р. Ш. Халов, Ф. Джобиров.** Синтез кулисного механизма с переменной структурой..... 93

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

**Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, И.И. Каландарбеков.** Дискретная динамическая модель расчёта рам методом сосредоточенных деформаций..... 100

**Р.Р. Саидов, Б. Ж. Фаттоев.** Расчёт консольной балки-стенки на упругом основании методом сосредоточенных деформаций. .... 106

**С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, А.М. Сангинов, Ш.С. Абдыкеева.** О некоторых дополнительных источниках риска для граждан, проживающих в сейсмических районах..... 112

## CONTENS

### ENERGY

- R.H. Diyorov, M.V. Glazyrin, Sh.M. Sultonov.** Mathematical model of Francis turbines for small hydropower plants..... 6

### METALLURGY AND MATERIALS ENGINEERING

- T.D. Juraev, E.R. Gazizova, Fariday Amonullo, M.S. Ashurov.** The question of the crystal structure of the aluminides of rare-earth metals and their analogs..... 14

- T.D. Juraev, E. R. Gazizova, M. M. Khakdodov.** About modifiers aluminium alloys of the second kind..... 23

### CHEMICAL TECHNOLOGY

- E.M.Asizoda.** Features of preparing of the salt-resistant drilling mud using chemical reagents..... 31

- M.T. Idiev, B.S.Safarov.** The applcaton of low-temperature plasma for synthesis of semiconductor compounds  $A^{IV}B^V$  ..... 39

- M. Chamanova, A Badalov.** Thermochemical change patterns characteristics of intermetallidov systems of aluminium-aluminium-rich lanthanide..... 48

- D.Abdushukurov, D.Abdusamadzoda, Z.V.Kobuliev, O.D. Nazarova, T. Makhmadov, I. M. Rakhimov, D. F. Stotsky** Physical-chemical and microbiological parameters of waters, in the flood period,in the river basin of Kafirnigan..... 57

### TRANSPORTATION

- R.S. Bobiev, M.I. Ismoilov.** Tariff as a mechanism of regulation of passenger transport services in Dushanbe..... 69

- A.H.Abaev, E.I.Kachmazova, A.A.Saibov, A. M.Umirzokov, V.B.Tedeev.** The disk brake mechanism of MTZ..... 79

- A.H.Abaev, E.I.Kachmazova, A.A.Saibov, A. M.Umirzokov, V.B.Tedeev.** The braking system of trailers of cars..... 86

- M. Z. Almatov., R. Sh. Halov., A. Jobirov.** Synthesis rocker mechanism with variable structure..... 93

### CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

- D.N.Nizomov, I.K. Kalandarbekov, I.I. Kalandarbekov.** Discrete dynamic model of the calculation of the ram by the method of concentrated deformations..... 100

- R. R. Saidov, B. Fattoev.** Calculation of the console beam-wall on the elastic basis by the method of confirmented deformations..... 106

- S.B. Smirnov, B.S. Ordobaev, A.M. Sanginov, SH.S. Abdikeeva.** About some additional sources of risk for citizens residing in seismic areas..... 112

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОТУРБИНЫ ФРЕНСИСА ДЛЯ ГИДРОАГРЕГАТА МГЭС

**Р.Х. Диёров, М.В. Глазырин, Ш.М. Султонов**

*(Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими)*

*Получена математическая модель гидротурбины Френсиса, работающей при переменной частоте вращения гидроагрегата. Результаты численного моделирования полностью согласуются с физическими представлениями о поведении данной гидротурбины в динамических режимах.*

**Ключевые слова:** Гидроагрегат; угловая скорость; вращающийся момент; расход воды; Мини - ГЭС; регулирование активной мощности;

Существующие мини-гидроэлектростанции (мини-ГЭС), как правило, не имеют ни оборудования для автоматического изменения выработки активной мощности, ни дежурного персонала. Традиционно гидроагрегаты ГЭС, подключаемые к электроэнергетической системе (ЭЭС), состоят из синхронного генератора и гидротурбины. Соответственно, угловая скорость вала гидроагрегата (ГА) определена частотой в сетях ЭЭС и практически не изменяется. При этом генерируемая активная мощность ГА во всех режимах равна механической мощности, развиваемой гидротурбиной (за вычетом потерь в генераторе). Регулирование вырабатываемой активной мощности производится механически изменением подачи воды на рабочее колесо гидротурбины. Процесс изменения расхода воды через турбину является весьма инерционным, поскольку он сопряжён с изменением кинетической энергии масс воды в напорном водоводе ГЭС. Допустимая длительность гидромеханических переходных процессов ограничена прочностью гидросооружения и составляет от нескольких секунд до десятков секунд.

Авторами предлагается значительно повысить быстродействие системы автоматического регулирования активной мощности ГА за счёт применения генератора с переменной частотой вращения вала путём формирования требуемого значения электромагнитного момента генератора.

Применение генератора с изменяющейся угловой скоростью вала ( $\omega$ ) даёт возможность преобразовывать изменение кинетической энергии масс воды в напорном водоводе в изменение кинетической энергии вращающихся масс ГА. В результате, в динамических режимах появляется возможность работать с разными значениями генерируемой активной мощности ( $P_{\text{э}}$ ) и мощности на валу турбины. Это позволяет быстро изменять мощность генератора  $P_{\text{э}}$ , управляя его электромагнитным моментом ( $M_{\text{э}}$ ),

$$P_{\text{э}} = M_{\text{э}}\omega. \quad (1)$$

Сравнительный анализ известных силовых схем генераторных комплексов (ГК) переменного тока показал очевидные преимущества ГК по схеме машины двойного питания (МДП) (рисунок 1). Данный тип ГК широко применяют в ветроэнергетических установках [1], работающих при переменной, в диапазоне менее чем 1:2, частоте вращения вала генератора на ЭЭС бесконечной мощности.

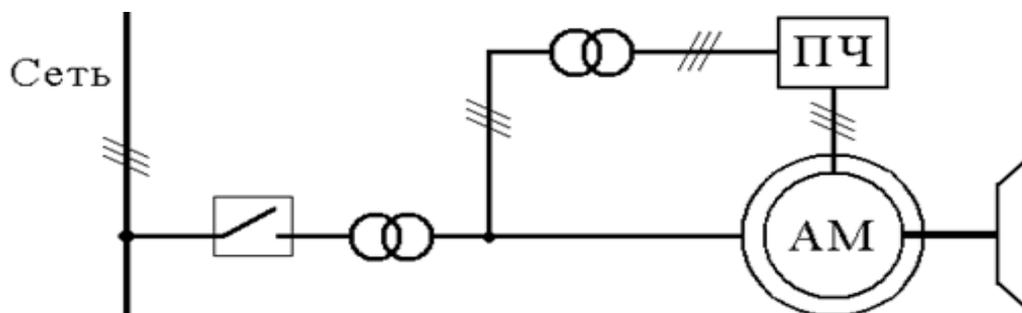


Рисунок 1 – Силовая схема генераторного комплекса на основе МДП

На рис. 1: АМ – асинхронная машина с фазным ротором; ПЧ – силовой преобразователь частоты, являющийся исполнительным элементом управляемого трёхфазного источника токов ротора АМ.

Современные системы управления электромагнитным моментом и активной мощностью МДП строятся как системы векторного управления (СВУ) с ориентированием результирующего вектора токов ротора по вектору потокосцепления статора АМ. СВУ позволяет регулировать активную

мощность МДП со стороны ротора путём изменения электромагнитного момента АМ независимо от частоты вращения вала [2, 3,4].

Для построения системы автоматического регулирования мини-ГЭС необходима адекватная математическая модель гидротурбины. Авторами предлагается математическая модель радиально-осевой гидротурбины, составленная при следующих допущениях:

- КПД гидротурбины для всего диапазона регулирования частоты вращения принят неизменным,  $\eta_T = const$ ;
- стенки водовода ГА абсолютно жесткие;
- вода несжимаема.

Базовая формула предлагаемой модели гидротурбины имеет вид,

$$P_T = g H Q \eta_T, \quad (1)$$

где  $H$  – напор воды на турбине;  $Q$  – расход воды через турбину.

Напор воды на турбине складывается из следующих составляющих,

$$H = H_H + \Delta H - h_{nom}, \quad (2)$$

где  $H_H = const$  – напор мини-ГЭС;  $h_{nom}$  – потери напора при движении воды вдоль водовода;

$$\Delta H = -\frac{L}{gS} \frac{dQ}{dt}, \quad (3)$$

где  $L$  – длина водовода;  $S$  – площадь поперечного сечения водовода.

$$h_{nom} = AK_1 L Q^2, \quad (4)$$

где  $A$  – удельное сопротивление для стальных труб;  $K_1$  – поправочный коэффициент к значениям  $A$  для стальных труб [3].

Относительное гидравлическое сопротивление гидротурбины  $\mu$  определяется выражением вида,

$$\mu = \mu_{HA} - \mu_{цен}, \quad (5)$$

где  $\mu_{HA}$  – гидравлическое сопротивление, обусловленное действием направляющего аппарата;  $\mu_{цен}$  – гидравлическое сопротивление, обусловленное действием центробежной силы,

$$\mu_{цен} = k_{цен} \omega, \quad (6)$$

$$k_{цен} = \frac{\Delta Q}{Q_H \omega_H} \quad (7)$$

где  $k_{цен}$  – коэффициент расхода.

Инерционность переменной  $Q$ , характеризующей движение воды вдоль водовода при изменении частоты вращения вала ГА, учтена аperiodическим звеном с постоянной времени  $T_w$ ,

$$W_w(p) = \frac{1}{T_w p + 1}, \quad (8)$$

$$T_w = \frac{Q_H L}{g H_H S}, \quad (9)$$

Коэффициент  $T_w$  называется постоянной инерции (или постоянной времени) напорного водовода и представляет собой комплексный показатель инерционности напорной системы [5]. В зависимости от значения  $T_w$  напорная система считается:

малоинерционной при  $T_w < 1.5$  сек;

среднеинерционной при  $1,5 < T_w < 3$  сек;

высокоинерционной при  $T_w > 3$  сек.

Чем выше инерционность, тем большее значение имеет её учёт при проектировании и эксплуатации гидроагрегатов и напорных водоводов ГЭС.

Механическую мощность гидротурбины (1) можно выразить следующим образом,

$$P_T = M_T \omega. \quad (10)$$

В установившихся режимах соблюдается условие равенства тормозящего и движущего ( $M_T$ ) моментов на валу ГА,

$$M_T = M_{\text{э}}, \quad (11)$$

где  $M_{\text{э}}$  – электромагнитный момент генератора.

Движение вала ГА описывается дифференциальным уравнением вида,

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_{\text{э}}, \quad (12)$$

По приведенным выше уравнениям составлена структура модели гидротурбины Френсиса, рисунок 2.

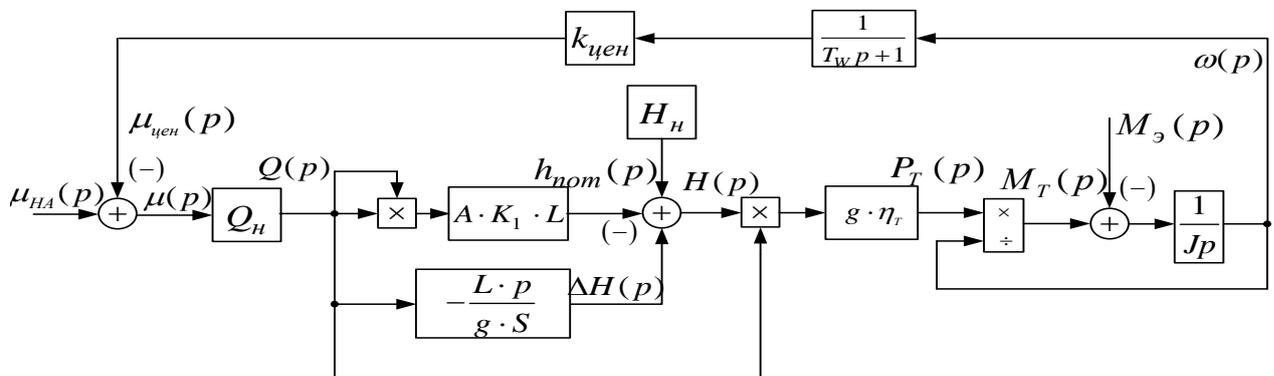


Рисунок 2 – Структурная схема математической модели гидротурбины Френсиса

Исследование математической модели гидротурбины Френсиса при ступенчатом увеличении электромагнитного момента МДП-генератора,  $M_{\text{э}}$ , произведено в программной среде Matlab/Simulink. Номинальная мощность радиально-осевой гидротурбины с высоким коэффициентом расхода (2) составляла 500 кВт; постоянная времени водовода – 2 секунды. Результаты численного моделирования представлены на рисунках 3 – 6.

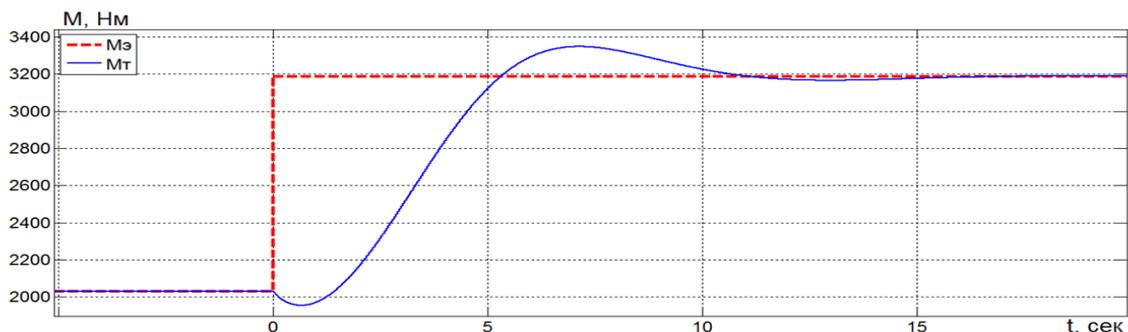


Рисунок 3 – Переходные процессы по моменту ГА на основе МДП

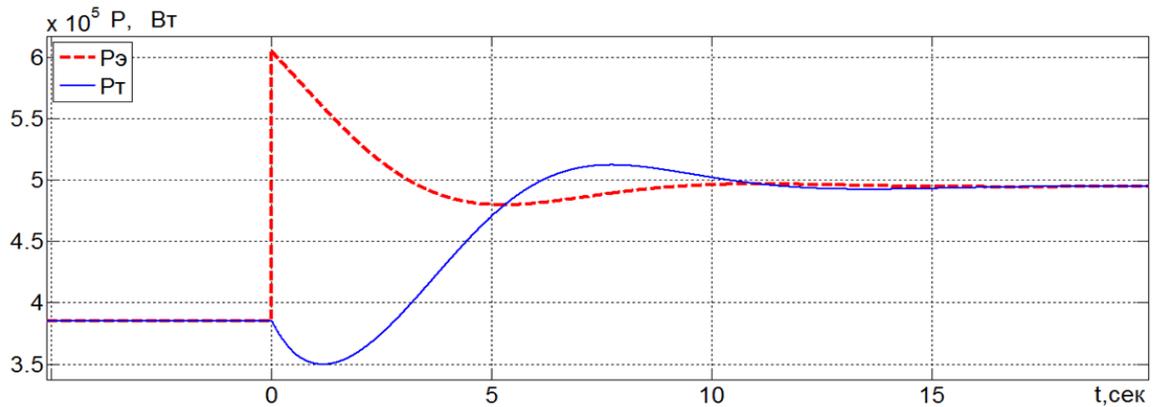


Рисунок 4 – Переходные процессы по активной мощности ГА на основе МДП

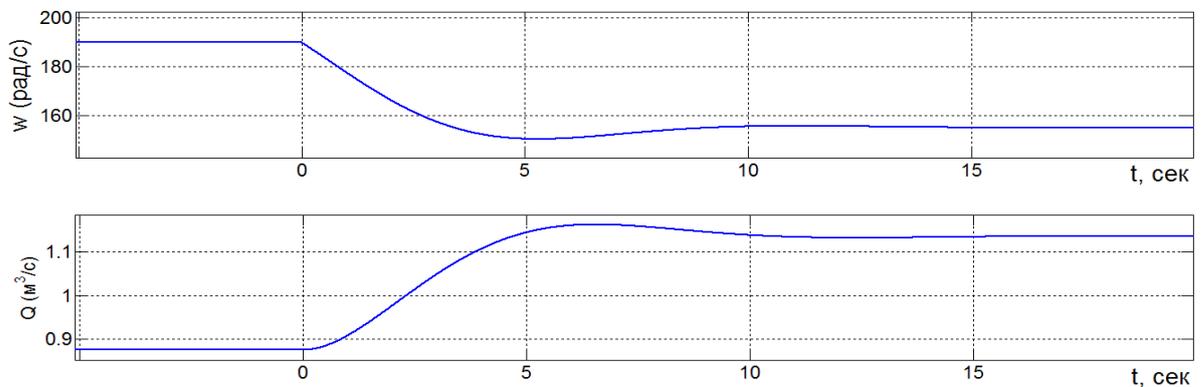


Рисунок 5 – Переходные процессы по угловой скорости вала и расходу воды ГА

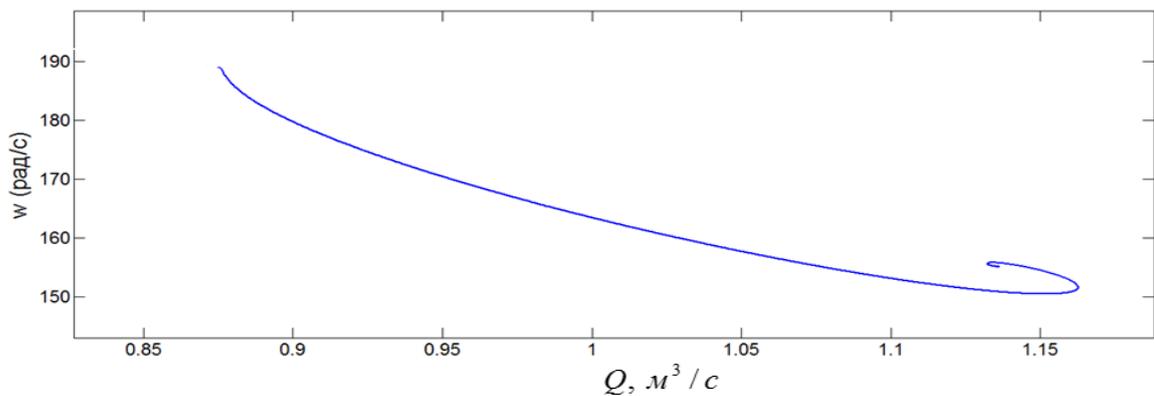


Рисунок 6 – Динамическая зависимость расхода воды от угловой скорости вала ГА

Как видно из рисунков 3, 4, в результате ступенчатого возрастания электромагнитного момента МДП-генератора мощность и момент гидротурбины нарастают до своих установившихся значений (приблизительно за 15 секунд). Данный эффект объясняется уменьшением центробежной силы, препятствующей прохождению воды через гидротурбину, при снижении угловой скорости вала ГА вследствие внешнего воздействия – ступенчатого

увеличения  $M_{\text{э}}$ . Уменьшение  $M_T$  и  $P_T$  на начальном участке переходного режима (рисунки 3, 4) объясняется понижением давления перед гидротурбиной в начальный момент времени вследствие интенсивного снижения её гидравлического сопротивления при уменьшении угловой скорости вала ГА. Снижение гидравлического сопротивления турбины вызывает увеличение расхода воды через турбину, что постепенно приводит к возрастанию момента и мощности гидротурбины.

Результаты исследований, произведённых на предложенной авторами математической модели гидротурбины Френсиса, полностью согласуются с представлениями, изложенными в литературе по теории гидроэнергетики [5], для динамических режимов работы гидротурбин Френсиса.

### Литература

1. Doubly Fed Induction Machine: Modeling and Control for Wind Energy Generation, First Edition. By G. Abad, J. Lo'pez, M. A. Rodriguez, L. Marroyo, and G. Iwanski. 2011 the Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc. Published 2011 by JohnWiley&So, p. 633.

2. Nguyen Phung Quang, Jörg-Andreas Dittrich. Vector Control of Three-Phase AC Machines. System Development in the Practice. p. 340.

3. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. 5-е изд. М.: Строй издат. 1973. 112 с.

4. Султонов, Ш.М. Система автоматического регулирования частоты автономной микро-ГЭС / Ш.М. Султонов, М.Х. Назаров // «Энергия–2016»: материалы конференции XI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. В 7 т. Т. 3 / Иваново:– 2016. – С. 75-76.

5. Кривченко Г. И. Расчеты на микрокалькуляторах переходных процессов в гидроэлектростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1989. 136 с.

### Сведения об авторах

**Диёров Рустам Хакималиевич** – к.т.н., старший преподаватель, кафедра «Автоматизированный электропривод и электрические машины», ТТУ имени акад. М.С. Осими, автор более 15 научных работ, e-mail: [diyorov@mail.ru](mailto:diyorov@mail.ru).

**Глазырин Михаил Владимирович** – к.т.н., доцент, Новосибирский государственный технический университет, кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок», автор более 22 научных работ.

**Султонов Шерхон Муртазокулович** – ассистент кафедры «Электрические станции», Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими, автор более 20 научных работ, e-mail: [sultonzoda.sh@mail.ru](mailto:sultonzoda.sh@mail.ru).

### МОДЕЛИ ГИДРОТУРБИНАИ ФРЕНСИС БАРОИ ГИДРОАГРЕГАТИ НБО-и ХУРД

**Р.Х. Диёров, М.В. Глазырин, Ш.М. Султонов**

Модели математикии гидротурбинаи Френсис, ки бо тағйирёбии суръати гардиши гидроагрегат кор мекунад, ба даст оварда шудааст. Натиҷаҳои моделкунӣ ба пурагӣ бо равандҳои физикие, ки дар чунин гидротурбинаҳо хангоми речаҳои динамикӣ ба вучуд меоянд, мувофиқат мекунанд.

**Калимаҳои калидӣ:** гидроагрегат, суръати кунҷӣ, моменти даврзананда, сарфи об, НБО-и хурд, танзими тавоноии ҷаёбол.

### MATHEMATICAL MODEL OF FRANCIS TURBINES FOR SMALL HYDROPOWER PLANTS

**R.H. Diyorov, M.V. Glazyrin, Sh.M. Sultonov**

The mathematical model of Francis turbine operating at variable speed hydrounit. The results of numerical modeling are fully consistent with the physical representation of the behavior of the hydraulic turbine in dynamic modes.

**Keywords:** hydrounit; angular speed; water expense; mini-hydroelectric power station; active power regulation;

## К ВОПРОСУ О КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ АЛЮМИНИДОВ ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ АНАЛОГОВ

Т.Д. Джураев, Э.Р. Газизова, Фаридан Амонулло, М.С. Ашуров

(Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими)

*В работе приведены результаты анализа кристаллической структуры алюминидов щелочноземельных металлов (Ca, Sr и Ba). Показано, что они имеют структурный тип фаз Лавеса в виде дальнего порядка ГЦК или ПУГ решётки с тетраэдрическим ближним порядком внутреннего строения, отвечающего за сохранение и перенос наследственной информации в этих соединениях.*

**Ключевые слова:** интерметаллические соединения, щелочноземельные металлы, кристаллическая структура, фазы Лавеса, дальний порядок, ближний порядок.

Интерметаллические соединения на основе щелочноземельных металлов (ЩЗМ) и алюминия перспективны для использования в качестве модификаторов, раскислителей, десульфураторов и легирующих добавок к металлам и сплавам. Однако их природа изучена неполно. Диаграммы состояния сплавов систем алюминий-ЩЗМ построены [1-3]. Имеются некоторые сведения об интерметаллидах алюминидных фаз  $\text{ЩЗМА}_4$ ,  $\text{ЩЗМА}_2$ ,  $\text{ЩЗМА}_1$ ,  $\text{ЩЗМ}_7\text{Al}_{13}$  и  $\text{ЩЗМ}_4\text{Al}_5$ , образующихся в этих системах (см. табл. 1).

Имеющиеся данные различных авторов для первых двух составов фаз совпадают, а для остальных интерметаллидов противоречивы. До настоящего времени отсутствовали средства, методы и критерии теоретического предсказания типа химической связи, характеристик кристаллической структуры и других свойств этих фаз. Особенно это относится к сплавам-интерметаллидам алюминидных фаз ЩЗМ, которые не подчиняются правилам валентности. Рассмотрение таких соединений с позиции геометрических и

электрохимических факторов, а также концентрации влияния валентных электронов на атом, не позволило сделать сколько-нибудь полных и однозначных выводов о природе этих соединений [4].

Таблица 1

## Структура и свойства интерметаллических соединений систем

## Al-Ca, Al-Sr и Al-Ba

Соединение	Т, К	Структурный тип	Сингония	Периоды решетки, нм			Источник
				<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
CaAl <sub>4</sub>	973( <i>ук</i> )	BaAl <sub>4</sub>	Тетрагональная	0.4360	-	1.1090	[1]
CaAl <sub>2</sub>	1352( <i>к</i> )	MgCu <sub>2</sub>	Кубическая	0.8038	-	-	[1]
SrAl <sub>4</sub>	1313( <i>к</i> )	BaAl <sub>4</sub>	Тетрагональная	0.4463	-	1.1203	[1]
	1273			0.4463	-	1.1203	[1]
	1313			0.4461	-	1.1201	[2, 3]
SrAl <sub>2</sub>	1209( <i>ук</i> )	CeCu <sub>2</sub>	Ромбическая	0.4793	0.7922	0.7922	[1]
	1213			0.4793	0.7922	0.7940	[2, 3]
Sr <sub>3</sub> Al <sub>2</sub>	939	MgCu <sub>2</sub>	Кубическая	1.2753	-	-	[1]
	948( <i>ик</i> )			1.2755	-	-	[2, 3]
BaAl <sub>4</sub>	1377( <i>к</i> )	BaAl <sub>4</sub>	Тетрагональная	0.4566	-	1.1278	[1]
Ba <sub>7</sub> Al <sub>13</sub>	1187( <i>ук</i> )	--	Тригональная	0.6000	-	1.1725	[1]
Ba <sub>4</sub> Al <sub>5</sub>	1003( <i>ук</i> )	--	Гексагональная	0.6103	-	1.7800	[1]

Примечание: *ук* – инконгруэнтное и *к* – конгруэнтное.

В работе [5] на основе кристаллохимических исследований предложено деление интерметаллических соединений на два класса по признаку размещения атомов. Их структура описывается моделью многогранников кристаллической решетки, таким как треугольная призма, квадратная антипризма, куб, додэкаэдр, кубикосаэдр, кубоктаэдр, многогранники Франка-Каспера и др. Такое деление позволило вывести эмпирические правила, которые дают возможность предсказать тип решетки сложных соединений.

Кристаллические решетки металлов представляют собой плотные упаковки, в которых имеются два вида пустот. Согласно принципу плотнейших упаковок кристаллы делятся на два типа: кубический (ГЦК) и гексагональный (ПУГ). Ранее было показано [6,7], что при взаимодействии

металлов находящиеся пустоты в их структурах обуславливают склонность к проявлению химико-структурированной единицы наследственности (ХСЕН) с тетраэдрической (ТЭ) или октаэдрической (ОЭ) выгодной энергетически конфигурацией.

Другие виды многогранников [5] образуются в виде различных кластеров из тетраэдрических и октаэдрических форм, которые, в свою очередь, отличны друг от друга согласно их плотности [8]. По данным [5], многогранники первого класса наблюдаются в некоторых соединениях ШЦЗМ в фазах с жесткой связью, основанной на переходе электронов от окружающих атомов к центральному атому. Многогранники второго класса - к ним относятся алюминиды ШЦЗМ состава АВ, АВ<sub>2</sub> и АВ<sub>4</sub>, имеют структурные конфигурации, которые удовлетворяют принципам Лавеса. Эти фазы образуются при определенном отношении атомных диаметров взаимодействующих компонентов. При этом величины размерных факторов находятся в пределах 1.15-1.63 и практически отвечают условиям, сформулированным Лавесом [5]. Для этих фаз характерны большие значения координационного числа, высокая степень симметричности и хорошее пространственное заполнение. Для них не существуют правил, строго регулирующих заполнение вершин многогранника атомами первого или второго компонента, и многогранники часто имеют отклонения от идеальных геометрических форм.

В соответствии с работой [9], используя формулу Кубашевского по значениям атомных диаметров и теплот сублимации элементов, построены графики [10] для установления возможности образования и устойчивости интерметаллидов алюминидов ШЦЗМ. Совместный учет размерного фактора и энтальпийного критерия показал, что эти интерметаллиды находятся в благоприятной области образования типа фаз Лавеса, к числу которых относятся тесно связанные между собой структуры, изоморфные с

соединениями  $MgCu_2$ ,  $MgZn_2$  и  $MgNi_2$ , а также родственным с ними соединением  $CaCu_5$ .

