

*Совместный выпуск*

## **ВЕСТНИК**

**Восточно–Казахстанского государственного  
технического университета  
им. Д. Серикбаева**

Главный редактор  
ректор, профессор

***Н.М. Темирбеков***



## **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Институт вычислительных технологий  
Сибирского отделения РАН**

Главный редактор  
академик

***Ю.И. Шокин***



**Вычислительные технологии**

**Часть 3**

## Редакционная коллегия журнала:

### ВЕСТНИК ВКГТУ:

Зам. главного редактора:

*д-р техн. н., профессор Ж.О. Кульсеитов*  
*канд. геол.-мин. наук О.Д. Гавриленко*

Отв. секретарь - *О.Н. Николаенко*

*А.К. Адрышев, д-р техн. н.,*

*А.Н. Алексеенко, д-р ист. н.,*

*Ю.В. Баталов, д-р экон.н.,*

*Ю.А. Веригин, д-р техн. н.,*

*Б.А. Дьячков, д-р геол.-мин. н.,*

*М.В. Дудкин, д-р техн. н.,*

*Т.Т. Ипалаков, д-р техн. н.,*

*А.И. Квасов, д-р техн. н.,*

*Е.А. Колос, д-р экон. н.,*

*В.П. Колпакова, д-р техн. н.,*

*В.Х. Кумыков, д-р техн. н.,*

*Н.П. Малышев, канд. экон. н.,*

*Ж.Д. Назбиев, д-р. филол. н.,*

*С.В. Плотников, д-р физ.-мат. н.,*

*А.Д. Погребняк, д-р физ.-мат. н.,*

*М.С. Рафаилович, д-р геол.-мин. н.,*

*М.К. Скаков, д-р физ.-мат. н.,*

*Б.В. Сырнев, д-р техн. н.,*

*Г.О. Тлеукенова, Dr. Ing.,*

*А.К. Томилин, д-р физ.-мат. н.,*

*Е.М. Турганбаев, канд. физ.-мат. н., Dr. PhD.,*

*С.Д. Тыныбекова, д-р пед. н.,*

*Н.Г. Хисамиев, д-р физ.-мат. н.,*

*Ю.Н. Шапошник, д-р техн. н.*

### ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:

Заместитель главного редактора –  
*чл.-кор. РАН А.М. Федотов*

Отв. секретарь - *канд. физ.-мат. наук*  
*А.В. Юрченко*

*У. Абдибеков, Казахстан*

*К. Е. Афанасьев, Россия*

*С. П. Баутин, Россия*

*акад. И. В. Бычков, Россия*

*чл.-кор. В. А. Гуцин, Россия*

*Н. Т. Данаев, Казахстан*

*Л. Жайнаков, Киргизия*

*Б. Т. Жумагулов, Казахстан*

*А. Канантай, Таиланд*

*М. Ковеня, Россия*

*акад. Н. А. Колчанов, Россия*

*Е. Краузе, Германия*

*В. Крейнович, США*

*Д. Крёнер, Германия*

*В. Ф. Куропатенко, Россия*

*Л. Лерэ, Франция*

*Х. Милошевич, Сербия*

*акад. Б. Г. Михайленко, Россия*

*В. В. Москвичев, Россия*

*акад. В. Я. Панченко, Россия*

*В. П. Потапов, Россия*

*К. Рознер, Германия*

*Б. Ру, Франция*

*М. Рэш, Германия*

*Н. Сатофука, Япония*

*чл.-кор. С. И. Смагин, Россия*

*чл.-кор. В.А. Сойфер, Россия*

*акад. А. Л. Степковский, Россия*

*М. Фрёнер, Германия*

*В. Ж. Хабаши, Канада*

*Джи-Хуан Хе, Китай*

*Ч. Хириш, Бельгия*

*акад. Б. Н. Четверушкин, Россия*

*Л. Б. Чубаров, Россия*

*чл.-кор. В. В. Шайдуров, Россия*

*Б. Эйнарссон, Швеция*

*З. Х. Юлдашев, Узбекистан*

**Программный комитет** Международной конференции «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании – 2013 (ВИТ-2013)»:

Жумагулов Б.Т.	академик НАН РК, председатель, Казахстан,
Шокин Ю.И.	академик РАН, сопредседатель, Россия,
Темирбеков Н.М.	чл.-кор. НАН РК, сопредседатель оргкомитета, Казахстан,
Данаев Н.Т.	чл.-кор. НАН РК, сопредседатель оргкомитета, Казахстан,
Орунханов М.К.	академик НИА РК, Казахстан,
Бычков И.В.	академик РАН, Россия,
Стемповский А.Л.	академик РАН, Россия,
Мамбетказиев Е.А.	академик НАН РК, Казахстан,
Кальменов Т.Ш.	академик НАН РК, Казахстан,
Харин С.Н.	академик НАН РК, Казахстан,
Жайнаков А.Ж.	академик НАН КР, Кыргызстан,
Шаршеналиев Ж.Ш.	академик НАН КР, Кыргызстан,
Алиев Ф.А.	академик НАН Азербайджана, Азербайджан,
Алшанов Р.А.	академик МАИН, Казахстан,
Омирбаев С.М.	академик МАИН, Казахстан,
Бияшев Р.Г.	академик МАИН, Казахстан,
Искаков К.Т.	академик МАИН, Казахстан,
Шарипбаев А.А.	академик МАИН, Казахстан,
Ускенбаева Р.К.	академик МАИН, Казахстан,
Кабанихин С.И.	чл.-кор. РАН, Россия,
Смагин С.И.	чл.-кор. РАН, Россия,
Федотов А.М.	чл.-кор. РАН, Россия,
Шайдуров В.В.	чл.-кор. РАН, Россия,
Сойфер В.А.	чл.-кор. РАН, Россия,
Тулохонов А.К.	чл.-кор. РАН, Россия,
Калимолдаев М.Н.	чл.-кор. НАН РК, Казахстан,
Бектемесов М.А.	чл.-кор. НИА РК, Казахстан,
Чубаров Л.Б.	профессор, Россия,
Москвичев В.В.	профессор, Россия,
Потапов В.П.	профессор, Россия,
Потатуркин О.И.	профессор, Россия,
Жижимов О.Л.	профессор, Россия,
Голушко С.К.	профессор, Россия,
Бобров Л.К.	профессор, Россия,
Абдибеков У.С.	профессор, Казахстан,
Кувандыков А.У.	профессор, Казахстан,
Амирбеков Ш.А.	профессор, Казахстан,
Тукеев У.А.	профессор, Казахстан,
Габбасов М.Б.	профессор, Казахстан,
Крёнер Д.	профессор, Германия,
Рознер К.	профессор, Германия,
Рэш М.	профессор, Германия,
Шокина Н.Ю.	доктор PhD, Германия,
Панахов Е.	профессор, Турция,
Юлдашев З.Х.	профессор, Узбекистан,
Айнарсон Б.	профессор, Швеция,
Милошевич Х.	профессор, Сербия

## Содержание

<b>Вычислительная техника, автоматизация и радиоэлектроника</b>	<b>8</b>
Ахмедов Д.Ш., Данаев Н.Т., Елубаев С.А., Абдолдина Ф.Н., Бопеев Т.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТ МОДЕЛИ GPU-ПРОЦЕССОРА	8
Ахмедов Д., Елубаев С., Абдолдина Ф., Бопеев Т., Муратов Д., Поветкин Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА КЛАСТЕРНОЙ ГИБРИДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ GPU-ПРОЦЕССОРОВ ОТ АРХИТЕКТУРЫ УЗЛА КЛАСТЕРА. I ЧАСТЬ: ГИБРИДНЫЙ КЛАСТЕР ИЗ ДВУХ УЗЛОВ	13
Блинаева Е.В., Блинаяева Н.С. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИНФРАЗВУКОВОЙ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ	20
Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е., Федоров Р.К., Маджара Т.П., Шигаров А.О., Дорж Т., Нергуй Б. РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ МОНГОЛЬСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК	23
Сатекбаева А.Ж., Тусупов Д.А., Шилов Н.В. ДВА ФОРМАЛИЗМА ДЛЯ УКАЗАТЕЛЕЙ: ЛОГИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ПАМЯТИ И ИСЧИСЛЕНИЕ ПСЕВДОНИМОВ	31
Темирбеков Н.М., Квасов А.И., Бакланов А.Е., Титов Д.Н., Григорьева С.В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕПЛОПЕРЕНОСА В СВЕТОДИОДЕ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ	37
Уставич Г.А., Рахымбердина М.Е. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЕВЫШЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ НА НИВЕЛИРНОЙ СТАНЦИИ ВЕЕРООБРАЗНЫМ СПОСОБОМ	44
Шадрин Г.К., Мосолков Ю.В., Шадрин М.Г. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЕНСАЦИИ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА И ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВО ФЛОТОМАШИНЕ	49
Шадрин Г.К., Шуклин А.Н., Шадрин М.Г., Денисов И.В., Аринова Н.В. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДОЗИРОВАНИЕ РЕАГЕНТА В СИСТЕМУ ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЯ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОЙ ТЭЦ	55
<b>Вычислительные технологии для обеспечения безопасности сложных технических систем горно-металлургического комплекса и природных объектов</b>	<b>60</b>
Адрышев А.К., Даумова Г.К., Скосарева Т.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ	60
Адылканова М.А., Храпунов В.Е., Марки И.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ВОЗГОНКИ СЕЛЕНА ИЗ ПРОМПРОДУКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ	65
Бондарева Т.Г., Апенько И.А., Пак Г.Д. НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫЙ МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ ВЕГЕТО-СОСУДИСТОЙ ДИСТОНИИ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ОРГАНИЗМА ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПЛУЧНОМ РЕГИОНЕ	69

Егорова А.В., Перемитина С.В., Линёва Л.А., Кайсина М.И. ИССЛЕДОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ) . . . . .	72
Гавриленко О.Д. МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ . . . . .	79
Пестова Г.С., Ким С.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕРИЛЛИЯ . . . . .	85
Потатуркин О.И., Борзов С.М. ЛОКАЛЬНО-АДАПТИВНАЯ ЛАНДШАФТНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ . . . . .	90
Тогузова М.М. ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКОЛОГИЮ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА) . . . . .	97
<b>Обеспечения безопасности сложных технических систем и природных объектов</b>	<b>101</b>
Денисов И.В., Васильева О.Ю., Байгазинов Д.Т., Толыкбаева Б.М. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ГИДРОЗОЛУДА УДАЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ . . . . .	101
Колпакова В.П. ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГОМЕОСТАЗА ПРИРОДНОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА И ИМПУЛЬСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК . . . . .	104
Кумыков В.Х., Кумыкова Т.М. РАЗРАБОТКА ПОЖАРООПАСНЫХ РУД ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ . . . . .	112
Кумыков В.Х., Кумыкова Т.М. МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА РУДНОЙ ЗАЛЕЖИ	118
Miroshnikova A., Frolova O., Petrich K. SOME PATTERNS OF FORMATION OF GOLD-SULPHIDE DEPOSITS, WEST KALBA, EAST KAZAKHSTAN . . . . .	122
Мизерная М.А., Хайрулина А.А. ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ШУНГИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ . . . . .	127
<b>Моделирование технологических процессов в машиностроении и транспорте</b>	<b>132</b>
Дудкин М.В., Елемес Д.Е., Есеркегенова Б.Ж. МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРУЮЩИХ МАШИН . . . . .	132
Yelemes D.Y., Kalieva A.D. THE MODELING OF TECHNOLOGICAL SCREENING PROCESS OF THE LOOSE MATERIAL . . . . .	136
Завалко А.Г., Байгереев С.Р., Таутанов А.С., Ковтун С.Д. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ . . . . .	140
Закиров А.Х. ЗАДАЧА ОБ ИСТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАСАДКИ . . . . .	143
Касымханов С.Ж., Касымханова Д.Ж. ПОСТРОЕНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ ВСТРЯХИВАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН . . . . .	147
Кубентаева Г.К., Каменских Л.В., Мелкозерова Л.Я. ГРАФИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ-ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА . . . . .	154

Кумыкова Т.М., Кумыков В.Х. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ РУДНИКА . . . . .	158
Кумыкова Т.М., Кумыков В.Х. МЕТОДИКА ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЗАПАСОВ РУД НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СОРТА В КАРЬЕРАХ . . . . .	163
Скаков М.К., Журерова Л.Г., Ерыгина Л.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРОГАЗОВОЙ ОБОЛОЧКИ В ПРОЦЕССАХ КАТОДНОГО НАГРЕВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ . . . . .	169
Тюреходжаев А.Н., Ибраев А.Г. ОБ ОДНОМ ВАРИАНТЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СОСТАВА С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ . . . . .	176
Khassenov K.B., Metzner M. DIGITAL MAPS FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS . . . . .	185

<b>Вычислительная техника и IT технология строительной отрасли и агропромышленном комплексе</b>	<b>190</b>
Бендер М.П. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ . . . . .	190
Вальгер С.А., Федоров А.В., Федорова Н.Н. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ПК ANSYS Fluent . . . . .	194
Воробьев А.Л., Данилов М.С., Лутай С.С., Асангалиев Е.А. БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАОЛИНИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БАГРАТИОН» . . . . .	206
Герасимов Е.П. ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В РАСЧЕТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ . . . . .	210
Гольцев А.Г., Токтарбекова З.Б. ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ . . . . .	213
Калачев А.А., Оканов К.С., Нечкина Т.А., Новак А.П. ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ БЕРЕЗНЯКОВ РУДНОГО АЛТАЯ . . . . .	220
Китапбаева А.А., Турабжанова М.Б., Асангалиев Е.А. ҰШҚАТ ТҰҚЫМДАСЫНА ЖАТАТЫН КЕЙБІР ТҮРЛЕРДІ КЛОНАЛДЫ МНКРОКӨБЕЙТУ ӘДІСІ . . . . .	225
Липовский А.Б. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ . . . . .	229
Лутай С.С., Алипина К.Б. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФИТОСТИМУЛЯТОРА ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ . . . . .	234
Наумова В.И. АРХИТЕКТУРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ – ИСКУССТВО ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ . . . . .	242
Новиков Ю.М. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ МОСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ . . . . .	248
Родин А.Н., Тергенбаева Д.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСФЕРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ КАМНЕЙ . . . . .	253
Середович В.А., Бекполова Г.Б. ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КАЗАХСТАНЕ . . . . .	256

---

Шевляков В.Ф. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ОДНОПРОЛЁТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РАНДБАЛКЕ, НАГРУЖЕННОЙ КИРПИЧНОЙ СТЕНОЙ . . . . .	259
Чернавин В.Ю. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ЗДАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫМ БЕТОНОМ С ИСПОЛЬЗОВА- НИЕМ ФИБРЫ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА . . . . .	262
Хайруллина А.А. РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ПОРИЗАЦИИ В ГАЗОБЕТОНЕ . . . . .	270
Харинов В.Г. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАСЧЕТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СЕЙ- СМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ . . . . .	272

УДК 004.272.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕРСОНАЛЬНОЙ ГИБРИДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОТ МОДЕЛИ GPU-ПРОЦЕССОРА

Д.Ш. Ахмедов<sup>1</sup>, Н.Т. Данаев<sup>2</sup>, С.А. Елубаев<sup>1</sup>, Ф.Н. Абдолдина<sup>3</sup>, Т.М. Бопеев<sup>1</sup>,  
Д.М. Муратов<sup>1</sup>, Р.Д. Поветкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория имитационного моделирования космических систем, Институт космической техники и технологий, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Национальная инженерная Академия Республики Казахстан, Алматы

<sup>3</sup>Кафедра Программного обеспечения систем и сетей, Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

**Abstract.** In this paper selection issues of GPU model for development of personal hybrid computing systems for high-performance computations are reviewed. Experiment results for determination of performance efficiency of computing system in Linpack Benchmark at different models of last generation graphic cards (Nvidia Tesla K20C , Nvidia Tesla C2075, Nvidia Tesla M2090) and different volume of RAM (from 4 GB up to 32 GB) are explained.

**Keywords:** parallel computing, high-performance computing, personal hybrid computing systems, graphics processor, CUDA technology.

**Аңдатпа.** Мақалада жоғары өнімді есептеулер үшін дербес гибридік есептеуіш жүйені құру үшін GPU-процессордың үлгісін таңдау мәселелері қаралады. Linpack сынақтамада есептеуіш жүйенің жұмыс тиімділігін анықтау үшін эксперименттік мағлұматтар баяндалған. Эксперименттер графикалық процессорлардың әр түрлі үлгілерінде (Nvidia Tesla K20C , Nvidia Tesla C2075, Nvidia Tesla M2090) және жедел жадының әр түрлі көлемінде (4 Гб-тан 32 Гб-қа дейін) өткізілген.

**Кілттік сөздер:** параллельді есептеулер, жоғары өнімді есептеулер, дербес гибридік есептеуіш жүйе, графикалық процессор, CUDA технология.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы выбора модели графического процессора для разработки персональных гибридных вычислительных систем для высокопроизводительных вычислений. Изложены результаты экспериментов по определению эффективности работы вычислительной системы в тесте Linpack при различных моделях графических процессоров последнего поколения (Nvidia Tesla K20C , Nvidia Tesla C2075, Nvidia Tesla M2090) и разных объемах оперативной памяти (от 4 Гб до 32 Гб).

**Ключевые слова:** параллельные вычисления, высокопроизводительные вычисления, персональная гибридная вычислительная система, графический процессор, CUDA технология.

### Введение

В настоящее время в мире происходит смена поколений вычислительной техники - мир переходит на параллельные вычисления, становится доступной база комплектующих для создания супервычислительных систем, поэтому в некоторой степени все страны находятся почти на одних

стартовых позициях по возможности создания собственного производства параллельных вычислительных систем.

Одним из перспективных направлений развития суперкомпьютерных технологий является использование вычислительных возможностей графических процессоров для создания персональных и кластерных гибридных вычислительных систем. За рубежом гибридные вычислительные системы на базе графических процессоров существуют и активно применяются в различных сферах деятельности.

Использование графических вычислителей Nvidia Tesla позволяет ускорить производительность приложений в области вычислительных исследований и проектирования. На сайте компании Nvidia представлен каталог приложений для вычислений на GPU: обработка сейсмических данных, вычислительная гидрогазодинамика, компьютерное моделирование, финансовые вычисления, вычислительная химия и физика, анализ данных, спутниковая фотосъемка, моделирование погоды и др [1].

В данной работе представлены результаты исследований, проводимых в рамках научного проекта «Создать опытное производство персональных и кластерных гибридных вычислительных систем для удовлетворения спроса на параллельные вычисления казахстанских потребителей» входящего в бюджетную программу «Разработать технологию создания суперкомпьютерного гибридного кластера с применением GPU-процессоров» Министерства образования и науки Республики Казахстан.

На сегодняшний день сложились предпосылки, обуславливающие целесообразность создания опытного производства в Казахстане:

- *физические* ограничения на увеличение тактовой частоты. На настоящий момент практически остановился рост тактовой частоты процессоров не достигнув 4 ГГц.;

- *экономические*. Стоимость зарубежных вычислительных средств с параллельной архитектурой очень высока, и массово обеспечить все ВУЗы, научные учреждения и другие заинтересованные организации зарубежной высокопроизводительной вычислительной техникой практически невозможно. Гибридные вычислительные системы на базе GPU-процессоров при одинаковой производительности существенно более компактны, энергоэффективны и значительно дешевле по сравнению со стандартными вычислительными системами [2];

- *технические*. Появление новых видов высокопроизводительных процессоров Intel Xeon, GPU, FPGA, которые позволяют на их базе спроектировать и изготовить персональные и/или кластерные гибридные вычислительные системы;

- *технологические*. Появление и широкое распространение технологий для разработки параллельных программ для систем с общей и распределенной памятью (MPI, OpenMP), языки параллельного программирования на основе разделенного глобально адресуемого пространства (UPC, CAF, Chapel, X10) и технологии разработки параллельных программ для графических процессоров (CUDA, OpenCL);

- *наличие команды специалистов, имеющих опыт проектирования электронной аппаратуры*. Команда исполнителей проекта имеет опыт проектирования программных и аппаратно-технических систем на основе использования различных классов процессоров.

Целью проекта «Создать опытное производство персональных и кластерных гибридных вычислительных систем для удовлетворения спроса на параллельные вычисления казахстанских потребителей» является разработка конструкторско-технологической документации и создание опытно-промышленных образцов персональной и кластерной гибридных вычислительных систем.

При выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по проектированию высокопроизводительных гибридных вычислительных систем учитываются следующие критически важные характеристики и параметры:

- 1) Архитектура узла и электронная компонентная база.
- 2) Электрический баланс.
- 3) Системы энергоснабжения и резервного питания.
- 4) Электромагнитная совместимость.
- 5) Система охлаждения и вентиляции.
- 6) Вибрации и акустические шумы.
- 7) Помещения для размещения кластера с учетом санитарно-технических норм.
- 8) Система охлаждения кластера.
- 9) Электромагнитная совместимость кластера.
- 10) Вибрации и акустические шумы кластера.

В данной статье рассматривается вопрос выбора электронной компонентной базы, а именно оптимального состава комплектующих в зависимости от используемой модели графического процессора при создании персональной гибридной вычислительной системы. Персональная гибридная вычислительная система может быть использована в качестве узла в кластерной гибридной вычислительной системе.

### Результаты исследования

В данной статье представлены результаты проведенных экспериментов по определению зависимости эффективности работы персональной гибридной вычислительной системы (ПГВС) от архитектуры вычислительной системы, в частности, от используемой модели графического процессора.

Для проведения эксперимента были построены три варианта ПГВС на базе графических процессоров Nvidia Tesla с использованием CUDA-технологии. Каждый вариант построен на базе двух центральных процессоров Intel Xeon E5-2620 с тактовой частотой 2,0 ГГц, материнской платы Supermicro X9DRG-QF и оперативной памяти RAM DDR3 объемом от 4 Гб до 32 Гб. Во всех вариантах состав комплектующих был одним и тем же, изменялась только модель графического процессора. Количество графических процессоров в составе ПГВС может варьироваться от одного до четырех. В данном эксперименте был использован один графический процессор. В составе 1-го варианта ПГВС использовался графический процессор Nvidia Tesla K20C, в составе 2-го варианта - Nvidia Tesla M2090, в составе 3-го варианта - Nvidia Tesla C2075.

Для трех вариантов ПГВС проведены тесты по определению реальной производительности в тесте Linpack и эффективности работы ПГВС.

Использовался тест производительности Cuda Accelerated Linpack 2.0 для массивно-параллельных гибридных систем [3]. Данный тест является реализацией классического теста Linpack для систем на базе графических процессоров Nvidia.

Тестирование проводилось при разных объемах оперативной памяти, объем изменялся от 4 Гб до 32 Гб. Пиковая производительность 1-го варианта ПГВС равна 1170 Гфлопс, 2-го варианта - 660 Гфлопс, 3-го варианта - 515 Гфлопс двойной точности.

В таблице 1 представлены результаты проведенных экспериментов. Очевидно, что при увеличении объема оперативной памяти возрастает и производительность ПГВС. Для 1-го варианта ПГВС максимальное значение производительности 890,0 Гфлопс и эффективности 76,1% было

Таблица 1 Результаты тестирования производительности 1-го, 2-го и 3-го вариантов ПГВС

Объем ОП, Гб	Размерность задачи	1-ый вариант ПГВС на базе Nvidia Tesla K20C			2-ой вариант ПГВС на базе Nvidia Tesla M2090			3-й вариант ПГВС на базе Nvidia Tesla C2075		
		Реальная производительность, Гфлопс	Эффективность, %	Удельная стоимость 1 Гфлопс, тг.	Реальная производительность, Гфлопс	Эффективность, %	Удельная стоимость 1 Гфлопс, тг.	Реальная производительность, Гфлопс	Эффективность, %	Удельная стоимость 1 Гфлопс, тг.
4,2	14 273	383,4	32,8%	1 591,0	329,3	49,9%	1 548,7	277,4	53,9%	1 478,0
6,1	20 822	539,1	46,1%	1 131,5	392,4	59,5%	1 299,7	370,7	72,0%	1 106,0
7,8	25 502	565,1	48,3%	1 079,5	419,4	63,5%	1 216,0	397,9	77,3%	1 030,4
8,5	29 447	670,7	57,3%	917,0	455,2	69,0%	1 131,4	411,9	80,0%	1 007,5
10,2	32 923	711,3	60,8%	864,6	442,9	67,1%	1 162,8	422,8	82,1%	981,6
13,7	36 066	706,3	60,4%	877,8	472,4	71,6%	1 100,8	439,0	85,2%	956,7
15,9	38 956	706,3	60,4%	877,8	467,0	70,8%	1 113,5	444,7	86,3%	944,5
17,6	41 645	807,4	69,0%	774,1	484,7	73,4%	1 083,1	445,9	86,6%	953,1
19	44 171	766,4	65,5%	815,5	478,9	72,6%	1 096,3	455,3	88,4%	933,5
21,6	46 561	808,8	69,1%	778,9	479,6	72,7%	1 105,1	456,2	88,6%	942,6
23,4	48 833	837,6	71,6%	752,1	492,1	74,6%	1 077,0	461,2	89,6%	932,4
25,7	52 224	850,6	72,7%	746,5	479,9	72,7%	1 114,8	461,4	89,6%	942,8
29,3	56 853	890,0	76,1%	719,1	488,5	74,0%	1 105,4	472,9	91,8%	930,4
32	60 068	872,5	74,6%	733,5	488,3	74,0%	1 105,9	473,1	91,9%	930,0

достигнуто при объеме оперативной памяти 29,3 Гб. При этом удельная стоимость 1 Гфлопс равна 719,1 тг. Для 2-го варианта ПГВС максимальное значение производительности 492,1 Гфлопс и эффективности 74,6% было достигнуто при объеме оперативной памяти 23,4 Гб. Значение удельной стоимости 1 Гфлопс равно 1077,0 тг. Для 3-го варианта ПГВС максимальное значение производительности 473,1 Гфлопс и эффективности 91,9% было достигнуто при объеме оперативной памяти 32,0 Гб. При этом значение удельной стоимости 1 Гфлопс равно 930,0 тг.

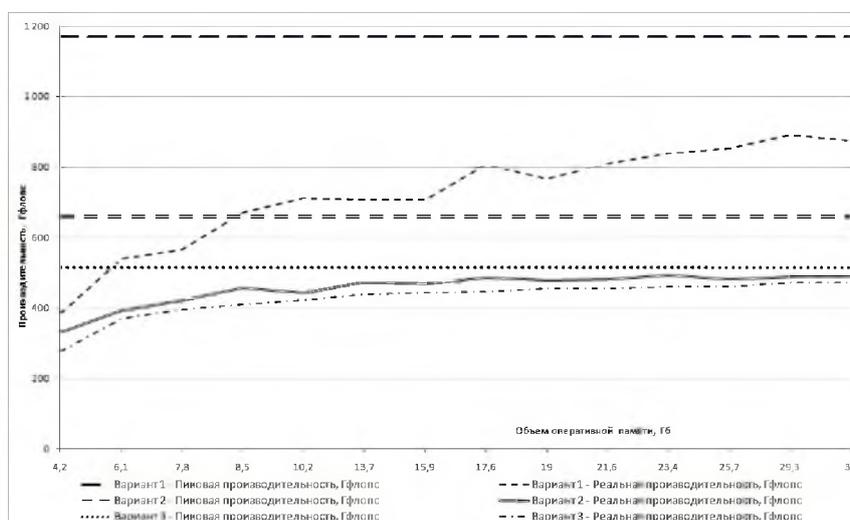


Рисунок 1 Пиковая и реальная производительности 1-го, 2-го и 3-го вариантов ПГВС

Таким образом, наибольшая эффективность работы ПГВС 91,9% была достигнута в конфигурации с графическим процессором Nvidia Tesla C2075, 3-ий вариант ПГВС. Это означает, что для данного состава комплектующих ПГВС оптимальным, но соотношению пиковой производительности к реальной, является использование графического процессора Nvidia Tesla C2075. Это видно и на графике реальной производительности 3-го варианта ПГВС (рисунок 1).

Для 2-го и 1-го вариантов ПГВС возможен дальнейший рост производительности и тем самым улучшение эффективности работы. Для увеличения эффективности работы ПГВС необходимо использовать центральный процессор с более лучшими характеристиками, например, Intel Xeon E5-2690 с тактовой частотой 2,9ГГц, а так же увеличить объем оперативной памяти.

Низкая удельная стоимость для 1-го варианта ПГВС обусловлена тем (рисунок 2), что новая модель графического процессора компании Nvidia с производительностью в 2 раза превышающую производительность предыдущей модели, но стоимости дороже только в 1,5 раза.

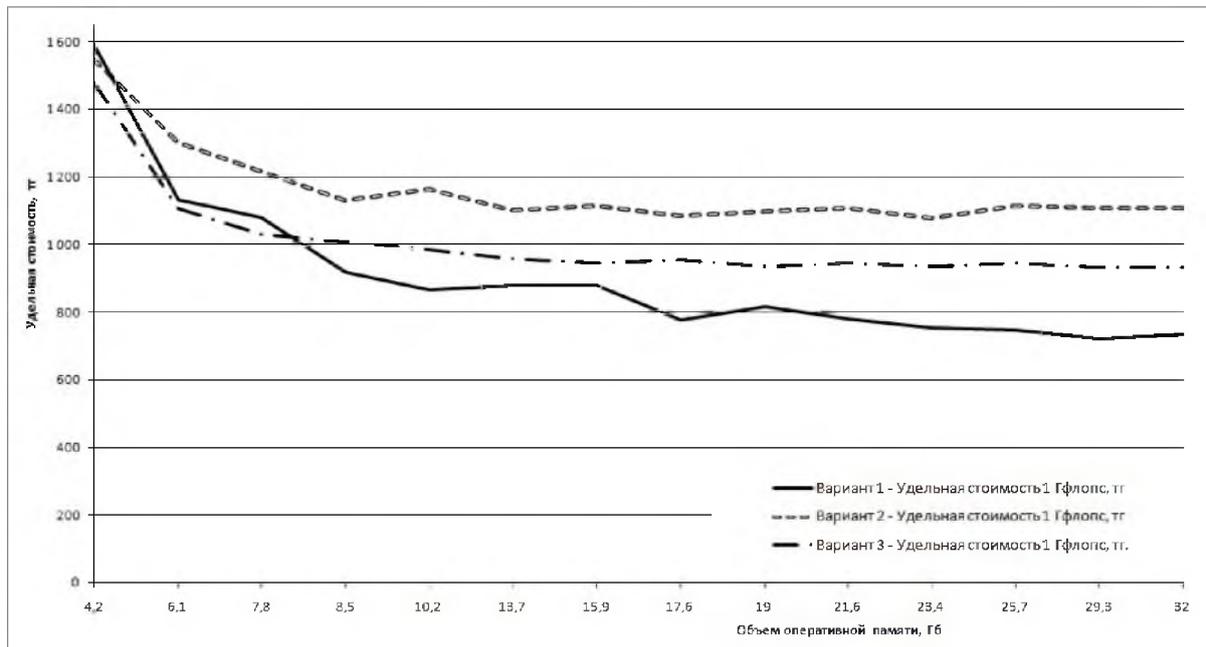


Рисунок 2 Удельная стоимость 1 Гфлопс в тенге для 1-го, 2-го и 3-го вариантов ПГВС

Отсюда можно сделать вывод, что использование модели Nvidia Tesla K20C наиболее предпочтительно, поскольку позволяет создать ПГВС с наибольшей производительностью и при этом наименьшей стоимостью за 1 Гфлопс.

### Заключение

Проведенные работы позволили оценить влияние на производительность и эффективность работы персональной гибридной вычислительной системы используемой модели графического процессора. Результаты данного исследования будут полезны при выборе оптимального состава комплектующих ПГВС на базе различных моделей графических процессоров для достижения максимальной эффективности работы системы.

### Список литературы

- [1] Popular GPU-accelerated applications: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nvidia.ru/docs/IO/123576/nv-applications-catalog-lowres.pdf>.
- [2] Гибридные вычислительные системы на основе графических процессоров NVIDIA Tesla: [Электронный ресурс]. 1994-2013. URL: <http://www.ot.ru/press20110215.html>.
- [3] Техническая поддержка Nvidia: [Электронный ресурс]. URL: <http://developer.nvidia.com>.

УДК 004.272.3

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА КЛАСТЕРНОЙ ГИБРИДНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ GPU-ПРОЦЕССОРОВ ОТ АРХИТЕКТУРЫ УЗЛА КЛАСТЕРА. I ЧАСТЬ: ГИБРИДНЫЙ КЛАСТЕР ИЗ ДВУХ УЗЛОВ

Д. Ахмедов<sup>1</sup>, С. Елубаев<sup>1</sup>, Ф. Абдолдина<sup>2</sup>, Т. Бопеев<sup>1</sup>, Д. Муратов<sup>1</sup>, Р. Поветкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Лаборатория имитационного моделирования космических систем, Институт космической техники и технологий, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Кафедра Программного обеспечения систем и сетей, Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

**Abstract.** In this paper issues of development of cluster hybrid computing systems based on graphic processors (GPU) for high-performance computations are reviewed. Test results of actual systems performance in Linpack benchmark for the hybrid cluster, consisting of two nodes, are explained. In nodes architecture the number of NVidia Tesla M2090 GPU and volume of RAM (from 4,2 GB up to 58,8GB) have been changed. Optimal values of volume of RAM for three options of nodes organization of the hybrid cluster are defined.

**Keywords:** parallel computing, high-performance computing, cluster hybrid computing systems, graphics processor, CUDA technology.

**Аңдатпа.** Мақалада жоғары өнімді есептеулер үшін GPU-процессорлар негізінде кластерлі гибридік есептеуіш жүйенің құру мәселелері қаралады. Екі торабынан тұратын гибридік кластері үшін Linpack сынақтамада жүйенің пақты өнімділігін тестілеуінің нәтижелері баяндалған. Тораптардың архитектурасында Nvidia Tesla M2090 графикалық процессорлардың сандары өзгертілді және жедел жадтың көлемі (4,2 Гб-тан 58,8 Гб-қа дейін). Гибридік кластер ұйымның үш нұсқалары үшін жедел жадтың көлемінің оңтайлы мәндер анықталып отыр.

**Кілттік сөздер:** параллелді есептеулер, жоғары өнімді есептеулер, кластерлік гибридік есептеуіш жүйе, графикалық процессор, CUDA технология.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы создания кластерных гибридных вычислительных систем на базе графических процессоров для высокопроизводительных вычислений. Изложены результаты тестирования реальной производительности системы в тесте Linpack для гибридного кластера из двух узлов. В архитектуре узлов изменялись количество графических процессоров Nvidia Tesla M2090 и объем оперативной памяти (от 4,2 Гб до 58,8 Гб). Определены оптимальные значения объема оперативной памяти для трех вариантов организации гибридного кластера.

**Ключевые слова:** параллельные вычисления, высокопроизводительные вычисления, кластерная гибридная вычислительная система, графический процессор, CUDA технология.

## Введение

Появившиеся возможности современной базы комплектующих для параллельных вычислений, и особенно резкое увеличение производительности графических видеокарт нового поколения, делают реальным самостоятельное создание и развитие суперкомпьютерных систем в Казахстане.

Одним из перспективных направлений развития суперкомпьютерных технологий является использование вычислительных возможностей графических плат Nvidia Tesla для создания персональных и кластерных гибридных вычислительных систем.

С каждым годом увеличивается количество суперкомпьютеров на базе графических процессоров Nvidia Tesla в списке TOP500 самых высокопроизводительных систем [1]. Так если в июне 2011 г. их было 12, в ноябре 2011 - 34, а июне 2012 уже 53. Это позволяет определить использование графических процессоров в вычислительных системах как одно из самых перспективных направлений, позволяющее расширить вычислительные возможности, как обычного компьютера, так и кластера.

На сегодняшний день можно выделить следующие основные типы суперкомпьютерной вычислительной техники:

- суперкомпьютеры MPP;
- *кластерные суперкомпьютеры*;
- GRID технологии;
- суперкомпьютеры на процессорах Cell;
- GPGPU;
- распределённые вычисления.

Кластерные суперкомпьютеры решают вопрос стоимости, используя только компоненты общего назначения вместо специализированных решений. Они заметно понизили среднюю стоимость одного гигафлопа. Самый большой существовавший до недавнего времени недостаток по сравнению с суперкомпьютерами на MPP архитектуре – невысокая скорость связи и большая латентность коммуникационной подсистемы. Появление технологии Infiniband позволило поднять скорость передачи информации между узлами до 300Гбит/с и снизить латентность до порядка 1-7 мкс. Используя появившиеся возможности расчетов двойной точности в GPU Nvidia Tesla (Fermi, Kepler), кластерные решения на основе гетерогенной структуры являются на сегодняшний день наиболее оптимальными по критерию цена/производительность.

Под кластерной *гибридной* вычислительной системой на базе GPU – процессоров понимается кластерная сеть, узлы которой представляют собой адаптированные для данной цели *персональные гибридные вычислительные системы* на базе GPU – процессоров [2].

Особенности использования кластерных гибридных вычислительных систем на базе графических процессоров:

- не требуется специальных решений по электропитанию – работает от обычной сети в 220 вольт;
- возможность использования в качестве отдельных рабочих станций с производительностью до 3-6 Тфлопс, сокращая тем самым, время простоя системы;
- возможность наращивания производительности путем добавления вычислительных узлов;
- программирование под платформы Windows и Linux на языках C, C++, Fortran, CUDA C;

- гибридные вычислительные кластеры на базе GPU обеспечивают ту же производительность при более низком энергопотреблении(1/20) и более низкой стоимости(1/10). Также кластерные гибридные вычислительные системы на базе графических процессоров имеют более низкие показатели по критериям Тфлопс/\$, Тфлопс/Вт.

В рамках бюджетного проекта МОН РК «Разработать кластерную гибридную вычислительную систему на базе GPU-процессоров» создан экспериментальный образец (ЭО) кластерной гибридной вычислительной системы (КГВС). Следующим этапом опытно-конструкторских работ по созданию КГВС на базе GPU-процессоров является изготовление опытного образца КГВС на базе GPU-процессоров. Для этого на первом шаге были проведены испытания экспериментального образца КГВС на базе GPU-процессоров с целью проверки правильности выбора технических решений и уточнения отдельных технических характеристик. Следующие шаги предусматривают разработку всего необходимого пакета рабочей документации на создание опытного образца КГВС, изготовление и тестирование опытного образца КГВС на базе GPU-процессоров с пиковой производительностью не менее 8 Тфлопс двойной точности и 16 Тфлопс одинарной точности.

### **Экспериментальный образец КГВС на базе GPU процессоров**

Экспериментальный образец КГВС был построен по кластерной технологии Beowulf. Beowulf - это мультимедийная архитектура, состоящая из одного серверного узла и одного или более клиентских узлов. Серверный узел управляет всем кластером и является файл-сервером для клиентских узлов. Он также является консолью кластера и шлюзом во внешнюю сеть. Особенностью такого кластера является масштабируемость, то есть возможность увеличения количества узлов системы с пропорциональным увеличением производительности. Узлами КГВС являются персональные гибридные вычислительные системы на базе GPU-процессоров [2]. Количество узлов экспериментального образца КГВС ограничивается типом выбранного сетевого коммутатора Mellanox InfiniScale IV Switch, который позволяет создать систему содержащую от 2 до 8 узлов.

Для проведения тестирования было создано шесть вариантов конфигурации кластерной гибридной вычислительной системы: 1-ый вариант - 2 узла по 2 GPU, 2-ой вариант - 2 узла по 3 GPU, 3-ый вариант - 2 узла по 4 GPU, 4-ый вариант - 3 узла по 2 GPU, 5-ый вариант - 3 узла по 3 GPU, 6-ый вариант - 3 узла по 4 GPU.

Конфигурация каждого узла ЭО КГВС включает следующие компоненты: центральный процессор Intel Xeon E5-2620, материнскую плату MB Supermicro X9DRG-QF, графический процессор Nvidia Tesla M2090, оперативную память DDR3 4Gb, сетевой адаптер Mellanox ConnectX-2 VPI adapter card.

Экспериментальный образец КГВС работает под управлением операционной системы, распространяемой с исходными кодами - Linux RHEL 6.1. Для распределения обработки данных между узлами использовалась технология Message Passing Interface (OpenMPI 1.6). Специализированное программное обеспечение: платформа параллельных вычислений и модели программирования для ускорения решения научных и инженерных задач на GPU - NVIDIA CUDA 5.0; библиотека математических прикладных программ Intel Math Kernel Library (Intel MKL 10); менеджер распределенных ресурсов для вычислительных кластеров - TORQUE. Инструментом тестирования был выбран Cuda Accelerated Linpack 2.0 v15 [3].

### **Результаты тестирования производительности экспериментального образца КГВС, состоящего из двух узлов**

Таблица 1 Конфигурация узла для 1-го, 2-го и 3-го варианта экспериментального образца КГВС

Компонент	Модель/характеристики	Количество		
		1-ый вариант ЭО КГВС	2-ой вариант ЭО КГВС	3-й вариант ЭО КГВС
Графический процессор	GPU Nvidia Tesla M2090	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Центральный процессор	CPU Intel Xeon E5-2620 2,0ГГц	2	2	2
Материнская плата	MB Supermicro X9DRG-QF	1	1	1
Оперативная память	RAM DDR3 4Gb	8	8	8
Сетевой адаптер	Mellanox ConnectX-2 VPI adapter card	1	1	1

Таблица 2 Результаты тестирования 1-го, 2-го и 3-го вариантов ЭО КГВС

№	Объем ОП, Гб	Размерность задачи	1-ый вариант ЭО КГВС			2-ой вариант ЭО КГВС			3-ой вариант ЭО КГВС		
			Реальная производительность, Гфлопс	Эффективность, %	Удельная стоимость 1 Гфлопс, тг	Реальная производительность, Гфлопс	Эффективность, %	Удельная стоимость 1 Гфлопс, тг	Реальная производительность, Гфлопс	Эффективность, %	Удельная стоимость 1 Гфлопс, тг
1	4,2	14 273	540,2	20,5%	2 536,1	479,0	12,1%	4 279,7	299,9	5,7%	9 103,0
2	6,1	20 822	757,7	28,7%	1 808,1	739,2	18,7%	2 773,3	505,5	9,6%	5 400,6
3	7,8	25 502	850,2	32,2%	1 611,4	874,7	22,1%	2 343,7	644,8	12,2%	4 233,9
4	8,5	29 447	963,0	36,5%	1 427,8	1 051,0	26,5%	1 955,3	755,9	14,3%	3 618,2
5	10,2	32 923	1 009,0	38,2%	1 362,7	1 129,0	28,5%	1 820,2	865,4	16,4%	3 160,4
6	13,7	36 066	1 077,0	40,8%	1 281,3	1 196,0	30,2%	1 722,4	970,0	18,4%	2 824,7
7	15,9	38 956	1 107,0	41,9%	1 246,6	1 272,0	32,1%	1 619,5	1 064,0	20,2%	2 575,2
8	17,6	41 645	1 144,0	43,3%	1 210,7	1 332,0	33,6%	1 550,3	1 095,0	20,7%	2 506,8
9	19	44 171	1 181,0	44,7%	1 172,7	1 362,0	34,4%	1 516,2	1 181,0	22,4%	2 324,3
10	21,6	46 561	1 207,0	45,7%	1 151,6	1 418,0	35,8%	1 459,8	1 212,0	23,0%	2 269,0
11	23,4	48 833	1 221,0	46,3%	1 138,4	1 409,0	35,6%	1 469,1	1 257,0	23,8%	2 187,7
12	25,7	52 224	1 233,0	46,7%	1 131,4	1 468,0	37,1%	1 413,5	1 366,0	25,9%	2 016,8
13	29,3	56 853	1 286,0	48,7%	1 088,6	1 537,0	38,8%	1 353,3	1 454,0	27,5%	1 898,2
14	33,54	60 068	1 304,0	49,4%	1 077,5	1 578,0	39,8%	1 321,3	1 543,0	29,2%	1 792,0
15	35,1	63 284	1 317,0	49,9%	1 066,8	1 605,0	40,5%	1 299,1	1 588,0	30,1%	1 741,2
16	40,1	66 499	1 349,0	51,1%	1 048,9	1 635,0	41,3%	1 281,3	1 655,0	31,3%	1 676,7
17	42,7	69 715	1 367,0	51,8%	1 035,1	1 673,0	42,2%	1 252,2	1 676,0	31,7%	1 655,7
18	<b>46,3</b>	72 930	1 380,0	<b>52,3%</b>	1 029,0	1 707,0	43,1%	1 230,2	1 779,0	33,7%	1 562,7
19	50,1	76 146	1 370,0	51,9%	1 040,1	1 708,0	43,1%	1 232,4	1 830,0	34,7%	1 521,9
20	54,7	79 361	1 367,0	51,8%	1 046,1	1 739,0	43,9%	1 213,3	1 865,0	35,3%	1 496,0
21	<b>58,8</b>	82 577	1 350,0	51,1%	1 063,0	1 750,0	<b>44,2%</b>	1 208,6	1 923,0	<b>36,4%</b>	1 453,5

В данной статье представлены результаты испытаний 1-го, 2-го и 3-го вариантов конфигурации экспериментального образца КГВС состоящего из двух узлов. Конфигурация узла для 3-х вариантов кластера представлена в таблице 1.

При проведении экспериментов частота центральных процессоров не изменялась и была равна 2,0 ГГц. Пиковая производительность первого варианта ЭО КГВС равна 2640 Гфлопс, второго варианта - 3960 Гфлопс, третьего варианта - 5280 Гфлопс двойной точности. Тесты позволили определить влияние на производительность кластерной системы объема оперативной памяти (ОП) узла, который изменялся от 4,2 Гб до 58,8 Гб. На каждый узел приходится по 50% от общего объема ОП.

В таблице 2 представлены результаты тестирования, включающие значения реальной производительности, эффективности работы системы и удельной стоимости 1 Гфлоп/сек., иначе говоря, значение соотношения цена/производительность.

Для 1-го варианта ЭО КГВС наибольшая эффективность работы кластера равная 52,3% и наилучшее значение реальной производительности системы 1380 ГФлопс достигается при объеме ОП 46,3 Гб. На каждый узел приходится по 23,15 Гб. С ростом эффективности работы кластера падает и удельная стоимость 1 Гфлопс. Минимальное значение соотношения цена/производительность 1029,0 тг. достигается так же при объеме ОП 46,3 Гб.

Для 2-го варианта ЭО КГВС наибольшая эффективность работы кластера равная 44,2% и наилучшее значение реальной производительности системы 1750,0 ГФлонс достигается при объеме ОП 58,8 Гб, на каждый узел приходится по 29,4 Гб. Минимальное значение соотношения цена/производительность 1208,6 тг.

Для 3-го варианта ЭО КГВС наибольшая эффективность работы кластера равная 36,4% и наилучшее значение реальной производительности системы 1923,0 ГФлонс достигается при объеме ОП 58,8 Гб, на каждый узел приходится по 29,4 Гб. Минимальное значение соотношения цена/производительность 1453,5 тг.

### Анализ результатов тестирования экспериментального образца КГВС

Сравнивая результаты экспериментов для разных вариантов ЭО КГВС видим, что наибольшее значение производительности в тесте Linpack равное 1923,0 Гфлопс достигается в 3-ем варианте ЭО КГВС (рисунок 1). Однако, наибольшая эффективность работы кластерной системы равная 53,2% достигается в 1-ом варианте ЭО КГВС, где архитектура узла включает 2 графических процессора Nvidia Tesla M2090. Эффективность работы 2-го варианта ЭО КГВС равна 44,2%, 3-го варианта - 36,4%.

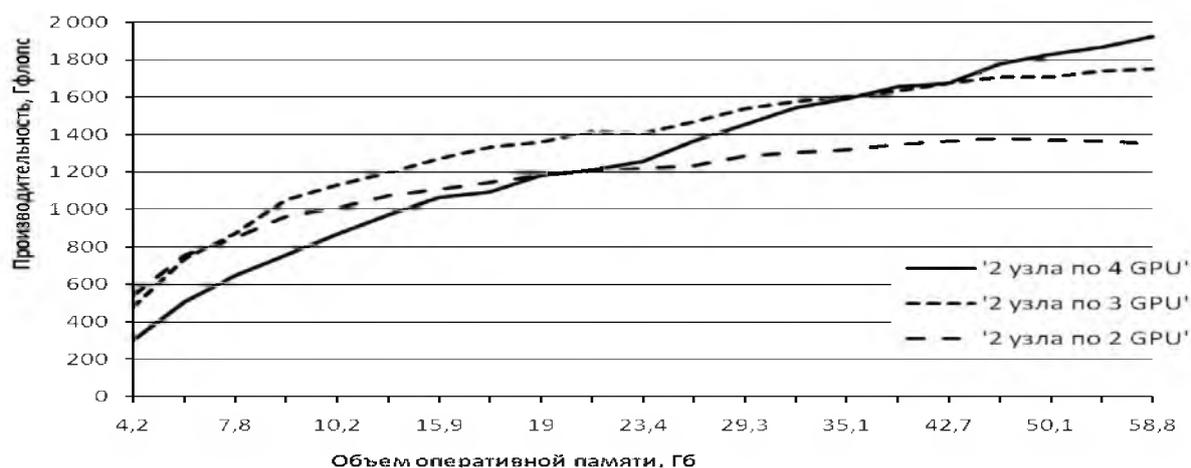


Рисунок 1 Сравнение производительности в тесте Linpack 3-х вариантов ЭО КГВС

Проанализируем и попытаемся сформулировать причину полученных результатов, так же определить оптимальный объем ОП для каждого из вариантов.

Анализируя результаты эксперимента по влиянию объема ОП на производительность ЭО КГВС в тесте Linpack, можно с уверенностью сказать что реальная производительность КГВС имеет прямую зависимость от объема ОП узла. С увеличением объема ОП увеличивается и производительность системы. Однако, этот процесс не бесконечный, и это наглядно видно на примере 1-го варианта ЭО КГВС. Предел насыщения достигается при объеме ОП 46,3 Гб и дальнейшее увеличение объема ОП не приводит к росту производительности. Можно заключить, что для данной архитектуры узла оптимальным будет использование 46,3Гб оперативной памяти.

Что касается 2-го варианта ЭО КГВС, то предел насыщения ОП не достигнут. Анализируя график видим, что кривая производительности практически приняла горизонтальное положение и за несколько шагов приращения ОП будет достигнут предел насыщения. Для прогнозирования изменения значений реальной производительности средствами MS Excel построен логарифмический тренд (рисунок 2), определена функция тренда  $y = 427.03 \cdot 0.76 \cdot \ln(x) + 442.05$  и величина достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9959$ . Используя уравнение тренда был определен

оптимальный объемом ОП 90 Гб при котором эффективность 2-го варианта системы достигнет 48,0%.

Анализируя динамику производительности системы для 3-го варианта, можно сделать вывод что для достижения большей эффективности работы и производительности системы не хватает объема ОП. И увеличение объема хотя бы до 128Гб может дать 43,0% эффективности работы ЭО КГВС. Можно предположить что 128Гб и будет оптимальным значением объема ОП для узла с четырьмя графическими процессорами Nvidia Tesla M2090. Для прогнозирования значений реальной производительности 3-го варианта ЭО КГВС использовалась функция тренда  $y = 558.06 \cdot 0.82 \cdot \ln(x) + 57.358$  (рисунок 3).

Логарифмический тренд позволяет определить с каким приращением будет изменяться производительность системы, но не позволяет определить когда будет достигнут предел насыщения оперативной памяти. Для этого необходимо проводить дополнительные физические эксперименты.

Можно предположить, что во 2-м и 3-м вариантах ЭО КГВС на повышение эффективности работы системы может повлиять использование оперативной памяти с более высокой частотой, в данном эксперименте частота равна 1333МГц. Так же позволит повысить эффективность системы, использование более мощного центрального процессора и увеличение объема ОП.

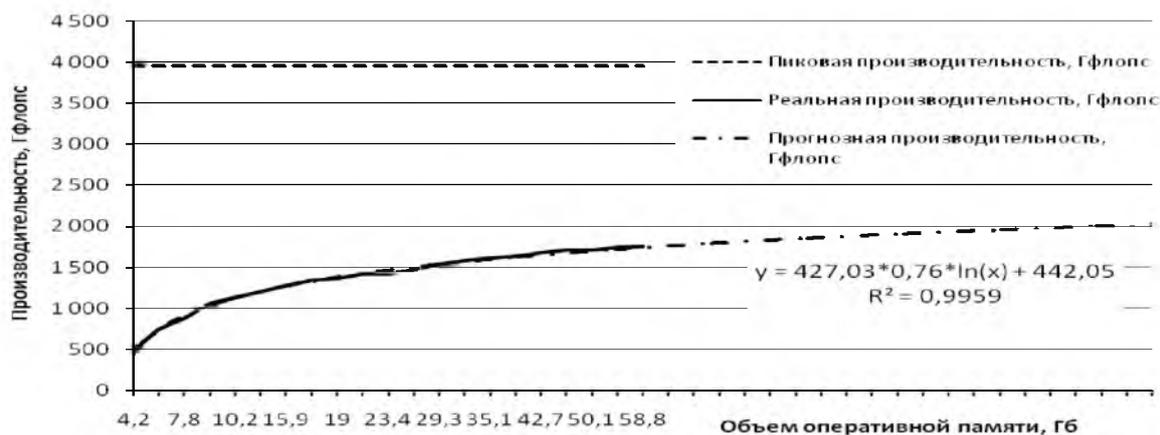


Рисунок 2 График изменения реальной производительность 2-го варианта ЭО КГВС и линия тренда

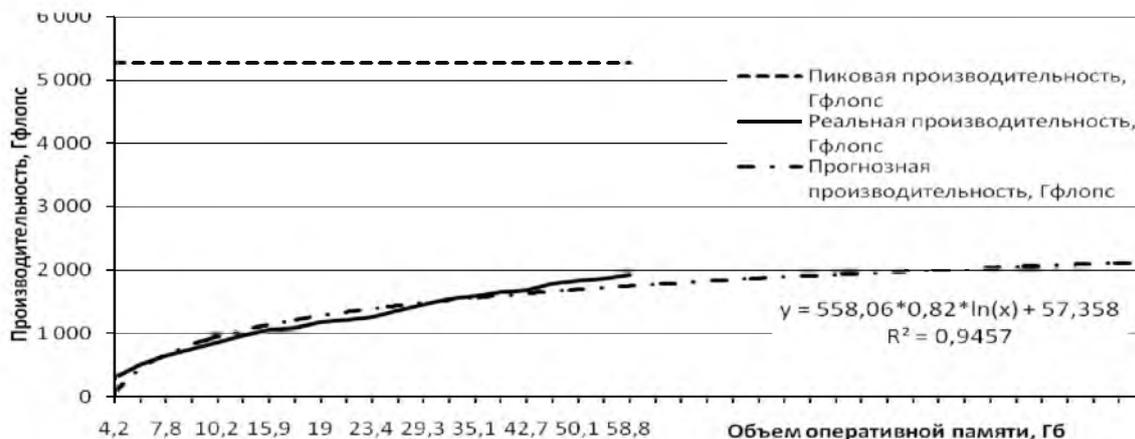


Рисунок 3 График изменения реальной производительность 3-го варианта ЭО КГВС и линия тренда

## Заключение

Проведенные работы позволили определить оптимальный объем оперативной памяти кластерной системы в зависимости от количества используемых графических процессоров в узлах кластера. Так же были сделаны заключения касательно выбора архитектуры узлов кластера, которые позволят достигнуть большей производительности и эффективности работы системы в целом.

## Список литературы

- [1] Top500 Supercomputer sites: [Электронный ресурс]. 2000-2012. URL: <http://www.top500.org/>
- [2] Personal hybrid computing system. Performance test. Akhmedov D., Yelubayev S., Abdoldina F., Vopeyev T., Muratov D., Povetkin R., Karataev A. // Collection of scientific papers Second International conference "Cluster Computing 2013 –Lvov, June 3-5, –2013., –С. 7-11.
- [3] Техническая поддержка Nvidia: [Электронный ресурс]. URL: <http://developer.nvidia.com>.

УДК 681.5:66.012

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ИНФРАЗВУКОВОЙ ПЫЛЕГАЗООЧИСТКИ

Е.В. Блинаяева, Н.С. Блинаяева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** In article it is presented the project of program software support and described dialogue schemes of automation management system by the process of infrasound gas-duster of smoke gases.

**Keywords:** Infrasound dust filtration, software package.

**Аңдатпа.** Мақалада бағдарламалық қамтамасыз ету жобасы көрсетілген және түгінді газдардың инфрадыбыстық шаң мен газдан тазарту үдерісімен БАЖ диалогының схемасы сипатталған.

**Кілттік сөздер:** Инфрадыбыстық шаң мен газдан тазарту, программалық кешені.

**Аннотация.** В статье представлен проект поддержки программного обеспечения и описаны схемы диалога АСУ процессом инфразвуковой пылегазоочистки дымовых газов.

**Ключевые слова:** Инфразвуковая пылегазоочистка, программный комплекс.

Основой электроэнергетики Казахстана является теплоэнергетический комплекс. Все действующие теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) и крупные котельные работают на местных углях с зольностью до 50 %. Теплотворная способность этих углей колеблется в пределах 3500-4200 ккал/кг, зольность, отнесенная к 1000 ккал может превышать 10 (для западно-европейских ТЭЦ этот показатель не превышает 2), содержание серы составляет 0,5-0,7 %, азота - от 0,5 до 1,5 %, исходная запыленность дымовых газов может составлять 70 – 100 г/м<sup>3</sup>.

Традиционная технология пылевидного (камерного) сжигания углей является преобладающей в Республики Казахстан, и крайне важно повысить эффективность и «экологичность» этой технологии. Для этого необходимо оптимизировать средствами автоматизации сгорание углей за счет подачи кислорода (воздуха) непосредственно в топку котла. Но основной упор должен быть сделан на пылегазоочистку уходящих газов уже за пределами котлов.

На объектах энергетики были проведены экспериментальные исследования по применению приборов инфразвуковой очистки (ИФС-1) дымовых газов котельных установок от загрязняющих веществ [1]. При сжигании топлива в постоянном режиме, образовавшийся пылегазовый поток со средней скоростью 23,75 м/с и температурой до 190<sup>0</sup> С, очищался в батарейном циклоне. После циклона прибором MSI 150 PRO производились замеры концентраций загрязняющих веществ: окислов азота  $NO_x$ , окислов серы  $SO_2$ , оксида углерода CO, определялась и запыленность газов. Была смонтирована вставка прямоугольного сечения, устанавливаемая в газоходе и позволяющая изменять его внутреннюю высоту. Затем устанавливались приборы ИФС-1 в газоход до циклона так, чтобы подача инфразвукового излучения с частотой до 30 Гц осуществлялась перпендикулярно направлению движения пылегазового потока. При проведении опытов последовательно уменьшалась высота газохода при включенном приборе ИФС-1. После инфразвукового

воздействия при различной высоте газохода прибором MSI 150 PRO повторно осуществлялись замеры концентраций загрязняющих веществ.

Экспериментальные данные были обработаны методом регрессионного анализа и получены уравнения зависимостей концентраций загрязняющих веществ  $SO_2$ ,  $NO_x$ , CO и запыленности от интенсивности инфразвукового воздействия и геометрических размеров газохода.

Автоматизированная система управления предназначена для контроля технологических параметров установки очистки дымовых газов котлового агрегата и автоматизированного поддержания предельно допустимых концентраций  $SO_2$ ,  $NO_x$ , твердых веществ в газах, а также разрежения в заданном диапазоне.

На нижнем уровне расположен процессор контроллера SIMATIC серии S7-300, обеспечивающий измерение, преобразование, контроль технологических параметров. Процессор контроллера производит регистрацию отклонений технологических параметров от заданных границ и сигнализирует об отклонениях.

На верхнем уровне системы располагается рабочее место оператора в состав, которого входит компьютер Pentium 4, оборудованный сетевой картой CP5611 для подключения рабочего места оператора к сети PROFIBUS (RS485) и осуществления связи с процессором контроллера S7-300. Компьютер находится под управлением операционной системы Windows NT4.0 SP6, IE5. Программный пакет WinCC, установленный на компьютере, является рабочей средой, обеспечивающей функционирование программной части системы автоматизации и контроля, отвечающей за интерфейс с оператором.

Данные о технологическом процессе выводятся на мнемосхемы, их количество и содержание формируется при проектировании, также вывод данных производится в виде графического представления или табличного, при этом оператору предоставляется возможность самому выбирать переменные и их количество – это удобно для поиска и анализа нарушений.

В качестве основного элемента управления системы на нижнем уровне предлагается хорошо себя зарекомендовавший контроллер SIMATIC S7-300, который оснащен широким набором функций, позволяющих в максимальной степени упростить процесс разработки программы, ее отладки и обслуживания контроллера в процессе его эксплуатации. Наличие встроенного интерфейса связи позволяет полностью реализовать управление и визуализацию контролируемых параметров технологического процесса. Модули связи с объектом (УСО) позволяют использовать любые типы датчиков с унифицированным выходным сигналом и любые исполнительные механизмы, частотные преобразователи, рассчитанные так же на унифицированный управляющий сигнал.

Для удобства практической реализации алгоритм функционирования узла инфразвуковой очистки удобно представить в виде автоматной модели (граф-схема, рисунок 1) [2].

Граф-схема позволяет наглядно представить алгоритм: его составляющие, число независимых состояний, их взаимосвязи, ориентировочно определить число команд, состав и объем оперативного запоминающего устройства программируемого контроллера.

В реализации программного кода предлагается применение SWITCH-технологии. По данной технологии схема автомата состоит из двух частей – схемы связей и графа переходов. Интерфейс оператора позволяет контролировать значения технологических параметров установки ИФС, выбирать режимы работы «ручной - автоматический», производить корректировку задания, просматривать журнал событий.

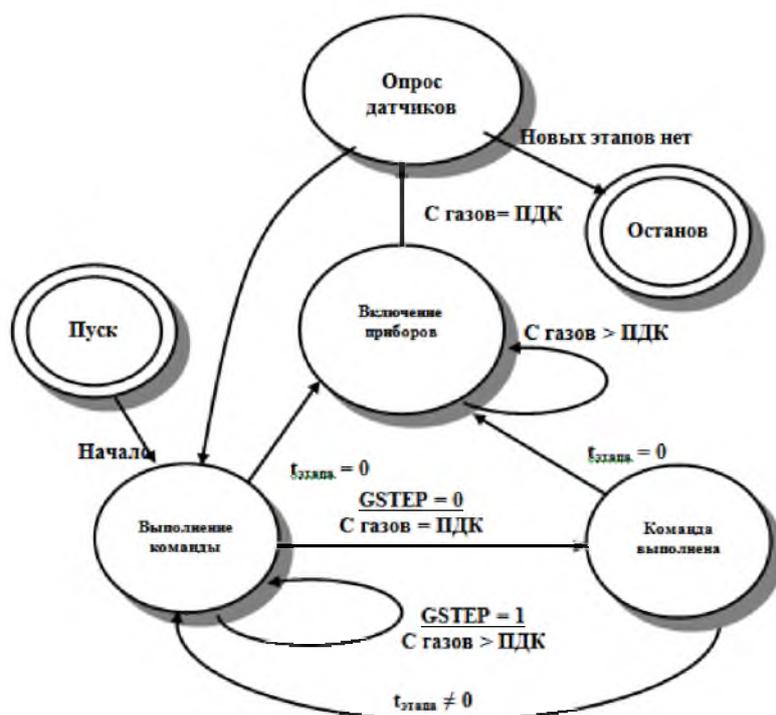


Рисунок 1 Автоматная модель состояний узла инфразвуковой очистки

По данной технологии схема автомата состоит из двух частей – схемы связей и графа переходов. Интерфейс оператора позволяет контролировать значения технологических параметров установки ИФС, выбирать режимы работы «ручной - автоматический», производить корректировку задания, просматривать журнал событий. Интерфейс оператора, изображенный на рисунке 2, представляет собой мнемосхему с изображением оборудования установки ИФС, газоходов, кнопок управления процессом, индикаторов, полей отображения числовой и графической информации.

На мнемосхеме отображаются значения параметров, состояния исполнительных механизмов и приборов E1...E2, осуществляется регистрация данных и запись их в журнал событий. В ручном режиме индикаторы состояния механизмов дополнительно выполняют функции кнопок. Оператор по показаниям датчиков на мнемосхеме управляет включением или отключением того или иного прибора ИФС E1...E4, открытием или закрытием клапанов ИМ1, ИМ2. Также, в ручном режиме предусматривается вход в меню калибровки и наладки оборудования и вход в меню настройки интерфейса.

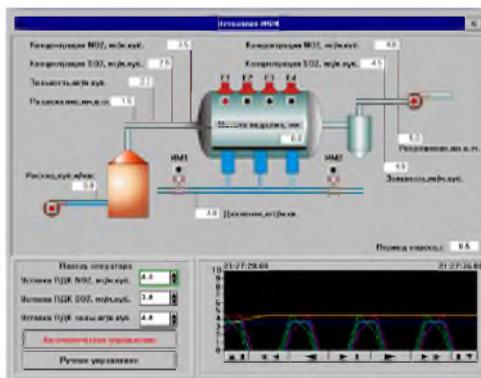


Рисунок 2 Мнемосхема установки ИФС

Все действия оператора сопровождаются появлением дополнительных диалоговых окон, ожидающих от оператора принятия решений и подтверждения действий. При сбоях и аварийных ситуациях диалоговые окна сигнализируют оператору о событии и также ожидают принятия решений. Все действия протоколируются в журнал событий и доступны для изучения.

## Список литературы

- [1] Способ обработки пылегазовой смеси внешним инфразвуковым воздействием. Блинаева Е.В., Блинаева Ю.В. // Патент Республики Казахстан № 42586, 2003 г.
- [2] Switch-технология. Алгоритмизация и программирование задач логического управления СПб./Шалыто А.А. Наука,1998. 628 с.
- [3] Автоматическое регулирование объектов теплоэнергетики. Липатников Г.А., Гузеев М.С. Учебное пособие для вузов.- Дальневосточный государственный технический университет (ДВПИ им. Куйбышева), Владивосток, 2007
- [4] Автоматизация управления производством: Учеб. пособие. Дембовский В.В. - СПб.: СЗТУ, 2004
- [5] Расчет движения пылевых частиц с использованием математических моделей вторичных течений. С.В.Сурков, О.Н.Цабиев. Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2003 г. Вып. 1(19). – с.14 – 18.
- [6] Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы). Ветошкин А.Г. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. - с.: пл.,

УДК 004.75

## РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ МОНГОЛЬСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

И. В. Бычков<sup>1</sup>, Г. М. Ружников<sup>1</sup>, А. Е. Хмельнов<sup>1</sup>, Р. К. Федоров<sup>1</sup>,  
Т. И. Маджара<sup>1</sup>, А. О. Шигаров<sup>1</sup>, Т. Дорж<sup>2</sup>, Б. Нергуй<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт динамики систем и теории управления СО РАН

<sup>2</sup>Президиум Монгольской академии наук

<sup>3</sup>Институт информатики Монгольской академии наук

**Abstract.** The paper is addressed to issues of development of spatial data infrastructure (SDI) in the scientific institutions of the Mongolian academy of sciences (MAS). It is discusses the modernization of the existing information and telecommunications network and the integration of information resources to form SDI of the MAS. Some technological solutions are proposed for building SDI MAN on the basis of modern international standards, open systems and an original technology for spatial data visualization — SMD (Static Map Data).

**Keywords:** spatial data infrastructure, visualization and processing of spatial data, management of spatial metadata, telecommunication technologies.

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена вопросам развития инфраструктуры пространственных данных (ИПД) Монгольской академии наук (МАН). Обсуждаются вопросы модернизации существующей информационно-телекоммуникационной сети и интеграции информационных ресурсов МАН для формирования ИПД МАН. Предлагается ряд технологических решений для построения ИПД МАН на основе современных международных стандартов, свободных систем и оригинальной технологии визуализации пространственных данных (ПД) — SMD (Static Map Data).

**Ключевые слова:** инфраструктура пространственных данных, визуализация и обработка пространственных данных, управление пространственными метаданными, телекоммуникационные технологии.

## Введение

Сейчас в мире продолжают активно формироваться ИПД [1] различных уровней: от локального до глобального. Структурно ИПД представляет собой систему базовых пространственных данных, метаданных, организационных структур, механизмов правового регулирования, методической базы, технологий и технических средств, обеспечивающих широкий доступ и эффективное использование пространственных данных. При этом сегодня комплексное использование пространственных данных в исследованиях, проводимых в научных учреждениях МАН, ограничено из-за отсутствия или низкого качества базовых пространственных данных и объектов, слабого развития механизмов поиска, несогласованности форматов и отсутствия согласованных стандартов их представления. Очевидным решением проблем, связанных с эффективным использованием пространственных данных в научных исследованиях МАН, является формирование ИПД МАН.

В рамках совместных проектов между Институтом динамики систем и теории управления (ИДСТУ) СО РАН и Институтом информатики (ИИ) МАН, направленных на развитие информационных и телекоммуникационных ресурсов научных учреждений МАН [2, 3] создаются основы для формирования ИПД МАН. В частности, уже проведен анализ пространственных ресурсов научных учреждений МАН, показывающий возможности и актуальность формирования ИПД МАН. Подготовлен проект модернизации информационно-телекоммуникационной сети МАН в соответствии с современными принципами организации корпоративных телекоммуникационных инфраструктур подобного уровня. С использованием свободного программного обеспечения (GeoNetwork и GeoServer) разработана система интеграции информационных ресурсов научных учреждений МАН, которая позволяет каталогизировать и управлять метаданными по тематическим и пространственным информационным ресурсам на основе современных международных стандартов представления и обмена метаданными. Кроме того, разработан ряд оригинальных технологий, предназначенных для создания геопортала и сервисов обработки пространственных данных. Таким образом, созданы основные элементы ИПД МАН для поддержки научных исследований в институтах и центрах МАН в соответствии с современными стандартами, а также для роста открытости и доступности научных пространственных информационных ресурсов МАН как внутри Монголии, так и за ее пределами.

ИПД МАН создается в соответствии с разработанным авторами проектом развития информационных и телекоммуникационных ресурсов МАН и включает: разработку системы хранения данных, сервисов визуализации и обработки ПД, геопортала, формирование базовых ПД и пространственных метаданных, развитие информационно-телекоммуникационной сети научных

учреждений (ИТСНУ) МАН.

В настоящее время в научных институтах и центрах Монгольской академии наук (МАН) и университетах Монголии сформированы уникальные проблемно- и предметно-ориентированные информационные ресурсы, относящиеся к различным областям наук, сферам образования и отраслям производства. Многие из них имеют пространственный характер и включают ПД.

В рамках совместного проекта между ИДСТУ СО РАН и Институтом информатики (ИИ) МАН, реализуется первый этап, направленный на создание интегрированной телекоммуникационной инфраструктуры научных учреждений Монголии. Предусматривается выработка решений для модернизации существующей ИТСНУ МАН, которая охватывает 22 научных института и центра, проводящих научные исследования по различным направлениям.

Многие результаты, полученные в институтах и центрах МАН, связаны со спецификой Монголии и не имеют аналогов в мире. В частности, в результате многолетних исследований, проводимых учеными МАН, сформированы уникальные информационные ресурсы [4], имеющие пространственный характер. Например, каталоги насекомых Монголии (7800 записей) и их мест обитания (9000 записей); каталог птиц (4000 записей); гербарии многолетних растений (75000 единиц), сорных растений (10000 единиц), растительности болот (3500 единиц), мхов (10000 единиц), грибов (2500 единиц); коллекции фольклорных песен (600 единиц) и произведений искусства (300 единиц). Также в МАН сформированы уникальные ПД: карты лесов, почв, растительности, пастбищ и сенокоса, спутниковые данные Landsat, SPOT. Наибольшее количество пространственных данных сформировано в следующих институтах МАН: институте ботаники (Botany Institute), геоэкологии (Geo-ecology Institute), географии (Institute of Geography), биологии (Biology Institute), информатики (Informatics Institute) и геологии (Geology Institute).

Необходимо отметить, что многие пространственные информационные ресурсы МАН до сих пор не представлены в электронном виде. Это усложняет их использование в научных исследованиях. Стремление исследователей МАН к открытости и участию в международных научных проектах формирует сегодня запрос на развитие существующих информационных и телекоммуникационных ресурсов МАН. В частности, это развитие предполагает формирование электронного представления пространственных информационных ресурсов, предоставление к ним удаленного доступа, создание каталогов описывающих их метаданных.

Анализ существующей сетевой инфраструктуры МАН как технологического фундамента для интеграции информационных и вычислительных ресурсов показал, что сеть успешно предоставляет базовые сервисы и удовлетворяет текущим потребностям пользователей. Однако при ее построении не учитывались требования, предъявляемые к корпоративным сетям подобного масштаба, такие как стабильность, избыточность, автономность, масштабируемость и др. Поэтому дальнейшее развитие ИТСНУ МАН в том числе при построении локальной ИПД МАН требует ее существенной модернизации.

## Модернизация ИТСНУ МАН

Для приведения существующей ИТСНУ МАН (Рис. 1) к современным стандартам, применяемым к корпоративным сетям, предлагается ее глубокая модернизация практически на всех уровнях модели OSI (Open Systems Interconnection basic reference model — базовой эталонной модели взаимодействия открытых систем). Поскольку сеть является рабочей, существенным требованием к проведению такой модернизации является отсутствие длительных перерывов в работе

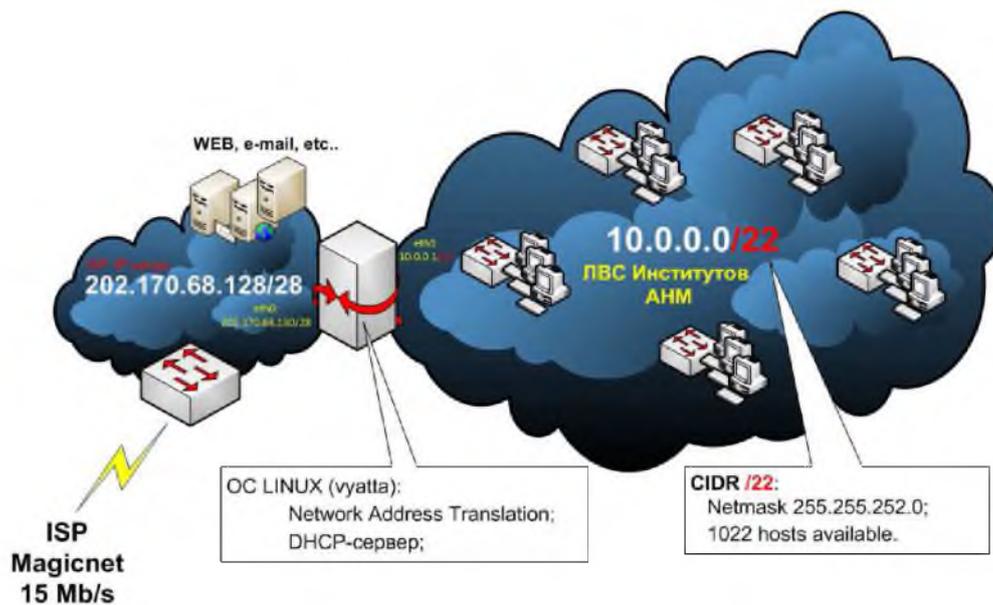


Рисунок 1 Существующая телекоммуникационная сеть МАН

каналов связи, активного оборудования и основных телематических сервисов.

**Физический уровень (L1) ИТСНУ МАН.** Модернизация магистральной сети на физическом уровне предполагает в первую очередь изменение существующей топологии типа «звезда» на более современную и широко применяемую топологию «кольцо». Программное обеспечение активного оборудования, терминирующего физические сегменты сети должно учитывать возможность работы в инфраструктуре такого типа. Важным этапом модернизации сети на данном уровне является также создание MDA (Main Distribution Area) — единого оптического и медного кросса, который в дальнейшем позволит изменять топологию отдельных сегментов сети в очень короткое время.

**Канальный уровень (L2) ИТСНУ МАН.** Существующая на данном уровне телекоммуникационная инфраструктура (Рис. 2) состоит из двух сегментов, дальнейшее расширение одного из которых в рамках текущей модели «плоской» сети уже сейчас сопряжено с определенными сложностями. Практически все активное сетевое оборудование уровня доступа представлено неуправляемыми коммутаторами 2-го уровня, что делает невозможным корректное сегментирование адресного пространства сети МАН на 3-м уровне OSI. Модернизацию сети на канальном уровне предполагается проводить в два этапа. Первым этапом осуществляется замена коммутаторов в распределительных узлах сети на современные управляемые модели с поддержкой в первую очередь открытого стандарта IEEE 802.1Q и протоколов семейства «Spanning Tree». На втором этапе модернизации предлагается сегментирование канального уровня сети на логические локальные сети VLAN (Virtual Local Area Network). Следует отметить, что изменение канальной инфраструктуры на данном этапе неизбежно влечет необходимость соответствующего одновременного изменения сетевого уровня (L3).

**Сетевой уровень (L3) ИТСНУ МАН.** Модернизация сети на данном уровне предполагает сегментирование адресного пространства в соответствии с научно-организационной структурой учреждений МАН. Пример организации такого сегментирования представлен на Рис. 2. Сегментирование предлагается осуществлять при помощи нескольких маршрутизаторов, устанавливаемых в точках агрегирования. Для обеспечения дальнейшего расширения целесообразным

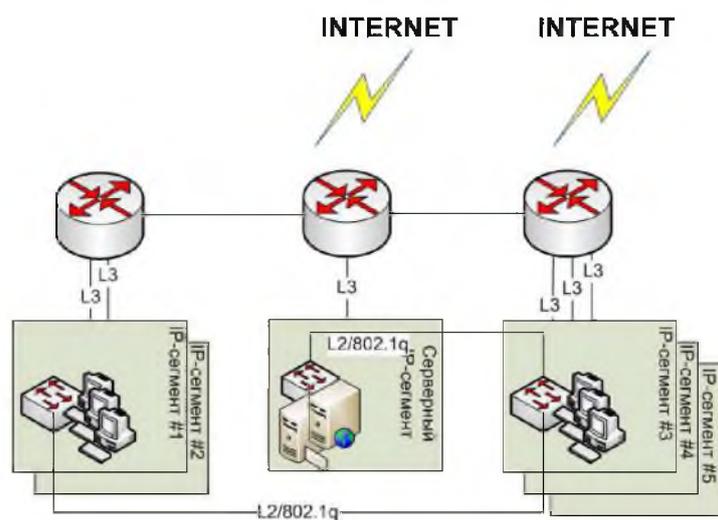


Рисунок 2 Пример организации сегментированной сетевой инфраструктуры с возможностью построения произвольных топологий на уровнях L2 и L3

является запуск на маршрутизаторах одного из протоколов внутренней динамической маршрутизации, например, OSPF (Open Shortest Path First) или EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol). Существенной частью модернизации на данном уровне OSI также является получение собственного блока IP-адресов и автономной системы BGP (Border Gateway Protocol), зарегистрированных на одно из подразделений МАН.

**Прикладной уровень ИТСНУ МАН.** Важным элементом любой корпоративной сети является система телематических сервисов, обеспечивающих согласованную работу всех элементов сетевой инфраструктуры. Для оперативного внесения изменений в работу того или иного сегмента или уровня необходимо наличие единого административного управления такими сервисами. Одним из самых важных сервисов такого типа является система доменных имён DNS (Domain Name System), поэтому первым шагом модернизации сети на данном этапе является оформление собственных прямой и обратной доменных зон в географическом домене «mn» с последующим размещением первичных файлов этих зон на DNS-серверах сети МАН. Также планируется организация таких сервисов, как синхронизация времени NTP (Network Time Protocol), единая точка управления доступом AAA (Authentication, Authorization, Accounting), мониторинг устройств SNMP (Simple Network Management Protocol), система контроля версий и др.

**Вопросы информационной безопасности ИТСНУ МАН.** В рамках развития данного направления прежде всего предлагается установить 2 системы — обновления операционных систем и обновления антивирусных баз. Корпоративная антивирусная система должна строиться на решениях одного производителя и включать в себя средства мониторинга и составления периодических отчетов. Должна быть корректно организована работа систем, обеспечивающих защиту от внешних угроз — межсетевых экранов и системы трансляции адресов NAT (Network Address Translation). Для обеспечения сохранности системного программного обеспечения и конфигурационной информации на телематических серверах также необходима система резервного копирования, обеспечивающая резервное копирование образов рабочих жестких дисков на сторонних носителях, даже в том случае, когда на сервере используется технология RAID (Redundant Array of Independent Disks).

Стоит отметить, что модернизация и дальнейшее развитие сети МАН совсем не ограничива-

ются этапами, описанными выше. В дальнейшем, за счет использования сетевых протоколов и технологий, реализованных в активном оборудовании возможности сети будут расширяться. В зависимости от требований, предъявляемых разрабатываемыми сетевыми приложениями, предполагается установка в сети единой системы хранения данных (СХД), серверов виртуальных машин, развертывания экспериментальных виртуальных сетевых инфраструктур для тестирования и отладки таких приложений и многое другое. Успешная реализация описанной модернизации телекоммуникационной сети МАН, в частности, обеспечит основы для формирования ИПД МАН.

## Каталогизация пространственных метаданных МАН

В настоящее время из-за локализации и отсутствия удаленного доступа информационные ресурсы МАН, и в том числе пространственные, не всегда могут использоваться в научных исследованиях, учебном процессе и производстве. Для повышения открытости и доступности этих ресурсов предлагается их интеграция на основе современных международных стандартов пространственных метаданных.

В рамках совместных проектов между ИДСТУ СО РАН и ИИ МАН на основе свободного программного обеспечения: системы управления каталогом метаданных — «GeoNetwork opensource» (<http://geonetwork-opensource.org>), и системы управления ПД — «GeoServer» (<http://geoserver.org>) разработан каталог пространственных метаданных МАН. В построенной системе используется каталогизация информационных ресурсов на основе современных международных стандартов метаданных: Dublin Core [5], FGDC-STD-001-1998 [6], ISO 19115/19139 [7, 8]. В информационно-телекоммуникационной инфраструктуре ИДСТУ СО РАН развернут опытный каталог метаданных, доступный по адресу <http://geos.icc.ru:8082/geonetwork>, также его экземпляр развернут в ИТСНУ МАН. В каталоге представлены метаданные о 155 уникальных научных информационных ресурсах институтов и центров МАН, в том числе, метаданные, описывающие карты лесов (38 записей), почв и растительности (39 записей) Монголии, спутниковые данные Landsat и SPOT (12 записей).

Созданная система интеграции информационных ресурсов МАН является основным компонентом ИПД МАН для формирования и управления пространственными метаданными. Для ПД, описанных в каталоге, формируются интерактивные карты на основе международных стандартов Open Geospatial Consortium (OGC) OpenGIS Web Map Service (WMS) и Styled Layer Descriptor (SLD). Этот процесс включает размещение ПД на сервере геоданных, формирование стилей визуализации и связывание размещенных ресурсов с их метаданными в каталоге.

## Геопортал МАН

При формировании ИПД МАН используется развиваемый авторами геопортал и сервис визуализации геоданных — «SMD Server». Данный геопортал основан на открытых международных стандартах OGC OpenGIS и имеет клиент-серверную архитектуру. Его основными задачами являются удаленное управление ПД, метаданными и сервисами геообработки, публикация и визуализация геоданных. Архитектура разрабатываемой системы является клиент-серверной (Рис. 3). Основным компонентом на стороне пользователя является браузер.

Рассмотрим более подробно основные серверные компоненты системы.

Система управления содержимым (СУС), разработанная на основе свободной системы управ-

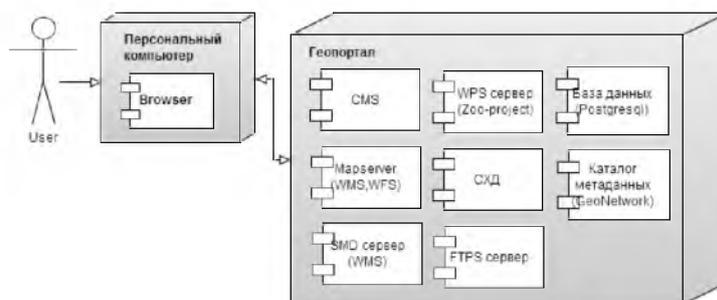


Рисунок 3 Архитектура геопортала МАН

ления содержимым Calypso (<http://calip.so>), осуществляет общее управление пользователями, сервисами и геоданными.

Система хранения данных (СХД), обеспечивающая надежное хранение данных пользователей. Разработанный в составе геопортала файловый менеджер обеспечивает доступ к СХД, и в том числе загрузку геоданных, через Интернет. При этом геопортал позволяет определить правила доступа к данным в СХД. Сервер FTPS (File Transfer Protocol + SSL) предназначен для обеспечения доступа к файловой системе СХД. Упрощает загрузку и выгрузку данных большого объема. Управляется FTPS сервер с помощью СУС.

Система управления базами данных «PostgreSQL» (с расширением для обработки ПД «PostGIS») предназначена для хранения пользовательских наборов данных и служебной информации геопортала.

Система управления сервисами геообработки, иод которыми понимаются отдельные программные единицы, выполняющие распределено различные функции обработки ПД и предоставляющие интерфейс в соответствие со стандартом WPS (OGC OpenGIS Web Processing Service). Через геопортал можно получить доступ к зарегистрированным в каталоге сервисам для выполнения геообработки. При этом входные данные могут быть представлены в виде строковых параметров или файлов, а результаты геообработки сохраняются в СХД.

Сервер геоданных «MapServer» — это серверная геоинформационная система с открытым исходным кодом, запускаемая через интерфейс CGI. Осуществляет отображение пользовательских карт. Поддерживает стандарты OGC: WMS, WFS (Web Feature Service), WMC (Web Map Context), WCS (Web Coverage Service), SLD, GML (Geography Markup Language), SOS (Sensor Observation Service), OM (Observations and Measurements). Имеется поддержка множества растровых и векторных форматов и нерендерования ПД «на лету» с помощью библиотеки — «Proj.4» (<http://proj.osgeo.org>).

Для визуализации предлагается использовать оригинальный сервис «SMD Server», поддерживающий стандарт WMS. В «SMD Server» используется оригинальный формат представления векторных данных SMD (Static Map Data), который позволяет эффективно (но времени отрисовки) визуализировать большие массивы ПД. В этом формате для эффективного хранения неизменяемой информации используется пространственная индексация, сортировка списков объектов по предельным масштабам и компиляция структур данных. При этом предполагается, что ПД подготавливаются и изменяются с помощью сторонних средств. Для преобразования таких данных в формат SMD разработан ряд конверторов, в том числе, реализован импорт из следующих форматов: SXF/RSC (Панорама), APR/Shape (ArcGIS), WOR/TAB (MapInfo), «ГИС КАМАТ».

При этом поддерживается импорт не только метрической и семантической информации, но и способа визуализации. При загрузке геоданных таких форматов через геортал выполняется их преобразование в формат SMD, после чего они могут визуализироваться с помощью WMS сервиса «SMD Server».

В геортале реализована система ввода и редактирования реляционных (табличных) данных, которая состоит из следующих компонентов:

1. Подсистема загрузки и нормализации данных предназначена для загрузки данных в формате Excel или CVS в СУБД «PostgreSQL». Данная подсистема осуществляет нормализацию данных.
2. Подсистема формирования структуры табличных данных предназначена для создания новых таблиц или использование существующих, например, после применения выше указанной подсистемы, формирования метаданных для подсистемы просмотра и редактирования.
3. Подсистема просмотра и редактирование табличных данных (Рис. 4). Основываясь на метаданных, формирует формы ввода/редактирования и печати.

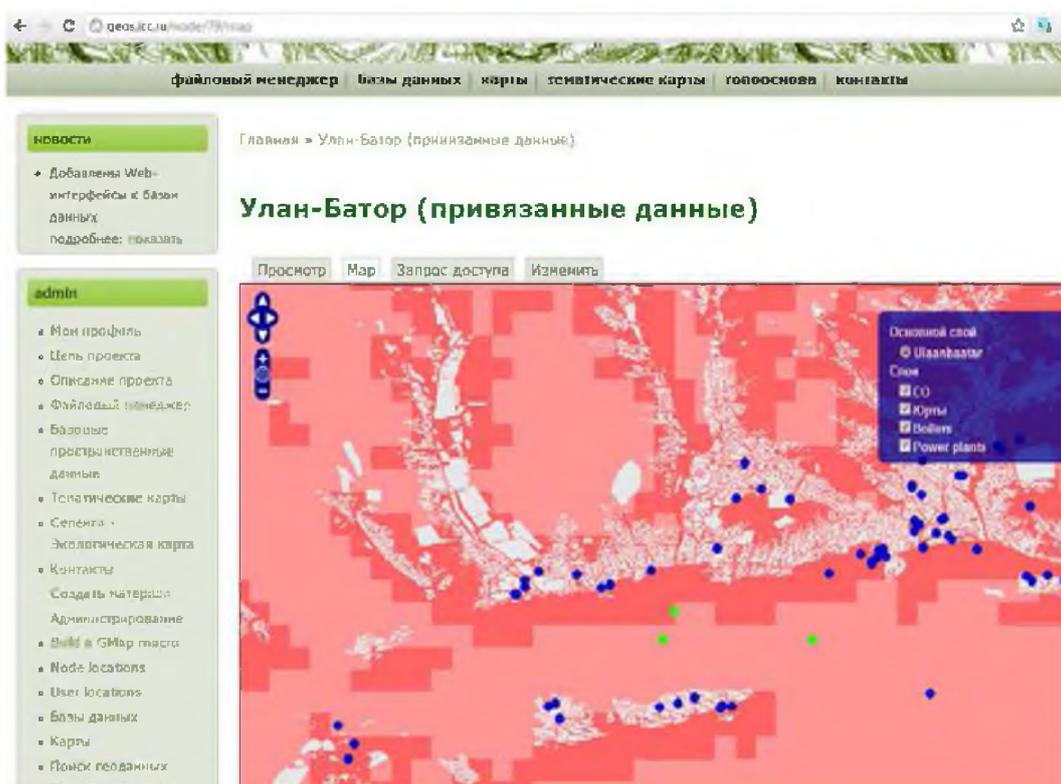


Рисунок 4 Подсистема просмотра и редактирование табличных данных

## Заключение

Сегодня в научных учреждениях Монголии накоплено большое количество ПД (тематические карты, тоноосновы, космоснимки и др.). Однако эти данные используются в противоположной по отношению к ИПД закрытой, нераспределённой архитектурной парадигме геоинформатики, когда функциональные возможности обработки геоданных используются в единой ГИС-среде.

В работе впервые предложены меры и технологические решения, направленные на формирование локальной научной ИПД в институтах МАН, включая проект модернизации информационных и телекоммуникационных ресурсов, а также технологию разработки сервисов визуализации и обработки ПД. Создание такой ИПД позволит более эффективно управлять научными ПД и использовать их в исследованиях, проводимых в научных учреждениях Монголии.

Работа выполнена в рамках совместных российско-монгольских проектов между Сибирским отделением Российской академии наук и Монгольской академией наук «Создание единой информационно-телекоммуникационной сети научных учреждений Монголии», 2011-13 гг. и «Модель инфраструктуры пространственных данных научных учреждений Монголии», 2013-14 гг.

## Список литературы

- [1] The SDI Cookbook. Eds: D.D. Nebert. Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) Association. 2009. <http://www.gsdi.org/gsdicookbookindex>
- [2] Бычков И. В., Ружников Г. М., Хмельнов А. Е., Шигаров А. О., Фёдоров Р. К., Маджара Т. И., Ветров А. А., Додж Т., Нергуй Б. Развитие информационно-телекоммуникационных ресурсов Монгольской академии наук // Открытое образование. 2012. № 3. С. 68–74.
- [3] Бычков И.В., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е., Шигаров А.О., Маджара Т.И., Ветров А.А., Дорж Т., Цогоо Б., Нергуй Б., Отгонсүвд Б., Бат-Орших М., Будням Б. Создание единой информационно-телекоммуникационной сети научных учреждений Монголии // Материалы научно-практической конференции по результатам конкурса совместных российско-монгольских научных проектов. 2012. Иркутск. С. 20–21.
- [4] Nergui B., Bulgan G. Status of e-Science activities in Mongolia // In Proc. International Symposium on Grids and Clouds (ISGC). 2012. Academia Sinica, Taipei, Taiwan.
- [5] Dublin Core Metadata Element Set, version 1.1. <http://dublincore.org/documents/dces>
- [6] FGDC-STD-001-1998 Content Standard for Digital Geospatial Metadata. <http://www.fgdc.gov/metadata/csdgm>
- [7] ISO 19115:2003 Geographic information — Metadata.
- [8] ISO 19139:2007 Geographic information — Metadata — XML schema implementation.

УДК 004.9

## ДВА ФОРМАЛИЗМА ДЛЯ УКАЗАТЕЛЕЙ: ЛОГИКА РАЗДЕЛЕНИЯ ПАМЯТИ И ИСЧИСЛЕНИЕ ПСЕВДОНИМОВ

А.Ж. Сатекбаева, Д.А. Тусупов, Н.В. Шилов

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,  
Институт Систем Информатики им. А.П. Ершова СО РАН

**Abstract.** The simple imperative programming language is extended with commands (not expressions) for accessing and modifying shared structures, and for explicit allocation and deallocation of storage. Assertions are extended by introducing a "separating conjunction" that asserts that its subformulas hold for disjoint parts of the heap, and a closely related "separating implication". Coupled with the inductive definition of predicates on abstract data structures, this extension permits the concise and flexible description of structures with controlled sharing. In this paper, we will survey the current development of this program logic, including extensions that permit unrestricted address arithmetic. We will also discuss promising future directions.

**Keywords:** separation logic, calculus of aliasing, formal specification, Hoare logic .

**Аңдатпа.** Жай императивті бағдарламалау тілі бірлесіп қолданатын құрылымдарды өзгертуге рұқсат алуы үшін, сонымен қатар жадыны айқын бөлу және босату үшін командалармен толықырылады. Тұжырымдар қосымша формулалары жадының қиылыспайтын бөліктері үшін орындалатын және "бөлінетін импликациямен" тығыз байланысты "бөлінетін көптікпен" кеңейтіледі. Бұл мақалада бағдарламадың осы түрінің даму тарихы, сонымен қатар, шектелмеген адрестік арифметиканы қолданатын кеңейтілулер қарастырылады.

**Кілттік сөздер:** бөлінетін логика, алиястарды есептеу, формалды спецификация, Хоар логикасы.

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены два формализма для указателей: исчисление псевдонимов и логика отделимости. Исчисление алиасов сформулировано в терминах модельного объектно-ориентированного языка и может потребовать дополнительных аннотаций только в исключительных случаях. Проблема, с которой сталкивается этот подход, является в корректности программы, которая мутирует (изменяет) структуру данных, как правило, зависит от сложных ограничений динамической памяти в этих структурах. Использование императивных языков (в том числе многочисленные механизмы найдены в многофункциональных языках) было ключевым фактором в этом процессе.

**Ключевые слова:** логика отделимости, исчисление алиасов, формальная спецификация, логика Хоара.

Для дедуктивной верификации объектно-ориентированных программ требуется знать, могут ли два ссылочных выражения в данной точке программы указывать на один и тот же объект во время ее выполнения (иначе говоря, может ли одно выражение быть псевдонимом другого). Например, если операция модифицирует значение атрибута  $x.a$ , а  $x$  и  $y$  ссылаются на один и тот же объект, то эта операция изменит и  $y.a$ , несмотря на то, что при вызове операции и в ее тексте  $y$  не упоминается. Исчисление псевдонимов [1] призвано дать ответ на поставленный вопрос.

Известны [1] следующие подходы к решению проблемы алиасов: *shape analysis*, *separation logic*, *ownership types* и *dynamic frames*. Однако *shape analysis* и *separation logic* пытаются выявить более детальную структуру указателей, чем это необходимо для анализа псевдонимов. *Separation logic*, *ownership types* и *dynamic frames* требуют от программиста написания дополнительных аннотаций помимо обычных хоаровских утверждений. Исчисление алиасов сформулировано в терминах модельного объектно-ориентированного языка и может потребовать дополнительных аннотаций только в исключительных случаях.

Использование динамического распределения структур данных [2], т.е., структур, где на обновляемое поле могут сослаться от нескольких точек, широко распространено в таких областях, как системное программирование и искусственный интеллект.

Проблема, с которой сталкивается этот подход, является в корректности программы, которая мутирует (изменяет) структуру данных, как правило, зависит от сложных ограничений динами-

ческой памяти в этих структурах.

Наш анализ основывается на работах над исчислениями алиасов (синонимов) [1] и логикой отделимости [2].

Язык программирования, который мы будем использовать, является простым императивным языком, расширенный с помощью новых команд для управления динамической памяти [3, 5]:

<code>&lt;comm&gt; ::= ...</code>	
<code>  skip</code>	пустой оператор (null)
<code>  &lt;var&gt; := &lt;exp&gt;</code>	создание (new)
<code>  &lt;var&gt; := cons(&lt;exp&gt;, ..., &lt;exp&gt;)</code>	выделение памяти (allocation)
<code>  [&lt;exp&gt;] := &lt;exp&gt;</code>	мутация (mutation)
<code>  dispose &lt;exp&gt;</code>	освобождение памяти (deallocation)

Семантически мы расширяем вычислительные состояния, чтобы содержать два компонента: состояние памяти, отображающие все переменные в значения (как в семантике нерасширенного императивного языка) и куча, отображающая адреса в значения (и представляющие динамические структуры).

Программа может быть определена как отношение  $\text{State} \longleftrightarrow \text{State}$ . Детерминированный язык будет использовать функции, возможно частичные, а не отношения; недетерминированность определяется простым языком определения.

Состояние  $s$  характеризуется:

- множеством переменных, которые имеют значения в этом состоянии:  $s.def$  (член  $\mathbb{P}(Variable)$ ).
- множеством адресов, выделяемых в этом состоянии:  $s.addr$  (член  $\mathbb{P}(Address)$ , предполагая, подходящее множество  $Address$ ).
- значением переменных в состояниях, в лице функции  $s.value$ , где  $\text{domain}(s.value) = \{v : Variable \mid v \in s.def\}$ .

Чтобы определить состояние  $s$ , достаточно определить:  $s.def$ ,  $s.addr$  и  $s.value$ .

В логике отделимости целые числа, атомы и адреса рассматривались как различные виды значений, и куча являлась отображением конечных множеств адреса непустых множеств значений:

$$\text{Values} = \text{Integers} \cup \text{Atoms} \cup \text{Addresses}$$

где  $\text{Integers}$ ,  $\text{Atoms}$ ,  $\text{Addresses}$  не пересекаются.

$$\text{Heaps} = \bigcup_{A \subseteq \text{Addresses}} (A \longrightarrow \text{Values}^+).$$

Чтобы разрешить неограниченную адресную арифметику в версии логики, используемой в этой статье, мы предположим, что все значения являются конечным множеством  $E \longleftrightarrow E$ , определенным, как  $P(E \times E)$  множеством бинарных отношений на  $E$ , мы также предполагаем, что атомы - конечные множества, которые являются адресами и что кучи отображают адреса во множества. Для нашего удобства  $E$  будет множеством переменных и выражений в программе. Наличие пары  $[x, y]$  в отношении синонимичности выражает то, что  $x$  и  $y$  могут быть присоединены к одному и тому же объекту в этой точке выполнения программы в течение некоторого исполнения. Также отношение синонимичности должно быть симметричным и иррефлексивным.

$$\text{Values} = (E \times E)$$

$$\text{Atoms} \cup \text{Addresses} \subseteq (E \times E)$$

где  $\text{Atoms}$ ,  $\text{Addresses}$  не пересекаются.

$$\text{Heaps} = \bigcup_{A \subseteq \text{Addresses}} (A \rightarrow \text{Values}).$$

$$\text{nil} \in \text{Atoms}$$

$$\text{Stores}_V = V \rightarrow \text{Values}$$

$$\text{States}_V = \text{States}_V \times \text{Heaps}.$$

где  $V$  - конечное множество переменных.

Наша цель состоит в том, чтобы ухватить низкоуровневый символ машинного языка. Можно думать про состояние памяти как об описании содержания регистров и кучи, как описание содержания адресуемой памяти. Это представление улучшено, предполагая, что каждый адрес оборудован "битом активности" тогда область кучи - бесконечное множество активных адресов.

Семантика отношений синонимичности определяется следующим образом [5]. Если  $a$  - отношение синонимичности на множестве  $E$ , ссылающийся на переменные и выражения, входящих в программу  $p$ , мы можем связать  $a$  с утверждением, написанным в виде  $a^-$  и определить как:

$$a^- \triangleq \bigwedge_{[x,y] \notin a} x \neq y.$$

$a^-$  является утверждением о том, что две ссылки не могут быть равными, если их пара появляется в  $a$ . Эта запись отражает консервативный характер исчисления: в то время как наличие пары  $[x, y]$  в  $a$  утверждает, что  $x$  может стать синонимом  $y$ , но не означает, что его отсутствие означает что  $x$  не будет синонимом  $y$ .

Мы также определим "фактор"  $a/x$  отношения синонимичности  $a$  в  $E \leftrightarrow E$  элемент  $x$  из  $E$  (аналогичный класс эквивалентности  $x$  в отношении эквивалентности) как множество, содержащее все элементы синонимичности  $x$  плюс  $x$ :

$$a/x \triangleq \{y : E \mid (y = x) \vee [x, y] \in a\}.$$

Синонимичность (aliasing) позволяет определить функции синонимичности таких как  $aliases(p)$  будет определять отношение индуцированных программ в терме  $aliases(p_i)$  для компонентов  $p_i$  из  $p$ .

Рассмотрим,

$$\begin{array}{ll} p_1 : & x := y \\ p_2 : & z := x; x := u \\ p_1 ; p_2 : & x := y; z := x; x := u \end{array}$$

тогда синонимом  $(p_1)$  будет  $\overline{x, y}$ , синонимом  $(p_2)$  будет  $\overline{x, u}$ , и синонимом  $(p_1, p_2)$  будет  $\overline{y, z}$ ,  $\overline{x, u}$ , которые не могут быть получены путем комбинации двух предыдущих, так как ни в одном из них не упоминается  $z$ . Вместо этого, используем формулу исчисления

$$a| = p,$$

где  $a$  – отношение синонимичности,  $p$  – программный компонент.

