

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ И. АРАБАЕВА**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.РАЗЗАКОВА**

Д 05.21.640

На правах рукописи

УДК 681.5:691] 005.936.5(043.3)

АКИШЕВ КАРШЫГА МАКСУТОВИЧ

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

05.13.06—Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (по отраслям)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек 2021

Работа выполнена в Некоммерческом акционерном обществе Торайгыров университет и ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ».

Научный руководитель :

Арынгазин Канар Шакимович, кандидат технических наук, доцент.

Официальные оппоненты:

Алтыбаев Алшын Нарикович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией «Энергообеспечение, информационные технологии и испытание машин», Научно-производственный центр Агроинженерии, г.Алматы, Республика Казахстан.

Саитов Нурлан Жолдошевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматическое управление» Кыргызского Государственного технического университета имени И. Раззакова

Ведущая организация:

Кафедра «Прикладная информатика и программирование», Таразского регионального университета имени М.Х. Дулати, Республика Казахстан

Защита состоится « 29 » октября 2021 года в 15 часов 00 мин. на заседании Диссертационного совета Д 05.21.640 Кыргызского Государственного университета имени И. Арабаева, Кыргызского Государственного технического университета имени И. Раззакова по адресу: 770071, г. Бишкек, ул. Раззакова 51, корп.1, ауд.213.

Код вебинара: <https://vc.vak/b//05/-wx6-gfx-qyw>

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского Государственного Университета имени И. Арабаева по адресу: 720026, г. Бишкек, ул. Раззакова 51, Кыргызского государственного технического университета имени И. Раззакова по адресу: г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66 и на сайте ВАК КР: <https://vak.kg>

Автореферат разослан «28» сентября 2021 года.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 05.21.640
Доктор технических наук, доцент



Курманбек уулу Талант

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В настоящее время на территории Павлодарской области накопилось около 6 миллиардов тонн промышленных отходов. По уровню загрязнения ими Павлодарская область занимает 3 место в республике. Промышленные предприятия Павлодарской области ежегодно выбрасывают в атмосферу 600000 тонн вредных веществ опасных для здоровья. За последние 10 лет объем вредных веществ в регионе вырос на 46%.

Замена традиционного сырья в производстве бетонных смесей отходами промышленного производства – прибыльный и перспективный бизнес, при наличии соответствующих технологий, технологического процесса, оборудования, персонала.

Использование техногенных отходов ставит задачу разработки моделей и алгоритмов эффективного управления технологическими системами и технологией производства строительных изделий.

Сегодня возможности вычислительной техники, программного обеспечения позволяют разработчику при исследованиях сложных систем моделировать, визуализировать поведение исследуемого объекта, снижать риски, принимать управленческие решения в режиме реального времени, что до недавнего времени выполнялось и выполняется ручными способами.

На практике имеет место, что решение задач, связанных с повышением эффективности управления технологическими процессами производства строительных изделий, основано на интуитивном уровне, полагаясь на профессионализм и квалификацию инженеров –технологов предприятий или административными методами.

В этой связи **актуальность** темы исследования заключается в необходимости использовании современных цифровых технологий, новых строительных материалов на основе техногенных отходов промышленных предприятий Павлодарской области, разработке программ обеспечивающих повышение эффективного управления технологическими процессами, технологией производства строительных изделий, в соответствии со строительными нормами и правилами, с последующей коммерциализацией результатов исследования.

В настоящее время, в век сплошной цифровизации промышленности для решения вопросов повышения эффективности управления не достаточны, только опыт и интуиция технологов предприятий. Разрешение указанного противоречия в диссертации решается применением цифровых информационных технологий.

Объектом исследования является технологический процесс производства строительных изделий с использованием техногенных отходов.

Предметом исследования является система управления технологией производства строительных изделий.

Целью диссертационной работы является:

- повышение эффективного управления технологической системой производства строительных изделий с использованием техногенных отходов. Для достижения этой цели в рамках подпроекта №APP-SSG-17/0290P «Инновационные технологии использования твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов», финансируемого в рамках Проекта «Стимулирование продуктивных инноваций», поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан, необходимо решить следующие **задачи**:

- выполнить анализ объема техногенных отходов, складированных на территории Павлодарской области;
- отобрать техногенные отходы предприятий Павлодарской области для разработки новых рецептур бетонных смесей;
- выполнить анализ состояния изученности темы исследования;
- подготовить математическую постановку и решение задачи кластеризации рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов;
- разработать новые рецептуры бетонных смесей с использованием техногенных отходов;
- разработать структурно-функциональную модель технологической системы производства строительных материалов с использованием техногенных отходов промышленных предприятий Павлодарской области в соответствии с методологией SADT;
- разработать информационно-логическую модель технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов предприятий Павлодарской области в соответствии с методологией SADT;
- разработать имитационную модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства.
- разработать Базу данных технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов.