Первая фаза имеет структурный тип ГЦК-решетки (дальний порядок) и тип многогранника, т.е. ХСЕН, как у алмаза – тетраэдрический (ближний порядок). Вторая – ПУГ-решетки и тип многогранника как у вюрцита – тетраэдрический. Третья фаза – ПУГ и тип многогранника как у карборунда III – тетраэдрический. Для  $CaCu_5$  присущ структурный тип ПУГ-решетки, который имеет сходство со структурой  $MgZn_2$ . Алуминиды ЩЗМ могут иметь структуру одного из типов фаз Лавеса, и в любом случае тип многогранника будет тетраэдрический.

К алуминидам ЩЗМ (см. табл. 1 и 2) примыкают алуминиды редкоземельных металлов (РЗМ) европия и иттербия, которые являются аналогами ЩЗМ. Например, в соединениях  $R_3MA_4$  и  $R_3MA_2$  европий и иттербий ведут себя как двухвалентные ЩЗМ. Поэтому, для алуминидов европия и иттербия характерны строения соединений типа фаз Лавеса.

Теперь рассмотрим вышесказанное с электронной точки зрения [11]. По мере увеличения порядкового номера элементов ПА подгруппы при переходе от бериллия и магния к ЩЗМ наблюдается резкое увеличение металлических свойств вследствие появления полностью вакантных 3d-, 4d- и 5d-орбиталей, на которые могут переходить электроны при взаимодействии с алюминием. Равновесие электронных переходов приобретает вид  $d \rightarrow s^2 \rightarrow sp$ , поэтому уменьшение статистического веса  $s^x p^y$ -конфигураций у ЩЗМ обусловлено не только снижением их энергетической устойчивости с ростом главного квантового числа валентных электронов, но также и  $s \rightarrow d$ -переходами, т.к. энергетическая устойчивость конфигураций электронов, перешедших на d-уровни, повышается с увеличением главного квантового числа.

Особенности электронного строения атома алюминия и его высокая способность  $s \rightarrow p$ -переходу с образованием устойчивой  $sp^2$ -конфигурации электронов сказывается на свойствах собственно алюминия. Так как  $sp^2$ -

конфигурация энергетически более стабильна, чем  $s^2p$ , то при образовании кристаллов возникают  $sp^2$ -конфигурации и ковалентные связи между атомами алюминия, приводящие к частичному образованию  $sp^3$ -конфигураций. При этом в атоме алюминия остается большая доля коллективизированных электронов.

В атомах d-элементов (ЩЗМ) при гибридизации происходит возбуждение атомов, и равновесие  $d \rightarrow s^2 \rightarrow sp$  смещается в направлении  $s \rightarrow d$  переходов. При их взаимодействии с атомом алюминия в связях участвуют d-орбитали ЩЗМ, которые гибридизуясь с одной s-орбиталью из числа коллективизированных атомов образуют 4 эквивалентные  $sd^3$ -гибридные ковалентные связи, и они приобретают ТЭ-конфигурацию (ближний порядок) [6].

Интерметаллиды, которые кристаллизуются в тетрагональной и ромбической сингониях, согласно закону кристаллографических пределов [11], по существу представляют собой деформированные ГЦК и ПУГ решетки, в которых каждый атом в соответствующем многограннике имеет координационное окружение в виде сильно искаженного тетраэдра. Другими словами, алюминиды ЩЗМ имеют структурный тип ГЦК или ПУГ-решетки и ХСЕН с тетраэдрической  $sd^3$ -конфигурацией (см. табл.2).

Таблица 2

Характеристики геометрических форм кристаллов алюминидов ЩЗМ – носителей структурной информации (генов)

Природа Соединение	Алюминид					
	Ca	Sr	Ba	Ca	Sr	Ba
Химическая формула	CaAl <sub>4</sub>	SrAl <sub>4</sub>	BaAl <sub>4</sub>	CaAl <sub>2</sub>	SrAl <sub>2</sub>	BaAl <sub>2</sub>
Структурный тип (дальний порядок)	ГЦК	ГЦК	ГЦК	ПУГ	ПУГ	ПУГ
Конфигурация генетического кода (ближний порядок)	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ	ТЭ
Координационное число	4	4	4	4	4	4
Тетраэдрический угол	109.5°	109.5°	109.5°	109.5°	109.5°	109.5°
Теплота образования из элементов, $\Delta H_{298}$ в Кдж/г-ат.	44.7	61.2	68.9	61.0	79.2	85.7
Температура плавления $T_{пл}, K$	973	1313	1377	1352	1207	1187
Микротвердость, $H_v, мПа$	24.6	26.8	25.0	25.5	25.5	27.5

Примечание: ТЭ – тетраэдрический.

Наличие  $s^2p$ -состояний, стремящихся стабилизироваться в состояние более энергетического порядка  $sp^2$  или  $sp^3$ , обуславливает образование атомами алюминия сложных структур в интерметаллических соединениях с координационными числами 12, 14, 15 и 16, особенно между партнерами, атомы которых являются донорами электронов.

Таким образом, результаты анализа электронного строения кристаллической структуры алюминидов щелочноземельных металлов (Ca, Sr и Ba) показали, что они имеют структурный тип фаз Лавеса в виде дальнего порядка ГЦК или ПУГ решётки с тетраэдрическим ближним порядком внутреннего строения, отвечающего за сохранение и перенос наследственной информации в этих соединениях.

Полученные сведения дают возможность для их применения при раскрытии механизма генного модифицирования алюминиевых сплавов щелочноземельными металлами, которые являются их наиболее эффективными добавками.

### Литература

1. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под. ред. акад. РАН Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, т.1-3, 992, 1024, 1320 с.с.
2. Вахобов А.В., Джураев Т.Д., Бардин В.А., Задемидко Г.А. Диаграммы состояния систем алюминий-стронций и свинец-стронций. – Изв. АН СССР, Металлы, 1975, №1, с. 194-197.
3. Вахобов А.В., Эшонов К.К., Джураев Т. Д. Диаграмма состояния Al-Sr-Nd. – Изв. АН СССР, Металлы, 1979, №4, с. 188-192.
4. Вигдорович В.Н., Джураев Т.Д., Ханин В.А. Оценка числа и систематизация двухкомпонентных ионно-ковалентных химических соединений. – Изв. АН СССР, Неорганические материалы, 1989, т. 25, №1, с.71-75.

5. Bruzzone G., Merlo F. Kristall Chemical remarks the allowing behavior of calcium, stroncium and barium. – J. Less-Common Metalls, 1982, v. 85, p. 285-298.
6. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Тошев М.Т. О химико-структурированных единицах, выполняющих роль элементов структуры расплава. – Metallurgia машиностроения. М.: Литейное производство, № 5, с. 24-27.
7. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Хакдодов М.М. Кристаллизация и структурообразование как особые случаи формирования наследственных признаков веществ. – Тр. VII междунар. науч.-техн. симпозиума «Наследственность в литейных процессах». – Самара: СамГТУ, 2008, с. 299-305.
8. Газизова Э.Р., Джураев Т.Д., Ходжиев Г.К., Тошев М.Т. Новая кластерная модель структуры воды. – Мат. междунар. науч.-прак. конференции, посвящ. 1150-летию персидско-таджикского ученого-энциклопедиста, врача, алхимика и философа Абу Бакра Мухаммада ибн Закария Рази. – Душанбе, 2015, с.85-89.
9. Kubaschewski O. The phisikal chemistry of metallic solution and intermetallic compounds. – Lnd., 1959, 301 с.
10. Джураев Т. Д. Физико-химические основы разработки композиций и сплавов кальция, стронция и бария: Дисс... д. хим. наук – М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1991, 374 с.
11. Бокий Г.Б. Кристаллохимия. – М.: Наука, 1971, 400 с.

#### **Сведения об авторах**

**Джураев Тухтасун Джураевич** – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия» ТГУ им. акад. М.С. Осими.  
*E-mail: [mcm45@mail.ru](mailto:mcm45@mail.ru).*

**Газизова Эльвира Рашитовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры «Металлургия» ТТУ им. акад. М.С. Осими. *E-mail: [mcm45@mail.ru](mailto:mcm45@mail.ru)*.

**Ашуров Мухсинджон С.** – аспирант кафедры «Металлургия» Горно-металлургического института Таджикистана.

**Фаридаи Амонулло** – ассистент кафедры «Металлургия» Горно-металлургического института Таджикистана.

## **МАСЪАЛА ОИД БА СТРУКТУРАИ КРИСТАЛЛИИ АЛЮМИНИДҲОИ МЕТАЛЛҲОИ ИШҚОРЗАМИН ВА МОНАНДИ ОНҲО**

**Т.Д. Джураев, Э.Р. Газизова, Фаридаи Амонулло, М.С. Ашуров**

Дар мақола натиҷаи таҳлили структураи кристаллии металлҳои ишқорзамин (Ca, Sr и Ba) ва монанди онҳо оварда шудааст. Нишон дода шудааст, ки онҳо намуди тартиби дури структураи кристаллии фазаҳои Лавес дошта, сохти доҳилии онҳо бошад, яъне тартиби наздик, тетраэдрӣ буда ва он барои нигоҳ доштани ахбороти ирсӣ ва зухуроти он дар ин пайвастагиҳо ҷавобӯй мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** пайвастагиҳои интерметаллӣ, металлҳои ишқорзамин, структураи кристаллӣ, фазаҳои Лавес, тартиби дур, тартиби наздик.

## **THE QUESTION OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF THE ALUMINIDES OF RARE-EARTH METALS AND THEIR ANALOGS**

**T.D. Juraev, E.R. Gazizova, Fariday Amonullo, M.S. Ashurov**

The paper presents the results of the analysis of the crystal structure of aluminides of alkaline earth metals (Ca, Sr and Ba). It is shown that they have the structure type of laves phases in the form of long-range order face-centered cubic or

close-packed hexagonal lattice with tetrahedral order in the middle of the internal structure responsible for the preservation and transfer of genetic information in these compounds.

**Keywords:** genetic modification of alloys, the elements of the structure of the melt, chemical compound, aluminum alloys, refractory particles.

## **О МОДИФИКАТОРАХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ВТОРОГО РОДА**

**Т.Д. Джураев, Э.Р. Газизова, М.М. Хакдодов**

*(Таджикский технический университет им. академика М.С.Осими)*

*В данной статье на основании характеристик геометрических форм кристаллов соединений боридов и кристаллохимической теории наследственности в неорганической природе раскрыт механизм генного модифицирования алюминиевых сплавов.*

**Ключевые слова:** генное модифицирование сплавов, элементы структуры расплава, химические соединения, алюминиевые сплавы, тугоплавкие частицы.

Как известно, с точки зрения воздействия на структуру модификаторы подразделяют на два рода [1]. К первому роду относятся модификаторы, действие которых направлено на увеличение числа зародышей за счёт замедления их роста и образование адсорбционной плёнки на кристаллизующейся фазе. Такие добавки характеризуются растворимостью в металлической основе жидкого сплава. Увеличение числа зародышей, схожих в определённой мере со структурой кристаллизующейся фазы, для измельчения структуры расплава достигается с помощью модификаторов второго рода, которые в нём нерастворимы и представляются в качестве тугоплавких твёрдых частиц.

Одними из популярных и применяемых в практике модификаторов цветных металлов и сплавов являются тугоплавкие химические соединения - боридов с участием переходных элементов, примыкающие к модификаторам второго рода. Успехи в этом направлении можно отметить в работах Бондарева Б.И. [1], Мальцева М.В. [2], Никитина В.И. [3], Самсонова Г.В. [4] и др., посвящённые модифицированию алюминиевых сплавов титаном, бором, цирконием, ниобием и т.п.

Несмотря на проведённый глубокий и широкий анализ процесса модифицирования металлов и сплавов, внёсший большой вклад в объяснение тех или иных явлений, происходящих при этом, всё же остаётся до конца неизученной природа действия добавок.

В результате вышеперечисленных исследований установились следующие требования, которым должны отвечать добавки [1]:

- 1) достаточная устойчивость в расплаве при высоких температурах без изменения химического состава;
- 2) температура плавления добавки выше точки плавления металла-основы;
- 3) структурное и размерное соответствие решёток добавки и самого металла;
- 4) образование достаточно сильных адсорбционных связей с атомами модифицируемого сплава.

Пока ещё не внесена ясность в существование определённой связи между химическими, кристаллографическими и геометрическими показателями инородных твёрдых частиц и растворимых поверхностно-активных примесей – модификаторов, которая важна для получения наибольшего эффекта измельчения структуры.

На современном этапе развития литейно-металлургической науки создано новое направление, связанное с явлением структурной наследственности и получением качественных мелкодисперсных структур

сплавов – генное модифицирование, механизм которого, согласно работам Никитина В.И. [3], заключается в учёте элементов структуры расплава, как частиц, способных стать зародышами (затравками, подложками) будущего кристалла отливки.

Исходя из модели Г.В. Самсонова, механизм модифицирования сводится к образованию групп атомов модифицируемого объекта, обладающих наибольшим статистическим весом и наибольшей энергетической устойчивостью стабильных конфигураций локализованной части валентных электронов [1].

Развивая представления Г.В. Самсонова и ряда других авторов [3, 5, 6], мы можем утверждать, что образовавшаяся группа атомов, представляющая ближний порядок в кристаллах и элементы структуры в расплавах, а также характеризующая микронеоднородность в них [7], представляет собой химико-структурированные единицы наследственности (ХСЕН) – гены [8] с устойчивой тетраэдрической (ТЭ) или октаэдрической (ОЭ) электронной конфигурацией и координациями с четырьмя  $sp^3$ -,  $sd^3$ -,  $sp^2d$ - и шестью  $s^2p^4$ ,  $s^2d^4$ ,  $spd^4$ ,  $sp^3d^2$  - эквивалентными связями и углами между ними в  $109.5^\circ$  и  $90^\circ$ , соответственно.

Обоснованием такого утверждения могут стать приведённые в результате анализа обобщённые литературные данные [1, 4, 9] по характеристикам геометрических форм кристаллов соединений боридов (см. табл. 1).

Бор в соединениях с переходными металлами проявляет акцепторные свойства. Атом бора имеет неустойчивую электронную конфигурацию  $2s^22p^1$ , которая стремится преобразоваться в энергетически более устойчивую конфигурацию  $2s2p^2$  за счет одноэлектронного  $s \rightarrow p$ -перехода. Последняя склонна к достройке до наиболее возможной для бора устойчивой гибридной тетраэдрической конфигурации  $2s2p^3$ . Для переходных металлов возможны различные валентные состояния, связанные с перекрытием  $d$ -,  $f$ -,  $p$ - и  $s$ -

орбиталей. Поэтому, при образовании боридов переходных металлов происходит перераспределение внешних электронов. Орбитали атома бора и переходного металла при этом находятся в состоянии  $sp^3d^2$ -гибридизации.

Таблица 1

Характеристики геометрических форм кристаллов боридов – носителей структурной информации (генов)

Природа Соединение	Борид						
	Al	Ti	Zr	Nb	Ta	V	Cr
Химическая формула	$AlB_2$	$TiB_2$	$ZrB_2$	$NbB_2$	$TaB_2$	$VB_2$	$CrB_2$
Структурный тип (дальний порядок)	ПУГ	ПУГ	ПУГ	ПУГ	ПУГ	ПУГ	ПУГ
Конфигурация генетического кода (ближний порядок)	ОЭ	ОЭ	ОЭ	ОЭ	ОЭ	ОЭ	ОЭ
Координационное число	6	6	6	6	6	6	6
Октаэдрический угол	90.0°	90.0°	90.0°	90.0°	90.0°	90.0°	90.0°
Теплота образования из элементов, $\Delta H_{298}$ в Кдж/моль	–	292.6	320.6	246.62	192.28	259.16	125.4
Температура плавления, $T_{пл.}$ в К	2973	3253	3473	3273	3310	2673	2473
Микротвёрдость, ГПа	–	30.0	28.0	19.0	20.0	23.0	19.0

В кристаллах диборидов атомы переходного металла образуют плотноупакованную гексагональную решетку (ПУГ). Для них характерна структура типа диборида алюминия  $AlB_2$  (см. табл.1). Эта структура построена из трёхгранных призм, в вершинах которых находятся атомы металла, а в центрах призм – атомы бора, образующие графитовые сетки. Слои атомов бора окружены 6 атомами металла, а каждый атом металла имеет 6 равноудаленных соседей. Таким образом, при образовании кристаллов соединений диборидов в расплаве возникают гены с доминантно-устойчивой октаэдрической  $sp^3d^2$ -конфигурацией (см. табл.2). В них образуется шесть эквивалентных ковалентных прочных связей, которые определяют высокие свойства твердости и тугоплавкости [4].

Таблица 2

Электронное строение атомов элементов периодической таблицы Д.И. Менделеева, основные типы гибридизации молекулярных орбиталей и проявления ХСЕН с ОЭ и ТЭ конфигурациями в химических соединениях

Элемент	Свойства				
	Электронные конфигурации атомов элементов		Тип кристаллической решетки элементов (дальний порядок)	Основные типы гибридизации молекулярных орбиталей	ХСЕН с ОЭ и ТЭ конфигурациями, проявляемыми в соединениях (ближний порядок)
	Внутренние остовы	Валентные подуровни			
Элементы IVA подгруппы					
Ti	[Ar]	$3d^2 4s^2$	ПУГ	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Zr	[Kr]	$4d^2 5s^2$	ПУГ	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Hf	[Xe] $4f^{14}$	$5d^2 6s^2$	ПУГ	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Элементы V A подгруппы					
V	[Ar]	$3d^2 4s^2$	ОЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Nb	[Kr]	$4d^2 5s^1$	ОЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Ta	[Xe] $4f^{14}$	$5d^2 6s^2$	ОЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Элементы VI A подгруппы					
Cr	[Ar]	$3d^2 4s^1$	ОЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Mo	[Kr]	$4d^2 5s^1$	ОЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
W	[Xe] $4f^{14}$	$5d^1 6s^2$	ОЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Элементы III B подгруппы					
B	[He]	$2s^2 2p^1$	ГЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Al	[Ne]	$3s^2 3p^1$	ГЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ
Элементы IV B подгруппы					
C	[He]	$2s^2 2p^2$	ГЦК	$sp^3, sp^3 d^2$	ТЭ, ОЭ

Можно видеть, что все соединения, приведённые в таблице 1, отвечают условиям, предъявляемым к модификаторам. Устойчивость этих соединений является основным критерием переносимости структурной информации от шихтовых металлов к расплаву, а затем к отливке. Кроме того, данный критерий разграничивает сами эти соединения, в связи с некоторыми удачами и неудачами при экспериментировании [1].

На основании применения теории валентных связей, молекулярных орбиталей и направленности химических связей, определяющих стереохимию неорганических соединений, мы попытались дать сведения о ХСЕН, которые

могут проявлять упомянутые элементы в соединениях. Эти данные приведены в таблице 2 [10, 11].

Подводя итоги вышеизложенного, следует отметить, что существующие теории модифицирования металлов и сплавов не дают уточнённого объяснения эффектам, происходящим в жидких и кристаллизующихся расплавах. Кристаллохимическая трактовка наследственности в неорганической природе даёт возможность найти наиболее прямой путь к решению ряда проблем, связанных с металлургическими и литейными технологиями. Так, например, гены в металлах и сплавах, представляющие собой источник информации в системе «шихта-расплав-отливок», являются проявлением механизма генного модифицирования. Эти гены представляют собой дискретные материальные единицы наследственности кристалла, характеризующие устойчивость образующихся фаз в модифицируемом расплаве.

Исходя из убеждений профессора В.И. Никитина о том, что применение технологий модифицирования на основе генной инженерии позволяет значительно снизить расходы дефицитных модификаторов, обеспечить высокие модифицирующие эффекты и повышенные свойства литых и деформированных изделий, мы предлагаем свою трактовку механизма модифицирования с учётом конфигурации генетического кода (ближнего порядка) с октаэдрическим строением.

### **Литература**

1. Бондарев Б.И., Напалков В.И., Тарарышкин В.И. Модифицирование алюминиевых деформируемых сплавов. – М.: Металлургия, 1979, 223 с.
2. Мальцев М.В. Модифицирование структуры металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1964, 213 с.
3. Никитин В.И., Никитин К.В. Наследственность в литых сплавах. – М.: Машиностроение-1, 2005, 476 с.

4. Самсонов Г.В., Прядко И.Ф., Прядко Л.Ф. Конфигурационная модель вещества. – К.: Наукова Думка, 1971, 230 с.
5. Попель П.С., Чикова О.А. Явление структурной наследственности с точки зрения коллоидной модели. – Цветные металлы, 1992, № 9, с. 53.
6. Гаврилин И.В. Плавление и кристаллизация металлов и сплавов. – Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2000, 260 с.
7. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Тошев М.Т. О химико-структурированных единицах, выполняющих роль элементов структуры расплава. – Metallurgy машиностроения. М.: Литейное производство, 2012, № 5, с. 24.
8. Джураев Т.Д., Газизова Э.Р., Хакдодов М.М. Кристаллизация и структурообразование как особые случаи формирования наследственных признаков веществ. – Тр. VII междунар. науч.-техн. симпозиума «Наследственность в литейных процессах». – Самара: СамГТУ, 2008, с. 299-305.
9. Синельникова В.С. Подёргин В.А., Речкин В.Н. Алюминиды. – К.: Наукова Думка, 1965, 243 с.
10. Газизова Э.Р. Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Ходжиев Г.К. Механизм образования химико-структурированных единиц наследственности кристалла с позиции теории плотнейших шаровых упаковок. – Вестник Таджикского национального университета. Душанбе: Сино, 2016, № ¼ (216), с. 52-55.
11. Газизова Э.Р. Джураев Т.Д., Тошев М.Т., Ходжиев Г.К. Механизм образования химико-структурированных единиц наследственности кристалла с позиции, основанной на квантовой химии. – Вестник Таджикского национального университета. Душанбе: Сино, 2016, № ¼ (216), с. 201-206.

#### **Сведения об авторах**

**Джураев Тухтасун Джураевич** – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия» ТГУ им. акад. М.С. Осими.  
*E-mail: [mcm45@mail.ru](mailto:mcm45@mail.ru).*

**Газизова Эльвира Рашитовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры «Металлургия» ТГУ им. акад. М.С. Осими. *E-mail: [mcm45@mail.ru](mailto:mcm45@mail.ru)*.

**Хакдодов Махмадшариф Махмудович** – член-корреспондент АН РТ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия» Филиала национального исследовательского технологического университета «МИСиС».

## **ДАР БОРАИ МОДИФИКАТОРҲОИ ДУЮМДАРАЧАИ ХҶЛАҲОИ АЛЮМИНИЙ**

**Т.Д. Чӯраев, Э.Р. Газизова, М.М. Ҳақдодов**

Дар асоси хосиятҳои геометрии шаклҳои кристалли пайвастагиҳои боридҳо, назарияи кристалло-химиявии ирсият ва зухуроти он дар табиати ғайриорганикӣ механизми модифитсиронидани хӯлаҳои алюминий ошкор карда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** модифитсиронидани гении хӯлаҳо, унсурҳои сохтори гудозиш, пайвастагиҳои химиявӣ, хӯлаҳои алюминий, заррачаҳои душворгудоз.

## **ABOUT MODIFIERS ALUMINIUM ALLOYS OF THE SECOND KIND**

**T.D. Juraev, E. R. Gazizova, M. M. Khakdodov**

This article, on the basis of the characteristics of geometrical forms of crystals of compounds of the borides and crystal-chemical theory of heredity in inorganic nature the mechanism of genetic modification of aluminum alloys.

**Keywords:** genetic modification of alloys, the elements of the structure of the melt, chemical compounds, aluminum alloys, refractory particles.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СОЛЕУСТОЙЧИВЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ХИМИЧЕСКИХ РЕАГЕНТОВ

Э.М. Аслзода

*(Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан)*

*В статье рассматриваются особенности приготовления солеустойчивых буровых растворов в условиях наличия в разрезе осадочных толщ соленосных пород и водоносных горизонтов с высокой минерализацией. Предложенные способы улучшения свойств буровых растворов нивелируют осложнения в стволе скважин при проходке соленосных горизонтов.*

**Ключевые слова:** буровой раствор, Афгано-Таджикская впадина, гидростатическое давление, вязкость, водоотдача, сульфит – спиртовая барда, хромлигносульфонат.

Бурение скважин в сложных геологических и тектонических условиях представляет собой трудную задачу, успешное решение которой требует применения специальных буровых растворов и технологических методов.

Основные затруднения при бурении скважин в подобных условиях связаны с бурением интервалов, сложенных соленосными, слабосвязанными и неустойчивыми породами, в особенности, когда эти породы обводнены или являются зонами поглощения промывочной жидкости. К районам распространения соленосных пород наиболее часто приурочены минерализованные водоносные горизонты.

Применение в подобных условиях специальных буровых растворов не всегда приводит к положительным результатам, особенно при наличии в разрезе соленосных пород и водоносных горизонтов с высокой минерализацией. Обычно основным средством борьбы с обвалами и обрушениями неустойчивых пород, с потерями циркуляции и с водопритоками в скважину остается применение обсадных труб с последующей цементацией или тампонированием затрубного пространства. Способы бурения скважин в

неустойчивых и обводненных породах (наносные толщи с включением обломочного материала, обводненные пески и пливуны, супеси, слабосцементированные песчаники, галечники, набухающие глинистые породы, сильно трещиноватые скальные породы, разнообразные зоны тектонических нарушений, дроблений и пр.) предусматривают обсадку с опережением забоя, бурение с использованием ходовой колонны, комбинированное вращательное бурение, бурение двойными колоннами бурильных и обсадных труб и другие технологические приёмы, связанные с необходимостью усложнения конструкции скважин, установлением в ней большого телескопа обсадных труб. Все это помимо резкого снижения скорости бурения требует значительного увеличения трудовых и материальных затрат, что обуславливает резкое возрастание стоимости буровых работ.

Важным фактором улучшения буровых растворов, предназначенных для применения осложнённого ствола скважины, являются успехи, достигнутые в области стабилизации их реагентами – понизителями вязкости и водоотдачи [1,2]. При этом необходимо иметь в виду многообразие состава, различные физико-химические свойства и условия залегания пород, слагающих солевые толщи. В буровой раствор могут поступать также хлориды кальция и магния из пластовых вод. В зависимости от палеогеографических условий образования хемогенных отложений в Афгано –Таджикской впадине (АТВ), соли могут быть представлены либо как включения в толщу осадочных пород, в частности глин, как чередующиеся пласты солей и терригенных пород, либо как толщи сплошной соли мощностью в несколько сотен или даже тысячи метров (Южный Каратау, Туюнтау, Восточный Супетау).

В зависимости от физико-химических условий разреза скважины стабилизация бурового раствора приобретает различные формы. При присутствии солевой агрессии, когда надо защитить буровой раствор от концентрационного загустевания, рапообразования, прилипания пород к

буровым инструментам, наибольшее значение имеет обработка химическими реагентами – понизителями вязкости и водоотдачи.

В настоящей работе в качестве понизителя вязкости для стабилизации стенок скважины предлагается использовать – сульфит - спиртовая барда (ССБ), конденсированный сульфит - спиртовая барда (КССБ), феррохромлигносульфонат (ФХЛС), хромлигносульфонат (окзил), углещелочной раствор (УЩР), крахмал и в качества понизителя водоотдачи карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ-600, КМЦ-700), гипан и метас. Растворы на основе нефти и высокомолекулярных полимеров, а также композиционные составы, приготовленные на базе последних, предназначены для бурения в особо неустойчивых глинистых соленосных отложениях. Эмульсионные промывочные жидкости снижают коэффициент трения инструмента о породу, вибрацию снаряда и, как следствие, замедляют процесс каверно- и желобообразования в слабоустойчивых соленосных и глинодержащих толщах.

В качестве примера рассмотрим особенности бурения скважины №2 площади Туюнтау в интервале 5572-5648 м, где разрез представлен массивными, сильно перемятыми глинами с соленосными прослойками, где ограничение водоотдачи имеет большое значение. Повышение температуры приводит к росту водоотдачи и увеличению толщины фильтрационной корки. При увеличении гидростатического давления в скважине неоднозначно изменяется водоотдача и вязкость. При повышенной водоотдаче фильтрат быстрее проникает в породу забоя, снижает ее прочность, особенно в неустойчивых соленосных толщах. С ростом водоотдачи эффективно увеличивается механическая скорость бурения. При увеличении вязкости бурового раствора уменьшается механическая скорость бурения (рис.1).

Таким образом, во избежание осложнения в процессе бурения, необходимо уменьшить водоотдачу, нормализовать вязкость бурового раствора путем обработки химическими реагентами.

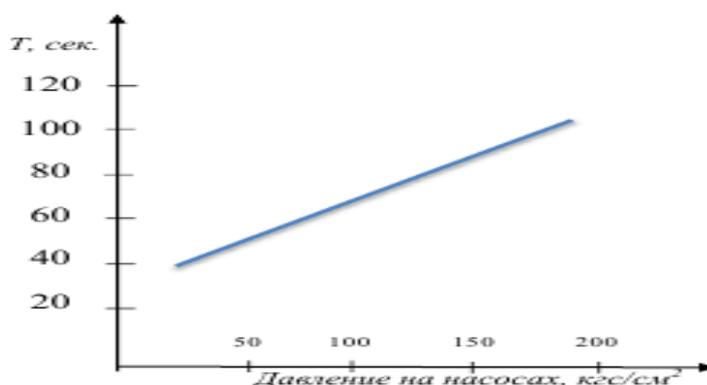


Рисунок 1 - Зависимость вязкости бурового раствора (Т) от влияния гидростатического давления в скважинах.