Семантика обозначения  $| =$  захватывает следующее основное требование корректности, выраженное в тройке Хоара: для любого отношения  $a$  и для любой конструкции  $p$ :

$$\{a^-\} p \{a| = p\}^-$$

В ней говорится, что если мы используем в качестве гарантии пары, которые не будут синонимами на входе в  $p$ , исчисление дает гарантию о парах, которые не будут синонимами на выходе.

Правила исчисления, представленные далее, определить  $a| = p$  для каждого вида инструкции  $p$ . Чтобы быть приемлемым, любое такое определение должно гарантировать, что, если  $a$  отношение синонимичности такие, как  $a| = p$ . Кроме того, правильность исчисления требует доказательства того, что каждое правило удовлетворяет основному условию устойчивости.

Семантика обычных и булевых выражений совпадает с простым императивным языком:

$$\begin{aligned} [e \in \langle \text{exp} \rangle] &\in \left( \bigcup_{v \supseteq \text{FV}(e)} \text{Stores}_v \right) \rightarrow \text{Values} \\ [b \in \langle \text{boolexp} \rangle] &\in \left( \bigcup_{v \supseteq \text{FV}(b)} \text{Stores}_v \right) \rightarrow \{\mathbf{true}, \mathbf{false}\} \end{aligned}$$

где  $\text{FV}()$  является множеством свободных переменных в  $p$ . В частности, выражения не зависят от кучи так, чтобы они всегда были четко определены.

Таким образом, выражения не содержат обозначения, такие как **cons** или  $[-]$ , которые относятся к куче. Отсюда следует, что ни одна из новых кучами управляющих команд не является простой командой присваивания. Фактически, они не будут подчиняться правилу вывода Хоара для присваивания. Поскольку они меняют память в переменной  $v$  мы скажем, что команды  $v := \mathbf{cons}(\dots)$  и  $v := [e]$ , а также  $v := e$  (но не  $[v] := e$  или  $\text{dispose } v$ ) меняют  $v$ .

В этой семантике команды, управляющие кучей, определены следующими правилами вывода:

**Allocation (выделение памяти)**

$$\langle v := \mathbf{cons}(e_1, \dots, e_n), (s, h) \rangle \rightsquigarrow ([s|v : l], [h|[e] s | \dots | l + n - 1 : [e_n] s]),$$

где  $l, \dots, l + n - 1 \in \text{Addresses} - \text{dom } h$ .

**Mutation (мутация)**

Когда  $[e] s \in \text{dom } h$ :

$$\langle [e] := e', (s, h) \rangle \rightsquigarrow (s, [h|[e] s : [e'] s]),$$

Когда  $[e] s \notin \text{dom } h$ :

$$\langle [e] := e', (s, h) \rangle \rightsquigarrow \mathbf{abort}.$$

**Deallocation (освобождение памяти)**

Когда  $[e] s \in \text{dom } h$ :

$$\langle \mathbf{dispose} \ e, (s, h) \rangle \rightsquigarrow (s, h \upharpoonright (\text{dom } h - \{[e] \ s\})),$$

Когда  $[e] \ s \notin \text{dom } h$  :

$$\langle \mathbf{dispose} \ e, (s, h) \rangle \rightsquigarrow \mathbf{abort}.$$

Здесь  $[f|x : a]$  обозначает функцию, которая отображает  $x$  в  $a$  и все другие параметры  $y$  в области  $f$  в  $f y$ . Обозначение  $f \upharpoonright S$  обозначает ограничение функции  $f$  к области  $S$ .

Операция выделения памяти активирует и инициализирует  $n$  ячеек в кучу. Оставшиеся операции не выполняются (обозначенный терминальной конфигурацией **abort**, если неактивный адрес разыменован или освобожден).

Важное свойство этого языка – ограничение кучи при выполнении команды. По существу, если ограничение удаляет адрес, который разыменован или освобожден командой, тогда ограниченное выполнение прекращения работы **abort**, в противном случае, выполнение аналогичное, за исключением наличия неизменных дополнительных ячеек кучи в неограниченном выполнении.

Чтобы сформулировать это свойство, пишем  $h_0 \perp h_1$ , чтобы указать, что у кучи  $h_0$  и  $h_1$  есть непересекающиеся области, и  $h_0 \cdot h_1$ , чтобы указать объединения такой кучи.

В дополнение к обычным формулам исчисления предикатов, включая булевы выражения и кванторы, мы представляем четыре новых форм утверждения, которые описывают "кучу"[2]:

$\langle \text{comm} \rangle :: = \dots$

$\mathbf{emp}$	пустая куча
$\langle \text{exp} \rangle \mapsto \langle \text{exp} \rangle$	одноэлементная куча
$\langle \text{assert} \rangle * \langle \text{assert} \rangle$	разделительная конъюнкция
$\langle \text{assert} \rangle -* \langle \text{assert} \rangle$	разделительная импликация

Эти новые формы, значения утверждений (в отличие от булевых выражений) зависят и от памяти и от кучи [3, 5]:

$$[p \in \langle \text{assert} \rangle] \in \left( \bigcup_{V \supseteq \text{FV}(p)} \text{Stores}_V \right) \rightarrow \text{Heaps} \rightarrow \{\mathbf{true}, \mathbf{false}\}.$$

Использование императивных языков (в том числе многочисленные механизмы найдены в многофункциональных языках) было ключевым фактором в этом процессе.

Перевод из фактического языка программирования включает шаги: игнорирование условных выражений и циклов; замена функции процедурами; замена параметров и локальных переменных; объединение интегрированных переменных с фактическими параметрами вызовов.

Ряд проблем остаются нерешенными:

- Несмотря на то, что существующая реализация обеспечивает убедительное подтверждение концепции, она должна быть интегрирована в компиляторе для фактического языка программирования.

- С теоретической стороны, полные описания должны быть опубликованы для формальной модели и доказательств.

## Список литературы

- [1] Towards a Theory and Calculus of Aliasing. Meyer B. // International Journal of Software and Informatics. 2011. Vol. 9.- no. 2. March 2010. pp. 37-74.
- [2] Separation Logic: A Logic for Shared Mutable Data Structures. John Reynolds. // LICS. 2002.
- [3] An axiomatic basis for computer programming. Hoare C. // Communications of the ACM. 1969. Vol. 12. pp. 576–583.
- [4] Lectures on reasoning about shared mutable data structure. Reynolds J. C. // IFIP Working Group 2.3 School/Seminar on State-of-the-Art Program Design Using Logic. 2000.
- [5] BI as an assertion language for mutable data structure. Ishtiaq S. and O’Hearn P. W. // In Conference Record of POPL 2001. The 28th ACM SIGPLAN-SIGACT Symposium on Principles of Programming Languages, pages 14-26, New York, 2001. ACM.

УДК 621.326

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ТЕПЛОПЕРЕНОСА В СВЕТОДИОДЕ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКОМ УСТРОЙСТВЕ

Н.М. Темирбеков, А.И. Квасов, А.Е. Бакланов, Д.Н. Титов, С.В. Григорьева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The process of heat transfer in a typical LED, in order to determine the optimum thermal conditions the LED, making recommendations for the rational selection of materials for the manufacture of components and reduce the wear and tear of semiconductor products due to changes in operating conditions of heat radiating crystal. To do this, we solve the system of non-stationary differential equations that describe a set of interrelated processes of heat and mass transfer occurring in the "base LEDs - crystal - lens - the ambient air.

**Keywords:** LED, emitting crystal, heat and mass transfer, energy equation, simulation, temperature regime.

**Аңдатпа.** Типті жарық диодта жылу жеткізудің процесі, жарық диодтың пайдалануының оңтайлы жылулық жағдайларын анықтау мақсатымен, қарастырылған. Тарататын кристалды қызмет етудің жылулық жағдайларын өзгерту арқылы комплект жасау үшін материалдарды рационалды түрде таңдауға ұсыныстар беру және жартылай өткізгіш заттардың тозуын кеміту. Сол себепті тұрақты дифференциальды теңдеу жүйесі шешіледі, олар өзара байланысқан жылу жеткізу процесін сипаттайтын, «жарық диодының негізі – кристалл – линза – қоршаған ауа» жүйесінде жүреді.

**Кілттік сөздер:** Жарық диод, тарататын кристалды, жартылай өткізгіш, жылу өткізгіштік, қуат теңдеу, имитациялық үлгілеу, температуралық ереже.

**Аннотация.** Рассматривается процесс теплопередачи в типичном светодиоде, с целью определения оптимальных тепловых условий эксплуатации светодиода, создание рекомендаций по рациональному выбору материалов для изготовления комплектующих и уменьшению износа полупроводникового изделия вследствие изменения тепловых условий функционирования

излучающего кристалла. Для этого решается система нестационарных дифференциальных уравнений, описывающих комплекс взаимосвязанных процессов теплопереноса, протекающих в системе «основание светодиода – кристаллик – линза – окружающий воздух».

**Ключевые слова:** Светодиод, излучающий кристалл, полупроводник, теплоперенос, уравнение энергии, моделирование, температурный режим.

Рассмотрим процесс теплопереноса в типичном светодиоде (рисунок 1). Известно [1,2], что строение светодиода определяется мощностью излучения и прямым током, проходящим через него. Световой поток, излучаемый светодиодом, напрямую зависит от прямого тока, протекающего через изделие. Чем больше ток, тем больше поток излучения светодиода. Это связано с тем, что с увеличением тока растет число электронов и дырок, поступающих в зону рекомбинации в единицу времени. Но ток нельзя увеличивать до больших значений. Из-за внутреннего сопротивления полупроводника и р-п перехода кристаллик перегревается и диод может выйти из строя. Кроме того, на температурный режим светодиода влияют внешние условия (температура, влажность и т.д.) функционирования полупроводникового элемента. Так, например, известны [3-5] достаточно существенные масштабы влияния температуры окружающей среды на электрические (прямое напряжение, потребляемая энергия), энергетические (осевая сила света, световой поток, оптическая мощность) и калориметрические (относительное спектральное распределение света, относительная спектральная световая эффективность и т.д.) характеристики работы светодиодов.

Цель выполнения численного анализа рассматриваемого процесса – определение оптимальных тепловых условий эксплуатации светодиода, создание рекомендаций по рациональному выбору материалов для изготовления комплектующих и уменьшению износа полупроводникового изделия вследствие изменения тепловых условий функционирования излучающего кристалла.

Рассматривается конструкция типового светодиода, схема которого представлена на рисунке 1.

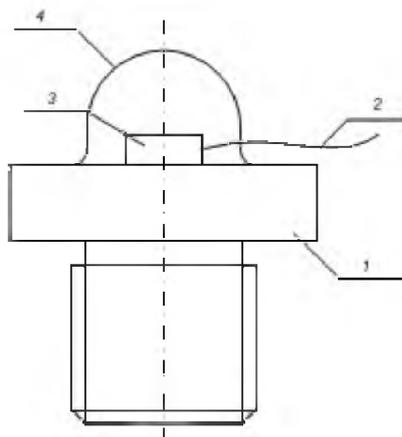


Рисунок 1 Устройство типового светодиода: 1 – основание – катод; 2 – проводник – анод; 3 – кристаллик; 4 – линза

При физической постановке задачи учитываются следующие процессы. При протекании тока через р-п переход в кристаллике происходит выделение энергии в форме излучения. Как следствие, кристаллик нагревается. За счет рефлектора излучение в основание не происходит и лучи отражаются. Таким образом формируются потоки излучения от кристаллика, которые фокусируются линзой. За счет теплопроводности и излучения основание и оптически прозрачный но-

лимерный корпус (линза), заполненный компаундом, нагреваются. С течением времени степень нагрева кристаллика, основания и фокусирующей линзы возрастает. Это в предельных случаях может приводить к плавлению кристаллика и последующему выходу из строя светодиода.

Одной из задач теоретического исследования может быть установление предельных значений токов и времени функционирования светодиода без перегрева комплектующих элементов. Предварительный анализ показывает, что это возможно при численном решении задачи теплопереноса, так как натурный и лабораторный эксперименты требуют больших затрат времени и материальных ресурсов.

Рассматривается осесимметричная постановка (рисунок 2). Учитываются два механизма теплопереноса в светодиоде: излучение и теплопроводность. При этом не учитываются преломление, поглощение, рассеивание и фокусировка лучей линзой, а также зависимость теплофизических характеристик от температуры.

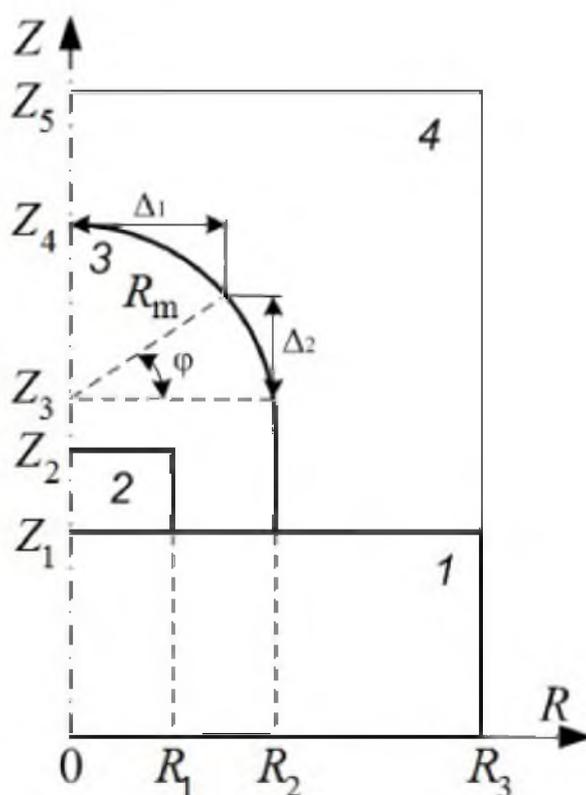


Рисунок 2 Схема области решения задачи теплопереноса:

1 – основание; 2 – кристаллик; 3 – компаунд в линзе; 4 – окружающий воздух

Для области окружающего светодиод воздуха учитываются два механизма теплопереноса: конвекция и теплопроводность.

Предполагается, что пространство внутри линзы заполнено однородной средой – компаундом с постоянными теплофизическими характеристиками. Это допущение является типичным при моделировании процессов теплопереноса в оптических элементах и не накладывает существенных ограничений на общность постановки задачи.

Из рисунка 2 видно, что основную трудность при моделировании процессов теплопереноса представляет конфигурация светодиода. Реализация алгоритма численного решения предусматривает достаточно трудоемкое сопряжение сферической (полярной) и цилиндрической координатных сеток. К тому же, важную роль играет форма рефлектора, ширина «запрещенной»

зоны кристаллика и ее изменение с ростом температуры. Следует подчеркнуть, что при моделировании рассматриваются наиболее типичные конфигурации фокусирующей линзы и рефлектора.

Рассмотрим математическую модель.

Система нестационарных дифференциальных уравнений, описывающих комплекс взаимосвязанных процессов тепломассопереноса, протекающих в системе «основание светодиода – кристаллик – линза – окружающий воздух», соответствующая сформулированной физической постановке задачи, имеет следующий вид.

Уравнение энергии для основания ( $0 < R < R_3$ ,  $0 < Z < Z_1$ ):

$$\rho_1 C_1 \frac{\partial T_1}{\partial t} = \lambda_1 \left( \frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial z^2} \right). \quad (1)$$

Уравнение энергии для кристаллика ( $0 < R < R_1$ ,  $Z_1 < Z < Z_2$ ):

$$\rho_2 C_2 \frac{\partial T_2}{\partial t} = \lambda_2 \left( \frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_2}{\partial z^2} \right) + \frac{Q}{V_{cr} t}. \quad (2)$$

Уравнения энергии для компаунда линзы в цилиндрической части ( $R_1 < R < R_2$ ,  $Z_1 < Z < Z_2$ ;  $0 < R < R_2$ ,  $Z_2 < Z < Z_3$ ):

$$\rho_3 C_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \left( \frac{\partial^2 T_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_3}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_3}{\partial z^2} \right). \quad (3)$$

Уравнения энергии для компаунда линзы в сферической части ( $0 < \varphi < \varphi_m$ ,  $0 < R < R_m$ ):

$$\rho_3 C_3 \frac{\partial T_3}{\partial t} = \lambda_3 \left( \frac{\partial^2 T_3}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_3}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T_3}{\partial \varphi^2} \right). \quad (4)$$

Уравнения энергии, движения и неразрывности для окружающего воздуха ( $R_2 < R < R_3$ ,  $Z_1 < Z < Z_3$ ;  $\Delta 1 < R < R_3$ ,  $Z_3 + \Delta 2 < Z < Z_4$ ;  $0 < R < R_3$ ,  $Z_4 < Z < Z_5$ ):

$$\rho_4 C_4 \left( \frac{\partial T_4}{\partial t} + u \frac{\partial T_4}{\partial r} + \nu \frac{\partial T_4}{\partial z} \right) = \lambda_4 \left( \frac{\partial^2 T_4}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_4}{\partial r} + \frac{\partial^2 T_4}{\partial z^2} \right), \quad (5)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial r} + \nu \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{u}{r} = -\frac{1}{\rho_4} \frac{\partial P_4}{\partial r} + \nu_4 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - \frac{u}{r^2} \right), \quad (6)$$

$$\frac{\partial \nu}{\partial t} + u \frac{\partial \nu}{\partial r} + \nu \frac{\partial \nu}{\partial z} = -\frac{1}{\rho_4} \frac{\partial P_4}{\partial z} + \nu_4 \left( \frac{\partial^2 \nu}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \nu}{\partial r} + \frac{\partial^2 \nu}{\partial z^2} \right) + \beta_g (T_4 - T_0), \quad (7)$$

$$\frac{\partial(ru)}{\partial r} + \frac{\partial(z\nu)}{\partial z} = 0. \quad (8)$$

Здесь  $u$ ,  $\nu$  – составляющие скорости конвекции воздушных потоков в проекции на ось  $r$  и  $z$  в цилиндрической системе координат, м/с;

$r$ ,  $z$  – координаты цилиндрической системы координат;

$r$ ,  $\varphi$  – координаты сферической системы координат;

$R_m$  – радиус сферической части линзы ( $R_m = R_2$ );

$\varphi_m$  – масштаб по сферической координате ( $\varphi_m = \pi/2$ );

$t$  – время, с;

$\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;

$P$  – давление, Н/м<sup>2</sup>;

$\nu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;

$\beta$  – коэффициент термического расширения, К<sup>-1</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$T$  – температура, К;

$T_0$  – начальная температура, К;

$C$  – удельная теплоёмкость, Дж/(кгК);

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(мК);

$V_{cr}$  – объем кристаллика, м<sup>3</sup>;

$Q$  – количество тепла, выделяемое в кристаллике при протекании электрического тока, Дж.

По закону Джоуля-Ленца количество тепла, выделяемое в кристаллике при протекании электрического тока можно определить из следующего выражения [6]:

$$Q = I^2 R t, \quad (9)$$

где  $I$  – сила тока, А;  $R$  – электрическое сопротивление, Ом;  $t$  – время, с.

Поскольку целью настоящего исследования является анализ теплового состояния сложной полупроводниковой системы – светодиода, то наиболее целесообразным представляется преобразование сформулированной системы дифференциальных уравнений (1) – (9) к виду, исключающему непосредственный поиск поля давления  $P$ .

Для этого вводится в рассмотрение функция тока  $\psi$  и вектор вихря скорости  $\omega$ , которые задаются следующим образом [7, 8]:

$$u = \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r}, \nu = -\frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r}, \omega = \frac{\partial \nu}{\partial r} - \frac{\partial u}{\partial z}. \quad (10)$$

После подстановки выражений для компонентов скорости  $u, \nu$  (10) в уравнение неразрывности (8) получаем уравнение Пуассона следующего вида:

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \Psi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = -r\omega^2. \quad (11)$$

Уравнение движения в переменных «функция тока – вектор вихря скорости» имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + u \frac{\partial \omega}{\partial r} + \nu \frac{\partial \omega}{\partial z} - u \frac{\omega}{r} = \nu \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega}{\partial r} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial z^2} \right) + g\beta \frac{\partial T}{\partial r}. \quad (12)$$

Анализ приведенных нелинейных нестационарных уравнений (11), (12) показывает, что целесообразно применение безразмерной формы записи дифференциальных уравнений для уменьшения числа параметров, от которых зависит решение.

При переходе к безразмерным переменным в качестве масштабов расстояния, времени, скорости, температуры, функции тока и завихренности выбраны:

$$\begin{aligned} R &= \frac{r}{Z_m}, Z = \frac{r}{Z_m}; \\ \tau &= \frac{t}{t_m}, t_m = \frac{z_m}{V_m}, V_m = \sqrt{g\beta\Delta T Z_m}; \\ U &= \frac{u}{V_m}, V = \frac{\nu}{V_m}; \\ \Theta &= \frac{T - T_0}{\Delta T}, \Delta T = T_m - T_0; \\ \Psi &= \frac{\Psi}{\Psi_m}, \Omega = \frac{\omega}{\omega_m}, \Psi_m = V_m z_m^2, \omega_m = \frac{V_m}{z_m}, \end{aligned} \quad (13)$$

где  $t_m$  – масштаб времени, с;

$z_m$  – масштаб расстояния, ( $z_m = z_5$ );

$V_m$  – масштаб скорости, м/с;

$T_m$  – масштаб температуры, К;

$\psi_m$  – масштаб функции тока, м<sup>2</sup>/с;

$\sigma_m$  – масштаб вектора вихря, с-1;

$\tau$  – безразмерное время;

$U, V$  – безразмерные составляющие скорости конвекции в проекции на оси цилиндрической системы координат  $r$  и  $z$ ;

$\Theta$  – безразмерная температура;

$\psi$  – безразмерный аналог функции тока;

$\sigma$  – безразмерный аналог вектора вихря.

Таким образом, процессы тепломассопереноса в системе «основание светодиода – кристаллик – линза – окружающий воздух» в безразмерных переменных описывает следующая система уравнений.

Для основания ( $0 < Z < Z_1, 0 < R < R_3$ ) уравнение энергии:

$$\frac{1}{Fo_1} \frac{\partial \Theta_1}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \Theta_1}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \Theta_1}{\partial R} + \frac{\partial^2 \Theta_1}{\partial Z^2}. \quad (14)$$

Для кристаллика ( $Z_1 < Z < Z_2, 0 < R < R_1$ ) уравнение энергии:

$$\frac{1}{Fo_2} \frac{\partial \Theta_2}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \Theta_2}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \Theta_2}{\partial R} + \frac{\partial^2 \Theta_2}{\partial Z^2} + \frac{Qr_m}{V_{cr} \Delta T \lambda_2 t}. \quad (15)$$

Для наполнителя (компаунда) в цилиндрической части линзы при  $Z_1 < Z < Z_2, R_1 < R < R_2; Z_2 < Z < Z_3, 0 < R < R_2$  уравнение энергии:

$$\frac{1}{Fo_3} \frac{\partial \Theta_3}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \Theta_3}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \Theta_3}{\partial R} + \frac{\partial^2 \Theta_3}{\partial Z^2}. \quad (16)$$

Для наполнителя (компаунда) в сферической части линзы при  $0 < R < R_m, 0 < \varphi < \varphi_m$ ; уравнение энергии:

$$\frac{1}{Fo_3} \frac{\partial \Theta_3}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 \Theta_3}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \Theta_3}{\partial R} + \frac{1}{R^2} \frac{\partial^2 \Theta_3}{\partial \varphi^2}. \quad (17)$$

Для воздуха вне линзы при  $Z_1 < Z < Z_3, R_2 < R < R_3; Z_3 < Z < Z_4, R_2 - \Delta_1 < R < R_3; Z_4 < Z < Z_5, 0 < R < R_3$ :

уравнение Пуассона

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial R^2} - \frac{1}{R} \frac{\partial \Psi}{\partial R} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial Z^2} = -R\Omega; \quad (18)$$

уравнение завихренности

$$\frac{1}{S_h} \frac{\partial \Omega}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Omega}{\partial R} + V \frac{\partial \Omega}{\partial Z} - U \frac{\Omega}{R} = \sqrt{\frac{Pr_4}{Ra_4}} \left[ \frac{\partial^2 \Omega}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \Omega}{\partial R} + \frac{\partial^2 \Omega}{\partial Z^2} - \frac{\Omega}{R^2} \right] + \frac{\partial \Theta_4}{\partial R}; \quad (19)$$

уравнение энергии

$$\frac{1}{S_h} \frac{\partial \Theta_4}{\partial \tau} + U \frac{\partial \Theta_4}{\partial R} + V \frac{\partial \Theta_4}{\partial Z} = \frac{1}{\sqrt{Ra_4 Pr_4}} \left[ \frac{\partial^2 \Theta_4}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial \Theta_4}{\partial R} + \frac{\partial^2 \Theta_4}{\partial Z^2} \right]. \quad (20)$$

Здесь  $Fo$ ,  $Sh$ ,  $Pr$ ,  $Ra$  – безразмерные комплексы (число Фурье  $F_0 = \frac{\lambda t_m}{\rho C_p z_m^2}$ , число Струхала  $Sh = \frac{V_m t_m}{z_m}$ , число Прандтля  $Pr = \frac{\nu C_p}{\lambda}$ , число Рэлея  $Ra = \frac{\beta q \Delta T z_m^3 C_p}{\lambda \nu}$  )

Рассмотрим алгоритм численного моделирования.

1. На первом шаге по времени строится итерационный цикл для определения температурного поля в рассматриваемой системе (рисунок 3). В качестве начального приближения задается значение сеточной функции на предшествующем временном слое. Итерационный цикл заканчивается при условии:

$$\max [\Theta^s - \theta^{s-1}] \leq \delta, \quad (21)$$

где  $\Delta$  – заданное малое число,  $s$  – номер итерации.

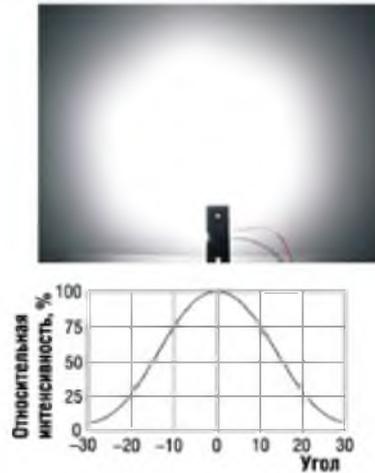


Рисунок 3 Средняя диаграмма направленности

Если в результате итерационного цикла требуемая точность вычислений не достигается, то полученное приближение  $\Theta^{(s)}$  задается в качестве начального в систему разностных аналогов уравнений энергии и теплопроводности для определения очередного приближения  $\Theta^{(s-1)}$ . При достижении заданной точности вычислений выполняется переход к следующему временному слою.

Для достижения сходимости итерационного цикла в условиях высоких скоростей теплопереноса традиционная схема итерационного алгоритма дополняется процедурой «усреднения итераций». Вводится итерационный коэффициент последовательного усреднения  $\gamma$ . В этом случае, значение искомой функции  $\Theta^{*(s+1)}$ , вводимое на каждой итерации в качестве последнего приближения в соответствующие разностные операторы, отличается от фактически вычисленного на последней итерации значения  $\Theta^{(s+1)}$  и вычисляется для каждого узла итерационной сетки по следующей формуле:

$$\Theta^{*s+1} = \Theta^s + \gamma (\Theta^{s+1} - \Theta^s), \quad 0 < \gamma < 1. \quad (22)$$

Введение такой процедуры приводит к существенному снижению скорости сходимости итераций в процессе решения задачи, но обеспечивает сходимость.

В выполняемых расчетах точность вычислений температуры принимается равной 0,5К ввиду минимально возможной в такой постановке температуры  $\Theta=0,3$ .

2. При известных значениях температуры в каждом узле пространственной сетки вычисляется значение функции тока  $\Psi$ .

3. По найденным значениям функции тока  $\Psi$  и температуры в каждом узле сетки итерационным путем определяются значения вектора вихря скорости  $\Omega$ .

4. По значениям вектора вихря скорости  $\Omega$  и функции тока  $\Psi$  вычисляются компоненты скорости конвекции воздушных потоков  $U$  и  $V$  по выражениям (10).

5. Для контроля точности проводимых вычислений в каждом узле сетки выполняется оценка достоверности полученных результатов по результатам анализа консервативности разностной схемы.

6. Затем проверяются условия окончания вычислений по превышению температуры кристаллика предельных значений (температур плавления). В случае невыполнения условий окончания вычислений выполняется переход на следующий временной слой и определяются поля температуры, функции тока, вектора вихря скорости, проверяется достоверность полученных результатов и условий окончания вычислений по п. 1–6 данного алгоритма.

В случае выполнения условий окончания вычислений определяется время прохождения исследуемого процесса, предельные токовые нагрузки, критические внешние условия и температурные режимы работы светодиода.

## Список литературы

- [1] Мосс Т. Полупроводниковая оптоэлектроника. – М.: Мир, 1976.
- [2] Зи С. Физика полупроводниковых приборов. – М.: Мир, 1984.
- [3] Давиденко Ю. Современные светодиоды // Компоненты и технологии. – 2004. – № 5.
- [4] Никифоров С. Температура в жизни и работе светодиодов. Часть 1 // Компоненты и технологии. – 2005. – № 9.
- [5] Никифоров С. Температура в жизни и работе светодиодов. Часть 2 // Компоненты и технологии. – 2006. – № 1.
- [6] Сивухин Д. Общий курс физики. Электричество. – М.: Наука, 1977.
- [7] Роуч П.Дж. Вычислительная гидродинамика. – М.: Мир, 1980.
- [8] Джалурия Й. Естественная конвекция: тепло – и массообмен. – М.: Мир, 1983.
- [9] Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1983.

УДК 528.422.1

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЕВЫШЕНИЙ ЭЛЕКТРОННЫМ ТАХЕОМЕТРОМ НА НИВЕЛИРНОЙ СТАНЦИИ ВЕЕРООБРАЗНЫМ СПОСОБОМ

Г.А. Уставич, М.Е. Рахымбердина

Сибирская государственная геодезическая академия, Восточно-Казахстанский государственный  
технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** The article is showed observation programs by the total station on method of the fan-shaped method on leveling station and taking into account influence of subsidence of systems of the "tripod-total station" on the value of the measured height in carrying out observations.

**Keywords:** trigonometric leveling, total station, excess

**Аңдатпа.** Мақалада өлшенген биіктік өсімшесінің шамасына «штатив - электронды тахеометр» жүйесінің шөгудің әсерін азайту қажеттілігін ескере отырып, нивелирлік станцияда желініуіш тәрізді тәсілмен электронды тахеометрмен өлшеу бағдарламалар ұсынылған.

**Кілттік сөздер:** тригонометриялық нивелирлеу, электронды тахеометр, биіктік өсімше.

**Аннотация.** В статье предложены программы наблюдений электронным тахеометром на нивелирной станции веерообразным способом с учетом необходимости ослабления влияния оседания системы «штатив - электронный тахеометр» на величину измеренного превышения.

**Ключевые слова:** тригонометрическое нивелирование, электронный тахеометр, превышение.

Необходимость разработки программ наблюдений электронным тахеометром на нивелирной станции обусловлена тем, что до настоящего времени инженерно-геодезическое нивелирование, выполняемое тригонометрическим способом, не имело широкого применения при выполнении различных инженерно-геодезических работ, что в большей степени было обусловлено тем, что в некоторых нормативных документах этот способ нивелирования вообще не рекомендовался для применения. Внедрение в геодезическое производство электронных тахеометров способствует их широкому использованию при создании инженерно-геодезических сетей на промплощадке, в строительстве и при эксплуатации инженерных сооружений.

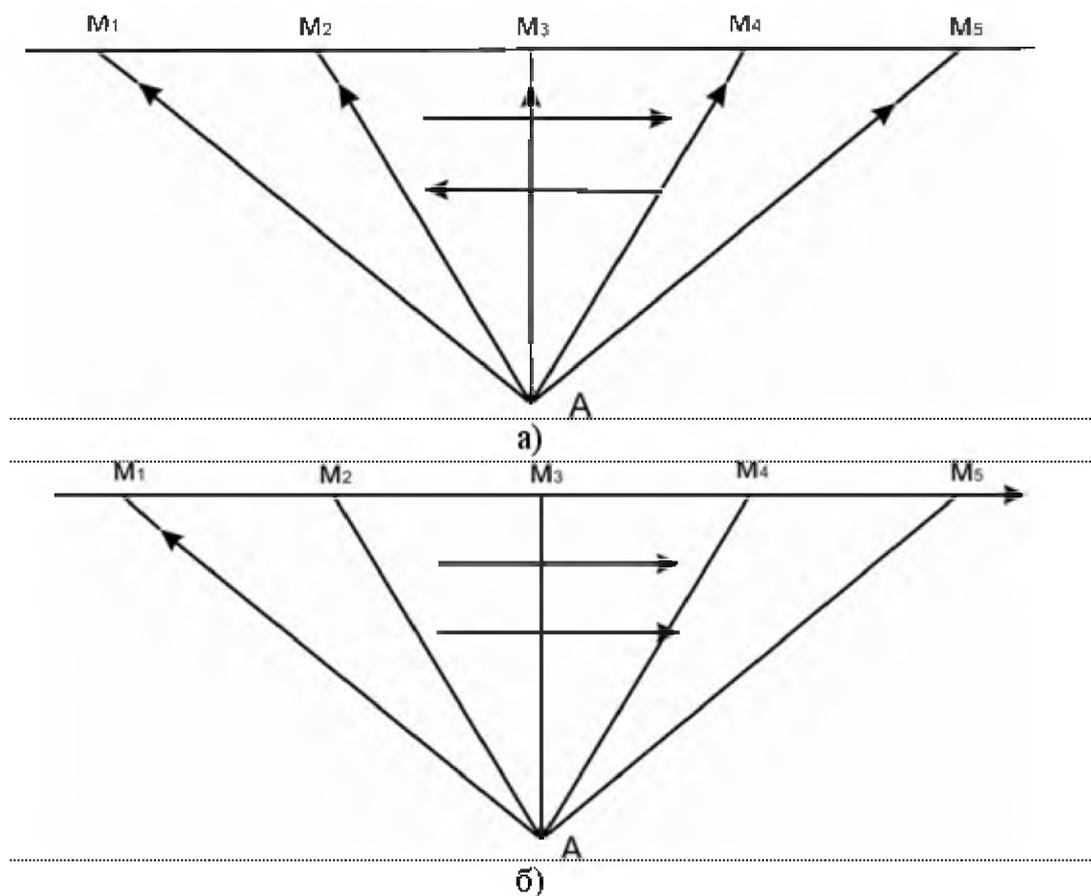


Рисунок 1 Веерообразное нивелирование: а) при измерении прямо и обратно; б) при измерении два раза прямо

Наиболее широко распространенным способом нивелирования является измерение превышения на станции способом из середины, т. е. между двумя рейками (отражательными элементами). На практике при выполнении измерений с одной нивелирной станции можно измерить превышение между несколькими марками, т. е. можно применить веерообразное нивелирование, которое успешно применяется при геометрическом нивелировании. Рассмотрим методику этого нивелирования с учётом необходимости ослабления влияния оседания системы «штатив – электронный тахеометр» на результаты измерений (рисунок 1).

Как известно, при веерообразном нивелировании превышение между марками  $M_1 - M_2$ ,  $M_2 - M_3$  и т. д. измеряется с одной станции А. Измерение может производиться прямо и обратно (рисунок 1, а) и два раза прямо (рисунок 1, б). Это означает, что наблюдения на отражательные элементы производятся последовательно. Наблюдения на станции могут производиться по следующим двум программам.

Схема реализации первой программы аналогична программе наблюдений круговыми приёмами при угловых измерениях. Рассмотрим влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» для каждой программы наблюдений.

Для удобства рассуждений допустим, что превышение между марками  $M_1 - M_5$  равно нулю и определение превышения между ними будет производиться при круге лево (КЛ) и круге право (КП), т. е. полным приёмом. При определении превышений между марками  $M_1 - M_5$  при КЛ по мере равномерного оседания системы «штатив – электронный тахеометр» отсчёты  $a, b, c, d, e$  будут увеличиваться. Это увеличение будет происходить и при КП, но в обратном направлении  $e', d', c', b', a'$ . Однако величины средних отсчётов (превышений) будут свободны от перемещения системы «штатив – электронный тахеометр» и они будут проходить по средней линии  $alel$  (рисунок 2, а).

Первая программа. Наблюдения на станции А производятся по схеме: а) по ходу часовой стрелки:

$$M_{1КЛ} M_{2КЛ} M_{3КЛ} \dots M_{5КЛ}$$

б) против хода часовой стрелки:

$$M_{5КП} \dots M_{3КП} M_{2КП} M_{1КП}$$

Вторая программа. Наблюдения на станции А производятся по схеме, при которой отсчёты производятся сразу при двух кругах:

$$M_{1КЛ+КП} M_{2КЛ+КП} M_{3КЛ+КП} \dots M_{5КЛ+КП}$$

Схема реализации первой программы аналогична программе наблюдений круговыми приёмами при угловых измерениях. Рассмотрим влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» для каждой программы наблюдений.

Для удобства рассуждений допустим, что превышение между марками  $M_1 - M_5$  равно нулю и определение превышения между ними будет производиться при круге лево (КЛ) и круге право (КП), т. е. полным приёмом. При определении превышений между марками  $M_1 - M_5$  при КЛ по мере равномерного оседания системы «штатив – электронный тахеометр» отсчёты  $a, b, c, d, e$  будут увеличиваться. Это увеличение будет происходить и при КП, но в обратном направлении

$e', d', c', b', a'$ . Однако величины средних отсчётов (превышений) будут свободны от перемещения системы «штатив – электронный тахеометр» и они будут проходить по средней линии  $a_1e_1$  (рисунок 2, а).

Если во время измерения превышения, например, между марками  $M_3 – M_4$  произошло значительное оседание системы «штатив – электронный тахеометр», то вместо отсчётов  $d$  и  $e$  будут получены отсчёты  $d'$  и  $e'$ . Далее по мере выполнения измерений средние отсчёты (превышения) на станции будут проходить по линии  $a_2e_2$ . Вследствие этого все полученные отметки марок  $M_4$  и  $M_5$  будут искажены влиянием оседания системы «штатив – электронный тахеометр». Однако, отметки марок  $M_1, M_2$  и  $M_3$  не будут искажены этим перемещением.

При выполнении измерений двумя приёмами рекомендуется применять схему, приведенную на рисунке 2, б. При её реализации в первом приёме при КЛ наблюдения производятся по ходу часовой стрелки, а во втором приёме – против хода часовой стрелки.

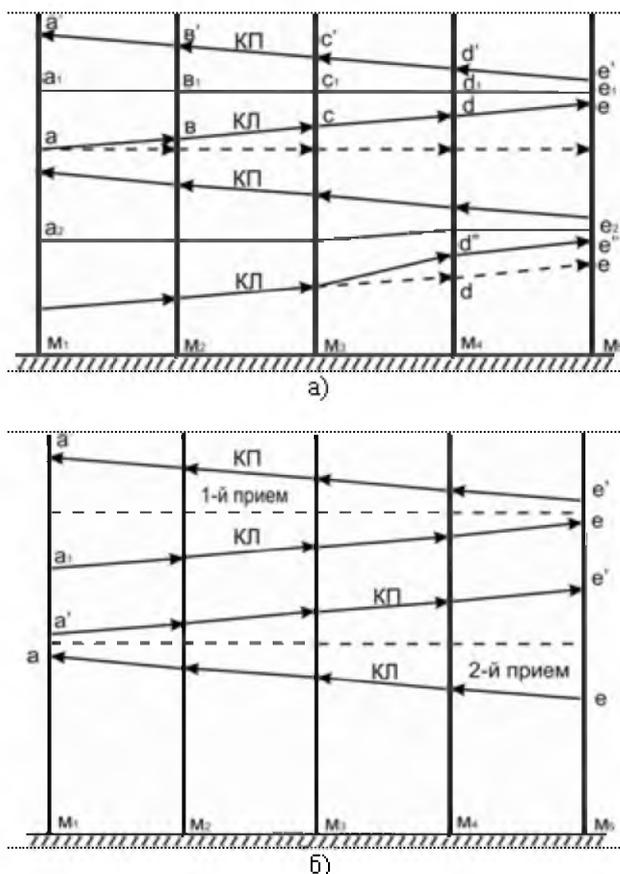


Рисунок 2 Влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» при веерообразном нивелировании: а) при измерении одним приёмом; б) при измерении двумя приёмами

Наблюдения по второй программе производятся веерообразным способом, но сразу выполняется наблюдение на отражательный элемент при двух кругах.

Эта программа аналогична программе

$$Z_{КЛ}, Z_{КП}, P_{КЛ}, P_{КП}$$

Вследствие этого влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» при веерообразном нивелировании также будет аналогично влиянию при использовании схемы.

Если при второй программе наблюдения будут производиться двумя приёмами по ходу часовой стрелки

$$\begin{matrix} \text{З}_{\text{КЛ}} & \text{З}_{\text{КП}} & \text{П}_{\text{КЛ}} & \text{П}_{\text{КП}} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \end{matrix}$$

против хода часовой стрелки

$$\text{П}_{\text{КЛ}} \text{П}_{\text{КП}} \text{З}_{\text{КЛ}} \text{З}_{\text{КП}}$$

то влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» будет ослаблено.

Таким образом, при реализации программ наблюдений веерообразным способом необходимо иметь в виду тот факт, что:

– влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» при измерении превышения между марками М3 – М4 не влияет на величину другого измеряемого превышения, например, между марками М4 – М5 (рисунок 2) и наоборот;

– влияние оседания системы «штатив – электронный тахеометр» между марками М3 – М4 влияет на значения вычисленных высотных отметок последующих марок.

## Список литературы

- [1] Беспалов Ю. И., Мирошниченко С. Г. Исследование точности измерения превышений электронными тахеометрами // Геодезия и картография. – 2009. – № 3. – С. 12–13.
- [2] Беспалов Ю. И., Дьяконов Ю. П., Терещенко Т. Ю. Наблюдение за осадками зданий и сооружений способом тригонометрического нивелирования // Геодезия и картография. – 2010. – № 10. – С. 8–10.
- [3] Визиров Ю. В. Электронная съемка и обследование геометрии тоннеля // Геодезия и картография. – 1999. – № 10. – С. 20–25.
- [4] Жуков Б. Н., Жуков И. Б. Предложения о создании единой инструкции по нивелированию для инженерно-геодезических работ // Геодезия и картография. – 1998. – № 8. – С. 22–26.
- [5] Карлсон А. А. Измерение деформаций гидротехнических сооружений – М.: Недра, 1984. – 244 с.
- [6] Уставич Г. А., Демин С. В., Шалыгина Е. Л., Пошивайло Я. Г. Разработка и совершенствование технологии инженерно-геодезического нивелирования // Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 12–14.
- [7] Пискунов М. Е. Методика геодезических наблюдений за деформациями сооружений. – М.: Недра, 1980. – 248 с.
- [8] Руководство по натурным наблюдениям за деформациями гидротехнических сооружений и их оснований геодезическими методами. – М.: Энергия, 1980. – 200 с.
- [9] Руководство по наблюдениям за деформациями оснований фундаментов зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1985. – 160 с.
- [10] Никонов А. В., Рахымбердина М. Е. Исследование точности измерения превышений электронными тахеометрами высокой точности в полевых условиях // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 1(21). – С. 16 – 26.

- [11] Уставич Г. А., Рахымбердина М. Е. Разработка программ наблюдений тахеометром на нивелирной станции способом из середины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013: IX Междунар. науч. конгр., 15-26 апреля 2013 г. Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 3 т. Т. 1. – Новосибирск: СГГА, 2013 – С. 163 – 168

УДК 681.533.44

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОМПЕНСАЦИИ ДИНАМИКИ ОБЪЕКТА И ВОЗМУЩЕНИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ ВО ФЛОТОМАШИНЕ

Г.К. Шадрин, Ю.В. Мосолков, М.Г. Шадрин

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, Казцинк

**Abstract.** Application of the new synthesis technique is discussed. This new technique is based on the concept of compensation of the object's dynamics and disturbance (CODD technique) and thus guarantees that the parameters of the future system operation can be predefined and also in what way these parameters can be predefined. Mathematical model of the flotation machine was designed as a control object. The main steps in the synthesis of the control system according to CODD technique are outlined. Full CODD algorithm is designed for the given object of study in the form of PI control with established settings. The results of control system computer modeling are shown.

**Keywords:** Mathematical model of the flotation machine, control system, synthesis technique, compensation, level control.

**Аннотация.** Рассмотрено применение новой методики синтеза, основанной на идее компенсации динамики объекта и возмущений (метод КДОВ), позволяющей гарантировать заранее заданные показатели работы будущей системы, и какими средствами достигаются эти показатели. Разработана математическая модель флотомашин, как объекта управления. Представлены в общем виде основные этапы синтеза системы регулирования по методу КДОВ. Для данного объекта управления получен алгоритм КДОВ в виде ПИ-регулятора с готовыми настройками. Показаны результаты моделирования системы регулирования на ЭВМ.

**Ключевые слова:** Математическая модель флотомашин, система управления, метод синтеза, компенсация, регулирование уровня.

Флотомашин является одним из основных агрегатов в процессе обогащения руд. Эффективность флотомашин во многом зависит от точного соблюдения режимов ее работы, а это обеспечивается качеством функционирования систем автоматизации, прежде всего системы регулирования уровня пульпы. Причем при синтезе систем управления данным объектом, как и для любой системы управления, желательно заранее знать качественные показатели работы будущей системы, и какими средствами достигаются эти показатели.

Здесь на примере задачи регулирования уровня пульпы во флотомашине показана эффективность новой методики синтеза, основанной на идее компенсации динамики объекта и возмущений,

позволяющей решить указанные задачи. При применении этой методики точно известно, что может дать система регулирования и что нужно сделать для обеспечения заданного качества. Для расчета регулятора получена также математическая модель флотомашины, как объекта управления.

Рассмотрим особенности флотомашины, как объекта управления уровнем. Для этого составим ее математическую модель по каналу управления. Регулируемой переменной является уровень пульпы во флотомашине, управляющим воздействием – степень открытия пробкового крана на ее выходе. В данном достаточно простом случае математическую модель целесообразно получить аналитическим методом. Преимуществом такой модели является универсальность применения.

В процессе работы уровень во флотомашине изменяется в небольших пределах, примем для такого режима следующие допущения: площадь флотомашины постоянная по высоте; выходной поток пульпы не зависит от уровня и линейно зависит от степени открытия клапана  $\alpha$ .

Обозначим:

$Q_{10}$  – номинальный входной объемный поток пульпы, м<sup>3</sup>/мин;

$\alpha_0$  – номинальная степень открытия клапана, %.

$Q_1$  – отклонение входного потока пульпы от своего номинального значения, м<sup>3</sup>/мин;

$h$  – отклонение уровня пульпы во флотомашине от своего номинального значения, см;

$\alpha$  – степень открытия клапана, %;

$S$  – площадь флотомашины, м<sup>2</sup>;

Тогда, используя уравнения материального баланса, можно получить аналитическую математическую модель флотомашины в виде

$$\frac{dh}{dt} = k_Q Q_1 - k_\alpha \alpha, \quad (1)$$

где

$$k_Q = \frac{1}{S}; k_\alpha = \frac{Q_{10}}{S\alpha_0},$$

В (1)  $h$  – регулируемая переменная,  $\alpha$  – управляющее воздействие,  $Q_1$  – возмущение.

Как видно из (1), флотомашина, как объект управления по каналу: положение клапана – уровень является интегратором с возмущением на входе.

Теперь выполним синтез системы регулирования уровня методом компенсации динамики объекта и возмущений (метод КДОВ) Этот метод в общих чертах описан в [1,2]. В представленном там виде он применим для устойчивых объектов. Для приведения нашего нейтрального (в виде интегратора) объекта к устойчивому виду охватываем его местной обратной связью в виде пропорционального регулятора с коэффициентом передачи  $-k_{П1}$ . Минус взят потому, что при увеличении  $\alpha$  уровень уменьшается.

Нужно выбрать такое  $k_{П1}$ , чтобы система была устойчивой во всем диапазоне изменения параметров объекта и была апериодическая переходная функция по каналу возмущения. Для нашего простого объекта это несложно сделать.

Заметим, что при более сложном объекте для его приведения к устойчивому виду целесообразно использовать модальный регулятор. Конечно, при этом необходим оценщик состояния.

Система с П-регулятором является объектом управления для внешнего регулятора, построенного методом КДОВ. Уравнения нового объекта (системы с П-регулятором) без учета возмущений записываются следующим образом

$$\frac{dh}{dt} = -k_{\Pi}k_{\alpha}h + k_{\Pi}k_{\alpha}h_{z1}, \quad (2)$$

где  $h_{z1}$  – управляющее воздействие для нового объекта.

Теперь о методе синтеза КДОВ. Уравнение объекта для этого метода нужно представить в пространстве состояний. Как известно, такое представление имеет вид

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bu; \quad (3)$$

$$y = Cx. \quad (4)$$

Здесь  $x$  –  $n$ -мерный вектор переменных состояния объекта управления;

$u$  –  $m$ -мерный вектор управляющих воздействий;

$y$  –  $m$ -мерный вектор управляемых переменных;

$A, B, C$  – матрицы коэффициентов соответствующих размерностей.

То есть (3,4) – многомерный устойчивый объект с  $m$  входами и  $m$  выходами.

Исходными для применения методики синтеза по методу КДОВ являются матрицы  $A, B, C$  и часть коэффициентов фильтра-эталона. А именно те коэффициенты, которые определяют полосу пропускания этого фильтра и форму его частотной характеристики. Эти коэффициенты названы свободными коэффициентами.

Фильтр-эталон – эта та динамическая система, которая является эталоном (идеалом) для поведения замкнутой системы регулирования по каналу: задание-выход. Уравнения фильтра-эталона аналогичны по построению и размерностям уравнениям объекта управления (3,4) и имеют вид

$$\frac{dx_{\Phi}}{dt} = \Phi_1x + \Phi_2y_z; \quad (5)$$

$$y = \Phi_3x_{\Phi}. \quad (6)$$

Методика синтеза по методу КДОВ включает в себя выполнение следующих этапов

– Составляется блочная матрица из матриц из (3,4)

$$\begin{bmatrix} AB \\ C0 \end{bmatrix}; \quad (7)$$

– Выполняется обращение

$$\begin{bmatrix} EF \\ GH \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} AB \\ C0 \end{bmatrix}^{-1}; \quad (8)$$

– Выполняется обращение верхнего правого блока размером  $n$  на  $n$  матрицы  $\begin{bmatrix} EF \\ GH \end{bmatrix}$ . В результате обращения получается матрица  $Q$ .

– Задаются свободными коэффициентами фильтра-эталона. Это блок размером  $m$  на  $n$  (то есть по  $n$  штук на каждый из  $m$  каналов управления), расположенный в верхней части  $\Phi_1$ . Блок имеет вид

$$\begin{bmatrix} \phi_{1,1} & \dots & \phi_{1,n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{m,1} & \dots & \phi_{m,n} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Эти коэффициенты по каждому каналу соответствуют коэффициентам фильтра Бесселя  $n$ -го порядка с заданной собственной частотой, определяющие полосу пропускания фильтра. То есть для задания фильтра-эталона здесь достаточно задать его собственную частоту и выбрать из таблицы стандартные коэффициенты фильтра Бесселя.

Чем больше собственная частота, то есть чем шире полоса пропускания, тем более быстрой будет система управления, но тем больше будет и амплитуда управляющих воздействий и тем выше требования к точности математической модели объекта управления.

– Вычисляются оставшиеся коэффициенты фильтра-эталона по формулам

$$\begin{bmatrix} \phi_{m+1,1} & \dots & \phi_{m+1,n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{n+m,1} & \dots & \phi_{n+m,n} \end{bmatrix} = Q \left( \begin{bmatrix} 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} e_{11} & \dots & e_{1m} \\ \dots & \dots & \dots \\ e_{n1} & \dots & e_{nm} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \phi_{11} & \dots & \phi_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{m1} & \dots & \phi_{mn} \end{bmatrix} \right); \quad (10)$$

$$\Phi_2 = -\Phi_1 \cdot F. \quad (11)$$

– Составляются уравнения регулятора в векторно-матричном виде

$$\frac{dx_\phi}{dt} = Tx_\phi + \Phi_2 \varepsilon; \quad (12)$$

$$u = \Omega x_\phi + G \Phi_2 \varepsilon, \quad (13)$$

где

$$T = \Phi_1 + \Phi_2 \cdot \Phi_3, \quad (14)$$

$$\Omega = G \cdot T + H \cdot \Phi_3. \quad (15)$$

Теперь применим эту методику для синтеза системы управления уровнем во флотомашине. Уравнения флотомшины в пространстве состояний, полученные из уравнения вход-выход (2), в канонической форме управляемости имеют вид

$$\frac{dx}{dt} = -k_{II} k_\alpha x + h_{z1}, \quad (16)$$

$$h = k_{II} k_\alpha x$$

где  $x$  – переменная состояния.

Блочная матрица 7 объекта регулирования уровня, согласно (2), имеет вид

$$\begin{bmatrix} AB \\ C0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_{II} k_\alpha & 1 \\ k_{II} k_\alpha & 0 \end{bmatrix};$$

В результате расчета по формулам (9-15) получен регулятор

$$\begin{aligned} \frac{dx_{\phi}}{dt} &= \varepsilon; \\ u &= f_1 x_{\phi} + \frac{f_1}{k_{\text{III}} k_{\alpha}} \varepsilon. \end{aligned} \quad (17)$$

Передаточная функция этого регулятора имеет вид

$$W_p(s) = \frac{f_1}{k_{\text{III}} k_{\alpha}} \left( k_{\text{III}} k_{\alpha} \frac{1}{s} + 1 \right). \quad (18)$$

Как видно, это – ПИ-регулятор с готовыми настройками.

Передаточная функция фильтра-эталона

$$W_{\phi\varepsilon}(s) = \frac{f_1}{s + f_1} = \frac{1}{Ts + 1}, \quad (19)$$

где

$$T = 1/f_1.$$

Из (19) следует, фильтр-эталон – это фильтр в виде аperiodического звена с единичным коэффициентом передачи и постоянной времени  $T = 1/f_1$ . Выбирая разные  $f_1$ , можно получить заданные динамические свойства системы.

Из (18) видно, что изменение полосы пропускания фильтра-эталона сводится к изменению общего коэффициента передачи ПИ-регулятора.

Задавая разные значения  $f_1$ , будем иметь разное быстродействие системы, но переходный процесс всегда (в пределах соответствия модели своему объекту) будет соответствовать фильтру-эталону, в нашем случае аperiodическому звену (19).

Значение  $f_1$  должно быть таким, чтобы, с одной стороны, точность управления была не хуже заданной, с другой амплитуда и частота движений исполнительного органа, в данном случае регулирующего клапана, была бы не слишком большой. Таким образом, по данной методике синтеза можно заранее точно определить динамические свойства системы регулирования.

Нужно отметить, что ПИ-регулятор не постулировался, как это обычно делается, а получен расчетным путем. При более сложной математической модели объекта также расчетным путем получается более сложная, нетривиальная структура регулятора, что является вторым важным преимуществом предлагаемой методики синтеза.

Система с компенсационным регулятором смоделирована на ЭВМ, при этом математическая модель объекта включала в себя запаздывающее звено, имитирующее запаздывания передачи сигналов в датчике, цифровой части системы и в исполнительном механизме. Время запаздывания принято 0,1 минуты.

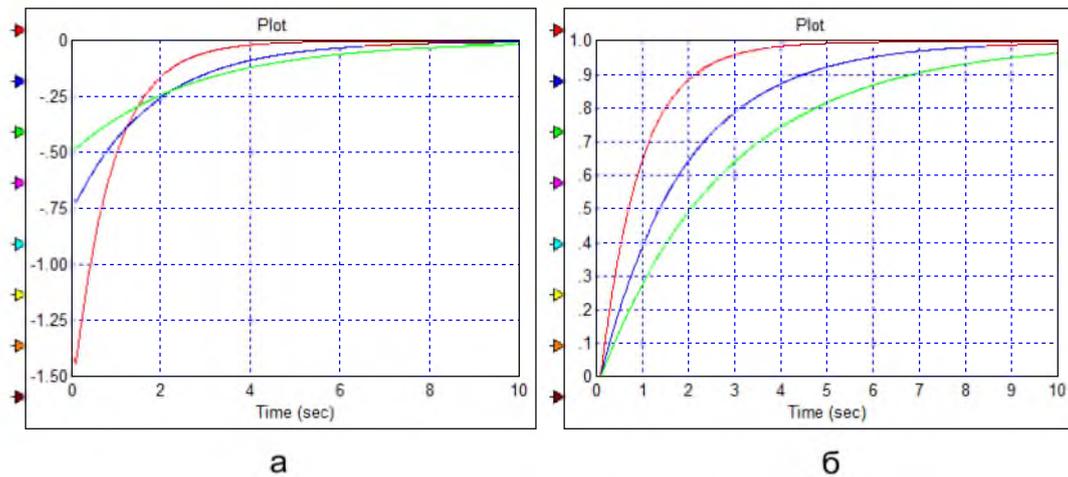


Рисунок 1 Переходная функция системы регулирования уровня при разных значениях постоянной времени фильтра-эталона 1; 2; 3 минуты. Время в минутах  
а – изменение положения клапана, %; б – изменение уровня, см.

При моделировании приняты следующие параметры флотомашины, являющиеся типовыми:  
 $\alpha_0 = 50\%$ ;  $Q_{10} = 8 \text{ м}^3/\text{мин}$ ;  $S = 22 \text{ м}^2$ ,  
 тогда уравнение объекта (4) будет иметь вид

$$\frac{dh}{dt} = 4,5 \cdot Q_1 - 0,72 \cdot \alpha. \quad (20)$$

Хорошим для типовой флотомашины будет  $k_{\Pi}$ , равное  $0,5 \text{ \%}/\text{см}$ .

Тогда

$$k_{\Pi}k_{\alpha} = 0,36; 1/k_{\Pi}k_{\alpha} = 1/0,36 = 2,78 \quad (21)$$

и из (18) получаем следующий регулятор

$$W(s) = f_1 \cdot 2,78(0,36 \frac{1}{s} + 1) = f_1 \cdot 2,78(\frac{1}{2,78 \cdot s} + 1). \quad (22)$$

Результаты моделирования представлены на рисунках 1 и 2.

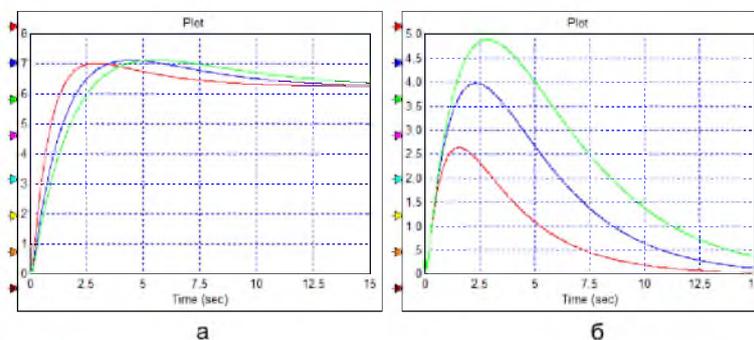


Рисунок 2 Реакция системы регулирования уровня при ступенчатом изменении расхода исходной пульпы на один  $\text{м}^3/\text{мин}$  при разных значениях постоянной времени фильтра-эталона 1; 2; 3 минуты. Время в минутах  
а – изменение положения клапана, %; б – изменение уровня, см.

## Список литературы

- [1] Абдеев Ю.М., Терехин В.В., Шадрин Г.К. Разработка система автоматизации технологических процессов в производстве свинца и цинка на основе помехозащищенных алгоритмов // Цветные металлы. – Москва: Металлургия. 1990. №12. С.36-38.
- [2] Шадрин Г.К., Шадрин М.Г., Шуклин А.Н., Масайло О.Д. Применение компенсационных алгоритмов регулирования мощными приводами на примере привода пластинчатого питателя // Энергетика, экология, энергосбережение: Материалы I-ой Международной науч.-техн. конф. - Усть-Каменогорск, 2005. – С.250-251.

УДК 681.542.8

### АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДОЗИРОВАНИЕ РЕАГЕНТА В СИСТЕМУ ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЯ УСТЬ-КАМЕНОГОРСКОЙ ТЭЦ

Г.К. Шадрин, А.Н. Шуклин, М.Г. Шадрин, И.В. Денисов, Н.В. Аринова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** This paper examines the automatic dispensing of the reagent for the acidic pulp's neutralization in hydraulic ash removal system at the power station. Such problem often occurs while firing the inexpensive sorts of coal. Development results of the following details are presented: sampling for the pH and electrical conductance measuring; selection of sensors; detail of the alkaline solution preparation; selection and layout of the dispensing equipment; details of feeding of the alkali on the discharge of ash-cinder pulp from each of the emulsifiers; design of the control system. Algorithms of the automatic control for the main system parameters are described.

**Keywords:** Automated control, reagent dispensing, ash-cinder pulp, redox potential, steam generating unit.

**Аннотация.** Рассмотрена система автоматического дозирования реагента для нейтрализации кислой пульпы гидрозолоудаления электростанции. Такая задача часто возникает при сжигании недорогих сортов угля. Представлены результаты разработки узлов пробоотбора для измерения pH и электропроводности, выбора датчиков, разработки узла приготовления щелочного раствора, выбора и размещения дозирующего оборудования, выноса точек подачи щелочи на слив золовой пульпы с каждого из эмульгаторов, проектирования системы управления. Описаны алгоритмы автоматического регулирования основных параметров системы.

**Ключевые слова:** Автоматическое управление, дозирование реагентов, золовая пульпа, окислительно-восстановительный потенциал, котлоагрегат.

На Усть-Каменогорской ТЭЦ, как и на других подобных станциях, действует оборотная система гидрозолоудаления (ГЗУ). Она включает в себя ряд эмульгаторов, три багерные насосные станции для перекачки золосодержащей пульпы, систему желобов и трубопроводов, а также золошлакоотвал с насосной станцией осветленной воды. Дымовые газы от каждого котлоагрегата подаются на свою группу эмульгаторов, где происходит отделение золы от газов и перевод ее в пульпу. Пульпа от эмульгаторов поступает в сборные желоба и далее в приемные части багерных

насосных станций. Эти насосные установки перекачивают пульпу в золошлакоотвал, расположенный за пределами электростанции. Из золонакопителя осветленная вода подается на орошение эмульгаторов, а также на другое оборудование, и система водооборота замыкается.

В настоящее время в качестве топлива на Усть-Каменогорской ТЭЦ используются недорогие местные угли. Но недостатком этих углей является кислый характер золы от их сжигания, величина рН этой золы составляет 2-4 единицы.

Для предотвращения быстрого износа насосного и трубопроводного оборудования используется нейтрализация такой золы щелочью (подщелачивание). В качестве щелочи используется едкий натр ( $NaOH$ ). Однако практика показала, что ручное дозирование нейтрализующего реагента неэффективно. В условиях изменяющейся во времени производительности каждого котлоагрегата, а также состава угля происходит или недостаточная подача, или излишний расход дорогостоящей щелочи. Естественным путем решения данной проблемы является автоматизация процесса, при которой подача щелочи будет вестись в зависимости от текущих значений рН с учетом динамики объекта управления. Помимо контроля и регулирования рН требуется также контроль содержания в разных точках системы ГЗУ. Такой контроль проще всего выполнять, измеряя электропроводность растворов.

Перед нами была поставлена задача выполнить проект такой автоматической системы. Особенностью проекта является комплексное решение задач пробоотбора, приготовления щелочного раствора и дозирования. То есть решались задачи по механике, гидродинамике и автоматизации. Только при рациональном сочетании технических решений по этим вопросам можно создать хорошую систему. В данной работе представлены результаты такого проектирования.

Анализ ситуации выявил следующие задачи, которые нужно решать при создании надежной и эффективной системы автоматизации:

- разработка узлов пробоотбора рН и электропроводности;
- выбор датчиков рН и электропроводности;
- разработка узла приготовления щелочного раствора;
- выбор и размещение дозирующего оборудования;
- вынос точек подачи щелочи на слив золы от каждого из эмульгаторов;
- проектирование системы управления.

Обследование на объекте показало, что единственным местом установки датчиков рН являются напорные трубопроводы после багерных насосов. Однако прямая установка на них проточных датчиков нерациональна из-за абразивности пульпы и большой скорости ее движения. Поэтому принято решение использовать специальные узлы пробоотбора для проточных датчиков. Такой узел включает в себя трубопроводы, подключаемые через сужающие устройства (дроссели) к каждой трубе напорного трубопровода. Далее трубопроводы через обратные клапаны соединяются с проточной арматурой датчика, затем – через воронку и трубопровод – на сброс. Проточную арматуру и датчик рН можно обслужить, закрыв шаровый кран на входе в ячейку. Для измерения электропроводности использованы также проточные бесконтактные датчики.

Пример узла пробоотбора показан на рисунке 1.

В настоящее время много фирм выпускают оборудование для измерения рН и электропроводности. В данной работе принято решение использовать систему измерения фирмы Endress+Hauser.

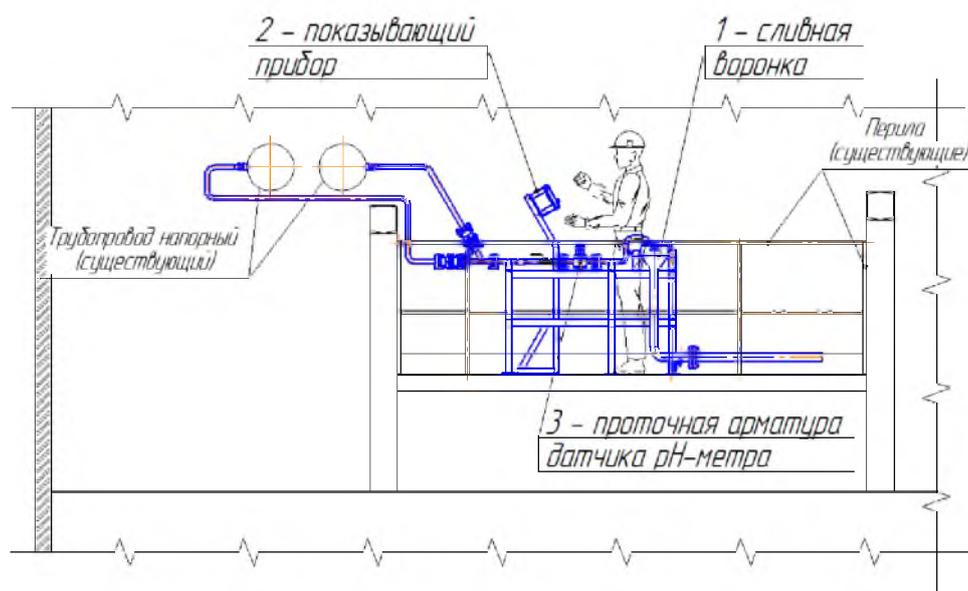


Рисунок 1 Узел пробоотбора

Такая система состоит из измерительного электрода, проточной арматуры, соединительного кабеля и измерительного преобразователя с цифровым выходом. Особенности данной измерительной системы являются применение малообслуживаемых, надежных твердотельных электродов рН и бесконтактной цифровой передачи данных. Достоинством системы является также то, что для измерения рН и электропроводности используется один и тот же многоканальный преобразователь. К этому прибору можно подключать 2, 4 или 8 датчиков рН и электропроводности.

Данные системы хорошо себя зарекомендовали на ряде предприятий Казахстана.

Узел приготовления щелочного раствора состоит из расходного бака объемом 34 м<sup>3</sup> и высотой 4 м. Бак оснащен ультразвуковым датчиком уровня, системой перемешивания на основе центробежного насоса и системой разбавления и промывки технической водой. На трубопроводе подачи технической воды установлен шланговый вентиль с электроприводом. Для нормальной работы системы подщелачивания нужна постоянная концентрация раствора щелочи, эта функция как раз и выполняется узлом приготовления.

Алгоритм работы узла приготовления следующий: при систематическом увеличении уровня раствора в расходном баке считается, что идет подача "крепкого" раствора в расходный бак. При этом включается перемешивающий насос. После включения этого насоса начинает анализироваться электропроводность раствора щелочи в контуре перемешивания. Если эта электропроводность выше нормы, то на заданное время открывается шланговый вентиль в цепи подачи технической воды в расходный бак. Если, спустя время перемешивания, эта электропроводность по-прежнему больше нормы, вентиль вновь открывается на заданное время, и так до тех пор, пока электропроводность не станет равной или меньше нормы. После этого вентиль больше не открывается. Если уровень в расходном баке перестает увеличиваться, то считается, что подача раствора в этот бак прекратилась. При этом, спустя заданное время после того, как электропроводность станет равной или меньше нормы, насос выключается.

Следующей задачей был выбор и размещение дозирующего оборудования. Требовалось отдельная регулируемая подачи щелочи на каждую группу эмульгаторов.

В результате сопоставительного анализа насосов ряда фирм были выбраны перистальтиче-

ские насосы ALP 17 – F фирмы ALBIN PUMP, всего 5 насосов. Их принцип работы следующий. В круглый паз корпуса вкладывается толстостенный шланг, который занимает больше половины окружности. На оси насоса расположены вдавленные в шланг два ролика. При вращении оси ролики с вдавливанием перекачиваются по шлангу, перемещая жидкость в шланге к нагнетательному выходу и создавая разрежение на всасывающем входе. Преимуществом таких насосов является постоянная производительность, самовсасывание и возможность "сухого хода".

Для возможности плавного регулирования производительности в комплект каждого насоса был включен частотный преобразователь фирмы Данфос FC 202 мощностью 0,55 Квт. В итоге перекрывался требуемый диапазон производительности насоса от 45 до 680 л/час раствора щелочи на каждую группу эмульгаторов.

Пять дозирочных насосов типа ALP 17 – F (по одному на каждый котлоагрегат) с системой трубопроводов и вентилялей составляют единый узел дозирования. На вход узла подаются: раствор щелочи, техническая вода и пар низкого давления. На трубопроводах подачи щелочи и воды установлены шланговые управляемые вентили с электроприводом, а также датчик кондуктометра. Такая система позволяет периодически, в ручном или автоматическом режиме промывать узел насосов, датчик кондуктометра и трубопроводы подачи щелочи к эмульгаторам технической водой. Подобная промывка предусматривается также при каждой остановке котла. Кроме того, возможна продувка трубопроводов паром в ручном режиме.

На выходе каждого дозирочного насоса установлен датчик давления. Эти датчики позволят выявить состояние данного насоса и трубопровода подачи раствора щелочи от насоса к группе эмульгаторов.

Узел дозирования показан на рисунке 2.

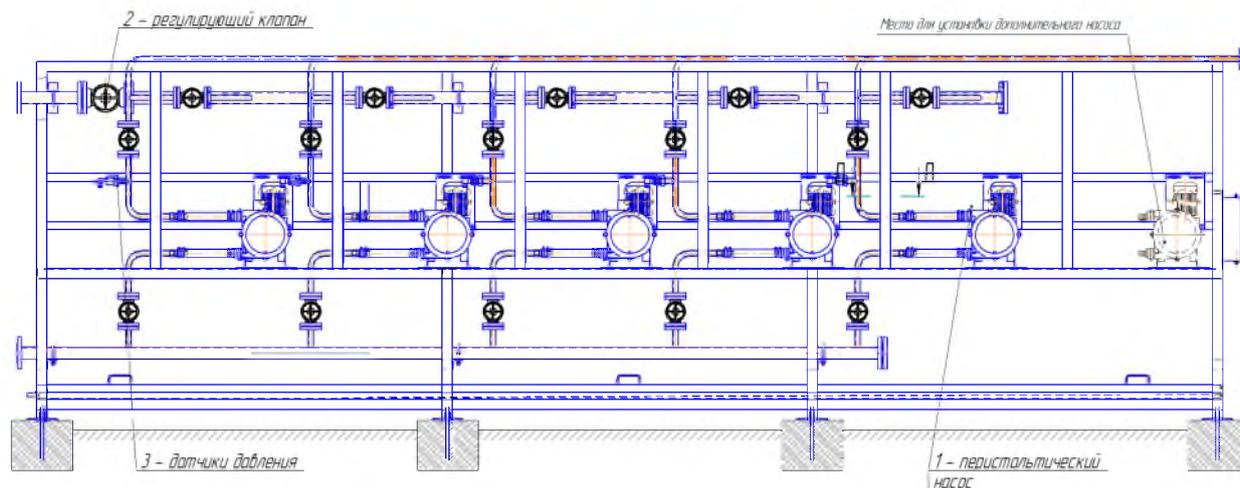


Рисунок 2 Узел дозирования

От каждого насоса узла дозирования раствор щелочи отдельным трубопроводом подается на выход данной группы эмульгаторов. Здесь золовая пульпа подогрета и достигается наибольшая скорость нейтрализации. Условный диаметр трубопроводов выбран равным 20 мм. При таком диаметре, по гидравлическому расчету, при максимальном расходе достаточно большая скорость – 0,44 м/с и присмлемые потери напора – 2,61 м.

В качестве устройства управления системы дозирования используется программируемый контроллер SIMATIC S7-300 фирмы Сименс с соответствующим количеством модулей входа-выхода

аналоговых, дискретных и цифровых сигналов. В качестве устройства отображения информации и управления выбрана панель оператора типа SIMATIC MP 2771 той же фирмы.

В контроллер подается следующая информация по цифровой сети Profibus DP:

- величина рН в выходных напорных трубопроводах каждой багерной насосной – три точки;
- величина рН в трубопроводах осветленной воды на входе – одна точка;
- электропроводность в трубопроводах осветленной воды на входе – одна точка;
- электропроводность после фильтров каждой группы эмульгаторов – пять точек;
- электропроводность раствора щелочи, подаваемой в эмульгаторы – одна точка;
- электропроводность раствора щелочи в контуре перемешивания – одна точка;

В контроллер подается также информация в виде токовых сигналов 4...20 мА от следующих датчиков:

- уровень в расходной емкости – одна точка;
- давление после дозирочного насоса – пять точек.

Контроллер выдает управляющие сигналы:

- на частотные преобразователи для дозирочных насосов по цифровой сети Profibus DP – пять точек;
- на шланговые управляемые вентили Flowtox PVE50 E6 203PL дискретные сигналы: открыть-закрыть – три точки;
- на перемешивающий насос дискретные сигналы: включено-отключено – одна точка.

Контроллер может выдавать информацию во внешнюю цифровую сеть Profibus DP.

Система по проекту реализует следующие группы контуров регулирования:

- концентрации раствора щелочи в расходном баке;
- расхода раствора щелочи;
- величины рН в напорных трубопроводах багерных насосных станций.

Рассмотрим основные принципы построения алгоритмов управления этих групп.

Алгоритм работы концентрации раствора щелочи в расходном баке рассмотрен ранее.

Каждый контур регулирования расхода раствора щелочи работает по разомкнутому циклу. Конструктивно дозирочный насос устроен так, что расход раствора щелочи, подаваемой насосом, строго пропорционален частоте вращения двигателя привода этого насоса. В контроллере заложен коэффициент пропорциональности. Алгоритм заключается в пересчете заданной производительности в требуемую частоту вращения. Эта частота в качестве задания передается по цифровой сети на частотный преобразователь. Таким образом, отпала необходимость в расходомере щелочи и замкнутой системе управления.

Если заданная производительность равна нулю, то насос отключается. Если давление после дозирующего насоса превысит заданный уровень, то данный насос также отключается и выдается сообщение об аварийной ситуации. Повышенное давление означает, что или забился трубопровод подачи раствора щелочи от насоса, или закрыт вентиль на выходе насоса, или другая аварийная ситуация.

Алгоритмы работы контуров регулирования величины рН в напорных трубопроводах багерных насосных станций одинаков с точностью до коэффициентов. По этому алгоритму вычисляется рассогласование между заданным и фактическим значением рН, разница направляется на блок регулятора компенсационного типа [1,2]. В блок заложены данные о динамических свойствах и запаздывании объекта управления по каналу: расход расхода раствора щелочи – величина рН в напорных трубопроводах. Объект при расчете компенсационного регулятора представлен передаточной функцией второго порядка с запаздыванием. В блок также поступает информация о содержании щелочи в растворе, подаваемом на эмульгаторы. Блок изменяет свою структуру в зависимости от рассогласования между заданным и фактическим значением рН. С учетом этих данных формируется траектория изменения управляющего воздействия, обеспечивающего с требуемой точностью близость фактического значения рН к заданному значению. При остановке котлоагрегата данной группы эмульгаторов заданное значение расхода раствора щелочи зануляется. Сообщение об остановке котлоагрегата передается по внешней цифровой сети Profibus DP. При отказе контура регулирования расходом щелочи или при слишком большом рассогласовании выдается сообщение об аварии, и алгоритм переходит в режим ручного управления.

Каждый контур регулирования может работать в ручном режиме. При этом предусмотрено безударное переключение с ручного режима на автоматический режим.

Система управления в рассмотренном объеме была спроектирована и принята к использованию АО "AES УК ТЭЦ".

## Список литературы

- [1] Абдеев Ю.М., Терехин В.В., Шадрин Г.К. Разработка система автоматизации технологических процессов в производстве свинца и цинка на основе помехозащищенных алгоритмов // Цветные металлы. – Москва: Металлургия. 1990. №12. С.36-38.
- [2] Шадрин Г.К., Шадрин М.Г., Шуклин А.Н., Масайло О.Д. Применение компенсационных алгоритмов регулирования мощными приводами на примере привода пластинчатого питателя // Энергетика, экология, энергосбережение: Материалы I-ой Международной науч.-техн. конф. - Усть-Каменогорск, 2005. – С.250-251.

УДК 622: 628.31 : 54 – 414 – 032.896

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ХРОМСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ

А.К. Адрышев, Г.К. Даумова, Т.В. Скосарева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** Application of modified sorbents in the process of chromiferous sewage purification involves the use of multivariate analysis. The possibility of using of mathematical modeling for planning and organization of this experiment is considered in the article.

**Keywords:** sorbent, regression equation.

**Аңдатпа.** Хром қосылыстары бар ағынды суларды тазалау үрдісіндегі модификацияланған сорбенттерді пайдалану көп факторлы талдауды қолдануды қажет етеді. Мақалада экспериментті ұйымдастыру мен жоспарлау кезіндегі математикалық модельдеуді қолдану мүмкіндігі қарастырылады.

**Кілттік сөздер:** сорбент, регрессия теңдеуі

**Аннотация.** Применение модифицированных сорбентов в процессе очистки хромсодержащих сточных вод предполагает использование многофакторного анализа. В статье рассматривается возможность использования математического моделирования при планировании и организации данного эксперимента.

**Ключевые слова:** сорбент, уравнение регрессии

В настоящее время поверхностные воды Восточного Казахстана подвергаются серьезной опасности из-за попадания сточных вод, образующихся на предприятиях машиностроения и металлообработки с гальваническими производствами, которые в своем составе содержат высокотоксичные соединения ионов металлов, в частности соединения хрома. Практически во всех существующих системах очистки хромсодержащих сточных вод применяются наиболее распространенные реагентные методы, основанные на осаждении ионов металлов с известковым молоком. Практика применения известковой очистки сточных вод, содержащих ионы хрома, показала, что остаточное содержание в очищенных стоках соединений хрома и его ионов превышает предельно допустимые концентрации до 10 и более раз. В исследованиях, проведенных нами, в качестве сорбционного материала использовались природные сорбенты Восточного Казахстана – бентонитовые глины Таганского месторождения 11 и 14 горизонтов и модифицированные сорбенты на основе базальтовых волокон и древесных опилок в соотношениях бентонитовых глин и модификаторов 5:1 и 2:1 [1].

Процесс сорбции металла из водных растворов является сложным и многофакторным. Математическая обработка экспериментальных данных, планирование эксперимента в лабораторном масштабе и нахождение оптимального режима параметров сорбции при различных условиях позволяет смоделировать сорбционный процесс для практических целей.

Оптимальность очистки определяется зависимостью от внутренних параметров и внешних факторов совместно, которые дают высокие показатели эффективности сорбции. Определяющим параметром эффекта очистки при моделировании может служить либо концентрация металла на выходе, либо степень извлечения.

Исследование физико-химических закономерностей сорбции хрома в статическом режиме на сорбентах проведено при варьировании исходной концентрации металла, массы сорбента и времени контакта сорбента с раствором с использованием трехфакторного математического планирования эксперимента [2, 3].

Экспериментальные исследования по доочистке хромсодержащих вод проводились на реальных сточных водах ОАО Усть-Каменогорский «Арматурный завод» г. Усть-Каменогорска после

известковой обработки. Обработку хромосодержащих сточных вод проводили в статическом режиме.

Полученные данные при проведении эксперимента были обработаны программными средствами Microsoft Office, которые позволяют смоделировать сорбционный процесс.

Модель процесса сорбции можно выразить в виде:

$$C = f(C_0, m, t), \quad (1)$$

где  $C$  – концентрация металла на выходе, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_0$  – начальная концентрация металла на входе, мг/дм<sup>3</sup>;

$m$  – масса сорбент, г;

$t$  – время контакта сорбента с раствором, час.

Вышеназванные параметры являются основными параметрами, влияющими на характер сорбции. Для упрощенного моделирования пренебрегаем рядом параметров, таких как температура воздуха и воды, вязкость сорбента и других, не имеющих определяющего значения.

Обрабатывались данные стоков гальванического производства, полученные при проведении эксперимента, при следующих начальных концентрациях ионов хрома 0,022 мг/дм<sup>3</sup>, 0,031 мг/дм<sup>3</sup>. Процесс сорбции ионов хрома исследовался для массы сорбента 0,833; 0,909; 1,000; 1,250 и 2,000 г.

Общий вид уравнения зависимости концентрации ионов хрома от времени сорбции имеет вид:

$$C = k t^a \quad (2)$$

где  $t$  – время контакта сорбента с раствором, час

$a$  – показатель степенной функции, который зависит от массы сорбента.

Коэффициент  $k$  в уравнении (4) зависит от массы сорбента. Для этого находим данную зависимость полуэмпирическим методом:

$$k = 13.626 m^{-1.4384} \quad (3)$$

Рассмотрим начальную концентрацию ионов хрома 0,022 мг/дм<sup>3</sup> при массах сорбента 0,833; 0,909; 1,000; 1,250 и 2,000 г. В данном случае, наилучшим образом зависимость концентрации от времени сорбента описывается с помощью полиномиальной функции второй степени, что показана на рисунке 1.

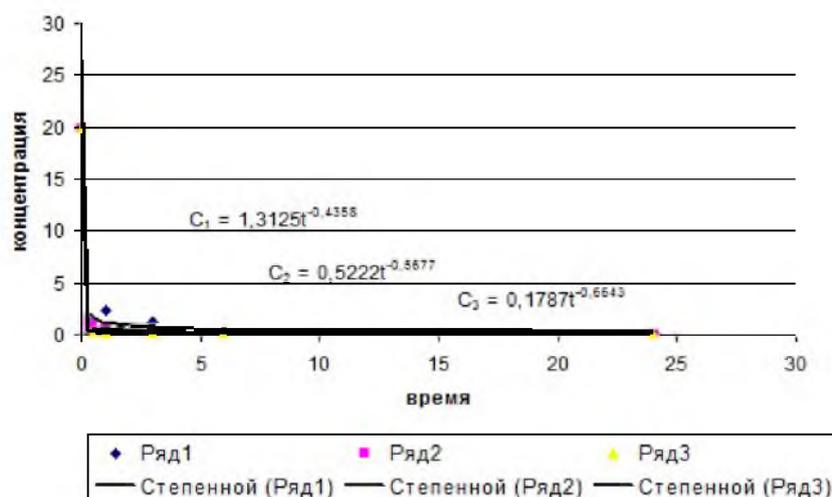


Рисунок 1 График зависимости остаточной концентрации от времени контакта сорбента с раствором при  $0,022 \text{ мг/дм}^3$

Таким образом, получено уравнение, позволяющее найти остаточную концентрацию ионов хрома при начальной концентрации  $0,022 \text{ мг/дм}^3$ , которое имеет вид:

$$C = 13,626 \cdot m^{-1,4384} \cdot t^{(0,0011m^2 - 0,0431m - 0,2482)} \quad (4)$$

Для начальной концентрации  $0,031 \text{ мг/дм}^3$  получено следующее уравнение остаточной концентрации:

$$C = 208,02 \cdot m^{-1,8242} \cdot t^{(0,0002m^2 - 0,0268m - 0,1033)} \quad (5)$$

По расчетам коэффициент корреляции равен  $0,98$ , значит, полученное уравнение регрессии с большой степенью достоверности отвечает, полученным экспериментальным данным, представленным на рисунке 2.

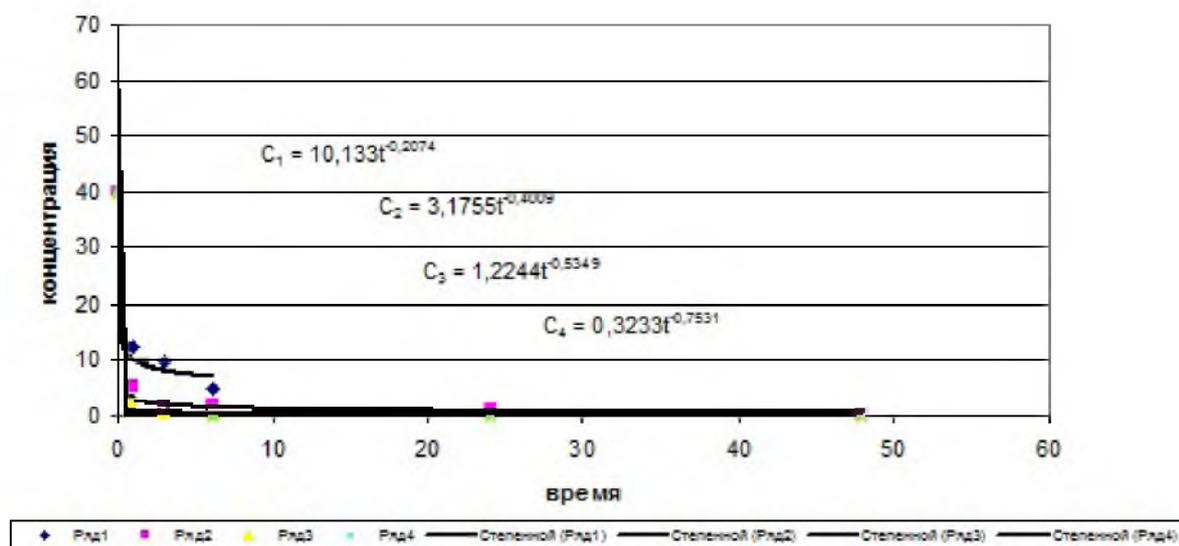


Рисунок 2 График зависимости остаточной концентрации от времени контакта сорбента с раствором при  $0,031 \text{ мг/дм}^3$

Найденные коэффициенты корреляции подтверждают, что полученные уравнения регрессии с большой степенью достоверности отвечают, полученным экспериментальным данным и полностью описывают данный процесс.

По полученным уравнениям, описывающим процесс сорбции для различных начальных концентраций, выводим следующее уравнение общего вида:

$$C = L \cdot m^b \cdot t^d \quad (6)$$

Коэффициенты  $L$ ,  $b$ ,  $d$  зависят от  $C_0$ .

Функциональная зависимость между  $L$  и  $C_0$  наилучшим способом описывается с помощью квадратичного уравнения:

$$L = -0,1088 C_0^2 + 16,245 C_0 - 267,77 \quad (7)$$

$$b = -0.0004C_0^2 + 0.0423C_0 + 0.7461 \quad (8)$$

Далее находятся коэффициент  $d$  по следующему уравнению:

$$d = d_1 m^2 - d_2 m + d_3 \quad (9)$$

Получены следующие уравнения:

$$d_1 = 7E-07 C_0^2 - 9E-05 C_0 + 0.0026 \quad (10)$$

$$d_2 = 1E-05 C_0^2 - 0.0016 C_0 + 0.0695 \quad (11)$$

$$d_3 = -6E-05 C_0^2 + 0.0109 C_0 - 0.4414 \quad (12)$$

Таким образом, свободный член  $d$  уравнения (10) равен:

$$d = (7E-07 C_0^2 - 9E-05 C_0 + 0.0026) m^2 - (1E-05 C_0^2 - 0.0016 C_0 + 0.0695) m + (-6E-05 C_0^2 + 0.0109 C_0 - 0.4414) \quad (13)$$

Подставим в данное уравнение, полученные уравнения (7) и (13) получим окончательное уравнение:

$$C = (-0.1088 \cdot C_0^2 + 16.245 \cdot C_0 - 267.77) \cdot m^{(-0.0004C_0^2 + 0.0423C_0 + 0.7461)} \cdot t^3 \quad (14)$$

Таким образом, процесс сорбции зависит от начальной концентрации, массы и времени контакта сорбента с раствором. После моделирования различных функциональных зависимостей, был сделан вывод, что наилучшим образом данный процесс описывается степенной функцией.

На основании математической модели находим оптимальный режим сорбции - оптимальная масса сорбента составляет 0,833 г или при Т:Ж -1:120 и времени контакта сорбента - 3 часов. Здесь  $T$  - масса твердой составляющей (сорбент), а  $Ж$  - масса жидкости (сточная вода).

Оптимизация сорбции связана с увеличением массы сорбента и продолжительностью времени контакта. Чем больше начальная концентрация, тем меньше степень очистки и чем больше масса сорбента и время контакта, тем степень очистки больше. Но каждый фактор в отдельности влияет в большей степени, чем при одновременном воздействии.

## Список литературы

- [1] Адрышев А.К., Жаманбаева М.К., Идришева Ж.К., Даумова Г.К. О способе очистки хромсодержащих стоков гальванических производств. // Материалы XI международной конференции "Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр" 18-21 сентября 2012г. - с. 18-20
- [2] Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. - М.: Высшая школа, 1978. - 319 с.
- [3] Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. - Санкт-Петербург, 1997.

УДК 669.776.001.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВАКУУМНОЙ ВОЗГОНКИ СЕЛЕНА ИЗ ПРОМПРОДУКТОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

М.А. Адылканова, В.Е. Храпунов, И.А. Марки,  
Н.А. Байгазова, Н.А. Куленова, С. А. Ким

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** A new regression model of pressure-temperature-time relationship has been developed on the basis of data of experimental industrial test. This is the test of selenium vacuum sublimation from middlings of copper production. The given model enables to forecast optimal process variables.

**Аңдатпа.** Мыс өндірісінің өнеркәсіптік өнімдерінен селенді вакуумда ұшырудың тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтары мәліметтерінің негізінде үрдістің тиімді параметрлерін болжауға мүмкіндік беретін: қысым, температура, уақыт және т.б. тәуелділіктердің жаңа регрессиялық үлгісі алынды.

**Аннотация.** На основании данных опытно-промышленных испытаний вакуумной возгонки селена из промпродуктов медного производства получена новая регрессионная модель зависимости давления, температуры, времени и т.д., позволяющая прогнозировать оптимальные параметры процесса.

В настоящее время среди всех методологических направлений постановки научных экспериментов особо следует выделить методику проведения вычислительных экспериментов на компьютерах - создание математической модели исследования на основе использования данных реального процесса.

Процесс вакуумной возгонки селена зависит от многих факторов (температуры, давления, времени и др.). Для изучения и управления этим процессом необходимо выяснить, какую роль играет каждый фактор в отдельности. Однако даже самый тщательно подготовленный эксперимент не позволяет выделить интересующий нас фактор в чистом виде, т.к. всегда присутствует элемент случайности.

Кроме того очень часто возникают проблемные ситуации, когда изменяются условия функционирования технологического объекта (изменяется состав исходного селенсодержащего сырья, повышаются требования к качеству очищенного селена и т.д.). И тогда встает вопрос о необходимости изменения технологических параметров процесса для достижения поставленных требований.

При всем разнообразии этих проблемных ситуаций все по существу сводятся к одной и той же схеме: имеется выбор количественных параметров и некая количественная характеристика, зависящая от этих параметров и нужно найти значения тех параметров, при которых данная

характеристика достигает оптимального значения. Наиболее распространенным методом математического описания технологических процессов является регрессионный анализ [1].

Для исследования зависимости влияния параметров (давления, температуры, времени и т.д.) на процесс вакуумной возгонки селена был применен метод регрессионного анализа данных, полученных в результате опытно-промышленных испытаний и получено линейное уравнение регрессии [1,2]

При построении модели множественной регрессии для отображения зависимости между откликом – концентрацией селена в остатке после возгонки ( $[Se]_o$ , % (масс)) и регрессорами – температурой ( $t$ , °C), давлением ( $P$ , кПа), временем ( $t$ , мин) и содержанием селена в исходном продукте ( $[Se]_o$ , % (масс)), использовали линейную функцию.

Анализ матрицы коэффициентов парной корреляции показал, что отклик  $[Se]$  не имеет тесной связи ни с одним из регрессоров ( $r[Se]_t = -0.19632$ ;  $r[Se]_P = 0.309633$ ;  $r[Se]_t = -0.46887$ ). Эффекта мультиколлинеарности между регрессорами не наблюдается. Оценка постулируемой модели, найденной по экспериментальным данным равна:

$$[Se] = -0.02826t + 1.242485P - 0.67361t + 0.893149[Se]_o$$

Каждый из полученных коэффициентов регрессии показывает, на какую величину в среднем изменится результативный признак – селен, если соответствующую переменную увеличить на единицу измерения, т.е. каждый из коэффициентов является нормативным. В частности, с изменением давления на единицу измерения, результативный признак  $[Se]$  увеличится в среднем на 1.242485%.

Адекватность модели оценивается с помощью коэффициента множественной корреляции  $R = 0.953115$  и коэффициента детерминации  $R^2 = 0.908428$ .

Коэффициент множественной корреляции показывает высокую тесноту связи результативного признака с регрессорами. Коэффициент детерминации показывает, что 90,8% вариации отклика учтено в модели и обусловлено влиянием включенных факторов.

Проверку значимости уравнения регрессии проводим на основе вычисления  $F$ -критерия Фишера, значение которого составляет  $F = 59.52196$ . При доверительной вероятности 0,95 расчетное значение больше табличного, то модель следует признать адекватной.

Анализ статистической значимости параметров модели проводился с использованием  $t$ -статистики. Значения  $t$ -критерия для коэффициентов уравнения регрессии равны:

$$t_1 = -1,63503 \text{ (для первого коэффициента при } (t, C))$$

$$t_2 = 5,238251 \text{ (для второго коэффициента при } (P, \text{ кПа}),)$$

$$t_3 = -6,00312 \text{ (для третьего коэффициента при } (t, \text{ мин}))$$

$$t_4 = -4,427205 \text{ (для четвертого коэффициента при } ([Se]_o, (\% \text{ масс}))$$

Расчетные значения  $t$ -критерия ( $t_2, t_3, t_4$ ) больше табличного при 5% уровне значимости, все коэффициенты считаются существенными (значимы). Расчетные значения  $t$ -критерия ( $t_1$ ) меньше табличного, коэффициент незначим, но, исходя из условия задачи, его нельзя исключать из модели.

Оценим влияние факторов на результативный признак с помощью коэффициентов эластичности.

Для каждого коэффициента регрессии получены коэффициенты эластичности:

$$\varepsilon_1(t, C) = -1,00065, \quad \varepsilon_2(P, \text{ кПа}) = 0,288448,$$

$$\varepsilon_3(t, \text{ мин}) = -1,11188, \quad \varepsilon_3([Se]_o) = 2,824174.$$

Коэффициент эластичности  $\Theta_1(t^{\circ}\text{C})$  показывает, что при увеличении средней температуры на 1% среднее значение результирующего признака - селена уменьшится на 1,00065%.

Коэффициент эластичности  $\Theta_2(P, \text{кПа})$  показывает, что при увеличении среднего значения давления на 1% среднее значение результирующего признака - селена увеличится на 0,288448%.

Коэффициент эластичности  $\Theta_3(\tau, \text{мин})$  показывает, что при увеличении среднего значения времени на 1% среднее значение результирующего признака - селена уменьшится на 1,11188%.

Коэффициент эластичности  $\Theta_4([\text{Se}]_o)$  показывает, что при увеличении среднего значения первоначального % масс селена на 1% среднее значение результирующего признака - селена увеличится на 2,824174%.

Одной из важнейших целей при разработке и запуске процессов с непрерывным характером производства является определение и поддержание оптимального режима процесса. Оптимизацию можно выполнить лишь с помощью моделей, адекватно отражающих процесс. Определение оптимальных параметров процесса позволит получить информацию, которая может быть использована для управления моделируемым объектом. Для получения минимального значения селена при ограничениях температурного режима, давления и времени использовали линейное программирование.

Математическая модель задачи:

Целевая функция

$$[\text{Se}] = -0,02826t + 1,242485P - 0,67361\tau + 0,893149[\text{Se}]_o \rightarrow \min$$

Ограничения

$$400 < t < 550$$

$$0,13 < P < 13,3$$

$$5 < \tau < 30$$

$$[\text{Se}]_o = 42,418$$

Решение.

$$\text{Целевая функция } [\text{Se}] = 2,295817.$$

$$\text{При } t = 550, P = 0,13, \tau = 30$$

Изменим условия задачи.

Целевая функция

$$[\text{Se}] = -0,02826t + 1,242485P - 0,67361\tau + 0,893149[\text{Se}]_o \rightarrow \min$$

Ограничения

$$300 < t < 450$$

$$0,0325 < P < 0,0065$$

$$30 < \tau < 35$$

$$[\text{Se}]_o = 42,418$$

Решение.

$$\text{Целевая функция } [\text{Se}] = 1,632625.$$

$$\text{При } t = 450, P = 0,0325, \tau = 35$$

Изменим условия задачи.

Целевая функция

$$[\text{Se}] = -0,02826t + 1,242485P - 0,67361\tau + 0,893149[\text{Se}]_o \rightarrow \min$$

Ограничения

$$300 < t < 350$$

$$0,065 < P < 0,13$$

$$30 < \tau < 35$$

$$[Se]_o = 42,418$$

Решение.

Целевая функция  $[Se] = 4,499006$ .

При  $t = 350$ ,  $P = 0,065$ ,  $\tau = 35$

Изменим условия задачи.

Целевая функция

$$[Se] = -0,02826t + 1,242485P - 0,67361\tau + 0,893149[Se]_o - > \min$$

Ограничения

$$450 < t < 500$$

$$0,13 < P < 1,33$$

$$30 < \tau < 35$$

$$[Se]_o = 42,418$$

Решение.

Целевая функция  $[Se] = 0,340767$ .

При  $t = 500$ ,  $P = 0,13$ ,  $\tau = 35$

Целевая функция  $[Se] = 2,295817$ .

При  $t = 550$ ,  $P = 0,13$ ,  $\tau = 30$

Изменим условия задачи.

Целевая функция

$$[Se] = -0,02826t + 1,242485P - 0,67361\tau + 0,893149[Se]_o - > \min$$

Ограничения

$$300 < t < 350$$

$$0,065 < P < 0,13$$

$$20 < \tau < 25$$

$$[Se]_o = 42,418$$

Решение.

Целевая функция  $[Se] = 11,23511$ .

При  $t = 350$ ,  $P = 0,065$ ,  $\tau = 25$

Знание статической модели процесса является необходимым условием стабилизации различных характеристик объектов. Таким образом, в системе устанавливается некоторый предельный стационарный режим, который состоит в том, что с их помощью можно не только количественно определять эффективность процесса, но и прогнозировать результаты исходя из объективных закономерностей. Закономерность в этом случае обнаруживается как статическая тенденция, говорящая о том, что заранее предсказанный результат можно ожидать с некоторой вполне определенной вероятностью.

Технология процессов управления определяется составом и последовательностью выполняемых операций, и характеризуется информационными процессами. Формирование информационных баз на основе непрерывного наблюдения за состоянием процесса с перечнем обязательных показателей, необходимых для целей краткосрочного и среднесрочного прогнозирования, соединенных технологически и организационно, становится важным практическим условием решения производственных задач.

## Список литературы

- [1] Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн.2/ Пер. с англ.-2-е изд., перераб. и доп.- М.: Финансы и статистика. 1987.-351с.: ил.-(Математико-статистические методы за рубежом)
- [2] К. Хартман, Э. Лецкпй, В. Шефер Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. М.: Издательство "Мир", 1977, 541 с.

УДК 574.24

### НЕМЕДИКАМЕНТОЗНЫЙ МЕТОД ПРОФИЛАКТИКИ ВЕГЕТО-СОСУДИСТОЙ ДИСТОНИИ И ОЗДОРОВЛЕНИЯ ОРГАНИЗМА ПОДРОСТКОВ, ПРОЖИВАЮЩИХ В ЭКОЛОГИЧЕСКИ НЕБЛАГОПОЛУЧНОМ РЕГИОНЕ

Т.Г. Бондарева, И.А. Апенько, Г.Д. Пак

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** The influence of hypoxic-hypercapnic effects on cardio-respiratory system indicators of apparently healthy adolescents who live in ecologically unfavorable region with a diagnosis of "vegetative-vascular dystonia" was investigated.

**Keywords:** heart rate (HR), systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DP), mean arterial pressure (MAP), the sample Shtenge, sample Ghencea, health coefficient (HC)

**Аңдатпа.** Экологиялық қолайсыз аймауларда тұратып, «Вегето-тамырлық дистония» диагнозы қойылған жасөспірілдердің кардио-респираторлы жүйесіне гипоксиялық-гиперкапты жердің ыңпалы зерттелген.

**Кілттік сөздер:** гипоксиялық-гиперкапты жер, систоликалық қап қысым, диастоликалық қап қысым, орташа артериалын қысым, Штанг сыламасы, Генч сыламасы, денсаулық коэффициенті.

**Аннотация.** Изучено влияние гипоксически-гиперкапнических воздействий на кардио-респираторную систему подростков, проживающих в экологически неблагоприятном регионе и имеющих диагноз «вегето-сосудистая дистония».

**Ключевые слова:** гипоксия, гиперкапния, систолическое артериальное давление (СД), диастолическое артериальное давление (ДД), среднее артериальное давление (САД), проба Штанге, проба Генча, коэффициент здоровья (КЗ).