Научная новизна работы:

- впервые подготовлена и выполнена математическая постановка и решение задачи кластеризации рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов;
- впервые создана структурно-функциональная модель технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства в соответствии с методологией SADT и графического языка IDEF0;
- впервые создана информационно-логическая модель (ИЛМ) технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства в соответствии с методологией SADT и графического языка IDEF1X;

- впервые создан программный продукт База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства»;
- впервые подготовлен моделирующий алгоритм процесса функционирования технологической линии производства строительных изделий и использованием техногенных отходов;
- впервые создан программный продукт «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства».

Практическое значение работы:

- программы для электронно-вычислительных машин:
- «База данных технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства»;
- «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства»;
- оптимальные рецептуры бетонных смесей с использованием техногенных отходов используются для повышения эффективного управления технологическим процессом производства строительных изделий в ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ»;
- теоретические положения работы, математическая постановка решения задачи кластеризации рецептур бетонных смесей, с использованием техногенных отходов, использованы в учебном процессе НАО Торайгыров Университет в учебно-методическом пособии к курсовому проекту по дисциплинам: «Использование отходов производства», «Переработка вторичного сырья» для обучающихся по специальностям «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», «Профессиональное обучение», «Металлургия».

Достоверность исследований обеспечена:

- проведением лабораторных экспериментов лично автором в лабораториях ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ» и НАО Торайгыров Университете;
- натурными испытаниями;
- коммерциализацией научных и практических результатов исследования;
- применением математических методов планирования экспериментов и статистической обработки результатов испытаний;
- внедрением результатов диссертационной работы в управлении технологическим процессом производства строительных изделий ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ», в учебном процессе Некоммерческого акционерного общества Торайгыров университет.

На защиту выносятся следующие положения:

- структурно-функциональная модель технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленных предприятий в соответствии с методологией IDEF0;
- информационно-логическая модель технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленных предприятий в соответствии с методологией IDEF1X;

- математическая постановка и решение задачи кластеризации рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов с применением статистических методов;
- моделирующий алгоритм процесса функционирования технологической линии;
- программный продукт «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием техногенных отходов», позволяющий определять необходимую производительность технологической линии;
- программный продукт База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства».

Методы и средства исследования:

- методы системного анализа;
- методы кластеризации сложных систем;
- методы имитационного моделирования;
- методологии моделирования (SADT);
- методы статистического анализа.

Личный вклад соискателя. Все результаты по диссертационной работе выполнены соискателем под руководством научного руководителя. В совместно опубликованных работах в соавторстве с кандидатом технических наук, доцентом Арынгазиным К.Ш., доктором технических наук, профессором Карповым В.И. постановка задач исследования принадлежат Арынгазину К.Ш., практические рекомендации по направлениям исследований –Карпову В.И., решение задач исследования выполнено соискателем.

Апробация работы. Основные результаты работы были доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции «Х Торайгыровские чтения», октябрь 2018, Павлодар; «Павлодар облысының экология және табиғатты пайдаланудың өзекті мәселелері» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары. Павлодар, 2018; Международной научной конференции молодых ученых «XIX Сатпаевские чтения», апрель 2019, Павлодар; Сборник избранных статей. Международной научной конференции «Высокие технологии и инновации в науке» Санкт-Петербург, ноябрь, 2019; Сборник научных статей. Международном научном форуме Т.1 «Наука и инновации: современные концепции», декабрь 2019, Москва; на расширенном научном семинаре факультета инженерии Некоммерческого Акционерного общества Торайгыров университет, июнь 2021; на научном семинаре ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ», февраль 2020.

Публикации. По теме диссертации было опубликовано 11 научных работ, из них пять статей –в материалах международных казахстанских и российских конференций, две – рекомендованные Высшей аттестационной комиссией Республики Казахстан с не 0 импакт-фактором, 6–в журналах, индексируемых РИНЦ, две –рекомендованные Высшей аттестационной комиссией Республики Кыргызстан, одна статья –в журнале индексируемым в базе Scopus, 1 учебно-

методическое пособие. Получены: 3 авторских свидетельства Республики Казахстан и патент на изобретение.

Внедрение. Результаты исследований используются в учебном процессе Некоммерческом акционерном обществе Торайгыров Университет. Программы для электронно-вычислительных машин «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства», База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства», оптимальные рецептуры бетонных смесей используются в работе технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов в ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ».