С этой целью для стабилизации параметра водоотдачи в работе применялся КМЦ-600, КМЦ-700, УЩР, ФХЛС, гипан и метас, соответственно, в следующих соотношениях: 0,2- 0,25%, 15-20%, 0,4-0,12%, 0,25-0,35%, 0,15-0,20%. В наших условиях, УЩР из-за низкой стоимости и доступности имеет более высокую эффективность в использовании. Его составляющие – натриевые соли гуминовых кислот, бурый уголь и каустическая сода являются экологически безвредными. Оптимальная концентрация УЩР составляет 15-20%. С повышением концентрации гуминовых веществ улучшается способность УЩР по уменьшению водоотдачи, однако при этом снижается вязкость глинистых растворов. Исходя из этого предлагается приготовить УЩР следующей концентрации: на 1 м<sup>3</sup> пресной воды требуется 130-160 кг сухого бурого угля и 20-40 кг каустической соды. При такой концентрации плотность раствора составляет 1,05-1,07 г/см<sup>3</sup>, а водоотдача - 2-3 см<sup>3</sup>. Общий характер влияния химических реагентов на основные параметры бурового раствора приведены на рис. 2.

Одной из важных задач при бурении глубоких скважин в соленосных отложениях является создание солетермостойких буровых растворов. Среди слагающих солевые толщи пород минералов часто встречаются гипс (CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O), ангидрит (CaSO<sub>4</sub>), галит (NaCl), сильвин (KCl), карналлит (KCl · MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O), реже - бишофит (MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O), полигалит (K<sub>2</sub>Mg[Ca<sub>2</sub>] [SO<sub>4</sub>]<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O).

Кроме того в буровой раствор могут поступать хлориды кальция и магния из пластовых вод.

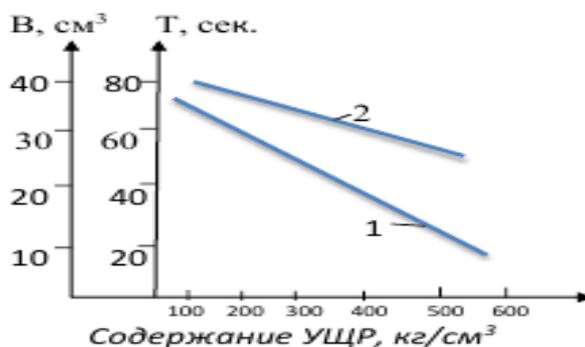


Рисунок 2 - Зависимости водоотдачи (V) и вязкости (T) бурового раствора в соленосных толщах от добавки УЩР

При бурении глубоких скважин особенно следует уделять внимание сохранению устойчивости стенок скважины и поддержание гидростатического давления в промывочной жидкости. В процессе бурения промывочная жидкость взаимодействует с разбураиваемыми породами, пластовыми водами, подвергается воздействию механических нагрузок, температуры, давления, атмосферного воздуха, осадков. Все это приводит к ухудшению свойств промывочной жидкости, она теряет первоначальный химический состав и способность выполнять необходимые свои функции. Таким образом, возникает необходимость регулирования свойств промывочной жидкости путём химической обработки, ведением реагентов, физическими методами (разбавление, утяжеление, введение наполнителей) и физико-химическими методами. При таких условиях для стабилизации стенок скважины и состава промывочной жидкости предлагается использовать ССБ, которая представляет собой смесь кальциевых, натриевых и аммониевых солей сульфоновых кислот. Химически ССБ представляет кислую среду: - удельный вес=1,2-1,3 г/см<sup>3</sup>, pH=3,5-4,5. Для улучшения качества реагента предлагается добавлять водный раствор каустической соды в соотношении 15-20 кг на 100 кг сухого ССБ. Последний разжижает буровой раствор (понижитель вязкости) и снижает показатель фильтрации.

КССБ представляет собой модифицированный реагент ССБ, конденсированный с формальдегидом в присутствии фенола (удельный вес 1,12-1,14 г/см<sup>3</sup>, содержит 18-20% сухих веществ). КССБ – эффективный разжижитель и понизитель водоотдачи, вызывает уменьшение толщины глинистой корки и статическое напряжение сдвига растворов. Весьма эффективна КССБ в условиях сульфатной и хлоркальциевой агрессии. В условиях АТВ часто встречается процесс чередования ангидритов, алевролитов и гипсов с прослойками солей, который в процессе бурения скважины нарушает состав бурового раствора. Выпадение твердых частиц реагентов дестабилизируют в целом промывочную жидкость. Это отмечается в скважинах №23 Ходжа Сартез, №1 Южный Каратау и №2 Туунтау. В таких условиях предлагаем использовать УЦР, гипан, КМЦ-600, каустическую соду и чаще комбинированные ингибирующие солевые растворы с добавками полимеров в количестве до 2%. Для стабилизации стенок скважины в буровой раствор добавляется жидкое стекло и УЦР, которые значительно снижают фильтрацию. На приготовление 1 м<sup>3</sup> такого раствора расходуется 50-70 литров жидкого стекла плотностью 1,45-1,5 г/л, 150-200 литр УЦР и 2,5-3% кальцинированной соды (рис. 3).

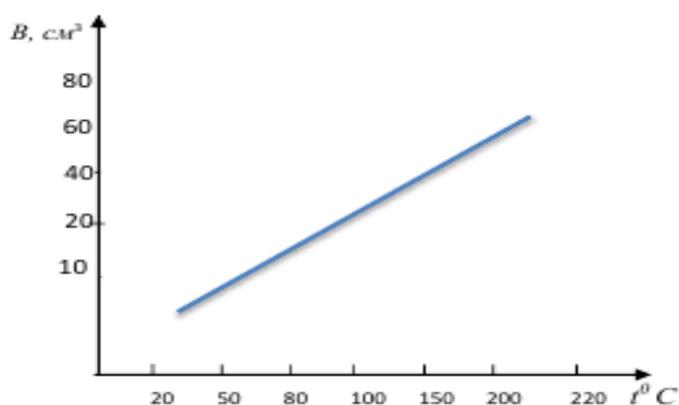


Рисунок 3 - Зависимость водоотдачи бурового раствора (В) от температуры (t) в условиях соленосных агрессий

В глубоких скважинах, где солевые толщи неоднородны по химическому составу, переслаиваются терригенными породами или имеют открытые

интервалы неустойчивых пород. Вместе с тем, растворы должны иметь приемлемую водоотдачу и достаточно прочную структуру. В этих случаях возможно использовать насыщенные солью буровые растворы с низкой водоотдачей и хорошими структурно-механическими свойствами.

Методы повышения солетермостойкости реагентов основаны на их модифицировании, комбинировании и применении эмульсионных растворов. В наших условиях, чтобы пробурить скважину без аварийной ситуации, применяются методы комбинирования реагентов, сочетание крахмала с ССБ, КССБ, КМЦ с кальцинированной содой, гипана с модифицированным крахмалом, КМЦ с УЩР, метас и палыгорскитом, нефтью или добавочно - смазочный материал (СМАД -1). В этих рецептурах эффективность и температурный предел устойчивости реагентов в соленосных толщах повышается. В комбинированных рецептурах с содержанием до 3-7% КМЦ-600 и до 2-3% гипан и метас, устойчивость температуры может сохраняться только до 170-190<sup>0</sup>С.

Таким образом, в работе установлено, что в условиях АТВ трудности бурения скважины в мощных соленосных толщах обусловлено их растворением и коагуляцией буровых растворов, высокими температурами, полиминеральной агрессией, пластическим течением соли. Методом химической обработки возможно повышение солетермостойкости и других свойств буровых растворов. При этом приготовление бурового раствора для каждого конкретного случая требует применения особых комбинированных способов.

### **Литература**

1. Химическая обработка буровых и цементных растворов.- М.: Недра, 1971, 215 с.
2. Злотник Д.Е. Получение и исследование гидролизованного полиакрилонитрила (гипан) для стабилизации и повышения термостойкости глинистых растворов. Тр. ВНИИБТ, вып. III, М., Гостоптехиздат, 1961, 147с.

### **Маълумот оиди муаллиф**

**Аслзода Эмомиддин Мухриддин** – 1961 соли таваллуд, муовини Вазири энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон, хатмкунандаи Донишгоҳи политехникии ш. Фарғонаи Ҷумҳурии Узбекистон, соли 1985, (E-mail: [naftugaz-8@mail.ru](mailto:naftugaz-8@mail.ru)), 734 012, Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Душанбе, куч. Бохтар, 10 Вазорати энергетика ва захираҳои оби Ҷумҳурии Тоҷикистон.

### **ХУСУСИЯТҲОИ ТАЙЁР НАМУДАНИ МАҲЛУЛҲОИ ГИЛИИ БА НАМАК ТОБОВАР БО ИСТИФОДАИ ОМЕХТАГИҲОИ ХИМИЯВӢ**

**Э.М.Аслзода**

Дар мақола хусусиятҳои тайёр намудани маҳлулҳои гилии ба намак тобовар бо истифодаи омехтагиҳои химиявӣ, ки дар шароити мавҷудияти чинсҳои намакдор ва обҳои зерзаминии бо минералҳо омехташудаи қабатҳои такшин, баррасӣ шудааст. Усулҳои такмил додани хосиятҳои маҳлули пармакунӣ, ки мушкилиҳоро ҳангоми пармакунии қабатҳои намакдор дар сутуни чоҳ маҳв менамояд, пешниҳод шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** маҳлули пармакунӣ, ҳавзаи Афғону Тоҷик, фишори гидростатикӣ, часпандагӣ, обҷудокунӣ, сулфит-дардаи спиртдор, хромлигносулфонат.

### **FEATURES OF PREPARING OF THE SALT-RESISTANT DRILLING MUD USING CHEMICAL REAGENTS**

**E.M.Aszoda**

Article specifies specifics of preparation of salt-tolerant drilling fluid in case of availability in subsurface of aqueous mass seminiferous rock water-bear horizons with high concentration of salinity. Proposed ways to improve drilling fluid properties mitigate wellbore problems under movement of water-bear horizons.

**Key words:** drilling fluid, Afgan-Tajik depression, hydrostatic pressure, viscosity, water loss, sulfite liquor, chrome lingosulphonate.

## ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ДЛЯ СИНТЕЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ $A^{IV}B^V$

М.Т.Идиев, Б.С.Сафаров

*(Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими)*

*Представлены результаты исследований по применению низкотемпературной плазмы для синтеза полупроводниковых пленок и мелкодисперсных порошков. Установлено, что атомы газов, генерируемые в потоке плазмы, стимулируют протекания гетерогенных реакций и формирования новых соединений из смеси исходных компонентов. Показано, что при бомбардировке механической смеси двух компонентов в конденсированной фазе потоком активных частиц-атомов начальный этап зарождения новой фазы-продуктов реакции происходит в результате гетерогенной реакции газообразного соединения формирующиеся с активными частицами на границе фаз со вторым исходным компонентом в твердой фазе.*

**Ключевые слова:** высокочастотная плазмохимическая установка, реактор, плазма, хлорид теллура, теллурид олова, сульфид олова, углеродная пленка,

Разработка прогрессивных методов получения тонких пленок и дисперсных систем на основе соединений  $A^{IV} B^{VI}$  является актуальной технологической проблемой, так как они благодаря высокой фоточувствительности в среднем ИК - диапазоне широко применяются в приборах оптоэлектрических систем[1-3].

В основу предложенного в настоящей работе метода получения пленок заложен принцип, согласно которому при непрерывной бомбардировке хлорида теллура атомами водорода образуется летучее водородсодержащее соединение теллура и его реакции с парами хлорида (IV) олово приводит осаждению пленок теллурида олова.

Реакцию проводили на высокочастотной плазмохимической установке, описанной в [1]. Генерацию атомов водорода осуществляли пропусканием  $H_2$  через электрический разряд возбуждаемого между двумя внешними электродами, один из которых подключен к фидеру ВЧ-генератора ЛГД-12. Очистку водорода производили путем пропускания его через нагретый никелевый капилляр.

Вначале хлорид теллура загружали на технологическую подложку ВЧ – установки и бомбардировали атомами водорода. По истечении некоторого промежутка времени из термостата в реактор дозировали пары  $SnCl_4$ . В процессе бомбардировки хлорида теллура атомами водорода при наличии паров хлорида олова обнаруживали осаждение тонких пленок. В конструкции установки предусматривалась возможность перемещения подложки с образцам вдоль длины реактора. Это позволяло устанавливать зависимость скорости роста пленок и их фазовых состав от месторасположения технологической подложки относительно центра разряда (Рис.1.)

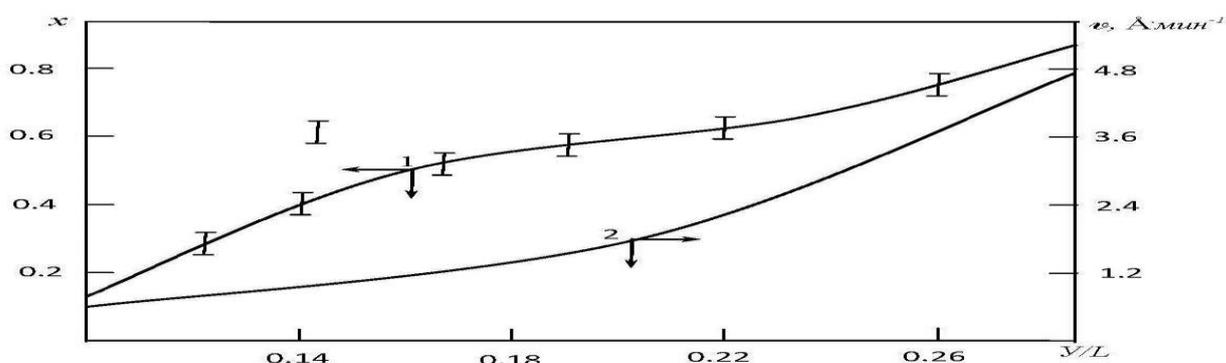


Рис.1. Зависимость содержания Te в пленках (1) и скорости осаждения от отношения диаметра реактора к расстоянию подложки до центра плазмы

Из рис.1 (кривая 2) видно, что по мере уменьшения расстояния подложки до центра разряда увеличивается скорость роста пленок и содержание теллура в пленке.

Очередной этап исследований был связан с определением фазового состава пленок, полученных при различных значениях скорости осаждения.

На рис.2 представлена рентгенограмма пленок, полученных при скорости осаждения  $2.4 \text{ \AA} \text{ мин}^{-1}$ . Из рис.2 видно, что на рентгенограмме наряду с рефлексами отражений  $\text{SnTe}_{0.52}$  проявляются четкие рефлексы олова. Для достижения поставленной цели – получения пленок стехиометрического состава бомбардировку хлорида теллура атомами водорода проводили в присутствии гидроксида алюминия.

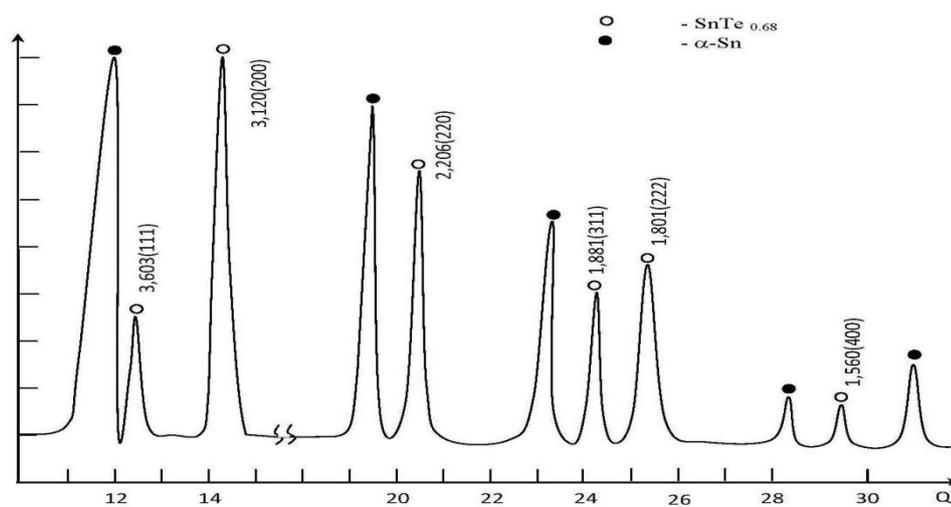


Рис.2. Рентгенограмма тонких пленок теллурида олова полученных при скорости осаждения  $2.4 \text{ \AA} \text{ мин}^{-1}$ .

На рис.3. представлена дифрактограмма пленок, осажденная на водоохлаждаемую подложку при бомбардировке механической смеси водородом в течение 110мин. Из рис.3. видно, что дифрактограмма характеризуется наличием четких рефлексов отражений теллурида олова.

Для получения дисперсных порошков сульфида олова механическую смесь  $\text{SnCl}_2$  с кристаллической серой в количестве 5г загружали на технологическую подложку и в системе устанавливали проточное давление водорода 130 Па.

Контроль за протекающими реакциями осуществляли с помощью электронографического и рентгенофазовых методов анализа с использованием электронного микроскопа JEM-1100CX и рентгеновского аппарата ДРОН-1,5 (Си  $K\alpha$ -излучение).

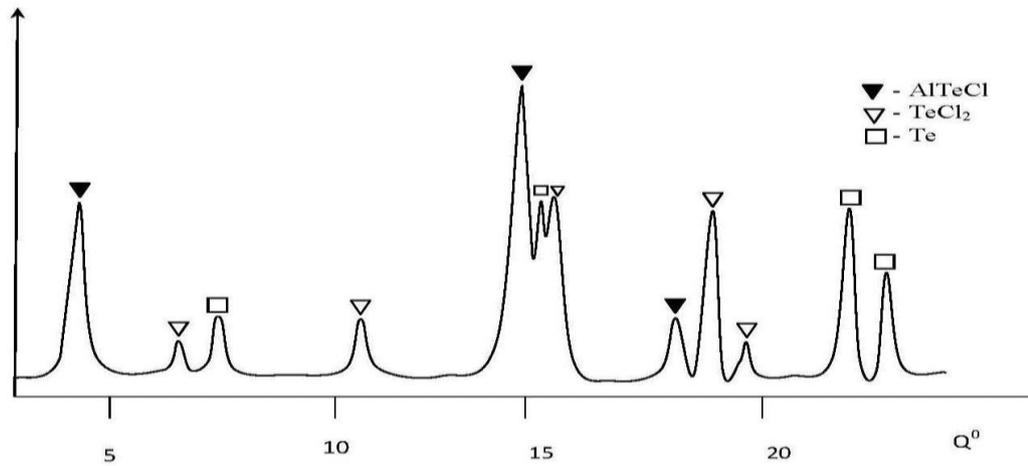


Рис.3. Дифрактограмма пленки SnTe, осажденная при бомбардировке  $\text{AlH}_{n<3} + \text{TeCl}_2$  в присутствии паров  $\text{SnCl}_4$  в течении 110-мин.

Было обнаружено, что в течение 120 мин. при бомбардировке смеси водородом происходит ослабление интенсивности рефлексов отражений исходных компонентов и появление новых на рентгенограмме, свидетельствующие об образовании других соединений (рис.4).

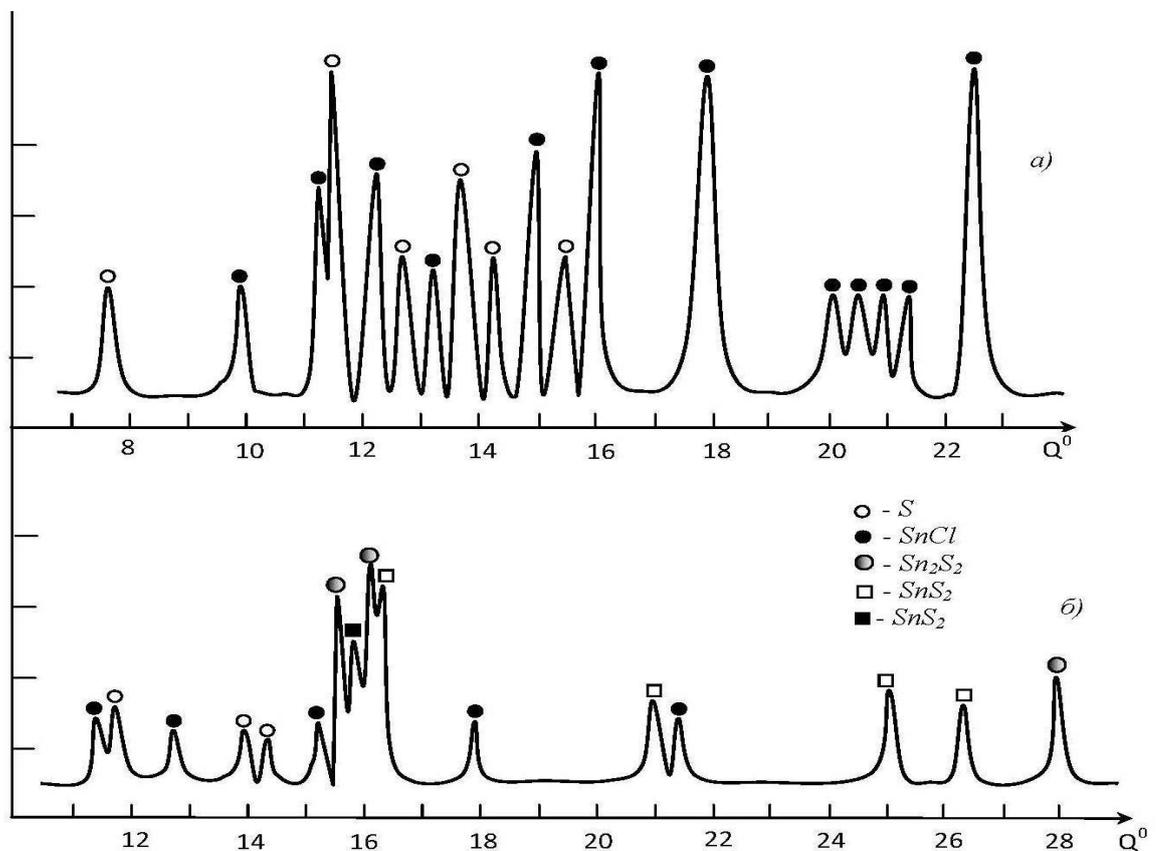


Рис. 4. Дифрактограмма механической смеси  $\text{SnCl}_2 + \text{Scr}$  до (а) и после бомбардировки атомами водорода в течение 40 мин.

Индицирование рефлексов отражений, представленных на рис.4 свидетельствует о формировании  $\text{Sn}_2\text{S}_3$  и  $\text{SnS}_2$  как промежуточных продуктов реакции.

При увеличении продолжительности бомбардировки до 120 мин. было обнаружено соответственно ослабление и нарастание интенсивности рефлексов  $\text{Sn}_2\text{S}_3$ ,  $\text{SnS}_2$  и  $\text{SnS}$  на дифрактограмме (рис.5)

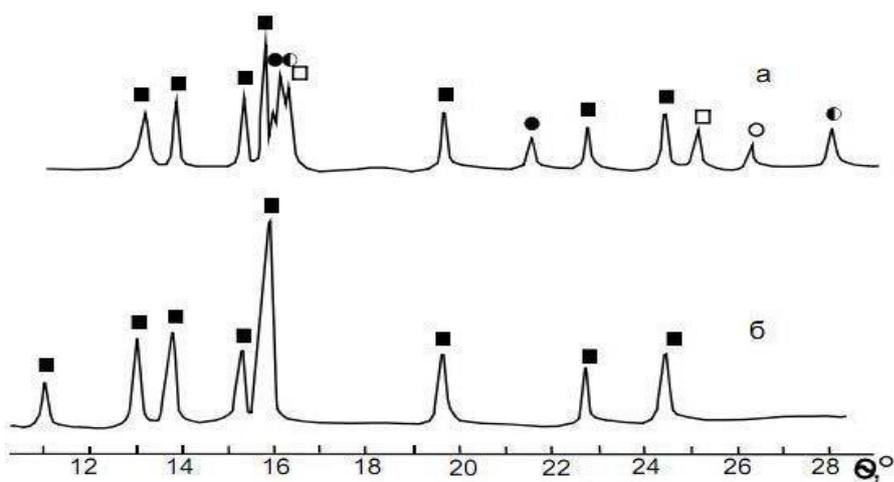


Рис.5. Дифрактограмма продуктов реакции бомбардировки смеси водородом в течение 120 мин (а) и 160 мин (б)

Следует отметить, что в процессе бомбардировки наблюдалось осаждение налета серого цвета на стенках реактора. С целью определения структуры и фазового состава к стенке реактора прикрепляли медные сеточки с напыленной углеродной пленкой. После завершения эксперимента и разгерметизации реактора сеточки переносили на электронный микроскоп JEM-1100СХ.

Дифракционная картина пленок, полученных при непрерывной бомбардировке механической смеси атомами водорода свидетельствует о формировании гексагональной структуры дисульфида олова.

Согласно нашему предложению, осаждение пленок на стенках реактора является результатом гомогенной реакции летучих водородсодержащих соединений олова и серы. С целью проверки данного предположения

проводили ИК-спектроскопические исследования пленок на спектрофотометре М-80 в области  $200-800\text{ см}^{-1}$ . В некоторых случаях на ИК-спектре пленок обнаруживалась полоса поглощения в области  $350\text{ см}^{-1}$ .

Таким образом, в результате проведенных исследований нами установлена принципиальная возможность формирования пленок теллурида олова стехиометрического состава и решающая роль гидрида алюминия в осуществлении обменных реакций. Показана принципиальная возможность получения мелкодисперсных порошков сульфида олова гетерогенной реакции атомов водорода с механической смесью.

### Литература

1. Норматов И.Ш. Исследование роли атомов водорода в протекании твердофазной реакции формирования сульфида кадмия. Неорг. материалы. 1992. Т.28. №8. С.1800-1802.
2. Норматов И.Ш. Исследование влияния водорода на твердофазную реакцию получения дисульфида никеля. Неорг. материалы. 1992. Т.28. №8. С. 1087-1090
3. Норматов И.Ш. О возможности существования гидридохлорида кальция в продуктах взаимодействия атомарного водорода со смесью  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{CaCl}_2$  в плазме. Ж. Прикладная химия. 1 993. Т.66. Вып.4 . С. 1857-1860.

### Сведения об авторах

**Идиев Махмадрезбон Тешаевич** – к.т.н., заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология», автор более 40 научных работ.

**Сафаров Бахриддин Саидович** – старший преподаватель кафедры «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», автор более 7 научных работ.

## ИСТИФОДАБАРИИ ПЛАЗМАИ ҲАРОРАТАШ ПАСТ БАҲРИ ҲОСИЛ НАМУДАНИ ПАЙВАСТАГИҲОИ НИМНОҚИЛИИ $A^{IV}B^V$

**М.Т. Идиев, Б.С.Сафаров**

Дар мақола натиҷаҳои тадқиқот нисбат ба истифодабарии плазмаи ҳарораташ паст барои ҳосил намудани қабатҳои тунук ва хоқаҳои нимноқилӣ оварда шудааст. Муайян карда шудааст, ки атомҳои дар ҷараёни плазма ангидашаванда қобилияти суръат бахшидан ба ҷоришавии реаксияҳои гетерогенӣ мебошанд. Нишон дода шудааст, ки марҳилаи аввали ҳосилшавии маҳсули реаксия ин тавлиди маҳсули газӣ ва реаксияи он бо ҷузъи дуоми омехтаи механикӣ маводи истифодашаванда мебошад.

**Калимаҳои калидӣ:** дастгоҳи плазмохимиявӣ давраш баланд, реактор, плазма, хлориди теллур, теллуриди қалъагӣ, сулфиди қалъагӣ, пардаи карбонӣ.

## THE APPLICATION OF LOW-TEMPERATURE PLASMA FOR SYNTHESIS OF SEMICONDUCTOR COMPOUNDS $A^{IV}B^V$

**M.T. Idiev, B.S.Safarov**

The results of studies on the application of low temperature plasmas for synthesis of semiconductor films and fine powders are present. Found that atoms of gases generated in the plasma flow stimulates the flow of heterogeneous reactions and the formation of new compounds from a mixture of initial components. Shown that at bombardment of two components a mechanical mixture in the condensed phase by flow of active particles-atoms initial stage of nucleation of a new phase – of the reaction products occurs because of heterogeneous reaction of gaseous compounds formed with the active particles on the phase boundary with the second source component in the solid phase.