Показано, что загрязнение окружающей среды вследствие интенсивной антропогенной деятельности оказывает определенное влияние на здоровье населения [1]. Город Усть-Каменогорск, в котором проводились исследования, является важнейшим промышленным центром республики. По составу выбросов вредных веществ и загрязнению атмосферы г. Усть-Каменогорск занимает лидирующее положение не только в республике, но и в мире. В статистике заболеваемости детей города преобладают респираторные и сердечно-сосудистые заболевания. Одним из них является вегето-сосудистая дистония (ВСД). Это заболевание весьма распространено среди детей

и подростков промышленных центров. По разным оценкам ВСД встречается у 20-45 процентов подростков [2].

Выявленная в настоящее время недостаточная эффективность фармакотерапии, формирование резистентности к лекарственным препаратам, проявление лекарственной аллергии при лечении этого заболевания, а также возросшая аллергизация населения выбросами промышленных предприятий в окружающую среду – все это подчеркивает актуальность разработки немедикаментозных методов профилактики и лечения ВСД. В качестве такого метода нами был использован метод гипоксически-гиперкапнических воздействий путем увеличения дыхательного мертвого пространства (ДМП) с помощью дыхательного тренажера ДМП, разработанного Институтом физиологии человека и животных КН МОН РК совместно с кафедрой фтизиопульмонологии АГМИ МЗ (А.с. № 1123692).

Цель данного исследования – оценить влияние гипоксически-гиперкапнических тренировок на показатели дыхательной и сердечно-сосудистой системы у подростков, имеющих в анамнезе диагноз «вегето-сосудистая дистония».

#### Материалы и методы исследования

Исследование проведено с детьми подросткового возраста - 13-14 лет (7 девочек, 7 мальчиков) с диагнозом вегето-сосудистая дистония. До и после дыхательных тренировок дети выполняли функциональные пробы с дозированной физической нагрузкой, произвольной задержкой дыхания на вдохе (проба Штанге) и выдохе (проба Генча) по В.И. Голуб [3]. При выполнении функциональных проб регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС), систолическое (СД) и диастолическое артериальное давление (ДД).

Расчетным способом определяли среднее артериальное давление (САД), общее периферическое сопротивление. В качестве критериев адаптационных возможностей определяли коэффициент эффективности расходования резервов в реальных условиях (Кэф), коэффициент устойчивости к гипоксии и коэффициент здоровья (КЗ) [4].

Тренировки дыхания через ДМП проводили в течение 30 дней с индивидуальным подходом к каждому испытуемому. Данные обрабатывались с использованием критерия t-Стьюдента.

С помощью анкет оценивали субъективные показатели здоровья до тренировок и после тренировок дыхания через ДМП.

#### Результаты и их обсуждение

Результаты исследований показали, что тренировки дыханием через ДМП привели к достоверному увеличению времени задержки дыхания на выдохе (проба Генча) в покое и снижению коэффициента расходования резервов в реальных условиях (Кэф) как у мальчиков, так и у девочек; у девочек также отмечалось одновременно увеличение времени задержки на выдохе через 3 минуты отдыха после физической нагрузки ( $p < 0,05$ ) (20 приседаний).

Как у девочек, так и у мальчиков произошло увеличение времени задержки дыхания на вдохе соответственно на 26,7 и 23,4 процента ( $p < 0,05$ ), уменьшились субъективные ощущения нехватки воздуха и отдышка. Показатель Кэф у подростков стал менее 45, что свидетельствует о благоприятных адаптивных изменениях в организме после тренировок.



Рисунок 1 Тренировка дыхания с помощью дыхательного тренажера ДМП

После тренировки дыханием через ДМП как у юношей, так и у девушек отмечается тенденция к снижению ЧСС как в покое, так и после нагрузок.

Одним из проявлений ВСД у обследуемых до тренировок были колебания артериального давления с повышением до 134/90 мм рт.ст., преимущественно с учащением сердечного ритма. Оценка показателей артериального давления показала, что тренировки дыханием через ДМП подростков с ВСД приводят к снижению СД у девушек; САД снижается одновременно как у девушек, так и у мальчиков ( $p < 0,05$ ).

КЗ подростков существенно снижается, и, неудовлетворительная адаптация системы кровообращения после курса гипоксически-гиперкапнических воздействий становится удовлетворительной.

Следует отметить, что существенно изменились субъективные ощущения испытуемых после курса тренировок. У испытуемых прекратились головные боли, исчезли шум в ушах, субъективные ощущения нехватки воздуха, снизилась утомляемость.

Согласно литературным данным эффект применения дыхательного тренажера при лечении гипертонической болезни обеспечивается снижением тонуса мозговых и периферических сосудов, улучшением метаболизма нейронов, функционального состояния мозга, улучшением работы сердца. Эффект адаптации к гипоксии способствует снижению миогенного компонента сосудистого тонуса и развитию антигипертензивного эффекта.

Тренировки дыханием через дыхательный тренажер нормализуют симпатическую и парасимпатическую регуляцию сосудистого тонуса, восстанавливают реакцию сосудов на вазоактивные вещества. Повышение функциональной активности мозга и формирование реакций активации, способствует стабильному восстановлению нарушенных функций сердечно-сосудистой системы.

Выводы:

1. Тренировки дыханием через ДМП способствуют повышению резервных возможностей кардио-респираторной системы у подростков с диагнозом вегето-сосудистая дистония, проживающих в антропогенно-измененной экологически неблагоприятной среде.

2. После 30-дневного курса дыхательных тренировок установлены:

- достоверное снижение систолического и среднего артериального давления;

- увеличение продолжительности задержки дыхания на вдохе и выдохе;  
- положительный тренд показателей коэффициента здоровья и коэффициента эффективности расходования резервов в реальных условиях.

3. Тренировки дыханием через ДМП можно рекомендовать как метод профилактики и оздоровления организма подростков с диагнозом «вегето-сосудистая дистония» гипертонического типа.

## Список литературы

- [1] Бондарь И.С. Эколого-медицинская оценка заболеваемости населения Республики Коми / И.С. Бондарь, В.Г. Зайнуллин // Известия Коми научного центра УрО РАН. вып.1(9). - Сыктывкар, 2012 – С.35-40.
- [2] Антропова М. В. Прогностическая значимость адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у детей 10-11 лет / М. В. Антропова, Г. В. Бородкина, Л. М. Кузнецова и др. // Физиология человека. 2000. Т. 26. № 1. С. 56-61.
- [3] Голуб В.И О прогнозировании адаптационных возможностей и работоспособности при обследовании больших контингентов людей / В.И Голуб, О.А.Осипова, В.М. Луфт // Проблемы оценки и прогнозирования функциональных состояний организма в прикладной физиологии - Тезисы доклада 3-его Всесоюзного симпозиума. – Фрунзе, 1988 – С 47-48
- [4] Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. - М.: Медицина, 1997.

УДК 540

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО АЛТАЯ)

А.В. Егорина, С.В. Перемитина, Л.А. Линёва, М.И. Кайсина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** In article the problem of research of transformation of landscapes of East Kazakhstan with application of computing methods (creation and processing of databases), cartographical and geoinformation methods of creation of the regional geoeological atlas is considered. On the example of the South Western Altai the structure of landscapes is investigated, factors and results of anthropogenous transformation are considered.

**Keywords:** landscape, anthropogenous transformation, mapping, GIS-technologies

**Аңдатпа.** Бапта (дерекқор жасау және өңдеу) есептеуіш әдістер, аймақтық геоэкология атласты жасаудың картографиялық және геоақпарат әдістерінің қолдануы бар Шығыс Қазақстанның жер бедерлерін өзгерудің зерттеуін мәселені қаралады. Жер бедерлерді зерттелген

құрылым Алтайдың оңтүстік-батыспен мысалында, факторлар және жасанды өзгерудің нәтижелері қарап шыққан.

**Кілттік сөздер:** ландшафт, антропогендік трансформация, картографиялау, ГАЖ-технологиясы

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема исследования трансформации ландшафтов Восточного Казахстана с применением вычислительных методов (создание и обработка баз данных), картографических и геоинформационных методов создания регионального геоэкологического атласа. На примере Юго-Западного Алтая исследована структура ландшафтов, рассмотрены факторы и результаты антропогенной трансформации.

**Ключевые слова:** ландшафт, антропогенная трансформация, картографирование, ГИС-технологии

География природно-территориальных комплексов Юго-Западного Алтая подчинена законам широтной зональности, вертикальной поясности и провинциальности. Природные комплексы исследуемой территории относятся к трем физико-географическим странам ландшафтов горного класса. При этом выделено семь высотно-зональных геосистем, 19 геокомплексов, 37 видов ландшафта [1]. Современный облик этих высотно-зональных геосистем и геокомплексов региона далек от своего естественного состояния. Различные проявления человеческой деятельности в ландшафте известны давно. В настоящее время происходит все более интенсивное техногенное изменение природных ландшафтов и насыщение их результатами труда человечества.

Многие ландшафтные комплексы Юго-Западного Алтая исторически трансформированы под влиянием богатого спектра антропогенных воздействий, география которых определена структурой народного хозяйства Восточного Казахстана.

Прежде всего, трансформации подверглись и продолжают подвергаться ландшафты горнорудных районов, так как территория Юго-Западного Алтая исторически является одной из древних рудных провинций. Эксплуатацию месторождений обычно сопровождают такие процессы как накопление отвалов горных пород, разрушение минеральных веществ, сдвижение горных масс, изменение уровней грунтовых вод, их минерализация, обрушение, оползни, пыление, деградация почвенного покрова, разрушение биогеоценозов [2]. Кроме объектов горнодобывающих отраслей, большие территории Юго-Западного Алтая заняты металлургическими комплексами, комплексами обрабатывающей промышленности, сельскохозяйственными угодьями, транспортными магистралями и системой расселения. Все они отличаются природным разнообразием, региональной спецификой и являются источниками антропогенных воздействий на ландшафты.

Под основной категорией классификации - видом антропогенных воздействий, мы понимаем генетически и исторически обусловленную совокупность природных и социально-экономических явлений в масштабе конкретного субъекта хозяйственной деятельности (предприятие, населенный пункт). К их числу относим, в частности, шахтный вид антропогенных воздействий. Тип антропогенных воздействий представлен генетической и исторической общностью социально-экономических компонентов на уровне основных групп отраслей (горнодобывающий, пастбищный и др.). Класс антропогенных воздействий объединяет комплекс типов на уровне отрасли природопользования (техногенный, сельскохозяйственный, транспортный, селитебный).

Возможность использования географических карт в качестве средства исследования известна давно. Систематизация громадного фактического материала, накопленного различными науками, повлекла за собой необходимость создания научно обоснованного картографического изображения изучаемых природных явлений и процессов. В свою очередь, картографическое обобщение

этого фактического материала дало импульс к новым сравнительно-географическим исследованиям в самых разных направлениях, а сами карты все чаще стали служить средством таких исследований.

Под термином картографический метод исследования, понимается раздел картографии, изучающий вопросы, использования карт для познания изображенных на них явлений. Впервые понятие об этом методе было сформулировано К.А. Салищевым. Картографический метод используют для исследования закономерностей пространственного размещения явлений, их взаимосвязей, зависимостей и развития. Приложения картографического метода исследования весьма разнообразны. Он сделался неотъемлемой частью большинства теоретических и практических изысканий.

Метод развивается, используя новейшие достижения картографии, математики, вычислительной техники и автоматизации, в тесном взаимодействии с методами конкретных наук. Постоянно изыскиваются новые оригинальные приемы анализа карт, совершенствуется техническая база, расширяется круг решаемых задач, начиная от проблем общегеографического характера вплоть до узкоотраслевых исследований. Для создания картографических материалов необходима обработка исходных материалов по специальным программам с предварительным созданием банка данных и обработки статистических материалов. Банк данных по факторам трансформации ландшафтов исследуемого региона ведется с помощью электронной базы данных, созданной на основе СУБД Microsoft Access.

Созданная нами база данных позволяет легко вносить любые материалы по загрязнению природных сред (атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв и т.д.), заболеваемости населения, а также статистические сведения о регионе (численность населения районов с распределением по полу, возрасту и национальности; название населенных пунктов, относящихся к различным районам и сельским округам и т.п.). Выборка статистической информации из базы данных осуществляется с помощью структурированного языка запросов SQL.

Полученные при выполнении запросов таблицы экспортируются в табличный процессор Microsoft Excel, где происходит их дальнейшая обработка: вычисление показателей описательной статистики, построение графиков и диаграмм, наглядно демонстрирующих структуру и динамику изменений природных сред в области. Использование табличного процессора MS Excel позволит осуществить и первый этап статистической обработки полученных данных: вычислить значение  $t$ -критерия, коэффициенты корреляции, провести одно- и двухфакторный дисперсионный анализ.

Данная электронная база данных позволяет легко вносить любые материалы по заболеваемости населения региона, а затем быстро их обработать и выдать результат в наглядной форме, в виде таблиц, графиков, гистограмм, круговых диаграмм, совмещенных графиков. С помощью данной программы удобно вести статистическую обработку материалов. Она позволяет рассчитывать не только сумму, осредненные данные, заболеваемость на 100 тыс. или 1000 жителей, провести выборку максимального и минимального значения, вычислить разброс, средние скользящие, но и вычислить коэффициент корреляции, провести интер- и экстраполяцию, получить распределение статистических величин (нормальное распределение Гаусса, распределение дискретных величин Бернулли) и др.

Для построения картограмм используется программа MapInfo Professional 11.0, позволяющая строить картограммы по данным, полученным из электронной базы данных.

С помощью картографического и системного анализа нами установлен 21 вид, 10 типов и 4 класса антропогенных воздействий. Все они систематизированы и имеют картографическое

выражение на серии промежуточных карт в масштабе 1:1000 000, которые составлены с учетом критериев системного анализа содержания, тождественности, сопоставимости, достоверности и объективности.

Полученные материалы позволили установить разный характер антропогенных воздействий и одновременное присутствие нескольких классов в пределах конкретных ландшафтных комплексов. Наиболее подвергались и подвержены антропогенной трансформации такие геосистемы региона: предгорно-низкогорная стенная лесостенная; среднегорная стенная луговая и предгорно-межгорная стенная полупустынная. Степень их антропогенной трансформации принимается от 95 до 50 процентов. Их общая площадь составляет около 8900 км<sup>2</sup>. Здесь зафиксированы ситуации, для которых характерно влияние антропогенных воздействий сразу четырех классов. В территориальном отношении эти геосистемы не преобладают и уступают более широко распространенной – природной.

Длительное антропогенное воздействие на природные геосистемы Юго-Западного Алтая, особенно в районах Лениногорской и Зыряновской впадинах, а также на территории месторождений редких и золоторудных районов Калбинского Алтая, привели к усилению неблагоприятных тенденций природных и природно-антропогенных процессов.



Рисунок 1 Пример трансформированного ландшафта на Калбинском нагорье (б. Белогорский ГОК)

Так, усилилась водная и ветровая эрозия, отмечается понижение водности речных систем, ухудшилось плодородие почв, наблюдается сокращение численности многих видов растений и животных. В целом, отмечается аридизация стенных и трансформация лесных комплексов, изменение их границ и тенденций развития. Кроме того, растет загрязненность таких природных сред, как воздух, почва, водоемы вредными отходами производств.

Ведущими факторами нарушения природных ландшафтов, в данном случае явились: сельскохозяйственное и лесохозяйственное использование земель, горно-добывающая промышленность, строительство и функционирование селитебно-промышленных комплексов. Их воздействия варьируют как

по степени нарушения природного равновесия, так и по пространственному охвату. Одно и то же воздействие в разных ландшафтных системах сказывается совершенно индивидуально, это лишь раз подчеркивает, что ландшафты представляют своеобразную природную целостность со специфическим сочетанием региональных и локальных условий их развития.

Пример трансформации ландшафтных комплексов в результате землепользования: в результате хозяйственной деятельности в рамках сельскохозяйственного использования земель складываются сложные взаимоотношения с природными комплексами. С точки зрения пространственно-структурного расположения землепользования сельскохозяйственных предприятий представляют собой экологическую систему, включающую различную по уровню и организации естественные и искусственные системы и подсистемы. Экосистемы землепользования и входящие в её состав системы и подсистемы второго и третьего порядка очень динамичны, внутренне и внешне связаны, изменение одного фактора в подсистеме (рельефа, почв, растительности и др.) служит причиной преобразования других экосистем второго и первого порядка.

Главными компонентами, подлежащими трансформации, являются агроэкосистемы пашни, сенокосов, пастбищ. Они занимают промежуточное положение между искусственными и природными экосистемами. В отличие от искусственных они автотрофны, но, в то же время, сильно зависят антропогенного регулирования энерго- массообмена в них. Следовательно, устойчивость экосистем землепользования зависит от экологической устойчивости агроэкосистем. Такие системы будут устойчивыми, если они адекватно имитируют функции биосферы. Поэтому агроэкосистемы должны быть построены с учетом экологических законов, в том числе законов преобразования и, функционировать в рамках научно-обоснованной организации территории, вписываться в структуру сложившихся природных ландшафтов и обеспечивать наиболее эффективное использование биоэнергетических ресурсов конкретного природного комплекса. По нашему мнению, регулирование этих отношений можно осуществить посредством определенной организации территории в проектах землеустройства в результате создания новых и совершенствования существующих ландшафтов и агроландшафтов, образующих экологические системы. Природные экологические системы обладают экологическим равновесием (устойчивостью), то есть природным балансом процессов энерго- и массообмена в них.

Юго-Западный Алтай – регион, имеющий мощные лесные геосистемы в пределах всей Республики Казахстан. Исследование показало, что естественные насаждения часто нарушены рубками и пожарами (наиболее сильные пожары, от которых пострадали леса Восточного Казахстана, были в 1972, 1987, 2008 гг.). Пожары и рубки леса особенно на границе лесных и лесостепных комплексов способствовали образованию больших полей с луговыми и степными ассоциациями, преобразованию лесов, в так называемые, саванны или парковые леса. В итоге, подобные действия, отразились на положении нижней границы леса: произошло поднятие абсолютного положения нижней границы лесных насаждений (еще один яркий пример антропогенной трансформации). Воздействие человека привело здесь к нарушению природного равновесия, изменилась направленность и скорость ряда природных процессов. Так, заготовка леса на крутых склонах среднегорий Рудного и Южного Алтая и его транспортировка, привела к мощной склоновой эрозии, усилила сход снежных лавин, изменила облик лесных геосистем.

Некоторые виды ландшафтов имеют сильную степень нарушения. Лесные комплексы низкогорий большей частью могут быть отнесены к категории сильно и средненарушенных, а среднегорные лесные - к средне- и слабонарушенных [3].

Коренные изменения ландшафтов связаны с горнодобывающей промышленностью, в особен-

ности с открытой разработкой месторождений. Возникли новые типы трансформированных систем – карьеры, отвалы, техногенные бассейны хранения жидкой и твердой фаз переработки руды: хвостохранилища, и др. хранилища отходов в жидком и твердом состоянии. Они обладают своей структурой, динамикой и функционированием и относятся к категории сильно нарушенных.

Постепенная трансформация среды Юго-Западного Алтая прежде всего связана с эксплуатацией земных недр открытым и шахтным способами, функционированием предприятий горнорудной, металлургической и обрабатывающей промышленности, имеющей маломощные очистные сооружения, с созданием водохранилищ, развитием транспортных сетей, расширением распахки земель, интенсивным лесопользованием, в том числе горных лесов, накоплением и утилизацией промышленных и бытовых отходов. Современный характер научных экологических исследований и практическая целесообразность привели к необходимости создания комплекса тематических карт экологического содержания с интеграцией их в Геоэкологический Атлас Восточного Казахстана, неотъемлемой составляющей которого является Юго-Западный Алтай.

Взаимодействие геоинформатики и картографии стало основой для формирования нового направления – геоинформационного картографирования, суть которого составляет автоматизированное информационно-картографическое моделирование природных и социально-экономических геосистем на основе ГИС и баз знаний. Четкая целевая установка и преимущественно прикладной характер – вот, пожалуй, наиболее важные отличительные черты геоинформационного картографирования. Согласно подсчетам, до 80% карт, составляемых с помощью ГИС, носят оценочный или прогнозный характер либо отражают то или иное целевое районирование территории.

Программно-управляемое картографирование по-новому освещает многие традиционные проблемы, связанные с выбором математической основы и компоновки карт, введением новых изобразительных средств. ГИС-технологии породили еще одно направление – оперативное картографирование, то есть создание и использование карт в реальном или близком к реальному масштабе времени для быстрого, а точнее сказать, своевременного информирования пользователей и воздействия на ход процесса. При этом реальный масштаб времени понимается как характеристика скорости создания-использования карт, то есть темпа, обеспечивающего немедленную обработку поступающей информации, ее картографическую визуализацию для оценки, мониторинга, управления, контроля процессов и явлений, изменяющихся в том же темпе.

Оперативные карты предназначаются для инвентаризации объектов, предупреждения (сигнализации) о неблагоприятных или опасных процессах, слежения за их развитием, составления рекомендаций и прогнозов, выбора вариантов контроля, стабилизации или изменения хода процесса в самых разных сферах – от экологических ситуаций до политических событий. Исходными данными для оперативного картографирования служат материалы аэрокосмических съемок, непосредственных наблюдений и замеров, статистические данные, результаты опросов, переписей, референдумов, кадастровая информация.

Последнее десятилетие с ростом экологических исследований могут соперничать лишь темпы развития компьютерных технологий. И те и другие, несомненно, самые актуальные. Широко практикуется использование мощного программного обеспечения для составления и обновления компьютерных карт и атласов экологической тематики, создания специализированных геоинформационных систем, призванных решать задачи управления территориями, что позволяет переходить на новый безбумажный уровень получения и интерпретации экологических данных, базирующийся на электронном представлении информации. В целом вовлечение компьютерных

технологий в процесс экологических исследований обусловило резкий скачок как количества эколого-картографической продукции, так и ее качества. Успех компьютерного геоэкологического картографирования можно определить тремя положениями:

1) оперативность - использование современных геоинформационных технологий позволяет в короткие сроки осуществлять создание и обновление огромных массивов экологических данных, сотен тематических карт, десятков серий карт и даже несколько единиц атласов;

2) наглядность - это свойство присуще собственно картографическому методу отображения и исследования действительности. Конечно, что может лучше карты с ее пространственно-временным подобием реальности, метричностью, абстрактностью, генерализацией и наглядностью передавать основные закономерности и важные детали экологической ситуации;

3) объективность - возможность учета всех имеющих значение факторов, слагающих экологическую обстановку, формирование разнообразных математико-картографических моделей делают исследования максимально приближенными к реальной действительности.

Работа по созданию Атласа коллективом авторов осуществляется в рамках финансирования Комитета по науке РК по приоритету «Интеллектуальный потенциал страны», по подприоритету: «Фундаментальные исследования в области естественных наук», по научной программе проекта «Моделирование степени деформации геосистем Восточного Казахстана под воздействием техногенеза».

В процессе выполнения работ по проекту проводится сбор, обобщение и анализ традиционных картографических и современных геоинформационных ресурсов на территории ВКО, для оценки состояния, динамики и прогноза развития геосистем в условиях существующих антропогенных нагрузок и при различных сценариях их развития в будущем.

Создание карт атласа позволит осуществить:

- сбор данных по основным компонентам региона, представление их в ГИС по геологическому строению региона, основным месторождениям, климатическим параметрам, гидрологическим ресурсам, ресурсам подземных вод, почвенным и земельным ресурсам, ландшафтному районированию территории; географическому районированию по активности хозяйственной деятельности, геоэкологическим параметрам территории;

- оценку влияния антропогенной деятельности на природные компоненты и интенсивности процессов трансформации в зонах с повышенной антропогенной нагрузкой.

- разработку рекомендаций по оздоровлению территории и безопасному образу жизни в существующих условиях.

## Список литературы

- [1] Линёва Л.А. Картографический анализ степени антропогенизации геосистем Юго-Западного Алтая// Горы и человек: в поисках путей устойчивого развития. – Барнаул, 1996. – С.107-109
- [2] Ганженко Г.Д. - Геоэкология и техногенез, У-Ка, 2001. - с. 436-437
- [3] Самойлова Г.С., Бадретдинов З.И. Антропогенная нарушенность природных геосистем бассейна р. Ульбы и вопросы охраны природы.- с. 45-47 /Охрана окружающей среды и природопользование Прииртышья, ч. 1 , У-Ка, 1990

УДК 550.4:004

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

О.Д. Гавриленко

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** Now geochemical methods, which based on mathematical and computational technologies, are used widely in the practice of evaluation and exploration activities. It is very fruitful for identifying new ore mineralizations. The article discusses a new methodology for assessing the geochemical anomalies, based on the natural associations of chemical elements formed in the geological and anthropogenic processes. Using precise analyzes based mass-spectrometry with inductively coupled plasma can significantly improve the effectiveness of this technique.

**Keywords:** natural associations of the chemical elements, geochemistry, geochemical anomalies, mass-spectrometry with inductively coupled plasma.

**Аңдатпа.** Қазіргі таңда математикалық және есептеу технологияларына сүйенетін геохимиялық әдістер, іздестіру-бағалау және геология-барлау жұмыстары тәжірибесінде кеңінен қолданылады. Олар жаңа кен орындарын айқындау үшін нәтижеленеді. Мақалада геологиялық және антропогенді үдерістерде қалыптасқан, химиялық элементтердің табиғи қауымдастығында орналасқан, геохимиялық ауытқуларды бағалаудың жаңа әдіснамасы қарастырылады. Индуктивті-байланысты плазмамен бірге масс-спектроскопты қолдану арқылы аналитикалық жоғарғы дәлдік зерттеулерді қолдану берілген әдістеменің тиімділігін мәнді түрде көтеруге мүмкіндік береді.

**Кілттік сөздер:** химиялық элементтердің табиғи қауымдастығы, геохимия, геохимиялық ауытқулар, индуктивті-байланысты плазмамен масс-спектроскоп.

**Аннотация.** Геохимические методы, опирающиеся на математические и вычислительные технологии, в настоящее время широко используются в практике поисково-оценочных и геологоразведочных работ. Они весьма результативны для выявления новых рудных проявлений. В статье рассматривается новая методология оценки геохимических аномалий, базирующаяся на естественных ассоциациях химических элементов, сформировавшихся в геологических и антропогенных процессах. Использование высокоточных аналитических исследований с использованием масс-спектропии с индуктивно-связанной плазмой позволяет существенно повысить эффективность данной методики.

**Ключевые слова:** естественные ассоциации химических элементов, геохимия, геохимические аномалии, масс-спектропия с индуктивно-связанной плазмой.

Широкое применение в последние десятилетия геохимических методов поисков по первичным, вторичным ореолам и потокам привело к открытию огромного количества геохимических аномалий, и как следствие новых месторождений. Существующая методика их оценки основана преимущественно на анализе повышенных (надфоновых) концентраций элементов рудного комплекса, то есть главного компонента руд и, связанных с ним положительными корреляционными связями элементов-спутников. При этом в качестве оценочных параметров используются продуктивность геохимического ореола и цифры прогнозных ресурсов полезного ископаемого.

К сожалению, оценка прогнозных ресурсов аномалий во многом субъективна. Подтверждением несовершенства традиционно используемой в практике геохимических поисков интерпретационной базы является резкая неадекватность прогнозных ресурсов и выявленных запасов полезных ископаемых. В этой связи многими исследователями ведется непрерывный поиск новых путей решения прогнозных задач. Не задаваясь целью анализа всех существующих и развиваемых в последнее время методик прогнозных построений, сконцентрируем внимание лишь на одном поисковом признаке – геохимической зональности рудных месторождений, базирующейся на естественных ассоциациях химических элементов.

В общепринятом понимании геохимическая аномалия – это участок земной коры, обогащенный или обедненный химическим элементом относительно фоновых содержаний в результате его привноса (выноса) или перераспределения под воздействием разнообразных геологических процессов. Согласно существующим научным представлениям химические элементы по признаку геохимического сродства, то есть их совместной концентрации в определенных природных системах, подразделяются на халькофильные, литофильные, сидерофильные, атмофильные. Однако такая классификация общая и определяется основными геологическими процессами: осадочным, магматическим, гидротермально-метасоматическим и т.д.

В зависимости от масштаба процесса рудоконцентрации, его центробежного или центростремительного характера распределения, геохимические аномалии могут иметь зональную или неупорядоченную структуру. Зональность структуры аномалий в самом общем случае проявляется в закономерном соотношении зон привноса и выноса элементов, участвующих в конкретном геологическом процессе. Масштабность рудоконцентрации проявляется в формировании многоуровневых мозаично-зональных аномальных геохимических систем, представляющих собой закономерно локализованные в пространстве и времени геохимические объекты.

В практике поисковых геохимических работ в последнее время запатентовано множество различных методов, направленных на повышение эффективности поиска скрытых рудных объектов. В основном они ориентированы на повышение контрастности аномалий и надежности в интерпретации геохимических параметров. Это и учет подвижных форм в экзогенных условиях, и использование коллоидно-солевых фракций (нанодисперсия) с размером частиц менее 1000 нм, которые могут составлять до 0.1 мас. % проб кристаллических пород и до 0.3 мас. % проб черных сланцев и извлекается водой при специально подобранных условиях [1]. Использование воды вместо химически активных реагентов гарантирует отсутствие растворения минеральной матрицы и наиболее полно отражает коллоидно-солевою составляющую проб. Анализ нанодисперсии проб в отличие от анализа пробы в целом позволят значительно расширить круг определяемых элементов и получить достоверную информацию на сверхнизких уровнях их концентраций. Коллоидно-солевая фракция по химическому составу представлена широким кругом химических элементов – петрогенных, редких и рассеянных, содержание которых неодинаково для различных типов пород.

В то же время учет геохимической зональности при оценке геохимических аномалий может существенно повысить надежность геохимических методов. Довольно важную роль при этом играют компьютерные технологии, позволяющие быстро обрабатывать довольно объемную геохимическую информацию и представлять ее в визуализированном 2D и 3D виде.

Так, в Лениногорском рудном районе с 1978 года и по настоящий день широко применяются геохимические исследования [2]. За это время в пределах, выявляемых по методике ИМГРЭ (метод естественных ассоциаций), геохимических аномалий открыто несколько месторождений, за-

лежей и новых участков оруденения: Ново-Лениногорское, состоящее из 7 залежей, Обручевское (2 залежи), Долинное (2 залежи), Бахрушинское (2 залежи); на Риддер-Сокольном месторождении: Южно-Быструшинская залежь, оруденение на глубоких горизонтах 3-ей Юго-Западной залежи (14 – 20 гор.), на юго-западном фланге залежи Победа, на северо-восточном фланге залежи Перспективной, северных флангах Быструшинской и 2-ой Юго-Западной залежей, на глубоких горизонтах Крюковской залежи.

В основе данной методики лежит расчет ряда геохимических коэффициентов, базирующихся на методе естественных ассоциаций и позволяющих оценивать особенности геохимической зональности и масштабности оруденения. Среди них: средние содержания химических элементов ( $C_{cp}$ ), коэффициенты минерализации ( $K_m$ ), аномальности ( $K_a$ ), интенсивности ( $K_i$ ), зональности ( $K_z$ ), региональные коэффициенты зональности ( $K_{zonreg}$ ), коэффициенты масштабности ( $Pu_1, Pu_2, Pu_3$ ), ряды зональности по условной продуктивности ( $M_p$ ), ряды ассоциаций (по  $K_m$ ), прогнозные ресурсы ( $Q$ ).

В связи с тем, что ореолы на Лениногорском рудном поле являются погребенными под мощной толщей ильинской и сокольной свит и выходят на поверхность лишь на участках сильно эродированных структур, все оценочные работы проводятся в пределах потенциально рудоносных крюковских и лениногорских уровней с использованием горизонтальной (латеральной) геохимической зональности, которая в плане является концентрической. Горизонтальная протяженность ореолов в пологих структурах значительно превышает вертикальную и колеблется от сотен метров до нескольких километров, что позволяет использовать ореолы как индикаторы оруденения даже на значительном удалении от рудных тел или залежей.

Геохимическое прогнозирование проводится на геохимических план-проекциях горизонтальных и вертикальных. На них, прежде всего, отображено строение аномалий: их интенсивность (штриховка, крап), состав (цвет по первому элементу в ряду по  $K_m$ ), положение зон относительно руды и её состав (индексы ранжированных элементов), т.е. центральные, фронтальные, фланговые и каналные зоны.

Оконтуривание аномалий ведется путём выделения их, прежде всего, по каждой скважине с учётом принадлежности к пологим или крутопадающим зонам оруденения. В установленных границах аномалий рассчитываются геохимические показатели, приведенные выше, которые затем вписываются около центральной точки на горизонтальные проложения скважин. Аномалии скважин, характеризующиеся одинаковыми значениями  $K_i$  и ассоциациями элементов (по первому индексу), объединяются в отдельную выборку и оконтуриваются в единые зоны. Таким образом, отображается строение аномалий с выделением мышьяковых, сурьмяных, бариевых, серебряных, свинцовых, цинковых, медных и молибденовых зон различной интенсивности. Значения  $Pu_1$  ( $Pu_2, Pu_3$ ) и  $K_{zonreg}$  также вписываются около центральной точки горизонтального проложения скважин (в границах аномалии).

Разбраковка и интерпретация выделенных аномалий по степени их перспективности проводятся путем составления прогнозной геохимической проекции. Эта проекция строится в пределах общей зоны аномалии без разделения на полого- и крутопадающие её составляющие.

Составление прогнозной геохимической проекции осуществляется в следующей последовательности:

- на геохимических проекциях ассоциаций полого- и крутопадающих зон ореолов выделяются площади, характеризующиеся определенными параметрами  $K_i, Pu_1, Pu_2, Pu_3$  и ассоциаций элементов с учётом их геохимических особенностей. Часто границами площадей являются

тектонические нарушения. Затем на прогнозную проекцию с геохимической переносятся внешние контуры выделенных аномалий с указанием скважин, вошедших в их контуры. Аномалиям присваивается порядковый номер. Указывается количество проб, участвовавших в расчётах;

- по вновь выявленным аномалиям производится расчёт  $K_z, K_i, K_{zonreg}, K_m, K_\alpha, M_p, Pu_1 (Pu_2, Pu_3)$ , рядов ассоциаций по  $K_m$ , по  $M_p$ ;
- элементы, характеризующие аномалии, ранжируются по  $K_m$  от большей к меньшей и вписываются по контуру аномалии в условных обозначениях. Над элементами указываются величины условных продуктивностей. Внутри аномалий проставляются величины  $K_m$  и, дробью – значения  $K_{zonreg}$  и  $Pu_1 (Pu_2, Pu_3)$ .

Выделенные аномалии подразделяются на:

1. аномалии известных рудных залежей, перспективных на флангах и глубину;
2. аномалии I степени перспективности;
3. аномалии II степени перспективности, перспективные, но требующие дополнительного изучения;
4. аномалии III степени перспективности, в которых установлены отдельные рудные пересечения и забалансовые рудные тела, не требующие дополнительного изучения;
5. аномалии IV степени перспективности - малоперспективные на обнаружение промышленного оруденения.

Полученные параметры  $K_z, K_i, Pu, K_{zonreg}$  и ряды зональности элементов выносятся поинтервально на стволы скважин и увязываются с учётом геологической ситуации. Значения  $K_z$  показываются цветом,  $K_i$  – крапом и штриховкой,  $K_{zonreg}$  и  $Pu$  цифрами в виде  $10^1-10^7$ . Ряды зональности в каждой зоне аномалии вписываются индексами.

Использование данной методики в настоящий момент становится возможным на различных уровнях геохимического картирования, начиная от регионального (рекогносцировочные работы) и заканчивая локальным (детальная геологическая разведка) [3]. Благодаря применению высокоточной аналитики, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой, позволяющей определить широкий спектр химических элементов, возможно с высокой надёжностью установить естественные геохимические ассоциации и эффективно произвести разбраковку выявленных геохимических аномалий начиная с регионального уровня, а также на последующих стадиях поисково-оценочного и геолого-разведочного процесса.

Подобный подход осуществлен в ходе проведения последних исследований по изучению естественных ассоциаций химических элементов в геологических и антропогенных процессах и их влияния на окружающую среду (на примере Рудноалтайского и Калбинского регионов). Для этого была разработана методика оценки геохимических аномалий, выделенных при исследовании вторичных литохимических ореолов, базирующаяся на принципах естественных ассоциаций химических элементов.

Первым шагом в данной методике после получения результатов опробования и данных лаборатории, является создание геоинформационных систем, что позволило провести на следующих

этапах исследований статистическую обработку полученных данных с определением по каждому анализируемому элементу значений фонового и аномальных содержаний, а также определения закона распределения исследуемой выборки. Для этих целей использованы различные программные продукты для статистического анализа, а также построения геоинформационных систем: Statistica, Micromine, MapInfo и др.

На основании повышенных содержаний были выделены геохимические аномалии по основным элементам, которые могут представить практический интерес в качестве полезного ископаемого. Выделение аномалий осуществлялось на основе расчета границы аномального содержания. Данная граница определяется как критерий аномальности и рассчитывается по формулам [4]:

для нормального закона

$$C_{Am} = \frac{C_f \pm 3S}{\sqrt{m}} \quad (1)$$

для логнормального закона

$$C_{Am} = C_f \varepsilon^{\pm \frac{3}{\sqrt{m}}} \quad (2)$$

где  $m=2, 3, 4, \dots, 9$  – число точек в контуре (при любом их числе  $m$  принимается не более 9).

По рассчитанным значениям производилось оконтуривание геохимических аномалий. Причем, по критерию аномальности отклонение от фона может быть двусторонним и наряду с повышенными значениями поля геохимическими аномалиями могут признаваться и пониженные содержания элементов индикаторов.

В результате был построен пакет геохимических поэлементных карт по изученной территории.

Для определения перспективности выделенных аномалий рассчитывался ряд геохимических параметров и мультипликативных коэффициентов: средних содержаний элементов ( $C_{cp}$ ), коэффициентов минерализации  $K_m$ , аномальности  $K_a$ , интенсивности  $K_i$ , зональности  $K_z$ , коэффициентов масштабности  $Pu_1$ , рядов зональности по условной продуктивности  $M_p$ , рядов ассоциаций (по  $K_m$ ), прогнозных ресурсов (Q). Для этого используются следующие формулы:

$$C_{cp} = \frac{\sum C_i}{n} \quad (3)$$

где  $n$  – количество проб в аномалии,  $\sum C_i$  – сумма содержаний элементов в аномалии (по каждому элементу).

$$K_m = \frac{n_a}{n} \quad (4)$$

где  $n_a$  – количество аномальных проб в выборке аномалии по каждому элементу. Используется для установления доли каждого элемента в общей комплексной аномалии.  $K_m$ - коэффициент аномальности показывает величину превышения содержаний по каждому элементу к фоновым ( $C_{fon}$ ) содержаниям этих элементов во вмещающих породах.

$$K = \frac{C_{cp}}{C_{fon}} \quad (5)$$

где  $C_{fon}$  – фоновое содержание элемента в породе.

Условная продуктивность или относительный метропроцент аномальных элементов в комплексной аномалии служит для определения коэффициентов интенсивности, а также для ранжирования элементов в аномалиях с целью получения рядов зональности.

$$M_p = K_m * K_z \quad (6)$$

где  $M_p$  – условная продуктивность;  $K_z$  – коэффициент зональности определяет соотношение элементов рудно- верхнерудных – надрудных ( $E_o$ ) к элементам рудно-подрудной группы ( $E_b$ ).

$$K_z = \frac{K\alpha E_{o1} + K\alpha E_{o2} + K\alpha E_{o3}}{K\alpha E_{b1} + K\alpha E_{b2} + K\alpha E_{b3}} \quad (7)$$

Тогда  $K_i$  – коэффициент интенсивности служит для оценки степени минерализации комплексной аномалии.

$$K_i = M_o E_{p1} + M_o E_{p2} + M_o E_{p3} \quad (8)$$

Количественная характеристика выхода оруденения на поверхность коренных пород  $P_p$  в м<sup>2</sup>% обеспечивает подсчет продуктивности вторичного остаточного ореола рассеяния  $P$  согласно зависимостей:

$$P = \Delta x * 2l \left( \sum_{x=1}^N C_x - NC_f \right) = S(\overline{C_x} - C_f) \quad (9)$$

$$P_p = \left( \frac{1}{k} \right) P \quad (10)$$

где  $k$  – местное значение коэффициента остаточной продуктивности. Распространяя эту оценку до глубины ( $H$ , м) имеем геохимические ресурсы металла:

$$Q = \frac{P}{40k} * H \quad (11)$$

На основании вышеприведенных критериев выделенные аномалии вторичных геохимических ореолов для большинства химических элементов подразделяются на:

1. техногенные аномалии горно-металлургических производств и аномалии известных рудных залежей, перспективных на флангах и глубину (мультипликативные коэффициенты  $K_z$  более 7 и  $K_i$  более 10);
2. аномалии I степени перспективности (мультипликативные коэффициенты  $K_z$  от 4 до 7 и  $K_i$  от 7 до 10);
3. аномалии III степени - малоперспективные на обнаружение промышленного оруденения (мультипликативные коэффициенты  $K_z$  менее 2 и  $K_i$  менее 4).

## Список литературы

- [1] Геоинформационный ресурс анализа нанофракций горных пород. Олейникова Г. А. , Панова Е. Г. // Литосфера, 2011, № 1, с. 83–93
- [2] Геохимическое картирование при поисках и разведке рудных месторождений в Лениногорском рудном районе./Махонина С.А., Олейник Ю.Ф., Гавриленко О. Д. Современные информационные технологии в геологоразведочной и горнодобывающей областях: Междунар. науч. конф., г. Усть-Каменогорск, 2006. - С.53-55..

- [3] Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений . М-во геологии СССР. М.: Недра, 1983. 191 с.
- [4] Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых . А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др М.: Недра, 1990. 335 с.

УДК 669.721

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ БЕРИЛЛИЯ

Г.С. Пестова, С.А. Ким

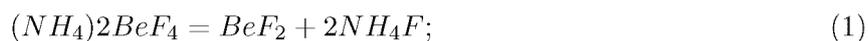
Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The work represents analytical investigations of flow diagram for getting beryllium metal by thermal reduction of its fluoride. Parameters are optimized by numerical methods for instrumentation of preparing stock operations.

**Аңдатпа.** Жұмыста металдық бериллийді оның фторидін термиялық тотықсыздандыру арқылы бөліп алудың технологиялық сұлбасының талдаулық зерттеулері келтірілген. Шикіқұрамды дайындау операциясын аппараттық жабдықтау үшін оның параметрлері сандық әдістермен оңтайландырылды

**Аннотация.** В работе представлены аналитические исследования технологической схемы получения металлического бериллия термическим восстановлением его фторида. Численными методами оптимизированы параметры для аппаратурного оформления операций подготовки шихты.

Качество восстановительной реакции в металлургическом процессе оценивают степенью восстановления металла «g»: при максимуме значения «g» процесс оптимальный. Технологическая схема получения металлического бериллия термическим восстановлением его фторида включает ряд промежуточных операций приготовления фторида бериллия  $BeF_2$  (ФБ): получают фторбериллат аммония  $(NH_4)_2BeF_4$ , затем его разлагают нагреванием при высоких температурах и получают ФБ – стеклообразный материал со специфическими свойствами:



и затем сам процесс восстановления магнием:



Эффективность процесса будет складываться из оптимизации операций технологической схемы. ФБ и Mg – основные компоненты шихты, следовательно, оптимальность операций (1) и (2) определяется эффективностью операций подготовки шихты: технологией и аппаратурным оформлением шихтоподготовки.

Цель работы – аналитическими исследованиями численными методами определить параметры для аппаратурного оформления операций подготовки шихты, осуществление которого позволило бы автоматизировать этот экологически весьма вредный процесси получать высокую степень восстановления металла.

В линейном программировании задача оптимизации процесса заключается в нахождении положительных величин, минимизирующих целевую функцию. В данной задаче целевой функцией является максимальная степень восстановления металла «g». Значение «g» зависит от параметров процесса – температуры, фракционного состава шихты «d», продолжительности реакции «t», связанных закономерностями процесса восстановления. Продолжительность реакции «t» непосредственно зависит от размера гранулы шихты «d», который просто определяется расчетом, нежели величина «g». То есть формализовать значение «g» можно размером гранулы шихты «d», который и будет управлять процессом. Задача оптимизации, в итоге, сводится к нахождению минимума целевой функции [1]. Прежде всего, рассмотрим возможность получения гранулы из расплава ФБ.

Реакция (1). Исследуем возможность грануляции расплава ФБ [2]. Сейчас это делается так: в результате разложения фторбериллата аммония расплавленный ФБ стекает из печи в изложницу, охлаждается и застывает. Стеклообразную массу разбивают вручную, дробят на куски для последующей операции смешения с магнием. Известно, что ФБ – вещество повышенной опасности.

Рассматриваем слив расплава ФБ с учетом факторов, сопровождающих процесс: физические и химические свойства расплава, температура слива расплава, вязкость, изменение вязкости с изменением температуры, охлаждение и затвердевание расплава, последующее использование твердого ФБ.

Численное исследование процесса слива с целью получить по окончании слива гранулы ФБ как готовую шихту для последующей операции дает следующие результаты: получена математическая модель слива и охлаждения расплава ФБ с выходом товарного продукта – гранул, для этого применили закономерности диспергирования самораспадом струи расплава и охлаждения капель-гранул на вращающейся поверхности. Алгоритмы расчёта грануляции расплава ФБ позволяют проектировать процесс и установку грануляции расплава.

Существующая схема	Прогнозируемый вариант	Решение
1) Слив расплава ФБ в изложницу возле печи. 2) Застывание расплава в изложнице. 3) Вручную дробление ФБ в изложнице. 4) Дробление кусков ФБ в конусной дробилке. 5) Ручной труд практически на всех операциях, пыление при дроблении, потери ФБ с крошкой. 6) Отсутствие возможности автоматизировать процесс подготовки ФБ как шихты. Из механизации – дробилка.	Грануляции расплава на охлаждающей поверхности	1) Описание технологической схемы процесса от нагрева $(\text{NH}_4)_2\text{BeF}_4$ в печи разложения до получения гранул как готовой продукции. Описание представляет ряд алгоритмов, связывающих физические, химические свойства расплава, физику процессов слива, диспергирования струи, расплава, охлаждение и затвердевание капли расплава, согласование слива из реальной печи и возможности холодильника, цикличность процессов, производительность оборудования, возможную конструкцию оборудования. 2) Возможность исключить ручной труд на всех операциях.

Реакция (2). Основным фактором выбора способа грануляции магния является требование к магнию, как к шихте для восстановления бериллия – иметь высокое качество по примесям. Существует ряд промышленных способов грануляции магния: центробежным распылением расплава на воздухе и в среде аргона, капельным истечением расплава с охлаждением в инертной среде, точением слитков и отсевом стружки требуемого размера. Каждый способ имеет свои положительные и отрицательные стороны. Наиболее отвечает требованиям по примесям крупный порошок магния, полученный точением. Рассмотрим возможность грануляции резанием непосредственно слитка магния на гранулы заданного размера [3].

Способ грануляции слитка исследуем численным методом с применением теории линий скольжения из математической теории пластичности. Существует закономерная связь линий течения (линий скольжения), возникающих на поверхности деформируемого металла, с напряженным состоянием металла. В качестве методики численного исследования в нашей задаче применяем известный пример использования теории линий скольжения для решения задач обработки металлов давлением – задачу Прандтля – внедрение пуансона с плоским торцом в заготовку.

С помощью уравнений механики твердого тела (математической модели среды) и начальных и граничных условий определяем параметры процессов, происходящих во всем объеме слитка. Основной характеристикой механических свойств металла (магния) в области пластического течения является предел текучести, который сохраняет постоянное значение в этой области.

Результатом исследования является:

- 1) вычисление усилия резания нагретого слитка магния, скорости резания,
- 2) определение параметров режущего инструмента и технологической схемы резки слитка.

Расчетная производительность установки превышает потребность в гранулированном магнии. Технические приемы исследуемого способа резания слитка могут быть реализованы парком оборудования производства, потребляющего гранулы.

На этапе исследования способа гранулирования расплава ФБ оптимальный размер гранул задавался интервалом. Оценим размерный интервал гранул ФБ и оптимальный вариант грансоостава шихты следующим численным исследованием: рассмотрим закономерности термического восстановления фторида бериллия (ФБ) магнием – 1) диссоциацию связей, 2) диффузионный рост слоя шлака, и составим целевую функцию параметра качества «g» [1].

Диссоциация.

Процесс восстановления происходит при существенной разнице температур плавления магния и ФБ:  $\Delta T = 147$ , реакция начинается на границе двух твердых фаз при 4500С, когда взаимодействие происходит между твердым ФБ и жидким магнием, и при 7000С восстановление практически завершается. Это позволяет определить крупность шихты из закономерностей диссоциации связей ФБ при нагревании.

Изменение долговечности  $t$  гранулы ФБ как любого твердого тела от температуры  $T$  будет описываться закономерностью (3) :

$$t = t_0 \exp(U_0/kT), \text{ сек}, \quad (3)$$

а среднее время  $t_{\text{ФЛ}}$  между двумя последовательными кратковременными флуктуациями энергии ЕФЛ на данном атоме, составляет

$$t_{\text{ФЛ}} \gg t_0 \exp(E_{\text{ФЛ}}/kT), \quad (4)$$

где  $t_0 = 10\text{-}13$  сек – предэкспоненциальный множитель;  $U_0$  – энергия активации разрыва межатомных связей в твердой грануле. В результате теплового движения атомов с энергией (3) в грануле происходит разрыв связей.

Скорость распространения тепловых колебаний в кристаллической решетке сравнима со скоростью звука в твердом теле, с такой же скоростью, возможно, происходит диссоциация связей с образованием фтора как дефекта структуры. Для ряда частиц в виде кубика с ребром  $d$  в интервале от 1 до 29 мм рассчитали время разрушения связей по (3).

Расчеты показывают, что влияние размера гранулы на скорость диссоциации проявляется в увеличении времени диссоциации на два порядка при увеличении размера гранулы на один порядок – от 1 до 29 мм. Оптимальный размер может быть ограничен значением 14 мм, так как для следующего размера гранулы следует понижение скорости диссоциации на порядок. Значение  $d = 14$  мм совпадает с качественной оценкой гранулы: в шлаке бериллий присутствует в виде корольков, причем максимально присутствуют корольки диаметром 5 мм. Размер исходной гранулы ФБ для такого королька бериллия составляет 14 мм.

Диффузия реагентов в грануле ФБ. Применим математическое описание зернограничной диффузии и закономерности термического восстановления ФБ магнием. ФБ – соль с гексагональной плотно упакованной (ГПУ) структурой, в которой, полагают, зернограничная диффузия не очень отличается от зернограничной диффузии в металлических веществах (из литературных источников).

Применяем аналитическую модель изолированной границы для описания диффузии в грануле ФБ, как поступают в большинстве математических моделей описания зернограничной диффузии. В данной модели предполагается, что граница зерна представляет собой полубесконечный слой одинаковой толщины с высоким коэффициентом диффузии, перпендикулярна к поверхности, на которую нанесен диффузانت – в нашей задаче магний в виде пара, затем расплав магния на поверхности гранулы. Приближенное решение этой задачи для случая с источником диффузии постоянной концентрации [1] представляет формулы для коэффициента зернограничной диффузии. Экспериментальные значения диффузии в реакции восстановления ФБ магнием отсутствуют, для грубой оценки коэффициентов зернограничной диффузии воспользуемся соотношениями Аррениуса: диффузия в металлах с близкой структурой происходит по одному и тому же механизму. Для зернограничной диффузии в ГПУ-металлах (магний), фторид бериллия – соль с гексагональной плотно упакованной структурой, соотношение Аррениуса для коэффициента следующее:

$$D = 1.5 \times 10^{-14} \exp(-10.3T_{пл}/T), \text{ м}^2/\text{с}, \quad (5)$$

где  $T_{пл}$  – температура плавления соединения. Отсюда вычисляем значения коэффициентов зернограничной диффузии в интервале температур 723 – 1073 К; они понадобятся далее. Термодинамика процесса определила температурный интервал исследования: начало реакции совпадает с началом испарения-конденсации магния – 723 0К (450 0С), окончание реакции – это температура плавления ФБ – 10730К (800 0С). Из сопоставления расчетных коэффициентов диффузии для фтора и магния следует, что скорость диффузии фтора из гранулы к свободной поверхности несколько ниже скорости диффузии магния. Однако скорость образования дефектов – фтора, соответствует скорости распространения тепловых колебаний со скоростью звука в твердой грануле. За счет разницы скоростей образования фтора и диффузии фтора и магния, в середине гранулы, по мере стока фтора, свободные от фтора молекулы бериллия возможно коалесцируют

уже в период реакции на поверхности между магнием и фтором. В системе ( $BeF_2 + Mg$ ) восстановительная реакция идет на поверхности раздела фаз, скорость реакции между диффундирующими реагентами не зависит от границы раздела фаз. Поэтому рассматриваем только скорость диффузии реагентов через образующийся слой шлака.

Для одномерной диффузии в направлении от свободной поверхности к центру гранулы, изменение общей концентрации «с» диффундирующего вещества в каждой точке среды подчиняется закону диффузии [4]:

$$\Delta c / \Delta t = D(\Delta^2 c / \Delta x^2), \quad (6)$$

и физические параметры одномерной диффузии зависят только от координаты  $x$ , изменяющейся в пределах  $0 \leq x \leq \epsilon$ , и от времени реакции, где  $\epsilon$  – максимальная толщина шлаковой фазы. В действительности диффузия происходит в слое шлака  $MgF_2$  переменной толщины  $0 \leq x \leq \epsilon$  с перемещающейся границей. Уравнение диффузии (6) в этом случае имеет вид [4]:

$$\Delta^2 c / \Delta x^2 = (c_2 - c_1) / D x dx / \epsilon^2 dt, \quad (7)$$

где 1, 2 – концентрации фтора и магния соответственно в слое  $MgF_2$  на границе с  $BeF_2$ ;  $x$  – расстояние, определяемое от границы  $MgF_2 - BeF_2$  в глубь слоя  $MgF_2$ . Из решения уравнения (7) численным методом с применением гауссовского интеграла получим продолжительность реакции восстановления:

$$t = x^2 / 4n^2 D. \quad (8)$$

В формулу (8) входит, через толщину слоя  $x$ , параметр управления  $d$  процессом, поэтому уравнение (8) рассматриваем как целевую функцию, и отыскиваем ее минимум по составу шихты. Из решения (8) следует, что график зависимости времени реакции от размера гранулы не имеет экстремума. С увеличением размера гранулы увеличивается разность в скорости диффузии  $\delta t_1$  магния относительно диффузии фтора. Максимальный размер гранулы определяет объем одного моля восстанавливаемого соединения, минимальный – определится возможностью разделения фаз и физическими свойствами реагентов шихты.

Максимально присутствующие в шлаке корольки бериллия  $d = 5 \dots 10$  мм соответствуют среднему значению размерного диапазона гранул ФБ: 0 – 29 мм (10 – 18 мм бериллия). Время восстановления подобных гранул – (4 – 14) с. Это значение и будем считать оптимальным.

#### Вывод

Математическое описание металлургического процесса с определением задач по каждой операции, и решение этих задач позволяют предложить технологию подготовки шихты, реализация которой может привести к высоким технико-экономическим и экологическим показателям.

1. Бериллий, практически первый металл в Периодической Системе с молекулами небольшого размера (порядковый номер 4), восстанавливаемый термически. С увеличением содержания металла в соединении количество шлаковой фазы в реакции уменьшается. У ФБ же самый большой объем шлаковой фазы (если посмотреть весовые соотношения компонентов), поэтому здесь самая длительная диффузная реакция, а от продолжительности реакции будет зависеть чистота металла по примесям.

2. Подготовленная однородная по составу шихта приводит к высокой степени восстановления за счет образования равномерно расположенных по массе шлака корольков металла и образованию крупных слитков при перемешивании и разделении металла и шлака.

3. Операцию получения гранулированного ФБ можно автоматизировать, исключить ручной труд. При необходимости иметь магний определенной чистоты может быть применен способ гранулирования слитка магния резанием (точнее, вдавливанием штампа).

4. Оценка размера гранулы разными методами дает практически одинаковые значения. Численный метод определения оптимальности размера был проверен для оксида хрома и фторида урана – метод расчета работает.

## Список литературы

- [1] Пестова Г.С. Оптимизация состава шихты из закономерностей диссоциации связей молекул. Диффузия реагентов. Часть I. Вестник ВКГТУ. – 2011, №1, с. 31 -39. - Усть-Каменогорск.
- [2] Грануляция расплава фторида бериллия. Монография. Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2007. – 200с. Пестова Г.С., Рычков Г.С.
- [3] Пестова Г.С. Устройство для резки слитков металла на гранулы. Инно-вационный патент № 25930. В22F 9/06, Бюл.№8, 15.08.2012.
- [4] Пестова Г.С. Продолжительность реакции восстановления. Часть II. Вестник ВКГТУ. – 2011, №2, с. 14 -21. - Усть-Каменогорск.

УДК 528.72:004.93

## ЛОКАЛЬНО-АДАПТИВНАЯ ЛАНДШАФТНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

О.И. Потатуркин, С.М. Борзов

Институт автоматики и электрометрии СО РАН, Новосибирский государственный университет,  
г. Новосибирск

**Аннотация.** Предложен алгоритм классификации спутниковых изображений высокого разрешения на основе совместной обработки спектральных и структурных признаков, позволяющий задавать различную степень детализации классифицированных изображений для территорий с естественным и искусственным ландшафтом.

**Введение.** В настоящее время методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса являются одним из важнейших инструментов исследования природно-техногенных объектов и явлений. Особое значение они приобретают при наблюдении за изменениями, происходящими на особо охраняемых природных территориях, поскольку зачастую данные ДЗЗ для них являются единственным источником независимой, объективной и актуальной информации.

В последние годы в области создания и развития средств и технологий ДЗЗ наблюдается стремительный прогресс. С каждым годом растет число спутников, позволяющих получать изображения высокого (1-10 м) и сверхвысокого (менее 1 м) пространственного разрешения. При решении целого спектра задач, связанных с выявлением антропогенного воздействия на природные экосистемы (появление объектов застройки, вырубка растительности, нарушение почвенного покрова, образование отвалов, изменение площади мест скопления бытовых и промышленных отходов, бытовое и промышленное загрязнение атмосферы, водных объектов и почв и др.) эти данные являются незаменимыми. Однако существенным препятствием на пути их широкого применения является отсутствие подходящего инструментария для автоматизированного анализа и интерпретации.

**Метод ландшафтной классификации.** Классический подход к обработке данных ДЗЗ состоит в попиксельном формировании тематических слоев, характеризующих спектральные свойства изображений, и их совместном анализе. Такой подход успешно используется при обработке данных низкого разрешения, однако при его увеличении излишняя детализация препятствует классификации. Вследствие высокого разрешения изображений большинство объектов, попавших в поле зрения датчика, неоднородны. Во-первых, спектральный состав пикселя является комбинацией спектральных характеристик объектов, которые этот пиксель образуют. Во-вторых, различные участки поверхности оказываются в разных условиях. Одни освещены прямым солнечным излучением, другие находятся в тени и освещаются отраженным или рассеянным светом. Они могут иметь также различную ориентацию поверхности по отношению к источнику освещения. Кроме того, в многослойных системах (таких как почва-растительность и т.п.) искажения результирующего спектра могут быть вызваны переотражением между слоями. В результате картосхемы, полученные путем попиксельной классификации, как правило, включают многочисленные вкрапления. Например, в лесном массиве отдельные пиксели могут быть классифицированы как трава или необработанная почва и др. В таких случаях желательно сгладить результат классификации, чтобы остался только основной класс (наиболее вероятный). Один из известных способов сглаживания заключается в применении специализированного фильтра, получившего в англоязычной литературе название «Majority analysis» [1]. Данная процедура состоит в замене каждого элемента классифицированного изображения на наиболее часто встречающийся в некоторой его окрестности. Применение такого алгоритма сохраняет границы между зонами и устраняет вкрапления, размеры которых меньше заданных пользователем. Однако, при этом происходит искажение малоразмерных объектов, таких как дороги, здания и т.п., характерных в первую очередь для антропогенных зон.

В данной работе предлагается комбинированный метод классификации спутниковых изображений высокого разрешения, основанный на совместной обработке спектральных и структурных признаков. На первом этапе производится

- классификация исходных изображений по спектральным признакам;
- формирование пространственных масок для антропогенных зон по характеристикам локальной структуры;
- расчет пространственного распределения вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index — отношение красного и ближнего ИК каналов) [2] и индекса влагосодержания NDWI (Normalized Difference Water Index — отношение зеленого и среднего ИК каналов) [3].

Для выполнения спектральной классификации первого этапа может быть использован любой метод, реализованный в общеизвестных системах обработки данных ДЗЗ. Выбор и оценка эффективности спектральных методов классификации не является предметом настоящей работы.

Формирование масок антропогенных территорий осуществляется на основе пространственных признаков фрагментов изображения. В предыдущих работах авторов исследована эффективность использования различных признаков для разделения антропогенных и природных территорий на примере классификации обучающих выборок фрагментов с применением одномерных критериев компактности классов [4,5]. Показано, что при разделении территорий с искусственным и естественным ландшафтом структурные признаки, сформированные на основе детектора Харриса [6], более информативны по сравнению со статистическими.

На втором этапе

- формируется (с использованием порогового решающего правила) маска неприродных объектов на основе полученных пространственных распределений индексов NDVI и NDWI и построенной на первом этапе маски антропогенных зон;
- скользящим окном осуществляется процедура выбора наиболее часто встречающегося класса по сформированному на первом этапе классифицированному изображению (картосхеме, в которой каждому пикселю присвоено значение соответствующего номера класса). При этом размер окна для природных и антропогенных зон выбирается различным в зависимости от требуемой степени детализации.

На заключительном этапе пиксели картосхемы, выделенные маской неприродных объектов, формируют на результирующем изображении отдельный класс. Такой подход позволяет избежать излишней детализации классифицированных изображений на естественных ландшафтах и обеспечить необходимую точность в антропогенных зонах.

**Экспериментальные результаты.** Выполнение ландшафтной классификации с применением предложенного метода продемонстрировано на примере обработки многоспектральных изображений со спутника WorldView 2. Данный спутник имеет 8 спектральных каналов: 1 – 400-450 нм, 2 – 450-510 нм, 3 – 510-580 нм, 4 – 585-625 нм, 5 – 630-690 нм, 6 – 705-745 нм, 7 – 770-895 нм, 8 – 860-1040 нм с пространственным разрешением 2 м. Исходное изображение представлено на рис.1,а. (RGB композит, каналы 5.3.2). Результат спектральной классификации методом максимального правдоподобия с использованием в качестве обучающей выборки тестовых участков, предварительно отобранных и классифицированных оператором, представлен на рис.1,б. В данном случае использованы 9 тестовых участков: сосновый лес, лиственный лес, трава, открытые почвы, пашня, всходы, густые всходы, вода и искусственные покрытия (включая песок).

Недостатком полученной картосхемы является ее чрезмерная детализация на естественных ландшафтах. Целью классификации является выделение определенных типов поверхности, таких как лес (сосновый, лиственный, смешанный), поле, обработанная почва, водная поверхность и т.п. Однако, в связи с избыточностью пространственного разрешения снимка, указанные зоны в данном случае не разделяются. Видны отдельные деревья, кусты, их тени и т.п. Масштаб изображения, очевидно, не соответствует требуемому масштабу классификации. Для устранения этой проблемы необходимо использовать сглаживающие процедуры постклассификационной обработки. На рис.2 приведен результат применения скользящим окном процедуры выбора наиболее часто встречающегося класса [1]. Видно, что данная процедура позволяет устранить нежелательный «шум спектральной классификации» для природных зон, однако, в антропогенных зонах она



а

б

Рисунок 1 а – исходное изображение; б – результат спектральной классификации методом максимального правдоподобия

приводит к искажению картины. Очевидно, что при классификации изображений территорий с естественным и искусственным ландшафтом возникают различные требования к ее масштабу.

Исходя из этого, предложено с использованием структурных признаков разделить анализируемое изображение на природные и антропогенные зоны. С этой целью путем расчета скользящим окном среднего значения функции отклика «угол» и «край» детектора Харриса определяется пространственное распределение структурных признаков:

$$F_1(x, y) = \langle R(x, y) \rangle_{\Phi}, \quad (1)$$

$$F_2(x, y) = \langle L(x, y) \rangle_{\Phi}, \quad (2)$$

где  $\langle * \rangle_{\Phi}$  – усреднение значений по окну  $\Phi$ ,

$$R = \det M - 0.04 \cdot (\text{trace}M)^2, \quad (3)$$

$$L = (\text{trace}M)^2 - 4 \cdot \det M, \quad (4)$$

– соответственно функции отклика «угол» и «край»,

$$M = \begin{bmatrix} \sum_{\Omega} \left(\frac{dI}{dx}\right)^2 & \sum_{\Omega} \left(\frac{dI}{dx}\right) \left(\frac{dI}{dy}\right) \\ \sum_{\Omega} \left(\frac{dI}{dx}\right) \left(\frac{dI}{dy}\right) & \sum_{\Omega} \left(\frac{dI}{dy}\right)^2 \end{bmatrix}, \quad (5)$$

а  $I(x, y)$  – исходное изображение.

На этой основе формируется маска антропогенных зон  $P_1(x, y)$  и маска неприродных объектов



Рисунок 2 Результат применения скользящим окном процедуры выбора наиболее часто встречающегося класса

$P_2(x, y)$ :

$$P_1(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } (F_1(x, y) > \langle F_1(x, y) \rangle + 2\sigma_1) \cup (F_2(x, y) > \langle F_2(x, y) \rangle + 2\sigma_2) \\ 0 & \text{else.} \end{cases} \quad (6)$$

$$P_1(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } NDVI(x, y) < 0.3 \cap NDWI(x, y) < 0.6 \cap P_1(x, y) = 1 \\ 0 & \text{else.} \end{cases} \quad (7)$$

где  $\langle * \rangle$  – означает усреднение значений массивов  $F_{1,2}(x, y)$ , а  $\sigma_{1,2}$  – их среднеквадратические отклонения, рассчитанные для территорий с существенным преобладанием естественного ландшафта (соответственно, для функций отклика «угол» и «край»).

Далее выполняется процедура ностклассификационной обработки с различным размером окна анализа для каждой из выделенных зон и внесение в картосхему пикселей соответствующих ненриродным объектам

$$\hat{I}(x, y) = \begin{cases} [I_1(x, y)]_{15 \times 15} & \text{if } P_1(x, y) = 0 \\ [I_1(x, y)]_{3 \times 3} & \text{if } P_1(x, y) = 1 \cap P_2(x, y) = 0, \\ 255 & \text{if } P_2(x, y) = 1 \end{cases} \quad (8)$$

где  $I_1(x, y)$  картосхема, сформированная в результате спектральной классификации,  $[I_1(x, y)]_{n \times n}$  – означает процедуру выбора наиболее часто встречающегося класса в  $I_1(x, y)$  по окну с координатами  $x, y$  и размером  $n \times n$  пикселей, а  $\hat{I}(x, y)$  – результирующая картосхема.

На рис.3, а,б приведены сформированные по исходному изображению (рис.1) маски  $P_1(x, y)$  и  $P_2(x, y)$ .

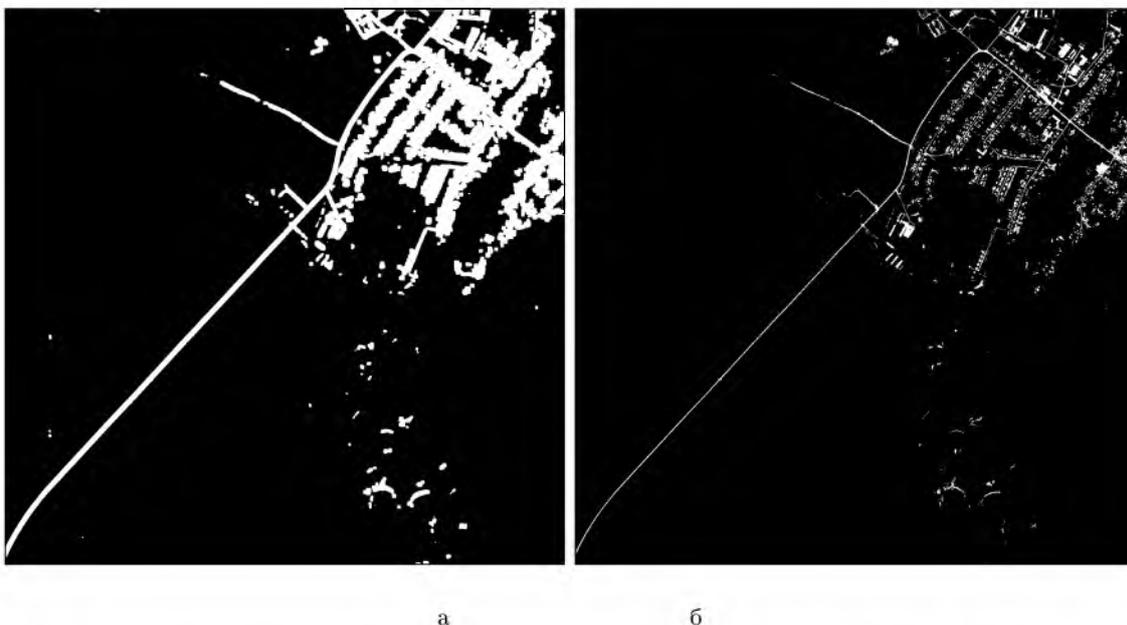


Рисунок 3 Сформированные по исходному изображению (рис. 1) маски  $P_1(x, y)$  и  $P_2(x, y)$

На рис. 4 представлен окончательный результат классификации с учетом спектральных и структурных характеристик. Видно, что на результирующей картосхеме уменьшена избыточность классификации в природной зоне, однако, антропогенные территории и неприродные объекты переданы с точностью, определяемой параметрами алгоритма. Степень детализации классифицированных изображений для различных зон определяется размером скользящего окна при выполнении процедур постклассификационной обработки.

**Заключение.** Предложен метод ландшафтной классификации спутниковых изображений высокого пространственного разрешения, основанный на совместной обработке спектральных и структурных признаков. На начальном этапе производится классификация исходного изображения по спектральным признакам и формирование пространственной маски антропогенных зон по характеристикам его локальной структуры. Далее на основе пространственного распределения спектральных индексов и маски антропогенных зон формируется маска неприродных объектов, а так же скользящим окном выполняется процедура выбора наиболее часто встречающегося класса по сформированной в результате спектральной классификации картосхеме. При этом размер окна для природных и антропогенных зон выбирается различным. На заключительном этапе отсчеты изображения, помеченные маской неприродных объектов, выделяются на результирующей картосхеме как отдельный класс.

Экспериментально, на примере обработки многоспектральных изображений со спутника WorldView 2, показано, что применение предложенного метода позволяет избежать излишней детализации классифицированных изображений для естественных ландшафтов и обеспечить необходимую точность антропогенных зон при обработке данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения.

Работа выполнена при поддержке Президиума РАН (проект № 15.3), Сибирского отделения РАН (интеграционный проект №74) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 11-07-00202).



Рисунок 4 Окончательный результат классификации

## Список литературы

- [1] Thomas M. Lillesand, Raiph W. Kiefer, Jonathan W. Chipman, Remote Sensing and Image Interpretation. 2004 John Wiley & Song, Inc. 763 P
- [2] Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., and Deering D.W., Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS // Third ERTS Symposium, 1973. NASA SP-351 I: pp 309-317.
- [3] Gao B. NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // Remote Sensing of Environment, 1996. 58, pp 257-266.
- [4] Борзов С.М., Потатуркин О.И. Обнаружение антропогенных зон на основе поиска пространственных аномалий в крупномасштабных спутниковых изображениях // Автометрия, № 5. 2012. С. 104-111.
- [5] Борзов С.М., Потатуркин А.О. Исследование эффективности пространственных признаков при классификации спутниковых изображений различного масштаба // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии, 2012, № 3. С. 58-65.
- [6] Harris C. and Stephens M. A Combined Corner and Edge Detector // Proceedings of The Fourth Alvey Vision Conference. 1988. Manchester, pp 147-151.

УДК 332

## ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭКОЛОГИЮ ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСКА)

М.М. Тогузова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** In this article have been considering the main of meteorological and climatic characterization of the territory of Ust-Kamenogorsk city and their influence of the level of pollution urban environment, and also analysis tally of factor was given with cadastral estimate of the land.

**Keywords:** Pollution, cadastral land estimation, meteorologie, environment, ecology.

**Аңдатпа.** Бұл мақалада Өскемен қаласының негізгі метеорологиялық және климаттық сипаттамалары мен олардың қаланың қоршаған ортасының ластану деңгейіне әсері, сонымен қатар осы фактордың жерлерді кадастрлық бағалау кезінде есепке алынуын талдау қарастырылғын.

**Кілттік сөздер:** Ластану, жерді кадастрлық бағалау, метеорология, қоршаған орта, экология.

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются основные метеорологические и климатические характеристики территории города Усть-Каменогорска и их влияние на уровень загрязнения окружающей среды города, а также анализ учета данного фактора при кадастровой оценке земли.

**Ключевые слова:** Загрязнение, кадастровая оценка земли, метеорология, окружающая среда, экология.

Метеорологические условия, как известно, играют важную роль в формировании уровня загрязнения. К таким условиям можно отнести особенности переноса, рассеивания и вымывания различных вредных примесей осадками, непрерывно протекающие в атмосфере фотохимические реакции окисления и восстановления, которые ведут к образованию новых веществ и новых процессов, влияющие, в конечном счете, на образование определенного уровня загрязнения [1].

К основным метеорологическим факторам можно отнести:

- ветровой режим (направление и скорость ветра);
- условия температурной стратификации нижнего слоя атмосферы;
- интенсивность солнечной радиации;
- температура воздуха - прямое или косвенное влияние;
- атмосферные осадки.

Кроме того, в атмосфере имеют место следующие процессы:

- гравитационное оседание крупных частиц;
- химические и фотохимические реакции между различными веществами;

– перенос на значительные расстояния и вымывание из атмосферы осадками [2].

Учет климатических факторов загрязнения окружающей среды представляет собой систематическое определение и фиксацию количественных и качественных показателей, характеризующие участки и объекты окружающей среды, загрязненные вредными веществами, в том числе природного происхождения, свыше нормативов, установленных в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

В общем виде он представляет собой систему накопления и использования информации, необходимой для безопасности и здоровья населения, а также для прогнозирования загрязнения территории.

Рассмотрим основные метеорологические и климатические характеристики территории города Усть-Каменогорска, в той или иной степени, влияющие на уровень загрязнения окружающей среды.

Город Усть-Каменогорск расположен в климатическом подрайоне, который характеризуется очень холодной зимой и теплым, иногда жарким летом. Особенности микроклимата города формируются, в основном, под влиянием сложного рельефа. Город расположен в речной долине, окруженной почти со всех сторон отрогами горных хребтов, пересеченных глубокими ущельями. Такой рельеф обуславливает различия в радиационном нагреве и выхолаживании территории, в скорости и направлении ветра. Он же формирует горно-долинные и стоковые ветры, вызывающие возможность застоя холодного воздуха в низинах, появление туманов.

Ветровой режим оказывает определяющее влияние на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере. Как известно, зоны более высоких концентраций примесей создаются в подветренных районах по отношению к источникам выбросов. Преобладающими в Усть-Каменогорске являются юго-восточные и северо-западные ветры, среднегодовая повторяемость которых составляет, соответственно, 37 и 25%. Эти опасные направления ветра определяют снос выбросов медеплавильного завода, ТЭЦ, УМЗ на селитебную территорию города.

Весьма существенное значение для концентрации и рассеивания примесей в атмосфере имеет скорость ветра. При этом, в зависимости от типа источников выбросов, её влияние различно. При низких и неорганизованных источниках выбросов повышенный уровень загрязнения воздуха отмечается при слабых ветрах (0-1 м/с) за счет скопления примесей в приземном слое [1]. При выбросах от предприятий с высотными трубами газовой-воздушной смеси, исходящая от источника, обычно перегрета относительно окружающего воздуха и обладает начальным подъемом за счет вертикальных скоростей, способствующих подъему факела и уносу примесей вверх. При слабых ветрах этот подъем обуславливает уменьшение содержания примесей у поверхности земли. При сильных ветрах концентрация загрязняющих веществ от высотных источников у земли также уменьшается, однако это происходит уже за счет быстрого переноса примесей. В итоге наибольшие концентрации примесей в приземном слое от выбросов высотных источников формируются при так называемой опасной скорости ветра.

В Усть-Каменогорске наибольшие средние скорости в годовом выводе имеют ветры южной половины горизонта (4,6-5,2 м/сек). Это объясняется тем, что с ноября по март город расположен под гребнем азиатского антициклона. Над востоком Казахстана часто наблюдаются сближения периферий циклонов, смещающихся по Западно-Сибирской низменности, и антициклонов, что ведет к резкому возрастанию скоростей ветра [3].

В плане загрязнения воздушного бассейна влияние сильных ветров двоякое: с одной стороны они при определенных условиях способствуют очищению атмосферы от загрязнения выбро-

сами промышленных предприятий и транспорта, с другой – благоприятствуют формированию пыльных бурь. Последние в условиях нарушенных почвенных поверхностей и наличия открытых участков с отходами предприятий (хвосто-хранилища, золоотвалы) и складских территорий с сырьем (уголь, стройматериалы), приводят к повышенной запыленности воздуха. В Усть-Каменогорске ветровой режим определяет наибольший потенциал загрязнения атмосферы техногенными выбросами, так как обуславливает слабое продувание ландшафтов.

Туманы влияют на содержание примесей в воздухе сложным образом. Капли тумана обычно аккумулируют примеси из выше – и нижележащих слоев, в связи, с чем концентрация загрязняющих веществ в тумане возрастает [4]. При таком поглощении примесей влагой образуются новые, более токсичные, вещества. Так, сернистый газ в тумане окисляется до серного ангидрида с дальнейшим образованием серной кислоты. При значительной продолжительности туманов содержание вредных примесей может увеличиться в 1,5 – 2 раза и способствовать образованию смогов. При наличии инверсий температуры концентрации примесей в тумане еще более возрастают.

Количество туманов на территории г. Усть-Каменогорска в целом весьма невелико. Максимальное количество дней с туманами отмечается в холодное время года (с ноября по март), на которое приходится более 97% всех наблюдаемых туманов. Из них наибольшее число выпадает на декабрь, январь и март месяцы.

Свой вклад в процесс туманообразования вносит антропогенное загрязнение атмосферного воздуха в г. Усть-Каменогорске. Погодно-климатические условия зимнего сезона определяют слабые ветра, большую повторяемость штилей, инверсии температурного воздуха. Атмосфера в этих условиях характеризуется большой устойчивостью: из-за отсутствия турбулентного перемешивания и слабого рассеивания не происходит ее самоочищение, и все промышленные выбросы остаются в приземном слое. Это приводит к возникновению неблагоприятных метеорологических условий, которые значительно осложняют экологическую ситуацию в городе.

Прямое или косвенное влияние на содержание примесей в атмосфере оказывает температура воздуха. В зависимости от температуры меняется расход топлива на обогрев помещений, и, следовательно, концентрация вредных выбросов в атмосферу. Температура воздуха является важным фактором в образовании фотохимических реакций: чем выше температура, тем быстрее проходит реакция. Понижение температуры до  $-15^{\circ}\text{C}$  –  $-20^{\circ}\text{C}$  может привести к снижению загрязнения воздуха в центральных районах города в связи с усилением циркуляции и поступлением более чистого воздуха с незагрязненных территорий. Кроме того, при общем похолодании возрастает разность температур между выбросами и окружающим воздухом, что приводит к большему вертикальному подъему примесей и уменьшению их влияния на приземный слой атмосферы. В то же время при весьма низких температурах ( $-35^{\circ}\text{C}$  и ниже) выбросы от тепловых электростанций и котельных способствуют образованию тумана, содержащего частицы замерзшей влаги с высоким содержанием серной кислоты [2].

По городу Усть-Каменогорску наиболее низкими температурами отличаются январь и февраль со среднемесячными температурами воздуха от  $-14^{\circ}\text{C}$  до  $-20^{\circ}\text{C}$ . Средние минимальные температуры, характерные для ночного времени суток, равны  $-21,9^{\circ}\text{C}$ . Наиболее низкая температура была зафиксирована  $-50^{\circ}\text{C}$  зимой и  $+47^{\circ}\text{C}$  летом. Днем холодные типы погод устанавливаются с начала октября. Средняя годовая температура воздуха в г. Усть-Каменогорске составляет  $2,7^{\circ}\text{C}$ .

Таким образом, наиболее холодные и жаркие месяцы включают периоды с экстремальными

значениями температур, которые способствуют повышенному загрязнению атмосферы.

Существующая структура пространственной организации города Усть-Каменогорска является нерациональной, стихийно сложившейся. Пространственное взаимное расположение функциональных зон (в частности промышленной и селитебной) исторически сложились хаотично без учета естественного фона, метеорологических факторов и природных предпосылок миграции техногенных веществ в атмосферном воздухе, что способствует созданию над городом постоянно действующего поля высоких концентраций [3].

Резкое увеличение концентрации вредных примесей в приземном слое воздуха может быть обусловлено двумя основными причинами. Одна из них связана с резким возрастанием выбросов в атмосферу при аварийных ситуациях на производствах, неисправности очистных устройств, усиленных залповых выбросах.

Другой причиной является неблагоприятные метеорологические условия. Они могут вызвать одновременное повышение концентрации примеси на значительной части территории города. Отсюда следует, как важно своевременно предупреждать о наступлении периодов опасного загрязнения атмосферы.

Таким образом, изучение метеорологических условий загрязнения воздуха позволяет предсказывать и предотвращать высокие уровни концентраций, создаваемые при неблагоприятных метеорологических ситуациях в промышленных городах. Поэтому при исследовании причин формирования повышенного уровня загрязнения атмосферы используют не отдельные метеорологические характеристики, а комплексные параметры, соответствующие определенной ситуации.

Связь между уровнем загрязнения воздуха и метеорологическими условиями очень сложна. Причем для различных городов она не будет одинаковой. К примеру, для городов, имеющих незначительную долю промышленного производства, как основного источника загрязнения метеорологические условия не будут иметь существенного влияния на уровень загрязнения города. В промышленных же городах неблагоприятные метеорологические условия способствуют повышению уровня загрязненности экологической обстановки города, что в конечном счете, может сказываться на стоимости земель. Поэтому изучение и учет влияния метеорологических факторов на экологическую обстановку имеет немаловажную роль при определении кадастровой стоимости объектов недвижимости и земли, что позволяет получать наиболее адекватную кадастровую стоимость земли и, в конечном счете, обеспечивать баланс расходов города на воспроизводство комплекса земельной недвижимости и доходов от ее коммерческого использования.

## Список литературы

- [1] Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере. Справочное пособие /Ред. Э.Ю.Безуглая и М.Е. Берлянд. Л.: Гидрометеоиздат, 1983 - 328 с.
- [2] Доклад по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу и мониторингу и моделированию загрязнения атмосферного воздуха в Казахстане в рамках Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. - Алматы, 2003 г.- 93 с.
- [3] Климат Усть-Каменогорска (эколого-географический аспект) / под ред. А.В. Егориной. – Усть-Каменогорск. 2009. – 240 с.

- [4] Беспамятнов Г.П. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде. – Л.: Химия, 1975. – 528 с.

УДК 628.3

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАМКНУТЫХ СИСТЕМ ГИДРОЗОЛОУДАЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

И.В. Денисов, О.Ю. Васильева, Д.Т. Байгазинов, Б.М. Толыкбаева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The article is devoted to the research, focused on the study of the technical and environmental problems arising from the exploitation of hydraulic ash closed systems of thermal power plants. Possible problem-solving techniques are considered and proposed.

**Keywords:** hydraulic ash removal, ash, slag, ash dump, coal

**Аңдатпа.** Мақала жылу электрстанцияларындағы гидрокүл жоюдың тұйықталған жүйесін пайдалану нәтижесінде пайда болатын экологиялық және техникалық зерттеулерге бағытталған. Осы мәселелерді шешуде мүмкін болатын әдістер қарастырылып, ұсынылды.

**Кілттік сөздер:** гидрокүл жою, күл, қож, күл үйіндісі, көмір

**Аннотация.** Статья посвящена исследованиям, направленным на исследования технических и экологических проблем, возникающих в результате эксплуатации замкнутых систем гидрозолоудаления тепловых электростанций. Рассмотрены и предложены возможные методы решения данных проблем.

**Ключевые слова:** гидрозолоудаление, зола, шлак, золоотвал, уголь

В настоящее время на тепловых электростанциях Восточного-Казахстана используются угли разрезов «Кара-Жыра» (Семипалатинское месторождение) и «Майкубенский» (Шоптыкольское месторождение). Молодые каменные угли (Кара-Жыра), а так же бурые и переходного типа угли (Майкуба) данных месторождений имеют некоторые особенности: характеризуются большим содержанием, так называемого балласта – минеральных примесей, в том числе кислотообразующих элементов и соединений:  $SO_3$ ,  $P_2O_3$ , а так же соединений которые при сжигании дают в состав золы и шлака соли - сульфаты, нитриты, и фосфаты, способные к гидролизу кислотного типа.

Наличие в золе и шлаке солей и отсутствие основных оксидов –  $CaO$ ,  $MgO$  приводит к тому, что зола и шлак теряют свои свойства, как нейтрализатора кислоты. Фосфаты алюминия, сульфаты железа, нитриты в процессе контакта с водой растворяются и подвергаются гидролизу. Гидролиз фосфатов алюминия и сульфатов железа сопровождается выделением в воду кислоты, что повышает кислотность воды в оборотной системе гидрозолоудаления, наличие в шлаке Майкубенского угля нитрита калия, гидролизующегося по основному типу, несколько повышает нейтрализующую способность этого шлака, что проявляется в более низкой кислотности оборотной воды при сжигании на тепловых электростанциях Майкубенского угля.

На многих крупных тепловых электростанциях применяется гидравлическая, оборотная система золошлакоудаления - с совместным удалением золы и шлака.

Бессточными системами гидрозолоудаления, исключаящими загрязнение природных водоемов и грунтовых вод, являются оборотные системы гидрозолоудаления, в которых отсутствуют постоянные или периодические сбросы осветленной воды, а фильтрация воды через дамбы и ложе золоотвала либо полностью исключена, либо не вызывает загрязнения грунтовых вод в районе золоотвала выше пределов, допустимых для водных источников хозяйственно-бытового назначения.

В результате сжигания в топках котлоагрегатов ТЭС углей, золовая пульпа которых имеет кислый характер, в оборотной системе гидрозолоудаления, при многократным использованием одного и того же объёма воды, образуются стоки с  $\text{pH} = 2-3$  [1].

В результате постоянного воздействия кислой среды на оборудование котельного цеха - насосное оборудование, пульпопроводы и др. идёт интенсивная коррозия металла по всему тракту, абразивное воздействие золы и шлака усиливает этот процесс. Одновременно в системе растёт содержание солей, что приводит, в частности, к образованию отложений в системе золоулавливания. Для влияния на  $\text{pH}$  оборотной воды может применяться метод подщелачивания, что в свою очередь приведет к постоянному росту содержания растворимых солей в оборотной воде.

Проблема повышенной кислотности оборотной воды имеет достаточно локализованный характер, то есть только для тепловых электростанций использующих угли Семипалатинского и Шоптыкольского месторождений.

В пределах СНГ проблема оборотной воды тепловых электростанций чаще всего стоит наоборот – повышенная щелочность воды. Похожие проблемы, то есть повышенная кислотность возникают при сжигании кизеловских, подмосковных и экибастузских углей, и на станциях оборудованных мокрыми золоулавливателями, но для нейтрализации оборотной воды в этих случаях достаточно добавления щелочных стоков водоподготовительной установки или раствора извести. Либо как вариант – выдержка пульпы, при интенсивном перемешивании в течении 10-15 минут в эрлифтной установке с зумпфом, вместимостью достаточной для выдержки требуемого объёма воды и требуемого времени выдержки кислой пульпы [2].

Цель проведенных исследований состояла в том, чтобы на основании анализа результатов лабораторно – исследовательских работ, теоретических расчетов предложить методы улучшения состояния водно-химического режима оборотной системы ГЗУ и составить прогноз ее состояния.

Для достижения поставленной цели в процессе выполнения работы решались следующие задачи:

- на основании определения вещественного состава золы и шлака, образующихся при сжигании Майкубенского и Семипалатинского угля определить причины образования кислых составляющих в золовой пульпе;
- изучить процесс выщелачивания золы и шлака используемых углей в динамических режимах, определить условия повышения интенсивности процесса;
- изучить процесс образования солевых отложений;
- определить вещественный состав отложений, дать рекомендации по снижению солеобразования;
- произвести подбор коагулянта, флокулянта для снижения содержания взвешенных, коллоидных веществ в оборотной воде системы ГЗУ;

- предложить оптимальный метод нейтрализации кислотности золовой пульпы, сделать экономическое обоснование различных вариантов снижения кислотности и солесодержания в оборотной воде системы гидрозолоудаления;

В результате выполнения работы получены следующие результаты:

- химические и физико-химические процессы, описывающие взаимодействие золы и шлака различных углей с оборотной водой;
- вещественный состав золы и шлака различных углей;
- состав и тип солевых отложений;
- варианты снижения солеотложений;
- вид коагулянта флокулянта и условия их применения;
- экономическое обоснование выбранного метода обработки воды;
- рекомендации по оптимальному варианту эксплуатации оборотной системы ГЗУ;
- прогноз состояния оборотной системы гидрозолоудаления.

Научная и практическая значимость проведенных исследований заключается в том, что полученные результаты позволяют провести теоретическое обоснование и сделать рекомендации по выбору оптимальных условий работы системы ГЗУ.

В настоящее время не было найдено приемлемого с экономической точки зрения решения с применением безреагентных технологий и продолжается использование гидраксида натрия для нейтрализации оборотной воды, но исследования в данном направлении продолжаются. А на данный момент предложена система автоматического управления процесса подщелачивания, что поможет оптимизировать и снизить расход щелочи, и таким образом снизить экономические затраты и техногенную нагрузку на экосистемы непосредственно граничащие с золоотвалами ТЭС.

В целом можно сказать, что оборотная система гидрозолоудаления хоть и является более приемлемой с точки зрения охраны окружающей среды, но не является панацеей от природоохранных проблем и полностью решают задачу охраны окружающей среды от вредного воздействия золы и шлака. Возникает ряд серьезных проблем.

Огромные размеры золоотвалов влекут за собой изменение ландшафта и температурного режима прилегающих территорий, и следовательно изменение экосистем на значительной территории.

Количество воды, требующейся для смыва и гидротранспортировки золы и шлака, примерно в 10 раз превышает массовое их количество, при этом вода будет выщелачивать и растворять те компоненты золы, которые обладают заметной растворимостью, и с течением времени оборотная вода будет насыщаться ионами фтора, соединениями ванадия, мышьяка. Возможно также загрязнение окружающей среды, непосредственно прилегающей к территории золоотвала радионуклидами [3].

## Список литературы

- [1] Химическая энциклопедия, т.3, М.: Советская энциклопедия, 1989.
- [2] Кучеренко Д.И., Гладков В.А. Обратное водоснабжение (Система водяного охлаждения). - М.: Стройиздат, 1980
- [3] Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. - М., 1996

УДК 628.1-192

## ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГОМЕОСТАЗА ПРИРОДНОГО ВОДНОГО ОБЪЕКТА И ИМПУЛЬСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕК

В.П. Колпакова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** In the article the results of physical and chemical design of natural processes are presented in water objects taking into account necessary physical and chemical constants. The questions of change of quality of surface-water are considered because of negative influence of anthropogenic influence for the row of the rivers in different naturally-economic zones, results over of the executed research theme are brought.

**Аңдатпа.** Мақалада қажетті физика-химиялық константалар есебімен су нысандарында табиғи үдерістердің физика-химиялық модельдеуінің нәтижелері берілген. Әртүрлі табиғи-шаруашылық аймақтардағыбірқатар өзендер үшін кері ықпал нәтижесіндеантропогенді әсер етуіненсудың сапасын өзгерту мәселелері қарастырылған, орындалған ғылыми-зертеулер тақырыбының нәтижелері келтірілген.

**Аннотация.** В статье представлены результаты физико-химического моделирования природных процессов в водных объектах с учетом необходимых физико-химических констант. Рассмотрены вопросы изменения качества поверхностных вод вследствие отрицательного влияния антропогенного воздействия для ряда рек в различных природно-хозяйственных зонах, приведены результаты выполненной научно-исследовательской темы.

Многомерность, "сильная" нелинейность природных явлений и многокомпонентность природных водных систем таковы, что их компьютерное моделирование становится ведущим и часто практически единственным средством теоретических исследований при решении основных проблем нообиогеохимии. Важнейшая черта последних моделей – их комплексность - тесное сопряжение с геофизическими моделями тех же природных процессов, более полный учет их динамических и кинетических характеристик.

Таким образом, создаются предпосылки для разработки систем взаимосогласованных моделей разнообразных природных процессов, позволяющих проводить оперативное рассмотрение большого числа альтернативных гипотез и анализ неопределенности результатов численного моделирования в зависимости от погрешности входных данных.

К основным характеристикам описания особенностей химического взаимодействия природных вод с геологическими объектами, почвами и донными осадками относятся вид химического процесса (обменные реакции, катионный, изотопный обмен, реакции сорбции-десорбции, другие типы химических реакций), а также метод описания (термодинамический или кинетический). К основным характеристикам условий протекания реакций относятся процессы переноса вещества

(адвекция, конвекция, диффузия, комбинированный перенос), пространственный тип систем (локальные, одномерные, пространственные системы) и условия внешнего массообмена (открытые и закрытые системы).

В пространственных моделях задача химического взаимодействия решается в совокупности с гидродинамической задачей, непосредственным образом описывающей движение жидкой фазы.

Многие загрязняющие вещества, хотя и оказывают разрушающее влияние на биосферу, находятся, как правило, в столь низких концентрациях, что не образуют собственных минеральных фаз. Их фиксация в окружающей среде в значительной мере определяется процессами сорбции и соосаждения.

Для физико-химического моделирования природных процессов в водных объектах в первую очередь необходим следующий набор физико-химических констант:

1. Термодинамические константы и данные (данные по фазовым диаграммам водосодержащих систем; термодинамические свойства минералов и минералообразующих веществ, включая твердые растворы, водные растворы солей и газов; константы гидролиза катионов и константы диссоциации кислот, произведения растворимости минералов; константы устойчивости комплексов тяжелых металлов, включая радионуклиды, с анионами природных вод, в том числе с органическими кислотами),

2. Кинетические константы и данные (данные о механизмах и стехиометрии гетерофазных и окислительно-восстановительных химических реакций; энергии активации или константы скоростей при фиксированных температурах),

3. Константы сорбции и сорбционной емкости минералов по отношению к различным ионам, данные по кинетике сорбции-десорбции и соосаждению ионов для различных условий,

4. Константы и данные по тепломассопереносу (данные по проницаемости различных пород; мольные объемы минералов для учета изменения проницаемости в результате химических взаимодействий; коэффициенты диффузии компонентов растворов при различных условиях; коэффициенты теплопроводности почв и донных осадков).

Мониторинг и прогноз качества вод рек и водохранилищ, используемых для нужд питьевого водоснабжения, имеет большое народнохозяйственное значение. Проведение исследований для изучения процессов в водной среде, создание моделей и определение физических, химических и биологических моделей водных объектов являются первоочередными задачами, без решения которых невозможно прогнозирование природных и техногенных процессов в водных объектах. Все это связано с решением сложных и объемных научных задач, которые не имеют однозначного ответа. Это в первую очередь касается разработки и исследования математических моделей больших водных объектов как река Иртыш.

Изменение качества поверхностных вод вследствие отрицательного влияния антропогенного воздействия для ряда рек в различных природно-хозяйственных зонах может быть прослежено по уровням минерализации вод и определяется определенными закономерностями, позволяющими прогнозировать колебания гидрохимических показателей [1].

В соответствии с концепцией организации мониторинга природных водных объектов, прежде всего, интересуется математическая модель воздействия опасных загрязнителей на водные биологические объекты. В качестве таких объектов в рассматриваемом случае выступает биоценоз водного объекта, а точнее водный объект как гомеостат - самоорганизующаяся система, способная, благодаря адаптационным механизмам поддерживать физические и химические параметры, определяющие жизнедеятельность системы (реки), меняться в сравнительно узких пределах,

несмотря на значительные изменения внешних условий. Именно биолого-геохимический гомеостат обеспечивает постоянство показателей воды реки при умеренных нагрузках на нее загрязнений, и поддерживать основные параметры воды в границах необходимых для жизни биоценоза. Гомеостат обеспечивает определенную буферную емкость по загрязнениям и способен в определенной мере противодействовать внешним вредным воздействиям и самоочищаться.

Таким образом, излагаемая ниже модель охватывает воздействия опасных загрязнителей не только на биологические и геохимические объекты находящиеся внутри или в контакте с водным объектом. В этом смысле данная модель является более широкой и больше соответствует сути рассматриваемого вопроса.

Характерными чертами реки как самоорганизующейся системы, способной поддерживать физические и химические параметры, определяющие жизнедеятельность системы являются: взаимодействие между всеми частями и компонентами (геохимическими компонентами, биологическими особями и др.) общей сложной системы; протекание большинства процессов в различных шкалах времени, определяемых особенностью кинетики различных процессов; наличие значимых входных и выходных потоков водных масс, которые по ходу движения характеризуются ламинарным, турбулентным и конвекционным массонереносом, и это в целом определяет динамику водной системы

Для моделирования перемещения растворенных загрязняющих веществ в [2] используют известное уравнение массонереноса:

$$\frac{\partial}{\partial t} (S \cdot C) + \frac{\partial}{\partial x} (Q \cdot C) = \frac{\partial}{\partial x} [S \cdot D \cdot (\frac{\partial}{\partial x} C) + S \cdot f], \quad (1.1)$$

где  $S$  - площадь сечения;

$C$  - средняя в поперечном сечении концентрация растворенного растворителя;

$D$  - коэффициент продольной диффузии;

$f$  - функция характеризующая процессы самоочищения;

$Q$  - расход воды;

$t$  - время;

$x$  - расстояние по длине водотока.

Принципиально решение уравнения (1.1) может привести к определению таких характеристик загрязнения реки, как режим перемещения загрязнений вдоль водотока и время прохода загрязнения от места его поступления до интересующего нас створа. Однако точность получаемой при этом информации будет зависеть от точности задания коэффициента  $f$ , который в общем случае является достаточно сложной функцией, различной для различных загрязнителей.

Научно-производственной лабораторией «Водных проблем» ВКГТУ им. Д. Серикбаева были проведены исследования процессов осветления воды после биофильтров во взвешенном слое биоплёнки в лабораторных условиях и выполнено математическое моделирование.

Была проведена обработка экспериментальных исходных данных зависимости  $\text{Свзв.сл} = f(V_{\text{восх}})$  методом наименьших квадратов. При этом для нахождения коэффициентов регрессии использовались формулы:

$$a_0 = \frac{\beta_1 \alpha_{22} - \beta_2 \alpha_{21}}{\alpha_{11} \alpha_{22} - \alpha_{12} \alpha_{21}} \quad (1.2)$$

$$a_1 = \frac{-\beta_1 \alpha_{12} + \beta_2 \alpha_{11}}{\alpha_{11} \alpha_{22} - \alpha_{12} \alpha_{21}} \quad (1.3)$$

Таблица 1.1 Исходные данные

x	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
y	5,8	4,8	4	3,2	2,8	2,5	2	1,95	1,8	1,5	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5

Таблица 1.2

№	x	y	x <sup>2</sup>	x <sup>3</sup>	ln(x)	ln(y)	x ln(x)	ln(x)	ln(x) <sup>2</sup>	1/x	ln(x/y)	ln(x)ln(y)	x <sup>-3</sup>	x <sup>-4</sup>	x <sup>-5</sup>
1	0,2	5,8	0,04	0,008	0,6931	1,7623	-0,1386	0,6931	0,4803	5,0000	-1,9278	-1,2109	0,1250	0,0312	0,0078
2	0,3	4,8	0,09	0,027	1,0986	1,5606	-0,3291	1,0986	1,2069	3,3333	-1,7917	-1,9278	0,0370	0,0124	0,0041
3	0,4	4	0,16	0,064	1,3863	1,3863	-0,4621	1,3863	1,9212	2,5000	-1,6127	-2,2203	0,0156	0,0040	0,0012
4	0,5	3,2	0,25	0,125	1,6094	1,1053	-0,6021	1,6094	2,5854	2,0000	-1,5099	-2,4203	0,0080	0,0016	0,0004
5	0,6	2,8	0,36	0,216	1,7918	1,0398	-0,7152	1,7918	3,2138	1,6667	-1,4270	-2,5854	0,0046	0,0008	0,0002
6	0,7	2,5	0,49	0,343	1,9459	0,9163	-0,8017	1,9459	3,7853	1,4286	-1,3570	-2,7203	0,0029	0,0005	0,0001
7	0,8	2	0,64	0,512	2,0794	0,8109	-0,8718	2,0794	4,3203	1,2500	-1,2807	-2,8203	0,0019	0,0003	0,0001
8	0,9	1,95	0,81	0,729	2,1972	0,7254	-0,9218	2,1972	4,8203	1,1111	-1,2270	-2,9003	0,0013	0,0002	0,0001
9	1	1,8	1	1	2,3026	0,6419	-0,9608	2,3026	5,2903	1,0000	-1,1762	-2,9603	0,0009	0,0001	0,0001
10	1,1	1,5	1,21	1,464	2,3979	0,5799	-0,9901	2,3979	5,7303	0,9091	-1,1270	-3,0103	0,0007	0,0001	0,0001
11	1,2	1,2	1,44	1,728	2,4849	0,5309	-1,0142	2,4849	6,1403	0,8333	-1,0827	-3,0503	0,0005	0,0001	0,0001
12	1,3	1,1	1,69	2,197	2,5709	0,4941	-1,0332	2,5709	6,5303	0,7692	-1,0470	-3,0803	0,0004	0,0001	0,0001
13	1,4	1	1,96	2,744	2,6579	0,4621	-1,0482	2,6579	6,9003	0,7143	-1,0170	-3,1103	0,0003	0,0001	0,0001
14	1,5	0,9	2,25	3,375	2,7459	0,4333	-1,0601	2,7459	7,2603	0,6667	-0,9917	-3,1403	0,0002	0,0001	0,0001
15	1,6	0,8	2,56	4,096	2,8419	0,4074	-1,0692	2,8419	7,6003	0,6250	-0,9670	-3,1703	0,0001	0,0001	0,0001
16	1,7	0,7	2,89	4,913	2,9419	0,3832	-1,0752	2,9419	7,9203	0,5882	-0,9427	-3,2003	0,0001	0,0001	0,0001
17	1,8	0,6	3,24	5,832	3,0419	0,3606	-1,0792	3,0419	8,2303	0,5556	-0,9187	-3,2303	0,0001	0,0001	0,0001
18	1,9	0,5	3,61	6,859	3,1419	0,3398	-1,0812	3,1419	8,5303	0,5263	-0,8950	-3,2603	0,0001	0,0001	0,0001
19	2	0,5	4	8	3,2419	0,3219	-1,0812	3,2419	8,8203	0,5000	-0,8717	-3,2903	0,0001	0,0001	0,0001

Для функции различного вида применяем формулы (1.2) и (1.3) и получаем расчётную таблицу (Таблица 1.3):

Таблица 1.3

β	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>	α <sub>11</sub>	α <sub>1 2</sub>	α <sub>1 3</sub>	α <sub>2 1</sub>	α <sub>2 2</sub>	α <sub>2 3</sub>	α <sub>3 1</sub>	α <sub>3 2</sub>	α <sub>3 3</sub>	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>
80,15	74,63	-	17	19,1	-	19,1	23,79	-	-	-	-	12,151	-6,619	-
80,15	74,63	-	17	19,1	-	19,1	23,79	-	-	-	-	12,151	-6,619	-
23,78	23,6	-	17	19,1	-	19,1	23,79	-	-	-	-	2,9015	-1,337	-
4,743	24,78	-	17	1,002	-	1,002	2,0918	-	-	-	-	-0,432	12,05	-
23,78	-1,638	-	17	1,002	-	1,002	2,0918	-	-	-	-	1,4869	-1,496	-
80,15	74,63	79,23	17	19,1	23,79	19,1	23,79	32,2	23,79	32,17	46,31	25,069	-31,24	10,53

Таким образом, получились следующие зависимости:

- 1) Линейная функция  $y = 12.1512 - 6.6189x$ ;
- 2) Логарифмическая функция  $y = -0.4318 + 12.0538 \ln x$ ;
- 3) Дробно-рациональная функция  $y = 1/12.1512 + -6.6189x$ ;
- 4) Показательная функция  $y = 2.9015^{(-1.3375x)}$ ;
- 5) Степенная функция  $y = 1.4869x^{(-1.4956)}$ ;
- 6) Параболическая функция  $y = 25.0689 + -31.2402x + 10.5366x^2$ .