Условный экономический эффект от коммерциализации научных результатов диссертационной работы в ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ» на 2021 год может составить до 5,48 млн. тенге в сезон за счет:

Структура и объём работы:

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов по главам, заключения, практических рекомендаций, списка используемых источников из 198 наименований, изложена на 176 страницах текста, в том числе основного материала 146 страниц, содержит 60 рисунков, 17 таблиц, а также ПРИЛОЖЕНИЙ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности темы диссертации, сформированы цели, задачи работы, раскрыты научная новизна, практическая значимость результатов диссертации, апробация, публикации, внедрение основных результатов работы, представлены основные положения выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу объема техногенных отходов складированных на территории Павлодарской области, возможности и номенклатуре техногенных отходов для использования в составе бетонных смесей, для разработки новых строительных материалов. анализу существующих разработок по теме исследования зарубежных и авторов стран ЕАЭС.

Проанализировано, что в настоящее время во многих странах, в том числе и Казахстане, уделяется большое внимание решению экологических проблем, в частности использованию техногенных отходов для производства строительных изделий.

Показаны методологии и цифровые технологии используемые за рубежом и в странах ЕАЭС по теме исследования.

Установлено, что техногенные отходы промышленных предприятий Павлодарской области являются серьезной сырьевой базой для производства строительных изделий.

Определены техногенные отходы промышленных предприятий Павлодарской области для использования в качестве добавок и заполнителей в бетонных смесях.

Показано, что цифровые информационные технологии, современные методы и методологии анализа необходимо использовать для решения задач, связанных с повышением эффективного управления технологическими процессами и технологией производства строительных изделий

Показано, что в современных условиях повышение эффективного управления невозможно ручными методами.

Показано, что анализ работ зарубежных, российских, казахстанских ученых выявляет широкий интерес в изучении использования техногенных отходов, разработки технологий для производства строительных изделий.

Установлено, что разработки, связанные с использованием техногенных отходов, заканчиваются опытными образцами.

Определено, что в Казахстане нет промышленных производств, строительных изделий с научно- обоснованными, разработанными бетонными смесями на основе техногенных отходов, используемых в технологических процессах производства строительных изделий.

Установлено, что многочисленные разработки зарубежных, российских ученых на основе цифровых информационных технологий активно используются для решения задач повышения эффективного управления технологическими системами в строительной отрасли, но отсутствуют работы, позволяющие повысить эффективность управления технологическими процессами и технологией производства строительных изделий с использованием техногенных отходов.

Вторая глава посвящена разработке структурно-функциональной, информационно-логической модели технологической системы производства строительных изделий, а также базы данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства». Показано, что для создания структурно-функциональной модели и информационно логической моделей применена методология SADT и нотации IDEF0. Представлена, рисунок 2.1 разработанная на основе методологии структурного проектирования IDEF0 структурно-функциональная модель управления технологической системой производства строительных изделий.