**Key word:** high-frequency plasma-chemical plant, reactor, plasma, chloridetellurium, telluridetin, sulfide tin, carbon film.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ СИСТЕМ АЛЮМИНИЙ – ЛАНТАНОИДЫ, БОГАТЫХ АЛЮМИНИЕМ

М. Чаманова, А. Бадалов

*Полуэмпирическими и расчётными методами определены и/или уточнены температура и энтальпия плавления интерметаллидов систем алюминий – лантаноиды, богатых алюминием, составов  $Al_2Ln$ ,  $Al_3Ln$   $\alpha$ - $Al_{11}Ln_3$  и  $\beta$ - $Al_{11}Ln_3$ . Установлено, что закономерности изменения изученных характеристик в зависимости от природы лантаноидов и от состава интерметаллидов имеют сложный характер с проявлением «тетрад-эффект»-а.*

**Ключевые слова:** температура и энтальпия плавления, лантаноиды, интерметаллиды, закономерности изменения.

Современная техника и технология требуют создания материалов с уникальными свойствами, выдерживающими экстремальные условия эксплуатации. Фундаментальные исследования физико-химических и термодинамических свойств различных систем, в частности интерметаллидов (ИМ) способствуют решению этой важной прикладной задачи. Особенно актуальной становится изучение металлических систем на основе алюминия с участием редкоземельных металлов, в частности лантаноидов (Ln – лантаноиды).

Алюминий является родоначальником элементов IIIA и IIIB подгрупп короткой формы Периодической системы химических элементов. Именно в этой группе наиболее ярко проявляются все виды аналогий – групповая, типовая, электронная и слоевая, кайносимметричность орбиталей (p – орбитали у бора, d – орбитали у скандия и f – орбитали у лантана). В результате кайносимметрии проявляется контракционная аналогия 3d –

орбитали  $d$  – и  $f$  – контракции (или  $d$  – и  $f$  – сжатие), также вторичная и внутренняя периодичности [1-4].

С другой стороны, большой интерес исследователей и практиков к химии лантанидов обусловлен многими факторами, в частности, большими сырьевыми запасами лантаноидов, успехи химической технологии по разделению и возможности получения их с высокой степенью чистоты. Применение Ln и их соединений в современных областях техники - атомная энергетика, полупроводниковая, лазерная, люминофорная, военная техника, получение новых конструкционных, магнитных и сверхпроводящих материалов, медицина и аграрная промышленность [5-11].

Отрывочные и взаимно несогласованные сведения о термических и термодинамических характеристиках ИМ систем  $Al - Ln$  не позволяют провести системный анализ этих свойств сходных ИМ как внутри каждой системы ИМ, так и в пределах цериевой и иттриевой подгрупп, и в целом, всего естественного ряда лантаноидов.

Изучению диаграмм состояния систем  $Al - Ln$  ( $Ln - La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Yb, Gd, Ho, Lu, Sc, Y$ ) посвящено много работ. Однако по причине использования разных методов, аппаратуры и металлов разной степени чистоты получены противоречивые данные. Применение более чистых металлов позволили уточнить ряд диаграмм состояния и установить кристаллические структуры ИМ. Эти сведения приведены в фундаментальном справочнике [12]. В системах  $Al - Ln$  образуется ряд ИМ составов  $AlLn_3, AlLn_2, Al_2Ln_3, AlLn, Al_2Ln, Al_3Ln, \alpha-Al_{11}Ln_3$  и  $\beta-Al_{11}Ln_3$ . В работах [13-16] приведены сведения о температуре плавления всех ИМ и энтальпии образования некоторых ИМ цериевой подгруппы – церия, празеодима и неодима, но вовсе отсутствуют сведения об энтальпии плавления ИМ, образующихся в системах  $Al - Ln$ .

Данная работа посвящена определению термохимических характеристик – температуры плавления ( $T_{пл.}$ ) и энтальпии плавления ( $\Delta H_{пл.}$ ) ИМ богатых

алюминием следующих составов  $Al_2Ln$ ,  $Al_3Ln$   $\alpha$ - $Al_{11}Ln_3$  и  $\beta$ -  $Al_{11}Ln_3$ , установлению закономерности изменения их в зависимости от природы лантаноидов и от состава ИМ.

Отсутствующие в литературе значения температуры плавления, энтальпии плавления и образования указанных составов ИМ для лантана (La), гадолиния (Gd) и лютеция (Lu) определены методами сравнительного расчёта Карапетьянца М.Х. и разностей Киреева В.А. Эти данные являются базисными для проведения системного анализа искомым характеристикам ИМ других составов.

Системный анализ проведен с помощью полуэмпирического метода, разработанного Полуэктовым Н.С. с сотрудниками [17]. Метод учитывает индивидуальные особенности электронного строения атомов лантаноидов (Ln) и их влияние на искомую характеристику А (где А -  $T_{пл.}$ ,  $\Delta H_{пл.}$ ) ИМ. Расчёт (расчёт-1) произведён по следующему корреляционному уравнению

$$A_{(Al_xLn_y)} = A_{(Al_xLa_y)} + \alpha N_f + \beta S + \gamma' L_{(Ce - Eu)}(\gamma'' L_{(Tb - Yb)}) \quad (1)$$

где коэффициенты:  $\alpha$  - учитывает доленое влияние 4f – электронов,  $\beta$  – спиновых (S) – и  $\gamma$  - орбитальных (L) моментов движения атомов лантаноидов, ( $\gamma'$  – для лантаноидов цериевой и  $\gamma''$  – для лантаноидов иттриевой подгрупп) на значения искомой характеристики ИМ. Значения коэффициентов уравнения (1) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляционного уравнения (1)

Вещество	Свойство	$\alpha$	$\beta$	$\gamma'$	$\gamma''$
$Al_2Ln$	$T_{пл.}, K$	8,93	16,4	5,47	-7,79
	$\Delta H_{пл.}^0, Дж/моль-атомов$	0,23	0	-0,24	-0,33
$Al_3Ln$	$T_{пл.}, K$	-6,43	0	-8,31	-2,99
	$\Delta H_{пл.}^0, Дж/моль-атомов$	-0,06	0,01	-0,18	-0,16
$\alpha$ - $Al_{11}Ln_3$	$T_{пл.}, K$	-6,43	0	12,01	12,01
	$\Delta H_{пл.}^0, кДж/моль-атомов$	0,04	-0,13	0,10	0,11
$\beta$ - $Al_{11}Ln_3$	$T_{пл.}, K$	7,14	1,43	3,48	3,48
	$\Delta H_{пл.}^0, кДж/моль-атомов$	0,06	-0,15	0,01	0,02

Наиболее полные сведения по температуре плавления ИМ изученных составов приведены в табл. 2. С ростом порядкового номера лантаноидов (табл.2) наблюдается повышение температуры плавления ИМ только для состава  $Al_2Ln$  ( $\Delta T=125^0$ ). Для ИМ других составов наблюдается понижение температуры плавления, которое составляет  $\Delta T=90-100^0$ . С увеличением содержания алюминия в составе ИМ наблюдается понижение температуры плавления ИМ в ряду  $Al_2Ln \rightarrow Al_3Ln \rightarrow \alpha-Al_{11}Ln_3$  У ИМ состава  $\beta-Al_{11}Ln_3$  резкое повышение температуры плавления по сравнению с ИМ состава  $\alpha-Al_{11}Ln_3$  в пределах 315 градусов.

Таблица 2

Температура плавления интерметаллидов (а – литература, б – расчёт 1)

Ln	0	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
$Al_2Ln$	а	1678	1753	1753	1733	-	1773	-	1798	-	1773	1803	1718	-	1633	-
0	б	1678	1721	1749	1771	1788	1800	1703	1798	1784	1769	1762	1763	1772	1663	1803
$Al_3Ln$	а	1443	1408	1348	1478	-	1393	-	1398	-	1363	1360	1343	-	1253	1353
0	б	1443	1405	1382	1368	1361	1363	1297	1398	1373	1364	1354	1348	1344	1263	1353
$\alpha-Al_{11}Ln_3$	а	1188	1293	1238	1223	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	б	1188	1221	1229	1234	1228	1209	1116	1143	1166	1184	1189	1193	1164	1090	1098
$\beta-Al_{11}Ln_3$	а	1513	1508	1513	1508	-	1723	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	б	1513	1510	1510	1507	1501	1491	1394	1468	1465	1463	1456	1447	1439	1378	1413

Полученные и/или уточнённые значения температуры плавления ИМ (табл.1) позволили рассчитать величину энтальпии плавления ( $\Delta H_{пл.,T}^0$ ) ИМ по следующей формуле [18] (расчет-2):

$$\Delta H_{пл.,T}^0 Al_xLn_y = T_{пл.им} (n \Delta H_{пл. Ln} / T_{пл. Ln} + m \Delta H_{пл. ме} / T_{пл. ме}) / n+m \quad (2)$$

Результаты расчётов величины энтальпии плавления ИМ, проведённые по урав. (2), приведены в табл. 3. Для сравнения результатов и проведения системного анализа термохимических характеристик нами рассчитаны значения энтальпии плавления ИМ по уравнению (1) (расчёт 1, табл. 3).

Таблица 3

 Энтальпия плавления ( $\Delta H_{пл.}^0$ , кДж/моль-атомов) интерметаллидов

Ln	0	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Al <sub>2</sub> Ln	P-1	19,64	19,38	19,13	19,12	19,35	19,82	18,61	21,23	20,72	20,29	20,19	20,42	20,98	18,53	22,85
0	P-2	19,64	17,49	19,84	20,12	-	20,03	-	21,23	-	18,54	21,37	15,35	-	18,53	-
Al <sub>3</sub> Ln	P-1	17,3	16,55	16,41	16,15	16,09	16,22	15,16	16,86	16,26	15,89	15,56	15,53	15,66	14,68	16,42
0	P-2	17,3	16,55	15,77	15,99	-	16,27	-	16,86	-	15,2	16,45	15,43	-	14,68	-
$\alpha$ -Al <sub>11</sub> Ln <sub>3</sub>	P-1	42747	12024	18598	21155	20059	15311	42867	30256	47088	22251	29921	33939	33573	16377	20424
0	P-2	42747	44531	20424	20424	21155	19694	42867	30256	42837	11658	13,17	13,55	28825	16377	20424
$\beta$ -Al <sub>11</sub> Ln <sub>3</sub>	P-1	15,29	15,36	15,35	15,35	15,33	15,31	42870	15,18	15,43	15,61	15,76	15,90	16,16	14,46	16,15
0	P-2	15,29	15,22	15,42	15,33	15,36	15,45	42870	15,18	15,13	15,21	16,13	16,44	16,14	14,46	16,15

Эти сведения позволили провести системный анализ указанных характеристик ИМ с помощью полуэмпирического метода по уравнению (1) и установить закономерности их изменения в зависимости от природы лантаноидов. Кривые закономерности изменения температуры плавления ИМ (рис. 1) в пределах подгрупп лантаноидов имеют разный характер. Для ИМ состава  $\alpha$ -Al<sub>11</sub>Ln<sub>3</sub> наблюдается чёткое разделение кривой на две подгруппы - цериевой и иттриевой с проявлением тетрад-эффекта.

В пределах подгрупп наблюдается постепенное повышение температуры плавления ИМ с максимумом в середине подгрупп – у Nd и Er, соответственно. Для ИМ состава  $\beta$ -Al<sub>11</sub>Ln<sub>3</sub> наблюдается линейное понижение температуры плавления с ростом порядкового номера Ln. ИМ европия и иттербия явно выпадают из общей закономерности. Это обусловлено частичным или полным заполнением 4f- орбиталей этих элементов электронами.

Для сравнения результатов и проведения системного анализа термодинамических характеристик нами рассчитаны значения энтальпии плавления ИМ по уравнению (1) (расчёт 1), которые приведены в табл. 3. При расчётах по уравнению (1) в качестве опорных величин использованы значения энтальпии плавления интерметаллидов лантана, гадолиния и лютеция, определённые по уравнению (2).

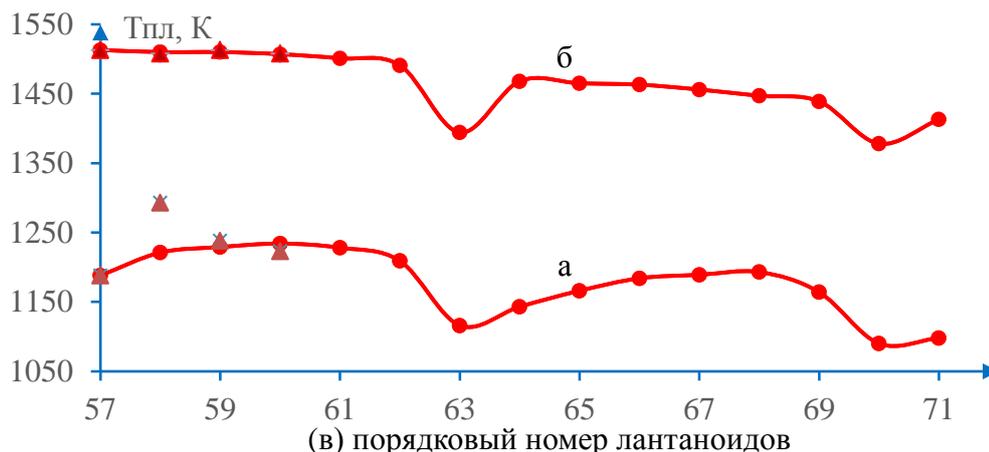


Рисунок 1. Кривые зависимости изменения  $T_{\text{пл}}$  ИМ (в) составов  $\alpha\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  (а),  $\beta\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  (б) от природы лантаноидов: (▲ - литературные, ● - расчётные).

Полученные сведения позволили установить закономерности изменения энтальпии плавления ИМ в зависимости от природы лантаноидов, которые изображены на рис. 2.

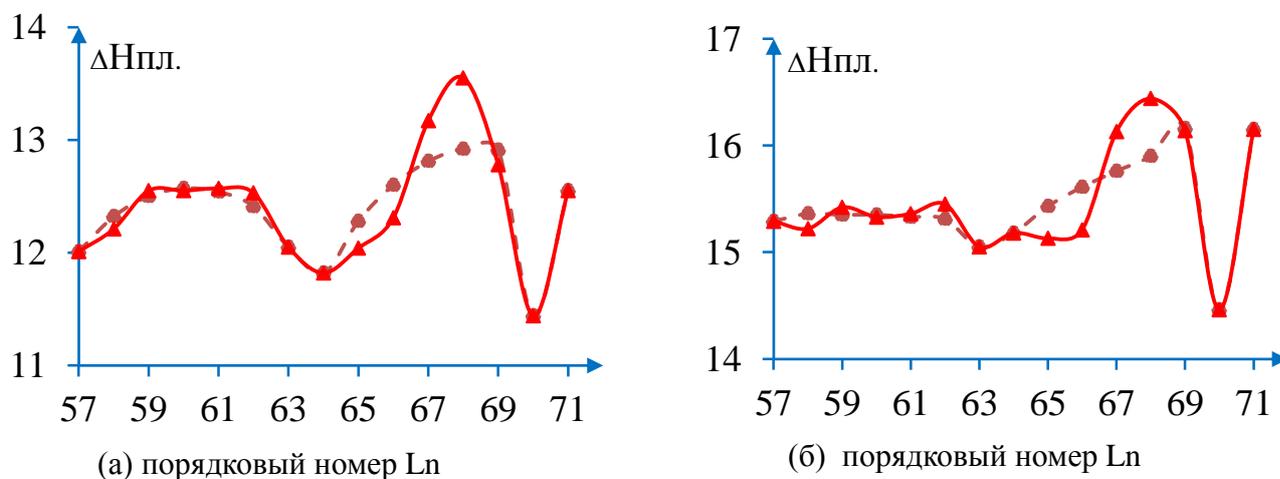


Рисунок 2. Кривые зависимости энтальпии плавления ИМ составов  $\alpha\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  (а),  $\beta\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  (б) от природы лантаноидов: (▲ - расчёт 1, ● - расчёт 2).

Как видно из рис. 2 (а) и (б), закономерности изменения энтальпии плавления ИМ изученных составов имеют идентичный, симбатный характер в зависимости от природы лантаноидов. В цериевой подгруппе наблюдается повышение энтальпии плавления ИМ состава  $\alpha\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  в пределах  $\Delta(\Delta H_{\text{пл}}^0 = 0,55)$  с максимумом для неодима. Для ИМ состава  $\beta\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  этой подгруппы лантаноидов наблюдается почти линейный характер зависимости.

В иттриевой подгруппе обоих составов ИМ наблюдается заметное повышение энтальпии плавления в пределах  $\Delta(\Delta H_{\text{пл}}^0 = 0,90)$  с максимумом для эрбия.

Полученные наиболее полные термохимические характеристики по температуре и энтальпии плавления интерметаллидов составов богатых алюминием -  $\text{Al}_2\text{Ln}$ ,  $\text{Al}_3\text{Ln}$ ,  $\alpha\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  и  $\beta\text{-Al}_{11}\text{Ln}_3$  позволили установить закономерности изменения их в зависимости от природы лантаноидов и от содержания алюминия.

### Литература

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1981. – 679 с.
2. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. – М.: Мир, ч. 1-3. 1969.
3. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов.– М.: Высш. шк., 2004. – 527 с.
4. Новиков Г.И. Основы общей химии. – М.: Высш.шк., 1988. – 431 с.
5. Панюшкин В.Т., Афанасьев Ю.А., Ханаев Е.И., Грановский А.Д., Осипов О.А. Лантаноиды. Простые и комплексные соединения. - Ростовский госуниверситет : 1980. – 296 с.
6. Ионова Г.В., Вохмин В.Г., Спицын В.И. Закономерности изменения свойств лантанидов и актинидов. – М.: Наука, 1990. – 240 с.
7. Серебренников В.В. Химия редкоземельных элементов. т. 1, - Томск. Изд-во Томского университета, 1959. Т.1, 362 с.; т. 2. 1961. – 278 с..
8. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Под ред. акад. РАН Н.П. Лекишева. – М.: Машиностроение, 1996, 1997, 2001, т.1-3, 992, 1024, 1320 с.
9. Badalov A.B., Ganiev I.N., Nazarov Kh. M., Mirzoev Sh. I. Systematic analysis forecasting of thermal properties of alloy systems Cu-Ln and Al-Ln // IX Inter.

Symposium Advanced Materials. Abstracts. ISAM – 2005: 19-22 Sept, Pakistan, Islamabad. – p.50.

10. Чаманова М.Ч., Эшов Б.Б.2, Мирзоев Ш.И., Бадалов А. Температуры плавления и энтальпия растворения интерметаллидов систем Al-Ln составов  $AlLn$ ,  $AlLn_2$ ,  $Al_2Ln$  ( $Ln$  – лантаноиды) Матер. XV Междун. конф. по термическому анализу и калориметрии в России (RTAC 16), СПбГПУ, 16-23.09.2016, ч.2, с.112 -115.

11. Чаманова М., Тсюан Тсзингжи, Мирзоев Ш.И., Бадалов А. Закономерности изменения термодинамических характеристик интерметаллидов состава  $Al_{11}Ln_3$  и лантаноидов ( $Ln$ ). Вестник ТГУ, №3 (35), 2016, с.38-45.

### Сведения об авторах

**Бадалов Абдулхайр** – 1949 г.р., окончил (1970) МХТИ им. Д.И. Менделеева, док. хим. наук, профессор кафедры «ОиНХ» ТГУ им. акад. М.С. Осими, автор более 500 научных работ, область научных интересов - химическая термодинамика.

**Чаманова Мунира** – 1969 г.р. окончила (2008) ТГУ им. М.С. Осими, соискатель, автор более 15 научных публикаций, область научных интересов - химия сплавов.

### ҚОНУНИЯТИ ТАҒЙИРЁБИИ ХУСУСИЯТҲОИ ТЕРМОХИМИЯВИИ ИНТЕРМЕТАЛЛҲОИ СИСТЕМАҲОИ АЛЮМИНИЙ – ЛАНТАНОИДҲОЕ, КИ ДОРОИ БАРЗИЁДИ АЛЮМИНИЯНД

**М. Чаманова, А. Бадалов**

Бо усули нимэмпирикӣ маълумоти пура оид ба ҳарорат ва энталпияи ғудохташавии интерметаллҳои системаҳои алюминий-лантаноидҳое, ки миқдори барзиёди алюминий ва таркиби зерин  $Al_2Ln$ ,  $Al_3Ln$ ,  $\alpha-Al_{11}Ln_3$  ва  $\beta-Al_{11}Ln_3$  доранд, омӯхта шуданд. Қонуниятҳои тағйирёбии ин хосиятҳо аз табиати лантаноидҳо ва таркиби интерметаллҳо муайян карда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** ҳарорат ва энталпияи гудохташавӣ, лантаноидҳо, интерметаллидҳо, қонуниятҳои тағйирёбӣ.

## **THERMOCHEMICAL CHANGE PATTERNS CHARACTERISTICS OF INTERMETALLIDOV SYSTEMS OF ALUMINIUM-ALUMINIUM-RICH LANTHANIDE**

**M. Chamanova, A. Badalov**

Semi-empirical and calculation methods have defined and/or specified temperature and an enthalpy of melting of lanthanides and inter-metallid of structures  $Al_2Ln$ ,  $Al_3Ln$ ,  $\alpha-Al_{11}Ln_3$  and  $\beta$ -by  $Al_{11}Ln_3$ . It is established that regularities of change of the studied characteristics depending on the nature of lanthanides have difficult character with manifestation of "tetrads effects" - and.

**Key words:** temperature and enthalpy of melting, lanthanides, intermetallics, regularities of change.

## **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВОДЫ В ПЕРИОД ПОЛОВОДЬЯ В БАССЕЙНЕ РЕКИ КАФЕРНИГАН**

**Д.А. Абдушукуров, Д. Абдусамадзода, О.Д. Назарова, Т. Махмадов,  
И.М. Рахимов, Д.Ф. Стоцкий**

*Проведены исследования физико-химических и микробиологических параметров вод в реках бассейна Каферниган. Исследованы реки Каферниган, Варзоб и Хонако. Показано, что сильнозагрязнёнными являются притоки Харангон, Элок и Хонако. Вода перед деривационным (питьевым) каналом в реке Варзоб чиста. Выявлено положительное влияние реагентов, применяемых на Душанбинских очистных сооружениях, на микробиологический состав воды в реке Каферниган в ее среднем течении.*

**Ключевые слова:** река Каферниган, река Варзоб, физико-химические параметры воды, Коли-индекс.

### Введение

Для оценки качества воды в водном объекте или в источнике водоснабжения используются физические, химические и санитарно-бактериологические показатели. Качество - это характеристика состава и свойств воды, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования [1-10].

Воды рек различаются по химическому составу. Эти различия связаны с климатической зоной и особенностями местности. Вода - универсальный растворитель, ее насыщенность минералами зависит от состава почв и залегающих под ними горных пород. Кроме того, на состав воды влияют выпадающие осадки, таяние снегов, половодье и притоки, впадающие в более крупную реку.

Американский стандарт качества воды (EPA drinking water security poster) разделяет параметры воды на три категории: физический, химический и микробиологический. Физико-химические параметры включают в себя содержание тяжелых металлов, следы органических соединений, общее количество взвешенных частиц и мутность [10].

Микробиологические параметры включают в себя содержание в водах кишечных палочек, типа *E. coli*, и серию специфичных патогенных бактерий (таких как *Cholera*), вирусов и простейших паразитов [3-6].

Река Каферниган, как и Варзоб, составляет основу водозабора города Душанбе. Кафирниган начинается у селения Рамит, на склоне Гиссарского хребта, где сливаются воды рек Сардаи-Миёна и Сорбо. Протекает по Гиссарской долине, где сосредоточена большая часть населения Таджикистана. Общая протяженность реки составляет 387 км, площадь бассейна - 11,6 тыс. км<sup>2</sup>. Основными притоками Кафернигана являются справа

реки Варзоб и Хонака, слева река Элок. Часть притоков Кафернигана протекает в районах сельскохозяйственного использования земель, испытывающих большую антропогенную нагрузку, которые приносят в водные объекты значительное количество биогенных веществ и тяжелых металлов. Загрязнение водных источников в результате эксплуатации агроландшафтов не достаточно изучено и является актуальной проблемой.

Физико-химические параметры качества воды в Кафернигане и её притоках могут характеризовать общее экологическое состояние в бассейнах рек. Знания о чистоте воды этих рек может быть полезно для выявления источников загрязнения. Физико-химические параметры качества воды включают в себя содержание тяжелых металлов, органических соединений, общее количество взвешенных частиц и мутность.

Данная статья посвящена результатам исследования физико-химических характеристик вод и содержания патогенных микроорганизмов (*Coli*) в реке Каферниган и ее основных притоках - реках Варзоб и Хонако, в весенний половодный период.

### **Отбор проб и лабораторный анализ**

Обычно качество воды определяется в два сезона: в межень (период низкой воды) и половодье. В межень основным источником питания рек становятся подземные воды, а в период половодья талые воды ледников и снежников. В межень возрастает минерализация вод и общее количество солей в реках благодаря подземным водам.

Отбор образцов был произведен весной 2017 года. Всего был произведен отбор проб на 24 точках, географическое положение которых приведено в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Географические координаты точек отбора образцов и высота над уровнем моря

№	Реки	Координаты		Высота	Примечание
		Север	Восток	м.н.у.м	
1	Сардаи Миена	38,736900	69,313733	1204	Гидропост
2	Каферниган 1	38,661317	69,189767	1041	Перед слиянием с Ес
3	Ес	38,661317	69,189767	1041	Приток Кафернигана
4	Каферниган 2	38,567117	69,013950	864	Перед Вахдат
5	Каферниган 3	38,524233	68,825317	748	Каферниганский водозабор
6	Зидди	39,028817	68,7894	1927	Приток Варзоба
7	Майхура	39,026717	68,785067	1921	Приток Варзоба
8	Варзоб 1	38,991367	68,76505	1811	Мост через Варзоб
9	Ходжа Оби Гарм	38,891317	68,82935	1380	Приток Варзоба
10	Тагоб	38,846767	68,847367	1246	Приток Варзоба
11	Варзоб 2	38,8415	68,8329	1221	
12	Оби Чаппа	38,805583	68,823917	1154	Приток Варзоба
13	Аджук	38,77245	68,817617	1094	Приток Варзоба
14	Варзоб 3	38,702683	68,790483	972	18 км от Душанбе
15	Харангон	38,67525	68,77565	961	Приток Варзоба
16	Варзоб 4	38,655383	68,764483	894	Варзоб ГЭС
17	Лучоб	38,60045	68,76535	848	Приток Варзоба
18	Каферниган 4	38,4948	68,78355	729	Перед слиянием с Елок
19	Елок	38,479683	68,686283	725	Мост через Елок
20	Каферниган 5	38,456367	68,735917	710	Чимтеппа, левый берег
21	Каферниган 6	38,457222	68,736667	710	Чимтеппа правый берег
22	Хонако 1	38,562317	68,534267	864	Перед Гиссаром
23	Хонако 2	38,49885	68,580933	723	После Гиссара
24	Каферниган 7	38,4428	68,602983	677	За Гиссарской крепостью

Отобранные образцы были доставлены в Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ (ИВПГиЭ) для измерения физико-химических параметров воды и в Институт биологической безопасности ТАСХН РТ (ИПББ) для микробиологического анализа.



Рис. 1 Карта из Google Earth с нанесенной на нее точками отбора образцов

## Результаты анализов и их обсуждение

Результаты анализов физико-химических и микробиологических (Коли-индекс) параметров образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2  
Физико-химические и микробиологические параметры образцов отобранных в бассейне реки Каферниган

№	Точки отбора проб	рН	Кислород		Электропроводность	Соли	Коли-индекс
			мг/л	%			
1	Сардаи Миена	8,16	6,46	75,4	232	112	90
2	Каферниган 1	8,14	6,15	72,4	228	110	90
3	Ес	8,14	6,79	76,6	204	96	90
4	Каферниган 2	8,07	6,03	71,3	276	136	нд
5	Каферниган 3	8,17	6,42	76,1	274	135	нд
6	Зидди	8,76	7,22	75,9	370	189	90
7	Майхура	8,38	7,58	79,2	248	121	90
8	Варзоб 1	8,27	8,06	85,1	272	134	90
9	Хоча оби гарм	8,19	7,7	81,3	207	98	95
10	Тагоб	8,05	7,94	83,8	247	120	90
11	Варзоб 2	8,02	8,13	86,5	210	100	90
12	Оби чаппа	8,06	7,6	81,3	215	103	180
13	Оджук	7,99	7,83	84,5	167,5	76	90
14	Варзоб 3	7,98	7,5	81,6	225	108	90
15	Харангон	8,1	7,67	81,2	344	174	23800
16	Варзоб 4	8,09	7,7	84,5	258	126	90
17	Лучоб	8,37	7,75	85,1	279	138	190
18	Каферниган 4	8,14	6,09	67,1	317	159	2300
19	Элок	8,12	6,3	69,9	563	296	23800
20	Каферниган 5	7,94	5,78	62,8	482	251	220
21	Каферниган 6	7,92	5,38	61,2	446	231	230
22	Хонако 1	8,19	6,17	67,6	320	161	9600
23	Хонако 2	8,02	6,54	70,8	558	293	23800
24	Каферниган 7	7,98	6,79	72,2	476	248	940

Анализ физико-химических характеристик воды показал, что воды в реках бассейна являются слабощелочными. Значения рН в опробованных водах изменяются от 7,92 до 8,76 (рис. 2). Максимальное значение рН приходится на р. Зидди (рН=8,76), наименьшее значение рН присуще р. Каферниган 6 (рН=7,92).