Далее в полученные зависимости были подставлены фактические значения  $V_{восх}$  и получены следующие данные (Таблица 1.4).

Таблица 1.4

№п/п	x	y	Линейная (y <sub>1</sub> )	Дробно-рациональная (y <sub>2</sub> )	Показательная (y <sub>3</sub> )	Логарифмическая (y <sub>4</sub> )	Степенная (y <sub>5</sub> )	Параболическая (y <sub>6</sub> )
1	0,55	12,5	8,51	0,117	1,3904	-7,64	3,6359	11,1
2	0,6	10	8,18	0,122	1,3005	-6,59	3,1922	10,1
3	0,7	7,5	7,52	0,133	1,1377	-4,73	2,5349	8,36
4	0,8	6	6,86	0,146	0,9952	-3,12	2,076	6,82
5	0,85	5,8	6,53	0,153	0,9309	-2,39	1,8961	6,13
6	0,9	5,5	6,19	0,161	0,8706	-1,7	1,7407	5,49
7	0,95	5	5,86	0,171	0,8143	-1,05	1,6055	4,9
8	1	4	5,53	0,181	0,7616	-0,43	1,4869	4,37
9	1,1	3,5	4,87	0,205	0,6663	0,717	1,2894	3,45
10	1,15	3	4,54	0,22	0,6232	1,253	1,2065	3,08
11	1,2	2,8	4,21	0,238	0,5829	1,766	1,1321	2,75
12	1,3	2,7	3,55	0,282	0,5099	2,731	1,0043	2,26
13	1,4	2,5	2,88	0,347	0,4461	3,624	0,899	1,98
14	1,5	2,4	2,22	0,45	0,3902	4,456	0,8108	1,92
15	1,6	2,4	1,56	0,641	0,3414	5,234	0,7362	2,06
16	1,7	2,3	0,9	1,112	0,2986	5,964	0,6724	2,41
17	1,8	2,25	0,24	4,215	0,2613	6,653	0,6173	2,98
сумма	19,1	80,15	80,2	8,894	12,321	4,743	26,536	80,1

Метод наименьших квадратов состоит в вычислении таких коэффициентов  $a_0, a_1, a_2$  функции  $y = f(x, a_0, a_1, a_2)$ , при которых сумма квадратов отклонений вычисленных значений функции от исходных является минимальной. Из полученных в результате обработки аппроксимирующих функций, окончательно функция выбиралась по наименьшей сумме квадратов отклонений  $S$  (Таблица 1.5).

Таблица 1.5

$(y-y_1)^2$	$(y-y_2)^2$	$(y-y_3)^2$	$(y-y_4)^2$	$(y-y_5)^2$	$(y-y_6)^2$
15,913	153,33	123,42	405,54	78,57	2,033
3,3128	97,57	75,682	275,2	46,35	0,0139
0,0003	54,272	40,479	149,6	24,65	0,746
0,7329	34,271	25,048	83,202	15,4	0,6727
0,5259	31,886	23,709	67,088	15,24	0,1072
0,4819	28,5	21,431	51,865	14,13	0,0002
0,7452	23,324	17,52	36,603	11,52	0,01
2,348	14,587	10,487	19,641	6,315	0,1335
1,8781	10,855	8,0299	7,7446	4,887	0,0021
2,3701	7,7268	5,6492	3,0524	3,217	0,006
1,984	6,5658	4,9156	1,0694	2,782	0,0022
0,7168	5,8469	4,7965	0,0009	2,875	0,1905
0,1481	4,6369	4,2186	1,2634	2,563	0,2658
0,0314	3,803	4,0392	4,2256	2,525	0,2343
0,7039	3,0954	4,2379	8,0291	2,768	0,1167
1,9625	1,4109	4,0054	13,427	2,649	0,0124
4,0512	3,8626	3,9551	19,389	2,666	0,5259
37,907	485,54	381,63	1146,9	239,1	5,0725

В результате обработки экспериментальных исходных данных зависимости  $S_{взв.сл} = f(V_{восх})$  была получена следующая функция:

$$\underline{y} = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

Для которой  $S = 5.0725$  – наименьшая из всех полученных функций. Тогда функция с коэффициентами  $a_0 = 25.0689$ ,  $a_1 = -31.2402$  и  $a_2 = 10.5366$  примет вид:

$$\underline{y} = 25,0689 + -31,2402 \underline{x} + 10,5366 x^2$$

Поле корреляции для зависимости Свзв.сл =  $f(V_{восх})$  выглядит следующим образом (рисунок 1).

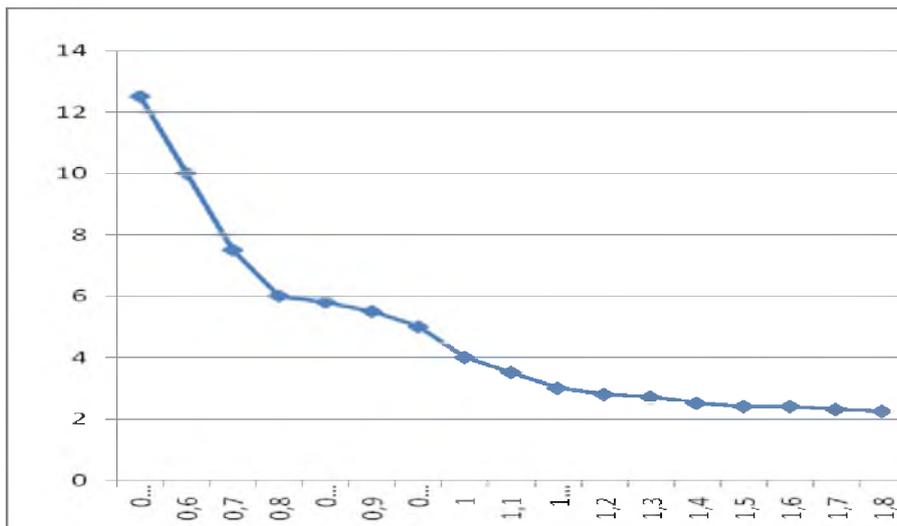


Рисунок 1 Поле корреляции для зависимости Свзв.сл. от Vвосх

Аналогичная обработка была проведена для зависимости Сос =  $f(V_{восх})$ , для которой выбрана эмпирическая формула:

$$\underline{y} = 8,1233 - 12,8898 \underline{x} + 6,9203 x^2.$$

Поле корреляции для зависимости Сос. =  $f(V_{восх})$  выглядит следующим образом (рисунок 2).

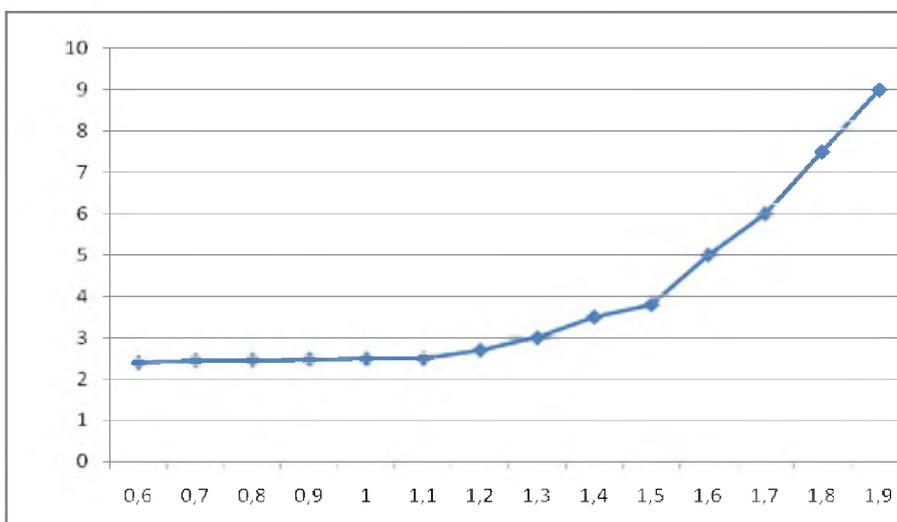


Рисунок 2 Поле корреляции для зависимости Сос. от Vвосх

Для зависимости  $C_{ос} = f(\text{Нвзв. сл.})$  выбрана следующая эмпирическая формула:

$$y = 6,5608 - 6,9193x + 2,0080x^2.$$

Поле корреляции для зависимости  $C_{вос.} = f(\text{Нвзв.сл.})$  выглядит следующим образом (рисунок 3).

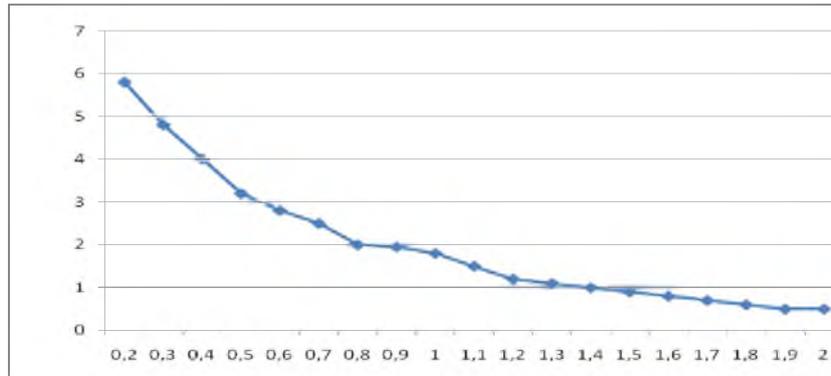


Рисунок 3 Поле корреляции для зависимости  $C_{ос}$  от Нвзв.сл.

Далее необходимо оценить полученные модели. Для этого найдём коэффициент корреляции, который определяется по формуле:

$$r = \frac{\frac{\sum x \cdot \sum y}{n} - \sum xy}{\sqrt{\left[ \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \cdot \left[ \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}} \quad (1.4)$$

Статистическую значимость коэффициента регрессии  $a_1$  проверяем с помощью  $t$ -критерия Стьюдента. Для этого сначала определяем остаточную сумму квадратов:

$$C_{ост} = \sum (y - \hat{y})^2 \quad (1.5)$$

и ее среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{C_{ост}}{n-2}} \quad (1.6)$$

Найдем стандартную ошибку коэффициента регрессии по формуле:

$$Se(a_1) = \frac{\sigma}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}} \quad (1.7)$$

Фактическое значение  $t$ -критерия Стьюдента для коэффициента регрессии  $a_1$  рассчитывается как:

$$t_n = \frac{a_1}{Se(a_1)} \quad (1.8)$$

Полученное фактическое значение  $ta1$  сравнивается с критическим  $tk$ , который получается по таблице Стьюдента с учетом принятого уровня значимости  $L = 0.05$  (для вероятности 0.95) и числа степеней свободы.

Оценка статистической значимости построенной модели регрессии в целом производится с помощью F-критерия Фишера. Фактическое значение критерия для уравнения определяется как:

$$F_{\text{факт}} = \frac{C_{\text{факт}}}{C_{\text{ост}}} \cdot (n-2) \quad (1.9)$$

Fфакт сравнивается с критическим значением Fк, которое определяется по таблице F-критерия с учетом принятого уровня значимости  $L=0,05$  (для вероятности 0,95) и числа степеней свободы.

Для зависимости  $S_{\text{вз.сл}} = f(V_{\text{восх}})$  коэффициент корреляции равен:

$$r = \frac{\frac{191 \cdot 8015}{17} - 7463}{\sqrt{\left[238 - \frac{(191)^2}{17}\right] \cdot \left[51789 - \frac{(8015)^2}{17}\right]}} = 0,854$$

В соответствии со шкалой Чеддока можно говорить о высокой тесноте связи между  $y$  и  $x$ ,  $r = 0.854$ . Квадрат коэффициента корреляции называется коэффициентом детерминации:  $r = 0.854^2 = 0.73$ . Это означает, что доля вариации  $y$  объясненная вариацией фактора  $x$  включенного в уравнение регрессии равна 73%, а остальные 27% вариации приходятся на долю других факторов, не учтенных в уравнении регрессии.

Для зависимости  $S_{\text{ос}} = f(V_{\text{восх}})$  коэффициент корреляции равен:

$$r = \frac{\frac{175 \cdot 5528}{14} - 79135}{\sqrt{\left[2415 - \frac{(175)^2}{14}\right] \cdot \left[27764 - \frac{(5528)^2}{14}\right]}} = 0,86$$

В соответствии со шкалой Чеддока можно говорить о высокой тесноте связи между  $y$  и  $x$ ,  $r = 0.86$ .

Квадрат коэффициента корреляции называется коэффициентом детерминации:  $r = 0.86^2 = 0.7396$

Это означает, что доля вариации  $y$  объясненная вариацией фактора  $x$  включенного в уравнение регрессии равна 73,96%, а остальные 26,04% вариации приходятся на долю других факторов, не учтенных в уравнении регрессии.

Для зависимости  $S_{\text{ос}} = f(N_{\text{взв. сл.}})$  коэффициент корреляции равен:

$$r = \frac{\frac{209 \cdot 3765}{19} - 27155}{\sqrt{\left[2869 - \frac{(209)^2}{19}\right] \cdot \left[1167525 - \frac{(3765)^2}{19}\right]}} = 0,92$$

В соответствии со шкалой Чеддока можно говорить о высокой тесноте связи между  $y$  и  $x$ ,  $r = 0.92$ .

Квадрат коэффициента корреляции называется коэффициентом детерминации:  $r = 0.92^2 = 0.8464$ .

Это означает, что доля вариации у объясненная вариацией фактора  $x$  включенного в уравнение регрессии равна 84,64%, а остальные 15,36% вариации приходятся на долю других факторов, не учтенных в уравнении регрессии.

Рассчитанные по формулам (1.5 – 1.9) показатели статистической значимости и оценки моделей приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Оценка моделей

Зависимость	t-критерий Стьюдента	F-критерий Фишера	Нормальное значение t- критерия	Нормальное значение F- критерия
$C_{\text{взв.сд}} = f(V_{\text{токс}})$	25.6	105.11	2.13	4.54
$C_{\text{в.сд}} = f(V_{\text{воск}})$	27.8	124.3	2.18	4.75
$C_{\text{сд}} = f(H_{\text{взв.сд}})$	30.08	137.89	2.11	4.45

Так как фактические значение превышают критические во много раз, то все модели можно признать типичными, т.е. пригодными для прогнозирования и удовлетворяющими условиям качественного моделирования.

## Список литературы

- [1] Волковинский В.В. Нормативная база сертификации по экологическим требованиям / В.В.Волковинский // Стандарты и качество. - М., 2001. - № 7-8. - С. 112-116.
- [2] Гордин И.В. Анализ и прогнозирование водоохранной ситуации в условиях экономической нестабильности / И.В.Гордин // Экономика природопользования (Обзорная информация). - Алматы, 2002. - № 4. - С. 2-13.

УДК 622.671

## РАЗРАБОТКА ПОЖАРООПАСНЫХ РУД ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

В.Х. Кумыков, Т.М. Кумыкова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** The article presents the results of experimental and field studies of factors affecting the oxidation and spontaneous combustion fire hazardous ore at their open design. Practical recommendations for the technology excavation of ore types that are prone to spontaneous combustion.

**Keywords:** open pit ore, spontaneous combustion, endogenous fires, excavations, longitudinal and transverse stope excavation, work bench, a stack of ore.

**Аннотация.** Мақалада фактордың эксперименталді және табиғат зертте- при оның ашық зерттемесінде тотықтандыру және пожароопасных кеннің самовозгорание деген әсер ет- нәтижелері баяндайтын. Практикалық ұсыныстар ша кеннің үлгісінің самовозгоранию деген бейімді ойығының технологиясына берілетін.

**Кілттік сөздер:** кеннің полиметаллических ашық зерттемесі, самовозгорание, ішкітектік тілсіз жаулар, экскавациялау, бойлық және көлденең экскаваторлық заходки, жұмыстың кертпешінің, кеннің штабельсінің.

**Аннотация.** В статье излагаются результаты экспериментальных и натуральных исследований факторов, влияющих на окисление и самовозгорание пожароопасных руд при их открытой разработке. Даются практические рекомендации по технологии выемки типов руд, склонных к самовозгоранию.

**Ключевые слова:** открытая разработка полиметаллических руд, самовозгорание, эндогенные пожары, экскавация, продольные и поперечные экскаваторные заходки, рабочий уступ, штабель руды.

Добыча смешанных свинцово-цинковых руд сопряжена с опасностью возникновения очагов эндогенных пожаров. Современное состояние изученности вопроса позволяет сделать вывод о том, что главными факторами, обуславливающими пожароопасность, являются: концентрация сульфидной серы в руде, кислотность (рН) рудничных вод, температурный режим окружающей среды и собственно рудной залежи, типы руд и их текстурно-структурные особенности, наличие тектонической нарушенности массива, гидрогеологическая обстановка участка.

При равенстве влияния факторов определяющими являются система разработки и ее параметры. Отбойка блоков многорядными скважинами с отработкой рудной массы сплошными забоями продольными экскаваторными заходками при мощности навала 5-10 м, как показали наблюдения [1], всегда сопровождаются эндогенными пожарами. При этом на основании экспериментальных исследований установлено, что для возникновения пожаров критическое содержание пиритной серы должно составить не менее 21,77 процентов [1]. С учетом главных классификационных факторов: локализация очагов в границах стратиграфических горизонтов с большим содержанием (более 40 процентов глобулярного пирита); нахождение указанного типа руд в восстановительной подзоне коры выветривания; приуроченность к зоне тектонических нарушений и интенсивной трещиноватости; высокое содержание сульфидной серы и мощности рудных тел свыше 5 м, согласно инструкции УНИПРОМЕДП [2], произведено геолого-технологическое районирование Дальнезападного участка Жайремской группы полиметаллических месторождений (Центральный Казахстан) по степени пожароопасности и составлена технологическая карта распределения типов и сортов руд по эксплуатационным горизонтам.

Технология выемки типов руд, склонных к самовозгоранию, требует выявления основных физических и химических факторов, приводящих к загоранию массы.

Натурные наблюдения в зоне карьера №2, спецотвала забалансовых руд №11, рудных складов №7 и №8 выявили следующие особенности:

- опасность самовозгорания при равенстве прочих условий возрастает при вскрытии горизонтов по рудному телу (9 из 10 случаев);
- самовозгоранию способствует экскаваторная выемка рудной массы сплошным забоем с продольными заходками шириной 10-12 м. Время подготовки горизонтов при этом составляет 4-5 месяцев, что значительно превышает критическое время самовозгорания;
- запасы взорванной рудной массы значительно превышают нормативные по объему, что приводит к удлинению продолжительности их отработки одним экскаватором в среднем в 1,5-2 раза;
- рудные навалы, составленные кусками размером в поперечнике в среднем 10-15 см менее подвержены самовозгоранию, чем навалы, составленные из кусков 1-7 см. По данным [3]

площадь окисления в отбитой рудной массе, подверженной самовозгоранию, составляет 480 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> (в нарушенном массиве уступа 320-350 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>);

- на рудных складах пожары обусловлены большими скоплениями рудной массы, значительным разрывом во времени (в среднем 9-12 месяцев) между складированием и отгрузкой, преобладанием мелкой фракции 0.5-1.5 см в общей массе кусков (75-80 процентов по замерам на складе № 8), значительной высотой штабелей (12-15 м, склад №11) и отсутствием каких-либо профилактических мер.

Руды горят, как правило, во взорванном состоянии при отработке, как сказано выше, сплошными забоями. Время подготовки горизонтов при данной системе занимает 2-3 месяца. На рисунке 1 показан характер горения смешанных свинцово-цинковых руд на горизонте 297 м карьера №2 при разрушении блока по обычной технологии и выемке рудной массы продольными экскаваторными заходками. С целью установления критического времени самовозгорания нами проведены исследования на физической модели образцов жайремских руд. Исходя из реальной обстановки в карьере, были заданы следующие условия эксперимента: диапазон начальных температур нагрева образцов: 25, 35, 70, 90 и 120 градусов. Кислотность подаваемой воды рН—3 в количестве 1-4 процентов. Продолжительность опытов при непрерывном нагревании до 15 суток, количество воздуха на окисление одного образца 100 мл/мин, градиент температуры 0,82 градуса в минуту. Анализ отходящих газов на содержание сернистого ангидрида и окиси углерода показал, что в первую очередь в руде окисляются сульфиды, а не углеродсодержащие вещества, как отмечено в работе [4].



Рисунок 1 Характер горения смешанных свинцово-цинковых руд в забое при разрушении уступа по традиционной технологии и выемке 12-ти метровыми уступами системой продольными экскаваторными заходками

Углистые соединения начинают окисляться при более высоких температурах (около 400 градусов [5]) и ход реакции выделения углекислого газа характеризуется плавной кривой. Результаты исследований в виде графиков отображены на рисунке 2 в координатах: концентрация сернистого ангидрида SO<sub>2</sub> - время *t* пребывания образцов в замкнутом объеме для начальных температур T<sub>25</sub>, T<sub>35</sub>, T<sub>70</sub>, T<sub>90</sub>, T<sub>120</sub>. Из графика видно, что динамика изменения концентрации сернистого ангидрида характеризуется четко тремя областями:

- область инкубации тепла (ниже АВ) - хорошо прослеживается для всех значений начальных температур;

- зона резкого ускорения реакции (выше АВ) - область начала горения. Четко просматривается для значений температур  $T = 90$  град. и  $T = 120$  град. (верхние два графика рис.2);
- область активного горения (собственно зона самовозгорания).

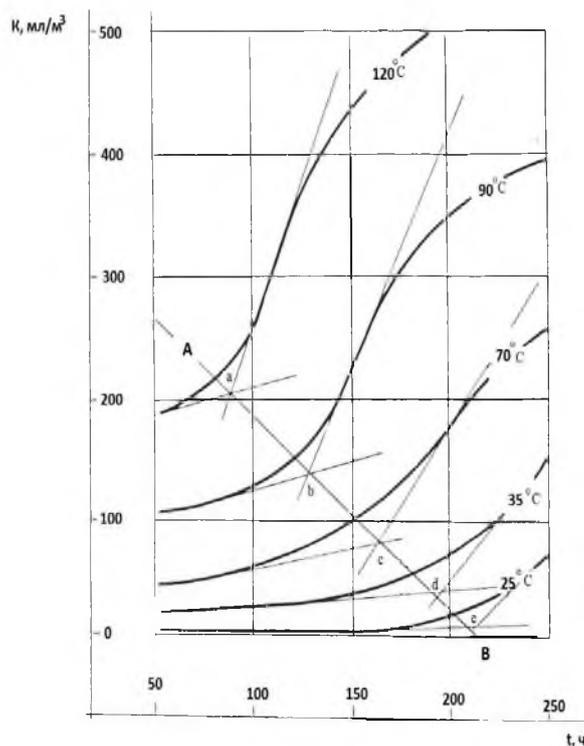


Рисунок 2 Интенсивность самовозгорания смешанных свинцово-цинковых руд в зависимости от начальной температуры среды:  $K$  - концентрация сернистого ангидрида, мл/м<sup>3</sup>;  $t$  - продолжительность нагрева, ч

При значениях  $T=25$ ,  $T=35$  и  $T=70$  град. время начала самовозгорания возрастает. Точки начала самовозгорания отодвинуты вправо. Для больших значений  $T$  точки лежат в пределах графика. Полученные при пересечении касательных точки ( $a, b, c, d, e$ ) соответствуют времени от начала подготовки рудной массы буровзрывным способом для экскавации и погрузки ее в транспортные средства до момента начала самовозгорания рудных блоков. Согласно полученному графику, время до начала самовозгорания смешанных свинцово-цинковых руд, представленных пробами с гор.+ 297м, с содержанием общей серы 21,77 процентов при температуре массива + 25 град., составляет 10-12 суток (пересечение сплошной линии АВ с осью  $t$ , рис. 2). Эти данные хорошо согласуются с практическими данными наблюдений случаев самовозгорания руд в карьере №2 в летний период при среднесуточной температуре воздуха +25 град.. Руда горит, теряя свои технологические свойства. Как показывают данные практики разработки многосортных руд Жайремского месторождения, для эффективной выемки запасов самовозгорающихся руд хорошо подходит система с поперечными экскаваторными заходками с бурением и взрыванием блоков на полную высоту уступа и подступшой выемкой взорванной массы. Преимущества предлагаемой системы разработки блоков самовозгорающихся руд:

- максимальной интенсификации добычных работ за счет уменьшения объемов подготовки руд к выемке;

- качеством на основе регулирования кусковатости рудной массы;
- качества выемки за счет управления параметрами взрыва;
- совмещения во времени работы нескольких добычных экскаваторов за счет исключения процесса проведения разрезной траншеи из цикла подготовки горизонтов, при этом 2-3 экскаватора могут быть задействованы на добыче в пределах блока одновременно.

Известно, что основным недостатком снижения высоты уступов в рудной зоне является некоторое удорожание добычных работ. Кроме того, в зависимости от конкретных горно-геологических условий и организации работ, переход на подступную выемку запасов может привести к увеличению значения текущего коэффициента вскрыши и снижению интенсивности углубки карьера. При этом в случае недостаточности резерва вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов снижаются производительность карьера, экономические показатели комбината падают. Эти недостатки компенсируются значительным сокращением времени отработки уступа, чем предупреждаются эндогенные пожары в рабочей зоне карьера, и как следствие, сохраняются технологические свойства рудной массы при флотационном обогащении. Применение системы разработки поперечными экскаваторными заходками позволяет интенсифицировать добычные работы, обеспечивающие выемку запасов в нормативный срок за счет оптимизации параметров рудного блока по минимуму нахождения рудной массы во взорванном состоянии. Схема организации горных работ при добыче руд, склонных к самовозгоранию, показана на рисунках 3 и 4.

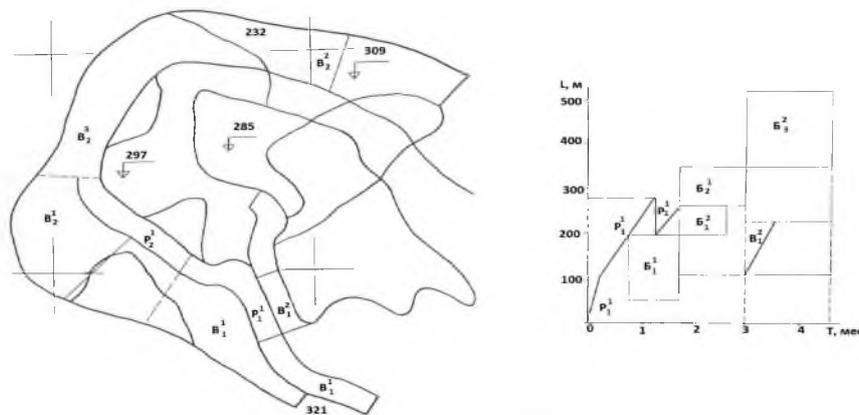


Рисунок 3 Схема организации горных работ при добыче самовозгорающихся руд системой с продольными экскаваторными заходками

Система разработки блоков поперечными экскаваторными заходками сокращает время нахождения взорванной массы до полной очистки блока с 1,8 месяца до 0,5 месяца. Это способствует сохранности свойств руды до полной разработки блока и размещения ее на складах по специальной технологии. Таким образом, переход на подступную выемку пожароопасных руд малыми блоками позволяет повысить производительность добычного экскаватора и сократить время отработки уступа.

На основе экспериментальных исследований и натурных наблюдений выявлено:

- эндогенных пожаров способствует высокое (22 и более процентов) содержание сульфидной серы и глобулярная форма строения сульфидов.

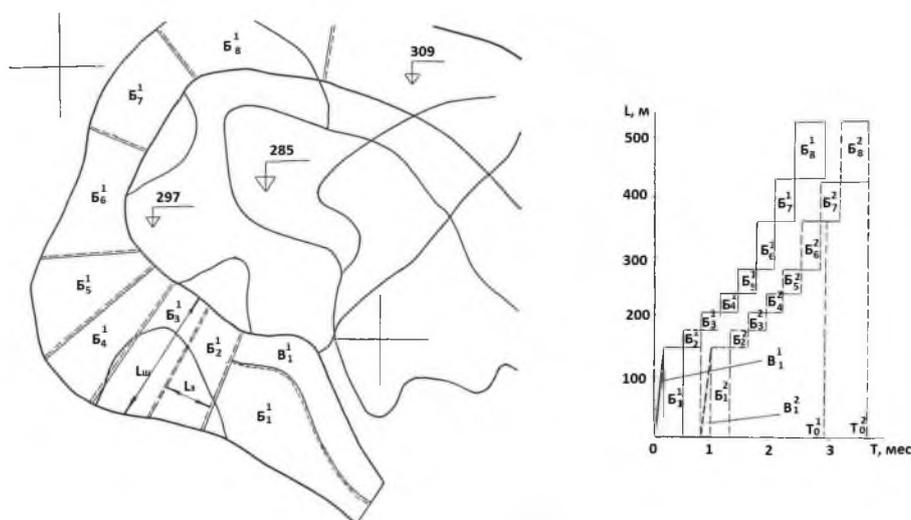


Рисунок 4 Схема организации горных работ при добыче самовозгорающихся руд системой с поперечными экскаваторными заходками

- интенсивно окисляются и самовозгораются сульфиды цинка при низком содержании цинка (0,5 и менее процентов) при мощности рудных тел 1 м и более.
- происходит при выемке дробленой рудной массы продольными экскаваторными заходками.
- выемка с поперечными экскаваторными заходками обеспечивает разработку рудного уступа до момента интенсивного окисления и самовозгорания руд.

## Список литературы

- [1] Обосновать параметры системы разработки при селективной добыче технологических типов и склонных к самовозгоранию руд Дальнезападного рудника: Инф. карта / ВНИИцветмет. Руководитель В.Х. Кумыков. Усть-Каменогорск (1991)
- [2] Влияние ряда неорганических веществ на окисление медно-никелевых руд. / Тр. ин-та УНИ-промедь // Г. П. Колпакова, В. Я. Манаков и др. - Свердловск (1976)
- [3] Т.К. Ахмеджанов., А.А. Жанбатыров Изменение температурного режима в объеме окисляющейся сульфидной руды. В кн.: Повышение безопасности работ и совершенствование проветривания на горнодобывающих предприятиях Казахстана. - Алма-Ата (1982)
- [4] В.Я. Манаков Классификация колчеданных и полиметаллических руд по степени склонности к самовозгоранию / тр.ин-та УНИПромедь.- Свердловск (1978)
- [5] В.Х. Кумыков, М.З. Тогузов, Т.М. Кумыкова Экспериментальный метод определения пожаробезопасного времени отработки блоков самовозгорающихся руд. В кн.: Проблемы освоения, разработки и переработки полезных ископаемых на месторождениях Жезказганского региона. Материалы Международной научно-технической конференции. Жезказган (1997)

УДК 622.671

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНТАКТА РУДНОЙ ЗАЛЕЖИ

В.Х. Кумыков, Т.М. Кумыкова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** The article describes a method of graphical modeling of complex ore deposits contacts for separate breaking and selective extraction of types and grades of ore. This will set the analytical dependence of the position of the contact area with a high variability of the geometric parameters of ore deposits in the dynamics of mining operations.

**Keywords:** ore deposits, the contact area, quarry, ledge.

**Аңдатпа.** Мақала бірді кешенді месторождений кенді тыңайған жерінің қарым-қатынасының жазу-сызудың модельдеуінің әдістерінен бөліп-бөлін уатым және үлгінің және кеннің сұрыпның таңдаулы ойығы үшін суреттейді. Бұл ретте талдағыш тәуелділіктер жағдай зона байланыс при геометриялық параметрдің биік айнығыштығында кенді тыңайған жер ара таудың жұмысының дамуының серпінділігінде бекі.

**Кілттік сөздер:** кенді залеж, байланыстың, мансаптың зонасы, кертпеш.

**Аннотация.** Статья описывает один из методов графического моделирования контактов рудных залежей комплексных месторождений для отдельной отбойки и селективной выемки типов и сортов руд. При этом устанавливаются аналитические зависимости положения зоны контакта при высокой изменчивости геометрических параметров рудных залежей в динамике развития горных работ.

**Ключевые слова:** рудная залеж, зона контакта, карьер, уступ.

Взаимодействие буровзрывного комплекса и экскаваторно-транспортной системы, имеющие общую технологическую направленность (подготовка горной массы к выемке, выемка и транспортирование), определяет эффективность работы карьера на всех этапах формирования открытого пространства.

Главной выемочной единицей карьера, в пределах которой взаимодействуют все технологические элементы системы, является рабочий уступ. В границах уступа осуществляются основные технологические процессы горного производства - буровзрывные, выемочно-погрузочные и транспортные работы, управление которыми направлено на обеспечение полноты и качества выемки промышленных запасов минерального сырья.

При этом эффективность управления параметрами системы зависит от состояния входных параметров и, в первую очередь, от оценки достоверности горно-геологических факторов, определяющих в конечном итоге характер и направленность взаимодействия элементов системы - внешней геологической среды и горно-транспортного комплекса. Таким образом, достоверность геологических данных и распределение запасов по типам и технологическим сортам в пределах уступа рабочей зоны карьера принимается нами в качестве информационной базы управления технологическим процессом для повышения полноты и качества извлечения запасов при буровзрывном способе подготовки руды к выемке.

Полиметаллические месторождения цветных металлов отличаются неустойчивостью геологических и горнотехнических условий, обуславливающих переменный режим работы экскаваторно-автомобильной системы в сложных забоях. Особенность системы состоит в возможности трансформации результатов буровзрывных работ, приводящих в большинстве случаев к перемешиванию сортов руд и примешиванию к рудной массе объемов пустых пород, если параметры БВР не соответствуют сложности структуры забоя. Это затрудняет в последующем выделение контуров сортов руд и усложняет работу экскаваторно-транспортной системы, возникает необходимость варьирования высотой уступа, шириной и конфигурацией экскаваторных заходов. В противном случае, чтобы стабилизировать производительность комплекса, надо прибегнуть к валовой выемке взорванной массы, что приводит, как известно, к существенному ухудшению качества и потерям руды.

Задача состоит в создании системы эффективного управления технологическими процессами в карьере на основе оптимизации схем взаимодействия экскаваторно-транспортной системы и геологической среды в границах рудного уступа с учетом достоверности исходных геологических данных и их морфологической устойчивости. Существующие методы решения данной проблемы базируются на предположении, что все без исключения типы оруденения, формирующие промышленные запасы месторождений, можно охарактеризовать законом абсолютного рассеивания полезных компонентов, т.е. функцией дисперсии признака в зависимости от набора статистических данных на заданном отрезке. Данная предпосылка справедлива и достоверна для изотропной среды.

Для учета степени геологической неоднородности среды используют метод оценки изменчивости морфологических свойств полезных ископаемых, базируемые на различных критериях. Это приводит к ошибкам оценки, так как мера изменчивости определяется законом распределения частной дисперсии признака в зависимости от точек и количества геологического опробования. При таком подходе невозможно установить степень достоверности морфологической изменчивости рудных залежей в пределах сложных уступов. Задача может быть решена с помощью графо-аналитического моделирования пространственной изменчивости морфологических признаков в пределах уступа. Методическими предпосылками построений являются следующие начальные условия:

- рассматриваются сложноструктурные (стратиформные) месторождения цветных металлов Атасуйского типа, типичным представителем которого является Жайремская группа в составе производственного объединения «САРЫ-АРКАПОЛИМЕТАЛЛ». Месторождения данного типа характеризуются большим разнообразием природных типов руд, контакты которых с вмещающими породами устанавливаются в основном по данным химического опробования;
- отсутствуют резкие переходы между типами руд;
- изменение морфологических элементов рудных тел по разрезу плавное, без резких скачков;
- из многочисленных признаков изменчивости морфологии принимаются во внимание только два: математические ожидания и стандарты видимой (горизонтальной) мощности и угла падения рудного тела. Это связано с особенностями открытого способа добычи, при котором динамичность подвигания рабочих уступов определяется величиной запасов на горизонтах, в том числе вскрытых, подготовленных и готовых к выемке. При этом при оперативной оценке запасов дело имеют обычно с видимыми мощностями залежей и углами залегания.

Данные предпосылки являются логической базой для построения геометрической модели для исследования зоны контактной изменчивости элементов морфологии рудного тела, расположенной между плоскостью откоса уступа и контактом с вмещающими породами. В соответствии с методикой в качестве параметра морфологической изменчивости принимаем значения объемных потерь и потерь качества от примешивания к руде пустых пород.

Разработана аналитическая модель изменчивости данных параметров. Горные работы ведутся со стороны висячего блока, контакты параллельны, падение рудного тела крутое (угол падения контакта рудной залежи больше угол откоса уступа). Это соответствует условиям карьеров цветной металлургии, разрабатывающих крутопадающие пластовые рудные залежи открытым способом (пример – Ушкатын и карьеры Дальнезаяздного участка Жайремского месторождения).

Степень изменчивости значений объемных потерь и потерь качества зависит от двух параметров – горизонтальной мощности и угла падения контакта рудной залежи, функционально связанных между собой. Будем имитировать последовательно неподтверждение угла падения в границах  $(0,0-0,30)$  с шагом дельта. Статистический анализ экспериментальных наблюдений (число наблюдений равно 75) в рамках научно-исследовательских работ на РОР Дальнезаяздного участка позволил выявить нормальность распределения и установить параметры этого закона: математического ожидания распределения оценок неподтверждения угла падения залежи равного 15 процентам и дисперсии 0,07. Для математического ожидания распределения неподтверждения угла падения контакта рудной залежи с доверительной вероятностью 2,086, получены доверительные интервалы: от 0,12 до 0,18.

Для установления степени изменчивости структурных элементов предложена геометрическая модель блока в границах рабочего уступа (рисунок 1).

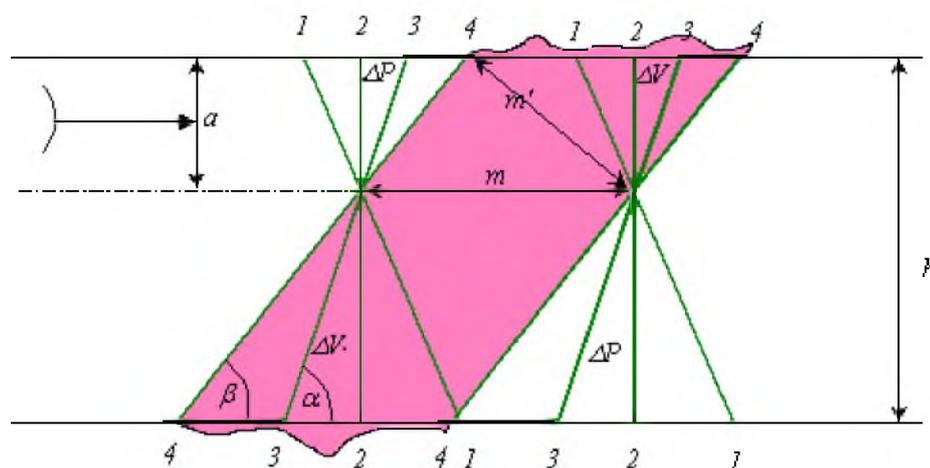


Рисунок 1 Модель возможных взаиморасположений поверхности отрыва и плоскости контакта: 1-4 – положения плоскости контакта; 3-3 – поверхности отрыва (откосы уступа);  $m'$  – видимая мощность рудного тела;  $m$  – истинная мощность рудного тела

Изменение угла падения контакта рудной залежи вызывает соответствующее изменение горизонтальной мощности залежи. Заметим, что горизонтальная мощность вначале растет, пока линия контакта не займет положения III-III (минимальная мощность при вертикальном падении). Изменение мощности вызывает соответствующие изменения значений объемных потерь и потерь качества (рисунок 2 и 3).

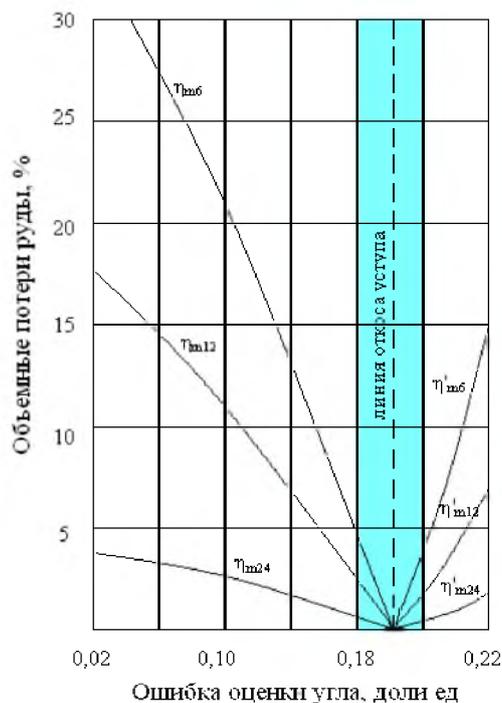


Рисунок 2 Зависимость показателей объемных потерь руды от ошибки оценки угла падения рудной залежи

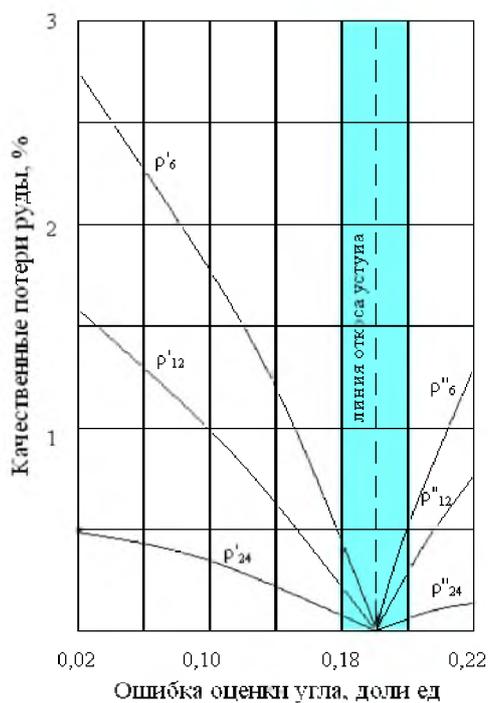


Рисунок 3 Зависимость качественных потерь руд от ошибки оценки угла падения залежи

Вычисления производились последовательно для мощностей: 6; 12; 24 м для заданных условий: угол откоса уступа равен 60 градусов; высота уступа равна 12 м; угол падения контакта рудной залежи составляет 75 градусов; расстояние по вертикали со стороны направления развития горных работ от линии горизонта верхней площадки уступа высотой  $h$  до линии пересечения

контакта рудного тела и откоса уступа равно 3 м.

Кривые, построенные по данным исследования модели, позволяют заключить, что:

- качество выемки запасов сортов руд в зоне морфологической неопределенности зависит от параметров системы разработки и от видимой мощности залежи;
- меньшему значению высоты уступа соответствуют меньшие значения потерь;
- соразмерность высоты добычного блока и горизонтальной мощности залежи дает оптимальные значения объемных потерь и потерь качества, что подтверждается при оптимизационных расчетах другими методами.

## Список литературы

- [1] Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления: пер. с англ. -М.: Наука, 1969. -118 с.
- [2] Кумыков В.Х. Выбор метода и критерия оптимизации направления развития горных работ в карьерах // Тр. ин-та/ ВНИИцветмет. –Усть-Каменогорск: 1983.- с.68-72
- [3] Кумыков В.Х. Совершенствование методики определения развития горных работ // Комплексное использование минерального сырья. Алма-Ата: - 1992.- № 8.- с. 17-21

UDC 00.574

## SOME PATTERNS OF FORMATION OF GOLD-SULPHIDE DEPOSITS, WEST KALBA, EAST KAZAKHSTAN

A. Miroshnikova, O. Frolova, K. Petrich

D. Serikbayev East Kazakhstan state technical university

**Abstract.** The process of generating gold-bearing pyrites and arsenopyrites in the ores of gold-sulphide deposits in West Kalba is discussed. Studies of petrophysical and geochemical features show that these minerals are formed as a result of transformation of syngenetic globular iron sulphides that are localised in black-shale deposits of West Kalba. According to geochemical studies it has been established that the content of silver and gold increases with the transformation of the sulphides

**Keywords:** Metallogenic belt, gold-sulphide deposits, gold-containing minerals, gold-bearing arsenopyrite, gold-bearing pyrite.

**Аңдатпа.** Мақалада Батыс Қалба кенорындар алтын сульфидті кендерде алтынқұрамды пириттер мен арсенопириттердің қалыптасу процесстері қарастырылған. Петрофизикалық зерттеулер мен геохимиялық специализацияның мәліметтердің нәтижелері бойынша бұл минералдар Батыс Қалба қара тақтатақ қаттарында кең таралған, сингенетикалық глобулярды темір сульфидтерінің өзгеру нәтижесінде қалыптасады. Сонымен қатар, Батыс Қалба интрузивті белдемін құрайтын терең интрузия жабынына салыстырмалы алтын кенденудің аймақтық

үлестіруі белгіленген. Геохимиялық зерттеу мәліметтері бойынша күміс пен алтын құрамы сульфидтердің өзгеру шамасына қарай артатыны бекітілген.

**Кілттік сөздер:** Метогендік белдем, алтын-сульфидті кенорын, алтын-құрамды минералдар, алтын-құрамды арсенопирит, алтын-құрамды пирит

**Аннотация.** В статье рассмотрен процесс формирования золотосодержащих пиритов и арсенопиритов в рудах золотосульфидных месторождений Западной Калбы. По результатам петрофизических исследований и изучения геохимической специализации установлено, что эти минералы формируются в результате преобразования сингенетичных глобулярных сульфидов железа, распространенных в черносланцевых толщах Западной Калбы. Также установлено зональное распределение золотого оруденения относительно кровли глубинных интрузий, слагающих Западно-Калбинский интрузивный пояс. По данным геохимических исследований было установлено, что содержание серебра и золота возрастает по мере преобразования сульфидов.

**Ключевые слова:** Металлогенический пояс, золотосульфидные месторождения, золотосодержащие минералы, золотосодержащий арсенопирит, золотосодержащий пирит.

## Introduction

Some formation specifics of gold-sulphide mineralization in the West Kalba Metallogenic Belt (WKMB) in Eastern Kazakhstan were identified based on the analysis of geophysical survey information.

Interpretation of the geophysical fields, confirmed by geological observations and separate deep holes confirmed formation of gold-sulphide deposits above intrusions. Stratification depth of the intrusions roof varies from several meters to 3.5 km.

According to the results of seismic reflection survey (Bortsov, 1981) ore-controlling faults, containing the gold-sulphide mineralization, reach the roof of these intrusions. They are confirmed by drilling in the upper parts of the cross-section at the depths of 1000-1500 m.

## Zoning of gold-sulphide mineralization of the WKMB

Zoning of WKMB gold mineralization (Bortsov et al. 2004) was examined using the physical properties of samples and measurements of physicochemical properties of ore minerals. Geochemical zoning is determined in the direction from the intrusion roof towards the paleosurface. Rare-metal mineralization is localized in the intrusion roof and in the adjacent areas (Jubileiny Oktabr' deposit). Intersections of rare-metal-bearing veins with gold-bearing veins, as well as intersections of gold-bearing quartz veins with rare-metal tin-bearing veins were noted at the distance of 600m from the intrusion roof. This confirms simultaneous formation of rare-metal and gold-bearing veins (Mynchunkur deposit). Further away from the intrusion roof, gold mineralization is localized within fault zones (Suzdal, Kuludzhun and Bakyrchik deposits). As a result, rare-metal deposits, localized in the lower part of the fault zone that reach the intrusions roof, and the gold mineralization limited to the upper part of the fault zones, form a single ore chute. (Fig. 1).

Formation of deposits with different mineral specialization is accompanied by a certain zoning of thermoelectric properties of the basic sulphides: pyrite and arsenopyrite. These sulphides are semiconductors and their semiconductor properties are determined by the composition and concentration of the impurity elements. (Shui, 1979). Zoning of semi-conduction type is especially clearly manifested in arsenopyrites. The arsenopyrites localized in the lower layer of the ore chute in rare-metal deposits and occurrences are characterized by p-type conduction only, which is caused by the presence of such impurity elements as tungsten, tin and other rare-metals. Arsenopyrites with p-type and n-type conduction are found at the Mynchunkur deposit. Moreover, the arsenopyrites with n-type conduction

bear gold mineralization. Gold-bearing arsenopyrites with exclusively n-type conduction are noted in the upper part of the ore chute at the Bakyrchik deposit (Bortsov and Sulakvelidze 2002).

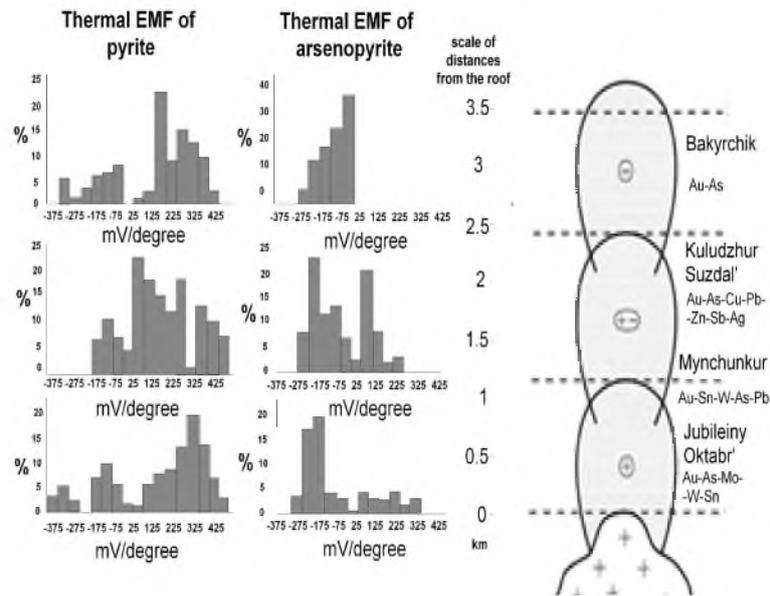


Figure 1 Scheme of conduction type of pyrite and arsenopyrite in gold-sulphide deposits of the West Kalba metallogenic zone

#### Petro-physical characteristics

Most researchers studying the Kalba gold sulphide mineralization associated it with the black shale strata. This also includes terrigenous formations of the WKMB black shale strata (Bakyrchik, Suzdal, and Kuludzhun deposits).

The studies of the petro-physical features of the black-shale sequence that host gold-sulphide mineralization in the West Kalba Belt show that this sequence plays the most important role in the formation of gold-sulphide mineralisation.

Rocks that comprise the black-shale strata are differentiated according to their electrochemical properties. Siltstones, silty sandstones, sandstones, containing carbon-bearing minerals of the shungite group are characterized by oxidation reduction potential of 5-15 mV; rocks, containing carbonaceous matter – by the natural electrical potential of 10 to 600-700 mV. In bulk they form natural galvanic cells with which natural electrical anomalies are connected. It has been established that these natural electrical cells formed in the WKMB black-shale strata and influenced the localization of gold mineralization (Mokievskiy et al. 1956). Study of the three-dimensional structure of such electric fields indicates that the mineralisation is localised in the transitional areas from positive values of an electric field to negative.

In general, black-shale strata are a single electrochemical formation and are detected as regional anomalies of the natural electrical field.

The possibility of formation of gold-sulphide deposits at the expense of gold mobilization from the black-shale strata was repeatedly emphasized (Narseev, 2001). It was also stated that noble metals are present in the black-shale strata as non-autonomous phases in sulphides (pyrite, arsenopyrite) and carbon-bearing minerals of the shungite group (Marchenko, 2008). Analyses of mineral composition of ores show that the main gold-bearing minerals (pyrites and arsenopyrites) were formed as a result of transformation of globular syngenetic iron sulphides during the genesis of the black-shale sequences. The following stages were identified:

1. Formation of syngenetic iron sulphides of globular shape, in the range of 20-150 microns in size (Fig. 2a). Carbon-bearing minerals with ring shapes are often present in these sulphides.

2. Formation of cubic or dodecahedral grains from the globular iron sulphide grain accumulations (Fig. 2b).

3. Growth of crystal faces in cubical or dodecahedral forms (Fig. 2c).

4. Growth of gold-bearing pyrites of cubical or dodecahedral grains. In some of these, traces of original iron sulphide globules remain.

Gold-bearing arsenopyrite grains are formed following the same sequence.

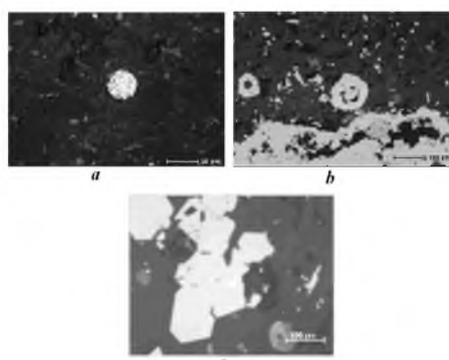


Figure 2 Transformation of syngenetic globular iron sulphides by recrystallization into faceted forms

Figure 3 shows histograms characterizing contents of impurity elements in globular iron sulphides and in the products of their transformation during metamorphism of the black-shale strata.

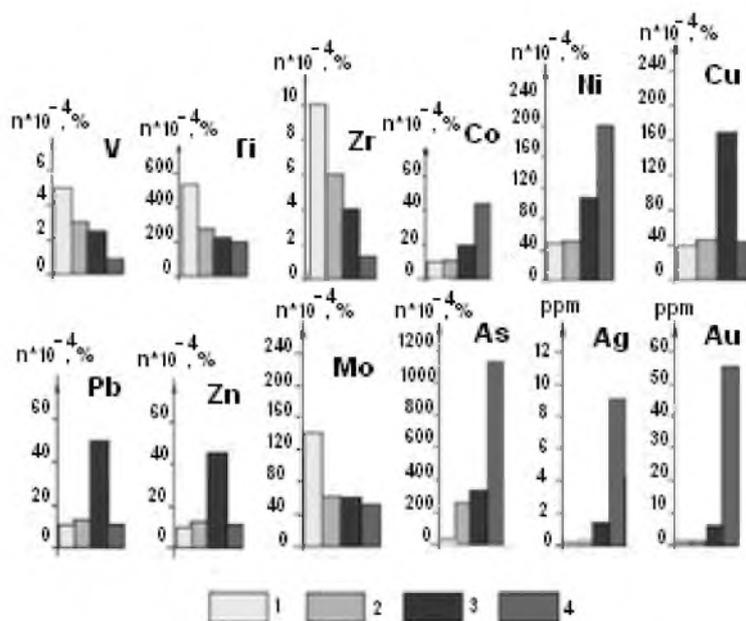


Figure 3 Characteristics of impurity elements in progressively recrystallized iron sulphides 1 – globular iron sulphides; 2 – accumulations of round, cubical and dodecahedral globular iron sulphides; 3 – formation of faces and cubical and dodecahedral accumulations; 4 – gold-bearing pyrites.

Lithophile elements undergo subtraction in globular disulphides and in gold-bearing pyrite grains. Their content decreases as follows: Zr from 10 to 1.5%, V from 5 to 1%, and Ti from 500 to 200%.

Analysis of chalcophile elements showed the following regularity: highest content of Zn, Pb and Cu is observed in pyrite containing fragments of globules and in pyrrhotite. The lowest content of these elements is found in gold-bearing pyrite. Highest content of As, Ag, Au is observed in gold-bearing pyrite. It should be noted these elements are present in concentrations of less than 0.01 g/t at the primary stages of formation of globular Fe sulphides.

The content of siderophile elements of Co and Ni increases from 10 to 40% in the primary stage (globular pyrite) and from 45 to 200% in the final stage (gold-bearing pyrites) of pyrite formation. This implies that these elements were cyclically introduced from intrusive hydrothermal solutions. In case of Mo inverse mechanism took place, i.e. drastic element subtraction. Rare metals (Zr, V, Mo, Ti) are present in large quantities at the primary stages of the pyrite formation; that confirms their transfer by the residual rare-metal hydrothermal solutions.

Analysis of histogram shows a continuity of geochemical specialisation of the products of transformation of syngenetic iron sulphides from globular forms to gold-bearing pyrites. It confirms the formation of gold-bearing minerals as a result of transformation of syngenetic iron sulphides.

#### Summary

Based on the results of this study, the genesis of gold- sulphides deposits in the West Kalba can be represented as follows:

1. During the formation of intrusions of the West Kalba intrusion belt, residual rare-metal (Zr, V, Mo, Ti) hydrothermal fluids were generated.
2. Movement of the hydrothermal fluids to the paleosurface took place along the faults originating in the roof of intrusions, and is accompanied by mobilization of elements, including gold derived from the black-shale strata.
3. The source of gold and other elements are carbonaceous fine-grained sandstones, siltstones and clay-stones. Most likely the bulk of gold was extracted from the superficial phases of the carbon-bearing minerals (Marchenko, 2008).
4. During the migration of hydrothermal fluids to the paleosurface along the faults and reaching the roof of intrusions, the rare-metal paragenesis was replaced by the gold ore. At 0.5-0.6 km distance from the roof, gold and rare-metal (tin) mineralization are equally developed, at more than 1.5-2 km gold mineralization is dominant (Fig. 1)
5. Formation of gold-bearing minerals (pyrites, arsenopyrites) is connected with the transformation of syngenetic globular iron sulphides, concentrated in the black-shale strata.

## List of references

- [1] Bortsov VD (1981) Integration of geophysical methods in the study of ore-hosting structures (example of mineral deposits of Kalba). PhD thesis. Ust-Kamenogorsk, pp.34
- [2] Bortsov VD, Rafailovich MS, Titov DV (2004) Zonation of gold mineralisation in the Western Kalba (East Kazakhstan). *Geology and subsurface protection* 3-12:20-26 .
- [3] Bortsov VD and Sulakvelidze NV (2002) Electro-physical characteristics of ore minerals of gold-sulphide deposits. *Vniitsvetmet Bulletin* 1: 59-62

- [4] Marchenko LG (2008) About forms and association of noble metals with rare and dispersed metals in "black-shale" type of deposits of Kazakhstan. Bulletin of the National Academy of Science, Geology series 6:49-69
- [5] Mokievskiy VA, Stulov NN, Tsigelman IS (1956) About mineral formation in natural electric field. Bulletin of Mineralogical Society 2:39-48.
- [6] Shui RT (1979) Semi-conducting ore minerals. Nedra Leningrad. pp. 288

УДК 553

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ШУНГИТОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

М.А. Мизерная, А.А. Хайрулина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** Conductive properties of concrete are made on the basis of high-carbon schyngite concentrates were studied. The properties of concrete with medium-and low-carbon filler schyngite concentrates were studied too.

**Keywords:** Schyngite concentrates, conductive properties, concrete

**Аңдатпа.** Шунгитті концентраттар негізінде істеп шығарылатын жоғарғы углеродты бетондардың электрөткізгіш қасиеттері зерттелген. Жағымды нәтижелер алынып шықты. Төмен және орта углеродты бетондарды пайдалану мүмкіндіктері зерттелген.

**Кілттік сөздер:** Шунгитті концентраттар, электрөткізгіш қасиеттері, бетондардың

**Аннотация.** Были изучены электропроводные свойства бетонов, изготовленные на основе высокоуглеродистых шунгитовых концентратов. Изучались свойства бетонов со среднеуглеродистым и малоуглеродистым заполнителем шунгитовых концентратов.

**Ключевые слова:** Шунгитовые концентраты, электропроводность, бетоны

В настоящее время бетонные и железобетонные конструкции находят все более широкое применение в различных областях техники. Новые области применения бетона потребовали новых знаний о его свойствах, Наряду с изучение физико-механических свойств большой интерес в последнее время уделяется изучению электротехнических свойств бетонов.

Авторами статьи были проведены работы по изучению электропроводных и физико-механических свойств бетонов, изготовленных с использованием шунгитового материала. Изучение электрических свойств бетонов и создание новых типов электропроводящих бетонов проводилось в двух направлениях.

1. Создание электропроводящих бетонов с малым удельным электрическим сопротивлением и стабильностью электрических параметров во времени при изменяющихся условиях эксплуатации.

2. Изучение электрических свойств существующих бетонов и создание бетонов с улучшенными электроизоляционными свойствами: высоким удельным электрическим сопротивлением, малым значением диэлектрической проницаемости, высокой электрической прочностью.

Наиболее подходящим для электрических целей является бетон на цементном вяжущем, так как он имеет, помимо высоких конструктивных и технико-экономических показателей достаточно хорошую коррозийную стойкость и дугостойкость.

Обычный цементный бетон представляет собой искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения рационально составленной смеси минерального вяжущего вещества, воды и мелкого и крупного заполнителей. Структура бетона характеризуется большим удельным содержанием твердой фазы, представленной крупным и мелким заполнителями, сцепленными прослойками цементирующего вещества и системы макро- и микрокапилляров, а также крупных пор и неплотностей. Поровое пространство в бетоне в зависимости от температурно-влажностного состояния окружающей среды может быть заполнено воздухом, паровоздушной смесью, жидкой фазой, представляющей собой водный раствор легкорастворимых компонентов цементного камня, или твердой фазой - кристаллами льда.

Электрическая проводимость бетона как гетерогенного тела складывается из электрических проводимостей всех структурообразующих элементов, однако вклад каждого из них резко различен.

Конечная структура электропроводного бетона предопределяется характером смешения компонентов сухой смеси и возможностями ее уплотнения до получения какой-то определенной пористости, которая зависит от соотношения средних диаметров частиц каждой фазы и способа уплотнения. Процесс гидратации цемента, меняя структуру вяжущего, не может менять значительно коагуляционную структуру углеродных цепей и их геометрии в объеме. Таким образом, появляется возможность экспериментальной оценки структуры композиции путем исследования характеристик сухой уплотненной смеси. Основными экспериментальными характеристиками смеси будут в этом случае объемная концентрация каждой из фаз и соотношение средних размеров их частиц.

Твердая фаза бетона представляет собой зерна заполнителей, являющихся, как правило, кристаллическими горными породами, сцепленные цементным камнем, представляющим собой совокупность гидросиликатов и гидроалюминатов кальция с неореагировавшими клинкерными минералами. Кристаллическая решетка последних весьма несовершенна, что отражается на всех физико-химических их свойствах, в том числе и электрической проводимости, и делается вывод, что последнюю можно отнести к ионному типу. Причем процесс гидратации не меняет ее характера.

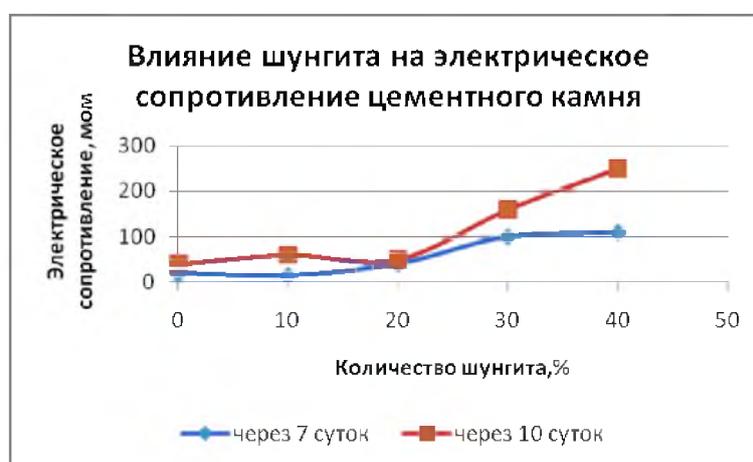


Рисунок 1 Влияние шунгита на электрическое сопротивление цементного камня

В качестве электропроводной фазы при получении электропроводного бетона нами был использован небогатенный высокоуглеродистый (более 20% C) концентрат шунгита. Для исследований была изготовлена и испытана серия образцов. Исследовалось электрическое сопротивление (рисунок 1) и предел прочности при сжатии цементного камня с различными дозами наполнения цемента тонкомолотым шунгитом. Электрические испытания образцов проводились в воздушно-сухом состоянии.

Анализ проведенных испытаний позволяет сделать вывод о том, что при определенном содержании шунгита в смеси (рисунки 1-2) происходит качественный скачок в свойствах цементного бетона.

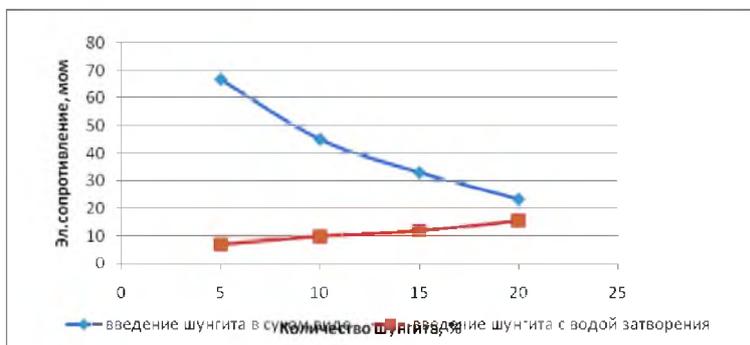


Рисунок 2 Влияние способа введения шунгита на электрическое сопротивление цементного камня

Как видно из рисунка изменение электрической проводимости напрямую зависит от способа введения шунгитового порошка в систему цемент - шунгит. Макроскопические исследования позволили выявить, что эти различия связаны со структурными особенностями измеряемых областей.

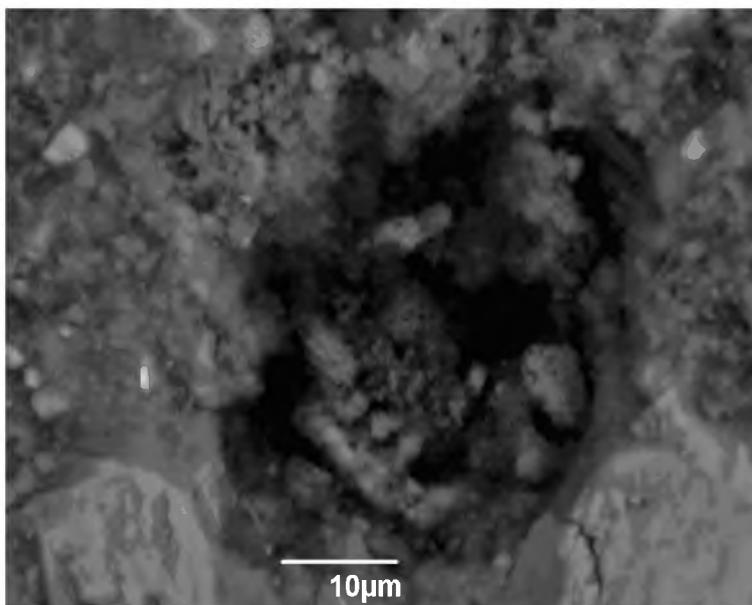


Рисунок 3 Структурная организация цементного камня с шунгитом

Исследование исходных образцов также позволило установить изменение электрической проводимости от их увлажнения. Дальнейшими исследованиями предполагается произвести определение взаимного влияния микротекстульных особенностей образцов шунгитонаполненного цементного камня и влажности на их электрические свойства.

Среднеуглеродистые и низкоуглеродистые разности шунгитовых концентратов (отходы и отсеvy при обогащении) предполагается использовать для производства прессованных строительных материалов и цементных бетонов в качестве дисперсных наполнителей с целью улучшения их физико-механических характеристик. А также для получения пористых материалов.

Во – первых в производстве стеновых камней неавтоклавного твердения. Одной из актуальных задач современного строительства в настоящее время является необходимость увеличения производств, обеспечивающих снижение материалоемкости, энергоемкости, трудоемкости строительства. В связи с этим предложено исследовать возможность производства стеновых камней способом прессования полусухих смесей, состоящих из цементного вяжущего и шунгитового наполнителя. Применение технологии полусухого прессования может дать возможность получать изделия с достаточно высокой прочностью для использования их в малоэтажном строительстве. Организация производства мелкоштучных стеновых изделий не требует больших затрат, кроме того, возможно использование оборудования, выпускаемого отечественными предприятиями машиностроения для прессования грунтоблоков и других изделий. Возможно также использование оборудования технологических линий на заводах по производству силикатного и керамического кирпича.

Традиционная технология производства силикатного кирпича, соответствующего требованиям ГОСТ 379, включает следующие переделы: перемешивание полусухой смеси (вяжущее:несок), прессование при усилии (15-20) МПа, запаривание в автоклаве иод давлением до 10 МПа. Стоимость силикатного кирпича на 30-40% ниже, чем керамического. Однако недостатком технологии производства силикатного кирпича являются повышенные энергозатраты, вследствие применения автоклавной обработки. Были проведены исследования по разработке составов сырьевой смеси с применением портландцемента и шунгита, которые могут быть использованы при изготовлении стеновых материалов – кирпича неавтоклавного твердения на основе полусухого прессования.

Состав сырьевой смеси для изготовления кирпича подбирался с учетом следующих критериев: качественный и количественный расход компонентов смеси, влажность смеси, усилие прессования, условия твердения, требуемые показатели качества.



Рисунок 4 Лабораторное оборудование

Первоначально была проведена серия экспериментов, в которых варьировалось количество шунгита от 50 до 90%. Смесь готовилась вручную, тщательно перемешивалась. Из смеси влажностью 10-12% изготавливались образцы-цилиндры (диаметр равен высоте = 50 мм) при усилии прессования 15 МПа, затем образцы вынпрессовывались, твердение осуществлялось в воздушно-сухих условиях. Выполненные работы показали возможность введения в прессованные изделия большого количества шунгитового наполнителя, вплоть до 60-70% (рисунок 5).

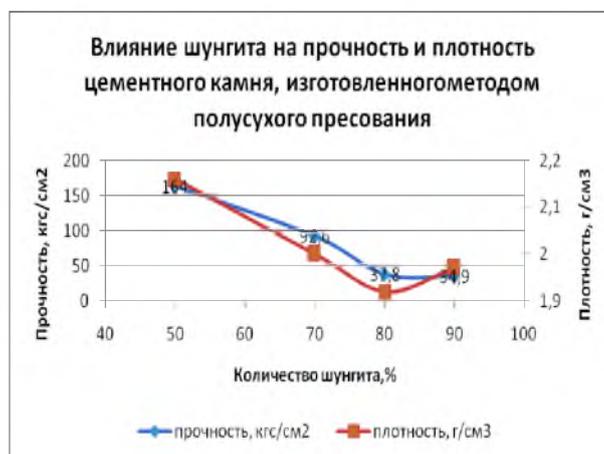


Рисунок 5 Влияние шунгита на прочность и плотность цементного камня, изготовленного методом полусухого прессования

Были также изучены возможности использования средне – и низкоуглеродистых шунгитовых концентратов в производстве тяжелого бетона.

## Список литературы

- [1] Хайрулина А.А., Мизерная М.А., Салимбаева З.Н. К вопросу использования шунгитовых образований Восточного Казахстана. Материалы Междунар. науч.-практ. конф., 27-28 нояб. 2012 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2012. Ч.2-стр.254-255.
- [2] Салимбаева З.Н., Хайруллина А.А. Мизерная М.А. Изучение свойств шунгита и возможности его применения в производстве строительных материалов. Материалы Республиканской науч.-практ. конф., 10-12 апреля 2013 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2013. Ч.2-стр.255-257.
- [3] ГОСТ 4765-73. Материалы лакокрасочные. Методы определения прочности пленки при ударе.
- [4] ГОСТ 6806-73. Материалы лакокрасочные. Методы определения эластичности пленки при изгибе.
- [5] ГОСТ 19487-74. Пигменты и наполнители неорганические. Термины и определения.
- [6] ГОСТ 21119.4-75. Общие методы испытаний пигментов и наполнителей. Методы определения остатка на сите.
- [7] ГОСТ 21119.8-75. Общие методы испытаний пигментов и наполнителей. Определение маслостойкости.

УДК 622

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТИРУЮЩИХ МАШИН

М.В. Дудкин, Д.Е. Елемес, Б.Ж. Есеркегенова

Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** Consider the influence conditions loosening material to be sieved on the efficiency of screening media process. Revealed that for materials with larger grains for better of its loosening, whichever is greater amplitude of fluctuations or lower value of the oscillation frequency of screening surface. For of fine screening vice versa. Large grains of material having a the total energy  $\varepsilon + \Delta\omega$  are moved remote from the screen layer, while smaller fractions move in close proximity to the screening surface. It is an advantageous to provide reasonable condition for the rate of vibrational displacement of the material over the screen and actually sifting of the process for undersize fractions. Determined that the coefficient of diffusion of screening material for grades of small grains increases with smaller distance to the screening surface from maximum to minimum. The segregation coefficient for of grains of small of classes is reduced from maximum to minimum distances it from screening surface. This means that the class of small are segregated grains better the upper layers be sieved and is mixed of material is preferably immediate vicinity of sieving surface. For grains larger class vice versa.

**Аңдатпа.** Мақалада жіктеу үрдісінің тиімділігіне, еленетін материалды қопсытудың әсері қарастырылған. Ірі дәнді материалдарды жақсы қопсыту үшін, тербелістер амплитудасының мәнін көбірек және елеу бетінің тербелістер жиілігінің мәнін кішірек қылып таңдаған жөн екендігі анықталған. Сирек жіктеу үшін керісінше. Материалдың ірі дәні жиынтық энергиясына  $\varepsilon + \Delta\omega$  ие бола тұра елеу беттен алшақ қабатта қозғалады, ал майда фракциялар елеу бетпен бірге қозғалады. Бұл елеуіш бойымен материалдың жылжуына жеткілікті жылдамдықты қамтамасыз ету және тор астындағы өнім фракцияларын жіктеу үрдісі үшін тиімді шарт болып табылады. Ұсақ дәндер тобы үшін еленетін материалдың диффузия. Коэффициенті сүзетін бетке дейін қашықтықтың ең жоғарыдан ең төменгіге дейін кішірейуінде үлкейетіні анықталған. Ұсақ дәндер тобының үшін сегрегация еселігі, оларды елеу беттен ең жоғары қашықтықтан ең төменгі қашықтыққа дейін азаяды. Демек бұл, ұсақ топ дәндері еленетін материалдың жоғарғы жіктерінде жақсы сегрегацияланады және сүзетін бетке біршама жақын араласады. Ірі топтың дәндер үшін керісінше.

**Аннотация.** Рассмотрено влияние условия разрыхления просеиваемого материала на эффективность процесса грохочения. Выявлено, что для материалов с более крупными зёрнами, для лучшего его разрыхления, выбирается большее значение амплитуды колебаний и меньшее значение частоты колебаний просеивающей поверхности. Для тонкого грохочения наоборот. Крупные зёрна материала, обладая суммарной энергией  $\varepsilon + \Delta\omega$  перемещаются в удалённом от сита слое, в то время как мелкие фракции двигаются в непосредственной близости от просеивающей поверхности. Это является выгодным условием для обеспечения достаточной скорости вибрационного перемещения материала по ситам и собственно для процесса просеивания фракций подрешетного продукта. Определено, что коэффициент диффузии просеиваемого

материала для зерен мелких классов увеличивается при уменьшении расстояния до просеивающей поверхности от максимального до минимального. Коэффициент сегрегации для зерен мелких классов уменьшается от максимального до минимального расстояния их от просеивающей поверхности. Это значит, что зерна мелкого класса сегрегируются лучше в верхних слоях просеиваемого материала и перемешиваются предпочтительно непосредственной близости от просеивающей поверхности. Для зерен крупного класса наоборот.

Важным условием эффективности процесса грохочения является достаточное разрыхление просеиваемого материала (определяемого параметром, характеризующим разрыхление грохотимого материала –  $P_{raz}$ ). Учитывая место контакта, силу сцепления (прилипания) и внутреннее трение между частицами материала, можно уменьшить (облегчить) путь частицы внутри материала до просеивающей поверхности. Всё это становится возможным благодаря вибрационному возбуждению просеивающей поверхности. Процесс вибрационного грохочения включает в себя постоянный обмен импульсами между поверхностью разделения (ситом) и просеивающимся материалом [1, 2]. Характер вибраций сита имеет большое значение при определении величины дискретного импульса энергии передаваемого отдельной частице материала [3, 4]. Первоочередное значение здесь имеет отношение ускорения просеивающей поверхности  $A\omega^2$  к ускорению свободного падения  $g$  - относительное ускорение или критерий Фруда (показатель работы грохота) –  $K$ ,  $K = \frac{A\omega^2}{g}$ .

Влияние на процесс грохочения оказывает угол наклона просеивающей поверхности к горизонту –  $\alpha$  и вектор направления ускорения просеивающей поверхности –  $\beta$ . Учитывая эти параметры можно определить относительное ускорение для грохотов с круговой и эллиптической траекторией колебаний просеивающей поверхности:

$$K = \frac{A\omega^2}{g \cos \alpha}$$

и для грохотов с линейной траекторией колебаний просеивающей поверхности:

$$K = \frac{A\omega^2 \sin \alpha (\alpha + \beta)}{g \cos \alpha}$$

где  $A, \omega$  - соответственно амплитуда и частота колебаний рабочего органа грохота.

По толщине (высоте) слоя просеиваемого материала различают грохочение в тонком и толстом слоях [5]. Грохочение в тонком и толстом слоях может осуществляться как на грохотах с круговыми и эллиптическими траекториями, так и на грохотах с линейными траекториями колебаниями просеивающей поверхности.

Рассмотрим процесс грохочения в толстом, не когезивном, монодисперсном, слое материала (где  $h \geq (3 \div 5)xl$ ), с зернами шарообразной формы. Подбрасываемое зерно материала, при движении со скоростью  $V_1$  и обладая кинетической энергией  $E$ , на своём пути в слое материала посредством иластическо-упругих ударов с  $(n - 1)$  зернами теряет часть своей энергии, которая

определяется выражением [4]:

$$\Delta E_{CT} = \frac{m}{2} V_1^2 \left( 1 - \left[ \frac{(1 + N_{yd})^{n-1}}{2^{n-1}} \right]^2 \right)$$

Так же происходит потеря энергии в результате трения зерен между собой в слое материала –  $U_T$ . При увеличении показателя работы вибрационного грохота - относительного ускорения  $K \succ 1$  (тем самым, увеличивая параметр, характеризующий разрыхление грохотимого материала -  $П_{раз}$  все эффективней удается крупным зернам материала преодолеть барьер потери энергии на трение  $U_T$ , что позволяет разделяться между собой слоям из зерен материала подрешетного и надрешетного продуктов. Слой мелких зерен просеиваемого материала образуется в непосредственной близости от просеивающей поверхности, вследствие меньшего запаса кинетической энергии каждого зерна, а так же более высокого значения коэффициента диффузии. Разница величин кинетической энергии крупного и мелкого зерна, способствует в первую очередь, процессу перемешивания материала.

Если принять процесс грохочения материала в тонком слое. то при увеличении показателя работы грохота -  $K$  выше 1, сильно возрастает величина параметра характеризующего разрыхление материала –  $П_{раз}$  (0.4 ÷ 0.8) и свободное движение зерен материала по просеивающей поверхности. Потери энергии на трении и соударении зерен практически не происходит. К тому же, каждое зерно материала вследствие частично упругих ударов о натянутое сито - эффект мата – приобретает дополнительную энергию [1]:  $\Delta W = N_{yd}^2 \times W$  (где  $W$  - энергия получаемая при соударении частицы о сито).

Крупные зерна материала, обладая суммарной энергией  $\varepsilon + \Delta\omega$ , перемещаются в удаленном от сита слое, в то время как мелкие фракции двигаются в непосредственной близости от просеивающей поверхности. Это является выгодным условием для обеспечения достаточной скорости вибрационного перемещения материала по сити (максимум 1-2 м/с) и собственно для процесса просеивания фракций подрешетного продукта. Процесс грохочения материала в тонком слое имеет явные преимущества в сравнении с грохочением материала в толстом слое.

В качестве теории грохочения примем стохастическую теорию. Данная теория исходит из того, что просеивание фракций подрешетного продукта осуществляется перпендикулярно к просеивающей поверхности, которая расположена под потенциальным потоком просеивающего материала, что соответствует случайному Марковскому процессу, который описывается дробным дифференциальным уравнением Фоккера-Планка-Колмогорова

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D_z \times \frac{\partial^2 u}{\partial t^2 (\pm) C_z \frac{\partial u}{\partial z}}$$

Это дифференциальное уравнение описывает процесс грохочения из двух составляющих - процесса диффузии (перемешивания) материала, который учитывается коэффициентом  $D_z$  и процесса сегрегации (разделения) материала учитываемый коэффициентом  $C_z$ . Численные значения этих коэффициентов установленных А. Майнелом экспериментальным методом для различных условий приводятся в работе [4].

Коэффициент диффузии просеиваемого материала  $D_z$  для зерен мелких классов увеличивается при уменьшении расстояния  $z$ , от максимального-зерно располагается на поверхности слоя просеиваемого материала ( $z = H$ ), до минимального ( $z = 0$ ) - частица находится непосредственно

на вибрирующем сите.

Коэффициент сегрегации –  $C_z$  для зерен мелких классов уменьшается от максимум до нуля при уменьшении расстояния  $z$  удаления зерен материала от просеивающей поверхности – от ( $z = H$ ) до ( $z = 0$ ). Это значит, что зерна мелких фракций материала сегрегируются лучше в верхних слоях грохотимого материала и перемешивается предпочтительно непосредственной близости от просеивающей поверхности грохота. Для зерен фракций материала крупных классов наоборот. Эффективное грохочения достигается при выборе показателя работы грохота –  $K$  в интервале от [6.7.8]. Макропроцесс развивается па заднем плане микропроцесса, так как зерна меньшего диаметра испытывают меньшее число соударений между собой, а зерна более крупные больше соударений. Таким образом, полученные выводы по распределению энергии подтверждаются теорией стохастического процесса грохочения [1].

Коэффициенты  $D_z$  и  $C_z$  увеличиваются резко, сразу после начала процесса грохочения до своего максимума и далее их значение постепенно снижается до определённого постоянного значения. Наибольшие значения коэффициентов  $D_z$  и  $C_z$  наблюдаются соответственно при наибольших значениях амплитуды колебаний –  $A$ .

С увеличением амплитуды на первом отрезке движения материала происходит интенсивное отделение фракции подрешетного продукта. По результатам решения уравнения (5), при использовании представленных результатов можно рассчитать полноту разделения для определённых типов грохотимых материалов [1].

## Список литературы

- [1] Meinel A. Zu den Grundlagen der Klassierung siebschwieriger Materialien //Aufbereitungstechnik. Nr. 7.1999. Стр. 313 - 325.
- [2] Meinel A. Zum Problem der Oberschwingungen auf Harfen-siebboden. Bergakademie 18 (1966) Heft Nr. 6, Стр. 352 - 356..
- [3] Потураев В.Н., Франчук В.П., Червоненко А.Г. Вибрационные транспортирующие машины. М.: Машиностроение. 1964 г 272 стр.
- [4] Meinel A. Zur Fein-, Mittel- und Grobkornklassierung auf Wurfsiebmaschinen //Aufbereitungstechnik. Nr. 7.1998. Стр. 317 -326.
- [5] Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. М.: Недра, 1982 г. 365 стр.
- [6] Вайсберг Л. А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. М.: Недра. 1986 г 144 стр.
- [7] Вибрации в технике: Справочник в 6 тт. Т.4. Вибрационные процессы и машины / под ред. Э.Э. Лавенделла. М.: Машиностроение. 1981. 509 с.
- [8] Пономарев И.В. Дробление и грохочение углей. М.: Недра. 1970. 367 с.
- [9] Назаров К.С. Повышение эффективности вибрационных грохотов для классификации трудногрохотимого минерального сырья. Автореферат дисс. на соискание уч. ст. к.т.н. Московский государственный горный университет, 2007 г.

УДК 622.74

## THE MODELING OF TECHNOLOGICAL SCREENING PROCESS OF THE LOOSE MATERIAL

D.Y. Yelemes, A.D. Kalieva

D. Serikbayev East Kazakhstan state technical university

**Abstract.** Machines for screening – form uniform system with a sifted material «a working (sifting) surface - a processed material». As a result of machine working body action there are typical mecano-physical processes of loose materials division in system elements, which make independent unit of the first step in hierarchical structure of building, metallurgical, and other kinds of manufactures. Detailed elaboration of this unit to level of the elementary effects and the phenomena makes it possible to consider screening process as a difficult mecano-physical system. Following the technique of prof. V.V. Kafarov’s school, it is possible to carry out the analysis of mecano-physical system structure.

**Keywords:** technological screening process, mathematical analysis, modelingmodeling.

**Аңдатпа.** Жіктеуге арналған машиналар еленетін материалмен «жұмыс (елегіш) бет - өңделетін материал» бірлік жүйені құрастырады. Жүйе элементтеріндегі машинаның жұмыс мүше әрекеттінің нәтижесінде бір үлгідегі сусымалы материалдардың бөліну механо-физикалық үдерістері жүреді. Ол құрылыстық, металлургиялық және т.б.өндіріс түрлерінің иерархиялық құрылымының бірінші сатының дербес бірлігін құрайды. Бірлікті нәтиже мен құбылыстың ең қарапайым деңгейге дейін тәптіштеу, елеу процесін күрделі механо-физикалық жүйе ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Кафаров В.В. кәсіби мектептің әдістемесіне сүйене отырып механо-физикалық жүйені құрылымдық талдауды жүзеге асыруға болады.

**Кілттік сөздер:** жіктеудің технологиялық үдірісі, математикалық анализ, модельдеу.

**Аннотация.** Машины для грохочения – образуют с просеиваемым материалом единую систему «рабочая (просеивающая) поверхность - обрабатываемый материал». В результате действие рабочего органа машины в элементах системы происходят типовые механо-физические процессы разделения сыпучих материалов, которые составляют самостоятельную единицу первой ступени в иерархической структуре строительного, металлургического и др. видов производств. Детализация этой единицы до уровня простейших эффектов и явлений позволяет рассматривать процесс грохочения как сложную механо-физическую систему. Следуя методике школы проф. Кафаров В.В., осуществить анализ структуры механо-физической системы.

**Ключевые слова:** технологический процесс грохочения, математический анализ, моделирование.

Logistization of technological repartition has character of continuous process through realization of logistical management functions: “planning”, “coordination”, “control”, “the motivation” which operations are closely interconnected with each other (Fig. 1).

At interaction of a working (sifting) surface with a processed material the density and the drain of energy arriving from a power-plant concentrates in a plane of their contact. The brought energy creates the intense-deformed condition, continuity and volume static balance violation in a work material. It

is accompanied by the transfer of elementary substance volumes from one steady state to another, by formation of shear and slip plains on interfaces in the damaged structure of a work material and on the surfaces of movable operating element. Macrolevel is characterized by the physical-mechanical effects inside the system. Their character is defined by the surface forces which operate in local volumes, and in interaction forces between and dispersions bearing phase (Static lift, Stoksov's force of a friction, Zhukovsky and Magnusa forces, and others) [3].

The set of effects at macrolevel is defined by the intensity of mehana-physical system which depends on hydro mechanical streams and their character that is directly set by structural features and screens operating regime (SFS) (Fig. 1):

Design features of the device define links 1,2 – a supply external mechanical energy (SEME) to the movable operating element (MOE) and the thermal, electric, magnetic and other disturbances that are brought with entering parameters for intensification or activation process (EPIAP).

The brought external mechanical energy to MOE is transformed during working process to other kinds [3]: kinetic energy of movable operating element motion (KEMOEM), that provides mass transfer in system (MT) and a solid phase sorting (SE).

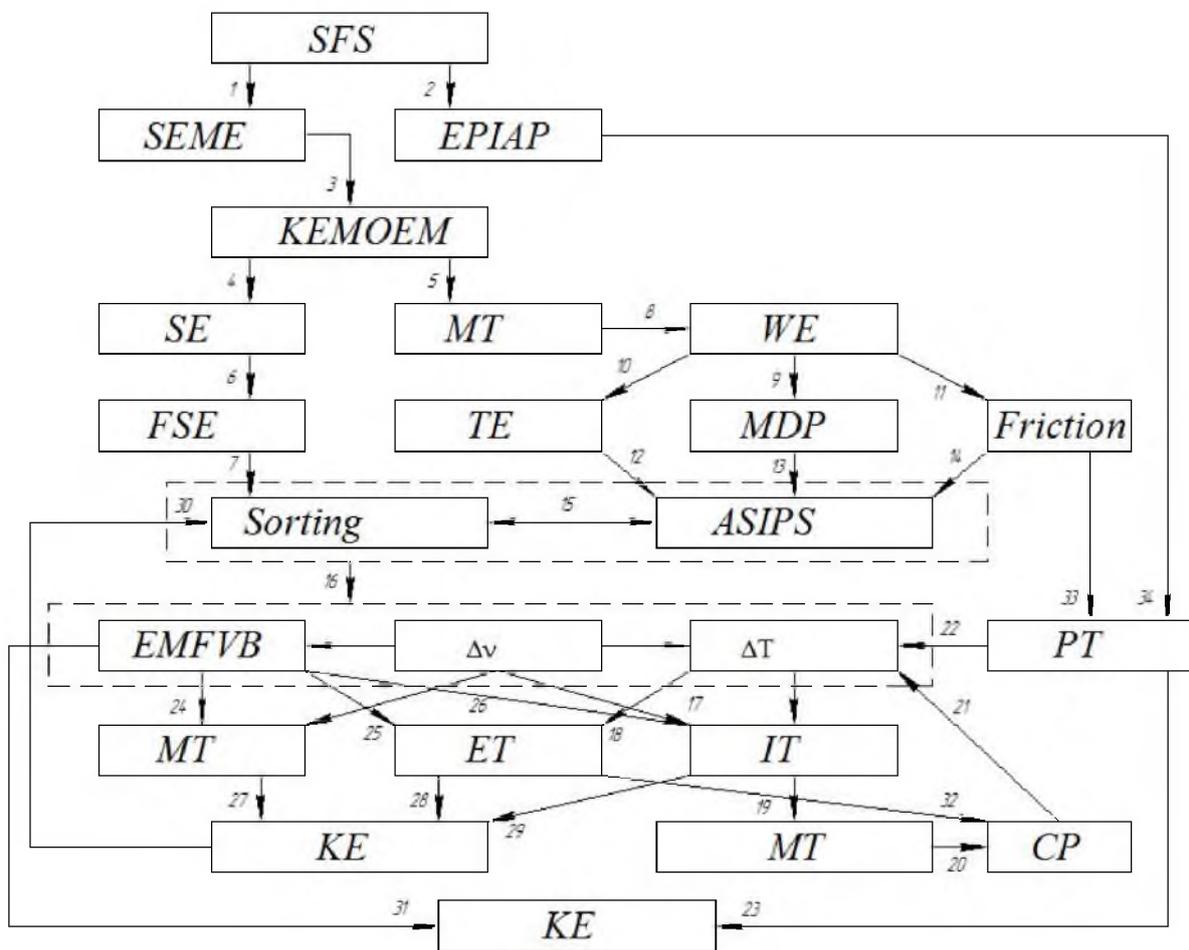


Figure 1 Basic model of the logistical analysis of screening process function

In a qualitative sense power expenses can be divided into two streams:

- The energy that is spent for sorting. The reasons of it are primary effects (SE and MT) and their derivatives, free superficial energy formations (FSE), sorting of a sifted material;
- Energy (WE) consumed in the course of work first of all is a power supply of grains (pieces) material division direct process (MDP) and thermal energy dissipation (TE) which is spent for an

external friction, and on accumulation in the structurally-caused internal pressure system (ASIPS).

The products formed in a result of sorting are undergoing to secondary transfer mechanism of mass transfer (MT), energy (ET) and impulse (IT)- (links 17, 18)), supporting phase and separate particles. Temperature  $\Delta T$  and high-speed  $\Delta v$  nonequilibrium influence on mass transfer, impulse and energy parameters. Purely thermal efficiency is insignificant, therefore it is necessary to consider effect of  $\Delta T$  influence as facilitating mechanical division, change processes of steam wetness and the nature of thermal energy dissipation.

Momentum streams (MS) generate mechanical trajectories of system movement (TM), in other words current lines (link 19), possibility of their collision (CP) and the subsequent change of momentum streams and energy in the material – links 20 and 21.

Change of traffic conditions and character of hydrodynamic structure of changeable material layers, of their trajectory (MT) and processing time (PT) influences on quantitative and qualitative characteristics of production (QQCP).

Considering the screening process of the loose material as a difficult mehana-physical operation, it is necessary to take into account that efficiency of macroeffects depends on formation of a field of temperatures on the scale of the device, electric, magnetic, vibrating and other clutters, and employees for screening process intensification [4, 5].

Each level of technological processes structure can be analyzed by the stated technique and can be described by the corresponding form of mathematical model. Thus particularly proceeding processes can be detailed of the particular form of record and can be considered as elementary processes in the conditions of concrete accepted restrictions.

As part of the mathematical analyzing the structure of technological processes (Fig. 1) can be noted that the most preferred order parameters, resulting in an unstable place recyclable condition are:

- Effects of providing mass transfer phenomena and mixing diffusion (move macro and micro volumes);
- Effects of the formation of slip planes of elastic and plastic deformations with subsequent destruction of the structural ensembles and a manifestation inherit of the reactive components to the stoichiometric reactions [1].

For describing the process of this level can be used hydro-mechanical models based on ideas about mutually behavior multirate continua generated by grinding and mixing the dispersed phase to form a homogeneous colloidal systems [6, 2].

The process of moving the elementary mass or volume at a certain speed under the influence of the working body, excites the set frequency builds momentum and mass transfer operations can be represented by a parametric equation: the average rate of change of field coordinates of moving medium elements, transport and the masses of elementary periodic function for a certain period of time, for example, by sieve rotation frequency working body etc.

The transfer macro-volume place violates its continuity, resulting in the destruction of the structures with the formation of slip planes (shear) at the interface of the volume. This situation contributes to the local void interfacial forces the formation of slip planes along the contour of the elementary volumes of solids, such as flocculation tumors in cements - fused phase ultrafine particle ensembles, etc. or the removal of tumors from the surface of the grain reagent.

Especially the effect is to impose the elastic and plastic deformations in the changing boundaries of the destroyed micro-volume, while keeping mass. Mixing of the medium (C) can be represented by the equation of motion of the continuum - sum ratios and density of the medium element with external

force in moving the stress tensor of the fluid flow or acceleration ratio of the force over the surface of the continuum on the density of the medium element.

As a result of the effects of guidance in the system is the collision of particles of  $i$  phase place of  $\Delta M_B$  with a working body of the machine and with each other. This can result in mechanical grinding - dispersion.

Manifested in this case the driving force of destruction, according to [2] may determine the amounts relations density of the medium element of specific (per unit mass) of the Helmholtz free energy carrier and the  $i$ -th of the dispersed phase on the ratio of the density of the medium element volume-average rate of the carrier phase and  $i$ -th the dispersed phase.

In general, when technological conversion of various raw materials intensity mechanisms of action  $dV_i$ , therefore the rate of the entropy changes are determined by frequency change of events P, C, D, X and the duration of their exposure. Recyclable place is regarded as a consumer of energy transmission.

In such a way, composed of structural and semantic model of the hierarchy of separation processes (Fig. 1) and the primary model of the mechanism of action makes it possible to create a similar methodology for analyzing and modeling the screening of any complexity in order to form a strategy and ideology of private development of mathematical models and provide quality control of products.

## List of references

- [1] U.A Verigin. Theoretical aspects of building mortars and concrete mixing, and their mathematical description / U.A.Verigin // Automation and improvement of technological and concrete mix preparation equipment. – Moscow, 1978. – P. 61 – 65.
- [2] V.V. Kafarov. System analysis of chemical technology processes. Strategy bases / V.V.Kafarov, I.N.Dorokhov - Moscow.: Science press, 1976. – 508 p.
- [3] U.A. Verigin. Basis of theory and fine-dispersed medium technology perfection, machines and the equipment for reduction of materials // Schools of thought and directions of the Altay state technical university of I.I.Polzunova. Novosibirsk: the Science. - 2003. – P. 138 – 143.
- [4] U.A. Verigin. The calculation problems of thin media vibration milling / U.A.Verigin, A.V.Sartakov // High schools. Building. – 2001. - № 7. – p. 112 – 115.
- [5] N.T. Surashov. Spiral vibrational sifters / D.E. Yelemes, A.V. Vavilov. Almaty: Kazakh National Technical University, 2010. p.126.
- [6] U.A. Verigin Thermodynamic analysis of the process of preparing a concrete mixing machines / U.A. Verigin // Technological mechanics of concrete. - Riga RPI 1987. P. 139 - 145.
- [7] V.S. Bocharov On the mechanics of mixing ground with binding materials in blenders of different types / V.S. Bocharov. - M., 1970. - Issue. 45. - P. 129 - 143.
- [8] A.U. Goldstein The study of intensification in the preparation of bituminous mixtures paddle batch stirrer / A.U. Goldstein // Balashikha: SoyuzdorNII, 1969. - Issue. 26. - P. 155 - 190.

УДК 629.083

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.Г. Завалко, С.Р. Байгереев, А.С. Таутанов, С.Д. Ковтун

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The article dedicated on the optimization of different variants automobile diagnostic technological process. The mathematical model developed by the authors allows significantly increasing carrying capacity of the diagnostic line and reduce economical spending.

**Keywords:** diagnostics, request, carrying capacity, Poisson's law, laboriousness.

**Аңдатпа.** Мақала автокөлік диагностикалау технологиялық үдерістің әр түрлі нұсқаларды оңтайландыруға арналған. Авторлар құрастырылған математикалық үлгі диагностика жолының өткізгіштік қабілетін арттыруға және экономикалық шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

**Кілттік сөздер:** диагностика, мәлімдеме, өткізу қабілеті, Пуассон заңы, еңбек.

**Аннотация.** Статья посвящена оптимизации различных вариантов организации технологического процесса диагностирования автомобилей. Разработанная авторами математическая модель позволит существенно повысить пропускную способность диагностической линии и снизить экономические затраты.

**Ключевые слова:** диагностирование, заявка, пропускная способность, закон Пуассона, трудоемкость.

Интенсивный рост численности центров технического осмотра автотранспортных средств (ЦТО), функционирующих в среде высокой конкуренции, вызывает потребность в выборе структуры технологического оборудования и методов организации труда, усовершенствования и упрощения технологического процесса для достижения наилучших результатов экономической эффективности.

Сложность автомобилей и их разнообразие с точки зрения конструкций требует применения большого количества методов испытания систем и агрегатов, а также использование разнообразных диагностических стендов и приборов. Например, количество параметров, подлежащих обязательной регистрации и оценке на соответствие нормативным данным при прохождении обязательного технического осмотра варьируется в пределах 32-39 наименования для различного типа подвижного состава, а число основных диагностических стендов и приборов - в пределах 12-14.

Кроме того, характеристики самого оборудования широко варьируются по стоимости, степени универсальности, надежности, степени механизации и автоматизации, наличию и отсутствию интерфейса для передачи данных в линию диагностического контроля. При переходе на современные информационные технологии применяется автоматическая регистрация и обработка контролируемых параметров, что в свою очередь приводит к изменению технологического процесса,

снижению потерь времени при вводе и обработке данных, повышению требований к уровню организации технологического процесса.

В этих новых условиях организации диагностирования автомобилей для поиска оптимальных решений целесообразно применение методов моделирования с целью оптимизации структуры и характеристик испытательного оборудования. Для условий проведения Государственного технического осмотра Российской Федерации имеется опыт применения методик оптимизации структур технологического оборудования, а также предлагается ряд критериев для оценки эффективности применения диагностического комплекса [1,2]. Однако методики, с одной стороны, не в полной мере учитывают экономические условия, а с другой - показатели надежности оборудования и их высокого уровня механизации и автоматизации.

Формирование входных параметров модели зависит от многих случайных факторов и описывается статистическими методами. Исходными данными для решения задачи являются средние значения количества автомобилей в определенном интервале, полученные в ходе проведенного статистического анализа. Для сбора статистических данных были выбраны наиболее характерные ЦТО, имеющие большую пропускную способность. Данные собирались в течение года в разрезе месяца, недель и дня по категориям автомобилей.

