

**AP23486482 – Разработка информационных моделей управления технологическими процессами металлургического производства, мониторинг их функционирования – н.р. Кажикенова С.Ш.**

***Актуальность***

Решение проблем качества и конкурентоспособности промышленных предприятий основано на рационализации и использовании новейших технологий информационного моделирования с целью модернизации существующих и создания новых объектов с учетом последних требований.

В настоящем проекте решается актуальная научная проблема – создание, разработка информационных моделей (ИМ). Построен алгоритм создания информационных моделей от концептуальной математической модели до специальных конфигураций компьютерной модели. Проведена верификация информационных моделей с реальными технологиями Vanyukov, ISASMELT™, Ausmelt, ElTeniente, Salvador, Mitsubishi, QSL, Outokumpu, KIVCET. Для каждой технологической схемы медного, свинцового, цинкового, оловянного производств разработана своя информационная модель с учетом показателей содержания и извлечения целевого компонента на каждом уровне ее иерархической структуры. Также затронуты темы, связанные с верификацией и сертификацией программного обеспечения, применяемого для разработки информационных моделей.

***Цель проекта***

Разработка информационной модели управления производственными процессами на основе фундаментального закона сохранения суммы информации и энтропии; верификация информационной модели управления производством, охватывающим все технологические переделы добыча–обогащение–плавка-конвертирование-черновое рафинирование-электролитическое рафинирование в металлургии цветных металлов; создание эталонной модели производства в контексте генерирования научно-технических и социально-экономических резервов на микро-, мезо-, макроуровнях.

***Ожидаемые и достигнутые результаты***

В настоящем проекте решается актуальная научная проблема – создание, разработка информационных моделей (ИМ) на принципах математического моделирования, теории информации, компьютерного моделирования, теории металлургических процессов. Построен алгоритм создания информационных моделей от концептуальной математической модели до специальных конфигураций компьютерной модели. В основе предложенного подхода построена иерархическая схема моделируемых производственных процессов со сквозной технологией: добыча – обогащение – плавка – конвертирование - черновое рафинирование - электролитическое рафинирование. Проект является междисциплинарным. Для решения задач, поставленных в проекте, осуществлен коннект 7 различных дисциплин, каждая из которых имеет свой предмет, объект, методологию исследования: математическое моделирование; компьютерное моделирование; программирование; статистическая обработка и анализ данных; физико- химические методы анализа; теория металлургических процессов; металлургия черных, цветных и редких металлов. В проекте работают DataScientist – математики и физики, программисты и металлурги. Исполнители проекта являются специалистами в области математического моделирования, физического моделирования, программированию, по машинному обучению, методам оптимизации и комплексным методам анализа данных, консультируют по технологиям производства и помогают правильно интерпретировать данные. Наш продукт – информационные модели, интегрированные в производственный процесс и позволяющие работать эффективнее, – может быть создан только благодаря коллективному участию всех перечисленных подразделений.

Научная новизна проводимых исследований состоит в создании новых математических моделей и программных модулей для разработки информационных моделей, охватывающей все технологические переделы в производстве цветных металлов: добыча–обогащение–плавка-конвертирование-черновое рафинирование-электролитическое рафинирование.

Научные разработки, гипотезы, идеи проекта являются новыми.

Доказана адекватность и корректность математической модели. Разработанная информационная модель предназначена для решения актуальных задач социально-экономического и научно-технического развития Республики Казахстан, сбалансированного управления рисками горно-металлургических предприятий.

За 2024 год разработана математическая модель для модернизации существующих и создания новых технологических схем в производстве цветных металлов; разработана ИМ технологических

переделов медного производства по содержанию и извлечению целевого компонента на каждом уровне схем Vanyukov, Outokumpu, Salvador, El Teniente. Научная новизна проводимых исследований состоит в создании новых математических моделей и программных модулей для разработки информационных моделей, охватывающей все технологические переделы в производстве цветных металлов от добычи до электролитического рафинирования с целью получения промпродукта требуемого качества. Использована Wolfram Mathematica для построения и визуализации диаграмм, графиков функций одной или нескольких переменных, сетей, графов, географической информации, интерактивности и перемещения в любой из классических форматов.

На 2025 г. разработана ИМ технологических переделов свинцового производства по содержанию и извлечению целевого компонента на каждом уровне схем ISASMELT™, KIVCET, Mitsubishi. Исследована иерархическая структура производственных компаний свинцового производства, составлена математическая модель технологических процессов свинцового производства ISASMELT™, KIVCET, Mitsubishi. Разработана физико-математическая модель иерархической структуры производственных компаний свинцового производства. Составлен и разработан алгоритм верификации идеальной иерархической схемы со структурой реальных производственных процессов на примере производства свинца по переделам добыча–обогащение–плавка–конвертирование–черновое рафинирование–электролитическое рафинирование. Разработана и верифицирована иерархическая схема производственных компаний свинцового производства с реальными технологическими процессами и схемами.