На рисунках верховья рек представлены слева, низовья - справа.

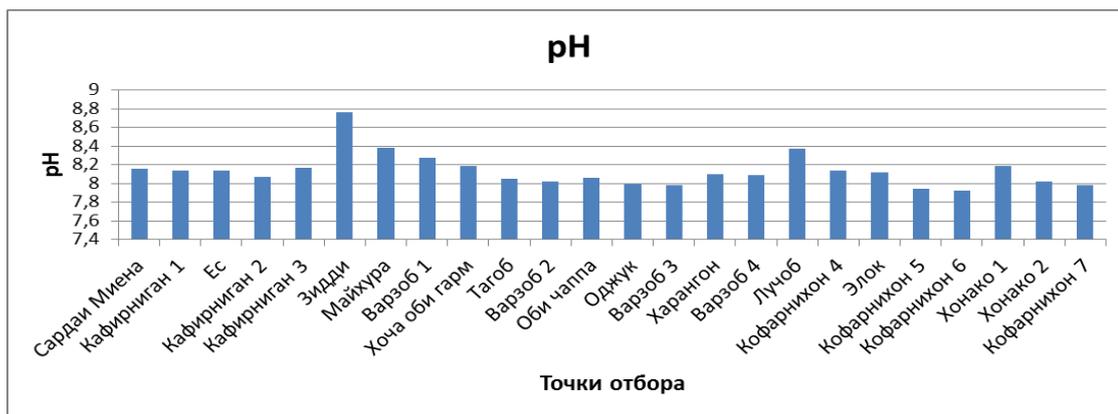


Рис. 2 Распределение pH- фактора по рекам

Стоит отметить, что в бассейне реки Зидди производятся масштабные работы по добычи угля. Точка Каферниган 6 расположена на 1 км ниже Душанбинских очистных сооружений, на которых в последнее время производится реконструкция и начали применять новые реагенты, на основе хлора, для обеззараживания воды, что могло изменить химический состав воды в реке Каферниган.

Важной биохимической характеристикой воды является концентрация растворенного кислорода. В застойных водах содержание кислорода сильно уменьшается, и, наоборот, в горных реках - в условиях бурного течения - происходит обогащение кислородом. Все реки в достаточной степени насыщены кислородом (рис. 3). Наибольшая концентрация кислорода наблюдается в р. Варзоб и ее притоках.

В поверхностных водах концентрация растворенного кислорода изменяется от нуля до 14 мг/л, подвержена существенным сезонным и суточным колебаниям, которые в основном зависят от соотношения интенсивности процессов его потребления и продуцирования. В статических водных объектах с увеличением глубины слоя воды содержание кислорода резко уменьшается вследствие ослабления фотосинтеза. Концентрация кислорода уменьшается вследствие потребления его на окисление органических веществ, а также при потреблении водными организмами. И,

наоборот, в случае высокой интенсивности фотосинтеза вода значительно пересыщается кислородом, концентрация может достигать более 20 мг/л [4].

Минимальное содержание растворенного кислорода в водах для нормального развития рыб составляет около 5 мг/л, понижение ее является неблагоприятным. Неблагоприятно также для развития рыб и чрезмерное пресыщение воды кислородом.

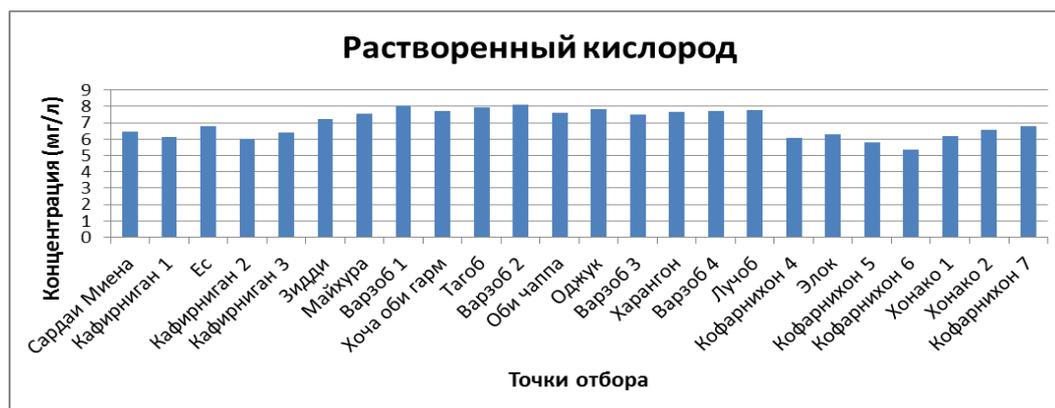


Рис. 3 Содержание растворенного кислорода в реках

Анализ физико-химических показателей воды показал, что вода во всех реках в достаточной степени насыщена кислородом. Наибольшая концентрация кислорода наблюдается в горных реках, в частности в р. Варзоб и ее притоках.

Удельная электрическая проводимость воды напрямую зависит от физико-химических характеристик воды, и в первую очередь от наличия солей (анионов и металлов), растворенных в водах, рис. 4.

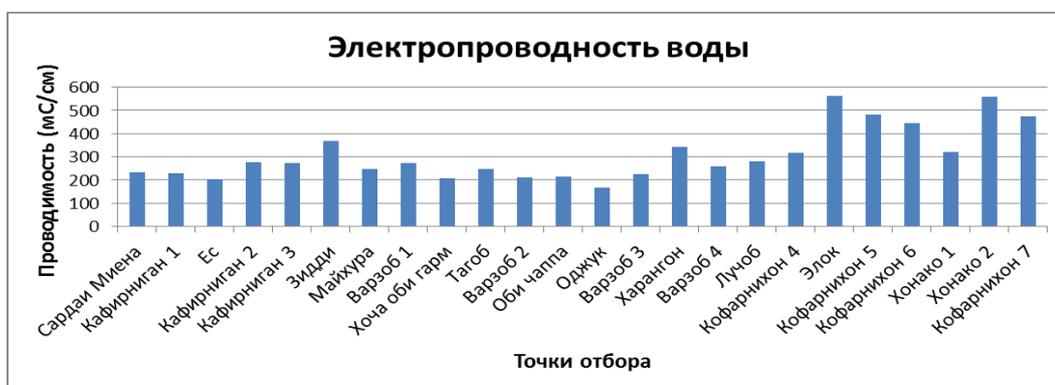


Рис. 4 Электропроводность воды в реках

Измеренные параметры удельной проводимости (рис. 4) хорошо коррелируют с картиной распределения солей в водах (рис. 5).

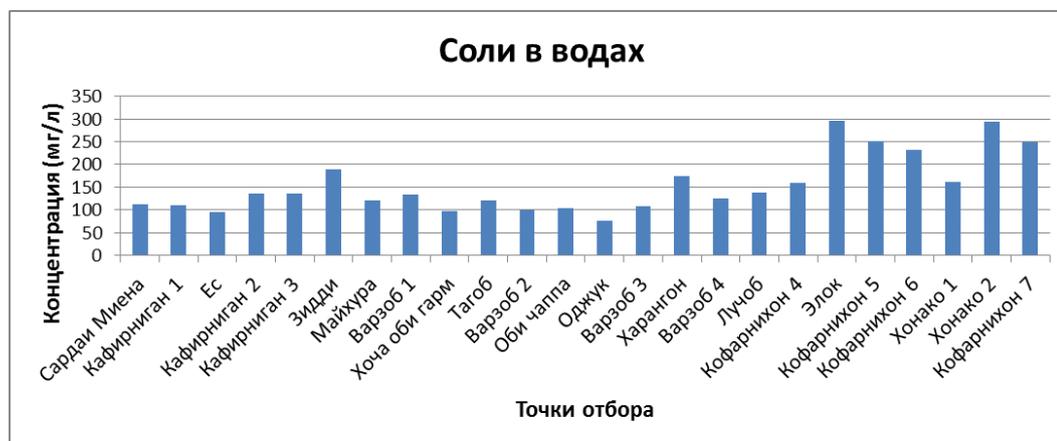


Рис. 5 Распределение солей в водах рек

Минерализация воды в реках представлена достаточно интересно; для рек характерна неоднородность в распределении солевого состава воды (рис. 5). Наибольшая концентрация солей, равная 296 мг/л, зарегистрирована в р. Элок (до слияния с Каферниганом). Минимальная концентрация, равная 76 мг/л, зарегистрирована в точке Оджук. Вода во всех реках является пресной.

Гигиенические нормативы по показателям, определяющим качество и безопасность воды, представлены в СанПиН 2.1.4.005-07 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» [7], в том числе по содержанию микроорганизмов в воде. Микробиологические показатели определяют безопасность воды в эпидемическом отношении.

Содержание бактерий в воде, выражаются общим микробным числом и включают в себя группу - колиформных бактерий (в том числе термотолерантных) [11].

Термин «Колиформные бактерии» относится к классу грамотрицательных бактерий, имеющих форму палочек, в основном живущих и размножающихся в нижнем отделе пищеварительного тракта человека и большинства теплокровных животных (домашнего скота и

водоплавающих птиц) [11]. Как правило, в воду они попадают с фекальными стоками и способны выживать в ней в течение нескольких недель, хотя и лишены (в подавляющем большинстве) способности к размножению.

Соответственно, если данные бактерии находятся в питьевой воде, то это значит, что есть источник загрязнения воды сточными водами.

На рисунке 6 показаны результаты анализов «Коли индекса» для анализируемых вод. Измеренный в лаборатории фон составил 29 КОЕ/ 1 мл.



Рис. 6 Распределение Коли индекса в реках

Гигиеническими нормами установлена верхняя граница содержания патогенов в водах открытых водоемов с общим микробным числом (ОМЧ) 100 КОЕ/1мл.

Вода практически во всех притоках и в самой реке Варзоб чиста с микробиологической точки зрения. Единственной сильнозагрязнённой рекой в бассейне Варзоб является р. Харангон, с повышенным фоном также являются реки Оби чаппа и Лучоб. Примечательно, что вода реки Варзоб перед деривационном (питьевым) каналом чиста с ОМЧ=90 КОЕ/1 мл.

Значительно хуже ситуация сложилась в средней части реки Каферниган. Реки Элок и Хонако сильно загрязнены в нижнем течении. Общее микробное число реки Хонако возрастает более чем в три раза при прохождении реки через Гиссар.

Интересная картина наблюдается на реке Каферниган перед слиянием с рекой Элок ОМЧ=2300 КОЕ/1 мл. Ниже по течению в районе моста Чимтеппа

ОМЧ падает до 220-230 КОЕ/1 мл, а ниже Гиссаркой крепости вновь возрастает до 960 КОЕ/1 мл. Такое распределение общего микробного числа можно объяснить воздействием новых реагентов, которые применяются на Душанбинских очистных сооружениях. Эти реагенты убивают патогены не только на очистных сооружениях, но и в реке Каферниган. Действие реагентов имеет локальный характер и спустя 10-15 км количество патогенных микроорганизмов вновь возрастает.

### **Выводы**

Проведена совместная экспедиция сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве РТ и Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН РТ в бассейне реки Каферниган. Исследованы река Каферниган и ее притоки, река Варзоб от истоков до устья и река Хонако. На реках произведен отбор проб воды на 24 точках отбора. Измерены координаты точек отбора, сфотографированы места отбора проб. В ИВПГиЭ АН РТ исследованы физико-химические характеристики образцов воды. В Институте проблем биологической безопасности ТАСХН РТ проведены микробиологические анализы проб воды.

Сильнозагрязнёнными с микробиологической точки зрения оказались реки Харангон, Элок и Хонако. Вода перед забором в деривационный (питьевой) канал г. Душанбе оказалась чистой по физико-химическим и микробиологическим параметрам.

Обнаружено, что реагенты, применяемые на очистных сооружениях города Душанбе, благотворно влияют на микробиологический состав воды в среднем течении реки Каферниган. Их действие носит локальный характер и не распространяется далее 20-25 км вниз по реке.

Авторы выражают свою благодарность руководству Комитета по чрезвычайным ситуациям и гражданской обороне при Правительстве РТ за участие и помощь в проведении исследований.

## Литература

1. «Правила охраны поверхностных вод» (Типовые положения), 1991.
2. ГОСТ 17.1.1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. [Электронный ресурс]. <http://ohranatruda.ru>
3. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества - М.: Стандартиформ, 1982.- 62с.
4. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.- М.: Стандартиформ, 1982.- 9с.
5. СанПиН 2.1.5.006-07. Санитарные правила и нормы. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов хозяйственно-питьевого назначения. МЗ РТ. - Душанбе, 2007.- 17 с.
6. СанПиН 2.1.4.004-07. Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. МЗ РТ. - Душанбе, 2007.- 62 с.
7. СанПиН 2.1.4.005-07. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. МЗ РТ. - Душанбе, 2007.- 62 с.
8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования согласно Гигиеническим нормативам РФ (ГН 2.1.5.1315-03) [Электронный ресурс]. [http://www.ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/41/41363/index.php](http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/41/41363/index.php)
9. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. - М.: Издательство ВНИРО, 1999. - 304 с.
10. Potable water. [Электронный ресурс]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Potable\\_water](http://en.wikipedia.org/wiki/Potable_water)
11. Показатели, определяющие качество и безопасность питьевой воды нецентрализованных источников водоснабжения. [Электронный ресурс]. <http://www.cge-amur.ru>

### Сведения об авторах

**Абдушукуров Джамшед Алиевич** - кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Института Водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии Наук Республики Таджикистан.

Тел. +992919000832. E-mail: [abdush\\_dj@mail.ru](mailto:abdush_dj@mail.ru)

**Абдусамадзода Далер** - соискатель Института Водных проблем, гидроэнергетики и экологии Академии Наук Республики Таджикистан.

**Назарова Орзугул Домолоджановна** - кандидат биологических наук, заведующая лабораторией зоонозных инфекций Таджикской Академии сельскохозяйственных наук. E-mail: [orzugul@mail.ru](mailto:orzugul@mail.ru)

**Махмадов Тоджидин** – Заведующий Республиканской химико-радиометрической лабораторией КЧСиГО при Правительстве Республики Таджикистан.

**Рахимов Ильхом Мирзоевич** – специалист Института Водных проблем, гидроэнергетики и экологии АН Республики Таджикистан.

**Стоцкий Дмитрий Францевич** – специалист Республиканской химико-радиометрической лаборатории КЧСиГО при Правительстве Республики Таджикистан.

### ТАТҚИҚОТИ ФИЗИКӢ-ХИМИЯВӢ ВА МИКРОБИОЛОГӢ ОИД БА ОБИ ДАРӢХОИ ҲАВЗАИ КОФАРНИҲОН

**Д.А. Абдушукуров, Д. Абдусамадзода, О.Д. Назарова, Т. Махмадов,  
И.М. Рахимов, Д.Ф. Стотский.**

Тадқиқоти физикӣ-химиявӣ ва микробиологӣ оид ба оби дарёҳои хавзаи Кофарниҳон гузаронида шуд. Тадқиқи дарёҳои Кофарниҳон, Варзоб ва Хонақо нишон дод, ки шохобҳои Харангон, Элок ва Хонақо ба дараҷаи баланд ифлос гаштаанд. Оби дарёи Варзоб пеш аз он ки ба канали дериватсионӣ дохил гардад, тоза мебошад. Ошкор карда шуд, ки реагентҳои обтозакунанда дар иншооти обтозакунандаи ш. Душанбе ба

таркиби микробиологии оби дарёи Кофарниҳон ва миёнаоби он таъсири мусбат бахшидааст.

**Калимаҳои калидӣ:** дарёи Кофарниҳон, дарёи Варзоб, нишондоди физикӣ-химиявӣ обҳо, коли-индекс.

## **PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PARAMETERS OF WATERS, IN THE FLOOD PERIOD, IN THE RIVER BASIN OF KAFIRNIGAN**

**D. Abdushukurov, D. Abdusamadzoda, Z.V. Kobuliev, O.D. Nazarova, T. Makhmadov, I.M. Rakhimov, D.F. Stotsky**

Investigation of physical-chemical and microbiological parameters of waters in the rivers of the Kafirnigan basin have been carried out. The rivers Kafirnigan, Varzob and Honako are investigated. It is shown that the inflows of Harangon, Elok and Honako are highly contaminated. The water before the derivation (drinking) channel of the Varzob River is clean. The positive effect of the reagents used on the Dushanbe sewage treatment plants on the microbiological composition of the water in the Kafirnigan River in its middle reaches has been revealed.

**Key words:** Kafirnigan River, Varzob River, physical-chemical parameters of water, Coli-index.

## **ТАРИФ КАК МЕХАНИЗМ РЕГУЛИРОВАНИЯ УСЛУГ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В Г. ДУШАНБЕ**

**Б.С. Бобиев, М.И. Исмоилов.**

*(Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими)*

*Данная статья посвящена весьма актуальному вопросу транспортной отрасли – тариф как механизм регулирования услуг пассажирского транспорта в г. Душанбе. В статье приведена история становления и*

*развития пассажирского транспорта г. Душанбе, имеющего недостатки в тарифном регулировании, и факторы, влияющие на его определение.*

*Отмечается, что в качестве основного инструмента повышения эффективности тарифных систем используются проездные билеты, новые способы тарифного регулирования пассажиропотока и доходов. Считается необходимым разработка новых методов формирования пассажирских тарифов.*

**Ключевые слова:** транспорт, государственное регулирование, транспорт общего пользования, тариф, льгот, перевозка.

*Развита не та страна, где все бедные люди ездят на своем собственном автомобиле, а та страна, в которой богатые люди пользуются общественным транспортом.*

Столица Таджикистана – город Душанбе (до 1961 года – Сталинабад) – расположена в центре Гиссарской долины на высоте более 800 метров над уровнем моря. С севера и востока его обнимают предгорья увенчанного белоснежными шапками Гиссарского хребта, вершины которого поднимаются до высот четырёх и более тысяч метров над уровнем моря.

Хотя начало развития Душанбе в качестве города в основном приходится на первую половину XX века, однако эта местность благодаря благоприятному климату и географическому расположению имеет очень давнюю историю в качестве места обитания и деятельности людей. Еженедельно по понедельникам здесь организовывался крупнейший рынок региона, от этого и берет свое начало название Душанбе. Название Душанбе впервые упомянуто в письме хана Балха Субхонкула Баходура русскому царю Романову в декабре 1676 года, в этом письме имеются сведения о наличии жителей на территории Душанбе.

Основной магистралью, связующей Душанбе с другими районами, в начале 19 в. была колесная дорога Гузар – Душанбе. На этом тракте работало 4 тыс. верблюдов [2]. В конце 1929 г. по городу начал ходить первый автобус,

а регулярное автобусное движение в городе было осуществлено в 1930 году по маршруту «Вокзал – город», а затем появились новые линии: «площадь Фрунзе – хлопкоочистительный завод», «Площадь Фрунзе – стандартный поселок». Рос и автомобильный парк, который в 1934 году всего насчитывал немногим более 199 машин, а в 1939 г. уже имелось более 2 тыс. автомашин. В 1937 году в городе появились первые легковые такси [3].

Развитие электрического транспорта в городе началось в середине 50-х годов, когда в соответствии с решением N 106 исполкома Сталинабадского городского Совета депутатов трудящихся от 6 апреля 1955 года в городе было организовано троллейбусное управление [10]. Уже 1 мая 1955 года по главному проспекту республики (где был расположен «Дом деханина», место которого сейчас функционирует Русский государственный драматический театр имени В.В. Маяковского.) – проспекту Ленина в торжественной обстановке отправились в рейс первые городские троллейбусы, произведенные на Энгельском троллейбусном заводе имени Урицкого – модели МТБ-82Д. Первый маршрут составлял всего 11 км и пролегал от поселка Северный по проспекту Ленина (ныне проспект Рудаки) к железнодорожному вокзалу. Развитие маршрутной сети получило продолжение в 1957 году, когда была открыта линия N 2, в 1958 году к ней была добавлена линия N 3. С вводом в эксплуатацию 2-го троллейбусного парка в 1967 году протяженность контактной сети возросла до 49 км, число маршрутов увеличилось до 9, количество троллейбусов возросло до 65 единиц, а число работников достигло 700 человек.

Регулирование работы пассажирского транспорта и управление дорожным движением города Душанбе являются актуальными и приоритетными вопросами развития города.

Ведущая роль в транспортном обслуживании города Душанбе принадлежит автомобильному транспорту. В городе функционируют четыре коммунальных государственных унитарных предприятий пассажирского

транспорта (КГУП) – КГУП «Автобус – 1», КГУП «Автобус – 2», КГУП «Автобус – 3», КГУП «Троллейбус» и 17 автотранспортных предприятий частного сектора различной форм собственности, которые обслуживают 89 действующих маршрутов города. Деятельность пассажирского транспорта централизованно контролируется Государственным коммунальным предприятием «Душанбенаклиётхадамотрасон»-ом, подчиняющимся Местному исполнительному органу государственной власти города Душанбе.

Общественный пассажирский транспорт - одна из основных инфраструктурных составляющих хозяйства города Душанбе. Пассажирские перевозки имеют большую социальную значимость: влияют на уровень транспортной подвижности населения и структуру затрат потребительских расходов. За счет того, что городской общественный транспорт обеспечивает потребности основной части населения в перевозках, существенное отставание развития пассажирского транспорта от необходимого уровня транспортного обслуживания вызывает обострение социально-экономических проблем и негативно сказывается на работе других видов экономической деятельности. Для повышения прибыльности услуг городского пассажирского транспорта нужно формировать спрос на эти услуги и, кроме этого, организовать работу городского пассажирского транспорта так, чтобы она соответствовала требованиям пассажиров. При организации пассажирских перевозок необходимо проведение грамотной тарифной политики, так как от нее зависит финансовая стабильность предприятий транспорта.

На практике применяются различные подходы к регулированию тарифов: принятие обязательных правил установления тарифов, установление предельных тарифов, установление размеров тарифов. В любом случае в понятие «регулирование» включаются тарифная политика и возмещение из бюджета доли тарифа, некомпенсированной установленной платы за проезд. Получив возможность регулировать тарифы, администрация города стала заложником ситуации, выход из которой оказался совсем не очевиден.

С одной стороны, низкий уровень жизни населения приводит к необходимости ограничивать уровень тарифов на проезд в городском пассажирском транспорте (в дальнейшем ГПТ), а с другой стороны, ограниченные возможности бюджетов не позволяют компенсировать в полном объеме убытки предприятий ГПТ.

Как свидетельствует проведенный анализ, в городе Душанбе стоимость проезда на пассажирский общественный транспорт разная. Стоимость проезда на автобусах большой вместимости и троллейбусах, которые в основном принадлежат государственным предприятиям, равна 80 дирамам, а на автобусах малой вместимости, это в основном автомобили марки «Старекс», «Газель», «Мерседес»-ы, которые принадлежат, в основном, частным транспортным компаниям равна 1,60 сомони. Однако совсем невероятным представляется, чтобы была такая же значительная разница в себестоимости перевозок пассажиров. Кроме того, средняя дальность поездки при использовании одних и тех же типов транспорта на маршрутах города разная, а тариф не дифференцирован. При расчетах по ныне действующим тарифам значение средней дальности поездки пассажиров в городе Душанбе используется следующим образом:

- 3,72 км для автобусов большой вместимости и троллейбусов;
- 5,5 км для микроавтобусов, определенные согласно исследованиям ООО «ПИТ Наклиёт», проводимые еще в 2007 году.

Основные факторы, определяющие среднюю длину пассажиропоездки - территориальные размеры города, трассировка транспортной сети, маршрутная система и планировочная структура города, т.е. взаимное размещение в нем жилых зон, промышленных районов (мест приложения труда) и культурно - бытовых центров. Однако реальные данные о средней дальности поездки на маршрутах можно получить только в результате обследования пассажиропотоков, что является весьма трудоёмкой работой и не всегда возможной.

С непрерывным развитием города, в том числе возведением новых жилых домов, административных зданий, объектов сферы торговли и оказания услуг, сооружения сферы здравоохранения, строительства дорог (только в 2016 году приходится 123 объекта и сооружения, в том числе жилые дома – 192199 м<sup>2</sup>, административные здания – 3834 м<sup>2</sup>, объекты сферы торговли и оказания услуг – 81194 м<sup>2</sup>, сооружения сферы здравоохранения – 104620 м<sup>2</sup>, строительство дорог – 23,8 км. на площади – 729159 м<sup>2</sup>), строительством промышленных предприятий (только за последние 7 лет в городе Душанбе свыше 300 единиц увеличилось число промышленных предприятий, число новых возведенных производственных предприятий только в 2016 году составил 71 единицу), строительством новых микрорайонов, проспектов и улиц (объем финансирования на ремонт и реконструкцию столичных дорог за последние 7 лет увеличился на более чем в 15 раз), ростом населения города, что по официальной статистике в 2016 году составило 802700 человек, соответственно растет спрос на пассажирский транспорт.

Действующая маршрутная сеть пассажирского транспорта города Душанбе была построена на основе исследований, проведенных в 80-ые годы XX-го столетия. С открытием новых маршрутов пассажирского транспорта в маршрутную сеть города были внесены некоторые изменения и дополнения. Средняя дальность пассажиров, которая используется в расчетах по определению тарифов, была определена на основании обследования пассажиропотоков, проводимого почти 10 лет тому назад, т.е. ещё в 2007 году. Однако данный показатель, который считается ключевым показателем, используемым в расчетах по определению стоимости проезда на услуги пассажирского автомобильного транспорта, не совсем соответствует нынешним реалиям пассажиропотока города Душанбе и его структуры. Следует отметить, что средняя длина поездок оказывает прямое влияние на показатели работы предприятий городского пассажирского транспорта. При том же объеме пассажироперевозок и разной средней длине поездок объем

транспортной работы предприятия (пассажиरोоборот) может быть существенно различным.

Кроме того, согласно «Положение по калькулированию себестоимости перевозок (работ и услуг) с целью разработки номинальных транспортных тарифов на предприятиях транспорта Республики Таджикистан», утвержденное Приказом министра транспорта за №15 от 18.01.2002 года, а также «Рекомендации по расчету производительности подвижного состава и статей себестоимости перевозок на автомобильном транспорте Республики Таджикистан», утвержденным Приказом министра транспорта Республики Таджикистан за №305 от 31 декабря 2002 года, которые используются при расчете тарифов на пассажирские услуги автомобильного транспорта в городе Душанбе, не учитываются следующие показатели:

- надбавка к норме расхода топлива на обогрев салонов автобусов и кабин автомобилей независимыми отопителями, литр на час работы на линии. Работа автомобиля на линии устанавливается при обработке путевого листа подвижного состава.

- поправочные коэффициенты на норму расхода топлива для автомобилей, находящихся в эксплуатации более 5 лет – до 5% и более 8 лет – до 10%;

- поправочный коэффициент для автомобилей, работающих на жидком сжиженном газе (согласно Распоряжению министра транспорта Республики Таджикистан за №255 от 28.11.2013 год «Об утверждении нормы расхода топлива для автомобильного транспорта Республики Таджикистан» на 1 литр бензина рекомендуется не более 1,32 литра газа);

- используемые коэффициент вместимости (используется 0,35) и коэффициент использования для автобусов большой вместимости и троллейбусов (используется 0,95) также не соответствуют сегодняшним реалиям и на примере маршрутов города Душанбе требуют отдельного исследования.

Согласно данным ГКП «Душанбенаклиётхадамотрасон» по объёму пассажирских перевозок и пассажирооборота за последние 5 лет (2011-2015 (9 месяцев) годы), простым расчетным методом была определена средняя дальность поездки пассажиров для государственного и частного секторов, оказывающих услуги по перевозке пассажиров автомобильным транспортом в отдельности, которые приводятся ниже в таблицах:

Таблица 1

Коммунальный сектор

Годы	Р тыс. пасс.км.	Q тыс. пасс.	Средняя дальность поездки пассажиров, км (Lcp)	Примечание
2011	458320,7	93414,7	4,9	
2012	466831	95044,4	4,9	
2013	476303	96790,4	4,9	
2014	480975,1	97599,1	4,9	
2015	357883,9	72570,8	4,9	За 9 месяцев
<b>В среднем</b>	<b>448062,74</b>	<b>91083,88</b>	<b>4,9</b>	

Таблица 2

Частный сектор

Годы	Р тыс. пасс.км.	Q тыс. пасс.	Средняя дальность поездки пассажиров, км (Lcp)	Примечание
2011	371054	67170,9	5,5	
2012	473897	84574,4	5,6	
2013	576549	104365	5,5	
2014	610805	110106	5,5	
2015	478293	85857,8	5,6	За 9 месяцев
<b>В среднем</b>	<b>502119,5</b>	<b>90414,96</b>	<b>5,6</b>	

На некоторых направлениях пассажирам выгоднее использовать так называемые «нелегальные таксы», которые оказывают услуги стоимостью не значительно отличающиеся с общественным транспортом, с большой скоростью доставки и более комфортных условиях. Это свидетельствует о том, что тариф все в большей степени начинает играть роль ограничения доступа к пользованию общественным транспортом. Данный фактор, с другой

стороны, определяет категорию пассажиров, готовых взамен на быструю доставку, качество и комфортность перевозки оплатить больше.