По данным многочисленных исследований статистическое распределение соответствует закону Пуассона [3].

$$p(X) = e^{-\lambda X} \frac{(\lambda X)^{n_k}}{n_k!}, \quad (1)$$

где  $X$  - номер интервала;

$n_k$  - количество автомобилей, посетивших ЦТО в соответствующий интервал.

Алгоритм решения задачи включает определение величины математического ожидания

$$\lambda(n_k) = \sum_{i=1}^n n_k \cdot p, \quad (2)$$

численно эквивалентной интенсивности посещения автомобилей в ЦТО [4].

По формуле (2)  $\lambda(n_k) = 3,691$  (автомобилей в час).

По формуле (2) математическое ожидание системы  $\lambda(n_k) = 2,349$  (автомобилей в час).

Дальнейшая процедура исследования заключается в рассмотрении системы  $S$ , состоящую из нескольких состояний  $S_0, S_1, \dots, S_k, \dots, S_n$ :

$S_0$  - в системе нет ни одной заявки (все посты свободны);

$S_1$  - в системе есть одна заявка (один пост занят, остальные свободны);

$S_k$  - в системе находится  $k$  заявок ( $k$  постов заняты, остальные свободны);

$S_n$  - в системе находится  $n$  заявок (все  $n$  постов заняты) – предельное состояние.

Каждое состояние имеет вероятности  $p_0, p_1, \dots, p_k, \dots, p_n$ , представляющие некоторый ряд. Выразив значения вероятностей через  $p_0$  и учитывая нормировочное условие

$$p_0 + p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1, \quad (3)$$

определим значения вероятностей, применив ряд Тейлора:

$$p_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^k}{k!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!}\right)^{-1} \approx \frac{1}{e^n}, \quad (4)$$

$$p_1 = \rho p_0, \quad p_2 = \frac{\rho^2}{2!} p_0, \quad p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0, \dots, \quad p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0, \quad (5)$$

где  $\rho$  - приведенная интенсивность потока заявок, т.е. среднее число автомобилей, приходящих за среднее время обслуживания одного автомобиля:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (6)$$

$\lambda$  - интенсивность потока автомобилей, равная математическому ожиданию системы,  $\mu$  - трудоемкость обслуживания одного автомобиля.

По найденным вероятностям вычисляются характеристики эффективности системы организации технологического процесса, в частности, вероятность отказа  $P_{ОТК}$ , т.е. вероятность того, что прибывший автомобиль получит отказ (не будет обслужен):

$$P_{ОТК} = p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0 = \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1}{e^n} \quad (7)$$

относительную пропускную способность линии – вероятность того, что заявка будет обслужена

$$Q = 1 - P_{ОТК} = 1 - \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1}{e^n} \quad (8)$$

и абсолютную пропускную способность

$$A = \lambda Q = \lambda \left( 1 - \frac{\rho^n}{n!} \cdot p_0 \right). \quad (9)$$

### **Вариант 1. Однопостовая однолучевая линия.**

При данной организации труда обслуживание автомобилей производится на одном посту ( $n = 1$ ), вследствие чего занятость постов - максимальная. При этом данный вариант имеет минимальные затраты и незначительную экономическую эффективность.

### **Вариант 2. Двухпостовая однолучевая линия.**

В этом случае трудоемкость на выполнение операций распределяется равномерно между двумя постами ( $n = 2$ ), что приведет к сравнительному увеличению пропускной способности  $A$ . Стоимость комплекса оборудования остается постоянной, число операторов увеличивается до 3.

### **Вариант 3. Трехпостовая однолучевая линия.**

Центр технического осмотра обслуживает однородный поток автомобилей. Процесс диагностирования разделяется на три поста ( $n = 3$ ). Стоимость комплекса оборудования остается постоянной, число операторов увеличивается до 4.

### **Вариант 4. Шестипостовая двухлучевая линия.**

Данный вариант предполагает одновременное обслуживание легковых и грузовых автомобилей. При калькуляции затрат учитывается стоимость диагностического оборудования для грузовых автомобилей.

### **Вариант 5. Пятипостовая двухлучевая линия.**

Особенностью варианта является сокращение постов линии диагностического контроля для легковых автомобилей на единицу и организация общего поста проверки тормозной системы с грузовыми автомобилями.

На данном этапе учет вариации трудоемкостей в модели не выполнялся. Использовалось математическое ожидание по результатам хронометража. Поиск оптимального варианта проводился с учетом экономических критериев (затраты на стоимость оборудования, заработную плату и арендную плату помещения).

Из анализа полученных результатов можно сделать вывод, что оптимальным вариантом организации технологического процесса является пятипостовая двухлучевая линия. Наибольший экономический эффект соответствует для шестипостовой двухлучевой организации технологического процесса, что на 62,2% превышает первый вариант, но уступает по величине прибыли организации диагностирования при пятипостовой двухлучевой линии.

Разработанная модель может быть успешно применена для оптимизации структур перспективных моделей диагностического оборудования в различных условиях использования и для различных типов подвижного состава.

## Список литературы

- [1] Мороз С.М. Диагностирование при государственном техническом осмотре и техническом обслуживании автомобилей / С.М. Мороз. - М.: Н.Новгород: НГТУ, 2002. - 230 с.
- [2] Шабуров В.И. Оптимизация комплекта оборудования для предприятий, проводящих государственный технический осмотр автотранспорта с применением средств технического диагностирования. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Тюмень: КГУ, 2005. - 148 с.
- [3] Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. 2-е изд. М.: Наука, 1988. - 208 с.
- [4] Хинчин А.Я. Работы по математической теории обслуживания. Под ред. Гнеденко Б.В. М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963. - 236 с.

УДК 519.6

## ЗАДАЧА ОБ ИСТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ ИЗ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ НАСАДКИ

А.Х. Закиров

Национальный университет Узбекистана

**Abstract.** The paper described the problem of the end of an incompressible fluid through a cylindrical nozzle. We present a method to solve this problem. An analytical solution of the problem and identify the main characteristics of hydrodynamic flow through the nozzle.

**Keywords:** flow, nozzle, discharge coefficient.

**Аннотация.** В работе изложено задача об истечении несжимаемой жидкости через цилиндрической насадки. Приводится метод решения поставленной задачи. Получено аналитическое решение задачи и определены основных гидродинамических характеристик истечения через насадки.

**Ключевые слова:** истечение, насадка, коэффициент истечения.

Задачи об истечении жидкости или газа из сосудов имеют практическое приложение, поскольку они применяются при решении многих технических задач. Для практики наибольший интерес представляет задача о связи между давлением в каком-либо резервуаре и скоростью струи, вытекающей из отверстия в стенке.

Рассматривается плоская задача об истечении несжимаемой жидкости из цилиндрической насадки, присоединенной к стенке трубы. Течение потенциальное, стационарное и внешние силы отсутствуют. Будем предполагать, что источник с секундным расходом  $q$  расположен в точке  $A$ . Струя несжимаемой жидкости, выходящая из насадки, образует свободную поверхность с неизвестной границей. На свободной поверхности давление постоянно.

Задачу будем решать с использованием функции комплексных переменных, опираясь на некоторые методы гидродинамики [1]. Введем систему координат  $z = x + iy$  с началом в точке  $O$ , ось  $x$  направим по оси симметрии течения (рис.1).

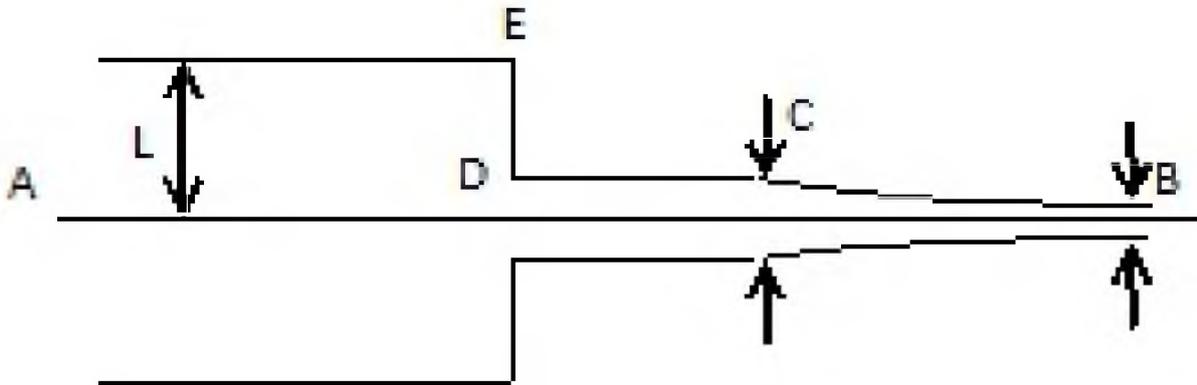


Рисунок 1

Для решения задачи конформно отобразим область течения в физической плоскости ( $Z$ ) на верхнюю полуплоскость  $\zeta = \xi + i\eta$ . Пусть аналитическая функция  $z = z(\zeta)$  конформно отображает верхнюю полуплоскость  $Im\zeta \geq 0$  на область течения так, чтобы точкам  $-1, 1, d, e$  оси  $\xi$  соответствовали точки  $B, C, D, E$  границы области ( $Z$ ).

Область комплексного потенциала  $W$  представляет собой полосу шириной  $q$ . Конформное отображение верхней полуплоскости ( $\zeta$ ) на полосу осуществляется аналитической функцией:

$$W(\zeta) = -\frac{q}{\pi} \ln(\zeta + 1) + iq \quad (1)$$

Введем аналитическую в параметрической области ( $\zeta$ ) функцию Жуковского  $\omega(\zeta) = \ln \frac{V_0}{V}$ , где  $V_0$  - модуль скорости на свободной поверхности.

Запишем граничные условия для функции  $\omega(\zeta)$ : на АВ, CD, EA: при  $\eta = 0$ ,  $-\infty < \xi < -1$ ,  $1 < \xi < d$ ,

$e < \xi < \infty$ ,  $Im\omega = 0$ , на BC: при  $\eta = 0$ ,  $-1 < \xi < 1$ ,  $Re\omega = 0$ , на DE: при  $\eta = 0$ ,  $d < \xi < e$ ,  $Im\omega = -\frac{\pi}{2}$ . Теперь рассмотрим функцию  $\omega_1(\zeta) = \frac{\omega(\zeta)}{\sqrt{\zeta+1}\sqrt{\zeta-1}}$ , для которой имеем следующие граничные значения:

$$Im\omega_1 = 0, \text{ при } \eta = 0, -\infty < \xi < -1, -1 < \xi < 1, 1 < \xi < d, e < \xi < \infty$$

$$Im\omega_1 = -\frac{\pi}{2\sqrt{\xi+1}\sqrt{1-\xi}}, \text{ при } \eta = 0, d < \xi < e.$$

На всей границе области  $(\zeta)$  известна мнимая часть функции  $\omega_1(\zeta)$  и, следовательно, ее можно восстановить согласно интегральной формуле Шварца. Для верхней полуплоскости построим аналитическую функцию  $\omega(\zeta)$ , отображающую область  $(\zeta)$  на область  $G_\omega$  [2]:

$$\omega(\zeta) = \ln \frac{F(d, \zeta)}{F(e, \zeta)} \quad (2)$$

$$\text{где } F(d, \zeta) = \frac{\sqrt{\zeta-d}}{\sqrt{\zeta-1}\sqrt{d+1} + \sqrt{\zeta+1}\sqrt{d-1}}, F(e, \zeta) = \frac{\sqrt{\zeta-e}}{\sqrt{\zeta-1}\sqrt{e+1} + \sqrt{\zeta+1}\sqrt{e-1}}.$$

Из последнего выражения находим сопряженную комплексную скорость:

$$\bar{V} = u - iv = V_0 \frac{F(e, \zeta)}{F(d, \zeta)} \quad (3)$$

Находим распределение скоростей на отрезках действительной оси верхней полуплоскости  $(\zeta)$ , соответствующих границам области течения  $(Z)$ :

$$\text{Вдоль } \eta = 0, -\infty < \xi < -1, u = V_0 F_1(|\xi|), v = 0,$$

$$\text{где } F_1(|\xi|) = \frac{\sqrt{|\xi|} + e(\sqrt{|\xi|+1}\sqrt{d+1} + \sqrt{|\xi|-1}\sqrt{d-1})}{\sqrt{|\xi|} + d(\sqrt{|\xi|+1}\sqrt{e+1} + \sqrt{|\xi|-1}\sqrt{e-1})}. \text{ Вдоль } \eta = 0, -1 < \xi < -1 \text{ или } -1 < \xi < 0, 0 < \xi < 1$$

$$u = V_0 \left\{ \begin{array}{l} \frac{(1-|\xi|)\sqrt{e-1}\sqrt{d-1} + (|\xi|-1)\sqrt{d+1}\sqrt{e+1}}{2\sqrt{|\xi|+e}\sqrt{d+|\xi|}}, \quad -1 < \xi < 0, \\ \frac{(1+|\xi|)\sqrt{e-1}\sqrt{d-1} + (1-\xi)\sqrt{d+1}\sqrt{e+1}}{2\sqrt{|\xi|-e}\sqrt{d-|\xi|}} \quad 0 < \xi < 1 \end{array} \right\},$$

$$u = V_0 \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sqrt{1-\xi^2}(\sqrt{e+1}\sqrt{d-1} - \sqrt{d+1}\sqrt{e-1})}{2\sqrt{|\xi|+e}\sqrt{d+|\xi|}}, \quad -1 < \xi < 0, \\ \frac{\sqrt{1-\xi^2}(\sqrt{e+1}\sqrt{d-1} - \sqrt{d+1}\sqrt{e-1})}{2\sqrt{|\xi|-e}\sqrt{d-|\xi|}}, \quad 0 < \xi < 1. \end{array} \right\}$$

Конформно отображающую  $z = z(\zeta)$  функцию находим из уравнения

$$dz = \frac{dW}{d\zeta} \left( \frac{dW}{dz} \right)^{-1} d\zeta \quad (4)$$

где  $\frac{dW}{d\zeta} = -\frac{q}{\pi} \frac{1}{\zeta+1}$ . С помощью функций  $\frac{dW}{d\zeta}$  и  $\frac{dW}{dz}$  в указанных областях на рис.1 можно найти все геометрические характеристики области течения в физической плоскости  $z$ . Обозначим через  $V_A$  и  $V_B$  скорости в бесконечно удаленных сечениях  $AA$  и  $BB$ . Из выражения (3), при

$\eta = 0, \xi \rightarrow \infty$ , находим скорость в точке  $A$ :

$$V_A = V_0 \frac{\sqrt{d+1} + \sqrt{d-1}}{\sqrt{e+1} + \sqrt{e-1}}. \quad (5)$$

Так как расходы в различных сечениях одинаковы, обозначив ширину струи в бесконечности (точка  $B$ ) через  $2\delta$ , имеем:

$$V_A 2L = V_0 2\delta$$

Из последнего выражения можно найти

$$\delta = \frac{V_A}{V_0} L = L \frac{\sqrt{d+1} + \sqrt{d-1}}{\sqrt{e+1} + \sqrt{e-1}}.$$

Разделяем действительную и мнимую части функцию (4) на соответствующих отрезках действительной оси  $\xi$ . Вдоль  $CD$  при  $\eta = 0, 1 < \xi < d$ :

$$dx = -\frac{2L}{\pi} \frac{\sqrt{d+1} + \sqrt{d-1}}{\sqrt{e+1} + \sqrt{e-1}} \frac{\sqrt{d-\xi}(\sqrt{e+1}\sqrt{\xi-1} + \sqrt{\xi+1}\sqrt{e-1})}{(1+\xi)\sqrt{e-\xi}(\sqrt{d+1}\sqrt{\xi-1} + \sqrt{\xi+1}\sqrt{d-1})} d\xi \quad (6)$$

вдоль  $DE$  при  $\eta = 0, d < \xi < e$ :

$$dy = \frac{2L}{\pi} \frac{\sqrt{d+1} + \sqrt{d-1}}{\sqrt{e+1} + \sqrt{e-1}} \frac{\sqrt{\xi-d}(\sqrt{e+1}\sqrt{\xi-1} + \sqrt{\xi+1}\sqrt{e-1})}{(1+\xi)\sqrt{e-\xi}(\sqrt{d+1}\sqrt{\xi-1} + \sqrt{\xi+1}\sqrt{d-1})} d\xi \quad (7)$$

Для определения  $d, e$  интегрируем (6) и (7) на указанных отрезках действительной оси  $\xi$

$$|\overrightarrow{CD}| = \operatorname{Re} \int_1^d \frac{dz}{d\zeta} d\zeta \quad |\overrightarrow{DE}| = \operatorname{Im} \int_d^e \frac{dz}{d\zeta} d\zeta. \quad (8)$$

При исследовании истечения жидкости основной задачей является определение коэффициента истечения. Для этого проинтегрируем формулу (4) от точки  $B$  ( $\zeta = -1$ ) до точки  $C$  ( $\zeta = 1$ ), возьмем мнимой части полученного равенства:

$$k = \frac{2\delta}{2b}, \quad (9)$$

где  $b = \delta + \operatorname{Im} dz$ .

По полученным формулам были проведены числовые расчёты.

## Список литературы

- [1] М.И. Гуревич. Теория струй идеальной жидкости. М.: Наука, 1979.
- [2] М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. Методы теории функции комплексного переменного. М.: Наука, 1987.

УДК 621.74.06

## ПОСТРОЕНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАММЫ ВСТРЯХИВАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ ФОРМОВОЧНЫХ МАШИН

С.Ж. Касымханов, Д.Ж. Касымханова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Аннотация.** Рассмотрен численный метод построения индикаторных диаграмм встряхивающих механизмов формовочных машин с жестким ударом и с амортизацией удара. Составлен алгоритм реализации метода и приведены результаты численных расчетов.

В массовом производстве литых деталей для уплотнения формовочной смеси в опоке с моделью применяются формовочные машины с встряхивающими механизмами. Процесс встряхивания заключается в том, что стол формовочной машины с опокой при подаче воздуха в иод поршневое пространство встряхивающего цилиндра поднимается поршнем вверх. При выпуске воздуха стол надает вниз и ударяется о станину машины. Уплотнение смеси происходит за счет импульса сил инерции смеси при ударе.

Качество уплотнения формовочной смеси в опоке, и время уплотнения зависит от параметров рабочего процесса встряхивающего механизма. Эти параметры определяются индикаторной диаграммой (ИД) рабочего процесса, которая представляет собой зависимость давления иод поршнем от его перемещения. Наличие ИД дает возможность определить скорость и ускорение поршня, в том числе и в момент удара, рассчитать продолжительность удара и количество ударов в единицу времени, а также оценить удельную энергию удара и инерционные нагрузки, уплотняющие формовочную смесь.

Рабочий цикл встряхивания состоит из отдельных фаз: наполнение цилиндра, расширение воздуха, выхлопа и сжатия. Наполнение и выпуск воздуха может происходить как при движении поршня вверх, так и при движении его вниз. Характерный вид ИД показан на рисунке 1. В механизмах без отсечки воздуха участки расширения и сжатия (участки  $B - C$  и  $E - F$ ) отсутствуют.

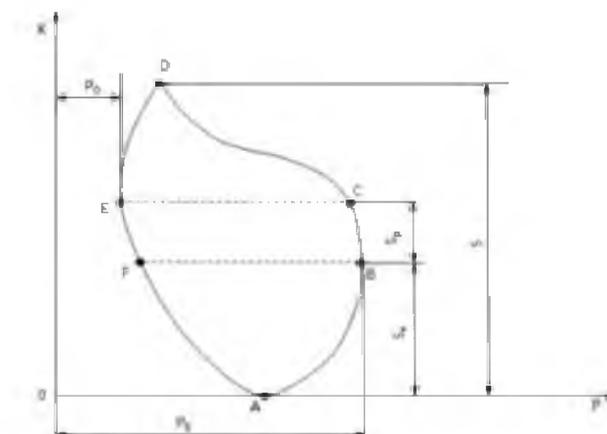


Рисунок 1 Индикаторная диаграмма механизма с отсечкой воздуха

Построить ИД встряхивающего механизма в принципе возможно аналитическим путем. Для этого необходимо для каждой фазы рабочего цикла составить и решить систему уравнений состояния газа и движения поршня, в результате чего получится аналитическая зависимость давления под поршнем от пути поршня. Однако такое аналитическое решение трудно осуществимо вследствие нелинейности уравнения газового состояния и сложности закона изменения давления в встряхивающем цилиндре. Поэтому построение ИД целесообразно проводить численными методами с уточнением некоторых параметров уравнений экспериментальным путем.

Уравнение состояния газа в пневмоприводе изучено достаточно хорошо [1]. Приведем основные результаты для различных этапов рабочего процесса. Уравнение состояния воздуха в цилиндре для участков впуска (участки  $A - B$  и  $F - A$ ) имеет вид:

$$\dot{P} = k\mu f\psi P\sqrt{P_C\vartheta_C}(P_C/P)^{1/K}/V - kP\dot{V}/V \quad (1)$$

где  $P, V$  – текущее давление и объем воздуха в цилиндре;

$P_C, \vartheta_C$  – давление и удельный объем воздуха в сети;

$k = 1.41$  – коэффициент адиабаты для воздуха;

$\mu, f$  – коэффициент расхода и площадь впускных отверстий;

$\psi$  – коэффициент, зависящий от перепада давления при истечении воздуха. Здесь коэффициент  $\psi$  определяется по формулам:

$$\begin{aligned} \psi &= 2.15 && \text{при } P \leq P_{\text{кр}} = P_C/1.894 \\ \psi &= 8.214\sqrt{(P/P_C)^{1.42} - (P/P_C)^{1.71}} && \text{при } P > P_{\text{кр}}, \end{aligned} \quad (2)$$

а

$$\vartheta_C = \vartheta_0(P_0/P_C)^{1/k},$$

где  $0 = 0.1$  МПа,  $\vartheta_0 = 0.84$  м<sup>3</sup>/кг – давление и удельный объем атмосферного воздуха.

Для участков расширения и сжатия воздуха (участки  $B - C$  и  $E - F$  в машинах с отсечкой воздуха):

$$\dot{P} = -\dot{V}KP/V. \quad (3)$$

Для участков выхлопа (участки  $C - D$  и  $D - E$ ) без впуска воздуха в цилиндр (с отсечкой воздуха) уравнение изменения состояния воздуха имеет вид:

$$\dot{P} = -K\mu_0 f_0 \psi_0 P\sqrt{P\vartheta}/V - KP\dot{V}/V, \quad (4)$$

где  $\mu_0, f_0$  относится к выхлопному отверстию, а

$$\begin{aligned} \psi_0 &= 2.15 && \text{при } P \geq 1.894P_0; \\ \psi_0 &= 8.214\sqrt{(P_0/P)^{1.42} - (P_0/P)^{1.71}} && \text{при } P < 1.894P_0. \end{aligned} \quad (5)$$

Для участков выхлопа с непрерывным впуском (без отсечки) воздуха:

$$\dot{P} = K\mu f\psi P\sqrt{P_C\vartheta}(P_C/P)^{1/k} - K\mu_0 f_0 \psi_0 P\sqrt{P\vartheta}/V - KP\dot{V}/V. \quad (6)$$

Запишем теперь уравнение движения поршня:

$$m\ddot{x} = \pm(P - P_0)A \mp Q - R, \quad (7)$$

где  $m$ ,  $Q$  – масса и вес подвижных частей машины;

$A$  – площадь поршня;

$R$  – сила сопротивления движению поршня.

Здесь и далее верхние знаки относятся к движению поршня вверх.

В машинах с жестким ударом, сила удара целиком передается на станину и фундамент машины. Поэтому в машинах с большой полезной нагрузкой  $Q_0$  применяются механизмы с амортизацией удара (рис.2).

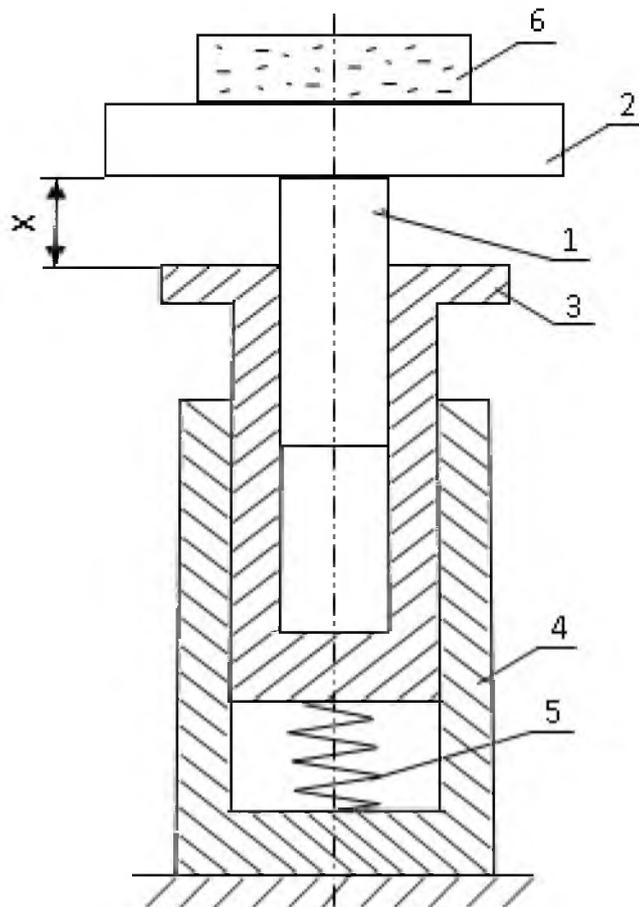


Рисунок 2 Схема встряхивающего механизма с амортизацией удара

При подаче воздуха в подпоршневое пространство поршень 1 со столом 2 и опоконкой 6 поднимается вверх, а амортизатор 3 движется вниз, сжимая пружину 5. При выпуске воздуха поршень со столом движется вниз под действием собственного веса, а амортизатор движется вверх за счет сил упругости сжатой пружины. При соударении стола с амортизатором энергия удара полностью или частично поглощается пружиной. Движение амортизатора при этом описывается следующим уравнением:

$$m_a \ddot{x}_a + C X_a = (P - P_0) A + Q_a \mp R_a, \quad (8)$$

где  $m_a$ ,  $Q_a$  – масса и вес амортизатора;

$R_a$  – сила сопротивления движению амортизатора;

$C$  – жесткость пружины.

Здесь и далее верхний знак относится к движению амортизатора вниз.

Для построения ИД численным методом, каждый участок рабочего процесса разбиваем на малые промежутки времени  $\Delta t$ , в пределах которых давление можно считать постоянным и равным некоторому среднему значению в этом промежутке. При этом движение механической системы происходит с постоянным ускорением и нетрудно найти аналитическое решение уравнений (7) и (8). Из уравнения (7) кинематические характеристики движения поршня:

$$a_i = [\pm(P_{i-1} + \Delta P_i/2 - P_0)A \mp Q - R] / m, \quad (9)$$

$$x_{Pi} = x_{i-1} \pm v_{i-1}\Delta t \pm 0.5a_i\Delta t^2, \quad v_{Pi} = v_{i-1} + a_i\Delta t, \quad (10)$$

где  $\Delta P_i$  – приращение давления за время  $\Delta t$ , определяемое из уравнения состояния газа для рассматриваемой фазы движения.

Для решения уравнения (8) введем обозначения:

$$T_H = (P - P_0)A + Q_a \mp R_a, \quad \omega_0^2 = C/m_a, \quad \theta = \omega_0 t.$$

Тогда уравнение (8) примет вид:

$$\ddot{x}_a + \omega_0^2 x = T_H/m_a.$$

Решение этого уравнения имеет вид:

$$x_a = (x_H - T_H/C) \cos \theta + (v_H/\omega_0) \sin \theta + T_H/C,$$

где  $x_H$ ,  $v_H$  – перемещение и скорость в начальный момент времени.

Теперь кинематические характеристики движения амортизатора определяются формулами:

$$\begin{aligned} x_{ai} &= x_{Hi} + (x_{a,i-1} - x_{Hi}) \cos \theta + (\theta_{a,i-1}/\omega_0) \sin \theta, \\ v_{ai} &= v_{a,i-1} \cos \theta - \omega_0(x_{a,i-1} - x_{Hi}) \sin \theta, \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$x_{Hi} = [(P_{i-1} + \Delta P_i/2 - P_0)A + Q_a \mp R_a] / C.$$

Далее задаемся исходными данными для расчета:

- полезная нагрузка  $Q_0$  (вес снаряженной опоки);
- вес подвижных частей механизма  $Q_{\Pi}$  и амортизатора  $Q_a$ ;
- площадь поршня  $A$  и давление в сети  $P_C$ ;
- параметры воздухораспределения: конструктивный ход встряхивания  $S$ , ход наполнения  $S_e$ , ход расширения  $S_p$ , высота подпоршневое пространство  $S_o$ , площади впускных  $f$  и выпускных  $f_0$  отверстий.

На стадии проектирования некоторые из исходных данных принимаются по рекомендациям

[1]. Например:

$$\begin{aligned} Q &\approx 1.5Q_0; & Q_a &\approx 0.3Q; & R &= (0.12 \div 0.25)Q; & A &\approx 2.85Q/P_C; \\ S_e &= (0.4 \div 0.5)S; & S_p &= (0.12 \div 0.2)S; & S_0 &= (0.7 \div 1.0)S; \\ C &= [(P_C A + Q_a)/1.3 - Q - Q_a]/S & & \text{и т.д.} \end{aligned}$$

I. Численный расчет ИД начинаем с нижнего исходного положения механизма, когда стол и амортизатор касаются друг друга (точка  $A$  на рис. 1). Порядок численного расчета следующий:

1. В исходной точке  $a_H = 0$ ,  $\Delta P_H = 0$  и по формуле (9) находим:

$$P_H = P_0 + (Q + R)/A.$$

По координатам  $x = 0$ ,  $P_H$  наносим на диаграмму точку  $A$ .

2. По известным значениям  $P = P_H$  и  $P_C$  по соотношениям (2) находим коэффициент  $\Psi_H$ .

3. При  $\dot{V} = \dot{V}_H = 0$  и  $V = V_H = AS_0$  по формуле (1) определяем  $\dot{P}_H$ .

4. Задаем интервалом времени  $\Delta t = (0.01 \div 0.001)$  с. и переходим к расчету параметров движения в конце этого интервала:

a) определяем приращение давления  $\Delta P_1 = \dot{P}_H \Delta t$ ;

b) по формуле (9) определяем ускорение поршня  $a_1$ ;

c) полагая  $x_{П,0} = 0$ ,  $\vartheta_{П,0} = 0$ , по формулам (10) определяем перемещение  $x_{П1}$  и скорость  $\vartheta_{П1}$  поршня;

d) полагая  $x_{a,0} = 0$ ,  $\vartheta_{a,0} = 0$ , по формулам (11) при  $\theta = \omega_0 \Delta t$  определяем перемещение  $x_{a1}$  и скорость  $\vartheta_{a1}$  амортизатора;

e) определяем общее перемещение  $x_1 = x_{П1} + x_{a1}$ .

5. Определяем параметры газового состояния в конце интервала:

a) давление в цилиндре  $P_1 = P_H + \Delta P_1$ ;

b) объем и скорость изменения объема  $V_1 = A(S_0 + x_1)$ ,  $\Delta x = x_1 - x_0$ ,  $\dot{V}_1 = A\Delta x/\Delta t$ ;

c) по соотношениям (2) определяем коэффициент  $\Psi_1$ ;

d) по формуле (1) определяем скорость изменения давления  $\dot{P}_1$ .

6. По координатам  $x_1$ ,  $P_1$  наносим точку ИД и переходим к следующему интервалу времени.
7. Принимая начальные перемещения, скорости, давление и скорость изменения давления равными значениям в конце предыдущего интервала времени, повторяем пункты 4–6. Расчет продолжаем до тех пор, пока перемещение  $x$  не достигнет значения  $S_e$ . Определяем суммарное время этапа:

$$t_I = \sum \Delta t_i.$$

Если давление достигает предельного значения  $P_C$  на каком-то  $j$ -том интервале при  $x_j < S_e$ , то в дальнейшем следует положить  $\Delta P_i = 0$ ,  $P_{i-1} = P = P_C$ . Поэтому необходимость применения уравнения газового состояния отпадает, так как в интервале  $x_j \leq x \leq S_e$

$$a_1 = [(P_C - P_0)A - Q - R]/m, \quad x_{Hi} = [(P_C - P_0)A + Q_a - R_a]/C$$

будут постоянными.

- II. Участок расширения  $S_e < x \leq S_e + S_p$ . Начальные значения перемещений, скоростей, давления, скорости изменения давления принимаем равными значениям в конце предыдущего этапа. Скорость изменения давления (пункт 5.d) определяем по формуле (3). Далее повторяем пункты 4–7 предыдущего этапа до тех пор, пока перемещение  $x$  не достигнет значения  $S_e + S_p$ . Определяем суммарное время этапа  $t_{II}$ .
- III. Участок выхлопа. Начальные условия принимаем как и при расчете предыдущего участка. Скорость изменения давления определяем по формуле (4) для механизмов с отсечкой воздуха или по формуле (6) для механизмов без отсечки воздуха. Повторяем пункты 4–7 первого участка. Расчет ведем до тех пор пока  $V_{II}$  не станет равным нулю. Далее поршень движется вниз, поэтому в формулах (9) и (10) меняем знак. Продолжаем расчет до тех пор, пока  $V_a$  не станет равным нулю. Фиксируем максимальное взаимное перемещение, которое соответствует или верхнему положению поршня или нижнему положению амортизатора. Это перемещение и соответствующее ему давление дают точку Д на диаграмме. Далее амортизатор движется вверх, поэтому меняем знак в формуле (11). Расчет участка продолжаем до тех пор пока  $x$  не станет равным вновь  $S_e + S_p$ . В конце участка фиксируем время участка выхлопа  $t_{III}$ .
- Если на каком-то интервале времени давление достигает предельного значения  $P_0$ , то в дальнейшем следует положить:
- $$\Delta P_i = 0, \quad P_{i-1} = P_0, \quad a_i = (\mp Q - R)/m, \quad x_{Hi} = (Q_a \mp R_a)/C.$$
- IV. Расчет участка сжатия ( $S_e \leq x < S_e + S_p$ ) производится аналогично участку расширения с учетом направления движения поршня и амортизатора.
- V. Расчет участка нагнетания с движением поршня вниз ( $0 \leq x < S_e$ ) производится анало-

гично первому участку. При ударе ( $x = 0$ ) фиксируем скорости поршня и амортизатора и время выполнения этой фазы рабочего цикла. Определяем полное время рабочего цикла. В случае жесткого удара определяется только перемещение поршня. Но в этом случае происходит отскок поршня после удара и начальная скорость при последующих ударах будет равна:

$$v_H = kv_y,$$

где  $k$  – коэффициент отскока;

$v_y$  – скорость поршня в момент удара.

Расчет последующих ударов производится аналогично первому удару и продолжается до тех пор, пока не стабилизируется начальная скорость (обычно 3-4 удара).

Коэффициент отскока обычно определяется экспериментально. Для встряхивающих механизмов формовочных машин его можно принять равным 0.4 [1]. Коэффициент отскока можно найти и аналитически, если определить коэффициент передачи энергии упругому элементу при ударе  $\eta$  на основе контактно-классической или волновой теории удара.

В этом случае:

$$k = \sqrt{1 - \eta}.$$

В случае механизма с амортизацией удара энергия полностью поглощается пружинами (удар неупругий) и отскока соударяющихся тел не происходит.

Для реализации изложенной методики построения ИД составлены программы расчета для механизмов с жестким ударом и для механизмов с амортизацией удара. По этим программам проведен расчет ИД формовочной машины с полезной нагрузкой  $Q_0 = 4$  кН. При расчете с механизмом жесткого удара принято:

$$Q = 6.8 \text{ кН}, \quad A = 314 \text{ см}^2, \quad P_C = 0.6 \text{ МПа}, \quad S_0 = 56 \text{ мм}, \\ S_e = 16 \text{ мм}, \quad S_P = 0, \quad f = 3 \text{ мм}^2, \quad f_0 = 30 \text{ мм}^2, \quad \mu = \mu_0 = 0.8$$

В результате расчетов получено:

$$V_y = 0.842 \text{ м/с}; \quad T_y = 242 \text{ Дж}; \quad t_y = 0.164 \text{ с}$$

Для механизма с амортизацией удара дополнительно принято  $m_a = 200$  кг,  $C = 180$  кН/м. В результате расчетов получено:

$$V_{II} = 0.56 \text{ м/с}; \quad V_a = 1.218 \text{ м/с}; \quad T_y = 255 \text{ Дж}; \quad X_{max} = 63 \text{ мм}; \quad t_y = 0.118 \text{ с}.$$

## Список литературы

- [1] Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов. М., Машиностроение, 1977. 510 с.
- [2] Бакиров Ж.Б., Касымханов С.Ж. Определение коэффициента восстановления скорости при продольном ударе. // Вестник Карагандинского университета. Серия математика, №2, 2006. с. 62-66.

УДК 681.5.015

## ГРАФИЧЕСКИЕ ПРОГРАММЫ-ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ИНЖЕНЕРА

Г.К. Кубентаева, Л.В. Каменских, Л.Я. Мелкозерова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** This article is dedicated to increasing the effectiveness of the learning process of students of engineering and computer graphics based on the use of specially designed graphics software (Компас, AutoCad).

**Keywords:** learning process, graphics software.

**Аңдатпа.** Жазылган мақал студенттердің инженерлік және компьютерлік графика пән бойынша арнайы құрастырғап графикалық программаларды (Компас, AutoCad) қолдана отырып оқу процессін дамыту және артыру.

**Кілттік сөздер:** оқу процессі, графикалық программалар.

**Аннотация.** Данная статья посвящена повышению эффективности процесса обучения студентов инженерной и компьютерной графике на основе использования специально разработанных графических программ (Компас, AutoCad ).

**Ключевые слова:** процесс обучения, графические программы.

В настоящее время очень востребованы такие качества специалистов как высокий уровень развития пространственного воображения, творческих способностей, логического и абстрактного мышления, графической культуры, компьютерной грамотности, проективного видения и т.д. Большое влияние на развитие этих качеств оказывают графические дисциплины, в цикл которых входит начертательная геометрия, машиностроительное черчение и инженерная графика. Эти дисциплины являются основой, необходимой для изучения других технических дисциплин. Графический язык – это точный международный язык общения, который осуществляет визуализацию информации об объектах, процессах, явлениях и т.д.

Соответственно целью является повышение эффективности обучения студентов инженерной и компьютерной графике на основе использования информационных технологий.

Предполагается, что эффективность процесса обучения студентов инженерной и компьютерной графике, качество их знаний, умений и навыков и уровень подготовки повысится, если спланировать эффективную организацию работы студентов на основе использования специально разработанных графических программ (Компас, AutoCad и др.) по дисциплине, способствующего активизации познавательной деятельности студентов и развитию навыков самообучения и саморазвития.

Поэтому в основу обучения студентов положен комплексный подход, где одновременно с традиционными инструментами внедряются современные информационные технологии на базе КОМПАС-График-3D V13 ( разработчик - российская фирма АСКОН), которая успешно используется в процессе обучения. При этом теоретическая часть курса, читаемого в виде лекций, полностью соответствует требованиям Министерства, а лабораторные работы предлагается выполнять в системе КОМПАС-График с применением средств точного построения.

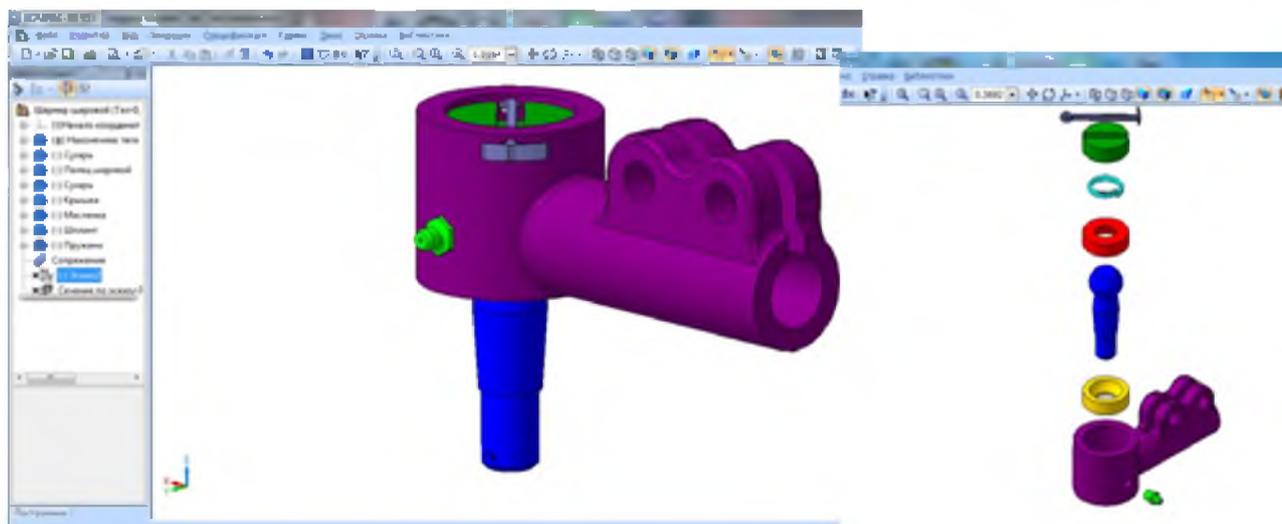


Рисунок 1 Трехмерные модели деталей в КОМПАС

Таким образом, являясь одним из средств освоения фундаментальной базы знаний, используемой при изучении курса, задания по инженерной и компьютерной графике заставляют овладеть значительной частью инструментов двумерных построений систем КОМПАС-График.

При преподавании инженерной графика часто встает задача повышения наглядности. Практика показывает, что студенты плохо представляют пространственную сущность построений, выполняемых на ортогональных плоскостях в соответствии с методом Монжа. Любые учебники и другие пособия, равно как и статические компьютерные иллюстрации не решают эту проблему в полной мере.

Интенсивное развитие компьютерных технологий позволило разработчикам превратить графические редакторы (прикладные программы) в системы, способные не только разрабатывать плоские двумерные модели, но и моделировать пространственные объемные объекты. При решении задач по инженерной графике студентами используются трехмерные модели, которые позволяют решить проблему наглядности.

Система трехмерного моделирования КОМПАС-График 3D открывает новый ряд возможностей при визуализации чертежей: это возможность построения перспектив, создание разрезов и трехмерных моделей. Студенты выполняют трехмерные модели деталей входящих в сборку и саму трехмерную модель сборки (см. рисунок 1). После построения 3D – модели детали или сборки, либо непосредственно в ходе построения, можно получить двумерный чертеж, избежав таким образом рутинного создания видов средствами плоского черчения (см. рисунок 2). Красочные, с безупречной качественной геометрией управляемые трехмерные и плоские изображения геометрических и технических объектов, иллюстрирующие изучаемые явления и пути решения геометрических и конструкторских графических задач, оказываются необычайно привлекательными для студентов. Обучение с помощью компьютера, является мощным мотивационным средством, индивидуализирует процесс обучения, подчеркивает его личностную направленность.

Также использование студентами вышеуказанных графических программ при решении задач других дисциплин позволяет показать межпредметные связи графики, одновременно это позволяет продемонстрировать фундаментальные принципы графических построений в некоторых сферах будущей профессиональной деятельности.

Например, для представления традиционных строительных чертежей используют графиче-



Ежегодные обновления графического редактора AutoCAD дают возможность более качественной и наглядной подачи фасадов. Добавлены новые текстуры природных материалов. Применение заливок различной степени прозрачности активно применяется студентами при выполнении подачи фасадов и генпланов. Для обучающихся наибольший интерес представляет визуализация с помощью динамических блоков озеленения и транспортных средств.

Для будущего специалиста строительной специальности очень важно уметь читать и выполнять чертежи, и сопровождающую их проектную документацию. Приобретение студентами устойчивых навыков работы в AutoCAD при изучении дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» позволяет применять приобретенные знания для выполнения курсовых работ и дипломного проекта. На рисунке 3 представлены фрагменты курсовой работы на тему «Многоэтажное жилое здание», выполненные с помощью AutoCAD.

Будущие специалисты уже в стенах Университета владеют навыками работы с несколькими графическими программами, что, несомненно, повышает их компетентность и востребованность на рынке труда.

Данные графические программы отвечают следующим требованиям, предъявляемым к учебной САПР: соответствие выпускаемой документации требованиям ЕСКД; поддержка отечественных стандартов; использование современных технологий проектирования; достаточно широкое распространение; легкость и простота в изучении; возможность работать на недорогой технике, доступная цена и постоянное усовершенствование программы от разработчиков. Интерфейс программы доступный и удобный, является эффективным рабочим инструментом.

Использование компьютерных технологий в процессе преподавания инженерной и компьютерной графики позволяет легко продемонстрировать студентам графический материал для чтения и выполнения чертежей, предоставить необходимую информацию, обеспечить самостоятельную разработку чертежа детали или ее трехмерной модели; обеспечить возможность решения задач с элементами конструирования.

Таким образом, при чтении курса инженерной и компьютерной графики в вузе необходимо использование специально разработанных графических программ, способствующего самостоятельной работе студентов, поскольку существенно повышается эффективность обучения и качество знаний, умений и навыков, активизируется учебно-познавательная деятельность студентов, стимулируется мотивация, развивается самостоятельность и творческая активность студентов.

## Список литературы

- [1] Информационные технологии как средство формирования профессионализма студентов. Г. Б. Исаева //Профессионал Казахстана. 2009. - №2 с. 18-20.
- [2] Инновационные методы как один из факторов развивающего обучения. А.А. Канапина //Профессионал Казахстана. 2009. - №4 с. 26-27.
- [3] САПР на базе AutoCAD. С.Зуев., Н.Полещук //М.:Мастер,2010
- [4] Вариационное прямое моделирование в КОМПАС-График. В.Строганов //САПР и графика.2013 - №4

УДК 622.671.1+621.54+621.65(075.8)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ РУДНИКА

Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** In the article the method of measurement of compressed air in pneumatic system, plugged via a common input from one compressor station. Forecast for probabilistic characteristics of pressure compressed air may define operational performance drilling rigs in fixed faces. In practice, the use of this method enables you to determine the performance of the compressor station and economic expediency of development or renovation of pneumatic energy complex.

**Keywords:** pneumatic energy complex, compressed air, compressor station.

**Аңдатпа.** Мақалада пневмо желі жүйесіндегі бір компрессорлы бекетке ортақ енгізулер арқылы қоректендірілген сығылған ауа параметрлерін анықтау тәсілдері көрсетілген. Сығылған ауа қысымының болжамды мүмкін болатын сипаттамасы бойынша тіркелген забойлардағы бұрғылау агрегаттарын пайдалану өнімділігі анықтауға болады. Тәжірибе жүзінде осы тәсілді қолдану компрессорлы бекеттің өнімділігін және пневмоэнергокешен құрамының жаңалатуға немесе дамудың экономикалық мақсаттылығын анықтауға болады.

**Кілттік сөздер:** пневмоэнергокешен, сығылғынауа, компрессорлыбекет

**Аннотация.** В статье предлагается метод определения параметров сжатого воздуха в системе пневмосети, запитанной через общий ввод от одной компрессорной станции. По прогнозным вероятностным характеристикам давления сжатого воздуха возможно определять эксплуатационную производительность буровых агрегатов в фиксированных забоях. Использование данного метода на практике позволяет определять производительность компрессорной станции и экономическую целесообразность развития или обновления состава пневмоэнергокомплекса.

**Ключевые слова:** пневмоэнергокомплекс, сжатый воздух, компрессорная станция.

Повышение эффективности работы рудничных пневмоэнергокомплексов предполагает выбор рациональных числа, типов, а также диапазона регулирования производительности и порядка ввода в эксплуатацию компрессоров. Это положение должно являться исходной базой для проектирования новых и развития действующих компрессорных станций рудников и обосновываться долгосрочным прогнозированием объемов потребления сжатого воздуха.

Метод определения необходимой производительности компрессорной станции на основе однократного расчета потребности сжатого воздуха на период наибольшего развития горных работ не гарантирует качественного решения задачи проектирования пневмоэнергокомплекса [1, 2]. Установить значение максимальной производительности компрессорной станции при заданной надежности обеспечения давления сжатого воздуха на потребителях пневмоэнергии можно с помощью методов, разработанных с использованием положений теории вероятности [3,4]. Однако использование этого метода не позволяет выявить требуемый диапазон регулирования и проследить динамику изменения производительности, так как при этом не учитывается развитие процесса в других связанных с пневмоэнергокомплексом подсистемах рудника.

Применение регрессионного моделирования, дающего прогноз на будущее по данным за прошедший период, позволяет проследить динамику воздухопотребления, но исключает определение требуемого диапазона регулирования компрессорных агрегатов. Особенности метода обуславливают его непригодность при проектировании новых предприятий и на действующих в условиях резкого изменения параметров технологических процессов.

Для определения параметров источников пневмоэнергии предлагается метод, учитывающий вероятностный характер работы пневмоприемников [5]. Сущность его заключается в выявлении наиболее характерных этапов отработки месторождения, статистическом моделировании ориентировочного воздухопотребления рудничной пневмосетью на каждом из них с учетом обеспечения машин и механизмов необходимым давлением сжатого воздуха и последующей обработке полученных выборок расчетных показателей.

В результате анализов планов перспективного развития горных работ, горно-геологических условий, предполагаемых систем отработки и их применения (в зависимости от зон концентрации горных работ) устанавливаются основные этапы отработки месторождения, а также их число  $T$ . В соответствии с полученными данными определяются количество, типы и ориентировочные места размещения основного технологического оборудования с пневмоприводом и стационарных пневмоприемников, а также разрабатываются схемы подвода сжатого воздуха к местам его потребления на выделенных этапах.

Таким образом, непрерывно развивающаяся пневмосеть с запитанным от нее оборудованием представляется в виде дискретной модели с конечным числом стационарных состояний.

Для моделирования объемов расхода воздуха применяется метод Монте-Карло, использующий вероятностный характер работы потребителей пневмоэнергии. Давление в узлах пневматической сети и зависящий от него расход сжатого воздуха приемниками также имеют вероятностный характер распределения и в общем случае зависят от параметров пневмоэнергокомплекса и подключенного к нему оборудования. При этом на данном этапе проектирования неизвестными остаются характеристика компрессорной станции, параметры пневмосети и т.д. Попытка учесть при расчете совокупность влияющих на работу пневмокомплекса характеристик подсистем существенно затрудняет определение параметров источников пневмоэнергии.

Однако, задавшись ориентировочными значениями среднего арифметического избыточного давления сжатого воздуха и среднего квадратического отклонения давления, можно избежать усложнения математической модели при незначительном снижении точности конечного результата. Предполагается, что принятые параметры давления сжатого воздуха на пневмооборудовании будут достигнуты после выбора необходимых компрессорных агрегатов в процессе определения диаметров трубопроводов рудничной пневмосети. Генерируя в каждом из заданного числа испытаний сочетание работающих потребителей и давление сжатого воздуха в узлах пневматической сети, можно получить выборку расчетных показателей, дающую представление о распределении истинного воздухопотребления на рассматриваемом этапе отработки месторождения.

Данный метод реализован в двух программах (рисунок 1 и 2).

Предлагаемый метод может быть использован также при выявлении экономической целесообразности включения в состав пневмоэнергокомплекса аккумулятора сжатого воздуха. На рисунке 3 представлен прогноз воздухопотребления на весь период отработки условного рудника. Из анализа графика следует, что в течение первых двух этапов с вероятностью  $p = 0,9$  требуемая производительность компрессорной станции не превышает 5,3 метров кубических в секунду. При отработке месторождения на последующих этапах (с 3 по 6) потребность в сжатом воздухе

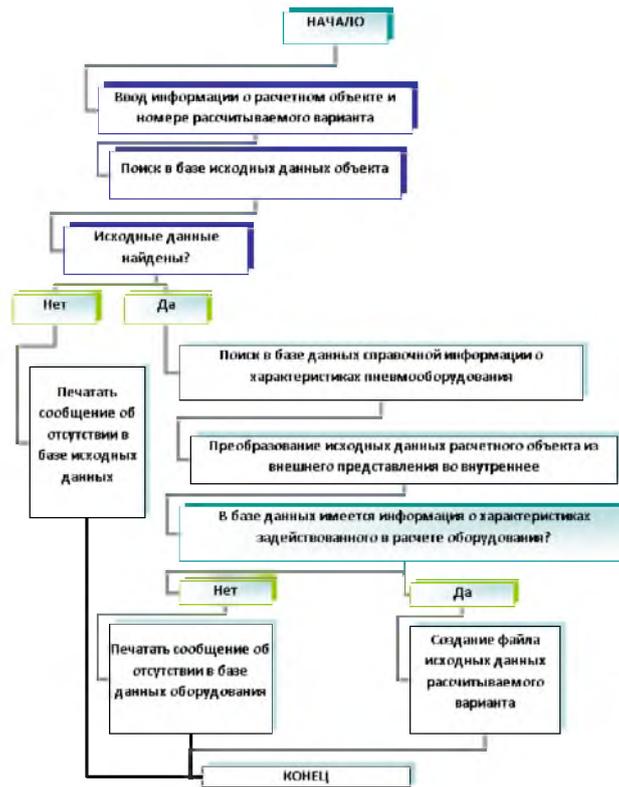


Рисунок 1 Блок-схема формирования файла «Исходных данных»

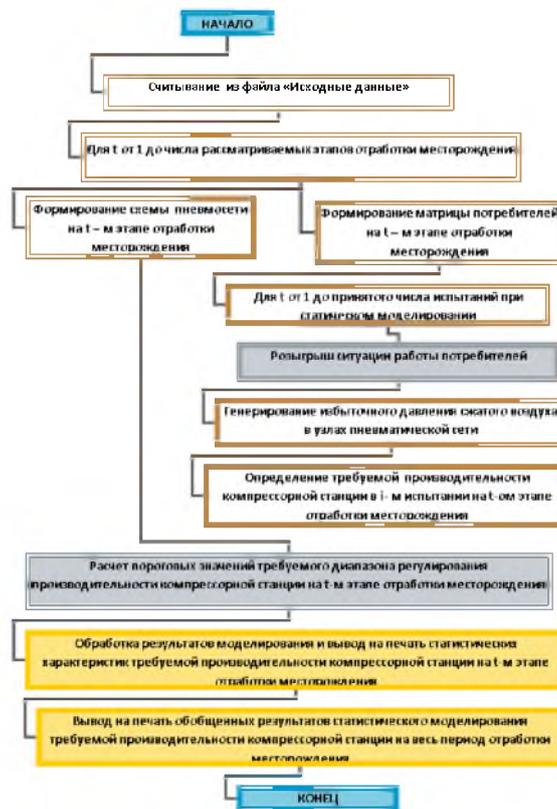


Рисунок 2 Блок-схема моделирования требуемой производительности компрессорной станции

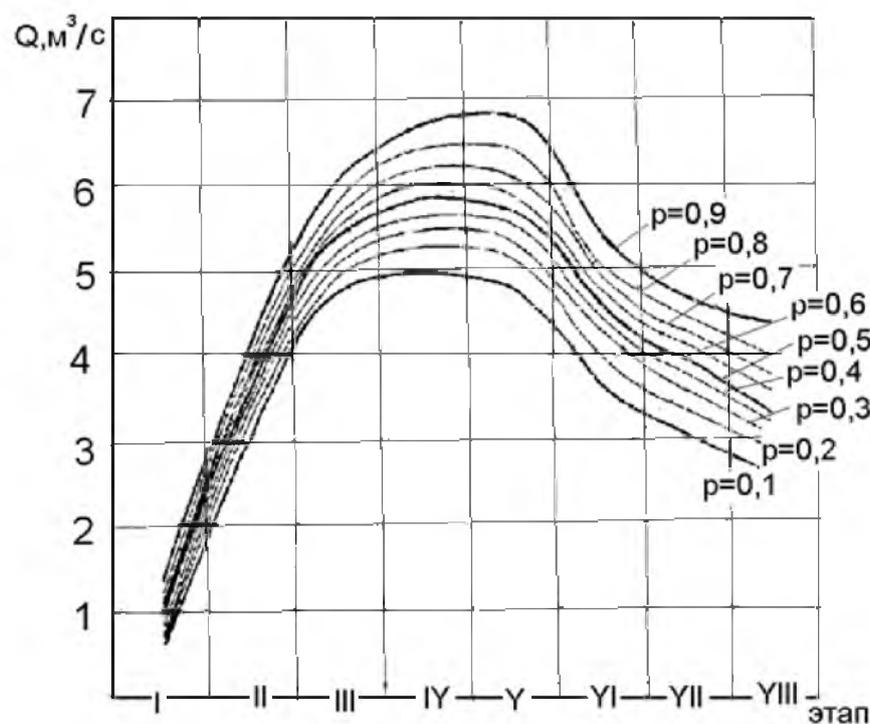


Рисунок 3 Прогноз потребления сжатого воздуха технологическим оборудованием

возрастает до 6,8 метров кубических в секунду, затем снизится до первоначального значения.

Следовательно, для нормального функционирования предприятия на третьем-шестом этапах необходимо увеличить мощность компрессорной станции или ввести в эксплуатацию аккумулятор сжатого воздуха с расходом воздуха на пневмосеть до 1,5 метра кубических в секунду.

Сравнение затрат на расширение станции, строительство аккумуляторов и на их содержание позволяет произвести обоснованный выбор состава пневмоэнергокомплекса. Результаты расчета можно использовать как исходную информацию для нахождения рационального соотношения производительности компрессорной станции и саккумулированного запаса сжатого воздуха, а также выбора оптимального срока ввода в эксплуатацию аккумуляторов и компрессорных агрегатов. Преимущества данного метода наиболее видны при проектировании пневмоэнергокомплексов новых предприятий или реконструкции действующих. С его помощью прогнозировалось воздухопотребление пневмосистемы Тишинского рудника (г.Риддер, ВКО) для выявления соответствия необходимому числу установленных компрессорных агрегатов и для определения числа дополнительных (1 –  $p = 0,1$ ; 2 –  $p = 0,2$ ; 3 –  $p = 0,3$ ; 4 –  $p = 0,4$ ; 5 –  $p = 0,5$ ; 6 –  $p = 0,6$ ; 7 –  $p = 0,7$ ; 8 –  $p = 0,8$ ; 9 –  $p = 0,9$ ) (рисунок 4).

При этом предполагалось, что в процессе реконструкции пневмосети верхних горизонтов и при вводе в эксплуатацию разработанного ее варианта для нижних горизонтов рудника на пневмоприемниках будет достигнуто давление сжатого воздуха, достаточное для высокопроизводительной работы намеченного к использованию пневмооборудования. Количество потребителей пневмоэнергии, их тип и ориентировочное размещение по горизонтам рудника на различных этапах определялось в соответствии с проектом отработки Тишинского рудника до 2018 года. При этом учитывались планируемые к применению системы отработки, их соотношения, горно-геологические характеристики пород и руд, технико-экономические показатели работы рудника. Количество этапов отработки рудника принято равным 11. Схемы прокладки пневмосети рудника

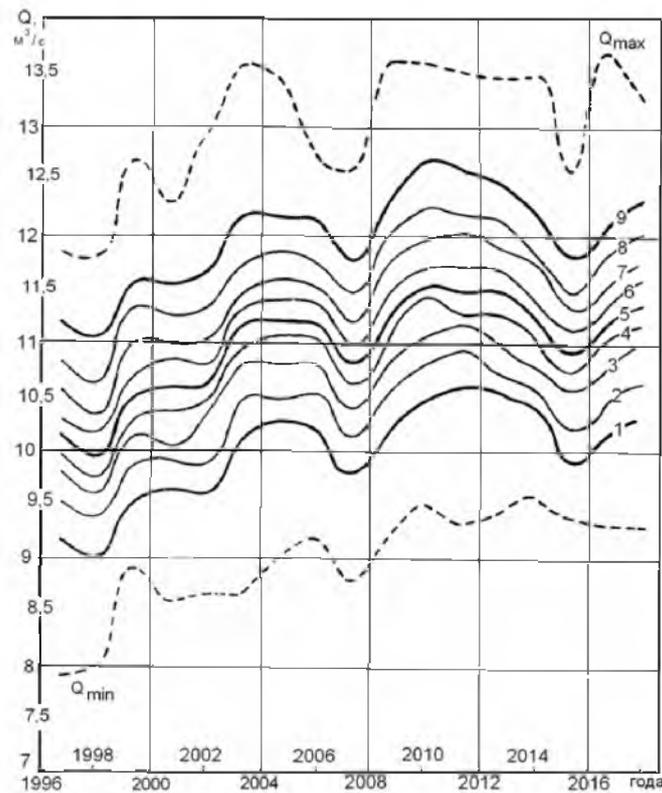


Рисунок 4 Прогнозируемое потребление сжатого воздуха Тишинским рудником

выбирались на основе сравнения различных вариантов по комплексу критериев оптимальности с учетом максимально возможного использования существующей пневмосети. По результатам анализа построен график вероятностных границ требуемой производительности компрессорной станции. На графике прослеживается стабильный рост воздухопотребления, что объясняется увеличением потерь сжатого воздуха в связи с развитием пневмосетей и устойчивым соотношением технологий ведения проходческих и добычных работ. Таким образом можно сделать вывод, что одним из критериев оценки эффективности рудничных пневматических сетей является коэффициент надежности обеспечения потребителей пневматической энергией в необходимом количестве при номинальном давлении. Он может быть определен по данным суточных диаграмм давления, снятых на соответствующих элементах сети и подключенных к ним потребителей.

Экспериментально доказано, что надежность пневмосетей во многом зависит от структуры отдельных ее элементов. Потери энергии сжатого воздуха в конечных элементах сети определяют диаметр, длина и материал элемента трубопровода, проложенного между потребителем пневмоэнергии и магистральным трубопроводом.

Повысить эффективность пневмосети возможно выполнением технических мероприятий по реконструкции трубопровода и контролю за работой посредством замерных станций, записывающих суточные изменения энергетических характеристик сжатого воздуха.

Разработан метод определения параметров сжатого воздуха в системе пневмосети, запитанной через общий ввод от одной компрессорной станции. По прогнозным вероятностным характеристикам давления сжатого воздуха можно определять эксплуатационную производительность буровых агрегатов в фиксированных забоях.

Использование метода долгосрочного прогнозирования воздухопотребления горнорудным

предприятием на практике позволяет определять производительность компрессорной станции и экономическую целесообразность развития или обновления состава пневмоэнергокомплекса с учетом изменений интенсивности и технологии ведения горных работ.

## Список литературы

- [1] Расчет пневматических сетей шахт. Мурзин В.А., Цейтлин Ю.А. – М. – Недра, 1971. – 104 с.
- [2] Горячев В.Н., Моисеев Л.Л. Программа анализа разветвленных пневматических сетей // Вопросы горной механики . – Кемерово, 1975. - № 76. – С. 191 – 216.
- [3] Принципы построения и структура исходной информации АСНИ пневмоэнергокомплексов подземных рудников // Перспективные направления научно-технического прогресса в горном производстве. – Усть-Каменогорск, 1991. – С. 53-60.
- [4] Рындин Э.Г., Проходов В.В., Лисовский Г.Д., Левицкий А.В. Критерии оптимизации схем рудничных пневмосетей // Повышение технического уровня горного производства. – Усть-Каменогорск: 1988 – С. 162-168.
- [5] Рындин Э.Г., Проходов В.В., Мирошниченко В.К., Петяхин В.Н. Повышение эффективности использования рудничных пневматических сетей // Передовая технология работ в цветной металлургии. – Усть-Каменогорск: ВНИИцветмет, 1986. – С.177-181.

УДК 622.671

## МЕТОДИКА ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЗАПАСОВ РУД НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СОРТА В КАРЬЕРАХ

Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

**Abstract.** The paper presents the method of separation of geological ore reserves on the technological types and varieties with their washability at open-pit mining. Classification parameters are given grades of ores to technological types. The method is realized for the specific geological conditions of Far-Zhairesky open pit mine.

**Keywords:** open pit mining, quarry, it is difficult washability ore, lead-zinc ore.

**Аннотация.** В статье дана методика разделения геологических запасов руд на технологические типы и сорта с учетом их обогатимости при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Приводятся классификационные параметры градации руд на технологические типы. Методика реализована для конкретных горно-геологических условий Дальнезападного рудника открытых работ Жайремского месторождения.

**Ключевые слова:** открытые работы, карьер, труднообогатимые руды, свинцово-цинковые руды.

Классификация запасов месторождений с технологически однородным типом руд и выдержанным качеством внутри типа на основе оптимизации плотности сети эксплуатационно-разведочных скважин и их малообъемного технологического опробования особой трудности не представляет.

Задача в значительной мере трудно решается в условиях сложных стратиформных месторождений, типичным представителем которых является Жайремское, с многотипными рудами и широким пределом изменений качества внутри типа. Согласно выводам комплексных технологических исследований руд [1] технологическая сложность месторождения заключается в следующем:

- Многотипности, обусловленной сменой во времени способов рудоотложения - гидротермально-осадочного, гидро-термально-метасоматического. Это способствовало формированию рудных пачек различного вещественного состава и технологических свойств.
- В распространении мощной коры выветривания на большие глубины, обуславливающего резкие колебания вещественного состава и в целом - физических и технологических свойств рудных массивов.
- В технологической неустойчивости качества, вызванной зональностью оруденения в плане и разрезе.
- В масштабном проявлении цинковой карбонатной минерализации, связанной с осаждением цинка в составе хомогенных карбонатных образований.
- В небогатимости отдельных природных типов руд гидротермально-осадочного этапа рудообразования, локализованных в виде согласных пластовых залежей на периферии сульфидных цинковых залежей.
- В наложении тектонических и метасоматических процессов и свинцово-цинкового оруденения на пирит-сфалеритовые и богатые свинцово-цинковые руды, что повлекло за собой обособление галенита, характеризующегося резким преобладанием зерен размерностью в микрометры.
- В общей тонкозернистости выделений сульфидов, измеряемая несколькими микрометрами (мкм), трудной обогатимости всех разновидностей руд, за исключением сульфидных, из-за неполного раскрытия зерен даже при самом тонком измельчении до 98 процентов класса - 74 мкм и повышенного шламообразования.

На основании сказанного и, учитывая другие особенности морфологического плана в структуре запасов, были выделены пять основных типов: сульфидные и смешанные баритсодержащие свинцово-цинковые руды; первичные (сульфидные) и смешанные (частично окисленные) свинцово-цинковые руды и баритовые руды. Данная квалификация руд участка удовлетворяет технологическим требованиям лишь в отношении баритсодержащих руд.

Существенная разница обнаружилась в характерах извлечения свинца и цинка. При низких значениях извлечения свинца цинк извлекался на уровне плановых заданий, причем, из смешанных руд извлечение металлов выше по сравнению с сульфидными, а из руд с меньшим содержанием металлов извлечение цинка оказывалось выше, чем из богатых руд [2]. Таким образом, существующая классификация запасов, принятая, в основном, по одному технологически значимому параметру вещественного состава руд - количеству окисленных форм металлов (сульфид-

ности), не отвечает технологическим схемам переработки, что влечет за собой высокие значения потерь металла в хвостах обогатительного передела.

Для классификации свинцово-цинковых руд усовершенствована система опробования на основе оптимизации плотности сети эксплуатационно-разведочных скважин и отбора по ним опережающих малообъемных технологических проб. Обоснована рациональная сеть отбора технологических сортов руд. Полученные данные на основе теории статистических решений Уолда использованы Жаильминской ГРП при проведении эксплуатационно-разведочных работ в пределах Дальнезападного участка Жайремского барит-полиметаллического месторождения. Это позволило обосновать необходимую плотность технологического опробования и оптимальное число проб массой до 30 кг по сетке 25x25 и 25x12,5 м.

Результатами сопоставительного анализа доказано, что достоверность оценки качества типа руд зависит от плотности сети скважин эксплуатационного бурения и соответствующей ей плотности технологического опробования и укладываются в пределах принятой точности – 40 процентов для категории С1, 20 процентов - для В и 10 процентов - для категории А (варианты сравнения - 100x40м, 50x50м, 25x25м, 25x12,5м и 12,5x12,5м). При опробовании по сетке 25x12,5м и 12,5x12,5м достоверность оценок качественных параметров повышается на 10 процентов [3].

Таким образом, малообъемное технологическое опробование, произведенное по оптимальной сетке 12,5x12,5м, позволяет оконтурить технологический тип руды с высокой достоверностью. Основной задачей опережающего технологического опробования при открытых горных работах является уточнение контуров и количества технологических типов и сортов руд в границах балансовых запасов на всех горизонтах, где производится подготовка рудных блоков к выемке с опережением на 1-1,5 года.

Технологически значимыми параметрами, как показали исследования вещественного состава руд и обогащения, являются минералогические формы нахождения свинца и цинка и размер минеральных зерен галенита и сфалерита. На основании исследований можно заключить, что металлы, связанные с сульфидами размерности класса (от -20 до +10) мкм, извлекаются на 50 процентов, из классов менее – 10 мкм вообще не извлекаются. При максимальной степени измельчения – 95 процентов класса - 74 мкм сульфиды размерности 16 мкм не высвобождаются из минеральных сростков с другими минералами и теряются в хвостах обогащения. Классификация основана на комплексном и одновременном учете основных технологических параметров, определяющих извлечение металла - содержание сульфидов свинца (цинка), содержание металлов в кл. -0,016 мм, извлечение в одноименный концентрат.

В соответствии с данной классификацией и технологическими схемами переработки выделены технологические типы сульфидных, смешанных и окисленных руд. Отдельно - цинковые руды. По гранулометрическому типу сульфидов выделены мелкозернистые, тонкозернистые, весьма тонкозернистые и микрозернистые с содержанием металлов, связанных с сульфидами кл.-0,016 мм, соответственно, менее 8,8-16, 18-30 и более 30 процентов. В сульфидных рудах выделяются три сорта с извлечением металлов от 56,8 до 70,4 процентов свинца и от 60 до 81,2 процентов цинка. В окисленных и смешанных рудах (один технологический тип) - выделяются 5 сортов с извлечением свинца от 11,7 до 70 процентов, цинка от 32,5 до 78,2 процентов.

Классификация и выделение цинковых руд аналогична свинцово-цинковым за исключением более широкого диапазона изменения сульфидности - (1,5-95,0) процентов. Поэтому выделяются карбонатно-цинковые руды (содержание сфалерита (50-75) процентов) и цинковые карбонатные (содержание сфалерита (2-50) процентов) [1].

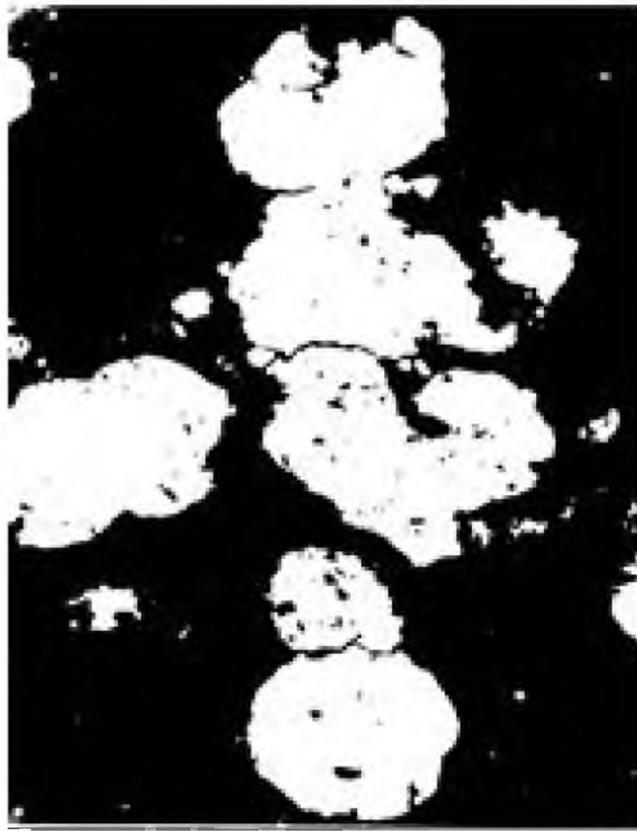


Рисунок 1 Глобулы труднообогатимых цинковых руд месторождения Жайрем

Таким образом, основными классификационными параметрами приведенной градации руд на технологические типы являются сульфидность и размерность сульфидов.

На рисунках 1 и 2 представлены текстуры и структуры труднообогатимых свинцово-цинковых руд Жайремского месторождения. Светлое – глобулы пирита, темно серое – микросгустки сфалерита в углисто-глинисто-кремнистой основе. Внешние зоны сложены галенитом и сфалеритом, ядро – пиритом.

Данная классификация отражает особенности распределения типов руд в недрах и качества, обусловленные основными этапами рудогенеза.

Цинково-пиритные руды как наиболее типичный продукт первого этапа рудообразования в восстановительной подзоне коры выветривания в процессе вскрытия подвержены интенсивному окислению, что приводит к самовозгоранию рудной массы. На Западном участке ими сложены горизонты +309 и +297м в юго-западной части карьера. Стратиграфически руды приурочены к туфогенно-осадочному комплексу нижнего фамена и выражаются в виде пирит-сфалеритовых ритмитов. Цинковые сульфидные руды представляют собой кремнисто-карбонатные образования. Общая особенность - низкое содержание металлов и тонкодисперсная текстура, обуславливающих их небогатимость.

Безбаритовые руды хорошо обогащаются методом флотации. Наибольшие затруднения и осложнения, связанные с добычей и переработкой, вызывают смешанные свинцово-цинковые и цинково-пиритные руды, слагающие фланги месторождения. Данный тип руд характеризуется убогим содержанием свинца, обилием тонкодисперсных глобулярных форм сульфидов, повышенным содержанием пирита и углистых веществ. Руды приурочены к так называемому горизонту пирит-сфалеритовых ритмитов туфогенно-осадочного комплекса и связаны с этапом



Рисунок 2 Текстуры и структуры труднообогатимых свинцово-цинковых руд

гидротермально-осадочного рудогенеза. В плане они имеют вытянутую форму. Минеральный состав характеризуется преобладанием сфалерита, галенита, пирита. В рудах с гнездово-вкрапленной текстурой сульфиды образуют гнезда размером до 15 мм. Смешанные свинцово-цинковые и цинковые руды с высоким содержанием глобулярного пирита, обуславливающими их самовозгорание, требуют разработать пожаробезопасную технологию добычи и складирования.

Третий этап - гидротермальный. Характерно формирование жильных, линзовидных баритовых и барит-свинцово-цинковых рудных тел. Особенность - секущая форма залежей, нормально кристаллическизернистая текстура, хорошая обогатимость.

Монобаритовые руды на Западном участке при среднем содержании 56,77 процентов в контуре открытой добычи характеризуются значительными колебаниями содержания барита - 16-93 процента.

Баритовые и баритсодержащие свинцово-цинковые руды распространены в восточной и северной зоне карьера № 2, на Западном - в центральной части.

В восточной части Дальнезападного участка откартированы крутопадающие тела баритсодержащих свинцово-цинковых руд, секущие пологие нластообразные залежи свинцово-цинковых руд.

Данный факт, дающий представление о морфологических особенностях и характере залегания свинцово-цинковых и баритовых руд в границах указанного рудного поля, позволяют обосновать технологически значимые параметры и выделить с их помощью генетические типы и сорта руд.

Таким образом, в рамках проведенных исследований по дифференциации руд балансовых запасов, можно заключить следующее:

1. При достоверности оценки запасов, укладывающиеся в точности подсчета по данным деталь-

но-эксплуатационной разведки, для разделения руд на технологические типы и сорта существенными признаками наряду с содержанием металлов являются текстурно-структурные особенности руд.

2. Технологически значимыми параметрами вещественного состава руд и обогащения являются минералогические формы нахождения свинца и цинка, а также размер минеральных зерен галенита и сфалерита.
3. Руды Жайремского месторождения по данным параметрам для открытой добычи и переработки классифицированы на следующие технологические сорта:
  - свинцово-цинково-баритовые, смешанные (верхняя зона). Извлечение свинца и цинка удовлетворительное;
  - сульфидные свинцово-цинково-баритовые (верхняя подзона). Извлечение металлов хорошее;
  - свинцово-цинковые, смешанные, окисление свинца и цинка 20-40 процентов отн., и сульфидные (окисление до 20 процентов отн.) с извлечением свинца 70 процентов, цинка 85 процентов; из смешанных руд - свинца 50 процентов; цинка - 70 процентов;
  - цинковые руды; сорта - смешанные цинковые (окисление цинка 10 процентов отн.) и сульфидные с извлечением цинка в одноименный концентрат до 77 процентов;
  - небогатимые цинковые карбонатные руды (окисление цинка до 68 процентов отн.). Примешивание данного сорта руд к другим ведет к ухудшению качества смеси.
4. В зоне интенсивного метасоматоза и проявления свинцово-цинково-баритового оруденения в крупных рудных массивах целесообразно оконтуривание свинцово-цинковых руд по единичным рудным пересечениям, так как затруднена селективная выемка запасов из-за наложенности контуров оруденения друг на друга.
5. Смешанные свинцово-цинковые руды, слагающие фланговые части месторождения, при добыче самовозгораются. Требуется провести геолого-структурное районирование рудного поля по степени пожароопасности для разработки технологии их экономичной и безопасной выемки.

## Список литературы

- [1] Геолого-технологическое картирование руд цветных металлов / Ю.Б. Генкин, А.М. Дробышевский и др.- М.: Недра, 1986. - 120с.
- [2] Цинковые карбонатные руды Жайрема/ Ю. Б. Генкин, В. Д. Тяп, и др.// Геология рудных месторождений. 1982.-№2.- С.113-118.
- [3] Кумыков В.Х. Оптимизация плотности разведочной сети для повышения достоверности запасов. В кн.: Пути повышения технологического уровня подземных горных работ. - Усть-Каменогорск: 1982.- С. 141-147.

УДК 669.018

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПАРОГАЗОВОЙ ОБОЛОЧКИ В ПРОЦЕССАХ КАТОДНОГО НАГРЕВА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

М.К. Скаков, Л.Г. Журерова, Л.А. Ерыгина

Восточно-Казахстанский Государственный Технический Университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** This work is devoted to research of vapor-gas shell (VGSh) formation for near-surface zone of the structural steels products in the mode of cathode heating by electrolyte-plasma processing (EPP). Technology of electrolyte-plasma hardening provides reliable quality and the required mechanical properties of the products are often subject to wear and temperature-force actions. Therefore, large-scale application of technology of EPP is very important and promising area in many industrial sectors of Kazakhstan.

The paper contains the results of electrolytic-plasma cementation of the 30CrMnSi and 34CrNi1Mo structural steels surface at different modes of processing. With the use of electron-microscopic research and X-Ray elemental analysis found that the EPP technology at the expense of local heating. The treated surface details of the atoms diffusion saturation on chemical compounds leads to the formation of structures  $\alpha$ -Fe phase and carbide phases ( $Fe_2C$ ,  $Fe_3C$ ). Simulation of the formation of vapor-gas shell in the processes of cathode heating of structural steels conducted in an environment Borland Delphi 7.0.

**Keywords:** simulation of the vapor-gas shell formation, electrolyte-plasma cementation, vapor-gas shell.

**Аңдатпа.** Осы жұмыс электролиттік плазмалық өндеудің (ЭПО) катодтық қыздыру режиміндегі конструкциялық болаттардан жасалған бұйымдардың беттік аймағында бу-газ қабықшасының (БГҚ) пайда болуын зерттеуге арналған. Электролиттік плазмалық беріктендіру технологиясы желінуге және температуралық -күштік әсерге жиі ұшырайтын бұйымдарға қажетті механикалық қасиеттер мен сенімді сапамен қамтамасыз етеді. Сондықтан электролиттік плазмалық өндеу технологиясын кеңінен қолдану Қазақстан Республикасының көптеген өнеркәсіптік салаларында маңызды әрі болашағы зор бағыттардың бірі саналады.

Осы жұмыста 30ХГСА және 34ХН1М конструкциялық болаттарды түрлі режимдерде беттік электролиттік плазмалық цементациялау пәтижелері келтірілген. Электропдық микроскопиялық зерттеулер мен рентгендік құрылымдық элементтік талдау әдістерін пайдалана отырып, тетіктердің өңделетін беттік қабатын локальді қызыру және химиялық қоспалардың атомдарымен диффузиялық қанықтыру салдарынан  $\alpha$ -Fe фаза және карбидтық фазалар ( $Fe_2C$ ,  $Fe_3C$ ) құрылымдарының пайда болуына әкеледі. Конструкциялық болаттарды катодтық қыздыру үдерістеріндегі бу-газ қабықшасының пайда болуы Borland Delphi 7.0. бағдарламасы арқылы үлгіленді.

**Кілттік сөздер:** бу-газ қабықшасының пайда болуын үлгілеу, электролиттік плазмалық цементация, бу-газ қабықшасы.

**Аннотация.** Настоящая работа посвящена исследованию формирования парогазовой оболочки (ПГО) на приповерхностной зоне изделий из конструкционных сталей в режиме катодного нагрева электролитно-плазменной обработки (ЭПО). Технология электролитно-плазменного упрочнения обеспечивает надежное качество и требуемые механические свойства изделий,

часто подвергающихся износу и температурно-силовым воздействиям. Поэтому широкое применение технологии ЭПО является весьма актуальным и перспективным направлением во многих промышленных отраслях РК.

В работе приведены результаты электролитно-плазменной цементации поверхности конструкционных сталей 30ХГСА и 34ХН1М при разных режимах обработки. С использованием электронно-микроскопических исследований и рентгеноструктурного элементного анализа установлено, что технология ЭПО за счет локального нагрева и диффузионного насыщения обрабатываемой поверхности деталями атомами химических соединений, приводит к образованию структур  $\alpha$ -Fe фазы и карбидных фаз ( $Fe_2C$ ,  $Fe_3C$ ). Моделирование формирования парогазовой оболочки в процессах катодного нагрева конструкционных сталей проводили в среде Borland Delphi 7.0.

**Ключевые слова:** моделирование формирования парогазовой оболочки, электролитно-плазменная цементация, парогазовая оболочка.

Известно, что электролитно-плазменные процессы выявлены сравнительно недавно, поэтому пока не существует ни физической, ни химической теорий этих процессов. Предварительный анализ показывает, что полное описание плазменно-электролитического процесса не может базироваться на чисто физических или чисто химических представлениях. Это - взаимосвязанные физико-химические процессы, поэтому разделить их на физические и химические можно лишь условно. Устойчивое получение плазмы достигается при разной площади положительного и отрицательного электродов [1].

Наряду с бурными экспериментальными исследованиями совершенствование технологии ЭПО сопряжено с построением математических моделей, которые достаточно точно соответствовали бы технологическому процессу. В связи с широким применением вычислительной техники во всех отраслях науки и техники и появлением нового научного направления «вычислительное материаловедение», на языке-оригинале Computational Materials Science, которое объединило в себе не только физику, материаловедение, информатику, а также химию и техническую механику, появилась возможность моделировать физические процессы, определяющие структуру материалов и ее изменение при внутренних и внешних воздействиях [2].

В связи с вышеизложенным, целью работы является исследование формирования парогазовой оболочки (ПГО) на приповерхностной зоне изделий из конструкционных сталей в режиме катодного нагрева электролитно-плазменной обработки (ЭПО) и определение теоретической толщины парогазовой оболочки.

В качестве материала исследования использовались образцы конструкционных сталей 30ХГСА и 34ХН1М размером 30x30x8 мм<sup>2</sup> в исходном и обработанном при разных режимах электролитно-плазменной цементации состояниях. Химический состав стали 30ХГСА: 0,28-0,35% С; 0,8-1,1% Cr; 0,8-1,1% Mn; 0,9-1,0% Si; 0,025% P; 0,025% S, остальное Fe по ГОСТу 4543-71. Химический состав стали 34ХН1М соответствовал ТУ 24-1-12-179-75: 0,34% С; 1,34% Cr; 0,67% Mn; 0,36% Si; 1,62% Ni; 0,24% Mo; 0,028% P; 0,033% S; остальное Fe. Конструкционные стали предназначены для изготовления валов, шестерней, фланец, вал-шестерней, валов экскаваторов, муфт, лопаток турбинных двигателей и других особо ответственных высоконагруженных деталей машиностроения, к которым предъявляются высокие требования по механическим свойствам.

Структурные исследования образцов конструкционных сталей 30ХГСА и 34ХН1М проводили в НИИ Нанотехнологии и новых материалов ВКГТУ им Д. Серикбаева и в научных лабораториях Института материаловедения и соединительных технологий Университета им. Отто фон Гуерике

(г. Магдебург, Германия) методами рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре XRD-3000 в монохроматизированном  $\text{CrK}\alpha$ -излучении ( $\lambda=2,2897 \text{ \AA}$ ), элементного анализа поверхности образцов сталей после электролитно-плазменной цементации на растровом электронном микроскопе FEI XL 30 FEG, оптической микроскопии на Altami-MET-1M и AXIOPHOT-2, механические испытания на микротвердость проводилось на установке ПМТ-3 по ГОСТ 9450-76. Образцы после механической шлифовки и полировки с использованием алмазных паст подвергались химическому избирательному травлению для выявления микроструктуры поверхности стали.

Электролитно-плазменную обработку осуществляли цементацией в углеродосодержащих водных растворах карбоната натрия в катодном режиме [3-6]. Источником питания служил мощный выпрямитель, дающий на выходе 360 В/60 А в форме постоянного тока. Обработку образцов производили нагревом плазмой в течение 3-6 минут при температуре 850°C-900°C, после чего осуществляли закалку в потоке охлажденного электролита. Электролитом служил водный раствор 10% глицерина ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) и 10% карбоната натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

Процесс электролитно-плазменной обработки относится к термодинамическим неравновесным процессам [7]. Основной особенностью такой обработки является образование около поверхности обрабатываемой детали парогазовой оболочки, процессы в которой носят нелинейный характер. Возникновение электролитной плазмы между двумя твердыми электродами, находящимися в жидком электролите, возможно при условии неравенства их площадей. При увеличении напряжения у поверхности малого электрода образуется светящаяся плазменная оболочка. Ток, который протекает через плазменную оболочку может нагревать катод от 100°C до температуры плавления материала. При выключении напряжения происходит резкий спад температуры из-за охлаждения катода жидким электролитом.

Электролитно-плазменная обработка позволяет получить на поверхности детали модифицированные слои, обеспечивающие повышение износостойкости и микротвердости, а также позволяет равномерно распределить в тонком поверхностном слое все фазообразования и, за счет этого, улучшить эксплуатационные характеристики изделий.

Проведенные металлографические исследования образцов конструкционных сталей 34ХН1М (Рис.1.(а)) и 30ХГСА (Рис.1.(г)) в состоянии поставки, показали, что поверхность исследуемых образцов состоит из ферритно-перлитной структуры. Как видно из рисунка 1(б), зерна перлита и феррита располагаются друг относительно друга случайным образом. Приблизительно 60% основного объема исследуемой стали занимают зерна перлита. В результате анализа фрагментов, полученных методом электронно-оптической микроскопии, установлено, что после цементации образцов конструкционных сталей 34ХН1М и 30ХГСА в плазме электролита происходит изменения морфологии приповерхностного слоя обработанных образцов. При цементации образцов в плазме электролита наблюдается обогащение феррита атомарным углеродом, что способствует росту карбидных частиц в приповерхностном модифицированном слое. Микроструктура приповерхностного слоя образцов стали 30ХГСА состоит из ферритной структуры, с дисперсными включениями в виде частиц карбидов железа. Микроструктура модифицированной поверхности стали 34ХН1М представляет собой в основном мартенситную структуру с включениями карбидов. Значение микротвердости поверхности модифицированных слоев конструкционных сталей 34ХН1М и 30ХГСА до и после цементации в плазме электролита показаны на рис.2. Твердость модифицированного поверхностного слоя обусловлена, по-видимому, тем, что, он состоит из дисперсных карбидов  $\alpha$ -фазы, а также карбидов легирующих компонентов  $\text{Mo}$ ,  $\text{Cr}$ . Однако частицы

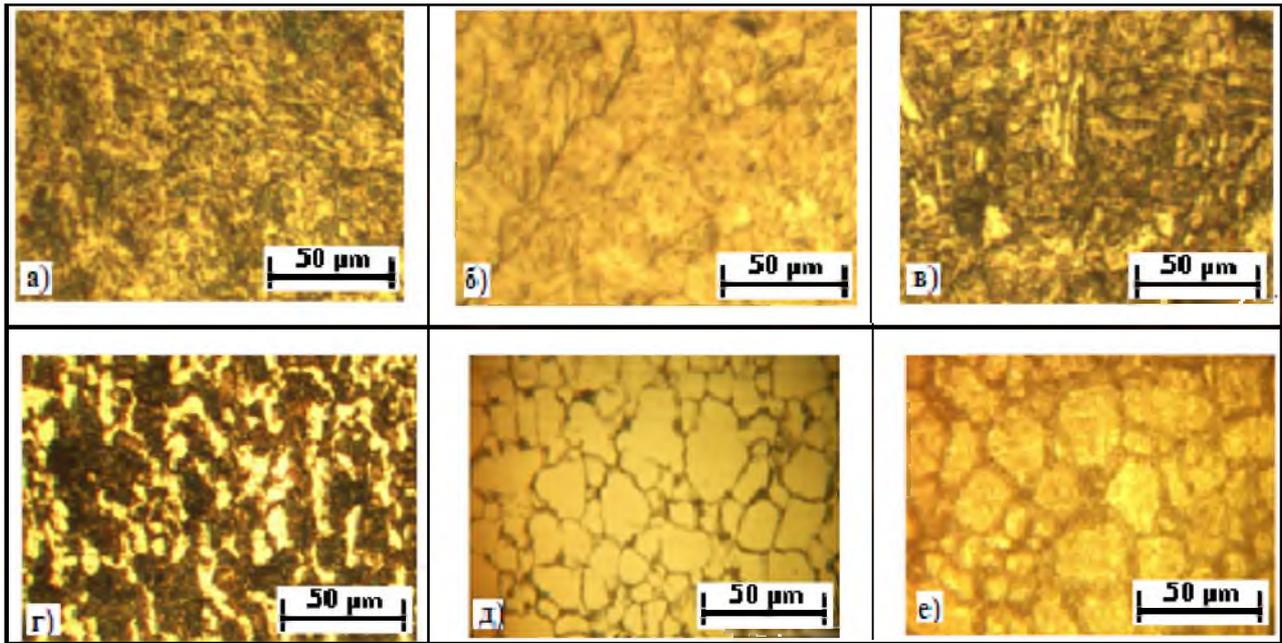


Рисунок 1 Фрагменты микроструктуры образцов стали 34ХН1М (а) и 30ХГСА (г) в состоянии поставки и обработанных со следующими режимами: для стали 34ХН1М при температуре – б) 850°C в течение 5 мин; в) 900°C в течение 3 мин; для стали 30ХГСА при температуре - д) 850°C с продолжительностью 3 мин; е) при температуре 950°C с продолжительностью 3 мин

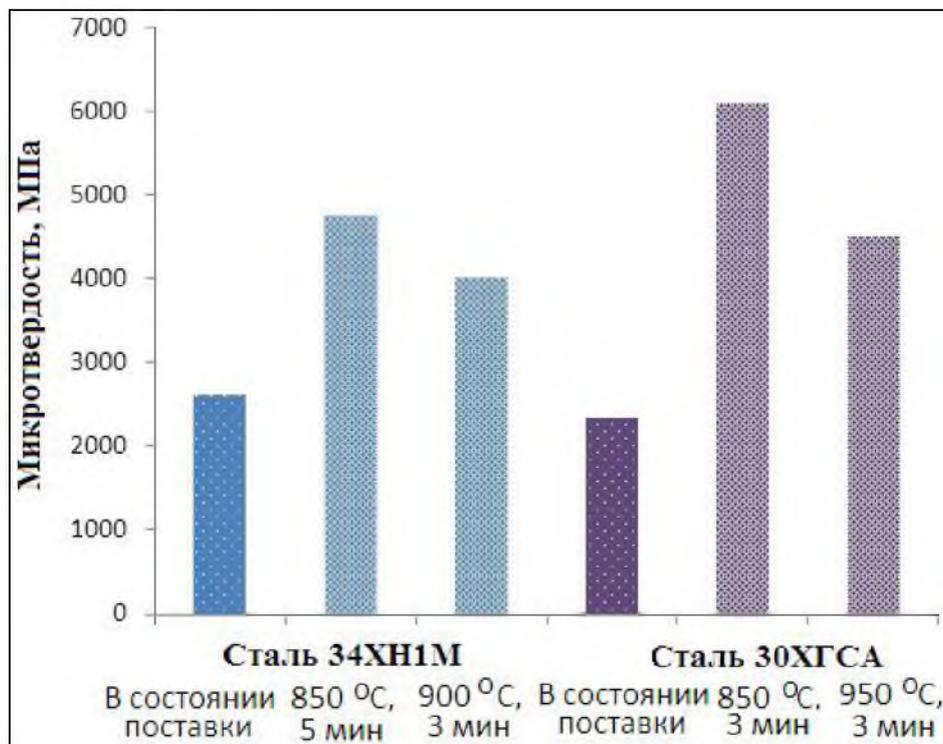


Рисунок 2 Микротвердость образцов конструкционных сталей 34ХН1М и 30ХГСА в состоянии поставки и после цементации

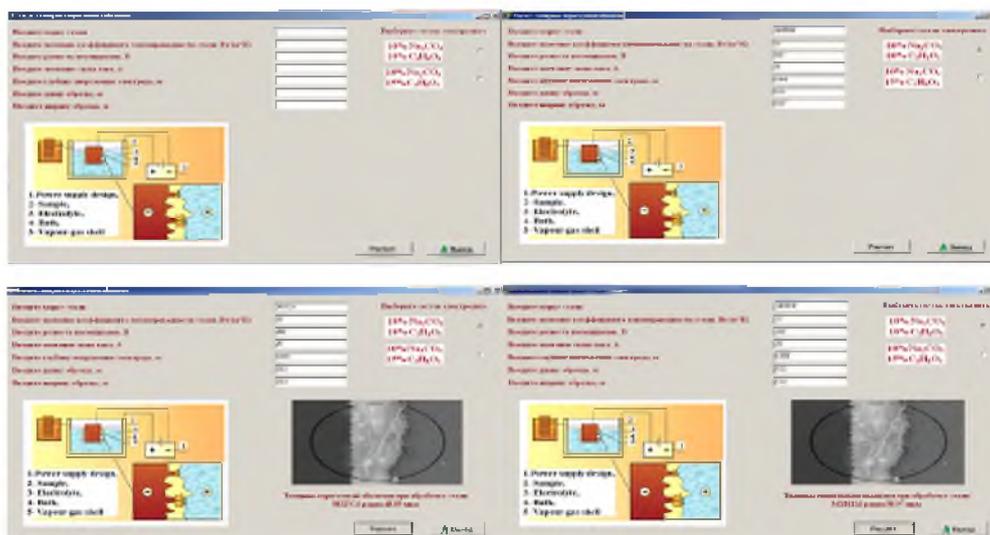


Рисунок 3 Внешний вид компьютерной программы до и после расчетов

$\gamma$ -фазы, а также карбидов молибдена, хрома не обнаруживаются методами рентгеноструктурного анализа, возможно, из-за их дисперсности и малого количества.

Полученные экспериментальные данные электролитно-плазменной обработки конструкционных сталей при температуре 800 – 900°C с продолжительностью обработки 3-6 мин с вышеуказанным составом электролита являются условием корректности для построения математической модели формирования парогазовой оболочки. В связи с отсутствием единой теории электролитно-плазменной обработки, анализ системы электрод-парогазовая оболочка-электролит проводился в несколько этапов. На начальном этапе среди всех элементов системы с током были выделены источник напряжения, парогазовая оболочка и поверхность катода. При разработке модели пренебрегли процессами, происходящими в толще электролита и на аноде, а также сопротивлением детали-катода, анода из нержавеющей стали 12X18H10T и электролита. Особенности проводимости парогазовой оболочки определяют следующие процессы: газовыделение и испарение в режиме пузырькового и переходного кипения. В результате построения математической модели были выделены важные количественные параметры процесса: разность потенциалов, плотность тока, обрабатываемая площадь стальных образцов, коэффициент теплопроводности исследуемой стали.

Согласно существующим представлениям, толщина парогазовой оболочки, которая разделяет электролит и электрод, не превышает 100  $\mu\text{m}$ . Примем, что толщина парогазовой оболочки не зависит от координат ее измерения. Учтем также, что на нагревание и испарение электролита идет  $\alpha$ -ая часть тепловой энергии  $W = U \cdot j$ , где  $U$  – разность потенциалов,  $j$  – плотность тока. Выразив скорость выхода пара из разрядной зоны через параметры процесса, такие как, разность потенциалов, плотность тока, коэффициент теплопроводности стали, линейные размеры образца, можно оценить размеры парогазовой оболочки [8-9]. Полученное кубическое уравнение для оценки толщины парогазовой оболочки было взято за основное при создании компьютерной модели в среде программирования Borland Delphi 7.0. Компьютерное моделирование дает возможность обобщения накопленных экспериментальных данных, усовершенствования технологии процесса, а также прогнозирования новых эффектов. Внешний вид программы представлен на рисунке 3. По сравнению с аналогичными программными продуктами эта среда программирования Borland

Delphi 7.0 обладает рядом преимуществ:

- быстрая разработка приложения;
- высокая производительность разработанного приложения;
- низкие требования разработанного приложения к ресурсам компьютера;
- наращиваемость за счет встраивания новых компонент и инструментов в среду Delphi;
- возможность разработки новых компонент и инструментов собственными средствами Delphi (существующие компоненты и инструменты доступны в исходных кодах); - удачная проработка иерархии объектов.

Разработанная нами компьютерная программа представляет собой диалоговое окно, с несколькими полями для ввода необходимых параметров. При проектировании программы использовались стандартные библиотеки Borland Delphi 7.0. Также был подключен модуль Math для расчетов корней кубического уравнения. В программе учтена возможность использования электролитов разного состава, которые можно выбирать в диалоге. После ввода всех параметров появляется схематичное изображение парогазовой оболочки в прикатодной области и выводится результат расчета.

В результате использования компьютерной программы удалось исследовать ряд зависимостей, таких как, зависимость толщины парогазовой оболочки от температуры, линейных размеров образца, глубины погружения образца в электролит (рис.4). Как оказалось, толщина парогазовой оболочки не зависит от глубины погружения стального образца в электролит. Зависимость же толщины парогазовой оболочки от длины и ширины стального образца оказалось обратно пропорциональной.

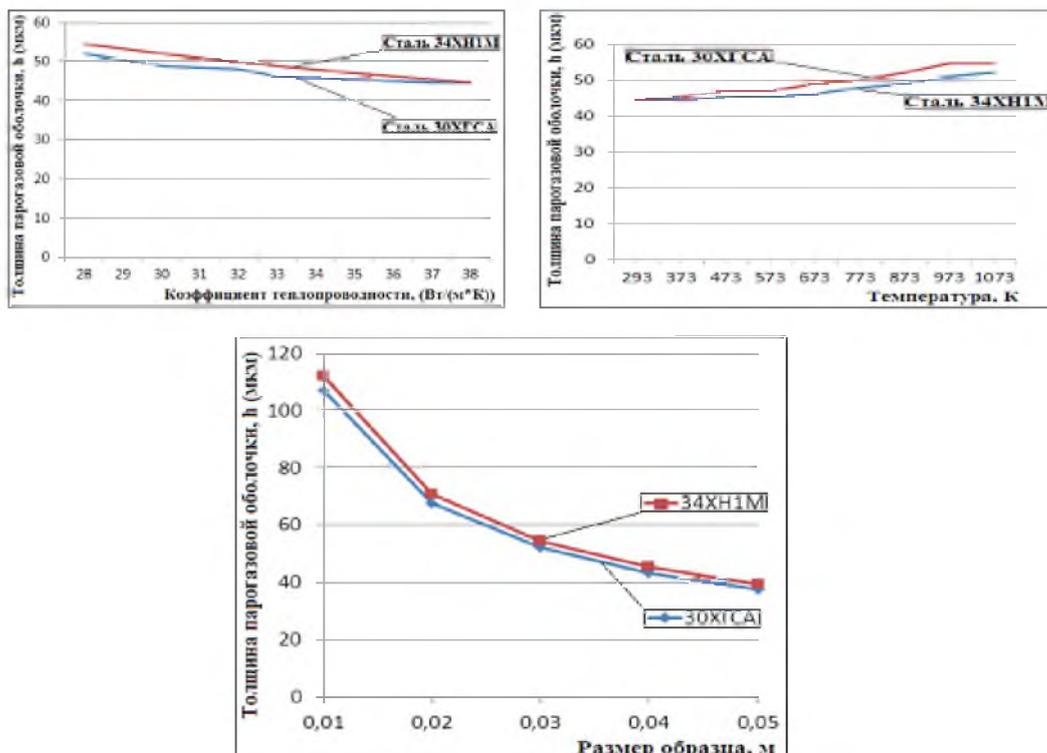


Рисунок 4 Зависимость толщины парогазовой оболочки от коэффициента теплопроводности стали, температуры нагрева и размеров образца

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- построена компьютерная модель формирования парогазовой оболочки на приповерхностной

зоне изделий из конструкционных сталей в режиме катодного нагрева электролитно-плазменной обработки;

- проведенное математическое исследование формирования парогазовой оболочки в процессе нагрева электролитной плазмой позволило корректно оценить толщину парогазовой оболочки, а также установить зависимость толщины парогазовой оболочки от размеров образцов и температуры нагрева.

Работа выполнена при финансовой поддержке АО «НАТР» РК в соответствии с договором №475/189-209-11 по теме «Инновационная технология электролитно-плазменной обработки упрочнением материала подшипникового узла бурового инструмента» на 2011-2014 гг.