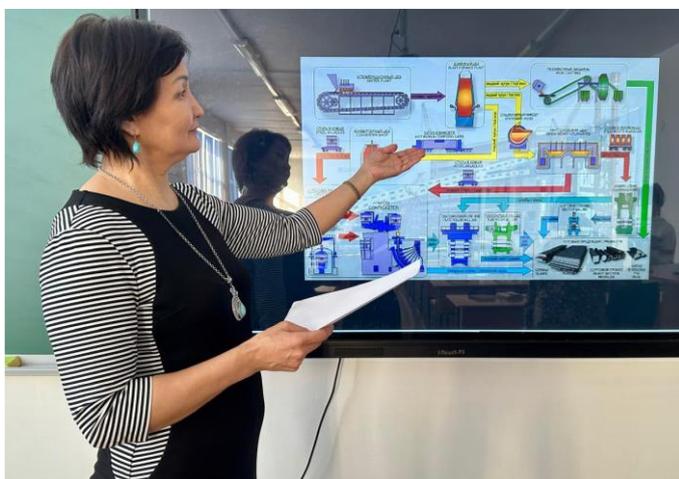


Рисунок 1. На семинаре «Информационные технологии в металлургии»



Рисунок 2. Обсуждение результатов исследований

### **Исследовательская группа**

1 Кажикенова Сауле Шарапатовна - науч.рук., доктор технических наук, ассоциированный профессор, зав. кафедрой «Высшая математика» КарТУ имени Абылкаса Сагинова

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-6937-1577> Researcher ID: P-5627-2017

Scopus Author ID: 36106908300

2 Шаихова Гульназира Сериковна - отв.исполнитель, кандидат технических наук, и.о.доцента кафедры «Высшая математика» КарТУ имени Абылкаса Сагинова

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2036-3023> ResearcherID: DQU-5346-2022

Scopus Author ID: 57218284243

3 Шалтаков Сагындык Нагашибаевич - PhD, и.о.доцента кафедры «Физика» КарТУ имени Абылкаса Сагинова

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1186-1178>

Researcher ID: DPX-0894-2022 Scopus Author ID: 25025169700

4 Касымова Лейла Жумажановна – исполнитель, PhD, и.о.доцента кафедры «Высшая математика» КарГУ имени Абылкаса Сагинова

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-2249-3435> Researcher ID: [DXM-0187-2022](https://orcid.org/0000-0003-2249-3435),  
Scopus Author ID: [5721980185](https://orcid.org/0000-0003-2249-3435)

5 Тулеутаева Жанар Мукатаевна – исполнитель, PhD, зав. кафедрой «Математический анализ и дифференциальные уравнения» КарУ им.академика Е.А.Букетова

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-0532-279X> Researcher ID: [BBD-8568-2021](https://orcid.org/0000-0003-0532-279X),  
Scopus Author ID: [57203509963](https://orcid.org/0000-0003-0532-279X)

6 Мынбаев Медет Багдатович – ЖШС “Geotek” директоры

7 Шалтакова Айнура Нигматолловна – магистр технических наук

### **Список публикаций**

За период с 2024 года по июль 2025 года подготовлены и опубликованы следующие научные статьи в соответствии с календарным планом:

2 статьи в рецензируемом отечественном издании, рекомендованном КОКНВО:

1) Кажикенова С., Беломостной Д., Шайхова Г., Шалтаков С., Салхаева Д. Труды Университета, 1 (98), 2025, 64 -72 - "Влияние на структуру и свойства расплавленных систем ультразвуковой обработки"

2) Kazhikenova S., Shaikhova G., Shaltakov S. Eurasian physical technical journal, 2025, 22, 1(51), 93-102 – «Investigation of some physical and structural properties of melts by ultrasounds».

2 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в Web of Science и Scopus:

3) Kazhikenova S., Shaikhova G., Shaltakov S. Arch. Metall. Mater., 70 (2025), 1, 499-507 – «Influence of temperature on ultrasound absorption and structural properties of melts»

4) Kazhikenova S. Journal of Information Systems Engineering and Management, 10, 43s (2025), 932-938 - «Complex entropy-informational criteria in ferrous metallurgy»

5) доклад в материалах Международной конференции

Kazhikenova S. «Proceedings of International Conference 2025», 14-16, Adana, Turkey, 14th - 15th April, 2025.

Получены свидетельства о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом:

1.Шайхова Гульназира Сериковна, Кажикенова Сауле Шаратовна "Использование аналитической геометрии при решении прикладных задач в математическом моделировании по горно-металлургической специальности" (работа финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН AR23486482)) No 50531 от "17" октября 2024 г.

2.Шайхова Гульназира Сериковна, Кажикенова Сауле Шаратовна, Шалтаков Сагындык Нагашибаевич «Использование элементов линейной и векторной алгебры при решении производственных задач по математическому моделированию по горно-металлургической специальности (работа финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН AR23486482)) с «01» ноября 2024 года

### **Информация для потенциальных пользователей:**

Разработанная информационная модель предназначена для решения актуальных задач социально-экономического и научно-технического развития Республики Казахстан, сбалансированного управления горно-металлургическими предприятиями. Целевой аудиторией являются предприятия горно-металлургической промышленности. Информационные модели, интегрированные в производственный процесс, делают возможным новые производственные решения внедрять дешевле и проще, новую продукцию разрабатывать с меньшими экономическими затратами; позволит до 40 % снизить трудоемкость инжиниринга при разработке второго и последующих проектов, получить экспертную оценку металлургического производства в аспекте генерирования научно-технических и социально-экономических резервов на микро-, мезо- и макроуровнях.

### **Область применения:**

Целевой аудиторией являются предприятия горно-металлургической промышленности.

*Дата обновления информации: 01.07.2025 г.*