Во многих странах мира в качестве основного инструмента повышения эффективности тарифных систем используются проездные билеты, новые способы тарифного регулирования пассажиропотока и доходов только начинают внедряться на транспорте дальнего следования. Одной из задач в сфере пассажирских перевозок является разработка новых методов формирования пассажирских тарифов. Логическим продолжением построения системы пассажирских тарифов является определение механизма повышения ее эффективности.

#### **Список литературы:**

1. Бекмагамбетов М. Интеллектуальные транспортные системы в Республике Казахстан. – Алматы, 2013. – 403 с.
2. Бобиев Р.С., Шохмузафари С. Проблемы развития управления пассажирскими перевозками города Душанбе. III Международная научно - практическая конференция. «Молодой ученый: Вызовы и перспективы», №1(3), Москва 2016г.
3. Душанбе. Энциклопедия. Редакционная коллегия: Амиров Р.А., Диловаров М.А., Диноршоев М.Д. и др. Главный редактор Курбанов А.К., Душанбе, 2004, 592 стр. с илл.
4. История города Душанбе (с древнейших времен до наших дней). Авторский коллектив: А.Л. Абдуллоев, М.А. Бубнова, А. Гафуров и др. Под общей редакцией М. Убайдуллоева. Душанбе, 2004.
5. Статистический ежегодник Республики Таджикистан, 2014
6. [www.tdc.tj](http://www.tdc.tj);
7. <http://khovar.tj/old/rus/president/42898-vystuplenie-v-chest-90-letiya-obreteniya-gorodom-dushanbe-statusa-stolicy.html>;
8. Отчет Управления ГАИ МВД РТ за 9 месяцев 2015 года.

9. <https://ru.wikipedia.org>
10. [http://www.omnibus.ru/arhiv/1-2\\_2008/arhivarius/](http://www.omnibus.ru/arhiv/1-2_2008/arhivarius/)
11. [http://stat.tj/img/65a709121baf8a64bf15d33f398aafde\\_1435736650.p](http://stat.tj/img/65a709121baf8a64bf15d33f398aafde_1435736650.p)

### **Сведения об авторах**

**Бобиев Рахмидин Саломович** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» факультета «Менеджмент и транспортные коммуникации» ТТУ им. акад. М.С. Осими, контактная информация: тел. (992 938) 80-08-98, E-mail: [romish1975@inbox.ru](mailto:romish1975@inbox.ru)

**Исмоилов Махмуд Исокович** – ст. преподаватель кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» факультета «Менеджмент и транспортные коммуникации» ТТУ им. акад. М.С. Осими, тел. (992 919) 14-01-13, E-mail: [mahmud\\_7@inbox.ru](mailto:mahmud_7@inbox.ru)

## **ТАРИФ ҲАМЧУН МЕХАНИЗМИ ТАНЗИМИ ХИЗМАТРАСОНИҲОИ НАҚЛИЁТИ ИСТИФОДАИ УМУМ ДАР Ш. ДУШАНБЕ**

**Р.С. Бобиев, М.И. Исмоилов**

Мақолаи мазкур ба масъалаи бисёр муҳими соҳаи нақлиёт – тариф ҳамчун механизми танзими хизматрасониҳои нақлиёти истифодаи умум дар шаҳри Душанбе бахшида шудааст. Дар мақола таърихи пайдоиш ва рушди нақлиёти мусофирбари шаҳри Душанбе, камбудии ҷойдошта дар танзими тариф ва омилҳои онро муайянкунанда оварда шудаанд.

Қайд гардидааст, ки воситаи асосии баланд бардоштани самаранокии системаи тарифӣ истифодаи чипта, усулҳои нави танзими тарифии анбуҳи мусофирон ва даромад мебошад. Шуморида мешавад, ки таҳияи усулҳои нави ташаккули тарифҳои мусофирбарӣ зарур аст.

**Климаҳои калидӣ:** нақлиёт, танзими давлатӣ, нақлиёти ҷамъиятӣ, тариф, имтиёз, роҳкиро, интиқол.

## **TARIFF AS A MECHANISM OF REGULATION OF PASSENGER TRANSPORT SERVICES IN DUSHANBE**

**R.S. Bobiev, M.I. Ismoilov.**

This article is devoted to a very topical issue of the transport industry - tariff as a mechanism for regulating passenger transport services in Dushanbe. The article shows the history of the formation and development of passenger transport in Dushanbe, which have shortcomings in tariff regulation and factors affecting its definition.

It is noted that as the main tool for increasing the efficiency of tariff systems, travel tickets, new ways of tariff regulation of passenger traffic and revenues are used. It is considered necessary to develop new methods for the formation of passenger tariffs.

**Key words:** transport, state regulation, public transport, tariff, benefits, transportation.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИСКОВОГО ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА ТРАКТОРА МТЗ**

**А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоков, В.Б. Тедеев**

*Предлагаемый тормозной механизм позволяет одновременно поворачивать нажимные диски в сторону направления вращения тормозных дисков при движении трактора вперед. При этом тяговые крутящие моменты, образованные в процессе взаимодействия поверхностей нажимных и фрикционных дисков, совпадают с крутящими моментами, прилагаемыми к нажимным дискам со стороны приводов тормозов. В результате увеличиваются суммарные осевые силы, воздействующие со стороны нажимных дисков на тормозные диски, что приведет к повышению эффективности торможения трактора.*

**Ключевые слова:** дисковый тормозной механизм, нажимной диск, тяговый момент, тормозной момент, радиус трения.

Целью работы является повышение эффективности работы дискового тормозного механизма трактора МТЗ при торможении его в процессе движения в прямом направлении, путем увеличения усилия воздействия нажимного диска на тормозной диск за счет использования тяговых моментов, возникающих между ними.

Величина тормозного момента, создаваемая дисковым тормозным механизмом, определяется по формуле:

$$M = \mu \cdot N \cdot (R + r) \cdot i / 2 = \mu \cdot N \cdot R_{\text{ср}} \cdot i \quad (1)$$

Где  $N$  - сила, прижимающая прижимной диск к фрикционному диску;

$\mu$  - коэффициент трения;

$R$  и  $r$  – наружный и внутренний радиусы фрикционной накладки;

$R_{\text{ср}}$  - средний радиус трения;  $i$  - число пар поверхностей трения.

Процесс торможения трактора осуществляется в основном при его движении вперед. Однако тормозные механизмы трактора МТЗ как при движении вперед, так и при движении назад, одинаково эффективны.

Дисковый тормозной механизм трактора (рис. 1) состоит из тормозных дисков с фрикционными накладками (8 и 9), вращающимися вместе с валом (4), и нажимных тормозящих дисков (5). При нажатии на педаль (1) тормоза нажимные диски (5) поворачиваются навстречу друг другу, шарики (6) между этими дисками выкатываются из выемок по скосам и раздвигают диски. Вращающиеся тормозные диски (8 и 9) прижимаются нажимными дисками (5) к неподвижному корпусу (7), при этом вращение вала (4) затормаживается.

Силы и моменты, приложенные в процессе торможения к нажимному диску со стороны привода тормозного механизма, распорных шариков, показаны на рис. 1.

где  $M_{\text{ПОВ}}$  - крутящий момент, который прилагается со стороны серьги привода к нажимному диску;

$P_K$ ,  $P_{\text{Ц}}$  и  $P_N$  – составляющие (касательная, центростремительная и нормальная) сил, приложенных со стороны распорных шариков к нажимному диску.

Кроме того, в процессе торможения трактора между нажимными и фрикционными дисками возникают моменты. Со стороны нажимных дисков к фрикционным - это будут тормозные моменты  $M_{\text{ТОР}}$ , а со стороны фрикционных дисков на нажимные диски - тяговые моменты  $M_{\text{ТЯГ}}$  ( $M_{\text{ТОР}} = M_{\text{ТЯГ}}$ ). При увеличении суммы тормозных моментов от 0 до величины суммы моментов, которые приложены со стороны трансмиссии к фрикционным дискам, трактор останавливается.

С учетом тяговых моментов уравнения равновесия моментов, приложенных к нажимным дискам в процессе торможения, будут выглядеть следующим образом:

а) при совпадении направлений вращений нажимного и фрикционного дисков:

$$M_{\text{ПОВ}} + M_{\text{ТЯГ}} - 3P_K \cdot R_{\text{Ш}} = 0, \quad (2)$$

где  $R_{\text{Ш}}$  – радиус окружности, вдоль которой располагаются центры распорных шариков.

С учетом того, что  $M_{\text{ТЯГ}} = 3P_N \cdot R_{\text{СР}} \cdot \mu = N \cdot R_{\text{СР}} \cdot \mu$  и  $P_K = P_N \cdot \text{tg}\alpha$  формула (2) предстанет в следующем виде:

$$M_{\text{ПОВ}} + N \cdot R_{\text{СР}} \cdot \mu - 3P_N \cdot \text{tg}\alpha \cdot R_{\text{Ш}} = 0,$$

где  $\alpha$  - угол, заключенный между  $P$  и  $P_K$  и зависит от форм гнезд под шарики в дисках.

$$M_{\text{ПОВ}} + N \cdot R_{\text{СР}} \cdot \mu - N \cdot \text{tg}\alpha \cdot R_{\text{Ш}} = 0$$

$$M_{\text{ПОВ}} + N \cdot (R_{\text{СР}} \cdot \mu - \text{tg}\alpha \cdot R_{\text{Ш}}) = 0$$

$$N = -M_{\text{ПОВ}} / (R_{\text{СР}} \cdot \mu - \text{tg}\alpha \cdot R_{\text{Ш}})$$

$$N = M_{\text{ПОВ}} / (R_{\text{Ш}} \cdot \operatorname{tg} \alpha - R_{\text{СР}} \cdot \mu)$$

б) при несовпадении направлений вращений нажимного и фрикционного дисков:

$$-M_{\text{ПОВ}} + N \cdot R_{\text{СР}} \cdot \mu + 3P_N \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot R_{\text{Ш}} = 0$$

$$N = M_{\text{ПОВ}} / (R_{\text{Ш}} \cdot \operatorname{tg} \alpha + R_{\text{СР}} \cdot \mu)$$

Следовательно, в процессе торможения трактора при совпадении направлений вращений фрикционного и нажимного дисков между ними возникает тяговый момент. Этот момент, зависящий от площади фрикционной накладке и коэффициента трения ( $R_{\text{СР}} \cdot \mu = \mu \cdot (R+r)/2$ ), способствует увеличению силы, прижимающей прижимной диск к фрикционному диску  $-N$ , а следовательно, и величину тормозного момента  $M$  (1).

С другой стороны, между парами нажимного и тормозного дисков, вращающихся в разные стороны, возникает тяговый момент, который стремится препятствовать повороту нажимного диска. Это, в свою очередь, приведет к снижению усилия воздействия нажимного диска на фрикционный.

Однако в связи с тем, что данная схема тормозного механизма является саморегулирующей (нажимные диски подвижны вдоль оси вала и взаимодействуют между собой посредством шариков), то суммарные осевые силы со стороны нажимных дисков на тормозные диски будут усредняться.

Для повышения эффективности работы тормозных механизмов трактора МТЗ при движении его в прямом направлении необходимо, чтобы направление вращения нажимных дисков в процессе торможения совпадало с направлением вращения фрикционных дисков.

В связи с этим на рис.2 предлагается схема конструкции тормозного механизма.

Тормозной механизм содержит педаль(1), тягу(2), вал(3), нажимные диски (4), шарики (5), корпус(6) и тормозные диски с фрикционными накладками(7). При этом шарики(5) будут находиться в полостях,

образованных выемками на поверхностях корпуса и нажимных дисков. Эта схема тормозного механизма позволяет одновременно поворачивать нажимные диски в сторону направления вращения тормозных дисков при движении трактора на основных эксплуатационных передачах (при движении трактора задним ходом направления вращения нажимных и тормозных дисков не будут совпадать). При движении трактора в прямом направлении в процессе торможения тормозные крутящие моменты, образованные в процессе взаимодействия поверхностей нажимных и тормозных дисков, совпадают с крутящими моментами, прилагаемыми к нажимным дискам. В этом случае суммарные осевые силы, воздействующие со стороны нажимных дисков на тормозные диски, возрастают, что приведет к более эффективному торможению трактора.

Соответственно со стороны нажимных дисков на фрикционные диски будут действовать прижимающие силы  $N = M_{\text{ПОВ}} / (R_{\text{Ш}} \cdot \text{tg} \alpha - R_{\text{СР}} \cdot \mu)$ .

Величина же тормозного момента, создаваемая дисковым тормозным механизмом, будет:

$$M = \mu \cdot N \cdot R_{\text{СР}} \cdot i / 2 = 2\mu \cdot R_{\text{СР}} \cdot M_{\text{ПОВ}} / (R_{\text{Ш}} \cdot \text{tg} \alpha - R_{\text{СР}} \cdot \mu).$$

### **Выводы:**

1. В принцип работы дисковых тормозных механизмов заложены возможности конструктивного улучшения.
2. Предлагаемый дисковый тормозной механизм существенно улучшает тормозные возможности трактора МТЗ на передачах прямого хода.
3. Предлагаемая конструкция тормозного механизма может быть применена в тормозных системах тракторов, автомобилей и мотоциклов.

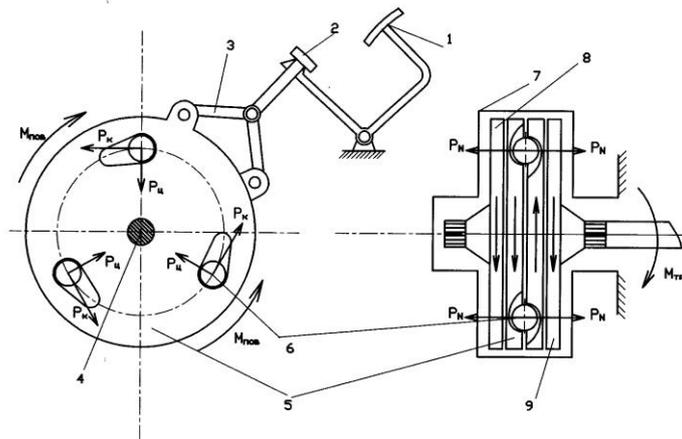


Рис. 1. Дисковый тормозной механизм трактора МТЗ: 1-педаля, 2-тяги с регулировочной гайкой, 3-серьга, 4-вал, 5-нажимные диски, 6-шарик, 7-корпус, 8, 9-диски с фрикционными накладками.

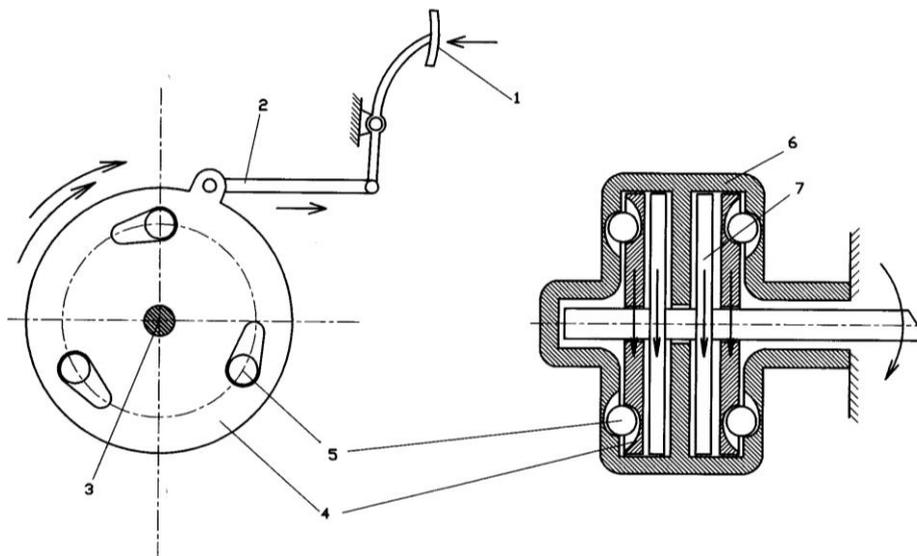


Рис. 2. Предлагаемый дисковый тормозной механизм трактора: 1-педаля, 2-тяги, 3-вал, 4-нажимные диски, 5-шарик, 6-корпус, 7-диски с фрикционными накладками.

### Литература:

1. А.П. Антонов, Н.М. Антышев и др. «Скоростная сельскохозяйственная техника», М.: «Россельхозиздат» 1986 г., -191с.
2. Г.И. Мамити «Проектирование тормозов автомобилей и мотоциклов», Минск: «Дизайн ПРО» 1997г., -112с.
3. Г.И. Мамити, М.С. Льянов «Функциональный и прочностной расчет тормозов мотоцикла» Владикавказ: 2002г. -212с.
4. Д.И. Мельников «Тракторы» М.: ВО «Агропромиздат» , 1990, -367с.

5. И.П. Ксенович и др. «Тракторы МТЗ-80 и МТЗ-82». М.: «Колос», 1975.

6. Пат. №2435997 Российская федерация, МПК F16D 65/16, 55/24 Дисковый тормозной механизм трактора МТЗ./Абаев А.Х., Шанаева Д.А., Абаев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Горский государственный аграрный университет» (RU).-№ 2435997 С2; заявл. 2.11.2009; опубл. 10.12.11, Бюл. №34.

### Сведения об авторах

**Абаев А.Х.** - к.т.н., доцент, Горский государственный аграрный университет

**Качмазова Е.И.** - ст. преподаватель, Горский государственный аграрный университет

**Саибов А.А.** - к.т.н., доцент, Таджикский национальный университет

**Умирзоков А.М.**-к.т.н., доцент Таджикский национальный университет

**Тедеев В.Б.** - к.т.н., доцент Юго-Осетинский государственный университет

### ТАКМИЛДИҲИИ МЕХАНИЗМИ ҚУРСИИ БОЗДОРИИ ТРАКТОРИ МТЗ

**А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоков, В.Б. Тедеев**

Механизми боздории пешниҳодшуда имконият медиҳад, ки ҳангоми ҳаракати трактор ба пеш курсҳои зеркунанда якбора ба тарафи самти чархзании курсҳои боздорӣ равона карда шаванд. Дар ин ҳолат моменти даврзанӣ дар раванди таъсири байниҳами курсҳои зеркунанда ва фриксионӣ пайдо гардида, бо моменти даврзание, ки курсҳои зеркунанда аз ҳаракатоварҳои боздориҳо мегиранд, бо ҳам мувофиқ меафтанд. Дар натиҷа қимати чамъи қувваҳои тирӣ, ки бо он курсҳои зеркунанда ба

курсҳои боздорӣ таъсир мерасонанд, як дараҷа зиёд гашта, ба беҳтар шудани самаранокии боздории трактор боис мегардад.

**Калимаҳои калидӣ:** механизми чархии тормозӣ, чархаи фишордиҳанда, тяговый момент, моменти кашидашаванда, радиуси соиш.

## THE DISK BRAKE MECHANISM OF MTZ

**A.N.Abaev, E.I.Kachmazova, A.A.Saibov, A. M.Umirzokov, V.B.Tedeev**

The offered brake gear makes it possible to turn simultaneously pressure plates in the direction of brake plates' rotation while tractor's forward movement. Herewith traction torsion torques originating in the process of interaction of surfaces of pressure and friction disks coincide with torsion torques applied to the pressure plates from the brake actuators. In the result of this, the cumulative thrust forces affecting the brake plates from pressure disks increase that will lead to the increase of tractor's brake efficiency.

**Key words:** disc brakes, pressure plate, tractive moment, braking torque, friction radius.

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ ПРИЦЕПОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоков, В.Б. Тедеев**

*В статье приведен способ эффективного торможения прицепа легкового автомобиля, который отличается тем, что растормаживание колес прицепа осуществляется за счет отключения механизмом выключения (системой тяг и рычагов) энергоаккумуляторов при приложении автомобилем тягового усилия к сцепному устройству.*

**Ключевые слова:** центральный и бортовые энергоаккумуляторы, винтовая пара, демпфирующий элемент, механизм выключения энергоаккумуляторов, тормозные механизмы, сцепное устройство.

Величина касательной силы тяги на ведущих колесах автомобиля зависит от вращающего момента на колесах (мощности двигателя и передаточного отношения трансмиссии), а также от сцепления колес с опорной поверхностью. Данные показатели зачастую достаточны для того, чтобы легковые автомобили более эффективно использовались в составе автопоезда в качестве тягача. Для легковых автомобилей выпускаются прицепы, однако их полная масса не может превышать половины фактической массы буксирующего транспортного средства (ПДД РФ, п. 20 - буксировка механических транспортных средств с недействующей тормозной системой). Наиболее интенсивно легковые автопоезда используются в черте городов и в пригородах (грузоперевозки коммерческой и другой деятельности юридических и физических лиц), в автотуризме и т. д. Но ограничение фактической массы прицепов легковых автомобилей значительно снижает эффективность их использования.

По техническим требованиям прицепы, имеющие допустимую полную массу более 750 кг, должны быть оборудованы рабочим и стояночным тормозами. Рабочая тормозная система предназначена для снижения скорости транспортного средства в любых условиях движения. У прицепов и полуприцепов полной массой свыше 3 тонн рабочая тормозная система должна иметь не менее двух независимых контуров. Стояночный тормоз должен удерживать прицеп с грузом в заторможенном состоянии на сухой дороге с твердым покрытием на уклоне 20%, а тормозной путь легкового автомобиля с прицепом не должен превышать 10% тормозного пути одиночного автомобиля. У современных прицепов и полуприцепов для обеих систем используются колодочные способы торможения колес.

Ограничение полной массы выпускаемых прицепов легковых автомобилей обусловлено отсутствием у них тормозной системы. Это связано с оснащением тягачей гидравлической системой привода тормозов. Высокое давление в системе, а также то, что утечка жидкости в ней может привести к

отказу тормозов не дает возможность трансформировать гидравлическую систему тягача на прицеп. Применение пневматического привода облегчает и упрощает управление тормозной системой автомобиля, создает возможность использования сжатого воздуха для привода тормозов прицепа и других различных целей. Но изготовление и обслуживание пневмопривода сложнее, чем гидропривода. У него выше стоимость, больше время срабатывания и значительные потери мощности двигателя на привод компрессора, сложность размещения компрессора под капотом. Система тормозов с механическим приводом является самой архаичной. Но вследствие присущих ей качеств, плохо отвечающих современным условиям, применение этой системы на автомобилях сократилось. Применение традиционных механических систем тормозов для прицепов неприемлемо из-за низкой эффективности управления ими из салона водителя.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является поршневая тормозная камера с пружинным энергоаккумулятором. Ими часто оснащены пневматические системы тормозов автомобилей большой грузоподъемности (например, КАЗ-4540). Этот механизм состоит из корпуса тормозной камеры, диафрагмы, штока камеры, возвратной пружины, толкателя, поршня, цилиндра.

Данная тормозная камера с энергоаккумулятором работает следующим образом: при движении автомобиля сжатый воздух находится в полости цилиндра энергоаккумулятора, поршень вместе с толкателем занимает верхнее положение.

При торможении рабочим тормозом сжатый воздух подается в полость над диафрагмой. Диафрагма воздействует на шток, который перемещается и передает усилие на клин тормозного механизма. При выпуске воздуха шток и диафрагма возвращаются в исходное положение с помощью возвратной пружины клина.

При включении стояночного тормоза сжатый воздух выпускается из цилиндра энергоаккумулятора. Поршень под действием силовой пружины движется вниз и перемещает толкатель, который воздействует на диафрагму, шток и клин разжимного устройства — происходит торможение автомобиля.

При выключении стояночного тормоза воздух подается в цилиндр под поршень, который, поднимаясь, сжимает пружину. При этом поднимается толкатель и освобождает диафрагму и шток, которые под действием пружины клина занимают исходное положение.

При утечке сжатого воздуха из привода автоматически срабатывает пружинный энергоаккумулятор, что приводит к торможению автомобиля. Для аварийного растормаживания предусмотрено механическое устройство, состоящее из винта, гайки и упорного подшипника.

Однако для функционирования данного механизма необходим сжатый воздух, т.е. компрессор.

У традиционных тормозных систем автомобилей и автопоездов торможение вращающихся колес осуществляются тормозными механизмами посредством воздействия на них водителем через привод.

Существенным отличием предлагаемого устройства является то, что, прицеп имеет свою независимую систему торможения, которая осуществляет самоторможение колес тормозными механизмами при неподвижном автопоезде (прицепе) или когда скорость тягача меньше скорости прицепа (при замедлении и остановке), а также при самостоятельном движении прицепа (разрыв сцепки). При начале движения, ускорении или равномерном движении тягач, через тягово-сцепное устройство, посредством привода (системой тяг, рычагов и натяжных пружин) выключает энергоаккумуляторы, растормаживая колеса прицепа. Предлагаемая тормозная система имеет преимущество перед существующими тормозными системами прицепов, так как одновременно выполняет функции рабочего, стояночного, аварийного и горного тормозов.

На рис.1 представлена схема предлагаемого устройства. Схема состоит из рамы(1), винтовой пары ручного выключения тормозов(2), сцепного устройства(3), демпфирующего устройства(4), системы тяг и рычагов привода(5, центрального(6) и бортовых энергоаккумуляторов(7), раздвижных механизмов колодок(8), тормозных колодок(9) и тормозных барабанов (10).

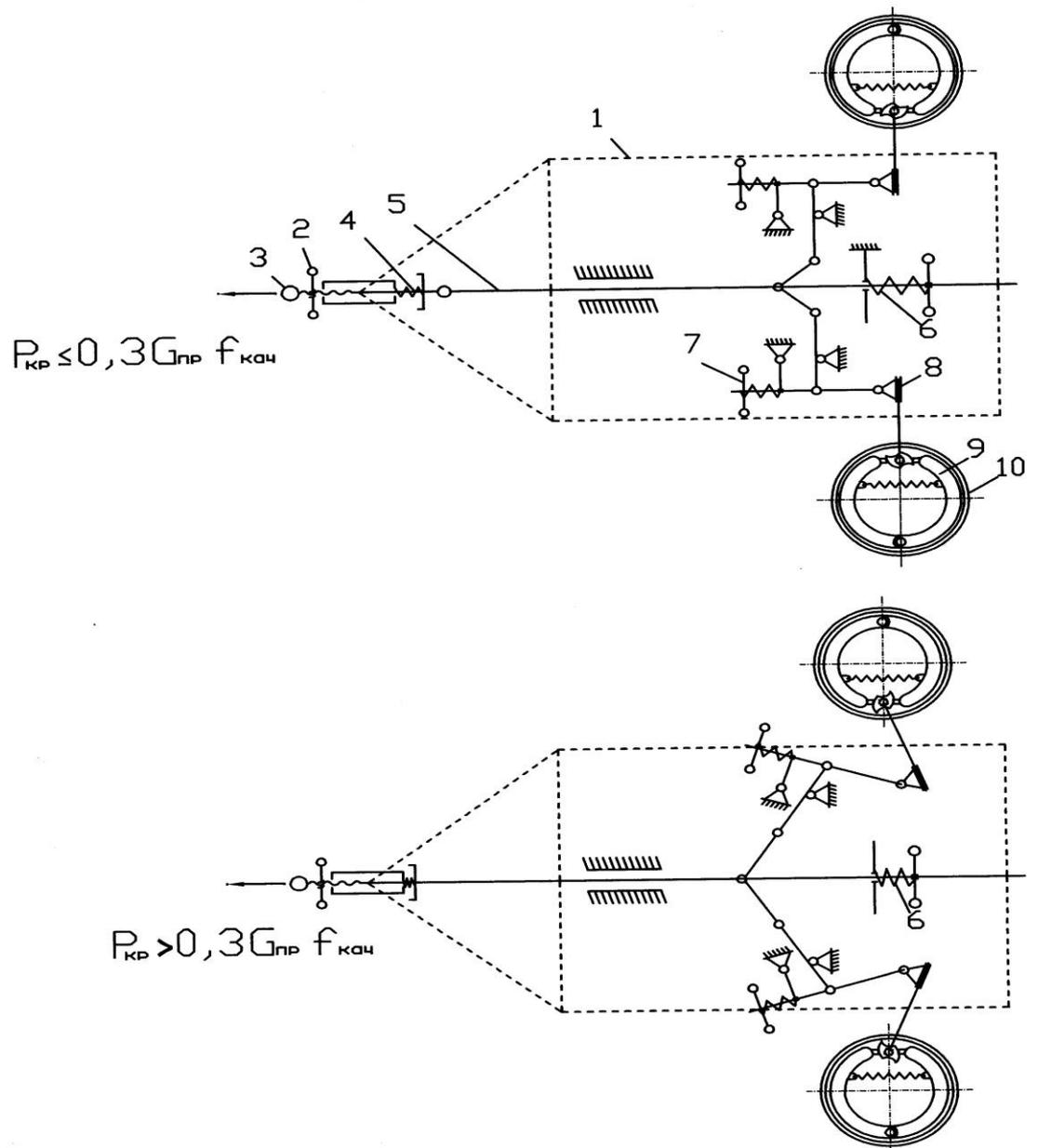


Рис. 1. Схема тормозной системы прицепа легкового автомобиля

В этом случае автопоезд осуществляет торможение как с серийным безтормозным прицепом. Если прицеп загружен более 30% от полной массы тягача, тогда винтовой парой(2) включают тормозную систему. При стоянке автопоезда или при обгоне прицепом тягача (замедлении и полном прекращении движения) под действием пружин энергоаккумуляторов (6 и 7) осуществляется самоторможение прицепа. При трогании с места, ускоренном или равномерном движениях тягач через сцепку (3), систему тяг и рычагов привода (5), преодолевая упругость пружин (6 и 7) энергоаккумуляторов, передает усилия на раздвижные механизмы (8) тормозных колодок (9), растормаживая тормозные барабаны.