## Список литературы

- [1] Алексеев Ю.Г., Королев А.Ю., Нисс В.С. «Влияние электролитно-плазменной обработки на структуру и свойства поверхности». Сборник докладов международного симпозиума «Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка».-Минск, 2009 - С.158-165.
- [2] Seok-Jae Lee, David K. Matlock, Chester J. Van Tyne. Comparison of two finite element simulation codes used to model the carburizing of steel// Computational Materials Science, 2013. - № 68. - P.47-54
- [3] Патент №878 на полезную модель «Установка электролитно-плазменной обработки» / Скаков М.К., Парунин С.В., Веригин А.А., Фурсов А.В., Сапатаев Е.Е., Курбанбеков Ш.Р. заявл. 31.01.2012, опубл. 15.11.2012, бюл. №11.
- [4] Скаков М.К., Журерова Л.Г. «Способ обработки деталей из легированной стали»// № 2012/0550.1 приоритет от 23.05.2012, решение о выдаче положительного заключения инновационного патента на изобретение РК.
- [5] Skakov M., Zhurerova L., Scheffler M. Electrolytic-Plasma Cementation Influence of Regimes on Phase Structure and Steel 30CrMnSi Hardening, «The 7th International Forum on Strategic Technology IFOST2012», Proceedings of IFOST2012/ Tomsk Polytechnic University/VOLUME II, September 17-21, 2012 - P.186-190.
- [6] Скаков М.К., Журерова Л.Г., Шеффлер М. «Influence of Regimes Electrolyte-Plasma Processing on Phase Structure, Mechanical Properties and Wear Resistance of Steel 30CrMnSi», The 32th All-Polish Tribology conference Autumnal school of Tribology 2012 Wroclaw University of Technology Institute of Machine Design and Operation, Wroclaw - Poland, 2012 - P.178-182.
- [7] Словецкий Д.И. Механизмы неравновесных плазмохимических реакций // Химия плазмы -Т.3, глава 3 - Серия «Низкотемпературная плазма» - Новосибирск,1991 - С.94-140.
- [8] Гончар В.И., Товарков А.К. Образование паровой оболочки при прохождении тока через электролит // Электронная обработка материалов. 1991 - № 1 - С.49-52.
- [9] Григорьев А.И. О переносе энергии и формировании электрического тока в окрестности опущенного в электролит, сильно нагретого протекающим током электрода // Журнал технической физики. 2004.-Т.74.-вып.5.-С.38-43.

УДК 534.01

## ОБ ОДНОМ ВАРИАНТЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СОСТАВА С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ

А.Н. Тюреходжаев, А.Г. Ибраев

Казахский Национальный Технический Университет им. К.И. Сатпаева,  
Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева

**Abstract.** The analytical solution of the problem of longitudinal deformation of rail with taking into account dry friction on the “wheel-rail” contact, rails junctions, number of axles of the railway train from the position of the wave theor is provided. In this paper the variant of linear The paper a version of rectilinear forward movement of the train when starting and braking is considered.

**Keywords:** railway train, dry friction, “wheel-rail” contact, mathematical model, motion dynamics.

**Аңдатпа.** Теміржол құрамының қозғалысы кезіндегі «рельс пен дөңгелек» арасындағы құрғақ үйкелісті, рельс арасындағы түйіскен жерлерін, вагон осьтерінің санын толқындардың тіке және кері шағылысы таралуын ескере отырып, теміржол рельсінің бойында пайда болатын деформациялардың аналитикалық шешімі алынды. Осы жұмыста теміржол құрамының орнынан қозғалу және тежелу кезіндегі түзу сызықты айнымалы жылдамдықпен қозғалысы қарастырылған.

**Кілттік сөздер:** Теміржол құрамының, құрғақ үйкеліс, «рельс пен дөңгелек», математикалық модель, қозғалыс динамикасы.

**Аннотация.** Получено аналитическое решение задачи продольного деформирования железнодорожного рельса при движении состава с учетом сухого трения на контакте “рельс-колесо”, стыков рельсов, количества шпал, осей вагонов, распространения прямых и отраженных волн от колес и торцов рельсов. В материале рассмотрен вариант прямолинейного поступательного движения при трогании и торможении железнодорожного состава.

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, сухое трение, система “колесо-рельс”, математическая модель, динамика движения.

Пренебрежение трением на контакте, как это допускается в работах многих авторов, приводит к нарушению закона сохранения количества движения. При этом вся энергия тратится на вращение колес вокруг осей вагонов и состав не трогается. Эта постановка задачи решена для варианта поступательного движения железнодорожного состава с постоянной скоростью.

При движении подвижного состава, состоящего из четырехосных вагонов, с некоторым ускорением  $a_\tau$ , динамическая нагрузка взаимодействия колес с рельсами определяется следующим образом:

$$P(x, t) = -\frac{\tau_k}{EF} \sum_{r=0}^s \left\{ \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - r(2l_1 + l_2 + l_3)] + \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - (2r + 1)l_1 - r(l_2 + l_3)] + \right. \\ \left. + \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - (2r + 1)l_1 - (r + 1)l_2 - rl_3] + \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - 2(r + 1)l_1 - (r + 1)l_2 - rl_3] \right\} \quad (1)$$

где  $\tau_k$ - величина, связанная с контактным сухим трением качения,  $l_1, l_2, l_3$ - расстояние между колесами,  $s$ - количество вагонов,  $E$ - модуль упругости,  $F$ - площадь поперечного сечения рельса,  $\delta(z)$  - дельта- функция Дирака,  $v_0$ - скорость и  $a_\tau$ - ускорение вагона.

Дифференциальное уравнение движения с учетом (1) описывается следующим образом [1]:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} - \alpha \cdot u(x, t) = \\ & = -\frac{\tau_k}{EF} \sum_{r=0}^s \left\{ \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - r(2l_1 + l_2 + l_3)] + \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - (2r + 1)l_1 - r(l_2 + l_3)] + \right. \\ & \left. + \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - (2r + 1)l_1 - (r + 1)l_2 - rl_3] + \delta [a_\tau t^2 + v_0 t - x - 2(r + 1)l_1 - (r + 1)l_2 - rl_3] \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

начальные и граничные условия:

при  $t = 0$

$$u(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial u(x, 0)}{\partial t} = 0. \quad (3)$$

при  $x = 0$ ,

$$\begin{aligned} \sigma(0, t) = E \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} = -\sigma_0 \sum_{r=0}^s \left[ \delta \left( t - \frac{r(2l_1 + l_2 + l_3)}{v_0} \right) + \delta \left( t - \frac{(2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)}{v_0} \right) + \right. \\ \left. + \delta \left( t - \frac{(2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3}{v_0} \right) + \delta \left( t - \frac{2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3}{v_0} \right) \right] \end{aligned} \quad (4)$$

при  $x = L$

$$\sigma(L, t) = E \frac{\partial u(L, t)}{\partial x} = 0. \quad (5)$$

Уравнение (2) с учетом свойство обобщенных функций [2] приводится к следующему виду:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} - \frac{1}{a^2} \cdot \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} - \alpha \cdot u(x, t) = -\frac{\tau_k}{2EF} \sum_{r=0}^s \left\{ \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3]}} \times \right. \\ & \times \left[ \delta \left( t - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3] + T_1} \right) + \delta \left( t + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3] + T_1} \right) \right] + \\ & + \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}} \times \\ & \times \left[ \delta \left( t - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)] + T_1} \right) + \right. \\ & \left. + \delta \left( t + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)] + T_1} \right) \right] + \\ & + \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]}} \times \\ & \times \left[ \delta \left( t - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3] + T_1} \right) + \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \delta \left( t + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3] + T_1} \right) \Big] + \\
& \quad + \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]}} \times \\
& \quad \times \left[ \delta \left( t - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3] + T_1} \right) + \right. \\
& \quad \left. + \delta \left( t + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3] + T_1} \right) \right] \Big\} \quad (6)
\end{aligned}$$

где  $T_1 = \frac{v_0}{2a_r}$ ;  $T_x = \frac{1}{a_r}$ .

Используя преобразование Лапласа-Карсона, имеем:

$$\frac{d^2 \bar{u}(x, p)}{dx^2} - \frac{p^2 + b^2}{a^2} \bar{u}(x, p) = \tilde{u}(x, p) \quad (7)$$

где  $b^2 = a^2 \alpha^2$  и

$$\begin{aligned}
\tilde{u}(x, p) = & -\frac{\tau_k}{2EF} \sum_{r=0}^s \left\{ \frac{p}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3]}} \times \right. \\
& \times \left[ \exp \left( \left( T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) p \right) + \exp \left( \left( T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) p \right) \right] + \\
& \quad + \frac{p}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}} \times \\
& \quad \times \left[ \exp \left( \left( T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) p \right) + \right. \\
& \quad \left. + \exp \left( \left( T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) p \right) \right] + \\
& \quad + \frac{p}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]}} \times \\
& \quad \times \left[ \exp \left( \left( T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]} \right) p \right) + \right. \\
& \quad \left. + \exp \left( \left( T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]} \right) p \right) \right] + \\
& \quad + \frac{p}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]}} \times \\
& \quad \times \left[ \exp \left( \left( T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]} \right) p \right) + \right. \\
& \quad \left. + \exp \left( \left( T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1)l_1 + (r + 1)l_2 + rl_3]} \right) p \right) \right] \Big\} \quad (8)
\end{aligned}$$

Начальные условия:

$$t = 0, \quad \bar{u}(x, p) = 0, \quad \frac{\partial \bar{u}(x, p)}{\partial t} = 0. \quad (9)$$

Граничные условия:

при  $x = 0$ ,

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}(0, p) = E \frac{\partial \bar{u}(0, p)}{\partial x} = -\sigma_0 \cdot p \sum_{r=0}^s \left[ \exp\left(-\frac{r(2l_1 + l_2 + l_3)}{v_0} p\right) + \exp\left(-\frac{(2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)}{v_0} p\right) + \right. \\ \left. + \exp\left(-\frac{(2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3}{v_0} p\right) + \exp\left(-\frac{2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3}{v_0} p\right) \right] \end{aligned} \quad (10)$$

при  $x = L$

$$\bar{\sigma}(L, p) = E \frac{\partial \bar{u}(L, p)}{\partial x} = 0. \quad (11)$$

Применив к уравнению (6) метод частичной дискретизации с учетом (8), получим:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \bar{u}(x, p)}{dx^2} - \frac{p^2 + b^2}{a^2} \bar{u}(x, p) = -\frac{\tau_k}{4EF} \sum_{r=0}^s \sum_{k=1}^m (x_k + x_{k+1}) \left\{ \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3]}} \times \right. \\ \times \left\{ \left[ \exp\left(-p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]}\right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \exp\left(p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]}\right) \right] \delta(x - x_k) - \right. \\ \left. - \left[ \exp\left(-p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]}\right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \exp\left(p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]}\right) \right] \delta(x - x_{k+1}) \right\} + \\ + \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}} \left\{ \left[ \exp\left(-p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}\right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \exp\left(p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}\right) \right] \delta(x - x_k) - \right. \\ \left. - \left[ \exp\left(-p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}\right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \exp\left(p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}\right) \right] \delta(x - x_{k+1}) \right\} + \\ + \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]}} \times \\ \times \left\{ \left[ \exp\left(-p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]}\right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \exp\left(p\sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]}\right) \right] \delta(x - x_k) - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \\
& + \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] \delta(x - x_{k+1}) + \\
& \quad + \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]}} \times \\
& \quad \times \left\{ \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \right. \\
& + \left. \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] \delta(x - x_k) - \right. \\
& - \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \\
& + \left. \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] \delta(x - x_{k+1}) \right\} \quad (12)
\end{aligned}$$

Решение уравнения (12) имеет вид:

$$\bar{u}(x, p) = A \cdot \exp \left( -\frac{x}{a} \sqrt{p^2 + b^2} \right) + B \cdot \exp \left( \frac{x}{a} \sqrt{p^2 + b^2} \right) + \Phi(x, p) \quad (13)$$

где обозначим

$$\begin{aligned}
\Phi(x, p) = & -\frac{T_k}{4EF} \sum_{r=0}^s \sum_{k=1}^m (x_k + x_{k+1}) \left\{ \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2l_1 + l_2 + l_3]}} \times \right. \\
& \times \left\{ \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + \right. \right. \\
& + \left. \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] \delta(x - x_k) - \right. \\
& - \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + \right. \\
& + \left. \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] \delta(x - x_{k+1}) \right\} + \\
& + \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]}} \left\{ \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) + \right. \right. \\
& + \left. \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) \right] \delta(x - x_k) - \right. \\
& - \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) + \right. \\
& + \left. \left. \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) \right] \delta(x - x_{k+1}) \right\} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]}} \times \\
& \times \left\{ \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \right. \\
& + \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \left. \right] \delta(x - x_k) - \\
& - \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \\
& + \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \left. \right] \delta(x - x_{k+1}) \left. \right\} + \\
& + \frac{p \cdot e^{T_1 p}}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]}} \times \\
& \times \left\{ \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \right. \\
& + \exp \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \left. \right] \delta(x - x_k) - \\
& - \left[ \exp \left( -p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \\
& + e x p \left( p \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \left. \right] \delta(x - x_{k+1}) \left. \right\} \quad (14)
\end{aligned}$$

Решение уравнения (2) имеет вид:

$$\begin{aligned}
u(x, t) = & - \frac{\tau_k \cdot a}{8EF} \sum_{k=1}^m (x_k + x_{k+1}) \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{r=0}^n (-1)^{n+r} \left(\frac{b}{2}\right)^{2n} \frac{t^{2r+1}}{(n-r)! r! (2r+1)} \times \\
& \times \left\{ \left(\frac{x - x_k}{a}\right)^{2(n-r)} \times \right. \\
& \times \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] - \\
& - \left(\frac{x - x_{k+1}}{a}\right)^{2(n-r)} \times \\
& \times \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] + \\
& + \left(\frac{x - x_k}{a}\right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r + 1) l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) + \right. \\
& + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r + 1) l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) \left. \right] -
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left( \frac{x - x_{k+1}}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) + \right. \\
& \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) \right] - \\
& + \left( \frac{x - x_k}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \\
& \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] - \\
& - \left( \frac{x - x_{k+1}}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \\
& \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] - \\
& + \left( \frac{x - x_k}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \\
& \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] - \\
& - \left( \frac{x - x_{k+1}}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) + \right. \\
& \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2(r+1)l_1 + (r+1)l_2 + rl_3]} \right) \right] \Big\} + \\
& \quad + \frac{\sigma_0 \cdot a}{E} \cdot J_0 \left( b \sqrt{t^2 - \left( \frac{x}{a} \right)^2} \right) H \left( t - \frac{x}{a} \right) + \\
& \quad + \frac{T_k \cdot a}{8EF} \sum_{k=1}^m (x_k + x_{k+1}) \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{r=0}^n (-1)^{n+r} \left( \frac{b}{2} \right)^{2n} \frac{t^{2r+1}}{(n-r)! r! (2r+1)} \times \\
& \quad \times \left\{ \left( \frac{x_k - x}{a} \right)^{2(n-r)} \times \right. \\
& \times \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] - \\
& \quad \left. - \left( \frac{x_{k+1} - x}{a} \right)^{2(n-r)} \times \right. \\
& \times \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] + \\
& \quad \left. + \left( \frac{x_k - x}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r+1)l_1 + r(l_2 + l_3)]} \right) + \right.
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) \Big] - \\
 & - \left( \frac{x_{k+1} - x}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) + \right. \\
 & \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) \right] - \\
 & + \left( \frac{x_k - x}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \\
 & \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \right] - \\
 & - \left( \frac{x - x_{k+1}}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \\
 & \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \right] - \\
 & + \left( \frac{x_k - x}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \\
 & \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_k + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \right] - \\
 & - \left( \frac{x_{k+1} - x}{a} \right)^{2(n-r)} \left[ H \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) + \right. \\
 & \quad \left. + H \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x_{k+1} + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]} \right) \right] \Big] \Big\} + \\
 & \quad + \frac{\sigma_0 \cdot a}{E} \cdot J_0 \left( b \sqrt{t^2 - \left( \frac{x - 2L}{a} \right)^2} \right) H \left( t - \frac{x - 2L}{a} \right) - \\
 & \quad - \frac{\tau_k}{4EF} \sum_{k=1}^m (x_k + x_{k+1}) \left\{ \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x \cdot [x + 2l_1 + l_2 + l_3]}} \times \right. \\
 & \quad \times \left\{ \left[ \delta \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] \times \right. \\
 & \quad \quad \times \delta(x - x_k) - \\
 & \quad \left. - \left[ \delta \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2l_1 + l_2 + l_3]} \right) \right] \times \right. \\
 & \quad \quad \left. \times \delta(x - x_{k+1}) + \right. \\
 & \quad \left. + \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]}} \left\{ \left[ \delta \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) + \right. \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) \delta (x - x_k) - \\
& - \left[ \delta \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) + \right. \\
& + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + r (l_2 + l_3)]} \right) \delta (x - x_{k+1}) \left. \right] + \\
& + \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]}} \{ [\delta \times \\
& \times \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) + \\
& + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) \delta (x - x_k) - \\
& - \left[ \delta \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) + \right. \\
& + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + (2r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) \delta (x - x_{k+1}) \left. \right] + \\
& + \frac{1}{\sqrt{T_1^2 + T_x [x + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3]}} \{ [\delta \times \\
& \times \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) + \\
& + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_k + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) \delta (x - x_k) - \\
& - \left[ \delta \left( t + T_1 - \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) + \right. \\
& + \delta \left( t + T_1 + \sqrt{T_1^2 + T_x [x_{k+1} + 2(r + 1) l_1 + (r + 1) l_2 + r l_3] \right) \delta (x - x_{k+1}) \left. \right] \}.
\end{aligned}$$

Установлены закономерности релаксационного изменения напряжений и скоростей движения и области их локализации.

Ведется исследования продольного и поперечного деформирования рельса с учетом всех перечисленных выше и других факторов.

## Список литературы

- [1] Движение железнодорожного состава по достаточно длинному рельсу, лежащему на дискретном упругом основании. А.Н.Тюреходжаев, А.Г.Ибраев // Вестник НАН РК. 2006. -№1 с.11-17.
- [2] Введение в теорию обобщенных функций с приложениями в технике./ В.Кеч, П. Теодореску. 2-е изд. М:Мир, 1978.

УДК 528

## DIGITAL MAPS FOR INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

K.B. Khassenov, M. Metzner

D. Serikbayev East Kazakhstan state technical university,  
Universität Stuttgart - Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen

**Abstract.** The use of digital maps within Intelligent Transport Systems is one key to set up efficient applications and give support for Advanced Driver Assistant Systems. Requirements for this maps existing regarding the concept, the reliability and the functionality. Derived from this the Geographic data file format was developed and is in use in most navigation systems. Requirements based on the theory of topology.

**Keywords:** Digital Map, Intelligent Transport Systems , Spatial Data, Geoinformation System.

**Аңдатпа.** Сандық карталарды зияткерлік транспорттық жүйеде қолдану тиімді қосымшаларды құруда негізгі кезеңнің бірі болып табылады және Машинистің Көмекші Жүйесі үшін үлкен көмек көрсетеді. Бұл карталар үшін негізгі талаптар салыстырмалы түсініктер, сенімділік және функционалдық болып табылады. Осы жолмен алынған мәліметтер географиялық форматты болады. Бұл мәліметтер әзірленген және көптеген навигация жүйелерінде қолданылады.

**Кілттік сөздер:** Сандық карта, зияткерлік транспорттық жүйелер, кеңістіктік деректер, геоақпараттық жүйелер

**Аннотация.** Использование цифровых карт в интеллектуальных транспортных системах является одним из ключевых моментов для создания эффективных приложений и оказывают большую поддержку для Системы Помощник Машиниста. Основными требованиями для этих карт являются относительные понятия, надежность и функциональность. Данные, полученные таким образом, имеют географический формат. Эти данные разработаны и используются в большинстве систем навигации. Данные требования основаны на теории топологии.

**Ключевые слова:** Цифровая карта, интеллектуальные транспортные системы, пространственные данные, геоинформационные системы.

### INTRODUCTION

Intelligent Transport Systems specify a worldwide initiative to add information and communication technologies to transport infrastructure and vehicles. It aims to manage factors that are typically at odds with each other such as vehicles, loads and routes to improve safety and reduce vehicle wear, transportation times and fuel consumption. In this context digital maps are used for several purposes. One purpose are navigation systems other purposes are linked to the Advanced Driver Assistant Systems (ADAS). The basic ideas of the ITS is to ensure mobility by enhancing safety, increasing efficiency and reducing adverse impacts on environment by the traffic. In this paper some requirements and restrictions for the digital map are introduced as well as the well-know format GDF and some basic backgrounds.

### DIGITAL MAPS FOR ITS

Typically there are a lot of digital maps and spatial data existing. Basic and reference data are topographic maps, cadastral maps and orthophotos. Normally this maps are provided by the

administration of the state. The usage of this maps within ITS is most time for general information and maybe background information in a navigation system. Also maps from public or private bodies which are responsible for the public transport networks are available. Gettable in this context are the maps about the rail and road network which is needed for the function of the companies. This maps are needed for example to design applications for intermodal transport networks.

Specially for ITS more information and maps are necessary. Drivers of cars for example are interested in information of the actual traffic flow and congestions. Also in the car resp. in the navigation system available is the position of the vehicle, the route and the location of the destination. Specially for the route and the routing process particular designed map formats are necessary. Especially for the navigation systems digital road maps in the Geographic data file standard (GDF) is in use. Currently there are two worldwide leading companies for digital map in this format: the company of NAVTEQ and the company of TomTom (former know as TeleAtlas). Basically for all digital maps several problems have to be solved or has to be taken into consideration like the access to the maps, the update rate and the ownership.

### GDF

GDF was developed within different projects. The starting point was a project of the European Commission to set up a Digital Electronic Mapping for European Territory. There were specifications of data content, data capturing methods and exchange formats and lead to the GDF Version 1.0 in 1988. After this several follow-up projects was conducted. These projects focus on for example data acquisition techniques, extend the feature catalogue and the attributes catalogue, further development of the exchange format, tools to generate GDF data and methods for integration of dynamic transport data. In the following years the process go on and lead to the ISO-Standard ISO 14825 in the version GDF 5.0.

### THE STRUCTURE OF GDF

The definition of GDF consists of a feature catalogue, a attribute catalogue, a relationship catalogue, a feature representation scheme and a quality description. Also a general data model, a global data catalogue and a media record specification.

The representation scheme is divided into three levels. On the geometry level 0 the basic geometrical and topological primitives, the nodes, edges and faces are defined. In level 1 the simple features are defined, where every feature represents one object given in reality. In level 2 the complex features are define to describe the road network from the view of the driver. Besides the geometry which is necessary for the routing, also the attributs are used for this. In the GDF the attributes are used for the routing. For example the direction of the traffic flow is stored within the attributes. This is one unique character of GDF which distinguish GDF from other digital maps. Another unique concept is the concept of segmented attributes (see Fig. 1). This concept allows to add attributes with different values to one geometry. For example it is possible to add different width of a road to one road feature. This concept reduce the number of road features which is important for fast calculation of a routing solution. Another important concept of the GDF is to store semantic realations. This allows to store the roadnetwork according to the actual traffic rules and signs. In summary these concepts allows to calculate a possible route on base of the digital road network. In a first stage the geometry of the network define the possible routes. In the next step the attributes are taken into account to find the route according for example the direction of traffic flow. At least calculation of the route with respect of the semantic relations is done. So at the end the route from the starting point to the destination can be detected.

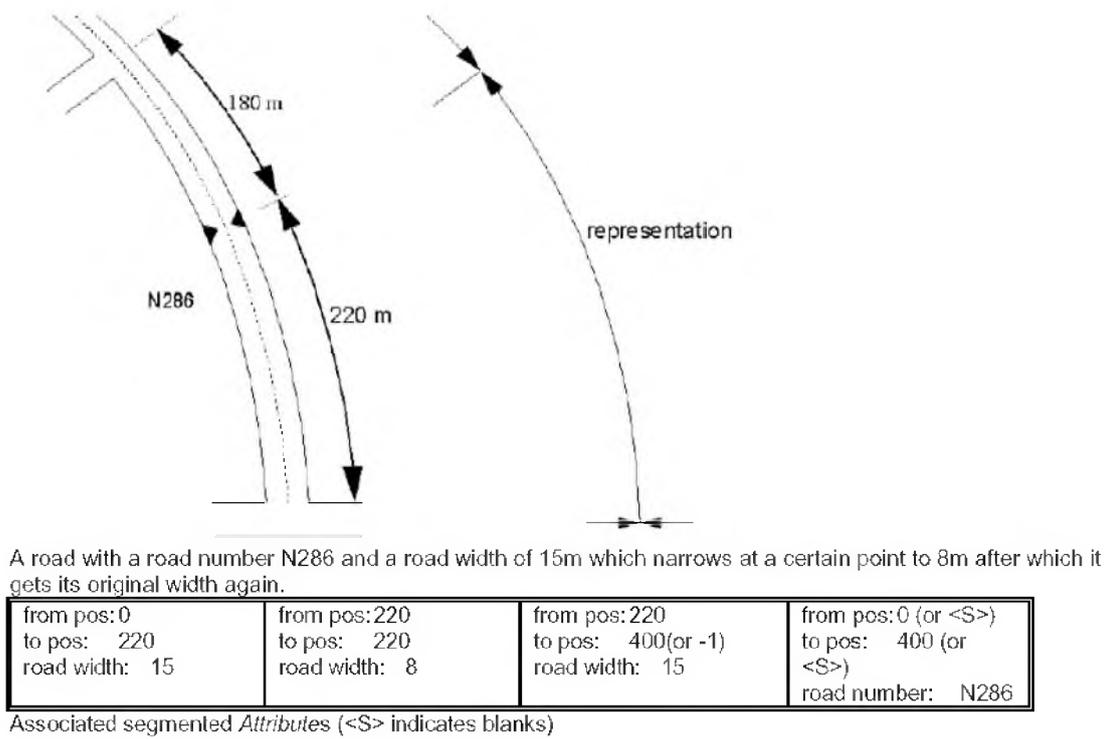


Figure 1 Segemented attributes

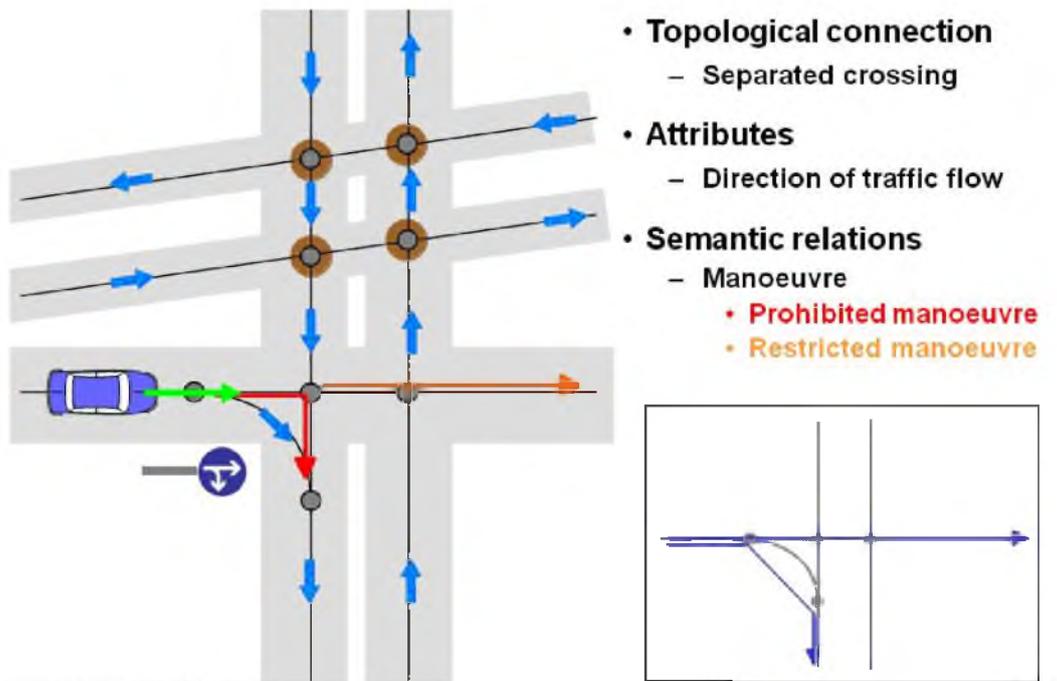


Figure 2 Topology using geometry, attributes and semantic relations

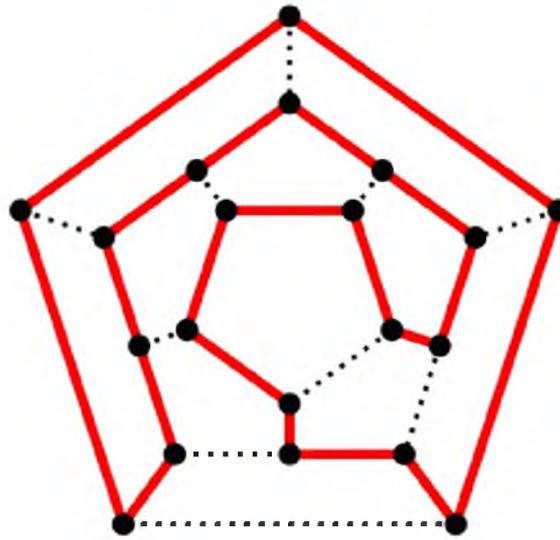


Figure 3 Hamiltonian circuit

### ROUTING – ONE APPLICATION FOR DIGITAL ROAD MAPS

To detect the route correctly the digital map has to represent the network correct. As mentioned above topology and associated methods were needed for this. Some important topological properties in this context are the distinction between point, line and areas in topological terms also named as node (also vertices), edges and faces. An adjacency matrix then shows which vertices (or nodes) are neighbouring to which other vertices. With an incidence matrix the information about the vertices connected to an edge are given. Both matrices can be calculated from each other.

Within the routing problem some basic problems of network analysis of linear topological networks are linked. One is to find the Hamiltonian circuit. A Hamiltonian circuit is a cycle that passes through every other vertex exactly once from a given vertex (cf. Fig. 3). Testing for the existence of Hamiltonian circuits in a graph is known as the Hamiltonian circuit problem. The solution of the travelling salesman problem to find a Hamiltonian circuit of minimal length (cost). Typically the start location (vertex) is pre-specified and the vertices are not necessarily assumed to lie on a pre-existing network. If certain nodes must be visited before others, the task is known as a sequential ordering problem (SOP). The information system of impurity concentration calculation in the atmosphere was created. The new approach of impurity concentration calculation was used at wind speeds which were calculated on formulas of a logarithmic profile and average on OPP.

Another important circuit in a directed graph is the Eulerian circuit (cf. Fig. 4), which visits every edge exactly once. A condition that a graph contains an Eulerian circuit is that the number of edges arriving at every included vertex, must be the same as the number of edges leaving this vertex. Also necessary to take into account to solve the routing problem are spanning trees especially minimum spanning trees. A spanning tree is a set of edges such that every vertex is connected and the network contains no cycles. Many spanning trees are possible for a given vertex set. To minimise this spanning trees lead then to the solution to find the shortest path.

In practices a lot of algorithm exist to solve the routing problem. One famous is the Dijkstra-Algorithm, others are for example the Floyd-Warshall-Algorithm or Tripel-Algorithm, the A\*-Algorithm or A-star, the Jarniks algorithm or DJP algorithm and Kruskal's algorithm.

A common feature of all these algorithm is that in big datasets the calculating time of such

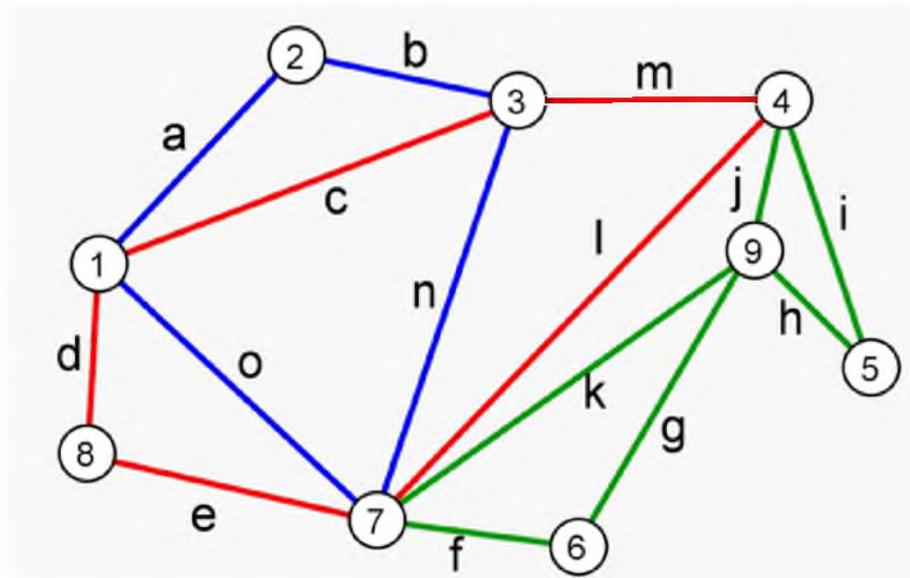


Figure 4 Eulerian circuit

algorithms increase. To make it more efficient data access strategies (Quadtree, ... ) has to be used. Another important point is to implement heuristics to get acceptable response time. At the end also not the best result will be achieved in some cases. But there will be a optimised result regarding the calculation time and the shortest path.

To calculate a path in a network not the complete network will be used for the optimisation. Possible restrictions which can be used is the direction to the destination and also the network hierarchy (which can be derived from the attributes).

Also the path that is strictly shortest is often not suitable, because it involves too many turns or uses too many narrow streets. Algorithms will often be programmed to find longer routes that use faster highways, particularly motorways. For example to calculate the route between Munich and Hamburg it can be caricatured as shortest route from origin to nearest motorway ("Autobahn") follow the motorway network and find the shortest route from nearest motorway to destination, even though this route may be far from the shortest.

#### OUTLOOK

In the next years one big problem to continuance digital roadmaps will be solved. At the moment the problems of the map makers are to keep the digital maps up-to-date. Projects are done in this context and a solution came near.

The data structure will be change due to the development of the development of the computer technology and the requirements which will defined by the new advanced driver assistant systems inside the cars.

## List of references

- [1] Lecture notes: Transport Telematics, Chapter 2: Digital Map, Dr.-Ing. Martin Metzner, IIGS 2013, not published.

УДК 72:69:001

## ПЛАНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТИВНЫХ КУРСОВ НА ОСНОВЕ ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.П. Бендер

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** In article questions of educational activity planning at design of the courses are considered, giving the chance to turn the working program of discipline into an effective brief which will direct individual cognitive activity of the students.

**Аңдатпа.** Мақалада жұмыс бағдарламасын студенттің жеке танымдық әрекетіне басшылық ететін пәрменді жұмыс құжатына айналдыруға мүмкіндік беретін курстарды жобалау кезінде білім беру қызметін жоспарлау мәселелері қарастырылған.

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы планирования образовательной деятельности при проектировании курсов, дающие возможность превратить рабочую программу дисциплины в действенный рабочий документ, который будет руководить самостоятельной познавательной деятельностью обучающегося.

Традиционно главным видом деятельности преподавателя являлась деятельность по представлению информации и реализации контроля. Нельзя сказать, что с этими функциями все преподаватели справлялись хорошо, однако в условиях стабильности, жесткой системы административного управления образованием, когда программы спускались сверху, система функционировала, лишь иногда давая сбой. Преподаватели много и правильно говорили, объясняли, показывали, призывали студентов и учащихся работать лучше. Их активность превышала активность тех, кто учился. При определении требований к обученности студентов и учащихся имела место ориентация на “личный стандарт” преподавателя.

Опыт показывает наличие, по крайней мере, двух отрицательных стереотипов в деятельности преподавателей, проявляющихся при педагогическом проектировании:

1 Замена проектирования курса в целом конструированием отдельных занятий;

2 Планирование в основном своей собственной деятельности (чаще по представлению информации и контролю) и невнимание к построению учебной деятельности тех, кто учится.

Оба эти стереотипа сформировались в условиях информационного подхода к обучению и являются очень устойчивыми. Расшатывание их требует серьезной и вдумчивой работы как со стороны носителя новой парадигмы (“Я учусь” вместо “Меня учат”), так и со стороны того, кто учится разрабатывать методические материалы.

Новые социально-экономические условия, появление Государственного образовательного стандарта (ГОСО), повышение ответственности образовательного учреждения (ОУ) за образовательную программу привели к необходимости переосмысления и реструктурирования курсов, самостоятельной разработке рабочих программ преподавателями.

Преподаватель, заново проектирующий курс, выстраивает его в соответствии с современными требованиями личности, общества и государства, делает существенный рывок в своем развитии, расширяет свои горизонты, осмысливает свою миссию, уходит от сложившихся стереотипов, становится более свободным, знающим себе и своему труду цену и, зачастую начинает заниматься исследованиями, объектами которых становится образовательный процесс и его участники.

Использование таких исследований преподавателями различных образовательных учреждений для проектирования курсов, независимо от преподаваемых предметов, возможно, позволит превратить рабочую программу в действительно рабочий документ, который адресован, прежде всего, обучающемуся (а не проверяющему) и который руководит самостоятельной познавательной деятельностью того, кто учится.

Рабочая программа - это важный документ. Уже только по ней одной можно судить о том, каков будет учебный процесс по курсу и чего следует ожидать на выходе.

Можно, конечно, разработать программу и положить ее в стол, поэтому качественная рабочая программа - еще не гарантия организации учебного процесса высокого качества и высших достижений студентов и учащихся. Она необходимое, но еще недостаточное условие прогресса в образовании, построения образовательного процесса высокого качества.

Рабочие программы дисциплин вписываются в образовательную программу в соответствии с заявленной концепцией и благодаря четко сформулированным целям.

Рабочая программа курса является его сверткой. Она может нести в себе в концентрированном виде все его основные черты. Традиционно рабочая программа являлась формальным документом, представляющим учебный курс, в котором обязательными являлись разделы: краткая записка в свободной форме и темы различных видов аудиторных занятий с указанием количества часов, отведенных на изучение.

Система образования, обеспечивающая потребности стабильного во времени общества, считает такую рабочую программу достаточной для общей характеристики курса. Частично информация об учебном курсе задается в "режиме умолчания", а качество обучения определяется маркой вуза, кафедры, колледжа в целом. В этом случае рабочая программа отражает тот факт, что центральной фигурой процесса обучения является преподаватель. Многие преподаватели "домысливают" в процессе занятий и по ходу восполняют недостаток информации о курсе. Обучающийся при этом является пассивной фигурой. Он не планирует свою деятельность по изучению курса (все детерминировано), и уж, конечно, не имеет права что-либо изменять. Главным в такой рабочей программе являлось содержание дисциплины.

Изменение условий жизни в современном обществе, среди которых следует особо выделить динамичность процессов, требует от его членов способности принимать нестандартные решения в нестандартных ситуациях. Студенты и учащиеся должны из пассивного слушателя и исполнителя чужой воли превратиться в активного участника образовательного процесса. Все это предъявляет новые требования к системе образования в целом и учебному курсу, в частности. Предполагается, что на сегодняшний день эти требования оформлены в виде Государственного общеобязательного стандарта образования (ГОСО). Лучшие проекты ГОСО, действительно, содержат минимум требований высокого уровня общности, которые могут и должны дополняться (уточняться) на региональном и вузовском уровнях, а также на уровне отдельных курсов.

Основываясь на выделении функций ГОСО - рабочая программа курса может выполнять:

1 Прогностическую функцию (рабочая программа задает предполагаемый конечный результат обучения, эта функция является главной);

2 Функцию оперативного изменения курса (тщательная структуризация материала учебного курса на основе его целей обеспечивает возможность внесения изменений в курс непосредственно в процессе обучения без утраты целостности последнего);

3 Функцию целеполагания (цели курса определяют все основные компоненты курса);

4 Информационную функцию (рабочая программа представляет в сжатой форме информацию общего характера о курсе, которая формирует представление о нем);

5 Организационно-методическую функцию (рабочая программа содержит информацию об основных организационных формах учебного процесса и особенностях методики ведения занятий);

6 Контрольно-диагностическую функцию (рабочая программа включает средства проверки степени достижения обучающимся заявленных целей курса);

7 Оценочную функцию (рабочая программа содержит в концентрированной форме всю информацию о курсе, которая может быть использована для его предварительной оценки, что важно для оценки образовательной программы и прогнозирования качества образования).

Сформулированные функции являются основой для определения требований к структуре и содержанию рабочей программы курса.

Требования к курсу (зачем учить?) являются основой для построения курса и определяются требованиями ГОСО, а также требованиями, взятыми преподавателем-проектировщиком из других авторитетных источников в соответствии с его авторским видением.

Особенности (принципы) построения учебного курса (каков курс?) дают общее представление о нем, его целях, содержательном ядре, методах организации учебной деятельности студентов и т.д. В лучших своих образцах принципы имеют “генетический” характер, т.е. содержат основания (пояснения), определяющие выбор целей курса, его содержания и организации учебного процесса. Особенности построения курса являются своеобразной “рекламой” курса, поэтому их целесообразно разместить в начале рабочей программы, хотя при проектировании, как правило, особенности формулируются после разработки основных компонентов курса.

Цели курса строятся в соответствии с требованиями, предъявляемыми к нему, и являются системообразующим компонентом курса, т.е. цели определяют все: структуру, содержание курса, деятельность обучающегося по изучению материала и содержание итогового теста или задания.

Требования, особенности и цели можно объединить в пояснительной записке к рабочей программе, а можно просто иметь это в виду.

Содержание курса (что учить?) определяет основные модули, блоки, разделы, темы курса.

Структура (что учить?) является формой представления дисциплины как целостной системы, при этом материал курса становится обозримым, определяются внутренние связи учебного материала в курсе.

Описание учебной деятельности (как?) раскрывает суть, объем и характер работы обучающегося, необходимой для усвоения курса.

Система рейтинговой оценки достижений обучающихся (какова процедура оценки?) является современным, более тонким и точным инструментом оценки качества их работы.

Контролирующие материалы (как оценить достижение целей) являются средством оценки степени обученности студента, учащегося по курсу.

Список литературы включает в себя основную и дополнительную литературу по курсу.

Рабочая программа может содержать и другие сведения о курсе, например, списки тем рефератов или основных понятий, изучаемых в курсе, а также рекомендации, советы.

Наличие каждого из перечисленных восьми компонентов в рабочей программе, по нашему

мнению, обязательно и является показателем ее качества. Вместе с тем, каждый из компонентов должен удовлетворять определенным требованиям.

Следует отметить, что качество рабочей программы зависит во многом от степени готовности преподавателя к процессу проектирования как творческому, инновационному.

Было. Есть	Хотелось бы иметь
Программа - формальный документ, необходимый проверяющим	Преподаватель несет ответственность за "образ" своего курса. Требования к курсу определяются ГОСО, работодателями и обучающимися (обязательно)
Я не думаю, что необходимо что-то менять в курсе, что смогу улучшить свою деятельность, не знаю, как это сделать и зачем	Я уверен, что смогу скорректировать свою деятельность, спроектировать курс иначе, знаю, что я должен для этого сделать
Рабочая программа курса не может быть использована для оценки качества моей деятельности по курсу (она повторяет типовую программу, является формальным документом)	Рабочая программа курса может быть использована для оценки качества моей деятельности
Самое важное и трудное – "исполнять" курс и контролировать обучающихся	Важно спроектировать курс, а затем его организовать в соответствии с педагогическим замыслом
Основным компонентом курса является содержание, определяемое типовой программой курса, требованиями ГОСО	Основным компонентом являются цели курса, определяемые в соответствии с требованиями к нему. Цели курса являются целями преподавателя и обучающегося.

Рисунок 1 Изменения в ценностных ориентациях и деятельности преподавателя

Было. Есть	Хотелось бы иметь
При сокращении часов на аудиторные занятия нет эффективных способов достижения высокого уровня подготовки обучающихся	Структуризация материала курса, выделение инвариантных способов деятельности, тщательный отбор актуальных тем, методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся, обеспечивающей достижения высокого уровня их подготовки.
Традиционные экзамены и зачеты являются трудоемкими, но надежными способами контроля достижений обучающихся по курсу (два «вопроса на воспроизведение», задача)	Тестовые задания являются современной эффективной формой контроля (конечно, не все достижения можно оценить с помощью тестов)
Обучающийся не может (и не должен) влиять активно на организуемый преподавателем процесс обучения	Обучающийся имеет право знать заранее, как организуется и контролируется образовательный процесс по курсу.
Студенты стали неуправляемыми: на занятия не ходят, ничего не хотят, поэтому никакие программы тут не помогут	Построенные программы в соответствии с современными требованиями возьмут на себя в большей степени управление образовательным процессом
Я столько лет преподавал свою дисциплину, что мне незачем учиться проектировать учебный процесс - никто лучше меня не знает, как преподавать ее	Если есть какие-то разумные рекомендации, инвариантные для построения любого курса, то я готов поучиться, как это лучше сделать
Как может работать с программой студент, который еще только приступает к изучению курса - ему там все будет непонятно	Требования-цели могут быть сформулированы так, что для их понимания и принятия обучающимися не требуется предварительная подготовка.
Цели, структура, деятельность обучаемого, самоконтроль - это все измышления педагогов, ко мне это отношения не имеет. Не хотят учиться, сделаю электронный вариант. Пусть сами учатся	Без четкого формулирования целей, выбора содержания, структуры курса и деятельности обучающихся, адекватных целям, создание учебно-методического материала в электронной форме - пустая трата времени и сил: никакого самостоятельного учения с помощью таких материалов не получится

Рисунок 2 Изменения в ценностных ориентациях и деятельности преподавателя

Многие преподаватели все-таки ориентируются лишь на форму программы, желая в эту новую форму поместить старое содержание. Или формулируют цели, но они “повисают в воздухе”, так как старое содержание просто “пристегивается” к ним. Те, кто действительно ставит для себя вечный вопрос “чему и как учить”, как правило, совершенствуют программу в несколько приемов, возвращаясь, осмысливая и корректируя ее. Это непрерывный процесс.

Для некоторых преподавателей проектирование курса становится первым этапом настоящего исследования, объектом которого является образовательный процесс. Такого рода исследования в педагогических вузах, к сожалению, являются объектом иронии со стороны тех, кто занимается “настоящей” наукой: человековедение пока не в чести. О природе мы знаем больше, чем о человеке. Но это пока плохо помогает нам в ее сохранении. Проектирование учебной дисциплины ставит вопрос об экологии образования. Спроектировать и описать свой курс так, чтобы замысел его был ясен не только узкому кругу профессионалов, но и тем, кто только приступает к его изучению, - такая цель должна стоять перед авторами программ. Все авторские курсы, введенные в образовательные программы по решению совета вуза, должны иметь рабочие программы такого рода.

Необходимо еще отметить следующее. У проектировщиков курса не сложилось бы впечатление, что, проектируя курс, возможно все предусмотреть, запланировать, измерить результат, который гарантирован.

Не будем забывать, что мы все сторонники личностного подхода в обучении. Много зависит от самой личности; ее здоровья, ценностей, интеллекта, воли и т.д. Факторов, влияющих на конечный результат (а он носит интегративный, отсроченный характер), так много, что выделить среди них только фактор “наличия хорошего проекта курса” не представляется возможным. Но намерение, которое всегда есть (не всегда осознается), совершенно необходимо осознать и преподавателю и обучающемуся. Несомненно одно: проектирование образовательной деятельности полезно для преподавателя (способствует его развитию) и для обучающегося (делает его более свободным и самостоятельным).

Хочется думать, что в результате работы над рабочей программой курса в ценностных ориентациях и деятельности преподавателя произойдут существенные изменения, которые позволят говорить об инновационном процессе. Эти изменения отражены на рисунке 1,2.

УДК 51-74

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В ПК ANSYS Fluent

С.А. Вальгер, А.В. Федоров, Н.Н. Федорова

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

**Abstract.** The abstracts deals with 2D and 3D calculations of unsteady incompressible turbulent flows in the vicinity of bluff bodies to create the methodic of the wind action calculation. Computational results are compared to experimental data on an eddy detachment frequency, mean velocity and turbulent kinetic energy.

**Keywords:** wind actions, CAE, ANSYS Fluent.

**Аннотация.** Выполнено численное исследование 2D и 3D задач обтекания, связанных с расчетом ветровых воздействий на сооружения. Результаты расчетов сопоставлены с данными экспериментов по частоте срыва вихрей, средней скорости и кинетической энергии турбулентности.

**Ключевые слова:** ветровая нагрузка, компьютерная инженерия, ANSYS Fluent.

## Введение

В связи с высокими темпами развития высотного строительства, а так же строительства объектов, представляющих собой сложные инженерные конструкции уникальной архитектуры, возникает задача по обеспечению безопасности и надежности подобных сооружений. В этом случае учет ветровых воздействий на конструкции объекта становится обязательным. При возведении новых строительных объектов в условиях плотной городской застройки необходимо принимать во внимание изменение аэродинамики окружающих строений. Современные тенденции к улучшению условий для пешеходов приводят к необходимости решения еще одной немаловажной задачи – прогнозированию и оптимизации зон пешеходной комфортности.

В российской практике для определения ветровых воздействий на сооружения применяется инженерная методика, регламентированная нормами [1]. Для определения основной ветровой нагрузки по методике [1] требуется знание аэродинамических коэффициентов, которые известны лишь для некоторых типовых конфигураций строительных объектов. Кроме того, в соответствии с [3], экспериментальные данные, полученные за последние 25 лет показывают, что принятые в [1] значения аэродинамических коэффициентов не могут непосредственно использоваться при проектировании ограждающих конструкций.

Для определения аэродинамических коэффициентов при проектировании зданий, сооружений и их элементов, для которых в действующих нормах [1] отсутствуют соответствующие значения, НТС ЦНИИСК им. Кучеренко [2] рекомендует использовать результаты продувок моделей сооружений в аэродинамических трубах или справочные данные. В [4] представлены экспериментальные значения аэродинамических коэффициентов для широкого класса зданий и сооружений. Однако при проведении экспериментов не учитывалось существенное интерференционное влияние строительных объектов друг на друга, в силу которого течение воздуха в их окрестности имеет сложную структуру с образованием рециркуляционных зон.

Проведение натуральных экспериментов в дозвуковых аэродинамических трубах [5-10] для определения ветровых воздействий на строительные сооружения (в т.ч. мостовые конструкции, объекты высотного строительства, трубы и другие объекты) является дорогостоящим и требует длительного процесса подготовки, включая разработку и изготовление масштабной физической модели. Однако в силу ограниченности размеров и диапазона параметров экспериментальной установки, не все натурные физические условия могут быть воспроизведены в эксперименте. Кроме того, для разработки мероприятий по снижению ветровых нагрузок на здания и сооружения необходима серия экспериментов по учету интерференционного влияния объектов в зависимости от взаимного расположения, что требует дополнительных финансовых затрат.

Вычислительный эксперимент по сравнению с экспериментом натурным значительно дешевле и доступнее, его подготовка и проведение требует меньшего времени, и он дает более подробную информацию.

Вопросам численного моделирования ветровых воздействий на строительные конструкции посвящено значительное количество отечественных и зарубежных работ [11-15]. В последние годы

в качестве инструментов для решения подобных задач стали применяться крупные расчетные пакеты, такие как Fluent и CFX [16], OpenFOAM [17], STAR-CD и STAR-CCM+ [18] и т.д. Так, в [11] разработана методика расчета ветровых воздействий на высотные здания и их комплексы, основанная на применении и адаптации ПК ANSYS CFX. Выполнено компьютерное моделирование ветровых воздействий на реальные строительные объекты, такие как ЖК Аквамарин (г. Владивосток), ММДЦ "Москва-Сити" (г. Москва). В [12] приведены результаты численного моделирования ветровых нагрузок на рекламные щиты, выполненных в ПК ANSYS Fluent с использованием  $k - \epsilon$  RNG модели турбулентности.

Активное внедрение современных программных комплексов в инженерную практику порождает необходимость их тестирования на различных задачах промышленной аэродинамики. Актуальными остаются вопросы по выбору моделей турбулентности, воспроизводящих турбулентные пульсации течения в окрестности строительного объекта, и их применимость при решении реальных инженерных задач. Так же недостаточно изучены вопросы интерференции объектов при ветровом воздействии и возможности оптимизации взаимного расположения зданий и сооружений с целью снижения пассивной и активной ветровой нагрузки, создания зон пешеходной комфортности. Эти вопросы могут быть решены путем дополнительных комплексных расчетных и экспериментальных исследований.

В настоящей работе представлены результаты 2D и 3D численного моделирования течений воздуха в окрестности плохообтекаемых тел. В качестве расчетной среды использован ПК ANSYS Fluent [19], предоставляющий большой выбор математических моделей и расчетных методов для решения задач механики жидкости и газа. В предыдущих работах авторов [20, 21] представлены некоторые результаты по расчету 2D задач ветрового воздействия на сооружения с использованием ANSYS Fluent. В настоящей работе представлены результаты расчетов 3D задачи и проведено сопоставление данных, полученных в рамках 2D и 3D подходов. Целью настоящей работы является тестирование расчетной методики на доступных экспериментальных данных и выработка практических рекомендаций по использованию современных коммерческих пакетов инженерного анализа для задач аэродинамики строительных объектов в условиях их интерференционного влияния.

### Тестовая задача. Моделирование 2D течений в окрестности цилиндра

Наиболее распространенной тестовой задачей периодического отрывного течения является течение в окрестности цилиндра с образованием вихревой дорожки Кармана. Изучению данного явления посвящено большое количество работ [22 - 26]. На основании многочисленных экспериментальных данных, выполненных в различных аэродинамических установках, получена обобщенная немонотонная зависимость числа Струхала  $Sh = \frac{nd}{U_\infty}$  ( $n$  - частота срыва вихрей,  $U_\infty$  - скорость набегающего потока,  $d$  - диаметр цилиндра) от числа Рейнольдса набегающего потока  $Re = \frac{U_\infty d}{\nu}$ ,  $\nu$  - кинематическая вязкость среды [4].

Для верификации методики расчета течений воздуха в окрестности плохообтекаемых тел с использованием ПК ANSYS Fluent в данной работе проведено моделирование течения в окрестности цилиндра (диаметр цилиндра  $d = 0.03$  м) в диапазоне чисел Рейнольдса набегающего потока  $100 < Re < 20000$ . Вариация числа Рейнольдса проводилась за счет изменения скорости набегающего потока.

Численное моделирование выполнено на основе системы нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, записанной в переменных скорость-давление. Температура среды предполагалась постоянной. Для замыкания осредненных уравнений использованы  $k - \omega$  SST

[27] и SAS [28] модели турбулентности. Для аппроксимации производных по пространственным переменным использована конечно-объемная MUSCL схема второго и третьего порядков аппроксимации [29]. Для временной аппроксимации использовалась неявная схема второго порядка аппроксимации.

Геометрия расчетной области представлена на рис. 1, а. На входе в расчетную область был задан равномерный поток несжимаемой жидкости, набегающей со скоростью  $U_\infty = 0.049 \div 9.8$  м/с при атмосферном давлении  $P_\infty = 10^5$  Па. В качестве входных условий для турбулентных параметров задавались уровень кинетической энергии турбулентности  $I = 0.15 \div 0.8\%$  и масштаб турбулентности  $L = 0.001 \div 0.03$  м. В выходном сечении было задано значение статического давления  $P = P_\infty$ . На поверхности цилиндра заданы условия прилипания. На верхней и нижней границе расчетной области было задано условие непротекания, т.е. равенство нулю нормальной компоненты скорости, все остальные параметры экстраполировались из внутренних ячеек расчетной области.

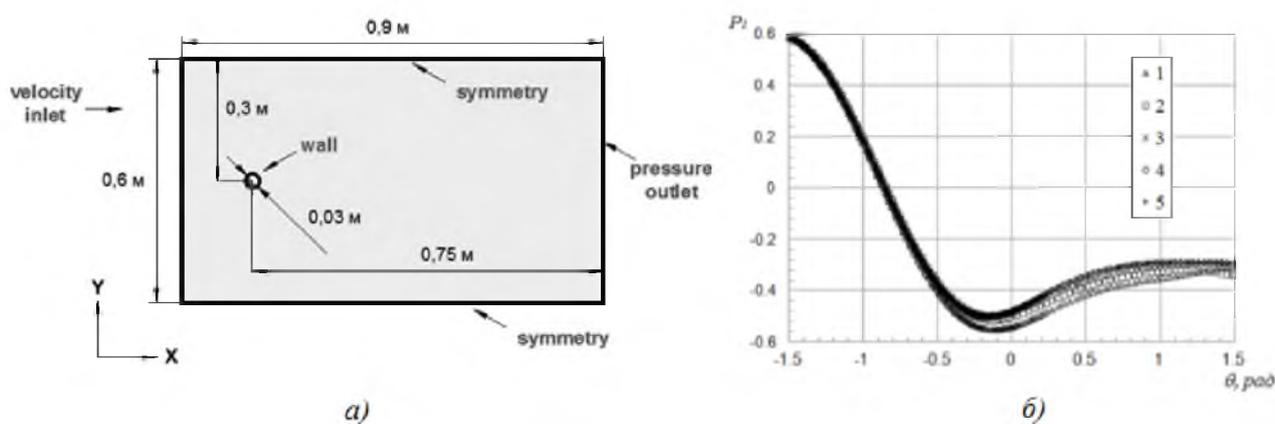


Рисунок 1 Расчетная область и граничные условия (а) и мгновенные распределения безразмерного статического давления вдоль верхней поверхности цилиндра для различных расчетных сеток (б)

Структурированная многоблочная расчетная сетка со сгущением к поверхности цилиндра построена средствами ANSYS Meshing. Начальная сетка включала около 40 тыс. ячеек. В процессе расчета сетка несколько раз адаптировалась методом встраивания дополнительных подуровней ячеек [30] по градиенту модуля скорости численного решения, полученного на предыдущих этапах. При расчете турбулентных течений для разрешения ламинарного подслоя проводился контроль шага сетки вблизи поверхности цилиндра. С этой целью проводилась адаптация сетки по величине (автомодельной переменной в законе стенки-следа в первом от поверхности узле сетки) для достижения условия  $y_1^+ < 1$ . Итоговая сетка в зависимости от  $Re$  включала  $150 \div 1400$  тысяч расчетных ячеек. На каждом временном шаге выполнялись итерации по нелинейности до получения сходимости, при этом относительные невязки всех уравнений становились менее  $10^{-5}$ . Шаг по времени выбирался из условия устойчивости итерационного процесса и в зависимости от сетки варьировался в диапазоне  $1.5 \times 10^{-4} \div 0.1$  сек.

На рис. 1, б приведены мгновенные распределения относительного безразмерного статического давления на верхней поверхности цилиндра в зависимости от угла  $\theta$ , образованного осью  $x$  и радиусом к точке на цилиндре. Численные решения получены при  $Re = 100$  на сетках с количеством расчетных ячеек  $N = 39632$  (1), 92783 (2), 116141 (3), 136736 (4) и 172892 (5). Ри-

сунок показывает, что максимальное давление наблюдается в передней критической точке. При  $\theta \approx 0.864$  рад относительное давление становится отрицательным. После достижения минимума при  $\theta = -0.098$  рад давление, оставаясь отрицательным, начинает расти. Для этого случая точка отрыва, полученная по результатам анализа распределения коэффициента поверхностного трения на поверхности цилиндра, находится при  $\theta = 0.43$  рад. Для последних двух значений  $N$  кривые распределения давления совпадают, что доказывает сходимость по сетке. Сеточно независимые решения получены для всех описанных ниже расчетных случаев.

На рис. 2,а представлено мгновенное поле модуля скорости  $V$  для числа Рейнольдса  $Re = 3900$  на момент времени  $t = 5.042$  сек., полученное в расчете с использованием  $k - \omega$  SST модели турбулентности. Рисунок показывает, что вихри, срывающиеся с задней поверхности цилиндра, распространяются вниз по потоку, образуя вихревой след. Максимальная скорость течения наблюдается в зоне срыва вихря с поверхности тела и составляет  $V = 1.8U_\infty$ . Анализ течения показывает, что переход к турбулентности происходит в ближнем следе за цилиндром.

Для оценки нестационарных эффектов после выхода решения на квазистационарный режим на каждом временном шаге записаны значения интегральной величины подъемной силы, действующей на цилиндр. Отрезок времени  $T$ , для которого произведена запись, по порядку превышал характерный период задачи, связанный со схождением вихрей с задней кромки цилиндра. С помощью быстрого преобразования Фурье с применением оконных функций Хемминга, Блэкмана-Наталла [31] в ПК MathCAD [32] определены основные частоты срыва вихрей с поверхности цилиндра, по которым получены безразмерные числа Струхала. На рис. 2, б представлены значения числа Струхала в зависимости от чисел Рейнольдса. Сплошная линия представляет собой аппроксимационную кривую, построенную в [4] на основе экспериментальных данных, а точками обозначены значения, полученные на основе численных расчетов с  $k - \omega$  SST и SAS моделями турбулентности при различных уровнях интенсивности турбулентных пульсаций  $I$ , характерных масштабах турбулентных пульсаций  $L$  и количестве ячеек расчетной сетки  $N$ .

Соответствие экспериментальных данных и результатов численного моделирования для рассмотренных моделей турбулентности можно считать удовлетворительным. Однако при использовании SAS модели требуется более подробная расчетная сетка, чем в случае расчета с использованием  $k - \omega$  модели. Модель SAS является так же более чувствительной к начальным данным, поэтому ее следует применять в том случае, когда на входе в расчетную область известны параметры турбулентности, например кинетическая энергия и масштаб турбулентных пульсаций. В дальнейших расчетах для замыкания осредненных уравнений Навье-Стокса использована  $k - \omega$  SST модель турбулентности.

### Моделирование 2D турбулентных течений в окрестности двух квадратных призм

Основной целью этого этапа являлась оценка взаимного интерференционного влияния обтекаемых тел. Расчеты выполнены в условиях экспериментов [8], в которых исследована структура течения в окрестности двух призм квадратного сечения с характерным размером  $H = 0.045$ , расположенных на расстоянии  $D$  на линии, перпендикулярной к набегающему потоку. Скорость внешнего потока  $U_\infty$  в эксперименте составляла 1 и 10 м/с. В [8] также проведено исследование пульсаций скорости в следе за призмами в зависимости от расстояния, которое варьировалось в диапазоне  $L = 0 \div 6L$ .

На основе экспериментов в зависимости от расстояния  $D$  были выявлены 4 типа течения. Согласно [8], при нулевом расстоянии две призмы обтекаются как единое тело, образуя единую дорожку Кармана с числом Струхала 0.11. При величине зазора  $D/H = 0.1 \div 0.6$  протекающий

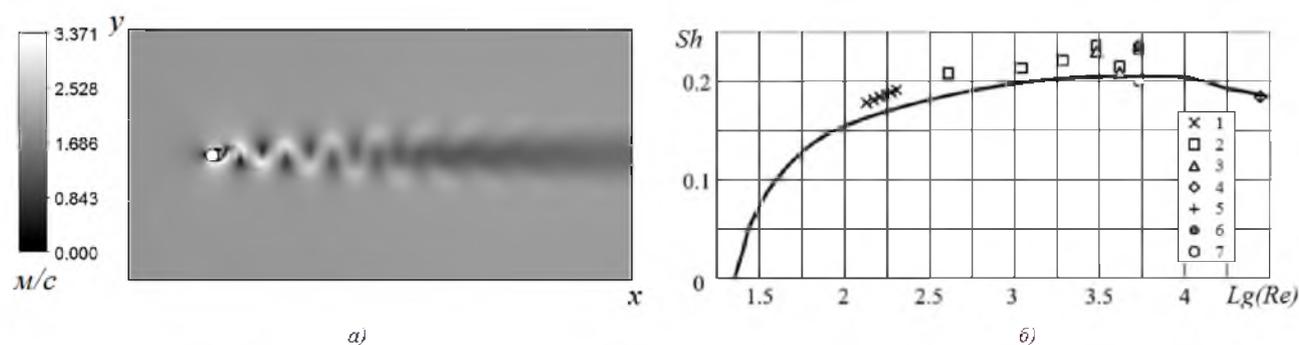


Рисунок 2 Мгновенное поле модуля скорости для  $Re = 3900, t = 5.042$  (а) и расчетные числа Струхалия в сравнении с экспериментальными данными (б): сплошная линия - результаты эксп. [4]; 1-ламинарный расчет; 2 -  $k - \omega$  SST,  $I = 0.3\%, L = d, N = 100000$ ; 3-  $k - \omega$  SST,  $I = 0.15\%, L = d, N = 100000$ ; 4 -  $k - \omega$  SST,  $I = 0.2\%, L = d, N = 100000$ ; 5 -  $k - \omega$  SST,  $I = 0.2\%, L = d, N = 300000$ ; 6 - SAS,  $I = 0.8\%, L = 0.005, N = 500000$ ; 7 - SAS,  $I = 0.8\%, L = 0.001, N = 1400000$

между призмами поток попеременно отклоняется то в одну, то в другую сторону, а регулярная дорожка Кармана формируется па достаточно большом расстоянии вниз по потоку. При  $D/H = 0,7 \div 1.9$  вихри, срывающиеся попеременно то с одной, то с другой призмы, интерферируют, формируя общую дорожку Кармана. И, наконец, при  $D/H > 2$  в следе за призмами синхронно формируются отдельные вихревые дорожки с числами Струхалия около 0.13.

Расчеты выполнены с рамках 2D подхода с использованием описанного в разделе 1 численного метода для представленной на рис. 3,а расчетной области, при  $L_1 = 5H, L_2 = 15H, W = 7H$ . Использовались регулярные прямоугольные расчетные сетки, сгущающиеся к поверхности призм, с количеством расчетных ячеек  $N = 3 \cdot 10^5 \div 1.1 \cdot 10^6$ . По расчетам получены результаты, качественно согласующиеся с данными экспериментов и воспроизводящие все описанные выше режимы течения. На рисунке 3,б показано мгновенное поле коэффициента давления, полученное в расчетах при  $D/H = 1$ , что соответствует третьему режиму интерференции, описанному в [8]. Рисунок показывает, что перед телами возникает единая зона высокого давления, а в следе наблюдается несимметричная вихревая картина, образованная попеременным сходом одного или двух вихрей с кромок левой и правой призм.

В таблице 1 представлены расчетные результаты по числу Струхалия для четвертого режима обтекания  $D/H = 6$ , которые показывают, что сходимость по сетке в этой задаче достигается при достаточно большом количестве расчетных узлов, при этом данные расчетов хорошо совпадают с экспериментальным результатом

Таблица 1 Расчетные числа Струхалия для  $D/H = 6$  при различном количестве узлов сетки в сравнении с экспериментальными значениями

	Расчет			Эксперимент [8]
Кол-во узлов сетки	290 000	550 000	1 100 000	-
Число Струхалия	0.0945	0.1071	0.136	0.13

### Численное моделирование турбулентного течения воздуха в окрестности 3D параллелепипеда

В качестве исходных данных, а так же для верификации результатов использованы данные

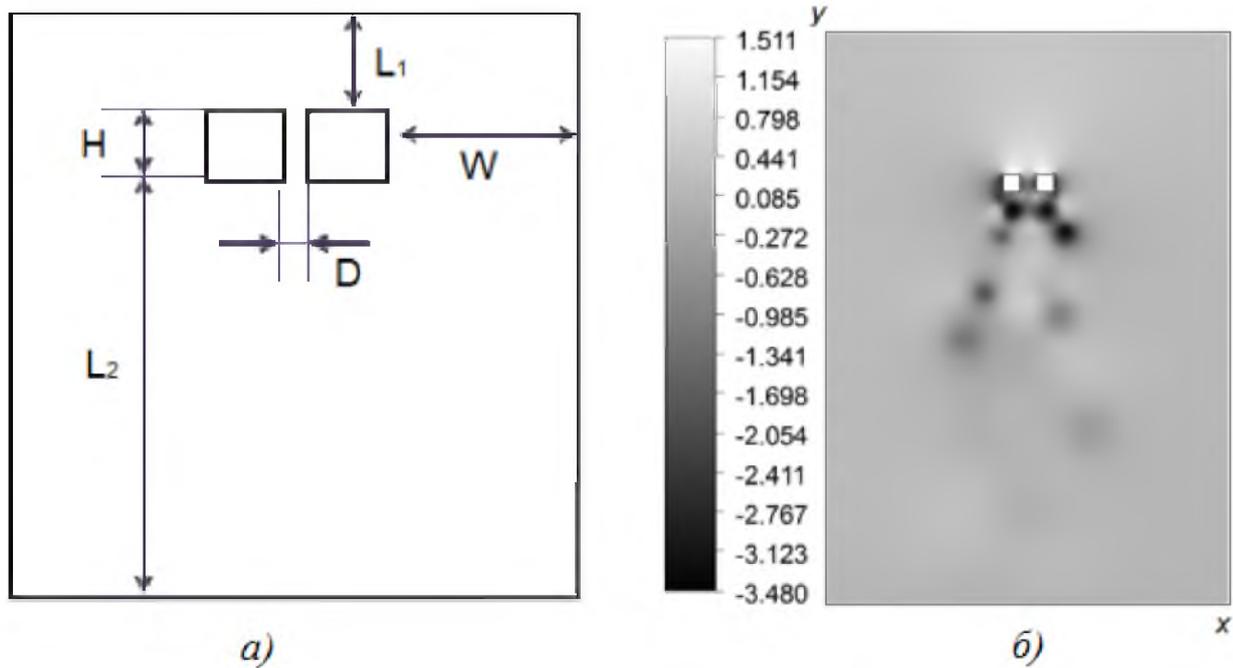


Рисунок 3 Схема расчетной области 2D задачи об обтекании призм в плане (а) и мгновенное поле расчетного статического давления для  $D/H = 1$  (б)

эксперимента [33, 34], проведенного в аэродинамической трубе Токийского Политехнического университета рабочей группой Технологического Института Ниигаты. Численное моделирование выполнено на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса несжимаемой жидкости, дополненных  $k - \omega$  SST моделью турбулентности с использованием описанного выше численного алгоритма.

На рис. 4а представлена расчетная схема 3D задачи в окрестности параллелепипеда с соотношением сторон 2:1:1. Начало координат находилось на нижней плоскости расчетной области в точке пересечения центральных сечений параллелепипеда. Размеры расчетной области выбраны в соответствии с рекомендациями [33]. В частности, высота расчетной области составляла  $7H$ , расстояние от входного сечения до призмы -  $5H$ , до выходного сечения  $15H$ , до боковых граней -  $5H$ . Параллельно с 3D, решена аналогичная 2D задача с геометрической областью, представляющей собой центральное сечение пространственной области.

На входе в расчетную область были заданы профили скорости и кинетической энергии турбулентности в соответствии с экспериментальными данными [33]. Максимальная скорость потока составляла  $U_\infty = 6.75$  м/с при толщине пограничного слоя  $\delta = 0.6$  метра. Число Рейнольдса задачи, вычисленное по  $U_\infty$  и  $\delta$ , равно  $Re = 2.7 \cdot 10^5$ . На высоте здания  $H = 0.16$  м скорость составляла 4.5 м/сек. Исходная расчетная сетка 3D задачи, фрагмент которой представлен на рис. 4б, составляла 2 млн. ячеек. На промежуточных этапах решения производилась адаптация расчетной сетки методом встраивания дополнительных подуровней ячеек в областях высоких градиентов модуля скорости. Сходимость по сетке получена на 20 млн. расчетных ячеек.

В результате расчета нестационарной задачи получено квазистационарное численное решение. На рис. 5 показано расчетное поле относительного статического давления, линии тока и поле модуля скорости в окрестности призмы. Можно видеть, что течение имеет явно выраженный трехмерный характер. За призмой образуется вихревая зона. Максимальная скорость в течении

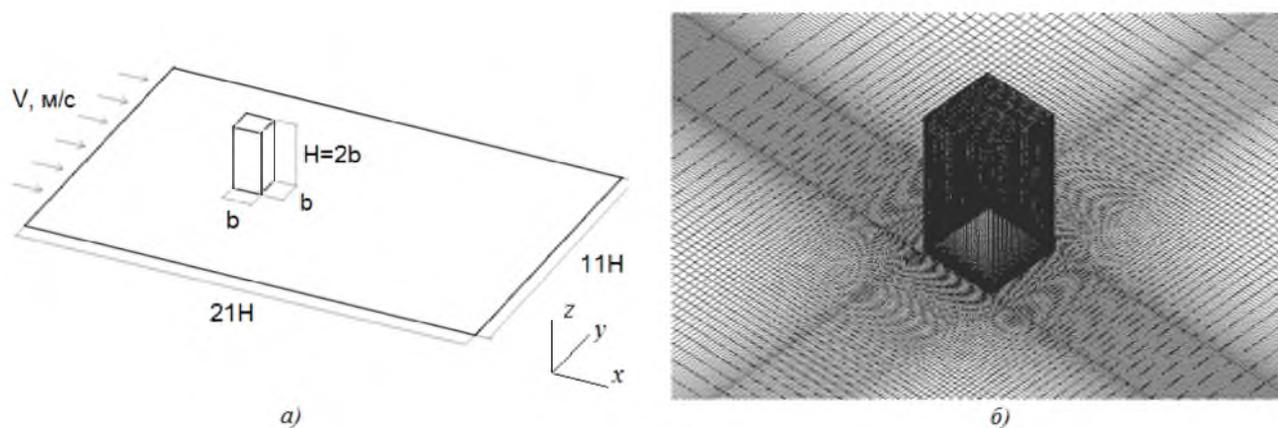


Рисунок 4 Схема расчетной области 3D задачи (а) и структура исходной расчетной сетки в окрестности призмы (б)

возникает в областях срыва вихрей с острых боковых кромок призмы и равна 6.7 м/с. Максимальное избыточное давление наблюдается в верхней части фронтальной плоскости призмы, в то время как над верхней поверхностью и за обтекаемым телом давление отрицательное.

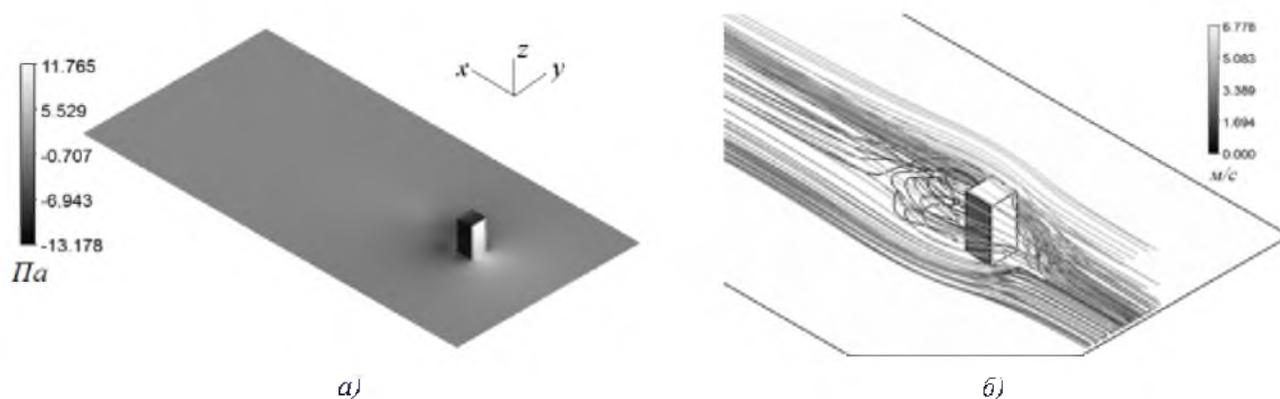


Рисунок 5 Расчетное поле относительного статического давления (а) и линии тока, поле модуля скорости (б)

На рис. 6, а, б показаны поля скорости  $U_x$ , полученные по результатам 2D расчета (а) и в центральном сечении расчетной области в случае 3D расчета (б). Как видно, в случае 2D моделирования размер отрывной зоны за призмой существенно больше, чем в случае 3D расчета. Так же наблюдается 25% увеличение максимальной скорости течения в окрестности призмы по сравнению с расчетом в 3D, что приводит к увеличению ветрового напора и, соответственно, давления на стенки призмы. Сопоставив профили расчетных давлений, полученных в центральном сечении на наветренной и подветренной сторонах для 2D и 3D расчета (рис. 6, в), можно сделать вывод о существенных количественных расхождениях. Так, в случае 3D расчетов максимальный перепад относительного давления на наветренной и подветренной сторонах призмы не превышает  $18 \div 20$  Па, в то время как для 2D расчета это значение равно  $40 \div 43$  Па.

Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными [33] производилось по профилям скоростей потока и кинетической энергии турбулентных пульсаций на вертикальной центральной плоскости области в сечениях  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 0.06$ ,  $x_3 = 0.26$  м. На рисунке 7 а, б показаны профили скорости  $U_x$  и кинетической энергии турбулентности  $K$  в сечении  $x_1$  (над телом), иолу-

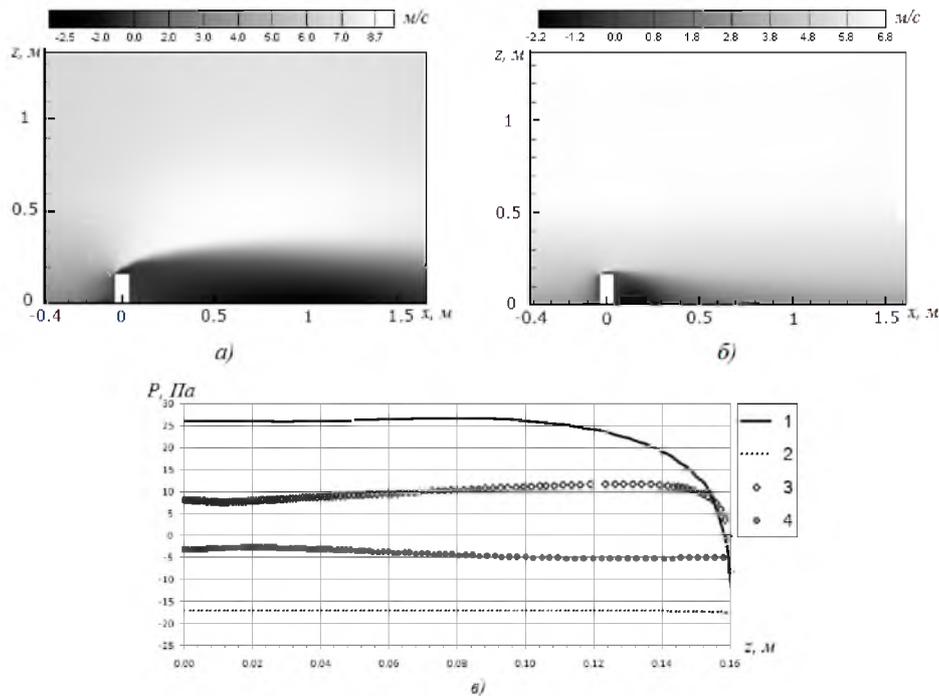


Рисунок 6 Поле скорости  $U_x$  в центральном сечении расчетной области: по результатам 2D расчета (а) и 3D расчета (б), а так же сравнение расчетных значений давления на призме вдоль центрального сечения (в): 1-наветренная сторона, 2D; 2 - подветренная сторона, 2D; 3 - наветренная сторона, 3D; 4 - подветренная сторона, 3D

ченные в [33] экспериментально и по результатам численного 2D и 3D моделирования во Fluent.

Профили 3 и 4 соответствуют результатам 3D численного расчета с различными параметрами турбулентности на входной границе: характерный масштаб турбулентных пульсаций  $L$  равен  $H$  и  $0.1H$ , соответственно. В случае 2D расчета распределение скорости ветра по высоте качественно совпадает с полученным в ходе экспериментов, при этом значения скорости в точках замера существенно различаются. Так, при 2D расчетах скорость  $U_x$  в окрестности параллелепипеда была существенно завышена, ее максимальное значение над объектом составляло 7.2 м/с. При 3D расчетах наблюдалось качественное и количественное совпадение с экспериментальными данными и максимальная скорость  $U_x$  над объектом не превышала 5.5 м/с. Профили кинетической энергии турбулентных пульсаций в 3D расчетах также качественно совпадают с экспериментами [33], однако, имеются количественные расхождения с [33] значений в точках замера. Причиной количественных расхождений является неточное соответствие входных профилей кинетической энергии и диссипации турбулентных пульсаций реальному распределению, а так же небольшое расстояние от входной границы области до объекта, что не позволяет профилям сформироваться.

### Заключение

В работе проведено исследование нестационарных турбулентных течений в окрестности модельных тел и их систем в рамках 2D и 3D подходов с целью разработки и отладки методики моделирования ветровых воздействий на конструкции. Рассмотрены особенности численного моделирования задач ветрового обтекания с использованием расчетного комплекса ANSYS Fluent.

Исследованы особенности применения RANS моделей турбулентности: SAS и  $k - \omega$  SST. В качестве наиболее адекватно воспроизводящей основную частоту срыва вихрей в условиях неопределенности начальных параметров турбулентного потока выбрана RANS  $k - \omega$  SST модель

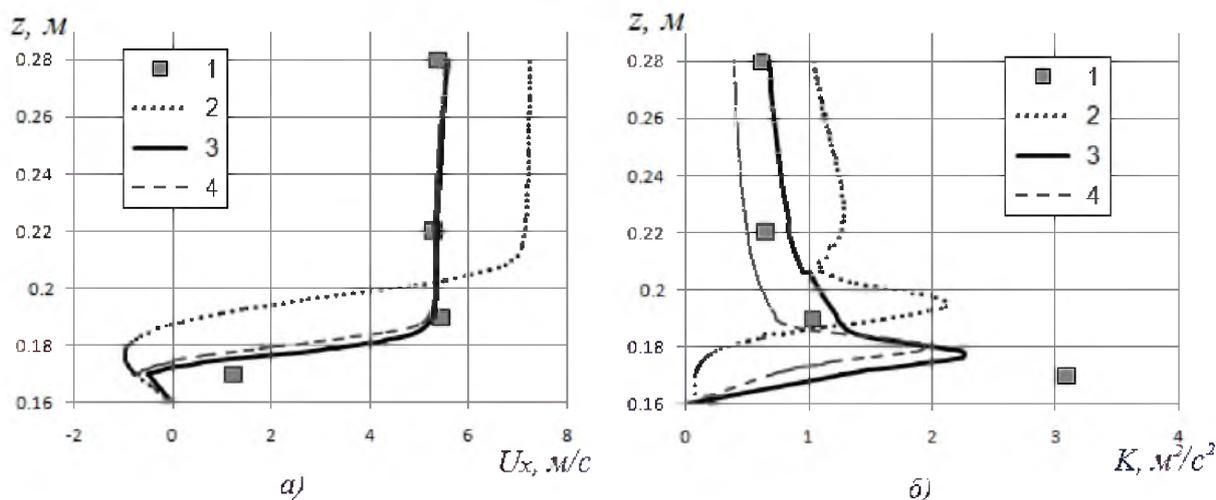


Рисунок 7 Сравнение экспериментальных данных и результатов численного моделирования: 1 - эксп. [33]; 2 - 2D расчет; 3 - 3D расчет ( $L=H$ ); 4 - 3D расчет ( $L=0.1H$ ) а) Профили скорости  $U_x$ , м/с в сечении  $x_1$

турбулентности.

Так же немаловажным критерием при решении задач строительства является размерность расчетной сетки,  $k - \omega$  SST модель позволяет разрешить характерные особенности турбулентного течения на сравнительно небольших по количеству узлов сетках в отличие от SAS подхода, при котором к расчетной сетке предъявляются более жесткие требования. Расчетная методика с применением  $k - \omega$  SST модели оттестирована на экспериментальных данных из литературы как для одиночных тел, так и с учетом интерференционного влияния объектов друг на друга. Для всех расчетных задач получено качественное и количественное согласование результатов с экспериментами.

Так же рассмотрен вопрос применимости 2D подхода к моделированию ветровых воздействий на объекты на основе эксп. данных [33]. Выявлено существенное расхождение результатов 2D и 3D расчетов, включая размер отрывных зон, скорость ветра и давление на стенки объекта. В 2D расчетах разность относительного ветрового давления на наветренной и подветренной сторонах в 2 раза превышает полученные в 3D случае значения, что связано с существенным влиянием трехмерных эффектов в расчетной области.

## Список литературы

- [1] Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.07-85\*. Нагрузки и воздействия. – М.: ФГУП ЦПП, 2010. – 72 с.
- [2] <http://www.cstroy.ru/>
- [3] МДС 20-1.2006. Временные нормы по назначению нагрузок и воздействий, действующих на многофункциональные высотные здания и комплексы в Москве. – М.: ФГУП «НИЦ «Строительство», 2006. – 840 с.

- [4] Березин М.А. Атлас аэродинамических характеристик строительных конструкций / Березин М.А., Катюшин В.В. - Новосибирск: Альма, 2001. - 130 с.
- [5] Попов Н.А. Проведение комплекса работ по статистическому и графическому анализу результатов модельных испытаний в аэродинамической трубе здания, возводимого на участках №2-3 ММДЦ "Москва-Сити" и прилегающих пешеходных зонах . - М.: Эталон-Проект, 2007. - 85 с.
- [6] Саленко, С.Д. Структура течения в окрестности двух цилиндров квадратного поперечного сечения / С.Д. Саленко, А.Д. Обуховский, Ю.В. Телкова // Аэродинамика и динамика полета летательных аппаратов: тез.докл. VIII школы-семинара СибНИА / под ред. А.Г. Румянцева. - Новосибирск, 2010. - С. 45-49
- [7] Саленко, С.Д. Гашение аэроупругих колебаний пролетного строения моста через реку Обь / С.Д. Саленко, А.Д. Обуховский, Ю.В. Телкова // В мире научных открытий. Сер.: Математика. Механика. Информатика. - Красноярск: Научно-инновационный центр, 2011. - № 1 (13). - С. 167-176.
- [8] Саленко, С.Д. Исследование структуры течения в окрестности двух балок квадратного поперечного сечения в условиях интерференции / С.Д. Саленко, А.Д. Обуховский, Ю.А. Гостеев, Ю.В. Телкова // Теплофизика и аэромеханика. - 2010. - Т. 17, № 2. - С. 313-323.
- [9] Николаев С.В., Острецов В.М. и др. Аэродинамические испытания макетов высотных зданий и комплексов. // Уникальные и специальные технологии в строительстве (UST Build 2005). - М.: Дом на Брестской, 2005. с. 82-84
- [10] Mehta K. C. Field experiments for building aerodynamics // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 50. 1993, p. 213-224
- [11] Дубинский С. И. Численное моделирование ветровых воздействий на высотные здания и комплексы: дис. канд. тех. наук: 05.13.18/ Дубинский Сергей Иванович. - М., 2010. - 198 с.
- [12] Крупин В.П. Шмелев Г.Н., Хусаинов Д.М., Козлов М.В., Сунгатуллин А.Р., Жерехов В.В. Использование программных комплексов для определения ветровой нагрузки на рекламные сооружения, устанавливаемые на крыше здания // Известия КазГАСУ, 2010, № 2 (14). С. 121-125
- [13] Гувернюк С. В. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий / Гувернюк С.В., Гагарин В.Г. // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика «АВОК». - 2006. - №8. - С. 18 - 24
- [14] Гутников В.А. Математическое моделирование аэродинамики городской застройки / Гутников В.А., Кирякин В.Ю., Лифанов И.К., Сетуха А.Н. -М.: "Пасья". 2002. - 244 с.
- [15] Смирнов Е.М. Метод конечных объемов в приложении к задачам гидрогазодинамики и теплообмена в областях сложной геометрии / Смирнов Е.М., Зайцев Д.К.- С.-Петербург: Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2004. - № 2.-С.1-22
- [16] [www.ansys.com](http://www.ansys.com)

- [17] <http://www.openfoam.com>
- [18] <http://www.cd-adapco.com>
- [19] ANSYS Academic Research, Custom number №531496
- [20] Вальгер С.А., Федорова Н.Н., Моделирование ветровых воздействий на конструкции в ПК ANSYS // XXIII семинар по струйным, отрывным и нестационарным течениям: сборник трудов / под ред. Г.В. Кузнецова и др.; – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. С. 73-77
- [21] Вальгер С.А., Федорова Н.Н., "Численное исследование обтекания зданий турбулентным потоком воздуха в ПК ANSYS Fluent" // Труды НГАСУ, 2013 (в печати)
- [22] Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. – М.: Мир, 1986. – 184 с.
- [23] Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе – Теоретическая гидромеханика, т. I. М – Л, Гостехиздат, 1948.  
bibitem24 Л. Г. Лойцянский – Механика жидкости и газа. Москва, «Наука», 1978.
- [24] Чжен П. Отрывные течения. – М.: Мир, 1972-1973. Т.1 – 300с. Т2 – 280 с. Т3 – 334 с.
- [25] Г. Фершинг, Основы аэроупругости: Пер. с нем. К.Ф. Плитта/под ред. Г.М. Фомина. - М.: Машиностроение, 1984. - 600 с.
- [26] Menter F.R. Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Application, 1994 г
- [27] Menter F. R., Egorov Y. SAS Turbulence Modelling of Technical Flows, 2006 г
- [28] Van Leer B. Towards the ultimate conservative difference scheme V: a second – order sequel to Godunov's method // Journ. of Comput. Phys., 1983. Vol. 32, No. 1. p. 101–136
- [29] Гильманов А. Н. Методы адаптивных сеток в задачах газовой динамики.— М.: Наука. ФНЗ-МАТЛИТ, 2000. — 248 с.
- [30] Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. — М.: Мир, 1972. — 142 с.
- [31] Воскобойников Ю.Е. Программирование и решение задач в пакете Mathcad. —Новосибирск: НГАСУ, 2002. —136 с.
- [32] Yoshihide Tominaga, AIJ guidelines for practical applications of CFD to pedestrian wind environment around buildings / Yoshihide Tominagaa, Akashi Mochida, Ryuichiro Yoshie, Hiroto Kataokad, Tsuyoshi Nozue, Masaru Yoshikawaf, Taichi Shirasawa // Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. – 2008. – № 96. – P. 1749 – 1761
- [33] Mochida, A., Comparison of various k- $\epsilon$  model and DSM applied to flow around a high-rise building - report on AIJ cooperative project for CFD prediction of wind environment / Tominaga, Y., Murakami, S., Yoshie, R., Ishihara, T., Ooka, R. // Wind And Structures 5. - 2002. - No.2-4.- 227-244.

УДК619:615.32(31)

## БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАОЛИНИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БАГРАТИОН»

А.Л. Воробьев, М.С. Данилов, С.С. Лутай, Е.А. Асангалиев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The article presents the results of biochemical studies kaolinite deposits "Bagration" Ulan district of East Kazakhstan region. Found that the mineral compound comprises in its structure oxides of silicon, aluminum, iron, calcium, and other chemical compounds. The concentration of toxic elements (cesium, strontium, lead, and other compounds) is below acceptable standards. Kaolinites not possess toxic properties on laboratory animals (white mice and rats).

**Keywords:** Kaolinite, the biochemical properties of silicon oxide, toxicity, body weight of mice.

**Аңдатпа.** Бұл мақалада Шығыс Қазақстан облысы Ұлан ауданы «Багратион» пайдалы қазба кен орнынан алынған каолиниттердің биохимиялық көрсеткіштері зерттелген. Минералдық қоспасының негізгі құрамы кремний оксиды, алюминийден, темірден, кальцийден және басқада химиялық қоспалардан тұратыны ғылыми негізде анықталған. Ауыр металдар және улы элементтер концентрациясы (цезий, стронций, қорғасын және басқада қоспалар) тексеру барысында стандартты көрсеткіштен нормасының төмен екені анықталған. Лабораториялық жануарларды (ақ тышқандар және егеуқұйрықтар) зерттеу барысында каолиниттің улы көрсеткішінің жоқтығы анықталған.

**Аннотация.** В статье изложены результаты биохимических исследований каолинитов месторождения «Багратион» Уланского района Восточно-Казахстанской области. Установлено, что данное минеральное соединение содержит в своем составе оксиды кремния, алюминия, железа, кальция и другие химические соединения. Концентрация токсических элементов (цезия, стронция, свинца и других соединений) находится ниже допустимых норм. Каолиниты не обладают токсическими свойствами в отношении лабораторных животных (белых мышей и крыс).

**Ключевые слова:** каолинит, оксид кремния, токсичность, живая масса мышей.

В настоящее время в Восточно-Казахстанской области и других регионах Казахстана важнейшей экологической задачей является ликвидация последствий загрязнения окружающей среды солями тяжелых металлов, радонуклеидами, токсинами и т.п., которые с кормами поступают в организм животного, накапливаются в нем и затем с продуктами питания попадают в организм человека, вызывая различные патологические процессы.

Один из способов решения этой проблемы – нейтрализация отрицательного воздействия токсических веществ на биологические объекты за счет сорбционной детоксикации – очищения различных объектов с использованием сорбентов. Наиболее перспективным в этом отношении являются природные минералы.

В Восточно-Казахстанской области имеются значительные залежи природных каолинитов, одно из них (месторождение «Багратион») расположено в Уланском районе. Задачей данных исследований было изучение биохимических свойств каолинитов данного месторождения.

Каолиниты представляют собой однородный сыпучий порошок от серого до светло-желтого цвета, без вкуса и запаха. При электронно-микроскопическом исследовании каолинитов (x3000) установили, что частицы данного минерала имеют размеры от 2 до 5 мкм, уплощенной формы, толщиной 1-2 мкм (рисунок 1).

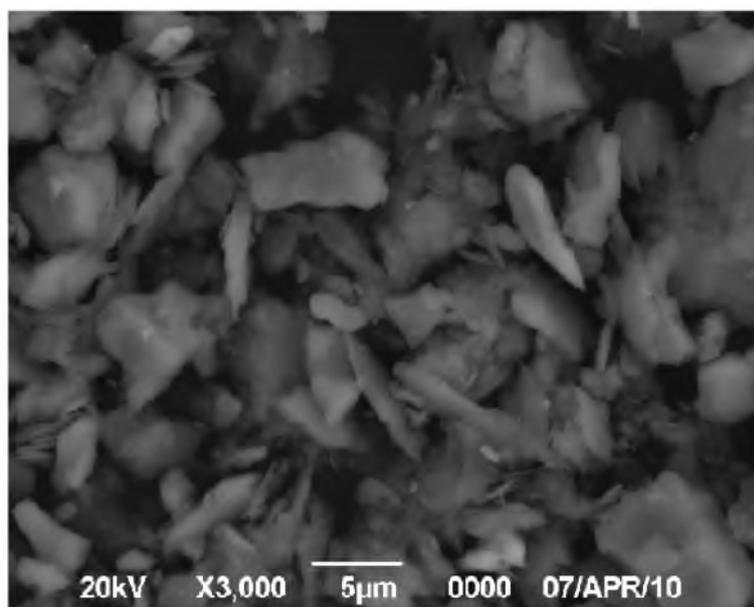


Рисунок 1 Электронно-микроскопическая структура каолинитов месторождения «Багратион»

Изучение химического состава показало, что каолинит состоит преимущественно из оксидов кремния, который составляет 56,4 и алюминия – 24,6. Другие элементы (оксиды железа, кальция, магния, серы, натрия и т.д.) содержатся в меньшем количестве (рисунок 2).

№ п/п	Химические соединения	Содержание (мас <sup>9</sup> %)
1	SiO <sub>2</sub> оксид кремния	56,4±1,7
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> оксид алюминия	24,6±0,8
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> оксид железа	3,6±0,2
4	CaO оксид кальция	1,6±0,06
5	MgO оксид магния	1,9±0,1
6	Na <sub>2</sub> O оксид натрия	1,7±0,05
7	K <sub>2</sub> O оксид калия	3,9±0,2
8	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> оксид фосфора	0,12±0,02
9	MnO оксид марганца	0,1±0,01
10	TiO <sub>2</sub> оксид титана	4,9±0,3
11	SO <sub>3</sub> оксид серы	0,12±0,02

Рисунок 2 Химический состав каолинитов месторождения «Багратион»

Концентрация токсичных элементов в данном минерале (цезия, стронция, свинца и других соединений) находится ниже допустимых норм (рисунок 3).

№ п/п	Показатели	Содержание	Допустимые нормы
1	Цезий-137 (Бк/кг)	2,3±0,8	200,0
2	Стронций-90 (Бк/кг)	1,5±0,6	100,0
3	Свинец (мг/кг)	0,01	6,0
4	Кадмий (мг/кг)	>0,001	1,0
5	Мышьяк (мг/кг)	>0,005	3,0
6	Ртуть (мг/кг)	>0,00015	1,0

Рисунок 3 Массовая доля токсичных элементов в каолините месторождения «Багратион»

При микробиологическом исследовании проводимом путем прямого посева на МБА и МПБ водной суспензии каолинита с последующим изучением культурально-морфологических характеристик выросшей микрофлоры установили, что в пробах минерала отсутствуют патогенные микроорганизмы, такие как сальмонеллы, кишечная палочка, кокковые микроорганизмы, дрожжи, плесени и др.

Определение острой токсичности каолинита провели на 36 взрослых белых мышах, разделенных на 6 групп по 6 голов. Животным с помощью зонда однократно вводили водную суспензию каолинита непосредственно в желудок мышам первой группы 0,025 г (0,5 г/кг), второй - 0,02 г (1 г/кг), третьей - 0,1 г (5 г/кг), четвертой - 0,2 г (10 г/кг), пятой - 0,4 г (20 г/кг), шестой - 0,8 (40 г/кг). Период наблюдений - 10 дней.

В результате установили, что введение суспензии каолинита животным 1-4 групп каких-либо патологических отклонений в общем состоянии не вызывало. В пятой группе через 15-20 минут после введения препарата наблюдали отсутствие аппетита, малоподвижность. Однако эти признаки через 2-3 часа исчезали и животные вели обычный образ жизни. В шестой группе через 8-10 минут после введения препарата появилось возбуждение, которое затем сменялось на угнетение, малоподвижность, аппетит отсутствовал. Состояние животных нормализовалось через 8-12 часов. При дальнейшем наблюдении отклонений в поведении и общем состоянии у белых мышей не обнаруживали. После умерщвления иодопытных животных последних двух групп и осмотре внутренних органов патологоанатомических изменений не выявили.

Хроническую токсичность каолинита изучали на 40 взрослых белых мышах и 40 белых крысах, разделенных на 4 группы по 10 голов: 3 опытные и 1 контрольная. Животные первых опытных групп как крысы, так и мышей получали каолинит с кормом в дозе 0,5 г/кг в сутки в течение 3 месяцев. Во второй группе каолинит давали в дозе 1 г/кг, в третьей по 5 г/кг. В контрольных группах каолинит не получали.

За период опытов установили, что животные во всех группах полностью поедают корм. Каким-либо видимых физиологических отклонений в состоянии здоровья животных не наблюдали. Наибольший прирост живой массы у мышей наблюдался в первой группе (рисунок 4).

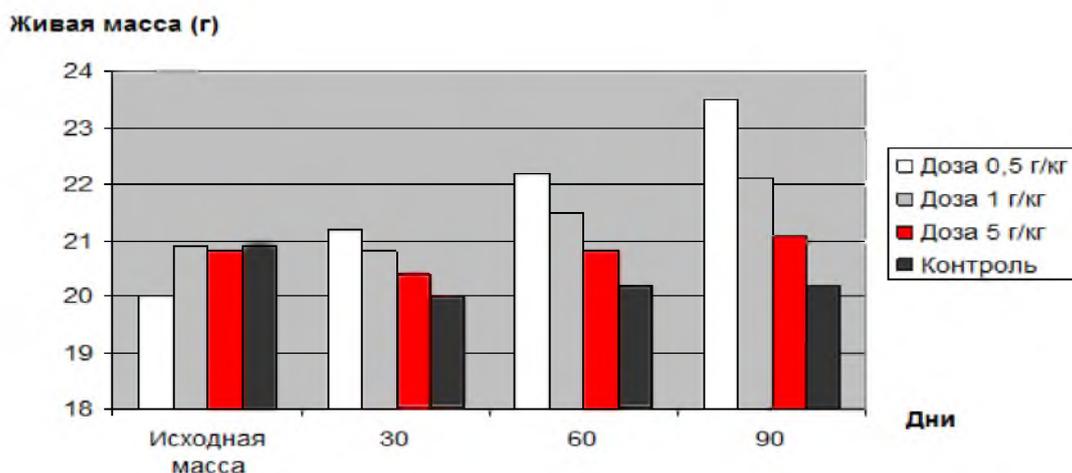


Рисунок 4 Прирост живой массы белых мышей при добавлении в корм каолинита

Живая масса мышей в этой группе возросла за период опытов на 3,8 г, во второй группе – на 2,4 г, в третьей – на 1,5 г.

Увеличение живой массы белых крыс в максимальной степени проявилось при введении в рацион каолинита в дозе 0,5 г/кг (рисунок 5). По завершению опытов средняя живая масса одной белой крысы в первой группе составила 265 г, во второй – 250 г, и в третьей – 225 г. В контрольной группе этот показатель находился в пределах 220 г. Снижение прироста живой массы при увеличении дозы каолинита связано с тем, что данный минерал не обладает питательными свойствами, в больших количествах снижает качество рациона, т.к. обладая значительными адсорбирующими свойствами ограничивает объем поступающих в желудочно-кишечный тракт кормовых компонентов.

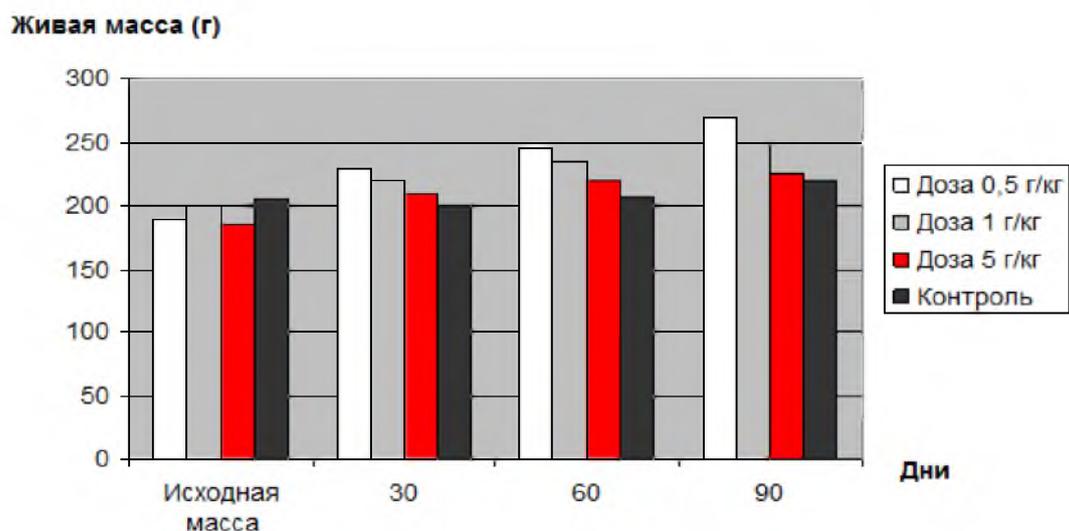


Рисунок 5 Прирост живой массы белых крыс при добавлении в корм каолинита

При гематологических исследованиях достоверных различий в показателях крови опытных и контрольных крыс не установили (рисунок 6).