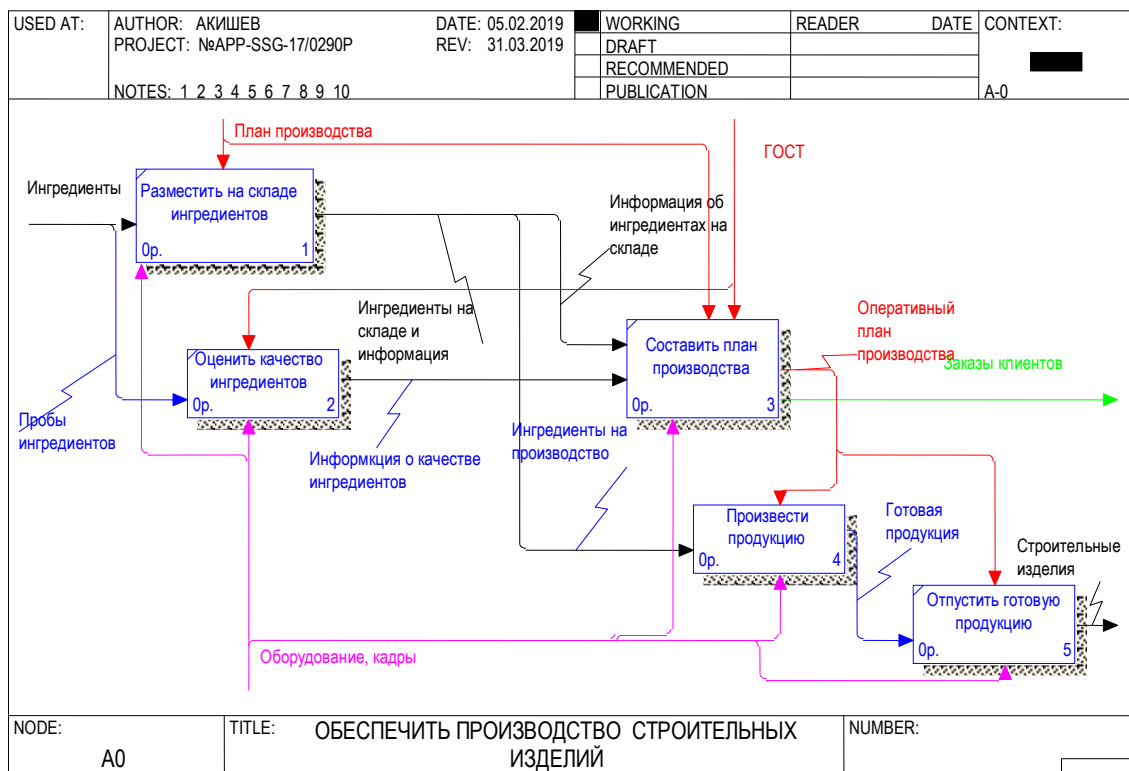


Рисунок 2.1-Структурно-функциональная модель «Технологической системы производства строительных изделий».

Представленная на рисунке 2.2 разработана на основе методологии IDEF1X информационно-логическая модель технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленных предприятий.

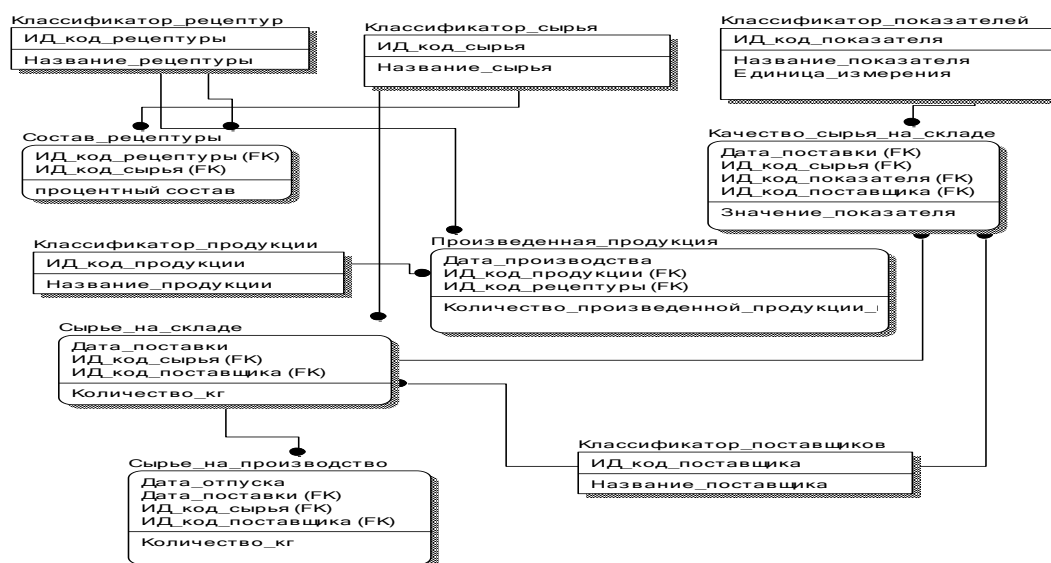


Рисунок 2.2-Информационно-логическая модель технологической системы производства строительных изделий

Описана структура, функционал базы данных, ввод данных, получение запросов рисунок 2.3.