Следовательно, данный способ позволяет легковому автомобилю иметь эффективный привод для торможения колес прицепа, не расходуя на это мощность двигателя и мышечное усилие водителя, что в конечном итоге дает возможность полную массу прицепа приблизить к полной массе автомобиля.

### **Литература:**

1. Железнов Е.И. Эффективность торможения малотоннажных автопоездов: учеб. пос. /Железнов Е.И.; ВолгГТУ. - Волгоград: "Политехник", 2005. - 99 с.
2. Михайловский Е.В. Серебряков К.Б. Устройство автомобиля. М.: «Машиностроение», 1987.-352 с.
3. Понизовский А. Н., Власко Ю. М. Краткий автомобильный справочник. М.: АО «Трансконсалтинг», 1994 г.
4. Пат. №2323110 Российская федерация, МПК ВГОТ 13/08. Способ эффективного торможения прицепов легковых автомобилей. [Текст] /Абаев А.Х., Березов М.П., заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Горский государственный аграрный университет» (RU).-№ 2323110 С2; заявл. 22.12.2008; опубл. 27.04.2008, Бюл. №12.-6с.: ил.

### **Сведения об авторах**

**Абаев А.Х.** - к.т.н., доцент, Горский государственный аграрный университет

**Качмазова Е.И.** - ст.преподаватель, Горский государственный аграрный университет.

**Саибов А.А.**- к.т.н., доцент, Таджикский национальный университет

**Умирзоков А.М.** - к.т.н., доцент Таджикский национальный университет

**Тедеев В.Б.** - к.т.н., доцент Юго-Осетинский государственный университет

### **УСУЛҲОИ БАЛАНДБАРДОРИИ САМАРАНОКИИ БОЗДОРИИ ЯДАКҲОИ АВТОМОБИЛҲОИ САБУКРАВ**

**А.Х. Абаев, Е.И. Качмазова, А.А. Саибов, А.М. Умирзоков, В.Б. Тедеев**

Дар мақола усули самарабахши боздории ядаки автомобили сабукрав оварда шудааст, ки тартиби қораш аз дигар системаҳои мавҷуда фарқкунанда мебошад. Ба қор даровардани чархҳои боздоштасудаи ядак, ҳангоми аз тарафи автомобил гузоштани қувваи кашиш ба сохтори пайвастшавии ядак ва аз тарафи механизми бекорсозӣ (системаи кашакҳо ва фишангҳо) аз қор монондани энергоаккумуляторҳо ба роҳ монда мешавад.

**Калимаҳои калидӣ:** батареяҳои захирақунандаи энергияи марказӣ ва қанорӣ, чуфти винтӣ, унсури хомӯшқунанда, механизмҳои тормозӣ, соҳти занҷирӣ.

### **THE BRAKING SYSTEM OF TRAILERS OF CARS**

**A.H. Abaev, E.I. Kachmazova, A.A. Saibov, A. M. Umirzokov, V.B. Tedeev**

Effective way of applying the trailer brakes the car differs in that the release of the trailer wheels is carried out by shutting off the batteries mechanism (the system of rods and levers) by applying traction to the vehicle coupling.

**Key words:** central and onboard energy accumulators, screw pair, damping element, mechanism for deenergizing energy accumulators, brake mechanisms, coupling device.

## СИНТЕЗ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

**М.З. Алмаматов, Р. Ш. Халов, Ф. Джобиров**

*В данной статье проведен обзор кулисных МПС, разработана кинематическая схема кулисного МПС, которая исключает использование муфты и тормозов. Впервые описанные схемы безмуфтового пресса с кулисными механизмами были приведены в работе.*

**Ключевые слова:** кулисный механизм, безмуфтовый пресс, камень кулисы, кривошипно-ползунного механизма, пневмоцилиндр.

**Введение.** Впервые описание схемы безмуфтового пресса с кулисными механизмами было приведено в работе [2], а сама схема представлена на (Рис. 1.). Ползун 2 установлен в направляющих станины 1, в нем сделан вырез, нижняя часть которого имеет фасонные очертания. В вырез входит рамка кулисы 3. В рамке 3 перемещается камень 4, в который входит палец 5 эксцентрикового вала. Рамка 3 удерживается на месте в плотном соприкосновении со стенками выреза кулисы при помощи фиксатора 6, сидящего на поворотном валике 7.

Вращательное движение эксцентрикового вала создает движение эксцентрикового пальца 5, который, в свою очередь, с одной стороны, перемещает в рамке 3 камень кулисы 4, а с другой стороны, создает возвратно-

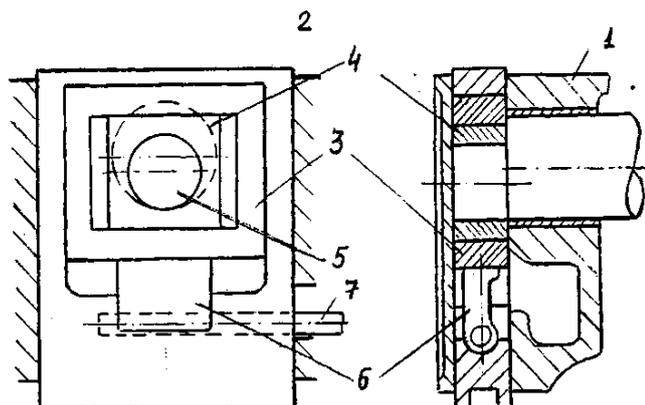


Рисунок 1 - Схема безмуфтового пресса с кулисным механизмом  
 поступательное движение ползуна.

Таким способом вращательное движение главного вала преобразуется в поступательное движение вала. Рассмотренный выше фиксатор 6 является выключателем. Если повернуть валик 7, то фиксатор 6 выйдет из постоянного соприкосновения с рамкой кулисы 3 механизма, т.е. нарушится связь между механизмом привода и рабочим органом. Тогда при вращении приводного вала будут перемещаться камень 4 в своей рамке 3 и рамка 3 в вырезе ползуна 2, а ползун остается неподвижным.

Рассмотренная нами схема кулисного механизма обеспечивает такой же закон движения, как и схема кривошипно-ползунного механизма с бесконечной длиной шатуна  $l_{ш} = \infty$ , т.е. перемещение ползуна описывается синусоидой. Недостатком рассмотренной конструкции пресса с кулисным механизмом является то, что в период рабочего хода создается момент на ползуне, который вызывает чрезмерное прижатие ползуна к направляющим, вызывая их интенсивный износ.

С целью уменьшения износа в направляющих, в работе [3] разработаны конструкции прессов с кулисными механизмами. В них паз на ползуне, по которому перемещается камень, выполнен под некоторым углом относительно горизонтальной плоскости (Рис. 2.) [1].

Пресс содержит размещенный в направляющих 1 станины 2 ползун 3,

смонтированный в опорах 4, эксцентриковый вал 5, размещенный в направляющих 6 наклонного окна 7, раму 8, охватывающую эксцентриковый вал 5 и размещенный в направляющих 9 окна 10 камень 11.

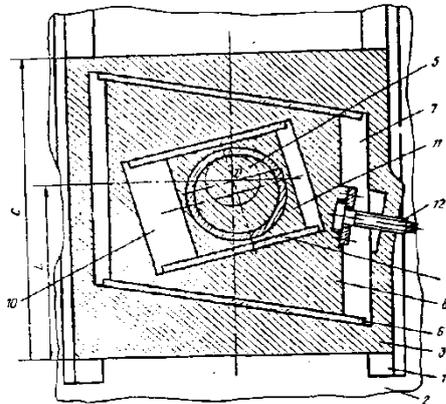


Рисунок 2 - Схема пресса с кулисным механизмом наклонными направляющими

Рама 8 связана с ползуном 3 посредством винта 12 регулировки закрытой высоты пресса. Окно 10 в рамке 8 выполнено с наклоном в сторону, противоположную наклону окна 7 в ползуне 3.

При таком выполнении конструкции пресса с наклоном паза направляющих камня кулисного механизма, по данным работы [1,] нагрузки на направляющих ползуна снижаются до 8-10% от технологического усилия. Рассмотренная схема пресса с кулисным механизмом включается с помощью муфты-тормоза.

Представлена схема безмуфтового пресса с кулисным механизмом, предложенная в работе [4]. Пресс содержит кривошипный вал 1, камень 2, кулису 4 и ползун 11. В холостом режиме работы ползун 11 удерживается в верхнем положении с помощью уравнивателя 13. Вращательное движение кривошипного вала 1 преобразуется при перемещении камня 2 относительно кулисы 4 в качательное движение кулисы 4, ползун неподвижен.

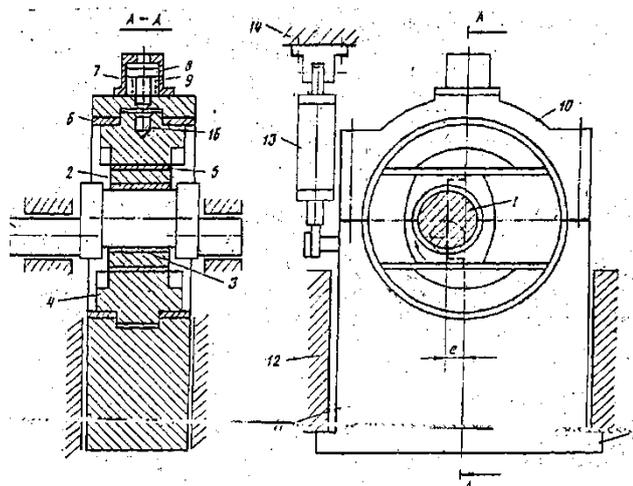


Рисунок 3 - Схема безмуфтового пресса с кулисным механизмом

Для перехода в рабочий режим сжатый воздух подается в пневмоцилиндр 7, шток которого, попадая в паз кулисы 4, жестко замыкает кулису 4 на ползуне 11. При дальнейшем вращении кривошипного вала 1 его вращательное движение преобразуется в горизонтальное перемещение камня 2 и в вертикальное перемещение ползуна 11.

Недостатком рассмотренной схемы является то, что в период выполнения технологической операции шток пневмоцилиндра 7 будет работать на срез и изгиб, что приведет к быстрому выходу из строя пневмоцилиндра 7, а также к возможному заклиниванию штока в пазу кулисы 4, из-за чего ползун может совершать повторные рабочие ходы после отключения, что вызывает аварийную ситуацию.

В практике часто используются механизмы, которые изменяют свою структуры с помощью встроенных в кинематическую цепь устройств или за счет системы управления привода.

Устройства, изменяющие структуру системы, могут выполнять роль соединительных, разделительных или образующих дополнительных связей элементов звеньев машин с целью обеспечения заданного закона движения исполнительных органов. Эти механизмы выполнены конструктивно в виде

механических, гидравлических, пневматических, электрических или комбинированных систем .

Рассмотрим рычажные механизмы, изменяющие закон движения ведомого звена при изменении одного из параметров. Такими механизмами являются кривошипно-ползунные, шарнирно-пятизвенные (кривошипно-коромысловые) и кулисные механизмы [1,2].

Наиболее неизученными остаются кулисные механизмы, по этой причине более подробно рассмотрим особенности работы и методику создания кулисных МПС.

В кулисных механизмах, представленных на (Рис.3), ведомое звено механизма также изменяет закон движения при изменении межопорного расстояния между опорой кривошипа и ползуном (опорой кулисы 3), длина кривошипа. Если данные условия не соблюдаются, кулиса имеет качательное движение, с момента соблюдения данного условия кулиса начинает совершать вращательное движение. Схема механизма представлена на (Рис. 4.) [4].

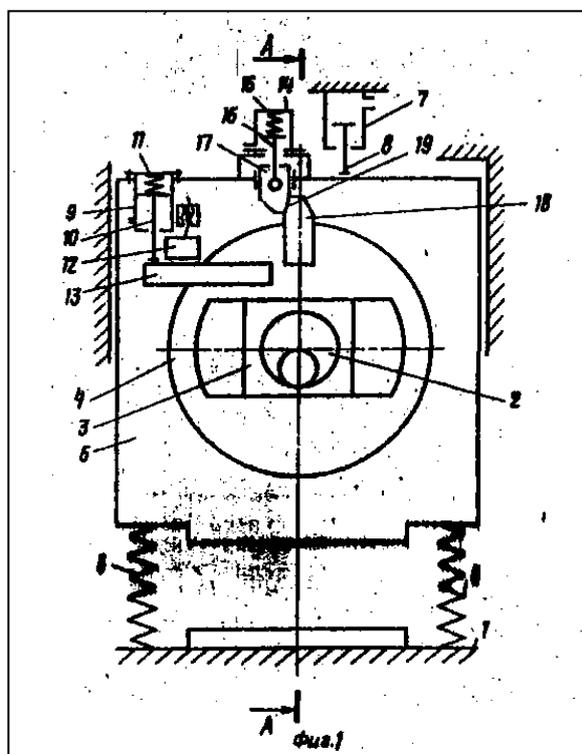


Рисунок 4 - Кинематическая схема пресса с кулисой МПС

Рассматривая принцип работы МПС, можно различить четыре режима работы:

1) Холостой режим работы.

В этом режиме ползун неподвижен, т.е. замкнут к стойке, механизм работает как шарнирно-четырёхзвенный механизм с качающейся кулисой. Механизм имеет одну степень свободы.

2) Переходный режим от холостого в рабочий.

В этом режиме механизм имеет две степени свободы, по этой причине для получения управляемого движения звеньев механизма необходимо двум звеньям задавать управляемые движения. Поэтому двум звеньям, кривошипу - от двигателя, ползуну - от устройства включения задаются управляемые движения.

3) Рабочий режим.

Коромысло замкнуто на ползуне, механизм работает как синусный (кривошипно-ползунный) механизм.

4) Переходной режим от рабочего в холостой.

В этом режиме МПС также имеет 2 степени свободы. Здесь дополнительным двигателем служит: в начале режима проворачивается кулиса с помощью устройства отключения, затем в конце режима после освобождения кулиса от захвата, накопленная потенциальная энергия упругих элементов перемещает ползун до исходного положения, т.е. вторыми двигателями являются упругие элементы.

### **Выводы**

Таким образом, обобщая обзор схем безмуфтовых прессов с кулисными механизмами, можно сделать вывод, что существующие схемы прессов также не позволяют увеличить надежность работы и производительность, так как применяемые силовые элементы включения быстро выходят из строя из-за несовершенства их кинематических схем.

## Литература

1. Артоболевский И.И Теория механизмов и машин М.Наука. 1985
2. Алимов О.Д., Абдраимов С., Алмаматов М.З. Высокоскоростные прессы с механизмами переменной структуры Журнал “Передовой опыт” “№ Москва. 1988
3. Алимов О.Д., Абдраимов С., Алмаматов М.З., Федоренко Ю.В. Рычажный кулисный механизм. Описание авторского свидетельства СССР №1566129
4. Алимов О.Д., Абдраимов С., Алмаматов М.З. Бесшатунный пресс. Описание авторского свидетельства СССР № 1400892.

## Сведения об авторах

**Алмаматов Мейманбай Закирович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Метрология и стандартизация» Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова, Кыргызстан 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [meiman56@mail.ru](mailto:meiman56@mail.ru) тел.: +996709987777

**Халов Расулбек Шамшидинович**, старший преподаватель кафедры «Метрология и стандартизация» Кыргызского государственного технического университета им. И.Раззакова, Кыргызстан 720044, г. Бишкек, пр. Мира 66, e-mail: [rass777kg@mail.ru](mailto:rass777kg@mail.ru) тел.: +996773216512.

## СИНТЕЗИ МЕХАНИЗМИ ЗЕРКАЧХАТКАШЇ БО СОХТОРИ

### ТАҒЙИРЇБАНДА

**М.З. Алмаматов, Р. Ш. Халов, Ф. Чобиров.**

Дар мақола шарҳи синтези механизми зеркачхаткашї бо сохтори тағйирёбанда оварда шуда, схемаи кинематикии синтези механизми зеркачхаткашї коркард шудааст, ки истифодаи муфт ва тормозро истисно

мекунад. Бори аввал схемаи пресси бемуфт бо механизми зеркачхаткашӣ ба кор дароварда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** механизми зеркачхаткашӣ, пресси бемуфт, санги зеркачхаткашӣ, пневмосилиндр.

## **SYNTHESIS ROCKER MECHANISM WITH VARIABLE STRUCTURE**

**M. Z. Almamatov., R. Sh. Halov., A. Jobirov**

This article reviewed the rocker MPS designed kinematics rocker MPS that eliminates the use of clutches and brakes. The first description of the scheme directcoupled press with rocker mechanism has been put in operation.

**Keywords:** rocker mechanism, clutchless press backstage rock, slider-crank mechanism, pneumatic cylinder.

## **ДИСКРЕТНАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА РАМ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ**

**Д.Н. Низомов, И.К. Каландарбеков, И.И. Каландарбеков**

*(Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН  
Республики Таджикистан)*

*В статье изложено развитие метода сосредоточенных деформаций в решении динамических задач рам. Разработаны алгоритм и программа численного решения задач расчёта рам при различных воздействиях методом сосредоточенных деформаций (МСД). Численным моделированием получены горизонтальные и вертикальные колебания рамы.*

**Ключевые слова:** математическая модель, матрица внешней жёсткости, дискретная динамическая модель, матрица затухания, колебания, мгновенный импульс.

Разбивая плоскую стержневую систему на элементы МСД и сосредоточив распределенную массу в узлах фиктивных связей, получим дискретную динамическую модель конструкции. Каждая сосредоточенная масса будет иметь три степени свободы, два поступательных перемещения и поворот. Таким образом, система с бесконечным числом степеней свободы превращается в систему с конечным числом степеней свободы. При этом элементы МСД считаются невесомыми и абсолютно жёсткими. Невесомые и жёсткие элементы, соединенные между собой податливыми связями в сечениях, где сосредоточены деформации, и несущие сосредоточенные массы, образуют единую динамическую систему.

На основе алгоритма статического расчёта, изложенного в [1], строится математическая модель решения динамической задачи рамы. Дискретная динамическая модель рамы состоит из обычных конечных элементов МСД, соединенных между собой упругими связями по линиям сосредоточенных деформаций, опорных элементов, связанных с основанием и невесомых узловых элементов. Распределённая масса стоек и ригелей рамы сосредоточивается в центрах соответствующих элементов, а их деформаций в смежных сечениях между ними. Предполагается, что узлы рамы являются жёсткими, вследствие чего концы стержней, сходящихся в одном жёстком узле, поворачиваются на один и тот же угол. Из статического равновесия узлов, получаем уравнений совместности сил и перемещений, что позволяют сформировать систему уравнений равновесия с минимальным числом независимых внутренних сил.

При численном моделировании обобщенная матрица внешней жёсткости динамической задачи рамы представляется в виде [2]

$$\mathbf{K}^* = \mathbf{K} + a\mathbf{M} + b\mathbf{D},$$

где  $\mathbf{K} = \mathbf{A}\mathbf{C}\mathbf{A}^T$  - матрица внешней жёсткости рамы;

$\mathbf{M}$  - диагональная матрица масс;

$D$  - матрица затухания;  $a = \alpha_1 / \tau^2$ ,  $b = \beta_1 / \tau$ ;  $\tau$  - шаг интегрирования по времени;  $\alpha_1, \beta_1$  - безразмерные параметры аппроксимации;

$A$  - матрица коэффициентов уравнений равновесия

$A^T$  - транспонированная матрица

$A$ ;  $C$  - диагональная матрица внутренней жёсткости рамы.

Рассмотрим на конкретном примере исследование свободных колебаний рамы.

Реализацию алгоритма МСД рассмотрим на примере порталной рамы, которая применяется в рамных фундаментах под машины и турбоагрегаты. Эта задача выбрана с целью, что имеется аналитическое решение по определению основных частот вертикальных и горизонтальных колебаний рамы [3]. Рассматривается П-образная рама со следующими данными:  $h = 4,5$  м;  $l = 3,0$  м; сечением ригеля и стоек  $0,8 \times 0,8$  м; модулем упругости  $E = 2,1 \cdot 10^6$  тс/м<sup>2</sup>; объёмный весом  $\gamma_0 = 2,4$  т/м<sup>3</sup>; коэффициентом Пуассона  $\nu = 0,25$ . Для дискретного представления рамы использовалось десять конечных элементов МСД: по три элемента в каждой стойке и четыре элемента в ригеле [1]. Горизонтальные и вертикальные свободные колебания рамы создавались в результате действия мгновенного импульса.

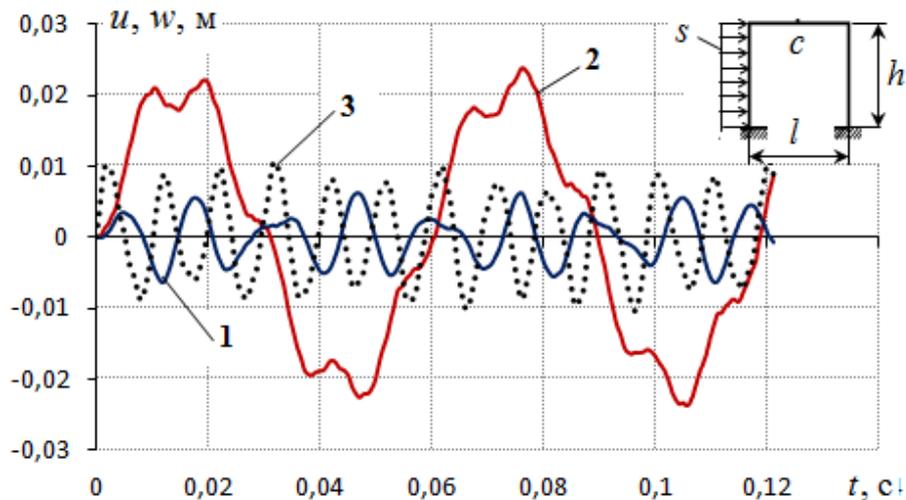


Рис. 1. Горизонтальные и вертикальные колебания рамы.

Графики вертикальных (кривая 1) и горизонтальных колебаний точки  $C$  (кривая 2) от действия распределённого горизонтального мгновенного импульса  $s = 1 \text{ тс} \cdot \text{с/м}$ . приведены на рис.1. Кривая 3 соответствует вертикальным колебаниям точки  $C$ , полученным от действия вертикального импульса  $s = 1 \text{ тс} \cdot \text{с/м}$ , равномерно распределённого по длине ригеля. Из рис. 1 (кривые 1 и 3) следует, что основной период вертикальных колебаний рамы находится в пределах от 0,01 до 0,015 с, что практически совпадает с решением метода Релея  $T = 0,0153 \text{ с}$  [3], где для вычисления частоты колебаний взята искривленная форма рамы, соответствующая загрузке ригеля распределённой нагрузкой. Основной период горизонтальных колебаний рамы (кривая 2)  $T = 0,088 \text{ с}$ , что примерно в 6-8 раз больше, чем основной период вертикальных колебаний. Для уточнения основных периодов свободных колебаний рамы были проведены численные эксперименты от действия горизонтальной гармонической нагрузки  $P(t) = 1 \times \sin(\theta t)$ , равномерно распределённой по длине стойки. Результаты численных экспериментов представлены на рис. 2, где кривые 1, 2 и 3 получены при частоте вынужденных колебаний, соответственно равной  $\theta = 259; 388,5; 414,4 \text{ рад/с}$ .

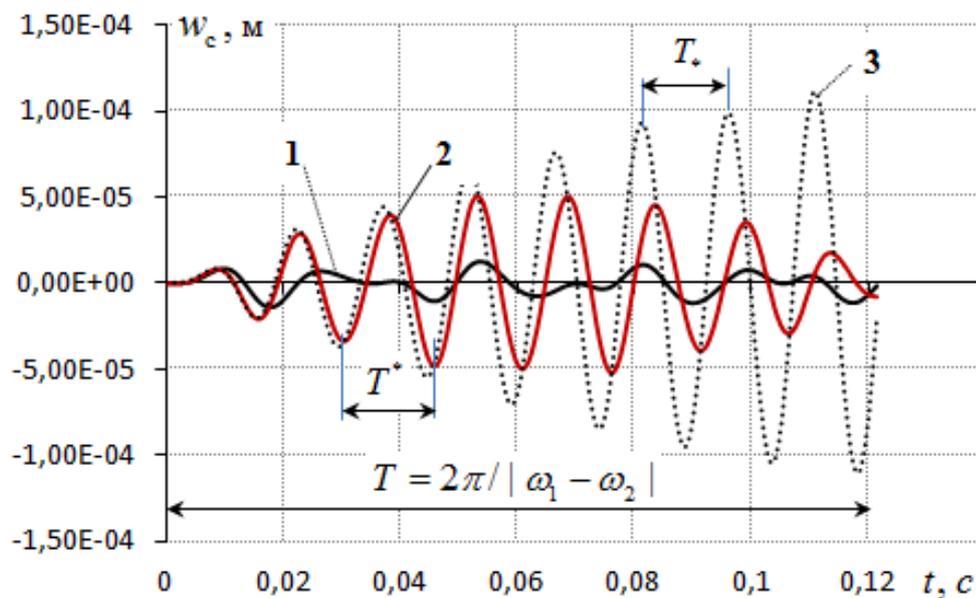


Рис. 2. Гармоническое воздействие.

Наложение свободных и вынужденных колебаний с периодами, мало отличающимися друг от друга, вызывает биения (кривая 2). Неуклонный рост амплитуды колебаний (кривая 3) свидетельствует о совпадении периодов свободных и вынужденных колебаний. Следовательно, уточненное значение основного периода свободных колебаний составляет  $T_0 = 0,0149$  с, что на 5% отличается от точного значения  $T_0 = 0,0157$  с.

**Вывод.** Разработанный алгоритм и программа расчёта, реализованная на тестовом примере, показывают удобство метода сосредоточенных деформаций при моделировании динамических задач рам. Сравнение результатов показывает, что при относительно небольшом количестве конечных элементов МСД мы получаем удовлетворительные результаты, отличающихся от точного решения в пределах до 5%.

### Литература

1. Каландарбеков И. Дискретная статическая модель рам метода сосредоточенных деформаций//Вестник ТГУ, 2015, №4(32). С.139 - 143.
2. Низомов Д.Н. Метод сосредоточенных деформаций/Д.Н. Низомов, И. Каландарбеков. – Душанбе: Дониш, 2015. – 435 с.

### Сведения об авторах

**Низомов Джахонгир Низомович** – д.т.н., профессор, чл.-корр. АН РТ, заведующий лабораторией теории сейсмостойкости и моделирования, автор более 200 научных работ, область научных интересов – строительная механика, теория сейсмостойкости, численные методы, механика разрушения.

**Каландарбеков Имомёрбек Каландарбекович** – д.т.н., доцент, чл.-корр. Инженерной Академии Республики Таджикистан, главный научный сотрудник Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН Республики Таджикистан, автор и соавтор более 100 научных работ.

**Каландарбеков Ифтихор Имомёрбекович** - ведущий инженер лаборатории теории сейсмостойкости и моделирования, аспирант, соавтор более пяти работ, область научных интересов – гидротехнические сооружения, строительная механика.

## **МОДЕЛИ ДИСКРЕТИИ ДИНАМИКИИ ҲИСОБИ РОМ БО МЕТОДИ МУТАМАРКАЗКУНИИ ДЕФОРМАТСИЯҲО**

**Ҷ.Н. Низомов, И.Қ. Қаландарбеков, И.И. Қаландарбеков**

Дар мақола инкишофи усули мутамарказкунии деформатсияҳо барои ҳали масъалаҳои динамикӣ оварда шудааст. Алгоритм ва барномаи ҳали ададии масъалаи ҳисоби ром аз таъсири импулси лаҳзагии яқлухти горизонталӣ ва амудӣ коркард шудааст. Бо роҳи моделкунонии ададӣ лапишҳои горизонталӣ ва амудии ром ба даст оварда шудаанд.

**Калимаҳои калидӣ:** модели математикӣ, матритсаи сахтии беруна, модели дискретии динамикӣ, матритсаи хомӯшкунанда, лапиш, импулси лаҳзагӣ.

## **DISCRETE DYNAMIC MODEL OF THE CALCULATION OF THE RAM BY THE METHOD OF CONCENTRATED DEFORMATIONS**

**D.N. Nizomov, I.K. Kalandarbekov, I.I. Kalandarbekov**

The article describes the development of the method of concentrated deformations in the solution of dynamic problems of frames. An algorithm and a program for the numerical solution of the problems of the calculation of frames for various actions by the method of concentrated deformations (MSD) have been developed. Horizontal and vertical oscillations of the frame are obtained by numerical simulation.

**Keywords:** mathematical model, matrix of external rigidity, discrete dynamic model, damping matrix, oscillations, instantaneous impulse.