Группа	Доза каолинита	Показатели			
		Эритроциты 10 <sup>12</sup> /л	Гемоглобин г/л	Лейкоциты 10 <sup>9</sup> /л	Общий белок г/л
1	0,5 г/кг	7,8±0,6	124±6	9,2±0,6	68,4±3,7
2	1 г/кг	7,6±0,6	122±5	9,1±0,7	67,2±3,7
3	5 г/кг	7,4±0,5	117±6	9,0±0,6	66,1±3,6
Контроль		7,5±0,5	116±5	8,8±0,6	66,3±3,6

Рисунок 6 Гематологические показатели у белых крыс при добавлении в рацион каолинитов

## Список литературы

- [1] Шадрин А.М. Применение природных цеолитов в животноводстве и ветеринарии. // Ветеринария. - 1998. - № 10. - С.46 - 48.
- [2] Шадрин А.М. Природные цеолиты Сибири в животноводстве, ветеринарии и охране окружающей среды. - Новосибирск, 1998. — 114 с.
- [3] Шадрин А.М., Сеницин В.А., Авдеенко А.В. Кормовая добавка цеолитов при субклиническом микотоксикозе цыплят. // Ветеринария. – 2010. №10. – С.50-54.
- [4] Гамидов М.Г. Эффективность использования цеолитов Приамурья при желудочно-кишечных болезнях животных и птицы. // Автореф. Дис. докт. вет. наук. – Улан-Удэ. – 2004. – 41 с.
- [5] Раицкая В., Никитина М., Кузнецова Т. Bentonиты – высокоэффективные комплексные добавки. // Животноводство России.- 2005.- №6. –С. 55.
- [6] Антипов В.А., Семенов М.П., Фонтянецкий А.С., Матюшевский Л.А. Перспективы применения природных алюмосиликатных материалов в ветеринарии. // Ветеринария. – 2007. – №6. – С. 54-57.
- [7] Семенов М.П. Фармакология и применение бентонитов в ветеринарии. // Автореф. дисс. докт. вет. наук. – Краснодар. – 2008. – 48 с.

УДК624.012.3/4

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ В РАСЧЕТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Е.П. Герасимов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** In article general information about stories of development of use of the computer is given in calculations of construction designs. Summary about the most widespread design computer systems – SCAD and Lira is given

**Keywords:** Computer is given. SCAD. Lira.

**Аңдатпа.** Статъяда құрылыс құрылымдарын есептеуде ЭЕМ қолданудың дамуы туралы жалпы мағлұматтар келтірілген. Көбірек таралған жобалық-есептеу кешендері- SCAD және Лира туралы қысқаша ақпарат берілген.

**Кілттік сөздер:** ЭЕМ, SCAD, Лира.

**Аннотация.** В статье приведены общие сведения об истории развития использования ЭВМ в расчетах строительных конструкций. Дана краткая информация о наиболее распространенных проектно-вычислительных комплексах – SCAD и Лира.

**Ключевые слова:** ЭВМ, SCAD, Лира.

Расчет строительных конструкций сопровождается определенными математическими действиями. Для простых конструкций (балок, плит) не требуется больших трудозатрат. Другое дело обстоит с расчетами поперечных и продольных рам зданий, а также учета пространственной работы конструкций. В таких случаях применение специализированных программ на ЭВМ облегчает труд инженера.

Первый компьютер был создан в конце второй мировой войны и применялся для военных целей. С развитием промышленности и техники, в частности ракетостроения и электроники, компьютеры стали использовать и вполне мирных инженерных целях. Именно инженеры-проектировщики оценили возможности ЭВМ, применении которых в первую очередь сильно сокращало время на расчеты, которые до этого выполнялись преимущественно вручную. Стали разрабатываться программы для расчета, которых со временем становилось все больше и больше.

Появление компьютера способствовала мощному развитию вероятностных методов расчета строительных конструкций. Данные расчеты часто требуют моделирование параметров нагрузки и конструкций, что без применение ЭВМ сделать практически невозможно. Для этого, прежде всего, необходимо специальное программное обеспечение, которого в настоящее время нет. В 1970-1980 гг была разработана программа «Надежность», но широкого применения не нашла. Это, по-видимому, объясняется тем, что вероятностный метод расчета строительных конструкций находится на стадии становления и постоянно совершенствуется, что влечет за собой и совершенствование специализированных программ.

В настоящее время инженерами используются такие программы как «Лира» и «Scad Office», которые позволяют выполнить расчет строительной конструкции любой сложности. Данные программы отличаются простой использования и наверное поэтому и нашли широкое применение.

Проектно-вычислительные комплексы (ПВК) SCAD и Лира предназначены для численного исследования на ЭВМ напряженно-деформированного состояния и устойчивости конструкций, а также и для автоматизированного выполнения ряда процессов конструирования. ПВК обеспечивает исследование широкого класса конструкций: пространственные стержневые системы, произвольные пластинчатые и оболочечные системы, мембраны, массивные тела, комбинированные системы - рамно-связные конструкции высотных зданий, плиты на грунтовом основании, ребристые пластинчатые системы, многослойные конструкции. Расчет выполняется на статические и динамические нагрузки. Статические нагрузки моделируют силовые воздействия от сосредоточенных или распределенных сил или моментов, температурного нагрева и перемещений отдельных областей конструкции. Динамические нагрузки моделируют воздействия от землетрясения, пульсирующего потока ветра, вибрационные воздействия от технологического оборудования, ударные воздействия.

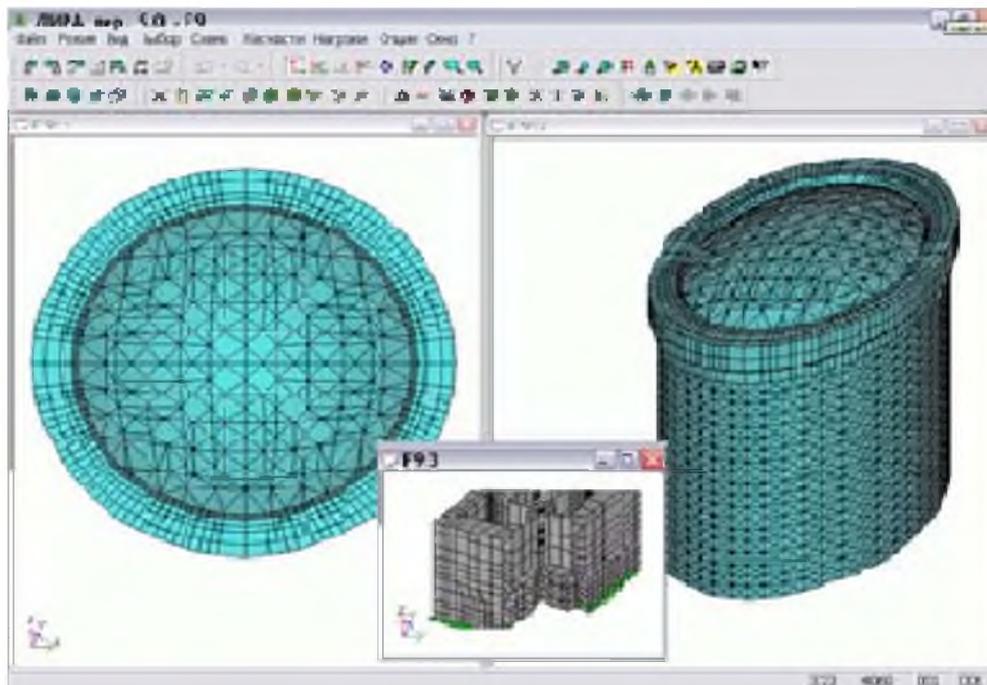


Рисунок 1 Рабочее окно программы Лира

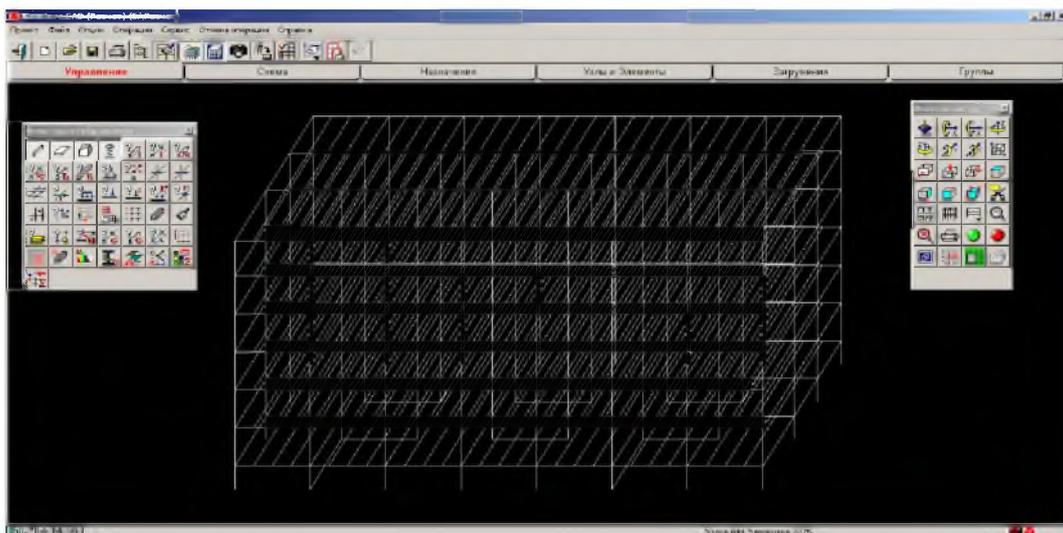


Рисунок 2 Влияние фиторегулятора природного происхождения на полевую всхожесть семян декоративного подсолнечника

Каковы бы не были программы, корректность расчета и конечного результата зависит прежде всего от человека, работающего с данной программой. Поэтому изучение данных программ должно быть включено в учебные программы.

## Список литературы

- [1] Бондаренко В.М. Расчет железобетонных и каменных конструкций: учеб. пособие для ВУЗов / В. М. Бондаренко, А. И. Судницын, В. Г. Назаренко. - М.: Высш. шк., 1988. - 304 с.

УДК 37:001.12/18

## ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИН СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИИ

А.Г. Гольцев, З.Б. Токтарбекова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** Currently in Europe, a unified educational space has been created. Its creation is intended not only for the political and economic aims, but also the actual scientific and educational purposes, both in Europe and in Kazakhstan. This requires a change from the traditional system of training to a new one. And this requires revision of the basic methodological principles, in particular the significant increase in the proportion of time for students' self-study to the different types of training.

And if the learning labor intensity of students within the European Union is already defined (Kazakhstan has conversion factors to determine the learning labor intensity), the labor intensity of preparation for classes by teachers do not have any significant indicators, especially with the use of modern information technology.

The present article considers the issue of labor intensity of teachers' preparation for lectures on the subject "Technology of buildings and structures renovation" with the use of technology of the course teaching in the form of lectures - conferences.

The analysis of labor intensity of preparation for lectures and students' survey allows us to consider such method to be the most effective. It is effective on the basic parameters and requirements of the Bologna process on the quality of education. This will enable our graduates to improve their mobility, i.e. ability to "move" from one institution to another in order to exchange experiences, get the opportunities that are not available for some reasons in "his" university, overcome national reticence and acquire European perspectives.

**Keywords:** The Bologna process, the quality of education, ECTS, laboriousness, technology of building production.

**Аңдатпа.** Қазіргі уақытта Еуропада біріңғай білім беру кеңістігі қалыптасқан. Оның құрылуы Еуропада да Қазақстанда да тек саяси, экономикалық мақсаттарда ғана емес, сондай ақ ғылыми білім беру мақсатын да көздейді. Алайда, дайындаудың дәстүрлі жүйесінен жаңа жүйеге ауысу қажет. Ал бұл негізгі әдістемелік ережелерді қайта қарауды қажет етеді, атап айтсақ студенттердің әртүрлі жұмыс түріне өздігінен дайындалуға берілетін уақын мөлшерін анағұрлым көбейту қажет.

Егерде Еуропалық одақ аясында студенттермен білім алуда еңбек сіңіруі анықталған болса (Қазақстан білім алуда еңбек сіңіруді анықтау бойынша өтпелі коэффициент қолданады), қазіргі заманға сай технологияларды қолданғанның өзінде мұғалімдермен сабаққа дайындалуда еңбек сіңіруі қандайда бір маңызды көрсеткіштермен белгіленбеген.

Осы бөлімде «Үймереттер мен ғимараттарды қайта жаңғырту технологиясы» дәрісі бойынша мұғалімдермен лекция-конференция түрінде дәріс беру технологиясын қолдану кезінде лекцияға дайындалуда еңбек сіңіруін анықтау мәселесі қарастырылады.

Өткізілген, лекцияларға дайындалуда еңбек сіңіру анализі мен студенттерге сауал қою мұндай тәсілді анағұрлым тиімді деп санайды. Ол білім беру сапасы бойынша Болонскийдің

процессінің негізгі талаптары және параметрлері бойынша тиімді. Ал бұл біздің жоғары оқу орынын бітірушілерге өзінің мобильділігін арттыруға мүмкіндік береді, яғни тәжірибе алмасу мақсатында бір жоғары оқу орынынан екінші жоғары оқу орынына «ауысу», «өз» жоғары оқу орынында қайсі бір мәселелерге байланысты қол жетпейтін мүмкіндіктерді алуға, ұлттық тұйықтықты жеңуге және жалпы еуропалық перспективаларды алуға мүмкіндік береді.

**Кілттік сөздер:** Болония процесі, білім берудің сапасы, ЕКТЖ, ецбек сымдылығы, құрылыс өндірісінің технологиясы.

**Аннотация.** В настоящее время в Европе создано единое образовательное пространство. Его создание преследует не только политические, экономические, но и собственно научно-образовательные цели, как в Европе, так и в Казахстане. При этом необходим переход от традиционной системы подготовки на новую. А это требует и пересмотра основных методологических положений, в частности значительного увеличения доли времени на самоподготовку студентами к разному виду занятий.

И если трудоемкость получения знаний студентами в рамках Европейского союза уже определена (Казахстан имеет переходные коэффициенты по определению трудоемкости получения знаний), то трудоемкость подготовки к занятиям преподавателями не имеет каких-либо значимых показателей, тем более при использовании современных информационных технологий.

В настоящей статье рассматривается вопрос определения трудоемкости подготовки преподавателя к лекциям по дисциплине «Технология реконструкции зданий и сооружений» при использовании технологии преподавания курса в виде лекций – конференций.

Проведенный анализ трудоемкости подготовки к лекциям и опрос студентов позволяет считать такой способ наиболее эффективным. Он эффективен по основным параметрам и требованиям Болонского процесса по качеству обучения. А это позволит выпускникам нашего вуза повысить свою мобильность, т.е. возможность «перемещаться» из одного вуза в другой с целью обмена опытом, получения тех возможностей, которые почему-либо недоступны в «своем» вузе, преодоления национальной замкнутости и приобретения общеевропейской перспективы.

**Ключевые слова:** Болонский процесс, качество образования, ЕКТС, трудоемкость, технология строительного производства.

В настоящее время в Европе создано единое образовательное пространство. Официально это пространство Европейского союза имеет более широкое название: единое исследовательское, образовательное и культурное пространство. Его создание преследует не только политические, экономические, но и собственно научно-образовательные цели не только в Европе, но и за ее пределами. Поэтому Республика Казахстан является 47-й страной участницей Болонского процесса.

Самоизоляция Казахских вузов могла бы привести к отрицательным последствиям в плане подготовки высококвалифицированных технических и научных специалистов, при этом самодостаточность некоторых Казахских вузов, возможно, и может какое-то время служить в качестве ресурса выживания, но в условиях глобализации она быстро исчерпывается. Поэтому Казахстан присоединился к участникам Болонского процесса с целью провести реформу высшего и послевузовского образования на единых правилах Европейского союза. При этом будет обеспечен доступ к европейскому образованию, повысится качество образования и мобильность студентов и преподавательского состава.

Основными факторами эффективности вхождения Казахстана в Европейский союз является то, что Казахская образовательная система имеет европейские корни (Российский аналог). На Евросоюз приходится примерно 30% казахстанской внешней торговли и иных внешнеэконо-

мических связей, а это:

– прежде всего, люди с высшим образованием, при этом если их образование сопоставимо с европейским, то связи налаживать и поддерживать легче;

– предполагает общепринятые правила и, находясь «внутри» процесса, значительно легче влиять на принятие решений, которыми и определяются общепринятые правила;

– позволит избавиться от «моноуровневой» подготовки, т.е. к отсутствию ступеней, когда все студенты, за немногими исключениями (медицина и некоторые др.), учатся в течение 5-ти лет, получая одинаковый диплом «специалиста»;

– сохранить национальные принципы неразрывности образования и науки, наличия оригинальных научно-педагогических школ, здоровой консервативностью, сочетающейся с готовностью к инновациям и при этом не противоречить принципам Болонского процесса.

Однако переход на новую систему подготовки требует и пересмотра основных методологических положений, в частности значительного увеличения доли времени на самоподготовку студентами к разному виду занятий. Не надо «вкладывать знания» в обучающихся студентов. Они сами должны их получить, используя уже имеющиеся отработанные преподавателем базовые разработки. При этом обучающийся должен сам добыть эти знания в процессе дискуссий, обмена информацией, решения технических и технологических задач и получить определенные знания, умения, навыки и компетенцию согласно требованиям стандарта.

И если трудоемкость получения знаний студентами в рамках Европейского союза уже определена (Казахстан имеет переходные коэффициенты по определению трудоемкости получения знаний), то трудоемкость подготовки к занятиям преподавателями не имеет каких-либо значимых показателей, тем более при использовании современных информационных технологий.

В настоящей статье рассматривается вопрос определения трудоемкости подготовки преподавателя к лекциям по дисциплине «Технология реконструкции зданий и сооружений» в количестве 15 часов при использовании традиционной технологии чтения лекций (чтение лекции преподавателем с использованием мела и доски и с написанием конспектов лекций студентами), технологии преподавания курса в виде презентаций по блокам рассматриваемых вопросов и лекций – конференций.

Сложность преподавания данного курса заключается в том, что студенты сначала должны изучить курс технологии и организации строительного производства, где рассматриваются:

1 Основные положения и задачи технологии реконструкции зданий и сооружений;

2 Виды и особенности строительных процессов при реконструкции зданий и сооружений;

3 Потребные ресурсы; техническое и тарифное нормирование; требования к качеству строительной продукции и методы ее обеспечения;

4 Требования к технике безопасности; методы и способы технологии реконструкции зданий и сооружений, включая обычные и экстремальные условия;

5 Методику выбора и документирования технологических решений на стадии проектирования и стадии реализации.

Только по получении основных знаний, умений, навыков и должной компетенции необходимо приступать к изучению вышеназванного курса.

При традиционном способе преподавания дисциплины преподаватель применяет минимум технических средств, в том числе и информационные технологии. В основном это плакаты, слайды и чтение материала с написанием конспектов лекций студентами.

При изучении курса по технологии в виде презентаций (Рисунок 1), используются такие тех-

нические средства как компьютер и проектор с экраном. При этом рассматриваемый материал представляется на слайдах в виде информационных блоков, которые преподаватель разбирает со студентами с использованием раздаточного материала.

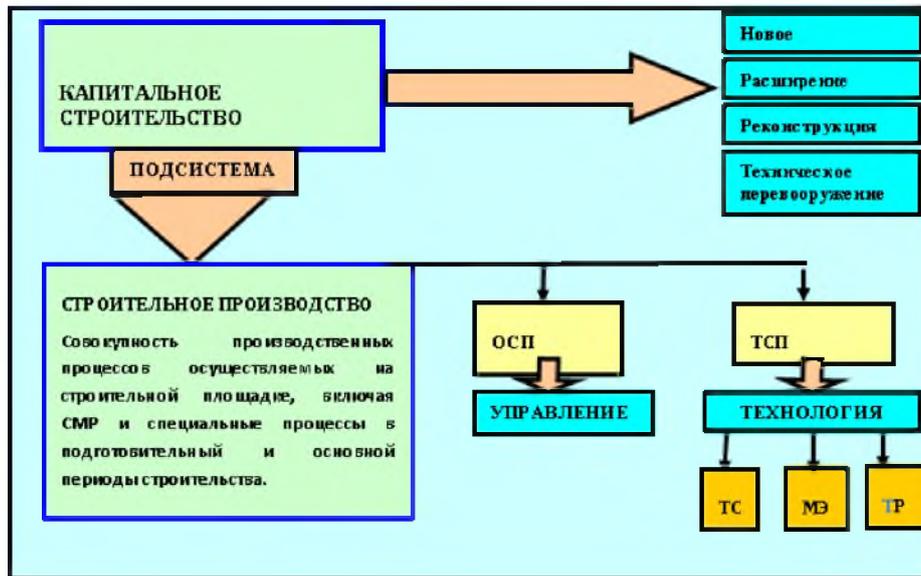


Рисунок 1 Слайд лекции по каменной кладке при чтении курса в виде презентаций

При изучении курса в виде лекций-конференций (Рис. 2) используются также технические средства, такие как компьютер и проектор с экраном. Но при этом слайды разработаны не в виде информационных блоков, а на них представлена вся информация по лекции с рисунками, таблицами, технологическими схемами производства работ. При этом основные виды работ демонстрируются показом фильмов на 15-40 минут, в зависимости от наличия времени. Студенты используют раздаточный материал в виде распечатанных лекций для корректировки материала, который излагает студент выступая у экрана с лазерной указкой.



Рисунок 2 Слайд лекции по каменной кладке при чтении курса в виде лекций - конференций

Данная методика преподавания позволяет студентам самостоятельно развивать основные принципы будущего руководителя – умение ставить задачи, контролировать время, быть коммуникабельным, самостоятельно принимать решения, ораторское искусство, умение ставить вопросы и отвечать на них и многое другое, необходимое в дальнейшей работе.

При этом у студента вырабатываются навыки к постоянному поиску, умению концентрировать свое внимание на основных вопросах, владения временными параметрами, анализа полученного материала.

Для эффективного освоения лекционного курса, преподаватель на первом занятии распределяет лекции и вопросы среди студентов.

Основным условием считается, чтобы студент в течение семестра выступил как минимум два раза, по одному в каждом межрубежном периоде. При этом каждому студенту определяются конкретные лекции и вопросы, устанавливается определенное время для выступления (при невозможности выступления в указанные сроки, согласно графику выступает следующий студент).

Разработанные преподавателем лекции являются базовыми для подготовки студента к самостоятельной работе. При этом определяется круг вопросов, которые необходимо подготовить студенту, список необходимой литературы, даются ключевые слова для работы в интернете или ставится задача по исполнению чертежей или рисунков, схем в разрабатываемой лекции. Студент во время самостоятельной работы прорабатывает литературные источники, просматривает материал в интернете и разрабатывает собственную версию лекции в виде презентации.

На лекционном занятии студент с лазерной указкой рассказывает презентацию. Вся аудитория внимательно слушает выступление. После выступления преподаватель способом опроса слушателей выясняет, какие были общие недостатки в представлении материала (высокая скорость выступления, читаемость слайдов, количество рисунков и т.п.). После опроса, преподаватель возвращается к первому слайду, и студенты начинают задавать вопросы выступающему. Если выступающий не может ответить на вопросы, на них сначала могут отвечать слушающие, и только потом преподаватель.

Таким образом, создается дискуссия, студенты учатся думать, как правильно задавать и отвечать на вопросы, у них развивается профессиональное мышление, они учатся говорить. При этом все, кто отвечал и задавал вопросы, получают баллы. При этом у студентов имеется раздаточный материал.

Объем информации, получаемой студентом на таких лекциях в три-четыре раза больше, чем объем материала даваемого при традиционном способе чтения лекций. По окончании лекции преподаватель проставляет баллы выступающему студенту и тем, кто задавал и отвечал на вопросы.

Наибольшего эффекта можно достичь, закрепляя лекционный материал показом фильмов на 1-15 минут по пройденной тематике. Зрительное восприятие предоставляемой информации позволяет практически полностью усвоить материал лекции.

Однако проведенный анализ трудоемкости подготовки к лекциям позволил выявить ее увеличение, особенно при представлении материала в виде презентаций (рисунок 3), но при этом эффективность чтения курса лекций – конференций.

Гистограммы (рисунки 4,5,6) построенные на основе анализа показывают насколько эффективнее проведение занятий по инновационному способу преподавания курса.

Одним из основных показателей эффективности преподавания лекций является коэффициент полезности, определяемый соотношением объема усваиваемого материала к трудоемкости

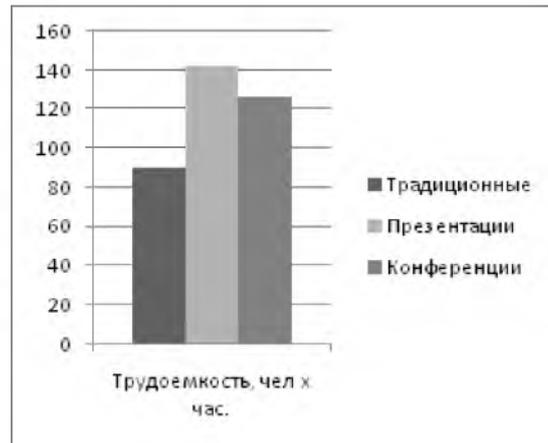


Рисунок 3 Гистограмма определения трудоемкости подготовки к лекциям при разных способах преподавания курса лекций

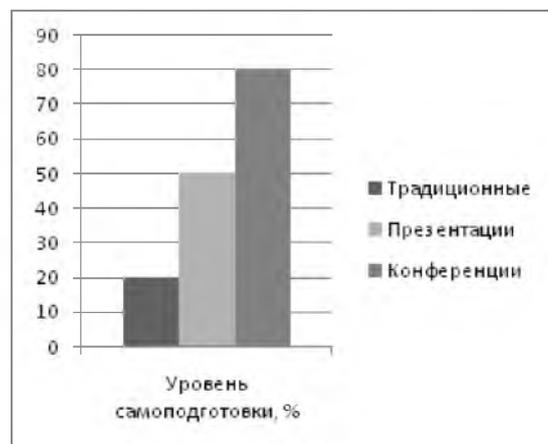


Рисунок 4 Гистограмма определения уровня самоподготовки студентов при разных способах преподавания курса лекций



Рисунок 5 Гистограмма определения объема усвоения материала при разных способах преподавания курса лекций

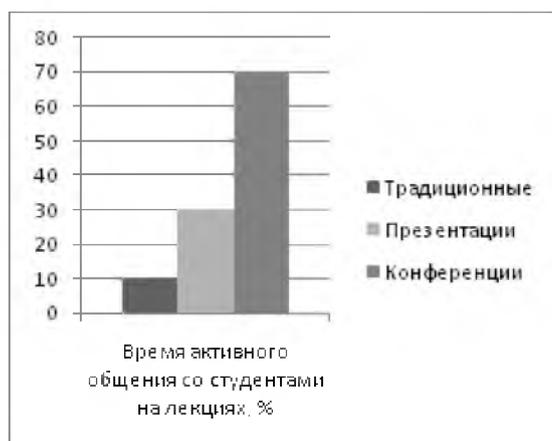


Рисунок 6 Гистограмма определения время активного общения со студентами при разных способах преподавания курса лекций

подготовки (рисунок 7).

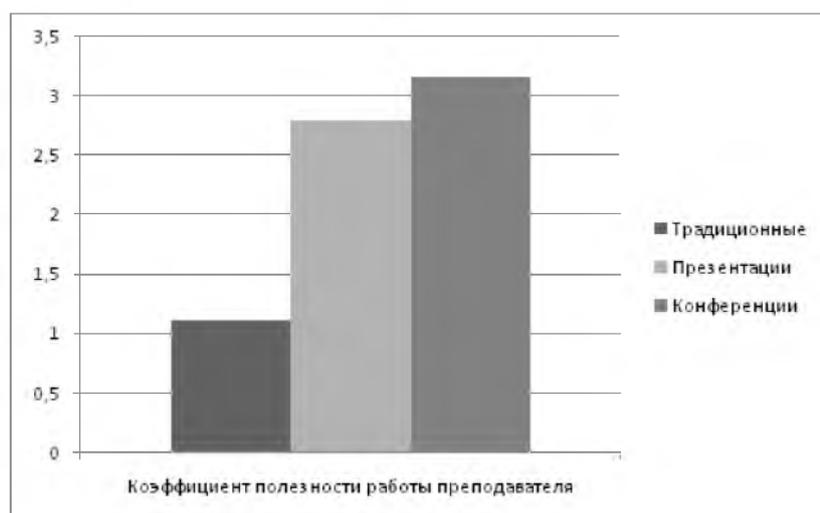


Рисунок 7 Гистограмма определения коэффициента полезности работы преподавателя, при разных способах преподавания курса лекций

Проведенный анкетный опрос студентов в течение 2-х лет позволил собрать информацию об эффективности проведения занятий таким способом – объем усваиваемого материала увеличивается в 4 раза, студенты в течение семестра учатся говорить, логически мыслить, задавать вопросы, анализировать материалы курса и т.н.

Предлагаемый способ преподавания курса позволяет выявить следующее:

1. При проведении лекций – презентаций: а) значительно возрастает трудоемкость подготовки к лекциям (на 58%); б) процент самоподготовки студентов возрастает на 30% к традиционному способу проведения лекций; в) снижается автоматическое запоминание, т.к. преподаватель рассказывает по блокам с использованием разработанных слайдов; г) объем информации для студентов увеличивается в 4.0 раза; д) раздаточный материал; е) время активного общения со студентами возрастает до 30%; ж) коэффициент полезности составляет 2.80; з) процент самоподготовки возрастает и составляет 30%-50%.

2. При проведении лекций-конференций: а) трудоемкость подготовки к лекциям значительно выше, чем при традиционном способе (на 41%), но меньше чем при способе преподавания в виде презентаций (на 12%); б) процент самоподготовки студентов возрастает на 50% к традиционному способу проведения лекций и составляет 80%; в) объем информации для студентов увеличивается в 4.0 раза; г) время активного общения со студентами возрастает до 70%; д) коэффициент полезности составляет 3.16; е) снижается автоматическое запоминание, т.к. студенты не ведут конспекты лекций. У них имеется раздаточный материал.

Таким образом, освоение курса лекций по предлагаемому способу является наиболее эффективным, чем при традиционном или в виде презентации. При этом способе студенты выполняют значительные объемы работы при самостоятельной подготовке к лекциям, это заставляет их логически осмысливать прорабатываемый материал. При проведении лекции-конференции студенты учатся правильно излагать усвоенный материал, в течение незначительного времени уметь осмыслить заданные вопросы и подготовить правильный ответ. Все это, в конечном итоге, значительно повышает уровень усвоения материала студентами, развивает его компетенцию и навыки общения, что необходимо для будущих высокопрофессиональных специалистов.

## Список литературы

- [1] Настройка образовательных структур в Европе. Вклад университетов в Болонский процесс/[iori.hse.ru>tuning/materials/Introduction](http://iori.hse.ru>tuning/materials/Introduction).
- [2] Основные показатели в сфере образования и науки РК, Образование и наука в Республике Казахстан, янв.2010, стр 4-5.
- [3] Туймебаев Ж.К. Высшее образование Казахстана и Болонский процесс. Выступление Министра образования и науки РК. 11 марта 2010 г, гг. Будапешт, Вена.

УДК 630.0.235.2 (571.151)

## ОСОБЕННОСТИ ВЕГЕТАТИВНОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ БЕРЕЗНЯКОВ РУДНОГО АЛТАЯ

А.А. Калачев, К.С. Оканов, Т.А. Нечкина, А.П. Новак

Алтайский филиал ТОО «КазНИИЛХ», г. Риддер

**Abstract.** In this study, the characteristics of the vegetative resumption derivatives birch stands of the first generation after felling. 100% birch retains the ability to porosleobrazovaniyu to 7 age class. With increasing age, the ability of birch porosleobrazovatel'naya reduced. When felling trees with a diameter of 24 cm at a height of 1.3 m, only 40% of stumps have the ability to resume shoots. Tree growth capable of forming at diameters 28, 32 and 36 cm, are respectively 36.3%, 19.0% and 11.0%. After felling trees with a diameter of over 40 cm of natural regeneration of shoots was observed.

**Keywords:** Vegetative regeneration, birch, test sites, logging.

**Аңдатпа.** Мақалада басты мақсатта кесу жұмыстары жүргізілген жердегі бірінші генерациядағы қайың ағаштарының вегетациялық қалпына келуінің ерекшеліктерінің пәтижелері көрсетілген. Қайың 7 жас сыныбына дейін 100% өскіндер өсін шугу қасиетін сақтайды. Жасы ұлғайған сайын қайыңның өскіндер қалыптасу қасиеті төмендей береді. Диаметрі 24 см ағаштарды 1,3 м биіктігінде кескенде тек қана 40% түбірлер ғана өскіндер арқылы қалпына келу қасиетіне ие. Диаметрлері 28, 32 және 36 см ағаштардың өркендер арқылы қалпына келуі, 36,3%, 19,0% және 11,0% сәйкес. Диаметрі 40 см жоғары ағаштарды кескенде өздігінен қалыптасуда өркендердің қалыптасуы байқалмайды.

**Кілттік сөздер:** Вегетативті қоздырті, березняки, сынамды алаңшықтар, қиюлар.

**Аннотация.** В статье приведены результаты изучения особенностей вегетативного возобновления производных березовых насаждений первой генерации после проведения рубок главного пользования. Береза сохраняет 100% способность к порослеобразованию до 7 класса возраста. С увеличением возраста порослеобразовательная способность березы снижается. При рубке деревьев с диаметром 24 см на высоте 1,3 м только 40% пней обладают способностью возобновиться порослью. Деревья, способные образовать поросль при диаметрах 28, 32 и 36 см, составляют, соответственно, 36,3%, 19,0% и 11,0%. После вырубki деревьев с диаметром свыше 40 см естественного возобновления порослью не наблюдается.

**Ключевые слова:** Вегетативное возобновление, березняки, пробные площадки, рубки.

Согласно лесохозяйственному районированию территории Республики Казахстан [1], район темнохвойных лесов Рудного Алтая расположен в Северо-Западном Алтае и объединяет 5 лесорастительных районов. Рельеф горный, преимущественно трех форм: высокогорный, среднегорный и межгорных долин. Абсолютная высота местности – 400-2600 м. Почвенный покров представлен в основном светло-серыми оподзоленными и горно-лесными оподзоленными разностями. Общая площадь района – 1715,5 тыс.га. Преобладающей древесной породой является пихта сибирская, насаждения которой занимают 373,4 тыс.га (39,2% покрытых лесом угодий). В составе хвойных лесов также присутствуют ель и лиственница сибирская, сосна сибирская (кедр) и сосна обыкновенная. Их доля в лесном фонде незначительна – 4,3% от общей площади покрытых лесом угодий.

Береза и осина являются основными мягколиственными породами в Рудном Алтае. Они всегда присутствуют в составе хвойных лесов и до середины прошлого столетия в лесном фонде составляли незначительную часть. В связи с лесными пожарами, неоднократно возникающими в горных хвойных лесах, и промышленными рубками в пихтовых насаждениях, получивших широкое распространение со второй половины XX века, площади лиственных пород значительно увеличились. По данным материалов лесоустроительных работ, проведенных в период 2007-2010 гг. в Рудном Алтае, их площадь составляет 383,66 тыс.га (40,4% покрытых лесом угодий), среди которых 203,04 тыс.га (21,4%) занимают березняки.

Такое состояние лесного фонда региона, вызванное изменением структуры и состава в сторону увеличения лиственных насаждений, площади которых будут неуклонно расти с дальнейшей рубкой пихтачей, свидетельствует о необходимости проведения детальных научных исследований в березовых и осиновых лесах, направленных на изучение возрастной структуры, особенностей возобновления, результаты которых будут являться основой рационального лесопользования в лиственных лесах.

Рекогносцировочный осмотр производных березняков Рудного Алтая позволяет условно их разделить на три группы:

1) Березняки первой генерации, или по-иному – пироженные, семенного происхождения, возникшие после пожаров или рубок и представляющие первую стадию лесообразовательного процесса. Для них характерно 100% участие березы в составе с единичным присутствием осины и пихты.

2) Березняки последующих генераций, составом от 9Б1П до 5Б5П, представляющие собой различные стадии лесообразовательного процесса, где под влиянием времени происходит естественная трансформация березняков в пихтачи. В таких древостоях, кроме семенных, встречаются и вегетативные экземпляры.

3) Припоселковые березняки, наиболее доступные и располагающиеся вблизи населенных пунктов, где на протяжении всего хода роста насаждений происходит их интенсивная эксплуатация в целях заготовки дров. Для них характерно преобладание вегетативных экземпляров. Продуктивность значительно уступает березнякам первых двух групп.

Особенности вегетативного возобновления березы изучались на участках, пройденных рубками главного пользования в 2007 году. Исходная характеристика насаждений до рубки была определена по материалам лесоустройства, и дополнена данными, полученными при изучении возрастной структуры березняков, непосредственно прилегающих к участку рубки. Было заложено 10 пробных площадей в типе леса – березняк травяной (БТ), на склоне С-В экспозиции крутизной до 3°. Исходная полнота древостоя – 0,8, бонитет – I. На участке площадью более 5,5 га проведена постепенная рубка (70%) и сплошная (30% от общей площади вырубки). Сезон рубки – зима.

Закладка временных пробных площадей (далее - ВПП) осуществлялась согласно требованиям ОСТов [2,3]. ВПП закладывались на удалении не менее 30м от автодорог, просек, полян, прогалин и ограничивались в натуре визирами, а по углам закреплялись столбами. ВПП закладывались с таким расчетом, чтобы в них насчитывалось не менее 150-200 пней основного элемента древостоя. Форма ВПП – прямоугольная или квадратная, площадью 0,25-0,4 га. На всех ВПП выполнен сплошной пересчет пней. Замеры диаметров проводились с помощью мерной вилки по 2-х сантиметровым ступеням толщины. На каждом пне определялось наличие порослевин, их количество и высота. Отдельно учитывались усохшие, ветровальные и буреломные деревья. Визуально были определены основные представители подроста, подлеска и живого напочвенного покрова, их размещение и густота.

Одной из задач, поставленных при изучении возрастной структуры березовых насаждений, являлось определение взаимосвязи между диаметрами на высоте 0,25 м (на уровне пня), 1,3 м и возрастом дерева. Полученное уравнение регрессии  $Y=0.854x-0.991$  ( $R^2=0.999$ ) позволяет на вырубках любого возраста определить показатели исходного березового насаждения. На рисунке 1 приведен график взаимосвязи вышеуказанных показателей.

Диаметры деревьев на высоте 1,3 м, слагающих исходный древостой, колеблются в пределах от 14 до 68 см. Деревья с диаметрами 14-18 см относятся к V классу возраста, 20 см – VI; 22-42 см – VII и от 44 см и более – VIII и выше классам возраста. Средний диаметр деревьев на высоте 1,3 м, назначенных в рубку, составил 36,2 см (от 24 до 60см).

Оценка естественного возобновления березы после рубки определялась по количеству возобновившихся порослью пней. На рисунке 2 приведены результаты изучения способности к порослеобразованию у березы после рубки. Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что успешность процесса образования поросли зависит от возраста срубленного дерева. При рубке березняков семенного происхождения возобновительная способность сохраняется до VII класса

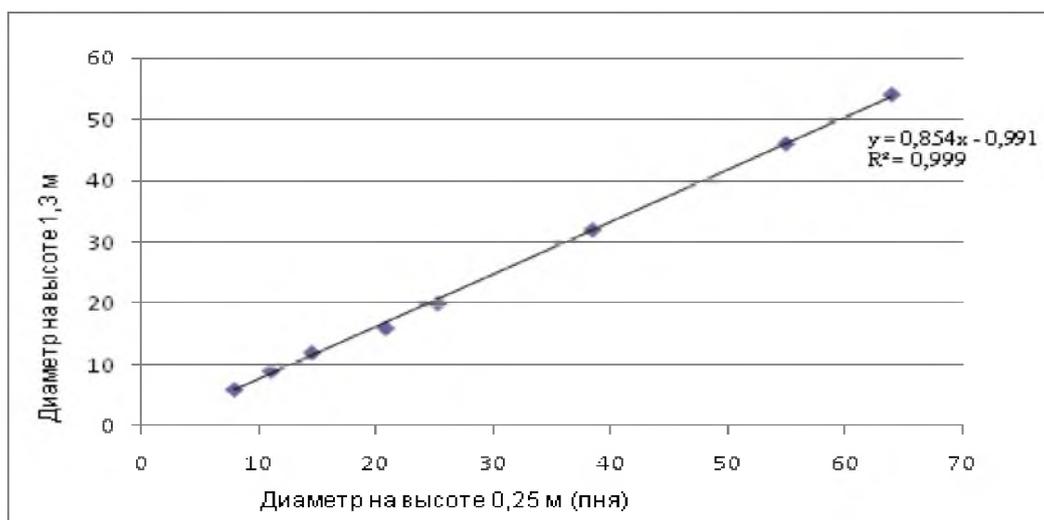


Рисунок 1 Взаимосвязь между диаметрами на высоте пня, 1,3 м и возрастом березовых деревьев

Показатели	Диаметры на высоте 1,3 м, см							Итого
	20	24	28	32	36	40	44 и более	
Количество вырубленных деревьев на 1 га, %	8,0	15,8	18,9	20,0	21,2	9,3	6,4	100,0
Количество деревьев, образовавших поросль после рубки, %	100	40,0	36,3	19,0	11,0	0	0	
Класс возраста	VI	VII	VII	VII	VII	VII	VIII	

Рисунок 2 Способность березы к порослеобразованию после рубки в зависимости от возраста

возраста. С увеличением возраста порослеобразовательная способность березы снижается. При рубке деревьев с диаметром 24 см на высоте 1,3 м только 40% из них смогут возобновиться порослью. В дальнейшем динамика только ухудшается: процент деревьев, способных образовать поросль при диаметрах 28, 32 и 36 см составляет, соответственно, 36,3%, 19,0% и 11,0% (рисунок 3). После вырубки деревьев с диаметром свыше 40 см естественного возобновления порослью не наблюдается – береза к VIII классу возраста полностью утрачивает способность к порослеобразованию. Таким образом, в течение 1 класса возраста (71-80 лет) у березы происходит полное прекращение способности к образованию поросли.

Среднее количество порослевин, образовавшихся на пне после рубки, составляет 1,7 шт. (от 1 до 4 шт.). Средняя высота березовой поросли равна 3,2 м (от 2,0 до 6,0 м).

На участке повсеместно наблюдаются ветровальные деревья березы из числа оставленных во время проведения постепенной рубки. Их диаметр не превышает 22 см. ветровальные природные комплексы (ВПК), образованные вываленными корнями, постепенно зарастают травянистой растительностью, в составе которой преобладают злаковые. Очагами разрастаются кустарниковые заросли из акации желтой и шиповника.

В заключение можно отметить, что несвоевременная рубка высоковозрастных березовых древостоев, не обеспеченных пихтовым подростом, приводит к изменению категории лесного фонда

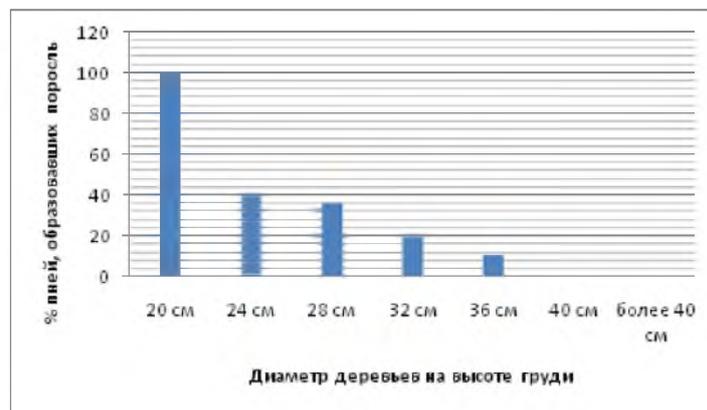


Рисунок 3 Способность березы к иорослеобразованию в зависимости от диаметра

на данном участке. В результате зимней рубки на месте высокополнотного древостоя формируется, в лучшем случае, березовая редина. Оставленные во время постепенной рубки березовые деревья диаметром менее 20 см подвержены ветровалу, что приводит к сильной захламленности участка. Количество возобновившихся порослью иней составляет 27%, т.е. вместо древостоя с 450-540 деревьев на 1 га остаются 100-120 деревьев второй генерации. Продуктивность такого будущего древостоя будет значительно ниже первоначального.

Согласно принятым в Республике Казахстан возрастам главной рубки и распределению классов возраста по возрастным группам [4], березовые насаждения I и II классов возраста считаются молодняками, III-VI классов – средневозрастными, VII – приспевающими, VIII и IX – спелые и X и > классы – перестойными. Возраст же рубки главного пользования в березняках, в зависимости от категории государственного лесного фонда, установлен в VIII и IX классах возраста. При существующем распределении, все исследуемые березняки считаются приспевающими, т.е., не достигшими возраста главной рубки, что не соответствует биологическим особенностям березы. Мы считаем, что установленные возраста рубок необходимо пересмотреть, поскольку при соблюдении установленных возрастов рубок березняки просто-напросто обречены. Таких высокополнотных березняков в лесном фонде Рудного Алтая накопилось более 12,0 тыс.га.

Для выхода из сложившейся ситуации предлагаем следующие лесохозяйственные мероприятия для приспевающих, спелых и перестойных высокополнотных березняков семенного происхождения:

- применение сплошно-лесосечных рубок (узко-лесосечные);
- снижение возраста рубки главного пользования с 81 до 61 года;
- установление сезона рубки – лето, для лучшей минерализации почвы при трелевке хлыстов;
- при невозможности проведения рубки в летний период, предусмотреть выполнение мероприятий по содействию естественному возобновлению после зимней рубки путем минерализации почвы.

Вышеизложенные мероприятия найдут свое отражение во временных рекомендациях по рубкам в березовых насаждениях Рудного Алтая, и их исполнение будет способствовать формированию высокопродуктивных березовых древостоев.

Дальнейшие исследования по изучению особенностей вегетативного возобновления березняков последующих генераций позволят внести коррективы в установленные нормативы рубок главного пользования, в частности, в сторону снижения возраста рубки.

## Список литературы

- [1] Лесохозяйственные районы Казахстана. Алма-Ата: Кайнар, 1982. -36с.
- [2] ОСТ 56-44-80. Знаки натурные лесоустроительные и лесохозяйственные. Типы, размеры и общие технические требования. -М., 1980. -20с.
- [3] ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. -М., 1983. -60с.
- [4] Основные положения организации и ведения лесного хозяйства Восточно-Казахстанской области. -Алматы, 2009. – 362с.

УДК 630.17

## ҮШҚАТ ТҰҚЫМДАСЫНА ЖАТАТЫН КЕЙБІР ТҮРЛЕРДІ КЛОНАЛДЫ МИКРОКӨБЕЙТУ ӘДІСІ

А.А. Китапбаева, М.Б. Турабжанова, Е.А. Асанғалиев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The paper presents the results of work on the optimization of culture media for the introduction of in vitro culture and micropropagation of some species and varieties of honeysuckle: *L. altaica*, and *L. tatarica*. For administration to the culture in vitro *L. altaica* were among the most suitable MS with 0.25 mg / l BAP, for micropropagation - medium with a reduced concentration of macro-and micronutrients (3/4 MS) with 2 mg / l BAP. For administration to the culture in vitro *L. tatarica*. - MS medium with 0.25-0.5 mg / l BA, for micropropagation - MS with 0.5 mg / l BAP and twice the concentration of iron chelate.

**Keywords:** In vitro.

**Аңдатпа.** Мақалада үшқат тұқымдасына жататын кейбір түрлер мен сорттарды: *L. altaica* и *L. tatarica* in vitro жағдайына енгізу және клоналды микрокөбейту үшін қоректік орталарды оңтайландыру жұмыстарының нәтижелері көрсетілген. *L. altaica* формасын in vitro жағдайына енгізу үшін 0,25 мг/л БАП қосылған МС ортасы; клоналды микрокөбейту үшін 2 мг/л БАП қосылған 3/4 МС ортасы қолайлы. *L. tatarica* формасын in vitro жағдайына енгізу үшін 0,25-0,5 мг/л БАП қосылған МС ортасы; клоналды микрокөбейту үшін 0,5 мг/л БАП және екі еселенген темір хелаты концентрациясы қосылған МС ортасы қолайлы болып табылды.

**Кілттік сөздер:** In vitro.

**Аннотация.** В статье приведены результаты работ по оптимизации состава питательных сред для введения в культуру in vitro и микроклонального размножения некоторых видов и сортов жимолости: *L. altaica* и *L. tatarica*. Для введения в культуру in vitro *L. altaica* наиболее подходящей оказалась среда МС с 0,25 мг/л БАП; для микроклонального размножения – среда с пониженной концентрацией макро- и микроэлементов (3/4 МС) с 2 мг/л БАП. Для введения в культуру in vitro *L. tatarica*. – среда МС с 0,25-0,5 мг/л БАП; для микроклонального размножения – МС с 0,5 мг/л БАП и удвоенной концентрацией хелата железа.

**Ключевые слова:** In vitro.

Қазақстанда кездесетін ұшқат түрлерінің ішінен татар ұшқаты және Шығыс Қазақстан облысында ғана өсетін алтай ұшқаты ерекше көзге түседі. Олардың жемістерінің құрамында витаминдер мен биологиялық белсенді заттардың бай болуы назар аудартады.

Біздің жұмысымыздың мақсаты алтай және татар ұшқаттарын клоналды микрокөбейту әдісімен көбейту. Зерттеу жұмысы үшін татар ұшқатының 3 формасы және Алтай ботаникалық бағынан алтай ұшқатының 5 формасы (Берел, Голубое веретено, Золушка, Огненный Опал, Синяя птица) таңдап алынды (Сурет 1,2).

Сорт	Вегетациялық кезеңнің басталу уақыты	Гүлдеу мерзімі	Жеміс беруі
Берел	19.04-20.04	01.05-10.05	20.06-30.06
Голубое веретено	05.04-10.04	20.04-25.04	01.06-10.06
Золушка	10.04-15.04	25.04-30.04	10.06-20.06
Огненный опал	19.04-20.04	01.05-10.05	20.06-30.06
Синяя птица	19.04-20.04	01.05-10.05	20.06-30.06
Татар ұшқаты	10.04-20.04	19.05-10.06	15.06-20.07

Сурет 1 Алтай ұшқаты сорттары мен татар ұшқатын фенологиялық бақылау

Көрсеткіштер	Берел	Голубое веретено	Золушка	Огненный опал	Синяя птица	Татар ұшқаты
Бийіктігі (м)	1,7	1,8	1,0	1,7	1,5	4
Жемісінң орташа салмағы (кг)	0,93	0,97	0,87	0,95	0,87	0,98
Жемісінң ұзындығы (см)	2	3	2,5	2,5	2,6	2
Жемісінң диаметрі (мм)	9	8,8	8,8	10	10,3	7
Бір бұтадан алынатын өнім (кг)	2,5	1,5	2	2,7	1,5	2,7

Сурет 2 Ұшқат түрлерінің морфологиялық және шаруашылық белгілерінің сипаттамасы

Татар ұшқатының және алтай ұшқатының сәуір айының басында кесілген ювенильді өркендері зертханалық жағдайда өсірілді.

Клондап көбейтуде жидек өсімдіктерін алдын ала залалсыздандыру аса маңызды, өйткені, егістікте вегетативті әдіспен ұзақ өсірілген өсімдіктер әртүрлі вирус, саңырауқұлақ және бактериялық ауруларға шалдығатыны белгілі. Сол себептен, егістіктен лабораторияға алып келінген өсімдік бұтақшалары *in vitro* жағдайына енгізу алдында залалсыздандырылды. Бастапқы өсімдік экспланттарын ауру инфекцияларынан арылту үшін қолданылатын әртүрлі залалсыздандырылатын заттар қолданылды.

Өркендердің сырты 1:10 «Bis sensitive» ерітіндісімен 3-5 мин дезинфекцияланды, ағын сумен жуып тазартылып, содан соң өркендерді суы бар ыдысқа орналастырып, өсіру үшін бөлме температурасында қалтырылды. Алғашқы 2 күн ішінде фенолдың қарқынды бөлінуі байқалғандықтан, алтай ұшқатының бірнеше рет суы алмастырылды.

7-10 күннен кейін пайда болған мөлшері 1-2,5 см жасыл өркендер ламинар – бокстың асептикалық жағдайлары арқылы *in vitro* жағдайына енгізілді.

Өркендердің сырты 3-5 мин көлемінде 0,1% сулема ерітіндісімен (HgCl<sub>2</sub>) залалсыздандырылды, содан соң залалсыздандырылған тазартылған суда жуып тазартып, әртүрлі концентрациядағы өсу регуляторы қосылған ағарланған қоректік ортаға орналастырылды.

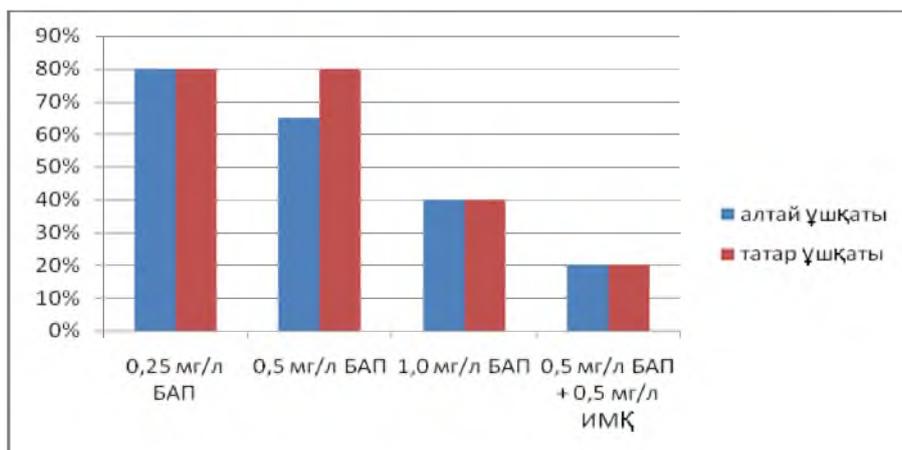
Инфекциядан тазартылған *in vitro* жағдайында өскен өркендердің пайызы орташа алғанда 83,7%-ды құрады, татар ұшқаты - 90,9%, алтай ұшқаты - 76,4%.



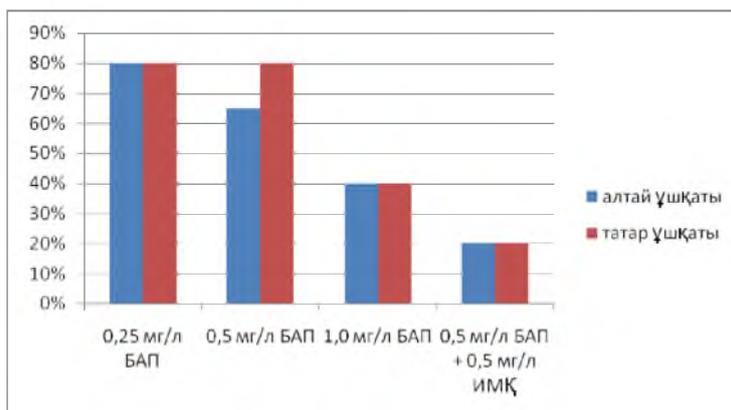
Сурет 3 Алтай ұшқатының біржылдық өркендерін зертханалық жағдайда өсіру

In vitro жағдайына енгізу үшін фитогормондардың әртүрлі құрамы бар Мурасиге - Скуга (МС) қоректік ортасының 4 нұсқасы қолданылды: бензиламинопурин (БАП) және индол қышқылы (ИМК); 0,25 мг/л БАП; 0,5 мг/л БАП; 1,0 мг/л БАП; 0,5 мг/л БАП +0,5 мг/л ИМК. Енгізілген экспланттарды тотығудан қорғау үшін барлық қоректік орталардың құрамына концентрациясы 1 мг/л аскорбин қышқылы қосылды.

Жүргізілген бақылаулар көрсеткендей ұшқатты in vitro жағдайына енгізу үшін ИМК қосылмаған БАП-тың төмен концентрациясы бар қоректік ортаны пайдаланған дұрыс; себебі цитокининнің концентрациясының жоғарылауы, сонымен қатар қоректік ортада ИМК-ның болуы өркенде қажетсіз каллустың пайда болуына әкелген. Татар ұшқаты үшін in vitro жағдайына енгізу кезінде 0,25-0,5 мг/л аралығындағы БАП-тың концентрациясы; алтай ұшқатының нұсқалары үшін тиімді болып 0,25 мг/л БАП қосылған орта ұсынылған. (Сурет 4,5).



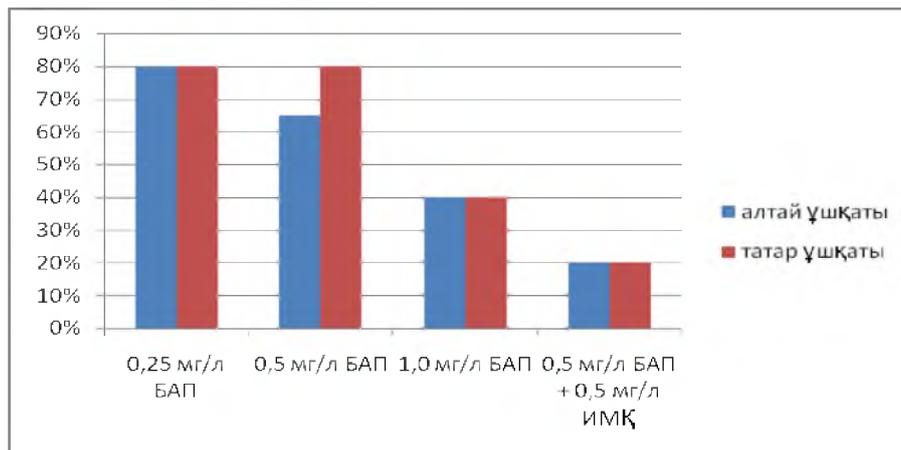
Сурет 4 Мурасиге-Скуга ортасында алтай және татар ұшқатын in vitro жағдайына енгізу үшін фитогормондардың қолайлы концентрациясы



Сурет 5 In vitro жағдайына енгізілген *L. altaica* (а) және *L. tatarica* (б) өркендері

Клоналды микрокөбейтуді оңтайландыру үшін фитогормондардың әртүрлі құрамы бар МС қоректік ортасының 8 нұсқасы қолданылды: БАП, ИМҚ және гибберелді қышқыл (ГҚ). Сонымен қатар темір хелатының екі еселенген концентрациясының және МС қоректік ортасының минералды құрамының ықналы зерттелді. Әрбір үш-төрт анта сайын өсімдіктерді жаңа қоректік ортаға ауыстырып отырды. Қайталап отырғызған кезде найда болған өркендердің жайдайы мен саны есенке алынып отырды, бір насаждағы әр нұсқа үшін орташа кобею коэффициентін, және әр түрдің барлық нұсқалары үшін орташа коэффициенті есентеліп отырды.

Толық залалсыздандырылған *L.tatarica* өсімдігін қоректік ортаның 4 нұсқасында көбейтті: 2 мг/л БАП қосылған МС; 4 мг/л БАП қосылған МС; 0,5 мг/л БАП қосылған 3/4 МС, 0,01 мг/л ПМҚ, 0,01 мг/л ГҚ, екі еселенген темір хелаты концентрациясы; гормондар қосылмаған екі еселенген темір хелаты концентрациясы 3/4 МС. Біздің тәжірибелерде БАП концентрациясын 2-4 мг/л ға жоғарылату татар ұшқатының өркендерінің өсуіне және дамуына кері әсер етті, некроз ауруы байқалды. Татар ұшқаты үшін төмен мөлшердегі, 0,5 мг/л дан жоғары емес, БАП концентрациясы және екі еселенген темір хелаты бар қоректік орта тиімді екені анықталған. Осы ортада татар ұшқаты өсімдіктерінің *in vitro* жағдайында кобею коэффициенті 1,4-дан 3,0-ға дейін құбылып отырды. (Сурет 6).



Сурет 6 *L. tatarica*(а) және *L. altaica* (б) өсімдіктерін клоналды микрокөбейту

Толық залалсыздандырылған *L. altaica* өсімдігі МС қоректік ортасының 4 нұсқасында көбейтілді. Алтай ұшқатының әр түрлі нұсқаларының өркендерін өсіргенде олардың БАП (2-4 мг/л) концентрациясы жоғары қоректік ортада жақсы дамитынын көрсетті.

Алтай ұшқатын онан ары өсіру кезінде макро және микроэлементтердің концентрациясы кемітілді (3/4 МС). Бұл алтай ұшқатының өркендерінің өсуіне және дамуына қолайлы әсер етті. *L. altaica* әр түрлі нұсқалары үшін 2 мг/л БАП қосылған 3/4 МС қоректік ортада кобею коэффициенті 1,4-дан 3,5-ға дейін құбылып отырды.

Сонымен өткізілген зерттеулер барысында *in vitro* жағдайына алтай ұшқатының 5 формасы және татар ұшқатының 1 түрі енгізілді. *In vitro* жағдайына енгізу және клоналды микрокөбейту үшін қоректік орталардың құрамы таңдан алынды. Ұшқаттың зерттелген екі түрі үшін қоректік ортаның құрамына талантар өзгешелігі анықталды. *L.altaica* формасын *in vitro* жағдайына енгізу үшін 0,25 мг/л БАП қосылған МС ортасы; клоналды микрокөбейту үшін 2 мг/л БАП қосылған 3/4 МС ортасы қолайлы. *L. tatarica* формасын *in vitro* жағдайына енгізу үшін 0,25-0,5 мг/л БАП қосылған МС ортасы; клоналды микрокөбейту үшін 0,5 мг/л БАП және екі еселенген темір хелаты концентрациясы қосылған МС ортасы қолайлы болып табылды.

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде мынандай қорытындылар жасалды:

1. Клоналды микрокөбейту тәсілдері шектелген уақыт ішінде жеміс-жидекті дақылдардың талапқа сай екпе материалдарын алуға мүмкіндік береді;

2. Өнеркәсіпті өндіріс жағдайында қоректік орталардың минералдық құрамын кезектестірін ауыстырып отыру тәсілі көбею коэффициентін және тамырлануға жарамды оркендер үлесін жоғарылатады;

3. Қоректік орталардың минералдық құрамы көбейтілетін өсімдік түріне байланысты болады;

Ұшқат тұқымдасының алтай және татар ұшқаты түрлері үшін Мурасиге- Скуға қоректік ортасы лайық екенін жүргізілген тәжірибелер көрсетті.

4. *In vitro* жағдайына енгізу кезінде: алтай ұшқаты үшін 0,25 мг/л БАП қосылған МС ортасы; татар ұшқаты үшін 0,25-0,5 мг/л БАП қосылған МС ортасы қолайлы;

5. Клоналды микрокөбейту кезінде: алтай ұшқаты үшін 2 мг/л БАП қосылған 3/4 МС ортасы; татар ұшқаты үшін 0,5 мг/л БАП және екі еселенген темір хелаты концентрациясы қосылған МС ортасы қолайлы болып табылды.

Бұл әдісті Шығыс Қазақстан облысы жағдайында игеру және зерттеу нәтижелерін ұшқат тұқымдасы түрлерінің клондарын көбейтудің өндірістік технологиясына ендіру, жоғары өнімді және ауруларға тозімді қошеттер алуға мүмкіндік туғызады.

## Қолданылған әдебиеттер

- [1] Кушнаренко С.В., Карашолакова Л.Н., Мухитдинова З.Р., Китапбаева А.А., Вдовина Т.А., Премина Н.В. // Введение в культуру *in vitro* и микроклональное размножение диких видов жимолости.
- [2] Куклина А.Г., Семерикова Е.А., Молканова О.И. Опыт клонального микроразмножения голубых жимолостей // Бюл. Гл. ботап. сада. – 2003. – Вып. 185. – С. 160-167.

УДК 697.34

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

А.Б. Липовский

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The use of energy efficient buildings can reduce heating energy consumption and create a more comfortable thermal conditions in the premises of the buildings. Possible ways to improve the energy efficiency of existing buildings designed and divided into passive and active. Assess the degree of energy efficiency in buildings allows the system analysis, with pommoschyu which can be qualitatively evaluate the proposed activities.

**Keywords:** Energy-efficient buildings, systems analysis, coal power rating.

**Аңдатпа.** Энергиятиімді ғимараттың қолданысы жылының қайратыптың потребление және жаса- жайлы жылының шарттарын ғимараттың бөлмелерінде төмендету қояды. Жобала- және бар ғимараттың энергоэффективности көтермелеуінің ықтимал жолдары бейтарапқа және белсендіге деген бөліседі. Бағала- ғимараттың энергоэффективности дәрежесін жүйелі анализ қояды, мен поммощью нешінші болады нарықты бағала- ұсып- іс-шаралар.

**Кілттік сөздер:** Энергиятиімді ғимарат, жүйелі анализ, теплоэнергетическая сарапшылық.

**Аннотация.** Применение энергоэффективных зданий позволяет снизить потребление тепловой энергии и создать более комфортные тепловые условия в помещениях зданий. Возможные пути повышения энергоэффективности проектируемых и существующих зданий делятся на пассивные и активные. Оценить степень энергоэффективности зданий позволяет системный анализ, с помощью которого можно качественно оценить предлагаемые мероприятия.

**Ключевые слова:** Энергоэффективные здания, системный анализ, теплоэнергетическая оценка.

Современные здания расходуют более трети всей вырабатываемой тепловой энергии и две трети электроэнергии. Поэтому применение энергоэффективных зданий в данный момент оправдано. Это позволит снизить потребление тепла и создать более комфортные тепловые условия в помещениях здания.

Цель проектирования и строительства, современных энергоэффективных зданий состоит в более эффективном использовании энергоресурсов, затрачиваемых на энергоснабжение здания.

Возможные пути повышения энергоэффективности проектируемых и существующих зданий можно разделить на пассивные и активные. К пассивным способам повышения энергоэффективности относятся: применение современных теплоизоляционных материалов, с целью увеличения термического сопротивления ограждений; применение планировочных решений уменьшающих периметр здания, для уменьшения поверхности ограждающих конструкций; применение энерго-сберегающих фасадов, позволяющих оптимизировать внутренние параметры воздуха в зимний и летний периоды. При проектировании системы отопления применение тепловых пунктов с автоматизированным смешением воды позволит уменьшить потребление тепловой энергии. Экономия тепла может быть достигнута применением местных автоматических регуляторов теплоотдачи отопительных приборов.

Реализуется данное направление путем установки приборов регулирования теплопотребления, а также повышением теплозащитных качеств наружных ограждений. При этом, чем выше уровень теплозащиты здания, тем особенно актуальным является автоматическое регулирование теплоотдачи системы отопления. Связано это с тем, что при повышении уровня теплозащиты здания возрастает доля внутренних тепловыделений от людей, бытовых электроприборов, газовых и электрических плит, а также доля поступлений теплоты солнечной радиации через светопрозрачные ограждения в общем, балансе помещения.

Отапливаемый объект представляет сложную систему в виде некоторой совокупности элементов, таких как окно, ограждения, нагревательный прибор, воздушная среда, массив помещения, бытовые теплопоступления и окружающая среда, энергетически взаимосвязанных между собой.

Особенностью регулирования объекта является наличие внешних и внутренних возмущений теплового режима помещения. Как известно, наружные возмущения теплового режима проявляются через параллельно расположенные звенья – теплоемкие и не теплоемкие ограждающие конструкции. Внутренние возмущения – бытовые выделения тепла.

Нарушение равновесия между поступлением и потерями тепла вызывает изменение регулируемой величины – температуры воздуха в помещении, которая является конечным (критическим) параметром регулирования. В случае превышения теплопотреблений избыточное тепло затрачивается частично на нагрев внутреннего воздуха и частично аккумулируется в ограждающих конструкциях, мебели и других предметах, находящихся в помещении. При уменьшении поступлений тепла от системы отопления и понижении внутренней температуры происходит выделение аккумулированного тепла [1].

Совокупность архитектурных и инженерных решений, наилучшим образом отвечающих целям минимизации расходования энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания есть результат выбора определенными научными методами совокупности технических решений, наилучшим образом отвечающих поставленной цели. Отдельные решения или система решений, направленных на снижение расхода энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания есть результат суммирования ряда энергосберегающих решений в одном объекте [2].

С точки зрения современной науки, задача проектирования энергоэффективных зданий относится к так называемым задачам "системного анализа" или задачам "исследования операций" поиск решения которых связан с выбором альтернативы и требует анализа сложной информации различной физической природы. Цель методов системного анализа или исследования операций – предварительное количественное обоснование оптимальных решений. Оптимальными здесь называются решения, которые по тем или иным признакам предпочтительнее всех других.

Для теплоэнергетической оценки здания необходимо иметь критерий: показатель эффективности или целевую функцию. Этот показатель должен максимально отражать целевую направленность поиска решения. Выбирая решение, отдают предпочтение такому, которое обращает показатель в максимум.

Наиболее эффективное в тепловом отношении здание, в большинстве случаев, не может быть реализовано из-за технических ограничений. Но отношение энергетических затрат на отопление здания наиболее эффективного в тепловом отношении к энергетическим затратам на отопление принятого проектом здания будет отражать степень его тепловой эффективности, и позволит ответить на вопрос: насколько энергетически эффективно запроектировано данное здание. Данное отношение называется показателем тепловой эффективности и обозначается [2]:

$$\eta_{тэ} = W^э / W$$

где:  $W^э$ ,  $W$  – затраты тепловой энергии на отопление, соответственно наиболее эффективного в тепловом отношении здания и принятого для проектирования.

Наиболее эффективным в тепловом отношении будет здание, все элементы которого в результате архитектурно-планировочных и инженерных решений энергетически оптимизированы. Максимум коэффициента тепловой эффективности достигается при  $\eta_{тэ} = 1$ .

Для выявления факторов, влияющих на показатель тепловой эффективности здания необходимо рассмотреть структуру затрат тепловой энергии на отопление здания, рассматривая его как единую энергетическую систему. В качестве основных элементов принимаются: оболочка здания (наружные ограждающие конструкции), наружный климат и микроклимат в помещениях здания.

Теплоэнергетической характеристикой наружного климата, действующего на здание, является совокупность трех показателей:

$$\begin{aligned}
 Q_t &= c \rho V (t_e - t_n) m \\
 Q_v &= c \rho (t_e - t_n) \sum F_i v_i \\
 Q_j &= \sum J_i F_i
 \end{aligned}$$

где:  $Q_t$ ,  $Q_v$ ,  $Q_j$  - характеризуют действие соответственно температуры наружного воздуха, направленного действия ветра и солнечной радиации на тепловой баланс здания;

$V$  - объем отапливаемой части здания по внешнему обмеру, м<sup>3</sup>,

$v_i$  - скорость ветра  $i$ -го направления, набегающего на поверхность здания  $i$ -ой ориентации;

$F_i$  - площадь поверхности  $i$ -ой ориентации, м<sup>2</sup>;

$c, \rho$  - соответственно теплоемкость, Вт·ч/(кг·С) и плотность кг/м<sup>3</sup> наружного воздуха;

$J_i$  - интенсивность потока солнечной радиации падающей на  $i$ -ую поверхность, Вт/м<sup>2</sup>;

$m$  - кратность воздухообмена, 1/ч.

Теплоэнергетической характеристикой второго элемента системы являются теплозащитные показатели наружных ограждающих конструкций здания. Однако, и при теплотехнических испытаниях для определения фактического расхода теплоты на отопление, и для установления эффективности автоматического регулирования, и вообще для контролирования правильности отопления зданий необходимо определять как расчетный расход теплоты на отопление каждого здания, так и его изменение при разных температурах наружного воздуха. Пользование проектными данными или расчет с помощью удельной отопительной характеристики могут привести к большой ошибке, так как методика расчета теплопотерь неоднократно пересматривалась. Поэтому более точно расчетный расход теплоты на отопление (при температуре наружного воздуха по параметрам Б, равной расчетной для проектирования отопления  $t_p^H$  определяется с учетом составляющих теплового баланса жилого здания:

$$Q_o^p = (Q_o^{p+} + Q_o^{p-} - Q_o^p) \beta = [(\sum k F_{огр} + c_p L_{инф}^p \rho A_{ок} N) (t_p^H - t_{e,н}) - 18 F_{огр}] \beta$$

где:  $Q_{огр}^p$  - теплопотери через наружные ограждения здания, Вт;

$Q_{инф}^p$  - расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, Вт;

$Q_б$  - бытовые (внутренние) тепловыделения, Вт;

$\beta$  - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери наружных стен, возле которых расположены отопительные приборы, теплопотери трубопроводов, проложенных в не отапливаемых помещениях (подвал, чердак), и др.; по опытным данным принимается  $\beta = 1.12 - 1.15$  (большая величина для 5—9-этажных зданий с неизолированными обратными магистралями);

$k$  - коэффициент теплопередачи наружного ограждения; определяется расчетом или принимается по проекту;

$F_{огр}$  - площадь наружного ограждения по обмеру, м<sup>2</sup>;

$L_{инф}^p$  - объем инфильтрующегося воздуха через окна квартир и лестнично-лифтовой узел, приходящийся на одну квартиру; в расчетных условиях (при  $t_p^H$  и расчетной скорости ветра) принимается из опытных данных с учетом реальной воздухопроницаемости окон в зависимости от этажности здания  $n$ :

$n$	5	9	12	16
$L_{инф}^p$ м <sup>3</sup> /с	160	170	180	190

$\rho$  - плотность воздуха; для нормальных условий  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;

$c_p$  — теплоемкость воздуха;

$A_{OK}$  — коэффициент, учитывающий уменьшение расхода теплоты на нагрев инфильтрирующегося воздуха ( $A_{OK} = 0,9$ );

$N$  — число квартир в здании;

$F_{\Pi}$  — площадь пола отапливаемых помещений (комнат квартиры и кухни), м<sup>2</sup>.

Теплоэнергетической характеристикой третьего элемента системы являются лучистый и конвективный теплообмен.

С учетом принятого системного подхода показатель тепловой эффективности здания может быть записан:

$$\eta_{m3} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3; \quad 0 < \eta_i \leq 1; \quad i = 1, 2, 3$$

где:

$\eta_1$  - показатель тепловой эффективности в части оптимального учета направленного действия наружного климата

$\eta_2$  - то же в части выбора теплозащитных показателей наружных ограждающих конструкций здания;

$\eta_3$  - то же в части оптимального выбора системы обеспечения микроклимата.

В результате получается, что теплоэнергетическую оценку здания можно выполнять по каждому показателю отдельно, что существенно упрощает решение задачи и помогает оценить насколько энергетически эффективно запроектировано здание.

По аналогии с показателем тепловой эффективности здания в целом, показатель тепловой эффективности в части оптимального учета направленного действия наружного климата определяется как отношение теплотерь в холодный период года или теплопоступлений в теплый период года здания, наиболее эффективного в тепловом отношении за счет оптимального учета комплексного воздействия температуры наружного воздуха, солнечной радиации и ветра на различно ориентированные поверхности оболочки здания, к теплотерям в холодный период года или теплопоступлениям в теплый период года здания принятого проектного решения. Таким образом, этот показатель характеризует насколько энергетически удачно выбраны ориентация и размеры здания.

Таким образом, применение системного анализа позволяет выявить влияние каждого конкретного компонента на энергетическую эффективность здания. Кроме того, зависимости полученные по данной методике могут быть формализованы для решения их с применением ИТ технологий.

## Список литературы

- [1] Бурцев В.В., Климов А.М. Теплоаккумулирующая способность здания как критерий регулирования тепловой нагрузки. // Энергетика: экология, надежность, безопасность – Томск: ТПУ, Т.1, 2001, С. 149-152.
- [2] Табунщиков Ю. А., Бродач М. М. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий

УДК 635.35.631.53.027

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФИТОСТИМУЛЯТОРА ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

С.С. Лутай, К.Б. Алипина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** Influence of the natural origin phyto regulator a on viability, dynamics of growth and development of landscape gardening cultures is given in article and the possibility of using. The most productive concentration of the phyto regulator for acceleration of development of plants seeds is defined.

**Keywords:** Phyto regulators, biotechnology, growth regulators, plant hormones.

**Аңдатпа.** Мақалада табиғи тектің фитостимулятора алі технологиясы қара. Үйлесімді шоғырлану және айтылмыш препараттың ықпалы өсімдіктерге тағайынды.

**Кілттік сөздер:** Фитостимулятор, биотехнология, бидайдың сабақтарының, космея.

**Аннотация.** В статье рассмотрена технология получения фитостимулятора природного происхождения. Определена оптимальная концентрация и влияние данного препарата на растения.

**Ключевые слова:** Фитостимулятор, биотехнология, ростки пшеницы, космея.

Современное искусственное восстановление лесов обеспечивается широким комплексом работ, включающим в себя семеноводство, выращивание посадочного материала, посадку лесных культур, а также агротехнические и лесоводственные уходы [1].

Для удовлетворения народного хозяйства страны в древесине и в XXI веке будет необходимо создавать и выращивать высокопродуктивные хозяйственно-ценные насаждения. Поэтому для быстрого восстановления ценных пород деревьев требуется разработка эффективных мало затратных технологии выращивания посадочного материала [2].

В этой связи разработка способов подготовки семян к посеву и выращивания сеянцев в питомниках является актуальной задачей.

За рубежом они используются широко, а в Казахстане говорить об их широком использовании пока еще рано. Главной причиной является недостаточная информированность практиков об этом классе препаратов и отсутствие достаточного промышленно выпускаемого ассортимента.

Исходя из актуальности проблемы, мы провели исследования направленные на изучение влияния биологически активной добавки на всхожесть семян садово-парковых культур.

Объектом исследования служили семена космеи.

Большинство из биологически активных веществ в низких и очень низких концентрациях играют роль стимуляторов роста, способствуют повышению иммунитета, активизируют плодородие. В высоких концентрациях эти же препараты оказывают действия, угнетающие физиологические процессы в растениях [3].

Стимуляторы роста усиливают процессы вегетации растений и бывают двух видов - природные и синтетические. К природным стимуляторам относятся различные виды фитогормонов, а

также некоторые витамины. Синтетические стимуляторы, активируют деятельность фитогормонов, в результате наблюдается временное усиление ростовых процессов. Стимуляторы роста используются в форме водных растворов, эмульсий, дустов, аэрозолей и паров [4].

Для нормального роста и развития растений необходимо присутствие в них определенной совокупности трех известных групп гормонов: ауксинов, гиббереллинов и цитокининов [5].

Отделенные от организма животного или растения ткани при воздействии на них неблагоприятных факторов внешней среды активно борются за свое существование, при этом вырабатывают вещества, стимулирующие биологические процессы в таких тканях. Эти вещества, помогающие тканям сохранять жизнь в неблагоприятных условиях, названы В.П.Филатовым «биогенными стимуляторами». В.П.Филатов рассматривает образование этих стимуляторов как выработанный в процессе эволюции способ приспособления обмена веществ организма к действию среды, если это действие не превышает какой-то максимальной, уже убивающей степени; биогенные стимуляторы образуются в тканях, пока они живы и находятся в состоянии «переживания».

Биогенные стимуляторы, введенные в какой-либо организм тем или иным путем, активизируют жизненные процессы. Усиливая обмен веществ, они тем самым повышают физиологические функции организма, а следовательно, увеличивают сопротивляемость к патогенным факторам и усиливают регенеративные свойства.

Факторы среды, вызывающие появление биогенных стимуляторов, могут быть разнообразными. Биогенные стимуляторы образуются в растительных тканях при сохранении их в темноте при + 6-8 °С или воздействии лучей Рентгена. В живых организмах биогенные стимуляторы возникают после механических повреждений, облучения ультрафиолетовыми и рентгеновскими лучами, усиленной мышечной работы, введения антиретиккулярной цитотоксической сыворотки и др. Биогенные стимуляторы накапливаются в тканях и организмах при действии на них внешних и внутренних факторов, приводящих к нарушению нормального обмена, и в химическом отношении являются продуктами такого нарушенного обмена.

Биогенные стимуляторы обладают теплостойкостью (сохраняют биологическую активность при нагревании до 120 °С и течение часа), растворяются в воде, способны частично перегоняться с парами воды. Биогенные стимуляторы не являются белками и ферментами. Они относятся к сложному комплексу веществ типа различных групп органических кислот: к группе дикарбоновых кислот жирного ряда (щавелевая, янтарная), к группе дикарбоновых оксикислот жирного ряда (яблочная, винная), к группе непредельных жирно-ароматических кислот и оксикислот (коричная, оксикоричная), к группе ароматических кислот с большим молекулярным весом.

В. П. Филатов к биогенным стимуляторам относит только те вещества, которые образуются в изолированных тканях и в организме под воздействием неблагоприятных факторов, и считает, что только эти вещества наиболее полно отвечают потребностям организма при его биохимической перестройке в процессе приспособительной реакции. Возникновение биогенных стимуляторов в тканях под влиянием неблагоприятных факторов среды является законом жизни природы. Биогенные стимуляторы образуются повсюду, где идет борьба за жизнь и приспособление к иным условиям существования. Они обнаружены в лиманной грязи, в иле пресных озер, в торфе, в осенних листьях, в черноземе и там, где содержатся остатки животных и растительных организмов, то есть везде, где животные и растения, медленно умирая, накапливали биогенные стимуляторы. В. П. Филатов считает, что биогенные стимуляторы имеют огромное значение в эволюционном процессе, в частности в механизме индивидуальной изменчивости организма. Биогенные стимуляторы действуют на весь организм в целом. Этим объясняется широта диапазона их влияния.

Биогенные стимуляторы тканевых препаратов, не специфичны ни в гистологическом, ни в видовом отношении. Биогенные стимуляторы растительного происхождения действуют на организм животного и человека, а биогенные стимуляторы животного происхождения действуют на растения.

На основании экспериментальных исследований многих авторов установлено, что под влиянием тканевых препаратов повышается и стимулируется газообмен, гликолиз, фосфорный обмен, активность ферментов, повышается иммунобиологическая реактивность организма, стимулируются регенеративные процессы [6].

В качестве исходного материала для получения ростостимулирующего препарата использовали зародыши яровой пшеницы. Пророщенная пшеница является превосходным источником протеина, содержит витамины группы В и витамин Е, железо, магний, марганец, кальций, фосфор. Масло зародышей пшеницы богато ненасыщенными жирными кислотами.

При прорастании содержание в зерне основных питательных веществ, витаминов, макро- и микроэлементов меняется. Если в сухом зерне содержится до 20 процентов белка, 2,2 процентов жиров и 64 процентов углеводов, то в пророщенном, соответственно, 26, 10 и 34, количество клетчатки увеличивается с 10 до 17 процентов. Такие изменения связаны с тем, что при прорастании растение интенсивно усваивает запасные вещества (в данном случае углеводы), а процесс образования новых органов связан с повышением количества белков и жиров. И сухое и пророщенное зерно содержат кремний, хром, медь, селен, йод, витамины В5, С, D, Р [7].

Прорастающее зерно – целостная живая система, основанная на сопряженности и взаимозависимости многих веществ и процессов. В такой живой системе витамины-антиоксиданты и микроэлементы работают не поодиночке, а как бы в связке, поддерживая и усиливая эффект друг друга.

Витамин Е (токоферол) содержится в зародыше зерна. В природе его главная роль – предохранять от свободных радикалов ненасыщенные жирные кислоты, очень важные для целостности клеточных мембран. При этом его молекулы окисляются и работать уже не могут. Их способны восстанавливать электроны, полученные от витамина С, а также соединение, содержащее селен.

Витамины группы В потому и образуют группу, что не встречаются в природе поодиночке, а действуют только в комплексе. Каждый витамин этой группы – соединение со своими свойствами и функциями, но работают они, поддерживая друг друга. Место их концентрации в зерне – его оболочка. Увеличение количества витаминов группы В в прорастающих семенах является своеобразным способом защиты эндосперма (центральная часть зерна, “кладовая” запасных веществ) от повреждающих факторов внешней среды.

Например, молекула ниацина (витамин В3) сравнительно простая по структуре – очень стойкое вещество. Она чрезвычайно подвижна, что дает ей возможность уходить от разрушительного действия свободных радикалов. Можно предположить, что с этими свойствами ниацина и связано то, что его количество в прорастающих семенах не увеличивается. Как и рибофлавин, ниацин принимает участие в производстве энергии в живой клетке, при этом ферменты ниацина и рибофлавина работают в паре, образуя своеобразный мостик.

Витамин В5 (пантотеновая кислота) участвует в синтезе многих ферментов. В организме способствует выработке гормонов и усвоению витаминов. Биотин (один из витаминов группы В) играет важную роль в обмене веществ, действуя совместно с пантотеновой и фолиевой кислотами. Витамин В6 (пиридоксин) принимает участие в белковом обмене. Его активность увеличивается в несколько раз в присутствии рибофлавина. Фолиевая кислота участвует в синтезе нуклеиновых

кислот и клеточном делении [8].

Таким образом, все витамины-антиоксиданты работают в проростках взаимосвязано. В живом организме прорастающего семени без всякого вмешательства человека образуется максимальное количество полезных веществ, которые находятся в сбалансированных соотношениях, отточенных в ходе эволюционного развития. Эффективность проростков обусловлена именно совместным действием всех содержащихся в них компонентов [7].

Когда семена прорастают, в них происходят резкие перемены: крахмал превращается в солодовый сахар, белки в аминокислоты, а жиры в жирные кислоты. Ферменты, содержащиеся в проростках, расщепляют запасные белки, жиры и углеводы семян. Количество витаминов-антиоксидантов и микроэлементов увеличивается при прорастании в десятки и сотни раз, они встроены в органическую систему живой ткани растения и работают взаимосвязано, поддерживая и усиливая действие друг друга.

В пророщенном семени синтезируются все биологически активные вещества необходимые для начала развития и роста растения – растительные гормоны, ферменты, витамины, антиоксиданты. Максимальное содержание всех полезных веществ в пророщенных семенах наблюдается на четвертый – седьмой день после прорастания [9].

При разработке способа приготовления фитостимулятора, мы основывались на данных, полученных В.П. Филатовым, который обнаружил, что при неблагоприятных воздействиях на растения и животных в их тканях накапливаются сложные высокополимерные вещества небелковой природы, стимулирующие жизненные процессы и названные биогенными стимуляторами [6].

Предложенный способ получения препарата реализовали следующим образом.

Семена яровой пшеницы дезинфицировали 10 мин 0,0025 раствором марганцово-кислого калия, замачивали в водопроводной воде на 1 сут. По истечении этого срока семена проращивали 2 сут при температуре 20 – 25 оС до появления проростков длиной 1-3 мм. Проращивание проводили по следующей схеме.

Зерно засыпали в плоскую стеклянную или эмалированную посуду слоем не более 2 см для обеспечения равномерного прорастания. Зерна можно насыпать либо на подстеленную ткань или марлю, либо непосредственно на дно посуды. Сверху зерно накрывали тканью или марлей и заливали водой комнатной температуры до верхнего уровня зерна. При этом следует перемешать содержимое для равномерного смачивания зерен водой. Посуду или поднос с пшеницей помещали в теплое затемненное место. В дальнейшем при подсыхании увлажняли верхнюю ткань.

До и после замачивания зерно промывали холодной проточной водой, чтобы удалить споры плесневелых грибов и токсины, образующиеся в процессе прорастания.

Длина проростков не должна превышать 3 мм, так как они становятся ядовитыми.

Пророщенные зерна тщательно промывали водой (5-кратно), измельчали на гомогенизаторе и помещали в рефрижератор на 10 сут при температуре 4-5оС. По истечению указанного срока к измельченным зернам добавляли дистиллированную воду в соотношении 1:10, кипятили 1 час, центрифугировали при 3000 об/мин – 15 мин. Центрифугат разливали во флаконы, стерилизовали в автоклаве в течение 30 мин при температуре 120 оС. Целевой продукт представляет собой опалесцирующую жидкость сероватого цвета.

Определение рабочей концентрации проводили путём разведения маточного раствора препарата (табл. 1).

Таблица 1 Концентрация активных веществ в рабочем растворе

№ п/и	Наименование препаратов	Концентрация фиторегулятора, %				
		1	0,1	0,01	0,001	0,0001
1	Фиторегулятор, (мл)	1	0,01	0,001	0,0001	0,00001
2	Дистиллированная вода, (мл)	99	9	9	9	9

Разведение осуществляли следующим образом.

1. 1 мл фиторегулятора смешивали с 99 мл дистиллированной воды (разведение 1:100) или 1 раствор.

2. 1 мл первого разведения вносили в 9 мл дистиллированной воды (разведение 1:1000) или 0,1 раствор.

3. 1 мл второго разведения добавляли к 9 мл дистиллированной воды (разведение 1:10000) или 0,01 раствор.

4. 1 мл третьего разведения смешивали с 9 мл дистиллированной воды (разведение 1:100000) или 0,001 раствор.

5. 1 мл четвертого разведения добавляли к 9 мл дистиллированной воды (разведение 1:1000000) или 0,0001 раствор.

Изучение активности фиторегулятора из проростков яровой пшеницы.

Схемой опыта были предусмотрены следующие варианты:

Вариант 1. 200 семян космеи на сутки замачивали в 1 растворе фиторегулятора с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 2. 200 семян космеи на сутки замачивали в 0,1 растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 3. 200 семян космеи на сутки замачивали в 0,01 растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 4. 200 семян космеи на сутки замачивали в 0,001 растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 5. 200 семян космеи на сутки замачивали в 0,0001 растворе с последующим высаживанием семян в грунт.

Вариант 6. Контроль. 200 семян космеи на сутки замачивали в дистиллированной воде с последующим высаживанием семян в грунт.

Изучение влияние фиторегулятора из проростков яровой пшеницы на всхожесть семян космеи.

Результаты опыта показали, что обработка семян фиторегулятором приводит к увеличению всхожести семян, по сравнению с контрольными растениями.

Влияния фиторегулятора из проростков яровой пшеницы на всхожесть семян космеи в зависимости от его концентрации и времени проращивания представлены в табл. 2 и на рис. 1.

Таблица 2 Влияние различных концентраций фиторегулятора на посевную всхожесть семян космеи

№ п/п	Концентрация, %	Время появления всходов, сутки								
		1	2	3	4	5	6	7	8	Итого
1	1	-	11	20	33	62	52	3	-	181
2	0,1	-	8	21	37	64	53	-	-	183
3	0,01	-	60	40	98	-	-	-	-	198
4	0,001	-	40	36	35	40	44	-	-	195
5	0,0001	-	36	36	37	38	41	-	-	188
6	Контроль	-	10	19	30	67	40	12	-	178

Как свидетельствуют данные табл. 2 и рис. 1, обработка семян фиторегулятором из проростков яровой пшеницы различных концентраций оказала положительное влияние на период посевной всхожести семян космеи.

Из данных табл. 2 видно, что обработка семян 0,01 раствором фиторегулятора наибольшее количество первых ростков (60) появилось на 2 сут после посадки, а весь период появления всходов занял 4 сут. Число проросших семян равно 198. Данная концентрация является самой продуктивной для всхожести семян космеи в этом опыте.

В контроле период появления проростков растянулся до 7 дней, а количество всходов наблюдали в 178 случаях.

Процент всхожести семян при обработке раствором 0,01 концентрации равен 99 , а в контроле – 89.

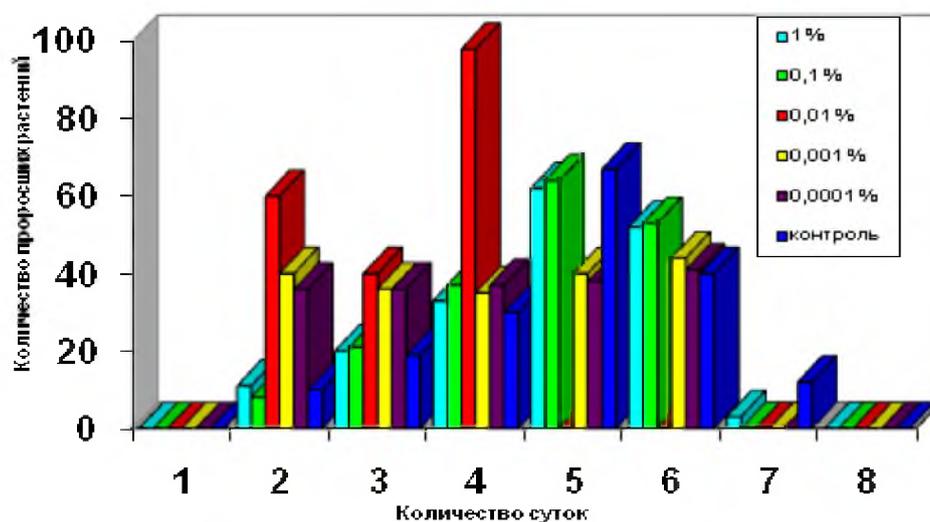


Рисунок 1 Влияние фиторегулятора из проростков яровой пшеницы на всхожесть семян космеи

Изучение влияние фиторегулятора из проростков яровой пшеницы на динамику развития космеи.

Динамика роста космеи за 30 дней роста представлена на рис 2.



Рисунок 2 Динамика роста космеи за 30 дней роста

Результаты действия различных концентраций фиторегулятора на динамику роста космеи показаны в таб. 3 и на рис. 3.

Таблица 3 – Влияние различных концентраций фиторегулятора из проростков яровой пшеницы на динамику роста космеи

№ п/п	Концентрация фиторегулятора, %	Высота растения, см	Диаметр растения, мм	Количество листьев на растении, шт	Длина листьев, см	Длина корней, см
1	1	18	1,8	8	3	4,8
2	0,1	19	1,8	8	3	4,9
3	0,01	21	2,0	10	3,2	5
4	0,001	18	1,8	8	2,9	4,8
5	0,0001	16	1,7	8	2,8	4,6
6	контроль	13	1,6	7	2,5	4

Как свидетельствуют данные табл. 3 и рис. 3, обработка семян фиторегулятором из проростков яровой пшеницы оказала позитивное влияние на динамику роста космеи.

При обработке семян 0,01 раствором фиторегулятора растение обладало наибольшим ростом в высоту, диаметром, длиной листьев и корней. Средние параметры растений оказались следующие: высота растений равна 21 см, диаметр 2,0 мм, длина листьев 3,2 см, корней 5 см. Данная концентрация является самой результативной для роста и развития космеи. В контроле растения имели более низкие характеристики вегетативного развития.

Средние показатели были равны: высота растений – 13 см, диаметр – 1,6 мм, длина листьев – 2,5 см, длина корней – 4 см.

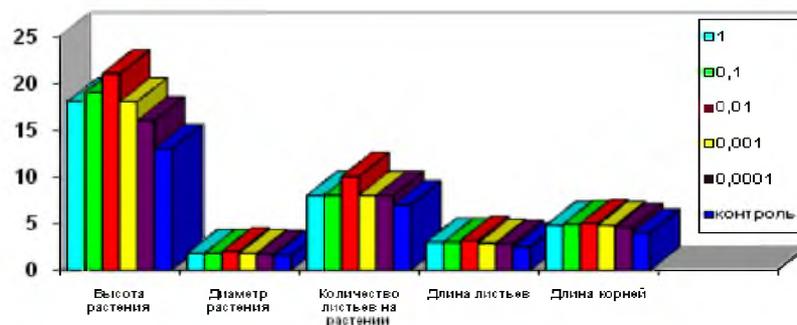


Рисунок 3 Влияние фиторегулятора из проростков яровой пшеницы на рост и развитие космеи

Действие фиторегулятора 0,01 концентрации на рост и развитие космеи представлено на рис. 4.

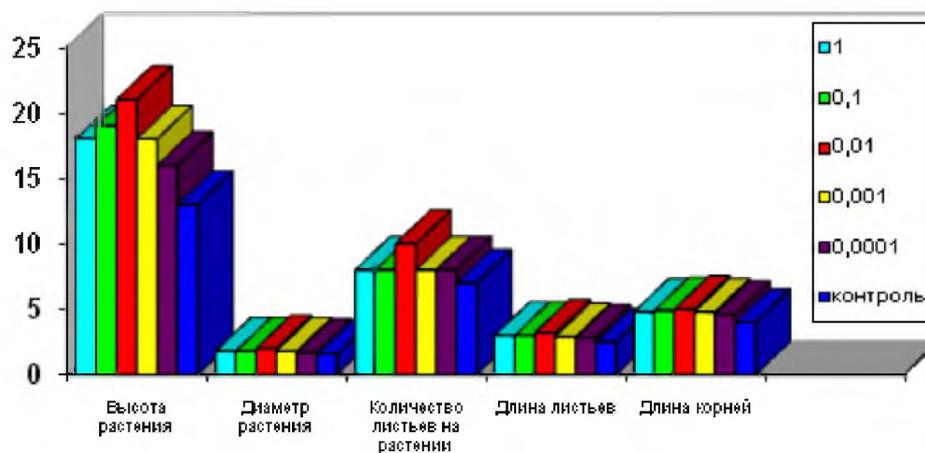


Рисунок 4 Действие фиторегулятора 0,01 концентрации на рост и развитие космеи

В целях повышения всхожести семян садово-парковых культур, ускорения динамики роста растений и увеличения их биомассы в практике садово-паркового хозяйства следует использовать экологически безопасный и эффективный фитостимулятор, полученный по разработанной нами технологии.

## Список литературы

- [1] Балков В.В., Смирнов Н.А., Казаков В.И. Применение прогрессивных технологий и новых средств механизации в питомниках // Лесное хоз-во, – 2000. – №2. – С.42-45.
- [2] Смирнов Н.А. Основы интенсивных технологий выращивания посадочного материала в питомниках // Проблемы выращивания посадочного материала в лесных питомниках /Тез.докл.Всесоюз.науч.-техн.сем. – Пермь, 17-20 июля 1999 г. – М.,1999. – С.7-8.
- [3] Вакуленко В.В., Шановал О.А. Регуляторы роста // Агро XXI. – 1999. –№ 3. – С. 2-3.
- [4] Шевелуха В.С., Блиновский И.К. Состояние и перспективы исследований и применения фиторегуляторов в растениеводстве //В кн.: Регуляторы роста растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 6-35.
- [5] Кульнев А. П., Соколова Е. А. Многоцелевые стимуляторы защитных реакций, роста и развития растений (на примере препарата иммуноцитифит). –Пуцдино, 1997. – 100 с.
- [6] Филатов В.П. Тканевая терапия. – М. – 1948. – 350 с.
- [7] Зединг Г. Ростовые вещества растений, – М.: Иностранная литература, 1955 – 250 с..
- [8] Власюк П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. – Киев.: Наукова думка, 1969 – 250 с.
- [9] Полевой В.В. Физиология растений. – М: Высшая школа, 1989 – 300 с.

УДК 72.01.:378+7.03(075.32)

## АРХИТЕКТУРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ – ИСКУССТВО ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ

В.И. Наумова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The structural basis of the education process of the creative specialties is higher education the foregoing one is secondary education and the following part is professional training. The continuous consistent education provides the creative and innovative character, development and operative renewal of the education during the whole process, practical application and its up-to-date features.

Continuous consistent creative education is provided by the conditions and the guarantee of the education quality and the firmness erudite of general subjects.

**Keywords:** Creative education and new technology, spesific of creative education, the peculiarities of continuous creative education, sintes of architecture practice and education

**Аңдатпа.** Шығармашылық мамандықтың образовательного үдерісінің құрылымды ядросымен жоғары білім болып табылады, предшествующее оған - довузовская дайындық, қарама-стан және кейінгі буын - кәсіп дайындық.

Білімнің толассыздығы шығармашылық және жаңашыл мінезді, дамуды және білімнің шұғыл жаңала- бой барлық үдерістің, практикалық бағытталғандықты, уақыттың оның адекваттылығының қамсыздандырады.

Шығармашылық білімнің үдерісінің тізбектілігі шарт және білімнің сапасының кепілдемесімен, іргелі қамсызданады және тереңдікпен общеобразовательных тәртіптің білімдерінің.

**Кілттік сөздер:** Шығармашылық білім және жаңа технологиялар, шығармашылық білімнің өзгешелігі, образовательного үдерістің және сәулетшінің тәжірибесінің өнері, архитектуралық тәжірибенің және білімнің синтезі.

**Аннотация.** Структурным ядром образовательного процесса творческих специальностей является высшее образование, предшествующее ему – довузовская подготовка, и последующее звено – профессиональная подготовка.

Непрерывность образования обеспечивает творческий и новаторский характер, развитие и оперативное обновление образования в течение всего процесса, практическую направленность, её адекватность времени.

Последовательность процесса творческого образования обеспечивается условиями и гарантией качества образования, фундаментальностью и глубиной знаний общеобразовательных дисциплин.

**Ключевые слова:** Творческое образование и новые технологии, специфика творческого образования, искусство образовательного процесса и практики архитектора, синтез архитектурной практики и образования.

Проблеме образования сегодня уделяется особое внимание. Процесс подготовки специалистов в школе, а затем в ВУЗе стал для многих государств одним из национальных приоритетов, одной из главных задач «национальных проектов». От уровня образования, профессионализма, общекультурного уровня и экологического развития молодых индивидуумов во многом зависит

будущее наций и государств. Эти личностные качества соотносятся между собой в жизни любого человека, а особенно, подрастающего поколения будущего.

Общепризнано, что только высокообразованные люди, среди которых в достаточном количестве и специалисты высшего класса, по призванию обеспечивают процесс общественного развития. Задачей любого государства становится создание условий для такого процесса и умелое его регулирование. Высшая школа позволяет получать требуемый уровень образования в любой форме, в любом возрасте и в любое время. Не зря говорится, что мудрость – это основа свободы человека. Когда общество располагает множеством мудрых людей, то это признак свободы этого общества. Иначе говоря, свободное общество располагает свободными личностями. Таким образом, общественное развитие любого государства будет напрямую зависеть от состояния системы образования [1].