## РАСЧЕТ КОНСОЛЬНОЙ БАЛКИ-СТЕНКИ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ МЕТОДОМ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Р.Р. Саидов, Б.Ж. Фаттоев

*(Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими)*

*В статье изложены результаты численного решения задач консольной балки-стенки на упругом основании методом сосредоточенных деформаций. Результаты расчета весьма ценны для проектирования несущих систем многоэтажных зданий.*

**Ключевые слова:** балка-стенка, напряженно-деформированное состояние, податливость, упругое основание, метод сосредоточенных деформаций.

В инженерной практике встречаются балочные конструкции, лежащие на сплошном упругом основании. К таким конструкциям могут быть отнесены ленточные фундаменты, фундаментная балка, шпалы железнодорожной пути и подпорной стена, балки–стенки и др. Расчет балки-стенки на упругом основании в строгой постановке приводит к решению инженерной задачи. Поэтому для решения инженерной задачи, связанной с расчетом балки-стенки, применяются численные методы. Для решения задачи в данной работе применяется метод сосредоточенных деформаций [1].

В работе [4] были получены результаты расчета балки-стенки, жестко заземленной в основании, от действия горизонтальной нагрузки, равномерно распределенной по вертикальной грани, а также исследованы вопросы сходимости и точности.

В данной статье исследуется влияние упругого основания на напряженно-деформированное состояние консольной балки-стенки. Предполагается, что грунт основания является однородным и его физические характеристики не изменяются. Упругая податливость основания характеризуется следующими параметрами [1]: 1) допускаемым статическим давлением  $\sigma_s$ ; 2) коэффициентом упругости при вертикальном равномерном

сжатии  $c_z$ ; 3) коэффициентом поворота основания  $c_{\varphi y}$ ; 4) коэффициентом упругости при равномерном сдвиге  $c_x$ . При этом коэффициенты жесткости опор, соответствующие сжатию, повороту и сдвигу, определяются так:

$$\xi = c_z F_z; \quad \omega = c_{\varphi y} I_y; \quad \eta = c_x F_x, \quad (1)$$

где  $F_z = F_x = 1 \cdot h_x$ ,  $I_y = 1 \cdot h_x^3 / 12$  - площадь и момент инерции грани конечного элемента, соприкасающейся с основанием.

Рассмотрим балки-стенки на упругом основании с отношением сторон 1:1 под действием горизонтальной нагрузки  $q$ , равномерно распределенной по вертикальной грани (рис.1). Здесь исследуются результаты численных экспериментов сходимости и точности метода сосредоточенных деформаций при различных разбиениях. Результаты получены при следующих данных:  $b/a = 1.0$ ,  $q = 1 \text{ м/м}$ ,  $E = 2 \cdot 10^6 \text{ м/м}^2$ ,  $\mu = 1,2$ ,  $c_z = 4 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3$ ,  $c_{\varphi y} = 8 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3$ ,  $c_x = 2 \cdot 10^3 \text{ тс/м}^3$ .

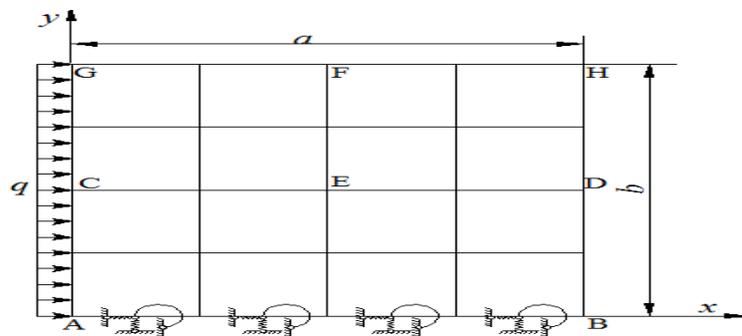


Рис.1. Консольная балка-стенка на упругом основании.

С целью анализа сходимости и точности численного решения в табл.1 приведены результаты расчета квадратной балки-стенки при различных разбиениях. Видно, что при густой разбивке нормальные напряжения  $\sigma_{xA}, \sigma_{xB}$  вблизи угловой точки пропорционально возрастают, т.е. два раза уменьшается шаг сетки и примерно в два раза увеличивают напряжения. Что касается касательных напряжений вблизи точки A и B, то имеет место медленная их сходимость. Сходимость по перемещениям в точках G и H достаточно удовлетворительная.

Таблица 1.

Результаты расчета балки-стенки при различных разбиениях.

Метод МСД	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\sigma_{yC}$	$\sigma_{yD}$	$\sigma_{xE}$	$\sigma_{xF}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$	$u_{xG}$	$u_{xH}$
8x8	0,688	-0,685	0,125	-0,160	-0,477	-0,473	-0,751	-0,627	5,976	5,770
10x10	1,200	-1,190	0,241	-0,281	-0,491	-0,493	-0,911	-0,762	8,158	7,940
16x16	1,920	-1,900	0,207	-0,261	-0,498	-0,590	-1,020	-0,812	8,393	8,159
20x20	2,430	-2,880	0,259	-0,318	-0,501	-0,515	-1,100	-0,860	8,691	8,451

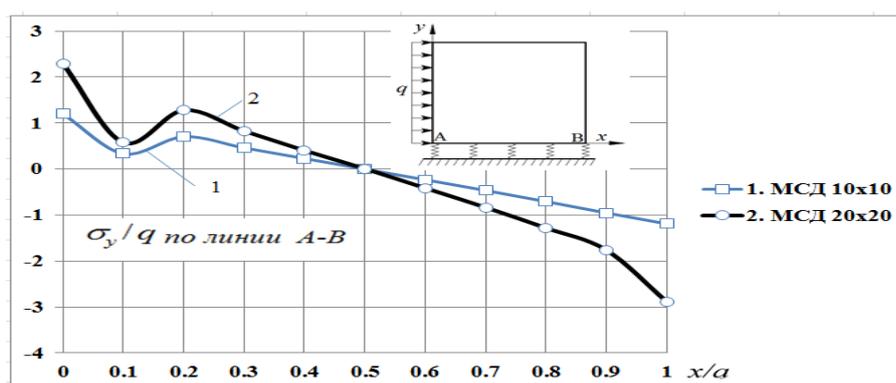
В табл.2 сравниваются результаты расчета балки-стенки на упругом и жестко защемленном основании. Сравнение результатов, полученных на сетке 20x20, показывает, что нормальные напряжения на контактной границе уменьшаются примерно в 2,7 раза по сравнению с жестким основанием. Горизонтальные перемещения в точках G и H увеличиваются более чем в 3 раза по сравнению с жестким основанием.

Таблица 2.

Сравнение результатов расчета балки-стенки.

Схемы опирания балки-стенки	$\sigma_{yA}$	$\sigma_{yB}$	$\tau_{xyA}$	$\tau_{xyB}$	$u_{xG}$	$u_{xH}$
На упругом основании	2,430	-2,880	-1,100	-0,860	8,691	8,451
На жестком основании	6,650	-6,910	-1,270	-0,443	2,658	2,414

Графики распределения нормальных напряжений на контактной границе балки-стенки, полученные при различных разбиениях, приведены на рис. 2.


 Рис.2 Распределение нормальных напряжений  $\sigma_y$  на линии A – B: 1-сетка 10x10; 2- 20x20.

На рис. 3 показаны графики изменения касательных напряжений на линии АВ, полученных при разбивке 10x10 (кривая 1) и разбивке 20x20 (кривая 2). Максимальная разница в результатах составляет в пределах 10%.

На рис. 4 показаны распределения горизонтальных перемещений по боковым граням балки-стенки.

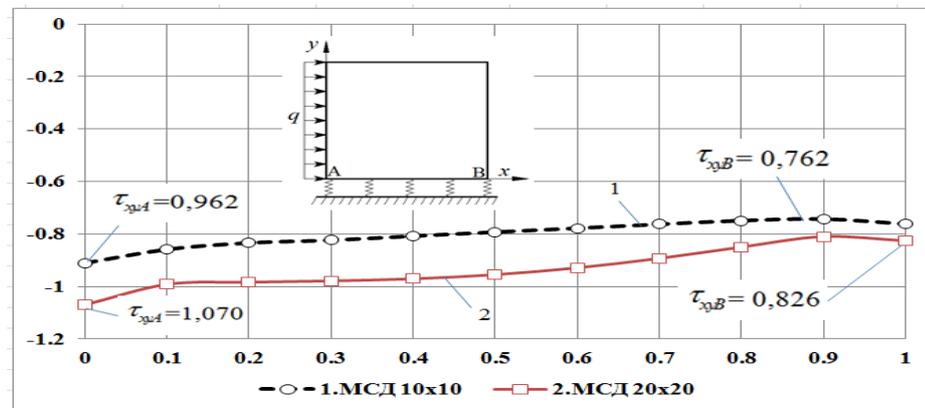


Рис.3 Касательные напряжения  $\tau_{xy}$  балки-стенки на упругом основании по грани  $A-B$

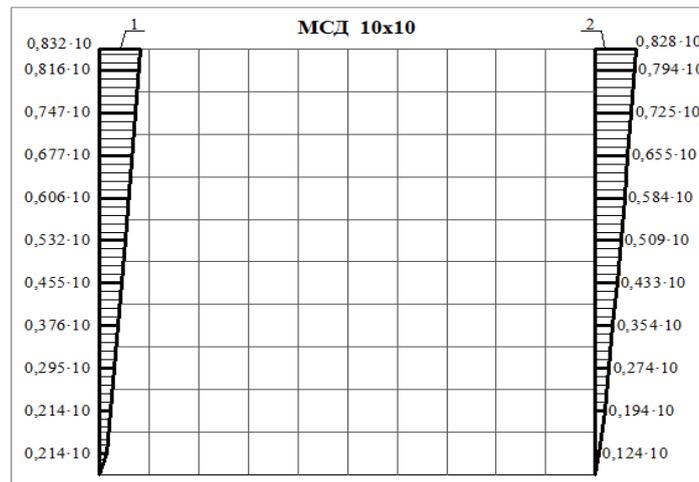


Рис.3 Горизонтальные перемещения  $u_x$  балки-стенки на упругом основании. 1- перемещения по грани  $AG$ ; 2-перемещения по грани  $BH$ .

**Вывод:** Анализ полученных результатов по МСД показывает, что при более густой разбивке получается достаточная сходимость и точность при решении задачи исследования напряженно-деформированного состояния балки-стенки с учетом податливости упругого основания.

### Литература

1. Низомов Д.Н, Каландарбеков И. Метод сосредоточенных деформаций. Душанбе, "Дониш", 2015, стр. 436.

2. Клепиков С.Н. Расчёт конструкций на упругом основании. – Киев: Будивельник, 1967, 184 с
3. Д.Н.Низомов, И. Каландарбеков. Метод сосредоточенных деформаций в решении статических задач балок на упругом основании. Доклады академии наук Республики Таджикистан 2006, том 49, №2
4. Р.Р.Саидов. Исследование плоского напряженного состояния балки-стенки методом сосредоточенных деформаций. VIII международная научно - практическая конференция, посвященная 25 - летию Государственной независимости Республики Таджикистан и 60 - летию Таджикского технического университета им. академика М.С. Осими.-Душанбе-2016
5. П.Л. Пастернак. Основы нового метода расчет фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. Москва 1954

#### **Сведения об авторах**

**Саидов Римохиддин Раджабович** – старший преподаватель кафедры «Строительная механика и сейсмостойкие сооружения» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Контактный телефон: 935-48-55-65.

**Фаттоев Баходур Жабборович** – старший преподаватель кафедры «Строительная механика и сейсмостойкие сооружения» ТТУ им. акад. М.С. Осими. Контактный телефон: 935-83-89-91. Email: baho2052@mail.ru

#### **ҲИСОБИ БОЛОР-ДЕВОРИ РАФАКӢ ДАР АСОСИ ЧАНДИР БО УСУЛИ ДЕФОРМАТСИЯӖОИ МУТАМАРКАЗОНИДАШУДА**

**Р.Р. Саидов, Б.Ж. Фаттоев**

Дар мақола натиҷаҳои ҳали адабии масъалаҳои болор-девори рафакӣ дар асоси чандир бо усули деформатсияҳои мутамарказонидашуда ифода карда шудааст. Натиҷаҳои ҳисоб барои лоиҳасозии системаҳои борбардори биноҳои бисёррошона хеле муфид мебошад.

**Климаҳои калидӣ:** болор-девор, ҳолати шиддатнокию шаклтағйирӣ, корой, асоси чандир, усули шаклтағйирии мутамарказонидашуда.

## **CALCULATION OF THE CONSOLE BEAM-WALL ON THE ELASTIC BASIS BY THE METHOD OF CONFIRMED DEFORMATIONS**

**R.R. Saidov, B. Fattoev**

The article presents the results of numerical solution of the cantilever beam-wall problems on an elastic foundation by the method of concentrated deformations. The calculation results are very valuable for the design of load-bearing systems in multi-storey buildings.

**Keywords:** Beam-wall, stress-strain state, compliance, elastic foundation, the method of concentrated deformations.

## **О НЕКОТОРЫХ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ РИСКА ДЛЯ ГРАЖДАН, ПРОЖИВАЮЩИХ В СЕЙСМИЧЕСКИХ РАЙОНАХ**

**С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, А.М. Сангинов, Ш.С. Абдыкеева**

*Изложены некоторые дополнительные источники риска для граждан, проживающих в сейсмически опасных районах. Приведены некоторые исследования в теории и методах расчета зданий на сейсмостойкость.*

**Ключевые слова:** сейсмические нагрузки, разрушения, напряжения, строительные нормы, риски, колебания, импульсы

Анализ разрушительных последствий ряда землетрясений в Армении (Спитак), России (Сахалин), Японии (Кобе), Кыргызстане (Нура), Перу, Китае, Гаити с применением возможностей новейших инженерных и вычислительных комплексов показывает несовершенство, недостаточную эффективность, а зачастую и ошибочность ряда принципов и допущений в настоящей теории сейсмостойкости, требует серьезного анализа и совершенно нового взгляда на данную проблему.

Сложность и недостаточная изученность проблем сейсмостойкого строительства имеют, в значительной мере, своим следствием условность и дискуссионность многих общепринятых положений в действующих нормах проектирования и строительства в сейсмоопасных регионах.

В [1] мы показали, каким образом проявляется опасный дефект, который органически присущ всем сейсмическим строительным «Нормам» и «Кодам». Здесь мы хотим показать, как этот эффект, внесенный туда «колебательной» моделью сейсмических разрушений, увеличивает число новых несейсмостойких зданий в наших сейсмоопасных зонах и этим повышает там уровень сейсмического риска для наших граждан.

В качестве примера рассмотрим кирпичные и подобные им не сейсмостойкие здания, почему-то строящиеся в 8ми и 9ти балльных зонах. Хорошо известно [2-4], что они не выдерживают 9ти балльные землетрясения, а при восьми балльных – получают серьезные повреждения. Это связано с неспособностью кирпичной кладки, содержащей множество швов и слабых контактных плоскостей, воспринимать растягивающие сейсмические напряжения.

Несмотря на эти общеизвестные факты, в действующем СНиП II-7-81\* и новом СНиП 22-03-2009 нет запрета на строительство кирпичных зданий в 8ми и даже в 9ти балльных зонах. Из-за этого в сейсмоопасных зонах постоянно возрастает число новых заведомо несейсмостойких зданий, которые обречены в перспективе на разрушение. В результате, наши граждане, живущие здесь в этих зданиях, постоянно подвергаются максимальному рукотворному сейсмическому риску.

Кроме этого, из-за этого дефекта, присущего СНиП, резко усложняется работа МЧС по мониторингу уровня реальной сейсмо-защищенности населения, а также по повышению этого уровня.

Зная все это, авторы сейсмического СНиП при всем желании не могут запретить строительство кирпичных и подобных им несейсмостойких зданий в

9ти балльных зонах, так как согласно расчету по СНИП эти здания должны с большим запасом прочности выдерживать 9ти балльные землетрясения. [1]

Причина этого пробела, который постоянно выдает сейсмический СНИП, позволяя строить заведомо не сейсмостойкие здания, когда была принята «колебательная» модель сейсмического разрушения зданий. [2,5].

С тех пор эта оторванная от реальности модель не менялась, несмотря на множество опровергающих ее фактов [6] и, несмотря на то, что она не позволяет обеспечить реальную сейсмостойкость зданий, многократно занижая в них реальные сейсмические напряжения. [1].

Официальная сейсмическая наука упорно цепляется за эту модель и категорически препятствует любым переменам в этой сфере, так как они сразу нарушат тот комфортный режим безответственности, который давно здесь установился.

Из-за ошибочности базовой «колебательной» модели, заложенной в основу всех сейсмических «Норм», они тем сильнее занижают реальные сейсмические напряжения в зданиях и тем больше завышают их реальный запас прочности, чем меньше масса здания, приходящая на их колонны и стены. [1].

Например, для верхнего этажа в кирпичных зданиях запас прочности, создаваемый СНИП при расчете на 9-ти балльное землетрясение, в среднем равен шести [1]. Для предпоследних этажей этот запас снижается до трех. Для третьих сверху этажей он равен двум. Для четвертых сверху этажей запас равен 1,7. Наконец, для первого этажа в пятиэтажном здании он равен 1,5 [1]. То есть, согласно «колебательной» модели и СНИП, одно и двухэтажные кирпичные здания должны быть гораздо более сейсмостойкими, чем более высокие здания из кирпича.

Однако на практике оказывается, что сейсмостойкость кирпичных зданий никак не связана с их этажностью. Часто малоэтажные здания из кирпича разрушаются сильнее, чем более высокие кирпичные здания [2-4].

Это возможно лишь в том случае, если разрушительные напряжения имеют волновую, а не «колебательную» природу. Ведь, очевидно, что волнам сдвига, разрушающим стены нижних этажей, «безразлично» число вышестоящих этажей в здании.

Рассмотрим теперь, какую ошибку должны давать сейсмические «Нормы» при расчете каркасных железобетонных зданий. В отчетах [2,4], описывающих их типовые повреждения при 8ми или 9ти балльных землетрясениях, всегда особо подчеркивается проявившийся при этом недостаток поперечного армирования в колоннах, поставленного по сейсмическому СНиП. Недостаток хомутов всегда проявляется в том, что в колоннах возникают магистральные наклонные трещины, которые иногда сильно раскрываются (до 10 ти см).

В окрестности этих трещин разрушается бетон и возникает специфический «сдвиговой» пластический шарнир, который встречается только при землетрясениях. Здесь происходит интенсивная текучесть поперечной и продольной арматуры, вплоть до их разрыва. При этом верхняя часть колонны смещается вниз по наклонной трещине.

Наш анализ показывает, что такие необычные сосредоточенные сдвиговые деформации в железобетонных колоннах возможны лишь при условии, что в них реальные сейсмические напряжения очень существенно (более чем в 2 раза) превышают их расчетную величину, найденную по СНиП П-7-81\*. О волновой, а не колебательной природе разрушающих напряжений здесь свидетельствует отсутствие изгибных пластических шарниров в колоннах.

Приведенные выше сведения позволяют утверждать, что для всех видов зданий и сооружений, для которых известен средний типовой уровень разрушительного сейсмического воздействия, можно доказать, по аналогии с [1], что сейсмические строительные «Нормы» очень существенно занижают

реальные сейсмические напряжения, относящиеся к каждому конкретному уровню балльности.

От этого дефекта невозможно избавиться пока в основу этих «Норм» заложена «колебательная» модель сейсмического разрушения сооружений, которая создает этот дефект. В этой связи попытаемся оценить, каков реальный уровень сейсмостойкости объектов, рассчитанных по СНиП II-7-81\* на 9 балльное землетрясение. Наибольшие опасения должны вызывать например, вертикальные элементы, несущие трибуны и подтрибунные помещения в спортивных аренах.

Число нагруженных уровней под трибунами варьируется от одного до шести. Поэтому масса, приходящаяся на несущие вертикальные элементы, здесь относительно невелика. Согласно вышеописанной закономерности и по данным из [1], следует ожидать существенного занижения реальных сейсмических напряжений в колоннах и стенах, железобетонных колоннах и пилонах, как всегда, не хватит поперечного армирования, а прочность стен будет недостаточно для восприятия главных растягивающих сейсмических напряжений. По этой причине колонны и стены, несущие трибуны, могут быть срезаны 9ти балльным землетрясением, которое иногда способно разрушать даже сварные швы в стальном каркасе, как это было в японском городе Кобе в 1995м году. Поэтому все вертикальные элементы, несущие трибуны должны нуждаться в усилении для надежного восприятия 9ти балльной горизонтальной сейсмической нагрузки.

Рассмотрим теперь каковы перспективы устранения опасных дефектов, присущих действующему СНиП II-7-81\*. Уже сейчас подготовлен новый, «актуализированный» СНиП 22-03-2009. Естественно, что он содержит все те же неустраняемые дефекты, как и все предыдущие сейсмические «Нормы»

В случае его принятия он по-прежнему будет создавать сейсмоопасность и сейсмический риск, разрешая строительство заведомо несейсмостойких зданий. Но при этом надо подчеркнуть, что его новая форма недопустимо

ухудшилась. Дело в том, что авторы нового СНиП 22-03-2009 внесли туда столько псевдонаучности, что сделали его по существу недоступным для практического использования инженерами.

Например, чего стоит лишь одна их неслыханная рекомендация «использовать теорию предельного равновесия» при определении сейсмических нагрузок. Она не только абсурдна, но и не выполнима. Кроме того, они рекомендуют использовать некую «пространственную динамическую модель», но никак не разъясняют ее смысл. И так далее. При этом некоторые расчетные формулы будто нарочно усложнены так, что они должны просто шокировать инженеров – пользователей СНиП.

Рассмотрим теперь вопрос о том, что является непосредственным источником той ошибочной информации, которая заложена в основу всех сейсмических «Норм» и которая приводит к многократному занижению ими реальных сейсмических напряжений в сооружениях.

Как известно, всю эту информацию нам дают только лишь маятниковые акселерометры. Согласно строгому решению задачи о вынужденных колебаниях сильно демпфированного маятника [5], по графику его колебаний в акселерометре можно найти амплитудные значения ускорений его основания. Но это возможно лишь при том непременном условии, что оно совершает низкочастотные гармонические колебания с постоянной амплитудой и частотой [5].

Однако в любой акселерограмме всегда явно нарушается это требование, т.к. все они изобилуют всплесками и скачками на акселерограмме неизбежно вызывает краткое включение собственных колебаний маятника в акселерометре, чего не допускает теория [5]. В результате в их окрестности график, записанный маятником, перестает быть акселерограммой [7].

На самом деле всплесками и скачками в колебаниях маятников отображаются волновые сейсмические толчки [8]. Считая, что эти участки на графиках колебаний тоже являются акселерограммой, мы многократно

занижаем реальные наиболее опасные сейсмические волновые ускорения и скорости грунта, а так же вызванные ими разрушительные напряжения в зданиях [1,7]. Для этого, чтобы строго доказать постоянное наличие этой базовой ошибки, вносимой акселерограммами в сейсмические «Нормы», следует провести простой, но крайне важный эксперимент, который не случайно никогда не проводила официальная сейсмическая наука. Суть его состоит в следующем. Надо произвести сопоставление реальных сейсмических напряжений в сооружении с теми теоретическими расчетными напряжениями, которые одновременно будут найдены на основе стандартной акселерограммы. Для этого в одной из зон с перманентной сейсмической активностью (которые имеются, например, в Киргизии) надо установить любую простейшую строительную конструкцию, например, короткую железобетонную колонну, заземленную в грунте, с сосредоточенным грузом наверху. В ее горизонтальном сечении устанавливаются пьезодатчики, которые измеряют касательные напряжения  $\tau_1$ , возникающие при сейсмическом толчке. Одновременно акселерометр, поставленный на колонну, измерит амплитудное ускорение груза «а».

Умножив массу груза  $m$  на ускорение  $a$ , мы, согласно официальной «колебательной» модели сейсмических разрушений [5], найдем максимальную горизонтальную сейсмическую силу  $Q$ . Поделив ее на площадь поперечного сечения колонны  $F$ , определим напряжение

$$\tau_2 = \frac{ma}{F},$$

которое обычно закладывается во все сейсмические «Нормы». Сопоставим величины реальных напряжений  $\tau_1$  и «официальных» расчетных напряжений  $\tau_2$ , мы получим то многократное расхождение между ними в виде:

$$K = \tau_1 / \tau_2 > 10,$$

которое впервые строго и наглядно докажет несостоятельность использования маятниковых акселерометров как сейсмических приборов.

Этим будет экспериментально опровергнута официальная «колебательная» сейсмическая модель. В течение ближайшего года мы надеемся провести этот важнейший эксперимент в Кыргызстане.

Следует отметить, что дефекты, полностью аналогичные выше описанным, недавно были обнаружены М.И. Зиминим в Канадском сейсмическом «Кодом» при расчете оконных стеклопакетов на 8ми балльное сейсмическое воздействие. При этом ошибка, вносимая канадским сейсмическим «Кодом», превысила двадцатикратную величину.

В заключение следует признать, что, несмотря на очевидность, неустранимость и опасность дефектов, органически присущих всем отечественным и зарубежным сейсмическим СНиПам и «Кодом», официальная сейсмическая наука сама никогда не откажется от порождающей их «колебательной» модели, т.к. при этом сразу встанет вопрос об ее ответственности за перманентные сейсмические разрушения «сейсмостойких» зданий. Поэтому неясно произойдет ли когда-нибудь вообще позитивный перелом в этой сфере, позволяющий надежно защищать граждан от землетрясений.

### Литература

1. *Смирнов С.Б.* «Строительство в сейсмических районах» как документ, опровергающий официальную, колебательную доктрину сейсмического разрушения зданий//Жилищное строительство, №4.2010, с. 9-11.
2. *Поляков С.В.* «Последствия сильных землетрясений». М.; Стройиздат, 1978. 311с.
3. *Штейнбругге К., Морган Д.* «Инженерный анализ последствий землетрясений 1952 года в Южной Калифорнии». М.; Госстройиздат. 1957.
4. Карпатское землетрясение 1986г./ Под ред. А.В. Друмя, Н.В. Шаболина, Н.Н. Складнева, С.С. Графова, В.И. Ойзермана. Кишинев, 1990.334с.
5. *Клааф Р., Пензиен Дж.* «Динамика сооружений». М.;Стройиздат, 1979.

6. *Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Джаманкулов К.М.* «Разрушения зданий при землетрясениях, исследование аномальных форм в сейсмических разрушениях зданий, оказывающих влияние на причины», Вестник КГТУ, №17, Бишкек-2009, с.318-323.

7. *Смирнов С.Б.*, «О принципиальной ошибке в традиционной трактовке записей инерционных сейсмических приборов»// Жилищное строительство. 1995. №1. С.23-26.

8. *Смирнов С.Б., Ордобаев Б.С., Рыспаев Д.А., Абдыкеева Ш.С.* «О сдвиговом механизме сейсмических колебаний грунта», Вестник МУК №1 (20) 2011, Бишкек, с. 112-115.

#### **Сведения об авторах**

**Смирнов Сергей Борисович** – ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», д.т.н., профессор кафедры «Строительная механика»  
[evan.smirnoff@thomsonreuters.com](mailto:evan.smirnoff@thomsonreuters.com)

**Ордобаев Бейшенбек Сыдыкбекович**- к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Защита в чрезвычайных ситуациях» КРСУ [ordobaev@mail.ru](mailto:ordobaev@mail.ru)

**Сангинов Абдусамад Мирвафоевич**- аспирант, научный сотрудник лаборатории сейсмостойкость зданий Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии АН РТ [Samad80@mail.ru](mailto:Samad80@mail.ru)

**Абдыкеева Ширин Суюнбаевна**- старший преподаватель кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях» КРСУ [shirin\\_280990@mail.ru](mailto:shirin_280990@mail.ru)

## **ДАР БОРАИ БАЪЗЕ АЗ САРЧАШМАИ ИЛОВАГИИ ТАВАККАЛ БАРОИ ШАҲРВАНДОНИ СОКИНИ МИНТАҚАҲОИ СЕЙСМИКӢ**

**С.Б. Смирнов, Б.С. Ордобаев, А.М. Сангинов, Ш.С. Абдыкеева**

Дар мақола баъзе аз сарчашмаҳои иловагии таваккал барои шаҳрвандони соқини минтақаҳои сейсмикӣ мавриди баррасӣ қарор дода шудааст. Инчунин таҳқиқоти назариявӣ ва усулҳои ҳисоб намудани суботи сейсмикии бино гузаронда шудааст.

**Калимаҳои калидӣ:** сарбории сейсмикӣ, вайроншавӣ, шиддат, қоидаҳои сохтмонӣ, хатарҳо, лапиш.

## **ABOUT SOME ADDITIONAL SOURCES OF RISK FOR CITIZENS RESIDING IN SEISMIC AREAS**

**S.B. Smirnov, B.S. Ordobaev, A.M. Sanginov, SH.S. Abdikeeva**

Some additional sources of risk for citizens residing in seismically hazardous areas are outlined. Some studies are presented in the theory and methods of calculating buildings for seismic resistance.

**Keywords:** Seismic loads, fractures, stresses, building cod, risks, fluctuations, impulses.