Вплотную эта проблема затрагивает многие творческие профессии, к которым можно отнести их большое количество: архитекторы, дизайнеры, художники, музыканты, поэты, актеры, деятели балетного искусства и многие другие. Архитектурное образование в авангарде этого большого перечня творческой подготовки [2]. Решающее значение приобретают общая эрудиция, широта кругозора, умение ориентироваться в обстоятельствах и находить всякий раз нетривиальную стратегию и тактику. Эти качества и дает общетеоретическая подготовка, она становится неперенным условием высокого профессионализма.

В настоящее время архитектурное образование, процесс и методика подготовки специалистов творческой профессии подошел к моменту бифуркации. Термин привычен для физиков, но он достаточно точно отражает состояние архитектурного образования вот уже последние 5-7 лет, особенно для специалистов стран СНГ. Суть этой проблемы очевидна и вкратце сводится к тому, что-либо держаться за прошлое, хотя оно перестало отвечать современным требованиям (происходит момент «прокрутки» разнообразия в единообразии), либо коснуться непривычно нового и отбросить какие-то неработающие десятилетиями ориентиры [3]. Проблема не однозначная, убедительно продиктована современным обществом как неудовлетворённость существующей подготовки архитекторов, дизайнеров и других специалистов творческих профессий.

Попытки реформирования высшего образования, чтобы оно соответствовало современным требованиям, были, будут всегда и везде, поскольку общество всегда и везде ставит все новые задачи, а высшее образование должно быть готовым выпускать специалистов, способных эти задачи решить. Поэтому сегодня актуализируется понятие «пожизненное образование» и оно отражается и фигурирует в официальных документах, в частности, в Болонской декларации и Хартии МСА-ЮНЕСКО.

С середины 90-х годов фактически во всех государствах постсоветского пространства практически было утеряно государственное регулирование не только развитием сети высшего и среднего специального образования, но и качеством обучения вообще. Отечественное архитектурное образование демонстрирует заметное отставание от динамичного хода времени, вполне очевидно, что современное состояние архитектурного образования нуждается в адекватном реагировании на ситуацию, связанную с потребностями времени. Одной из потребностей становится потребность в непрерывном последовательном процессе творческого образования. Этот процесс ускоряется во времени, идёт наполнение информации во всех областях знаний и достижений.

К настоящему времени существует достаточно много определений, касающихся термина «образование» как многокритериальной категории, которая подразумевает процесс, деятельность, имеет цель, задачи и их результат. Все эти определения, несмотря на существенные различия,

являются общими, когда образование рассматривается как процесс.

Официальные документы, например, Закон Республики Казахстан «Об образовании» формулирует понятие «образование» как непрерывный процесс воспитания и обучения, целью которого является достижение высшего уровня нравственного, интеллектуального, культурного и физического развития и профессиональной компетентности членов общества.

Российские специалисты, изучающие проблему образования (А.П.Егоршин, Н.Новгород) дают определение в более расширенном варианте и констатируют, что образование – это: 1) целенаправленный процесс воспитания и обучения в интересах человека, общества, государства, сопровождающийся констатацией достижения гражданином (обучающимся) установленных государством (образовательных цензов); 2) общественно организуемый и нормируемый процесс постоянной передачи предшествующими поколениями последующим социально-значимого опыта, представляющего в онтогенетическом плане процесс становления личности в соответствии с генетической и социокультурной программы; 3) процесс трансляции культуры в системе социума с целью социализации личности (единичного представителя поколения); 4) синтез обучения и учения (индивидуальная познавательная деятельность), воспитания и самоопределения личности и индивидуальности; 5) процесс и результат усвоения человеком социального опыта, системы знаний, умений и навыков, необходимых для жизни в обществе [4].

Совершенно очевидно, есть некоторые существенные различия даже представленных двух определений. Анализируя и другие достаточно интересные определения, можно сделать вывод, что существует и общепризнанный международный термин, который структурно определяет и классифицирует его, даёт возможность любому обществу (государству) ставить цель и приоритеты в сфере образования. Пример тому, это Международная стандартная классификация образования, которая определяет:

- образование, как организованную и обладающую преемственностью коммуникацию, преследующую цель обучения;
- обучение – любое улучшение в поведении, информативности, знаниях, понимании, взглядах, ценностях или навыках;
- коммуникация – отношения (деятельность) между двумя или более лицами, связанные с передачей информации: мысли, идей знаний, стратегий;
- организованная коммуникация – структурно-спланированная, имеющая определённую последовательность деятельности организации образования, создающей учебную среду и использующей методы обучения, посредством которых организуется коммуникация;
- преемственность коммуникации – образовательная деятельность, элементы которой обладают определённой деятельностью и непрерывностью [5].

В рамках менеджмента качества образование – это непрерывный, целенаправленный и устойчивый процесс обучения и воспитания в интересах личности, общества и государства. Стоит задуматься, что интегрируя понятие «образование», необходимо его трактовать только как образовательный процесс в сложной многоуровневой и многофакторной сфере образования. Круг задач, возникающих в такой специфичной деятельности, достаточно обширен. Структурным ядром образовательного процесса является высшее образование, а предшествующее ему – довузовская подготовка и последующая ему – профессиональная компетентность в рамках идентификации входов и выходов образовательного процесса. Где непрерывность будущего образования, должна обеспечивать творческий и новаторский характер, дальнейшее развитие системы оперативного обновляемого образования в течение всей жизни человека, практическую направленность об-

разования, её адекватность потребителям и задачам развития экономики, культуры, науки и технологий.

Последовательность же обеспечивается условиями и гарантией качественного образования, фундаментальностью и глубиной общеобразовательных основ образования с учётом международных требований к образованию, специфической особенностью которого является целенаправленность, организованность (структурно-спланированная коммуникация) и устойчивость совокупности взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности по обучению и воспитанию.

И, наконец, рассматривая категорию «архитектурное образование» в разрезе профессиональных проблем, необходимо отметить, что Международный Союз архитекторов, как организация, которая сближает национальные профессиональные институты, имеет непосредственный интерес и несёт ответственность за качество архитектурного образования в мире, учитывает существование сложных и многосторонних изменений в мире и рассматривает этот процесс как непрерывное усовершенствование архитектурного образования.

Хартия ЮНЕСКО-МСА Архитектурного образования была основана в 1948 году, с целью добиваться установления международных стандартов компетентности в практике и международного признания квалификаций, защиты прав и статуса архитектора и признания их функций в обществе, продвигать и поощрять развитие архитектурного образования во всех его аспектах. В результате работы Хартия в ходе международных семинаров, встреч, аналитического исследования, определяет точную структуру образования архитекторов, работая для его развития с учётом различного культурного наследия, признавая важность разнообразия архитектурного образования [6].

Параграф третий Всемирной Декларации о Высшем образовании в двадцать первом столетии. Видение и Действие. гласит: «Высшее образование дало вполне достаточное доказательство своей жизнеспособности за столетия и своей способности изменить и привести к изменениям и прогрессу в обществе. Благодаря величине и темпу изменений общество стало всё более и более зависеть от знаний, и поэтому высшее образование и исследования теперь являются существенными компонентами культурного, социально-экономического и экологического развития индивидуумов, общин и наций. Поэтому высшему образованию самому предъявляют огромные требования, и оно должно претерпеть более радикальные перемены и обновление, чем когда-либо требовалось от него для того, чтобы наше общество, которое в настоящее время испытывает глубокий кризис ценностей, могло переступить через простые экономические соображения и включить более глубокие понятия этики и духовности».

Рассматривая Университет как основную структурную единицу учебных заведений в подготовке специалистов, в процессе становления любого образовательного учреждения, в настоящее время принимают формы такие как: предпринимательские, инновационные, национальные, неизбежно происходит процесс обрастания многочисленными периферийными структурами: научно-исследовательскими лабораториями и институтами, производственными, внедренческими, консультативными, довузовскими центрами, научно-технологическими парками и т.д. Новые подразделения и центры могут быть связаны с руководящим ядром и внутренними академическими элементами либо тесной, либо относительно свободной связью. Результат общий: они ведут университет по направлению к двойной организации основных подразделений, в которых помимо традиционных кафедр и факультетов существуют дополнительные их центры, тесно связанные с внешним миром. Управляя процессами и постоянно их совершенствуя, можно выстраивать их такими, какими они нужны предприятию. Переход от функционального подхода к процессно-

му – специфика современных международных требований в управлении качеством подготовки специалистов, результативности предприятия, оптимальности использования количественных и качественных ресурсов предприятия, наконец, качества самого процесса. Управление процессами неизбежно требует развития структуры предприятия (университета и всего комплекса, связанного с ним). Можно выделить лишь неполный ряд процессов, которые целесообразно идентифицировать как относительно самостоятельные центры.

Программа последовательной профессиональной подготовки интегрируется по принципу опережающего профессионального развития, может быть эффективной лишь в случае системного её освоения. Вузы, выполняющие эту программу, убеждаются в целесообразности и эффективности данного стратегического направления. Это позволяет преподавательскому коллективу и студентам по-разному выйти из традиционных тисков усредненного образования, проявить свои творческие способности, волю и энергию.

В современном мире непрерывное последовательное архитектурное образование рассматривается как важнейший фактор политического, экономического и научно-технического прогресса. Постоянно идёт накопление научно-технической информации, приращение знаний в гуманитарной сфере, культурных знаний и, одновременно, увеличивается разрыв с производственной деятельностью человека. Зачастую становится очевидной неудовлетворенность руководителей предприятий – практиков в подготовке молодых специалистов, отказ от понимания образования как получения готовых знаний, где вузовская программа – это единственный его носитель.

Процесс последовательного непрерывного архитектурного образования призван совершенствовать существующую систему образования (юридически сегодня это независимые единицы процесса: довузовские – школа, лицей, колледж, изостудия, детская художественная школа; послевузовские – курсы повышения квалификации, школа высшего профессионального мастерства, магистратура, аспирантура, докторантура). Такая цепочка рассматривается как: - довузовские образовательные услуги; - средне-специальная подготовка (колледж); - дополнительные образовательные услуги (военная подготовка, смежные области науки); - бакалавриат, магистратура (с возможными формами обучения: очное, заочное, дистанционное, сокращённые курсы и т.д.); - послевузовская подготовка; - подготовка кадров высшей квалификации; - научно-исследовательские центры и научно-производственная деятельность; - материально-техническое обеспечение (издательства, библиотеки, электронные информационные ресурсы и др.).

Выдающийся архитектор-новатор XX века Мисс Ван дер Роэ сказал: «Архитектура должна рождаться от поддерживающих и направляющих сил цивилизации». Цивилизация стремительно развивается. Пожизненное образование – диктует время, выдвигает современное общество, убедительно подталкивает научно-технический процесс и ускоренное развитие постиндустриальной эпохи и всё ускоряющийся поток информации.

Актуальным для архитекторов становится разговор о непрерывном последовательном процессе творческого (архитектурного) образования. Причина достаточно просто формулируется – это потребность рынка труда. Программные документы многих государств компонент образования ставят в ряд одних из приоритетов своего дальнейшего развития.

Одной из специфических особенностей творческого (архитектурного) образования является то, что, для того, чтобы обучаться в ВУЗе одной из этих профессий, необходимы элементарные умения и навыки будущей профессии, определённый уровень самодисциплины, находиться в соответствующей социальной и материальной среде и, наконец, иметь талант, а закончив ВУЗ – совершенствовать свой профессиональный уровень. Учиться по-новому, видеть повседневные

проблемы, нестандартно подходить к решению проблемы, быть на пике достижений новых технологий в разных областях знаний и умело их применять, опережать время, глубже понимать роль культурного наследия и его ценность. Другой спецификой творческого последовательного непрерывного образования можно назвать индивидуальный подход к процессу образования личности, который предопределяет наращивание творческого потенциала и формирует личность.

Следует вычлениить собственно теорию архитектуры из общего круга архитектурной науки. Разные уровни науки нередко отождествляются. Зачастую под теорией подразумевают прикладные исследования, и тогда не по адресу ставятся вопросы, подобного рода: когда же, наконец, теория даст точные рекомендации. Проектированию необходимы и общетеоретические, и прикладные разработки – и те, и другие по-своему повышают проектную культуру. При этом строгое профилирование исследований – неперемное условие их эффективности. Основное различие коренится в специфике профессии.

Специфический характер архитектурного как творческого образования с его уникальными требованиями прописывается в официальных документах (Стандарт образования специальности, Строительные нормы и правила проектирования учебных зданий), например, помещения, в которых обучается студент, будущий специалист; время обучения каждого этапа, по годам, как правило, превышающее любые другие технические специальности; соотношение преподаватель/студент, специалистов нельзя готовить массово – тенденция к индивидуальной подготовке – верный путь, и соответственно – затратная. Финансовая сторона получения творческого образования, каким бы не был уровень и вид финансирования, необходим как более широкий доступ к архитектурному образованию – это не только важно для потенциала государства, но также выгодно и для общества в целом, освещая вклад архитектуры в создание гуманитарных и эстетических ценностей в течение веков.

Качественные показатели степени свободы выбора контекстов, теорий и критериев профессионального архитектурного образования в эпоху современной и новейшей архитектуры определяется уровнем развития науки, техники, степенью познания законов природы и общества, социальными и политическими принципами и нормами. Важно, что образование все больше становится подлинно свободным и сознательным историческим творчеством, возникают и расширяются реальные возможности.

Человек никогда не бывает слишком молодым, чтобы учиться и никогда не чувствовать себя уже ненужным, если он понимает своё участие в окружающем его мире, вне зависимости, является ли он архитектором, заказчиком, строителем, пользователем или просто информированным гражданином, рассматривая проблему устойчивого развития окружающей жилой среды.

Ввиду специфики творческого архитектурного образования, фактически последовательное непрерывное образование и знания в областях дисциплин, интересуют общество в целом (технические, искусства и сферы услуг), их способность учитывать экологические последствия своих действий, их этика и способность поставить социальные, экономические и культурные вопросы, которые позволяют им предлагать последовательный выбор политики или, формулировать проблемы и определять последствия принятых решений. И, наконец, специалисты творческих профессий обладают способностью вдохновлять других своим творчеством, новаторским подходом к любой, даже незначительной проблеме, своей неповторимостью.

Предопределенность тенденций архитектурного творчества во многом зависит от контекстов, теорий, и критериев рассмотрения выбранного вектора архитектурного образования, как в каждой конкретной школе, так и в системе образования отдельного государства или сообщества (в

дальнейшем – единого международного образовательного пространства). Каждая отдельная архитектурная школа в праве делать самостоятельный выбор.

## Список литературы

- [1] Бархин Б.Г. Методика архитектурного проектирования /Б.Г.Бархин. – М.: Стройиздат, 1993. – 437с.
- [2] Степанов А.В. Глобальное и региональное в архитектурном образовании /А.В.Степанов//Глобальное и региональное в архитектурно-художественном образовании: материалы международной научной конференции МАПАШ. – Казань: КГАСА, 1990. – с. 4-5.
- [3] Архитектурное образование на перепутье: выбор траектории: Материалы международной научной конференции – Вологда, 2007. – 301с.
- [4] Менеджмент, маркетинг и экономика образования: Учебное пособие /Под ред. А.П.Егоршина. – Н.Новгород: НИМБ, 2001. – 624с.
- [5] МСКО – 1997. Международная стандартная квалификация образования.
- [6] МСА-ЮНЕСКО. Международный Союз Архитекторов. МСА и Архитектурное образование. Соображения и рекомендации.: М., изд-во «Архитектура – С», 2004.
- [7] Вектор архитектурного образования – рациональный прагматизм или концептуальные фантазии. Материалы МНК –Казань, 2006.- 162 с.
- [8] Инновационные методы и технологии в высшем архитектурном образовании. Материалы МНК – Самара, СГАСУ, 2008. – С. 202-206.
- [9] Самоидентификация архитектурных школ в условиях глобализации архитектурного процесса./Материалы МНК-Саратов, СГТУ,2009. -250 с.

УДК 624.154

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ МОСТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ

Ю.М. Новиков

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The article presents defects stocktaking techniques while load rating identification of bridges applying software based on finite element method. The worked out research method is based on application of elasticity corrected modulus. The cracks in beams are imitated by finite elements with fragile rigidity.

**Keywords:** Load capacity, bridges, defects, the modulus of elasticity.

**Аңдатпа.** Мақалада соңғы элементтер әдісінде пегізделген, компьютерлік бағдарламаларды қолданып көпірлердің жүк көтеруін анықтағанда ақауларды есепке алу әдісі ұсынылады. Ұсынылған әдіс келтірілген серпімділік модулін қолдануы пегізделген. Арқалықтағы жарықшақтар қатандығы едәуір кіші соңғы элементтер болып табылады.

**Кілттік сөздер:** Грузокөтеру, көпірлер, ақаулар, майысқақтықтың модульсының.

**Аннотация.** В статье предлагается методика учета дефектов при определении грузо-подъёмности мостов с применением компьютерных программ, основанных на методе конечных элементов. Разработанный метод основан на применении приведённого модуля упругости. Трещины в балках имитируются ко-нечными элементами с очень малой жёсткостью.

**Ключевые слова:** Грузоподъёмность, мосты, дефекты, модуль упругости.

Пролётные строения железобетонных мостов имеют сложную статически неопределимую расчётную схему. Усилия, приходящиеся на каждую из балок, зависят от их жёсткости. Большинство находящихся в эксплуатации мостов имеют дефекты, в той или иной мере влияющие на жёсткость отдельных элементов, а, следовательно, и на грузоподъёмность пролётного строения в целом. Распределение нагрузки между главными балками в значительной мере зависят от их жёсткости. Более жёсткие балки воспринимают большую долю нагрузки. Поэтому крайне важно определить, как влияют те или иные дефекты на жёсткость элементов конструкции.

С появлением компьютерных программ, основанных на методе конечных элементов (МКЭ), позволяет выполнить поставленную задачу. В настоящее время на рынке компьютерных программ имеются программы с богатым выбором конечных элементов, наиболее полно отражающие физико-механические свойства бетона. Однако такие программы недоступны для автора. Поэтому автором был выбран программный комплекс SCAD с использованием объёмных конечных элементов. Жёсткость таких элементов в данном программном комплексе определяется модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Как известно, бетон не является упругим материалом, но в данном случае выбор объясняется широкой доступностью комплекса, а также тем обстоятельством, что усилия в балках пролётных строений разрешено нормами определять в предположении их упругой работы. Кроме того, полагается, что разрушение моста при потере грузоподъёмности наступает мгновенно.

Железобетонные балки расчленяются на бетонные и железобетонные ко-нечные элементы. Необходимо в каждом элементе учесть влияние дефектов и наличие арматуры. Арматура значительно увеличивает жёсткость элемента. В работе сделано допущение, что элементы подвержены только сжатию или растяжению вдоль балки.

На жёсткость элементов оказывают влияние такие дефекты как пониженная прочность бетона в результате его коррозии или некачественного бетонирования, коррозия арматуры, обнажение и обрыв отдельных стержней арматуры, сколы и выбоины в бетоне, трещины. Влияние дефектов в нашей работе учитывается приведённым модулем упругости.

Физическое состояние конечного элемента зависит от вида дефекта (рисунок 1). В бетонных элементах учёт коррозии бетона учитывается понижением предела прочности и соответствующим модулем упругости.

Ниже приведена методика определения приведённого модуля упругости элементов с арматурой и некоторыми дефектами.

Приведённый модуль упругости определяется из условия равенства деформаций армированного растянутого (сжатого) элемента и бетонного элемента с приведённым модулем упругости.

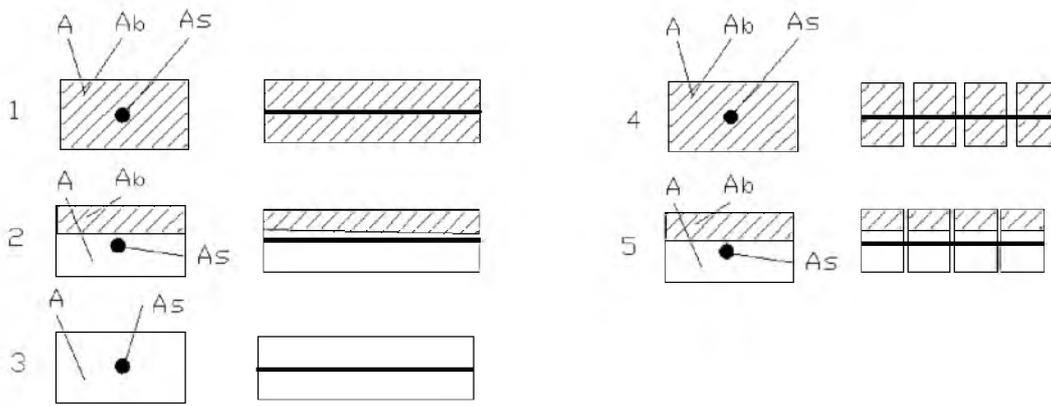


Рисунок 1 Возможные дефекты и повреждения конечных железобетонных элементов

На рисунке обозначено:  $A$  – площадь нонеречного сечения конечного элемента;  $A_b$  – площадь бетона в элементе;  $A_s$  – площадь поперечного сечения арматуры в элементе.

1- Не разрушенный бетон; 2 - сколы и раковины в бетоне; 3 – бетон отсутствует; 4 – «не разрушенный» бетон с трещинами; 5- сколы и раковины в бетоне с трещинами.

Обозначим:

$k = A_b/A$  - коэффициент заполнения бетоном конечного элемента;

$\mu = S/$  - коэффициент армирования конечного элемента.

Абсолютная деформация армированного растянутого элемента без трещин

$$\Delta l_{red} = \frac{N \cdot l}{E_b \cdot A_{red}} = \frac{N \cdot l}{E_b (A_b + A_s \cdot n)}, \quad (1)$$

где  $A_{red}$  - площадь сечения, приведённая к бетону;

Абсолютная деформация конечного элемента:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E_{red} \cdot A}, \quad (2)$$

где  $E_{red}$  - приведённый модуль упругости;  $A$  – площадь поперечного сечения конечного элемента.

Приравнивая правые части (1) и (2), получим

$$E_b (A_b + A_s \cdot n) = E_{red} \cdot A$$

Откуда

$$E_{red} = \frac{E_b (A_b + A_s \cdot n)}{A} = E_b (k + \mu \cdot n) \quad (3)$$

- это общая формула для конечного элемента без трещин.

В элементах с трещинами необходимо учитывать, неполноту работы бетона на участке между трещинами (рисунок 2). Поэтому для элементов с трещинами формула (3) будет иметь вид

$$E_{red} = \frac{E_b (\psi_{bt} A_b + A_s \cdot n)}{A} = E_b (\psi_{bt} k + \mu \cdot n) \quad (4)$$

где отношение площади эпюры растягивающих напряжений в бетоне с трещинами к той же эпюре для бетона без трещин. По рисунку при образовании трещин При значительной ширине раскрытия трещин связь между бетоном и арматурой значительно уменьшается. В нормах [1] в зависимости от величины изгибающего момента.



Рисунок 2 Эпюры растягивающих напряжений в бетоне для центрально растянутых элементов

Предлагаемая методика определения приведённого модуля упругости опробована на примере расчёта балки на действие изгибающего момента. Расчётная схема балки представлена на рисунке 3. Балка пролётом 10 м и высотой 100 см выполнена из бетона В20, арматура класса АIII.

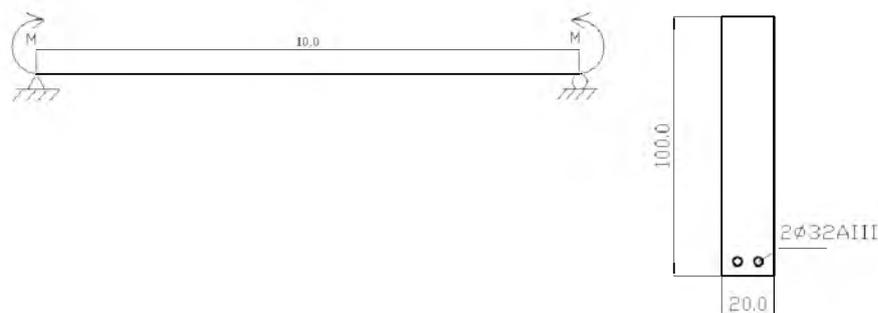


Рисунок 3 Расчётная схема и поперечное сечение балки

Расчётная схема в Scad выполнена из объёмных восьми узловых конечных элементов. По размерам в схеме представлены два вида элементов (рисунок 4). Первый с размерами  $30 \times 20 \times 10$  см представляет собой элемент между трещинами. Второй с размерами  $5 \times 20 \times 10$  см представляет собой элемент имитирующий трещину (или зону влияния трещины). По физическим свойствам (по приведённому модулю упругости) назначены 4 вида. Первый вид железобетонные элементы с арматурой, расположенные между трещинами; второй вид – элементы с трещиной и арматурой без бетона; третий вид – элементы с трещиной без бетона и арматуры (трещина); четвертый вид – не разрушенные бетонные элементы без трещин первого и второго размера.

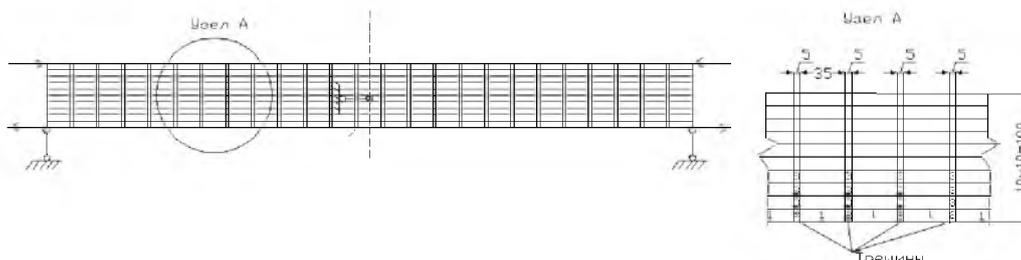


Рисунок 4 Расчётная схема изгибаемого элемента по SCAD

Корректность представления балки в виде объёмных конечных элементов не имеющей трещин определялась путём сравнения прогибов железобетонной балки приведённого сечения и балки из конечных элементов. Для балок под действием изгибающего момента  $M=20$  тм прогибы оказались равными соответственно 5,41 мм и 5,44 мм, что является хорошим результатом.

Для балок, имеющих трещины, сравнение выполнено путём расчёта балки по новым нормам СП 52-101-2003 [1,2]. Для этого определён момент, соответствующий образованию трещин  $M_{cr}$ . Он оказался равным  $M_{cr} = 12,65$  тм (по действующим нормам СНиП 2.03.01-84  $M_{cr} = 9,139$  тм).

В пространственной модели прогиб балок зависит от приведённого модуля упругости элементов с трещинами, длины трещины и расстояния между ними. Соответствие с расчётами по СП определялось подбором по прогибам. В реальной конструкции длина трещин и расстояние между ними определяется замером.

Сравнение произведено для двух значений изгибающего момента  $M=20$  тм и  $M=36$  тм по прогибам, величине напряжений в арматуре в сечении с трещиной и по ширине раскрытия трещин (рисунки 5,6).

Параметры напряжённо-деформированного состояния	M= 20 тм		M= 36 тм	
	Расчёт по Scad	Расчёт по СП	Расчёт по Scad	Расчёт по СП
Прогиб, мм	6,00	5,87	12,5	13,0
Ширина раскрытия трещины, мм	0,143	0,152	0,307	0,382
Напряжение в арматуре, МПа	112	162	227	280
Напряжение в бетоне сжатой зоны, МПа	70,2	99,8	136	148
Расстояние между трещинами, см	40	40	40	40

Рисунок 5 Величина напряжений в арматуре

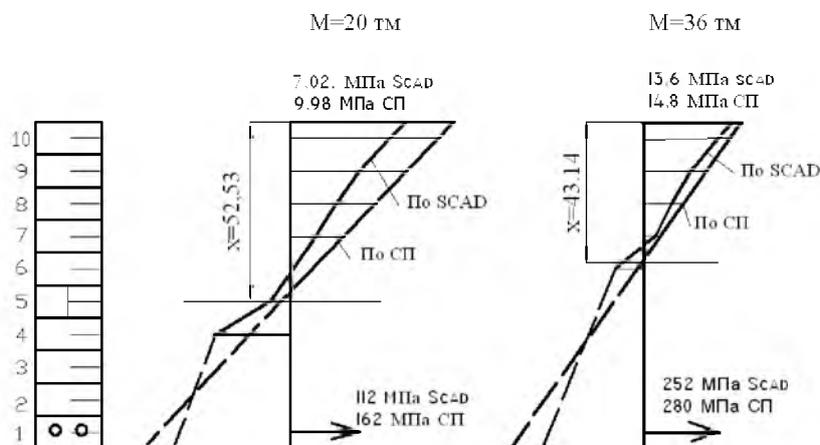


Рисунок 6 Напряжённо-деформированное состояние в сечении с трещиной

Из приведённых расчётов видно, что предлагаемая методика даёт вполне удовлетворительный результат.

Пользуясь этой методикой по результатам обследования пролётного строения в местах отмеченных выше дефектов в соответствующих конечных элементах определяются приведённые модули упругости. Расчётная схема пролётного строения выполняется из балок, составленных из конечных элементов [3]. В результате расчёта по программе Scad определяются напряжения в опасных сечениях. По напряжениям определяются усилия в сечении балок по методике, изложенной в [3].

## Список литературы

- [1] Залесов А.С., Мухамедиев Т.А., Чистяков Е.А. Расчёт трещиностойкости железобетонных конструкций по новым нормативным документам. // Бетон и железобетон. - № 3. – 2002.
- [2] Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. СП 52-101-2003. М. 2004.
- [3] Новиков Ю.М. Сравнительный анализ приближённых и точных методов определения усилий в балках пролётных строений железобетонных мостов. Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. №1 2012. С. 68-73.

УДК 691.42

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОСФЕРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТЕНОВЫХ КАМНЕЙ

А.Н. Родин, Д.А. Тергенбаева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** This article addresses the reduction of the average density and increase the heat-shielding properties of concrete masonry units. To address these issues in the concrete instead of sand is proposed to introduce a microsphere Ust-Kamenogorsk CHP.

**Keywords:** Concrete, a microsphere, the average density, thermal insulation properties.

**Аңдатпа.** Қаралып отырған мақалада бетонды қабырға тастарының жылуқшаулағыш қасиеттерін жоғарылату және орташа тығыздығын азайту жағдайлары қарастырылады. Осы сұрақтарды шешу үшін күлқұмбетон құрамына құмның бір бөлігінің орнына Өскемен ЖЭС микроферасын енгізу ұсынылады.

**Кілттік сөздер:** Бетон, микросфера, орташа тығыздық, жылуқшаулағыш қасиеттер.

**Аннотация.** В настоящей статье рассматриваются вопросы снижения средней плотности и повышения теплозащитных характеристик бетонных стеновых камней. Для решения этих вопросов в состав золопескобетона взамен части песка предлагается вводить микросферу Усть-Каменогорской ТЭЦ.

**Ключевые слова:** Бетон, микросфера, средняя плотность, теплозащитные свойства.

В настоящей статье рассматриваются вопросы снижения средней плотности и повышения теплозащитных характеристик бетонных стеновых камней. Для решения этих вопросов в состав золопескобетона вводилась микросфера Усть-Каменогорской ТЭЦ взамен части песка.

Микросфера – это полые твердые частицы мелкого размера, которые образуются при сжигании углей на ТЭЦ в результате грануляции расплава минеральной части углей и раздува раздробленных мелких капель внутренними газами. В результате этого процесса получаются полые алюмосиликатные микросферы почти идеальной сферической формы.

Диаметр частиц в среднем от 10-20 до 500 микрон, также наблюдается стекло в виде угловатых пористых в основном бесцветных обломков или частиц. Непосредственно на поверхности сферических остеклованных частиц и стекла видны тонкодисперсные черные частицы несгоревшего топлива и буроватые тонкодисперсные частицы оксидов железа. Непосредственно в стекле или сферических стекловидных частицах наблюдается единичная кристаллизация анортита и муллита. Также наблюдается бесцветные кристаллы кварца.

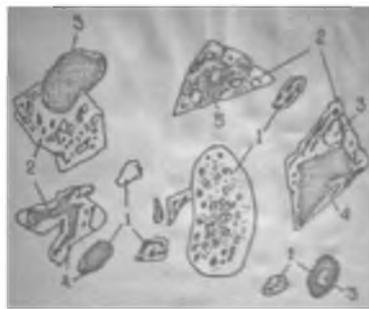


Рисунок 1 Состав микросферы: 1 - сферические стекловидные частица, 2 - стекло, 3 – норы, 4 – тонкодисперсные частицы несгоревшего топлива, 5 – тонкодисперсные частицы оксидов железа

Количественный минералогический состав микросферы, %: сферические стекловидные частицы - 65, стекло - 25, анортит - 3, муллит - 2, кварц – 5. Химический состав представлен в основном кремнеземом ( $SiO_2$ ) – 63%, глиноземом ( $Al_2O_3$ ) – 18%, оксидами железа ( $Fe_2O_3$ ) – 6%, оксидами – 13%. По химическому составу микросфера относится к кислым золам. Ее отличают низкая плотность, высокая механическая прочность, химическая инертность, термостойкость, низкая теплопроводность.

Физико-механические характеристики отобранных проб материала приведены на рисунке 2.

Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Частные остатки на ситах, %					Модуль крупности	Содержание не сгоревших частиц, %	Содержание стеклофазы, %
			Размеры отверстий, мм							
			1.25	0.63	0.315	0.14	Прошло через 0.14			
350-400	1.71-1.88	2800-3000	0.25-0.4	0.4-0.51	1.6-1.8	84-85	11.44-13.2	0.89-0.92	3.19-3.28	83.47-88.94

Рисунок 2 Характеристика микросферы

Для изготовления стеновых камней применяется портландцемент М-400 Усть-Каменогорского цементного завода, песок завода нерудных материалов г. Усть-Каменогорск. Характеристика песка:

- 1 Насыпная плотность – 1600 кг/м<sup>3</sup>;
- 2 Влажность песка – 10-20%;

- 3 Модуль крупности – 2,66;
- 4 Содержание органических примесей – в норме;
- 5 Содержание пылевидных, глинистых частиц – 0,5%;
- 6 Содержание глины в кусках – отсутствует.

В лабораторных условиях в качестве контрольных составов был принят состав, применяемый для изготовления стеновых камней из несобетона на действующем предприятии. Был установлен оптимальный состав смеси с заменой части песка микросферой. Результаты лабораторных исследований были подтверждены выпуском опытных партий на действующей технологической линии.

Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона для стеновых камней М50 принимается следующий: цемент – 230 кг, песок – 700 кг, микросфера – 250 кг, вода – 260 л.

Дозирование портландцемента производится весовым дозатором. Дозирование песка и микросферы – по объему. Количество воды соответствует осадке конуса не более 1 см. Микросферу дозируют с учетом естественной влажности.

Порядок загрузки материалов в гравитационную бетономешалку: часть воды, затем песок с микросферой, перемешивают, а затем добавляют цемент и оставшуюся воду. Перемешивают смесь до достижения необходимой однородности.

Формовка стеновых камней производится на поддоне со съемной кассетой рассчитанной на одновременное формование 35 камней. Поддон устанавливается на вибростол. После вибрации кассета снимается, и поддон с блоками после выдержки в течение 4-5 часов помещается в пропарочную камеру для пропаривания изделий по режиму 2+8+2 часа при температуре 80-85 °С.

Одновременно с формовкой стеновых камней были заформованы образцы-кубы по 5 форм на каждый поддон для определения переходного коэффициента от прочности кубов к прочности камней.

После пропаривания бетонные камни были установлены на выставочную площадку и после доставки их в лабораторию были испытаны одновременно с образцами-кубами. Часть образцов-кубов и камней были помещены во влажные опилки на 28 суток. Результаты испытания приведены на рисунке 3.

Материалы	Влажность, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа		Марка	Теплопроводность, Вт/°С	Морозостойкость, Мрз
			После пропаривания	Через 28 суток			
Камни стеновые	25.0	1300	3.8	5.5	50	-	-
Образцы-кубы	15.0	1350	8.0	9.2	75	0.32	Мрз 50

Рисунок 3 Технологические характеристики золонесобетона

Данные рисунка 3 показывают, что прочность бетонных камней сразу после пропаривания составляет 70% прочности камней в 28 суточном возрасте, прочность образцов-кубов составляет 80% прочности образцов в 28 суточном возрасте.

Марка стеновых камней – М50. Стеновые камни характеризуются значительной влажностью – 25%, масса составляет – 19-20 кг, так как нар в камере имел повышенную влажность.

Таким образом, замена части песка микросферой в составе несобетона позволила получить золонесобетон, средняя плотность которого находится в пределах 1300-1350 кг/м<sup>3</sup>, тогда как

средняя плотность пескобетона составляет 1800-2000 кг/м<sup>3</sup>. Золопескобетон имеет низкую теплопроводность 0,37 Вт/°С, что позволяет использовать изделия из него для кладки стен.

Полученные в работе данные позволяют сделать вывод, что введения микросферы Усть-Каменогорской ТЭЦ в состав пескобетона не снижает прочность стеновых камней. Разработанные составы золопескобетона уменьшают среднюю плотность, что позволит при строительстве зданий уменьшить толщину стен и снизит нагрузку на фундамент.

## Список литературы

- [1] А.М. Невилль Свойства бетона. Стройиздат — 1972
- [2] Полые микросферы в золах уноса электростанций: Сборник научных статей Под ред. В.С. Дрожжина. Саров: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" 2009 -125 с: ISBN 978-5-9515-0112-7

УДК 613.56

## ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КАЗАХСТАНЕ

В.А. Середович, Г.Б. Бекполова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The article are considers the need for the introduction of ecological farming systems, the possibility to map support for these systems, the problems of creating an initial bank of digital cartographic information.

**Keywords:** soil map, adaptive-landscape system of agriculture, mapping, GIS technology.

**Аңдатпа.** Мақалада егін шаруашылығының экологиялық жүйесін енгізу қажеттілігі және бұл жүйелерді картографиялық қамтамасыз ету мүмкіндіктері, сандық картографиялық ақпараттың алғашқы банкін құру мәселелері қарастырылған.

**Кілттік сөздер:** топырақтық карта, егін шаруашылығының бейімдеу-ландшафтының жүйесі, картаға түсіру, ГАЖ технологиялары.

**Аннотация.** В статье рассматривается необходимость внедрения экологических систем земледелия, возможность картографического обеспечения данных систем, проблемы создания исходного банка цифровой картографической информации.

**Ключевые слова:** почвенная карта, адаптивно-ландшафтная система земледелия, картографирование, ГИС технологии.

Республика Казахстан занимает обширную территорию от низовой реки Урала на западе до гор Алтая на востоке и Западно-Сибирской низменности – на севере до гор Заилийского Алатау – на юге. По площади земель является крупнейшим в мире обладателем земельных ресурсов и занимает девятое место в мире по размерам территории.

Казахстан располагает богатыми и разнообразными почвенными ресурсами. Только на равнинной её территории выявлены и картографированы свыше 700 видов почв, отличающихся химическими, физико-химическими свойствами и уровнем плодородия. Из общей площади Республики Казахстан 272,5 млн. га почвенный покров занимает 235 млн. га, из них на равнинной территории 201 млн. га и горной 34 млн. га.

Земля - это наше главное богатство и главный ресурс, поэтому продовольственное и экологическое благополучие Казахстана могут быть обеспечены лишь при условии приоритетного развития агропромышленного комплекса, опирающегося на последовательную аграрную политику. Важнейшими ее составляющими являются адекватное научно-техническое обеспечение, современная технологическая и экологическая политика, как в областях, так и в районах.

В «Стратегии «Казахстан - 2050» - новый политический курс состоявшегося государства» Президент Республики Казахстан И.А. Назарбаев, одним из главных приоритетов выделяет модернизацию сельского хозяйства, особенно в условиях растущего глобального спроса на сельхозпродукцию.

Таким образом, устойчивое развитие сельских территорий и повышение эффективности использования земельных ресурсов является важнейшей задачей аграрной политики Казахстана.

Для решения поставленной задачи Президент страны, дал четкое направление, а именно «изменить культуру земледелия и возродить с учетом новых научных, технологических, управленческих достижений».

Под системой земледелия подразумевается комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и почвозащитных мероприятий, направленных на эффективное использование земли, агроклиматических ресурсов, агробиологического потенциала, на повышение плодородия почвы с целью получения высоких, устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Сложившиеся социально-экономические условия к настоящему периоду требуют более дифференцированного учёта, инвентаризации и оценки почвенно-земельных ресурсов. Адаптация земледелия к природным и производственным условиям предполагает сопоставление требований растений и их адаптивных возможностей с фактическим состоянием агроландшафта и возможностью его регулирования. Существенная роль здесь отводится созданию контурной сети агроландшафтных выделов, однородных по условиям возделывания сельскохозяйственных культур. Суть новых подходов к оптимизации использования сельскохозяйственных земель сформулирована в концепции адаптивно-ландшафтного земледелия, которое в первую очередь базируется на использовании агроэкологических карт, отражающих пространственную дифференциацию агроэкологических условий в пределах конкретной территории с учётом требований основных сельскохозяйственных культур.

Таким образом, для проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия необходимо получить максимально объективные и достоверные данные о состоянии почвенного покрова страны с учётом антропогенных преобразований. Эти данные в Казахстане собираются и обновляются специалистами специализированных предприятий, ведущие кадастр (НПЦземы), путем проведения почвенных обследований, изысканий, мониторинга земель, картографирования.

Картографирование почв состоит из трех этапов: подготовительного, полевого и камерального.

В подготовительный этап определяют цели, общие задачи, объекты, масштабы почвенной съемки, подготавливают необходимые материалы, топографическую основу, аэро- и космические снимки, собирают литературные и фондовые сведения о рельефе, почвообразующих породах,

почвенном и растительном покрове, геологии, гидрогеологии и пр. В задачу этого периода входит и решение всех вопросов, связанных с методикой, техникой и организацией последующих работ.

В полевой период непосредственно изучают почвенный покров в поле, закладывают почвенные разрезы, проводят описание их профилей, отбирают почвенные образцы по генетическим горизонтам для проведения анализов, выделяют почвенные контуры, изучают геологию, рельеф, почвообразующие породы, уровень залегания грунтовых вод, поверхностные воды, состояние растительности и т.д., а также составляют предварительную почвенную карту.

В камеральный период проверяют и систематизируют материалы полевых исследований, проводят анализы почвенных образцов, окончательную редакцию и оформление почвенной карты, составляют картограммы и отчет (почвенный очерк), содержащий характеристику природных условий и почв, рекомендации по рациональному использованию почв. Почвовед составляет и размещает заголовок к почвенной карте, штамп организации, легенду, условные обозначения, дает окраску карты, тщательно проверяет. Оригинал почвенной карты передается чертежникам для перенесения с него всех условных обозначений на кальку с почвенными контурами, заголовка, легенды, штампа организации и т.д.

По составленной почвенной карте вычисляют площади выделенных на карте разновидностей почв и почвенных комплексов по видам сельскохозяйственных угодий и переносят в легенду почвенной карты.

В настоящее время с широким внедрением ГИС технологий специалисты «НПЦзем» для создания и ведения карт и баз пространственных данных в основном используют программу ArcGIS. Данный программный продукт является семейством программных продуктов американской компании ESRI, одного из лидеров мирового рынка геоинформационных систем. Программа ArcGIS построена на основе технологий com, net, java, xml, soap, позволяет визуализировать (представить в виде цифровой карты) большие объемы статистической информации. В среде создаются и редактируются карты всех масштабов: от планов земельных участков до карты мира.

Полученные цифровые почвенные карты применяются в следующих направлениях:

- создание базы данных почвенных ресурсов для целей точного земледелия;
- кадастровая оценка сельскохозяйственных земель;
- разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства;
- оптимизация размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом почвенных условий;
- разработка агротехнических, мелиоративных мероприятий, направленных на повышение плодородия почв;
- разработка мероприятий по борьбе с деградацией почв;
- учет почвенных ресурсов;
- проведение почвенного районирования в научных и прикладных целях.

В частности для проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия не достаточно создание только цифровых почвенных карт, но необходимо создание различных тематических карт, которые отражали бы такие параметры как характеристику землепользователей, агроклиматические ресурсы, характеристику ландшафтов и т.д. Однако для создания тематических карт требуются огромные объемы данных, сбор которых является самым дорогим компонентом систем, основанных на ГИС. Для построения многофункциональной ГИС требуются не только цифровые почвенные карты, но агрохимические карты, цифровые модели рельефа, материалы наземных наблюдений, статистические данные, исторические сведения, данные дистанционного

зондирования (ДДЗ) и многое другое. На создание и обновление этой информации требуются годы и значительные средства. Поэтому на первом этапе внедрения ГНС в сельское хозяйство предстоит создать исходный банк цифровой картографической информации.

В нашей стране данные разработки в последние несколько лет ведутся более активно по сравнению с прошлыми годами. На сегодняшний день анализ обеспеченности планово-картографическими материалами показал, что за последние 15 лет объемы почвенных и геоботанических изысканий и работ по их обновлению были недостаточными для того, чтобы обеспечить фондовую информационную базу земельного кадастра и мониторинга земель.

Основными причинами недостаточной информационной обеспеченности являются низкий уровень аппаратного обеспечения регионов, отсутствие специалистов и бюджетного финансирования. Следует отметить, что технологии по качественному информационному обеспечению работ имеются, постепенно развиваются и внедряются повсеместно уверенными шагами.

## Список литературы

- [1] Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. 14 декабря 2012 г. Послания народу Казахстана;
- [2] Постановление Правительства Республики Казахстан «О Стратегическом плане Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами на 2011–2015 годы», Астана, Укімет Үйі от 1 марта 2011 года № 208
- [3] Кирюшин В.П., Власенко А.Н. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Новосибирской области. – М.: Новосибирск, 2002

УДК 624.012

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ОДНОПРОЛЁТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ РАНДБАЛКЕ, НАГРУЖЕННОЙ КИРПИЧНОЙ СТЕНОЙ

В.Ф. Шевляков

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** This article covers the issues of defining forces  $M$  and  $Q$  in single-bay ferroconcrete spandrel beam loaded with brick “suspended” wall with opens that is located in single-floor and multi-floor buildings, in cases that are not defined by regulated codes of practice. The article includes proposals for defining  $M$  and  $Q$  in the cases under consideration.

**Keywords:** The efforts of  $M$  and  $Q$ , reinforced concrete edge beam, multi-storey buildings.

**Аңдатпа.** Мақалада нормалармен регламенттелмеген жағдайлардағы бір қабатты және көп қабатты ғимараттарда орналасқан, қуыстары бар «ілімелі» кірпіш қабырғамен жүктелген, бір аралықты темірбетонды рандбалкадағы  $M$  және  $Q$  күштерін анықтау сұрақтары қарастырылған. Қарастырылған жағдайлардағы  $M$  және  $Q$  күштерін анықтау бойынша ұсыныстар

берілген.

**Кілттік сөздер:**  $M$  және  $Q$  күштер, темірбетонды рандбалка, көп қабатты ғимараттар.

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы определения усилий  $M$  и  $Q$  в однопролётной железобетонной рандбалке, нагруженной кирпичной "висячей" стеной с проёмами, расположенной в одноэтажном и многоэтажном зданиях, в случаях не регламентированных нормами.

Даны предложения по определению усилий  $M$  и  $Q$  в рассмотренных случаях.

**Ключевые слова:** Усилия  $M$  и  $Q$ , железобетонная рандбалка, многоэтажные здания.

В нормах [1] разработана методика определения эпюр давления кирпичной стены на железобетонную рандбалку, используемых для расчёта кладки на смятие, в которой длина эпюры давления определяется в зависимости от условного пояса кладки ( $H_0$ ), эквивалентного по жесткости рандбалке. Длина эпюр давления, располагаемых у торцов балки, принимается равной  $l_c = a_1 + S$ , где  $a_1$  меньше или равно  $1,5 H$  ( $a_1$  – расстояние от грани опоры до начала эпюры давления,  $H$  – высота балки), а  $S = 1,5 H_0$  – расстояние от грани опоры до конца эпюры давления. Если в стене одноэтажного здания имеется на участке эпюры давления дверной проём, располагаемый у верхней грани рандбалки, то участок эпюры давления, попадающий в проём, перераспределяется на участок эпюры давления, располагаемый у торца балки. При этом перераспределённая эпюра давления у торца балки с проёмом будет трапециевидная, если первоначальная эпюра давления заканчивается в пределах проёма, и состоящая из двух эпюр трапециевидной и треугольной, расположенных по обе стороны проёма, если перераспределённая эпюра выходит в обе стороны за проём. Трапециевидная эпюра при этом располагается у торца балки. При расположении в пролёте рандбалки оконных проёмов над её верхней гранью на высоте  $H_1$  высота условного пояса кладки  $H_0$  увеличивается и принимается равной  $H_0 = H_1$ , что соответственно увеличивает длину эпюры давления. При симметричном расположении двух рядов проёмов в кирпичной стене многоэтажного здания, опирающейся на рандбалку, нормы [2] допускают определять нагрузку от среднего простенка, как величину, равную  $0,3$  от вертикальной нагрузки, передающейся по всей высоте здания с участка, равного расстоянию между осями примыкающих к простенку проёмов, а в сложных случаях нормы [2] обязывают определять нагрузку с полного участка между осями проёмов.

Расчёт рандбалок в период эксплуатации здания выполняют согласно [1] по нагрузкам, определенным "исходя из эпюр давлений". Эпюры давлений приводятся к распределённым погонным нагрузкам, по которым определяются усилия  $M$  и  $Q$ , как для однопролётной балки на двух шарнирных опорах. В процессе исследований [3] и [4] соответствия усилий  $M$  и  $Q$ , определяемых по нормам без применения ЭВМ и с применением ПК SCAD, возникли вопросы не регламентированные нормами [1] и [2]. Эти вопросы следующие: 1 Не показано распределение эпюры давления в случае расположения дверного проема гранью, располагаемой над вертикальной гранью торца рандбалки или в начале перераспределённой эпюры давления; 2 Не определён учёт участка эпюры давления, выходящего за центр опоры рандбалки (в расчётной схеме), при расчёте усилий  $M$  и  $Q$ . 3 Нет рекомендаций по учёту нагрузки и действия части стены на торцевую часть балки, выходящую за эпюру давления, при определении усилий  $M$  и  $Q$ . 4 Не установлено определение эпюр давления при несимметричном расположении двух вертикальных рядов оконных проёмов относительно центра рандбалки, при широком среднем простенке и узких проёмах. 5 Нет разъяснений, как принимать данные для расчёта усилий  $M$  и  $Q$  на ЭВМ, в частности по ПК SCAD. 6 В нормах отсутствуют рекомендации по обеспечению устойчивости рандбалок из плоскости.

Экспериментальных данных для решения вопросов 1-4 нет.

Применяя методику норм [1], [2] по перераспределению эпюры давления для случая расположения дверного проёма по вертикальной грани торца рандбалки, перераспределённую эпюру следует размещать за торцом рандбалки, а в случае расположения дверного проёма гранью на расстоянии  $a_1$  от внутренней грани опоры (по допускаемому нормами [1] и [2] максимальному размеру опорного участка  $a_1$ ) перераспределённую эпюру следует располагать ближе к торцу рандбалки на расстоянии  $a_1$  от внутренней грани опоры за гранью дверного проёма. В обоих случаях эпюра давления располагается вне пролёта рандбалки за центром опоры, который всегда находится на участке  $a_1$  и тогда, либо нагружает опору и следующую рандбалку, либо разгружает, а не нагружает, рассматриваемую рандбалку. Для решения вопроса 1 предлагается перераспределять эпюру давления по методике норм и располагать перераспределённую эпюру давления в пролёте рандбалки у грани дверного проёма, находящейся ближе к середине рандбалки.

При расположении эпюры давления согласно нормам [1] центр опоры в расчётной схеме однопролётной рандбалки находится на участке  $a_1$  и тогда эпюра давления делится на два участка, располагаемых один в пролёте рандбалки, а второй за пределами пролёта рандбалки на её части, располагаемой от центра опоры до торца, являющейся в данном случае консолью. Второй участок эпюры давления зажимает рандбалку, делает её статически неопределимой, уменьшая тем самым пролётные моменты. В обычной однопролётной железобетонной балке, загруженной равномерной нагрузкой, участок балки за шарниром (опорой в расчётной схеме) и величина нагрузки на нём по отношению ко всей малы. Поэтому усилия  $M$  определяются без учёта разгружающего действия нагрузки у торца балки, а погонная нагрузка определяется, либо по полной длине балки, либо более строго по расчётному пролёту её. Для решения вопроса 2 предлагается: как минимум не учитывать при определении усилий  $M$  и  $Q$  эпюру второго участка, разгружающую рандбалку; как максимум включать для расчёта усилий полную эпюру давления, а расчётную длину принимать по внешним граням эпюр давления, когда они выходят за центры опор.

Длина опорного участка  $a_1$  [1] принимается при расчёте кладки висячей стены на смятие (местное сжатие). В этом случае, чем меньше длина участка, тем прочнее должна быть кирпичная кладка и это повышает надёжность расчёта. При фактическом опирании рандбалки на участке длиной больше  $1,5H$  торцевая часть балки выходит за эпюру давления и в расчётах стены на смятие не участвует, хотя фактически она превращает рандбалку в неразрезную, создавая частичное защемление. Для решения вопроса 3 предлагается расчётную длину при определении усилий принимать равной расстоянию между внешними гранями эпюр давления, располагаемых у опор.

При несимметричном расположении относительно середины пролёта рандбалки в стене двух рядов оконных проёмов, при широком среднем простенке и узких проёмах, располагающихся вблизи опор, отдельных рекомендаций по расположению эпюр давления у опор и под средним простенком нет. Эпюры у опор должны уменьшаться с увеличением среднего простенка и уменьшением крайних. Рекомендации норм принимать для среднего простенка нагрузку, равную  $0,3$  от нагрузки, определённой по расстоянию между серединами проёмов, в данном случае, занижены, поскольку на рандбалку действует (нагружает) практически средний простенок, а крайние простенки действуют меньше или вообще не нагружают балку, если оконные проёмы располагаются гранями над вертикальными гранями торцов балки. Для решения вопроса 4 рекомендуется определять нагрузку на средний простенок с коэффициентом  $1$  и  $0,3$ , а опорные эпюры давления

рассчитывать по опорным реакциям за минусом нагрузки на средний простенок и располагать согласно рекомендациям норм. Усилия в рандбалке определять для обоих случаев загрузки ( $k=0,3$  и  $k=1$ ) и по максимальным  $M$  и  $Q$  рассчитывать рандбалку.

Пункт 7.199 норм [2] разрешает выполнять статический расчёт висячих стен, опирающихся на рандбалки, методом конечных элементов с применением ЭВМ. Других рекомендаций по расчёту, кроме возможности учёта нелинейности деформаций балки-стенки, состоящей из двух идеально упругих материалов, нет. В процессе расчёта по ПК SCAD в работах [3] и [4] были разработаны и применены методики определения усилий в рандбалке. Для решения вопроса 5 предлагается использовать методики, рекомендации и коэффициенты соответствия работ [3] и [4] для определения усилий  $M$  и  $Q$ , оставляя открытым вопрос о создании нормативных рекомендаций по расчёту висячих стен и рандбалок с применением ЭВМ. Для решения вопроса 6, рассчитывая балку-стенку как плоскую систему в вертикальной плоскости, разработчик должен обеспечить устойчивость системы из её плоскости. Это достигается устройством поперечных стен, перекрытий в монолитном исполнении с рандбалками или специальных решений опорных узлов балок.

## Список литературы

- [1] СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции / Госстрой России.-М.: ГУП ЦПП, 1999.-40с.
- [2] Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП II-22-81) / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР.-М.:ЦИТП Госстроя СССР,1989.-152 с.
- [3] Артюхина Т. Г. Усилия в железобетонной рандбалке, нагруженной висячей стеной, определённые по нормам и по ПК SCAD. Диссертация магистра строительства. Усть-Каменогорск. ВКГТУ/ 2012-150с.
- [4] Грунская А.И. Влияние жесткости балки-каменной стены на усилия в однопролётной рандбалке в расчётах по нормам и ПК SCAD. Диссертация магистра строительства. Усть-Каменогорск. ВКГТУ/2013-368с.

УДК 624.012.3

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ЗДАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫМ БЕТОНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИБРЫ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА

В.Ю. Чернавин

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The methods of restoring and hardening of normal and oblique sections of the exploited bent reinforced concrete structures, as well as the version of increasing of existing brick buildings seismic safety were considered. Steel fiber concrete is proposed to use as the material of construction,

which is a dispersed reinforcement of waste products: fibreboard - waste of thermo profiles perforation and waste, resulting in the production of guide profiles for gypsum boards, wiry - recycled bridges ropes, construction cranes and head-gears.

**Keywords:** Fiber, steel fiber concrete.

**Аңдатпа.** Пайдаланатын иілмелі темірбетон құрылымдардың қалыпты және еніс қималары беріктігін қалпына келтіру және көтеру әдістері қаралған, сонымен қатар, бар құрылыстың кірпіш ғимараттардың сейсмикалық қауіпсіздігін жоғарылату тәсілі. Құрылымдық материалы ретінде, дисперсті арматурасы өндіріс қалдықтары болып табылатын, болат фибробетонды қолдануға ұсынылған: паракты фибра – термофильді перфорациялау қалдықтары және гипсокартонды парақтарға бағыттайтын профильдердің өндірісі кезіндегі алынатын қалдықтар, сымды – қайта өңделген көпірді, құрылыс крандардың және шахталық копырлардың канаттары.

**Кілттік сөздер:** Фибра, болат фибробетон.

**Аннотация.** Рассмотрены способы восстановления и повышения прочности нормальных и наклонных сечений эксплуатируемых изгибаемых железобетонных конструкций, а также вариант повышения сейсмобезопасности кирпичных зданий существующей застройки. В качестве конструкционного материала предлагается использовать сталефибробетон, в котором дисперсная арматура представлена отходами производства: листовая фибра – отходы перфорирования термопрофилей и отходы, получаемые при производстве направляющих профилей для гипсокартонных листов, проволочная – переработанные канаты мостовых, строительных кранов и шахтных копров.

**Ключевые слова:** Фибра, сталефибробетон.

Длительная эксплуатация строительных конструкций под воздействием силовых факторов и внешней среды вызывает в ряде случаев появление дефектов, что приводит к необходимости их восстановления и усиления. Зачастую это связано с продолжительным сроком эксплуатации зданий и сооружений без надлежащего технического обслуживания, и, что особенно важно, с изменившимися нормативными требованиями. Например, в г.Усть-Каменогорске произошло увеличение нормативного значения снеговой нагрузки в прошлом веке с 70 до 150 кг/м<sup>2</sup>. Усугубляющим фактором также служит ремонт кровли, когда укладку нового гидроизоляционного ковра осуществляют поверх старого, что увеличивает ее вес. Возрастание нагрузок отрицательно отражается на напряженно-деформированном состоянии конструкций покрытия. В плитах и балках возникают значительные прогибы, появляются и чрезмерно раскрываются трещины, напряжения в арматуре и бетоне достигают предельных значений. В железобетонных конструкциях зачастую перенапряженными оказываются нормальные и наклонные сечения, что вызывает необходимость их усиления.

Наиболее широко в целях повышения прочности наклонных сечений применяют стальные элементы (тяжи, хомуты), имитирующие дополнительную поперечную арматуру и устанавливаемые по обе стороны балки на приопорных участках. Данное усиление достаточно трудоемкое, технически сложное и дорогостоящее. Поэтому предлагается рассмотреть альтернативное инновационное решение: усиление наклонных сечений наращиванием фибробетоном [1]. Суть его состоит в том, что фибробетон (дисперсно-армированный бетон) содержит мелкие стальные изделия (фибры) в виде коротких проволочек, стружек или пластин. Прочность фибробетона на растяжение в 2-3 раза выше обычного бетона, что дает возможность целевого применения такого бетона в качестве конструкционного материала, повышающего прочность сечений при усилении.

Опыт обследования строительных конструкций показывает, что зачастую возникает необходимость усиления наклонных сечений железобетонных двутавровых балок покрытия. В этом случае усиление фибробетоном будет наиболее эффективным и целесообразным решением, благодаря тому, что существует возможность наращивания фибробетоном путем его укладки между стенкой и полками балки (рисунок 1). Такое решение значительно снизит общие трудозатраты на изготовление конструкции усиления, поскольку отпадает необходимость устройства сложной опалубки, достаточно одного наружного щита, закрепленного на поясах балки. Не стоит забывать лишь о том, что данное усиление, как и любое бетонное, требует надежного сцепления с восстанавливаемой конструкцией.

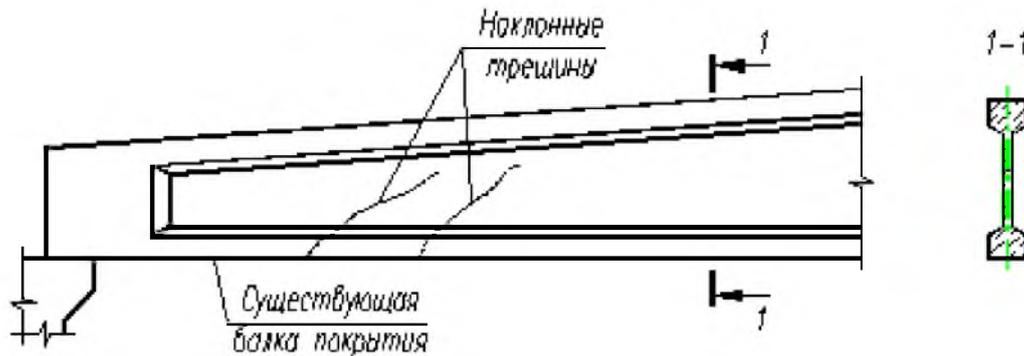


Рисунок 1 Общий вид опорного участка двутавровой балки

Это обеспечивается очисткой поверхности балки от слабых, непрочных слоев, а также от мусора, пыли, масел и др.; установкой анкерных стержней  $\varnothing 3 \div 6$  мм в просверленные в стенке балки сквозные отверстия. После выполнения подготовительных работ производят омоноличивание балки, нагнетая фибробетонную смесь в боковые окна, имеющиеся на щите опалубки. Уплотнение осуществляется поверхностными вибраторами, установленными на опалубке. Общий вид усиленного участка балки приведен на рисунке 2.

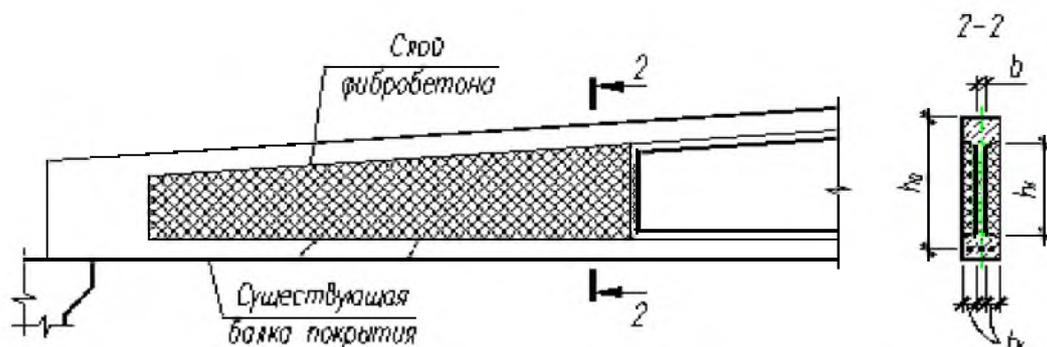


Рисунок 2 Общий вид усиления двутавровой балки покрытия

Метод усиления наклонных сечений, рассмотренный в данной работе, целесообразно применять не только для стропильных балок, но и для таких конструкций массового применения, как ребристые плиты, монолитные балки и сборные ригели перекрытий.

Восстановление и усиление нормальных сечений железобетонных конструкций обычно выполняют путем наращивания сечения снизу посредством нанесения на усиливаемую поверхность

слоя бетона с постановкой дополнительной арматуры, приваренной через коротыши к существующей арматуре конструкции. Однако выполнение такого усиления трудоемко в связи с необходимостью вскрытия арматуры в существующих конструкциях. Кроме того, этот способ усиления невозможен, если арматура усиливаемой конструкции является предварительно напряженной.

Предлагается усиливать нормальные сечения изгибаемых железобетонных конструкций путем наращивания снизу сталефибробетоном [2]. Для чего в первую очередь поверхность усиливаемой конструкции тщательно промывается, очищается железной щеткой, делаются насечки, и увлажняется, что обеспечивает прочность контактной зоны и, дополнительно, повышает сцепление слоя усиления с усиливаемой конструкцией. Затем в теле конструкции (поз.1 рисунка 3) просверливаются отверстия, в которые для обеспечения совместной работы существующей конструкции со слоем усиления вбиваются или вклеиваются Г-образные анкера (поз.3 рисунка 3) из арматурной стали класса Вр-I или А-III. Затем на конструкцию устанавливается опалубка, которая заполняется фибро-бетонной смесью (поз.2 рисунка 3).

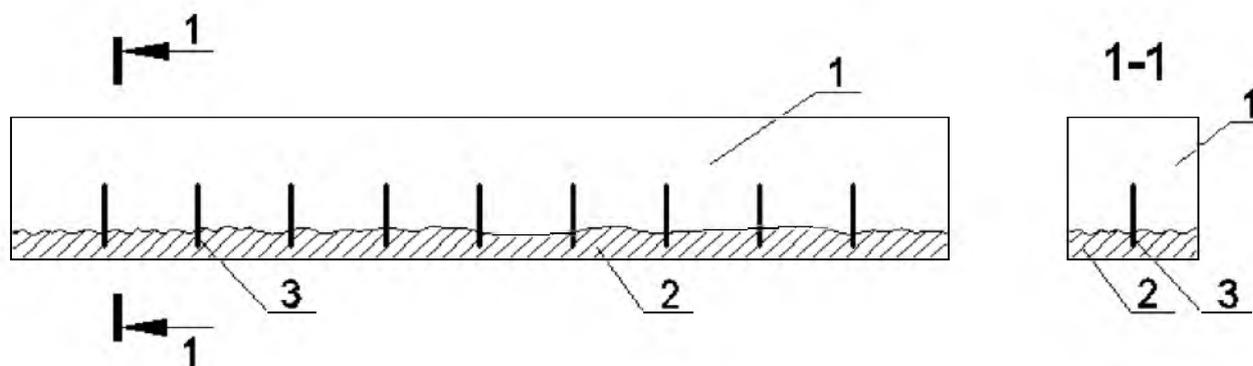


Рисунок 3 Способ усиления нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций

В связи с повышением сейсмичности ряда районов Казахстана большинство кирпичных зданий существующей застройки перешли в категорию потенциально сейсмоопасных, так как они не отвечают обязательным конструктивным требованиям [3] и не всегда отвечают расчётным требованиям [3]. Эти здания во время землетрясения могут получить серьезные повреждения и представляют опасность для людей.

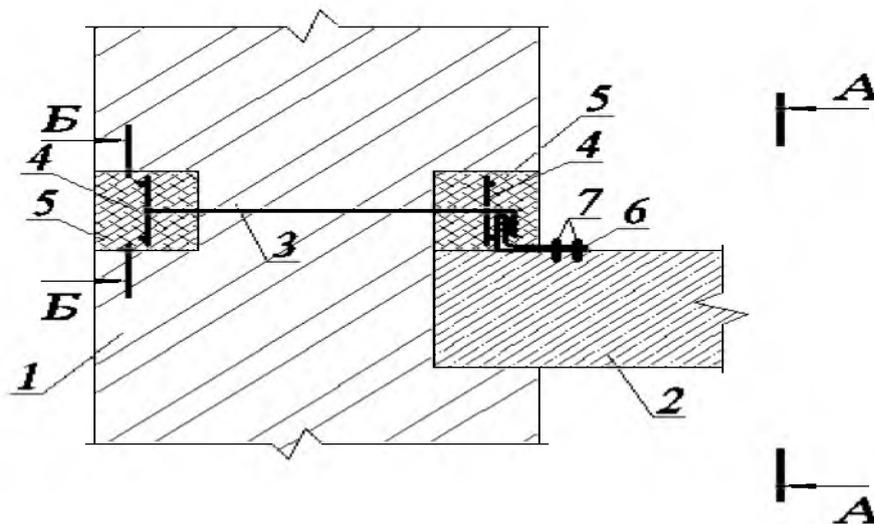
Известны несколько способов усиления здания антисейсмическими поясами, в том числе и из железобетона (см. серия 0.00-2.96с вып.0-1 Каменные и кирпичные здания. Материалы для проектирования – ЦНИИСК им. Кучеренко).

Наиболее близким по назначению является изобретение согласно патента РФ №2197585, в котором для повышения сейсмостойкости под пустотами в плитах перекрытий со стороны потолка вблизи стен здания прорезают короткие щели, в которые вводят и разворачивают на 90° металлические анкерные элементы, верхние части которых имеют форму конгруэнтную нижней части поверхности сечения каналов в плитах, и прикрепляют плиты к стенам с помощью уголков и болтовых соединений.

Данные варианты усиления являются технологически трудоемкими, экономически невыгодными, так как приводят к необходимости замены внутренних инженерных сетей (будут являться помехой для осуществления усиления) и имеют низкую эстетичность. Наиболее целесообразно применять скрытые сталефибробетонные антисейсмические пояса [4]. Предлагаемая конструкция антисейсмических поясов имеет следующие преимущества:

- не портит эстетичность здания, т.к. после проведения отделочных работ пояса полностью скрываются;
- является долговечной, т.к. элементы усиления защищены от атмосферных воздействий;
- из-за устройства штраб не происходит ослабление кладки, т.к. они заполняются фибробетоном, который имеет более высокие прочностные характеристики, как на растяжение, так и на сжатие;
- способствует снижению расхода стали (используется вместо пространственного арматурного каркаса - плоский), а также можно использовать не дорогостоящую фибру, получаемую из отходов производства;
- для устройства данных поясов инженерные сети не будут являться помехой, следовательно, не будет удорожания;
- ударная прочность (вязкость) сталефибробетона в 8-10 раз больше по сравнению с бетоном;
- целесообразен для любых видов плит перекрытий;
- анкерный элемент не будет являться мостиком холода, в связи с тем, что заделан в фибробетоне и не имеет выпусков наружи.

Данный вид усиления (антисейсмический пояс) выполняет следующие функции: обеспечивает анкеровку перекрытий в стенах, пространственную жесткость стен и улучшает совместную работу при сейсмическом воздействии стен и перекрытий. Сущность предлагаемого способа сейсмоусиления показана на рисунках 4 и 5.



1 – кирпичная стена; 2 – плита перекрытия; 3 – анкерный стержень; 4 – плоский арматурный каркас; 5 – фибробетон; 6 – металлический неравнополочный уголок; 7 – анкерный крепеж

Рисунок 4 Способ усиления кирпичных стен скрытыми сталефибробетонными антисейсмическими поясами

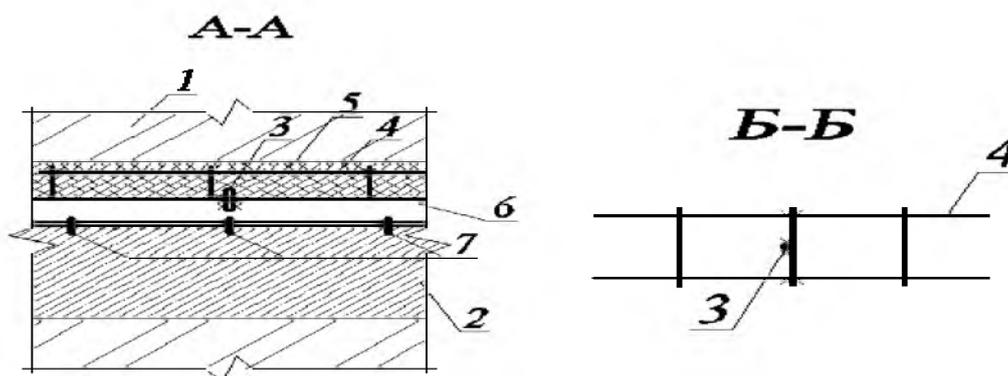


Рисунок 5 Разрез А-А; Б-Б

Сейсмоусиление стен осуществляется следующим образом: в первую очередь устраивают штрабу над перекрытием размером  $150 \times 120$  мм с внутренней стороны поверхности стены, которая тщательно промывается, очищается железной щеткой, делаются насечки, и увлажняется, что обеспечивает прочность контактной зоны и дополнительно повышает сцепление слоя фибробетона со стеной. Затем в кирпичной стене просверливаются отверстия  $\varnothing 14$  с шагом не более 1000 мм. В просверленные отверстия вводятся анкерные стержни (поз.3 рисунка 4) ( $\varnothing 12$  АП) Г-образной формы. Далее устанавливается плоский каркас (поз.4 рисунка 4) ( $2\varnothing 10$  АП, поперечная арматура  $\varnothing 6$  АІ с шагом 200 мм), соединяя его с анкерным стержнем (поз.3 рисунка 4) с помощью сварки или вязальной проволоки. На следующем этапе устанавливают металлический неравнополочный уголок (поз.6 рисунка 4) ( $100 \times 63 \times 8$ ), к короткой полке которого крепится отогнутая часть анкерного стержня (поз.3 рисунка 4) с помощью сварки. Затем осуществляют крепление уголка (поз.6 рисунка 4) к плите перекрытия при помощи анкерного крепежа (поз.7 рисунка 4). В последующем устанавливают опалубку и заполняют штрабу фибробетонной смесью (поз.5 рисунка 4). С наружной стороны устраивается аналогичная штраба. Далее необходимо заинъецировать отверстие цементным раствором для заделки анкера (поз.3 рисунка 4) в стене. Устанавливается аналогичный каркас (поз.4 рисунка 4), который связывается с анкерным стержнем (поз.3 рисунка 4) с помощью сварки или вязальной проволоки. Следующим этапом устанавливают опалубку и заполняют штрабу фибробетонной смесью (поз.5 рисунка 4).

Основным конструкционным материалом в предлагаемых способах усиления строительных конструкциях является сталефибробетон, широкое использование которого в Республике Казахстан сдерживается отсутствием собственного производства специализированной фибровой арматуры. Предлагается в качестве фибры при выполнении работ по усилению применять следующие отходы производства.

Во-первых, отходы, получаемые при производстве направляющих профилей для гипсокартонных листов.

Отходы (фибра) представляют собой оцинкованные металлические пла-стинки (рисунок 6), полученные при рубке профилей гильотиной, с габаритами:  $l = 30-40$  мм,  $b = 7-8$  мм, и толщиной листа  $t = 0,4-0,6$  мм. Ширина фибр постоянна и соответствует ширине ножа гильотины (стационарный рез или летучий рез), с допуском , установленной на линии для производства строительных профилей KNAUF. Фибра имеет гнутую форму из-за деформирования при рубке.

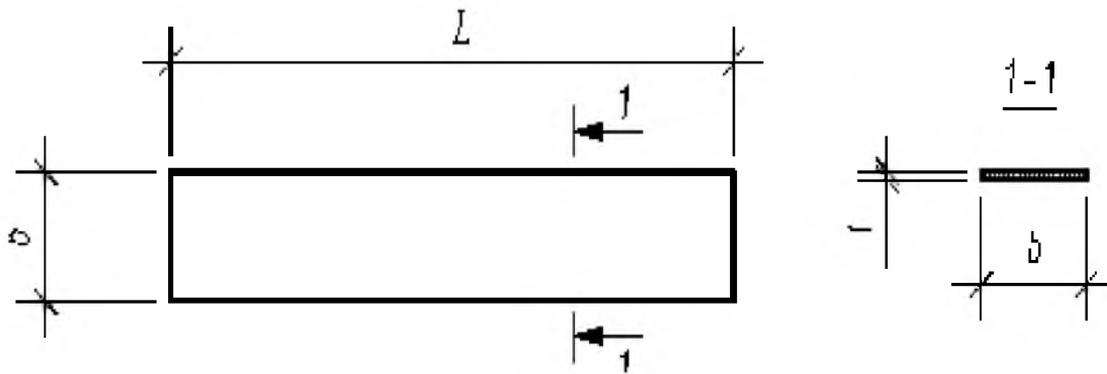


Рисунок 6 Оцинкованная листовая широкополосная (ОЛШ) фибра

В НПЛ «БОСКОР» были проведены исследования фибры, полученной на предприятии «Первомайский механический завод» с габаритами:  $L = 30-40$  мм,  $b = 7,5$  мм,  $t = 0,5$  мм. Исходный материал – профиль ПП 60x27 и ППН 28x27 из оцинкованного листа.

Во-вторых, отходы, получаемые при производстве термонрофилей, имеющих продольную перфорацию. Термонрофили ТС-, ТУ- образные стальные оцинкованные холоднотянутые изготавливаются на производственной линии SAMESOR PreFab согласно СТ ТОО 40395057-01-2008 и применяются в строительстве.

Отходы (фибра) представляют собой оцинкованные металлические пластинки (рисунок 7), полученные при продольной перфорации профилей с габаритами: длина – 75 мм, ширина – 3 мм и толщина листа – 1; 1,2; 1,5 и 2 мм. Фибра имеет гнутую форму из-за деформирования при перфорации термоотверстий.

В НПЛ «БОСКОР» были проведены исследования фибры, полученной на ТОО «Шыгыс Шанырак» группы компаний «ALMA GRAD real Estate» при продольной перфорации оцинкованных профилей толщиной 1,2 мм.

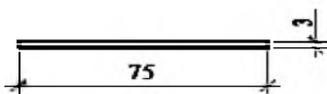


Рисунок 7 Оцинкованная листовая фибра (ОЛ)

В-третьих, отработанные строновочные канаты (рисунок 8), применяемые в мостовых, подвесных, строительных кранах и надшахтных копрах, для получения готовых фибровых волокон, в отличие от отходов, получаемых при перфорации термонрофилей, необходимо подвергнуть дополнительной обработке: резке, расплетению и отчистке. В связи с этим Карагандинским ПромстройНИИпроектом была разработана установка для получения фибры из отработанных канатов. Установка представляет собой полностью автоматизированное устройство (робот) с замкнутым циклом работы и состоит из резательного механизма и двухрядной валковой дробилки.

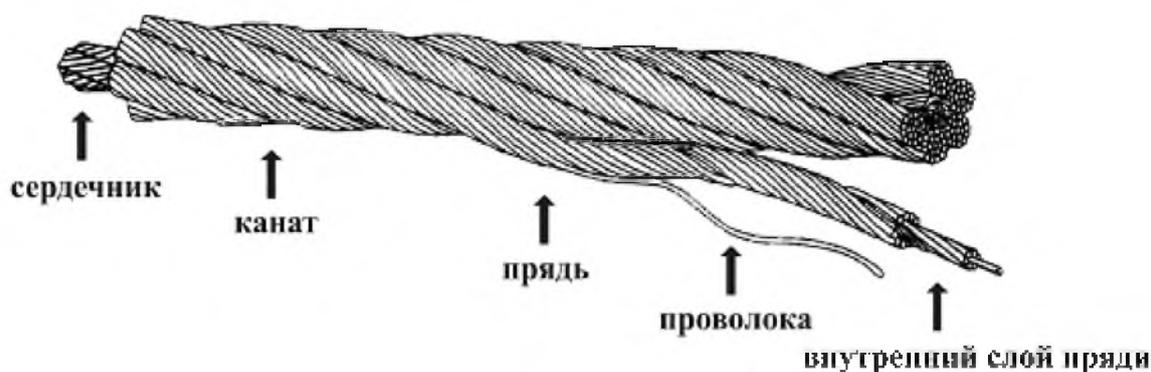


Рисунок 8 Оцинкованная листовая фибра (ОЛ)

Строповочные канаты сильно загрязнены старой смазкой. Поэтому, для нормального сцепления с бетоном матрицей необходимо производить очистку данной фибровой арматуры. В связи с этим на кафедре «Х,МиО» ВКГТУ им. Д. Серикбаева проведено исследование по удалению данных загрязнений.

Удаление смазки предложено производить при кипячении пучков канатов в 3% растворе кальцинированной соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) в течение 10-30 минут. В отдельных случаях удаление органического сердечника и смазки с поверхностей витков производят при более длительном кипячении в указанном растворе (30-60 минут). В процессе обработки раствор окрашивается в темно-бурый цвет, без запаха.

После обработки, происходит осаждение мелкокристаллического осадка темно-бурого цвета; вторичное использование отработанного раствора возможно после проведения процесса декантации.

В рамках исследования определены физико-механические характеристики фибры из отработанных строповочных канатов. Результаты сравнения заводской фибры и фибры из отходов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 Прочностные и стоимостные характеристики фибры

Характеристики фибры	Заводская фибра		Фибра из отходов		
	FIBREX (Класса прочности 3)	HENDIX	Фибра ОЛ	Фибра ОЛП	Фибра из отработанных канатов
Прочностные характеристики фибры (временное сопротивление разрыву)	853,3 МПа	1400 МПа	485 МПа	387 МПа	1809 МПа
Стоимость фибры	175 тг/кг	200 тг/кг	32* тг/кг	32* тг/кг	32** тг/кг
* Для фибры из отходов принята цена металлолома без учета обезжиривания;					
** Для фибры из отработанных канатов не учтена стоимость переработки					

Рекомендуемый состав бетонной смеси при ее подвижности в 22 см (осадка конуса) со средней кубиковой прочностью 46 МПа, полученный экспериментальным путем в НПЛ «БОСКОР», приведен в таблице 2.

Таблица 2 Состав смеси для бетона-матрицы на 1 м<sup>3</sup>

Компонент	Количество (кг/м <sup>3</sup> )	Соотношение компонентов
вяжущее (Ц - цемент), М400	Ц = 661 кг	Ц = 1,0
мелкий заполнитель (П - песок), $M_{кр}=2,5$	П = 1283 кг	П/Ц $\approx$ 1,941
затворитель (В - вода)	В = 285 кг	В/Ц $\approx$ 0,4312
Пластификатор (Пл - пластификатор), Rheobuild 181A	Пл = 4 кг	0,6% от Ц

## Список литературы

- [1] Инновационный патент РК №23652 на изобретение «Способ усиления наклонных сечений железобетонных балок». Астана. 2010.
- [2] Инновационный патент РК №23199 на изобретение «Способ усиления нормальных сечений изгибаемых железобетонных конструкций». Астана. 2010.
- [3] СНиП РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических рай-опах/КазНИИССА.-Алматы,2006.-78с.
- [4] Инновационный патент РК №25577 на изобретение «Способ усиления кирпичных стен скрытыми сталефибробетонными антисейсмическими поясами». Астана. 2012.

УДК 691.32.669.295.002.84

## РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ПОРИЗАЦИИ В ГАЗОБЕТОНЕ

А.А. Хайруллина

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** In article results of research of influence of limy slime of gas purification and combined heat and power plant ashes ablation on porization processes are given in a gas concrete. Positive influence use of waste of the industry in production of construction materials is shown.

**Keywords:** The lime sludge, fly ash, power plants, gas concrete.

**Аңдатпа.** Статьяда ЖЭС газобетондагы булану үрдістеріне күл-қоқыстың және газтазалаудагы әктік шламның әсер етуін зерттеу нәтижелері келтірілген. Құрылыс материалдары өндірісінде өнеркәсіп қалдықтарын қолданудың жақсы әсері көрсетілген.

**Кілттік сөздер:** Әктік шлам, күл-қоқыс, ЖЭС, газобетон.

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследования влияния известкового шлама газоочистки и зола-уноса ТЭЦ на процессы поризации в газобетоне. Показано положительное влияние использование отходов промышленности в производстве строительных материалов.

**Ключевые слова:** Известковый шлам, зола-унос, ТЭЦ, газобетон.

Настоящими исследованиями изучено влияние известкового шлама газоочистки Усть-Каменогорского титаномагниевого комбината на процессы поризации в газобетоне.

Новизна данной работы заключается в том, что известь в традиционной автоклавной силикатной технологии заменена на известковый шлам Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината (УКТМК). Известковый шлам, образующийся при газоочистке хлораторов является составной частью отходов, представляющих пульпу хлоридную. Критериями интереса его использования следует назвать, прежде всего, возможность выделения его из технологической цепочки до попадания в шламонакопители, наличие больших запасов, химический состав, простоту и легкость подготовки шлама к применению, и быстроту внедрения технологии использования его на предприятиях стройиндустрии.

Основными физическими свойствами известкового шлама являются: насыпная плотность высушенного и измельченного шлама 0,8 г/см<sup>3</sup>, средняя плотность в уплотненном состоянии под нагрузкой 40 Мпа 1,7 г/см<sup>3</sup>, удельная плотность 2,67 г/см<sup>3</sup>, пористость в уплотненном состоянии 36%, удельная поверхность (по ПСХ-2) 5300 см<sup>2</sup>/г.

Высокая дисперсность шлама весьма благоприятна при использовании, так как не требует дополнительного измельчения для повышения химической активности при взаимодействии с клинкером цемента.

В качестве кремнеземистого компонента взамен молотого песка предложено использование золы-уноса Усть-Каменогорской ТЭЦ. По физическим свойствам и химическому составу зола-уноса удовлетворяет требованиям, предъявляемым к сырью для производства легких и ячеистых бетонов.

Процесс формирования ячеистой структуры газообразованием включает три стадии: зарождение газового пузырька, рост его объема, стабилизацию размеров и его месторасположения. Во всех трех стадиях скорость процесса газовыделения должна строго соответствовать скорости изменения реологических характеристик поризуемой системы. То есть, особенностью технологии газобетона является необходимость достижения высокой степени поризации смеси и сохранения ее устойчивости в течение этого процесса. Осуществляется поризация смеси на стадии формирования за счет взаимодействия газообразователя - алюминиевой пудры со щелочью.

Протекание процесса газообразования определяется большим количеством различных факторов. Наибольшее влияние на скорость этого процесса оказывают вид, количество и свойства газообразователя, щелочность и температура среды и т.д.

Проведенными исследованиями установлено, что присутствие хлоридов в известковом шламе увеличивает активность алюминиевой пудры. Ионы хлора проникают через защитную пленку на алюминия, способствуя этим дальнейшему взаимодействию алюминия со щелочными ионами. Благодаря этому, даже малые количества алюминиевой пудры легко и очень равномерно распределяются во всем объеме смеси. Получаемые воздушные пузырьки равномерно рассредоточиваются по всему объему смеси. Смесь легко вспучивается. Этому также способствует достаточная щелочность смеси. При этом смесь должна обладать необходимой газодерживающей способностью.

Таким образом, для получения высококачественных газобетонных изделий максимальной пористости и достаточной прочности является создание оптимальных условий для двух одновременно протекающих процессов – газовыделения и газодержания. Необходимо обеспечить соответствие между скоростью реакции газовыделения и скоростью нарастания структурной вязкости смеси. Поэтому окончание процесса газообразования должно совпадать с началом ее схватывания. В ходе многочисленных исследований было установлено влияние хлорида кальция, гидроксида магния содержащихся в известковом шламе на ускоренное твердение межпоровых перегородок.

Следующим этапом изучения влияния техногенных отходов на закрепление структуры газобетона являлось исследование влияния золы-уноса на процессы происходящие при получении изделий. При развитии процесса поризации, то есть при протекании реакции газообразования, присутствующая в смеси стеклофаза золы-уноса создает пространственную сетку вокруг пузырьков газа, располагаясь в межпоровых перегородках, тем самым стабилизирует газобетонную смесь в процессе ее вспучивания, не позволяя смеси осесть даже в случае довольно низкой вязкости, что имеет место в начальный период, когда смесь еще не успела схватиться. Положительное влияние

стеклофазы на процессы гидратации и твердения можно объяснить следующим образом. Равномерно распределяясь по всему объему смеси стеклофаза выступает в качестве своеобразного центра перекристаллизации первичных гелеобразных продуктов гидратации цемента, создавая условия для получения более прочного каркаса межпоровой перегородки.

Таким образом, представленные техногенные отходы оказывают существенное влияние на закрепление структуры ячеистого бетона (газобетона). Кроме того, использование техногенных отходов для производства газобетона в настоящее время приобретает особое значение, так как способствует снижению себестоимости изготавливаемой продукции и оказывает помощь в утилизации отходов.

## Список литературы

- [1] Магдеев У.Х., Гиндин М.Н. Современные технологии производства ячеистого бетона // Строительные материалы. – 2001. - №2. – С.2-6

УДК 624.014

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В РАСЧЕТАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

В.Г. Харинов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева

**Abstract.** The article explores using of modern computing complex SCAD for calculation of construction structures for various types of external forces, including seismic. The features of the settlement with the requirements of the construction standards of the Republic of Kazakhstan SN RK 2.03-30-2006 "Construction in seismic regions" are also researched in this article. The methods of execution of the standard requirements on the need to consider the simultaneous action of vertical and horizontal seismic forces for certain types of structures and facilities are proposed in this research.

**Keywords:** Construction, SCAD.

**Аңдатпа.** Мақалада заманауи есептегіш жүйе SCAD құрылыс құрылымдарының әртүрлі сыртқы күш әсерін, соның ішінде сейсмикалық күш әсерін есептеу үшін қолдану қарастырылады. ҚР СН 2.03-30-2006 «Сейсмикалық аудандардағы құрылыс» құрылыс нормаларының шарттарымен бірге есептеулердің орындау ерекшеліктері қарастырылады. Құрылымдармен ғимараттар түрлеріне тік және жазық сейсмикалық салмақтау біркелкі әсерлерін ескеру қажеттілігі туралы ұсынылған мөлшерлемелер талаптарын орындау тәсілдері ұсынылған.

**Кілттік сөздер:** Құрылыс, SCAD.

**Аннотация.** В статье рассматривается использование современного вычислительного комплекса SCAD для расчетов строительных конструкций на различные виды внешних силовых воздействий, в том числе и сейсмических. Рассматриваются особенности выполнения расчетов

с учетом требований строительных норм Республики Казахстан СН РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах». Предложена методика выполнения требования указанных норм о необходимости учета одновременного действия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок для некоторых типов конструкций и сооружений.

**Ключевые слова:** Строительство, SCAD.

Важным этапом жизненного цикла строительных конструкций является этап проектирования. Одним из наиболее сложных и ответственных разделов этого этапа является статический расчет конструкций на разнообразные виды внешних силовых воздействий и на его основе выполнение прочностных расчетов. Имеется ряд современных вычислительных программных комплексов, позволяющих решать как общие, так и частные задачи по расчету конструкций (SCAD, ЛИРА, STARK, Ing+ и др.).

В перечисленных вычислительных комплексах имеются средства для учета разных статических и динамических воздействий на несущие строительные конструкции, в том числе сейсмических воздействий. Во многих республиках СНГ, в том числе и в Казахстане, имеются свои строительные нормы по строительству в сейсмических районах, которые различаются между собой. Это приводит к необходимости в вычислительных комплексах учитывать особенности в строительных нормах разных государств, что оперативно выполняется по мере внесения изменений и дополнений в строительные нормы.

Расчетные сейсмические нагрузки определяются двумя методами: а) по спектральному методу; б) с использованием акселерограмм. Первый метод используется для всех сооружений, а второй метод используется для особо важных и ответственных сооружений. Спектральный метод детально регламентирован в строительных нормах. Рассмотрим строительные нормы Республики Казахстан СН РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах» [1], а в качестве вычислительного комплекса программный комплекс SCAD [2], который позволяет производить расчеты на сейсмические воздействия по указанным нормам.

Расчетная сейсмическая нагрузка по спектральному методу определяется согласно п. 5.10 [1] по формуле:

$$S_{ik} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot S_{0ik}; \quad S_{0ik} = Q_k \cdot A \cdot \beta_1 \cdot K_0 \cdot K_{\psi} \cdot \eta_{ik}, \quad (1)$$

где:  $S_{ik}$  - расчетная сейсмическая нагрузка в рассматриваемом направлении, приложенная в точке  $k$  и соответствующая  $i$ -й форме собственных колебаний здания; остальные коэффициенты учитывают конструктивные и динамические параметры здания и сейсмичность площадки строительства.

Вычислительный комплекс SCAD [2] позволяет напрямую учитывать требования п. 5.10 и некоторых других пунктов СН РК 2.03-30-2006 [1]. В то же время имеются пункты указанных норм, для выполнения которых необходимо соблюдать определенные методики расчета [3]. Например, п. 5.5 – необходимость учета одновременного действия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок, в частности для балок, рам, арок, ферм, пространственных покрытий сооружений пролетом 24 метра и более (п. 5.5.е)).

Для задания сейсмических загрузок в программе SCAD имеется меню динамических воздействий. Направление сейсмического воздействия учитывается заданием направляющих косинусов этого воздействия по отношению к общей системе координат, в которой находится расчетная схема конструкции (рисунок 3). Для учета только горизонтальной сейсмичности необходимо задать

вдоль оси  $X - 1$ , а вдоль осей  $Y$  и  $Z - 0$  (рисунок 1а); для учета только вертикальной сейсмике необходимо задать вдоль оси  $X - 0$ , вдоль оси  $Y - 0$ , вдоль оси  $Z - 1$  (рисунок 1б). Если опасное направление сейсмического воздействия предполагается действующим под углом к осям общей системы координат, то необходимо ввести соответствующие значения направляющих косинусов вектора этого воздействия по отношению к осям системы координат ( $\cos(X)$ ,  $\cos(Y)$ ,  $\cos(Z)$ ). При этом должно выполняться условие  $\cos(X) + \cos(Y) + \cos(Z) = 1$ .

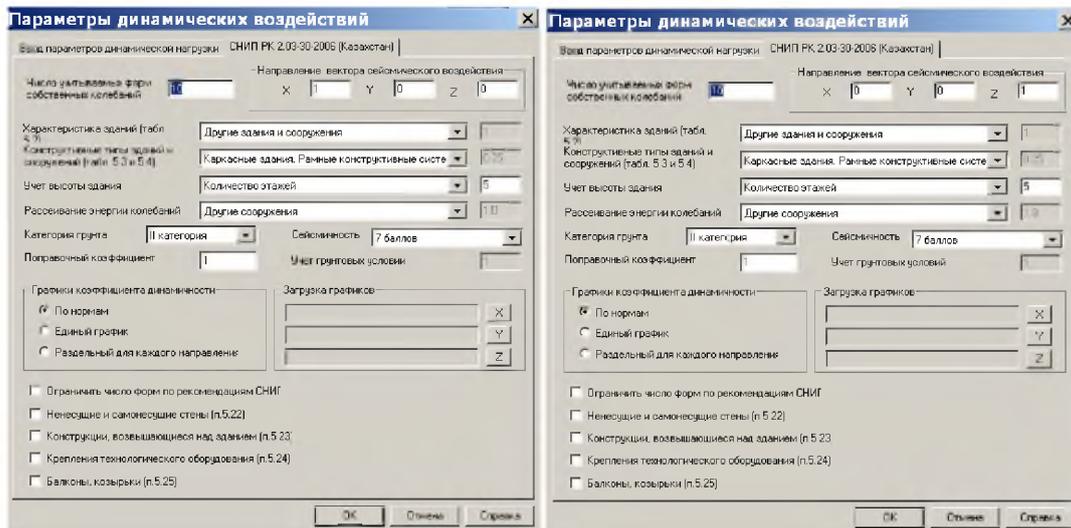


Рисунок 1 Меню параметров динамических воздействий программы SCAD: а) учет горизонтальной сейсмике вдоль  $X$ ; б) учет вертикальной сейсмике вдоль  $Z$

После этого в программе SCAD значения этих косинусов автоматически вводятся дополнительными коэффициентами во вторую из формул (1) и для каждого направления ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) проводится самостоятельный расчет. Необходимо также отметить, что для горизонтального и вертикального направлений различаются коэффициенты  $A$  и  $\beta_i$  в формуле (1). После раздельного расчета для каждой составляющей сейсмического воздействия (вдоль  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) в программе SCAD производится определение результирующих значений силовых факторов согласно п. 5.18 [1] по формуле:

$$N_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_{ri}^2}, \quad (2)$$

где:  $N_r$  – расчетные значения искомым факторов (усилий, напряжений) в рассматриваемом сечении  $r$ , возникающих в конструкциях от действия сейсмической нагрузки;  $N_{ri}$  – значения усилий или напряжений в рассматриваемом сечении  $r$ , вызванных сейсмическими нагрузками, соответствующими  $i$ -й форме колебаний;  $n$  – число форм колебаний, учитываемых в расчетах.

Теперь обращаясь к п. 5.5 СН РК 2.03-30-2006 [1] о необходимости учета одновременного действия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок, встает вопрос как правильно это выполнить. Вертикальные и горизонтальные составляющие расчетного сейсмического воздействия должны принимать свои полные значения, как и при отдельном самостоятельном воздействии этих составляющих, но при этом результаты расчета должны учитывать их одновременное действие. Казалось бы, что можно задать отдельные загрузки для вертикального и горизонтального сейсмического воздействия, произвести расчеты, а затем выполнить суммирование результатов этих двух загрузок. Но тогда вместо формулы (2) получится формула:

$$N_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_{rix}^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^n N_{riz}^2}, \quad (3)$$

В которой  $x$  соответствует горизонтальному, а  $z$  вертикальному направлению сейсмического воздействия. То есть соотношение (3) не отвечает требованию норм [1] о вычислении усилий по формуле (2), которая должна выглядеть таким образом:

$$N_r = \sqrt{\sum_{i=1}^n N_{rix}^2 + \sum_{i=1}^n N_{riz}^2} \quad (4)$$

Можно поступить следующим образом: принять направление сейсмического воздействия под углом  $45^\circ$  к осям  $X$  и  $Z$ , при этом направляющие косинусы примут значения  $\cos(45^\circ)=0.707$ . Таким образом, будет учтено одновременное горизонтальное и вертикальное сейсмическое воздействие, но при этом модуль этих воздействий будет занижен в  $0.707$  раз. Чтобы компенсировать это уменьшение можно воспользоваться поправочным коэффициентом, который имеется в меню задания сейсмического воздействия программы SCAD (рисунок 2). Задав поправочный коэффициент равный  $1/\cos(45^\circ)=1.412$  в итоге получим для горизонтальной и вертикальной составляющих сейсмического воздействия модуль равный единице. При этом результирующие усилия будут определены по формуле (4), являющейся развернутой записью формулы (2). Таким образом, будет учтено требование и. 5.5 [1] об учете одновременного действия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок.

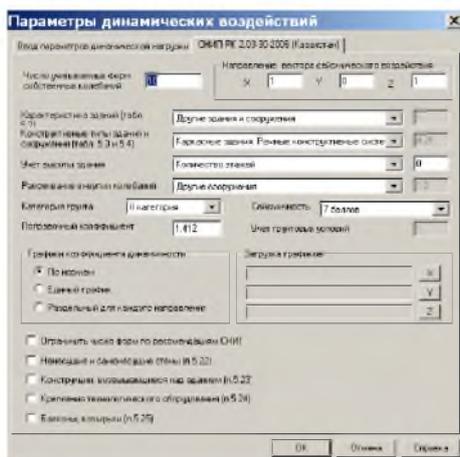


Рисунок 2 Меню параметров динамических воздействий программы SCAD: учет наклонной сеймики (иод углом  $45^\circ$ ) к осям  $X$  и  $Z$

В качестве примера рассмотрим расчет поперечной рамы промышленного здания (рисунок 3) пролетом  $30$  м.

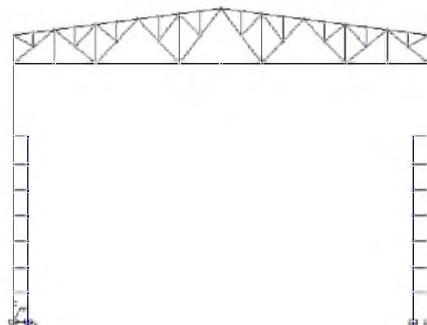


Рисунок 3 Расчетная схема поперечной рамы

В расчете принимались следующие загрузки: 1) собственный вес несущих конструкций; 2) постоянные нагрузки от веса покрытия и стеновых панелей; 3) снеговая нагрузка; 4) горизонтальная сеймика вдоль X; 5) вертикальная сеймика вдоль Z; 6) сеймика наклонная без поправочного коэффициента; 7) сеймика наклонная с поправочным коэффициентом 1.412.

Сейсмическое нагружение 7) учитывает требование п. 5.5 [1] об учете одновременного действия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок. Сейсмические загрузки 4) - 6) рассмотрены для сравнительного анализа.

При анализе результатов расчета было установлено, что результаты загрузки 7) могут быть получены из результатов загрузки 6) путем их умножения на коэффициент 1.412. Но для этого необходимо составить дополнительные комбинации нагрузок, что является более громоздким путем решения по сравнению с заданием поправочного коэффициента как это выполнено для загрузки 7). Кроме того для прочностных расчетов необходимо вычисление РСУ (расчетных сочетаний усилий), которые вычисляются от отдельных загрузок, а не от их комбинаций.

Также выполнен анализ для случая суммирования результатов от раздельного действия горизонтальной и вертикальной сеймики (загрузки 4) и 5)), что в итоге приводит к формуле (3) и дает завышенные результаты.

По результатам исследования можно сделать следующие основные выводы:

1. В статье предложена методика расчета на сейсмические воздействия согласно СН РК 2.03-30-2006 «Строительство в сейсмических районах» при учете одновременного действия вертикальных и горизонтальных сейсмических нагрузок с использованием современного вычислительного комплекса SCAD.

2. Выполнены расчеты и проведен анализ результатов, подтвердившие достоверность и эффективность предложенной методики.

## Список литературы

- [1] СН РК 2.03-30-2006. Строительство в сейсмических районах. – Алматы, 2006. – с.78.
- [2] В.А. Баженов, Э.З. Криксунов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов. Автоматизированное проектирование несущих конструкций зданий и сооружений. Издательство ассоциации строительных вузов. М., 2006. – с.460.
- [3] В.Г. Харинов. Методика расчета на сейсмические воздействия с учетом крутящих моментов на основе использования современных вычислительных комплексов. Материалы международной научно-практической конференции «Стратегия территориального инновационного развития региона «Золотое кольцо Алтая», часть 1. Восточно-Казахстанский государственный технический университет. г. Усть-Каменогорск, 2012. – с. 163-166.