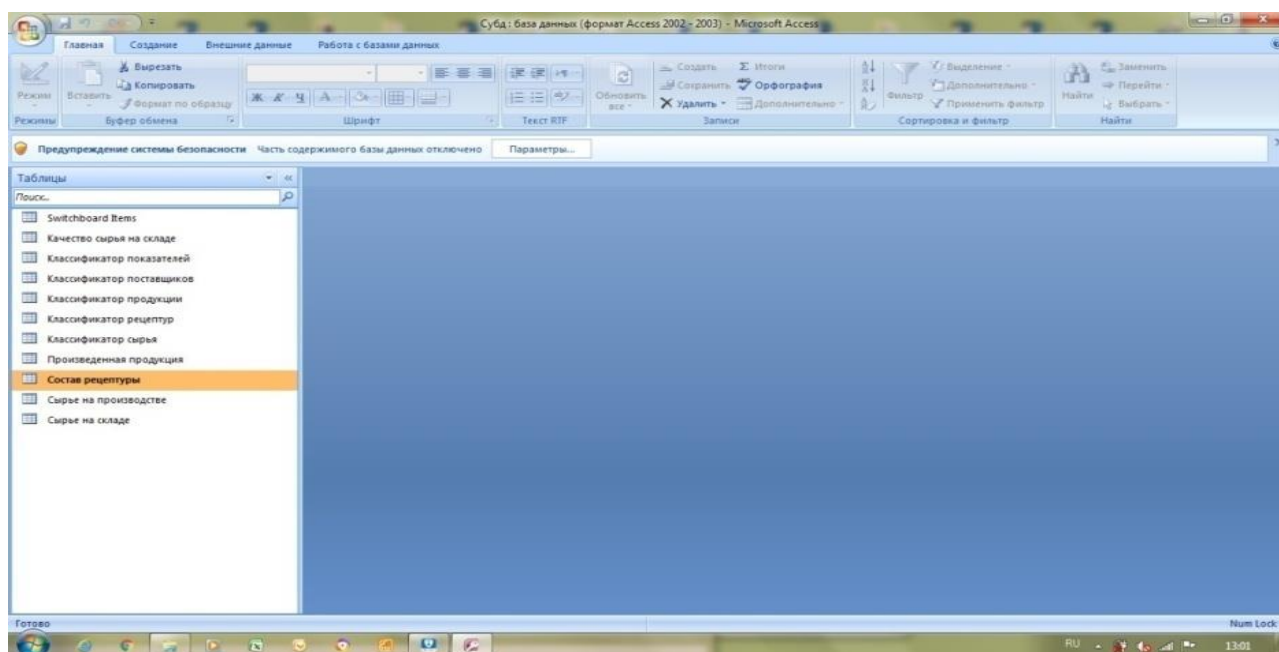


Рисунок 2.3-Меню базы данных технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов

Показано, что методология структурированного анализа и проектирования (SADT/IDEF0), использованная для создания структурно-функциональной модели управления технологической системой производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства, позволила структурировать работу над моделью, точно определить функционал и на ее основе выполнить графическое представление.

Представлено, что разработанная структурно-функциональная модель управления технологической системой производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства обеспечивает полноту описания всех этапов производства с выделением управляющих воздействий, обосновывает необходимость установки дополнительного оборудования на производстве.

Показано, что разработанная структурно-функциональная модель является теоретической основой имитационной модели, технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства.

Установлено, что формализация связей, взаимодействия элементов структурно-функциональной модели технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства позволяет выявлять характер связей и осуществлять оценку зависимости эффективности управления технологическим процессом

производства строительных изделий от наличия и качества сырья, строительных материалов, персонала, продолжительности рабочего дня и т.д.

Предложены методы и средства построения информационно-логической модели технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства, обладающие совокупностью мощных возможностей отображения объектов и технологических процессов производства строительных изделий (сущности, виды, атрибутные, альтернативные отношения, ключевые, обязательные атрибуты и др.) на основе методологии IDEF1X.

Выполнен анализ алгоритмов перехода от информационно-логической модели к реляционной базе данных, учитывающий полноту преобразования типов сущностей, связей и атрибутов. Эффективность и адекватность данного преобразования, является прочной основой построения реляционной базы данных и используется для поэтапного достижения целей и выработки последовательности управленческих решений.

На основании разработанной информационно-логической модели технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства спроектирована логическая структура базы данных, обеспечивающая управление технологической системой производства строительных изделий.

Показано, что разработанная база данных технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства позволяет специалисту в предметной области(персоналу предприятия) производить статистический анализ большого объема исходной информации для оперативного принятия управленческих решений.

Показано, что использование командного интерфейса позволяет повысить управляемость базой данных технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства.

Третья глава посвящена математической постановке и решению задачи кластеризации оптимальных рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов, разработке рецептур бетонных смесей и методам их исследований.

Показано, что опыт проектирования технологических систем, учет качества исходного сырья и настройка параметров его обработки значительно повышает эффективность управления технологическими системами и технологией производства строительных изделий. Применение мягких вычислений (метода кластеризации многомерных объектов) для определения типовых кластеров исходного сырья повышает качество оценки.

Дано:

C_0 – исходное множество многокритериальных объектов, рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов.

$$C_0 = \{S_n\}, n = 1, ..N$$

$Mp(M)$ – критерии (метрика), состав и прочность контрольных образцов бетонной смеси; $Mp(i)$ – весовой коэффициент i -ой характеристики, $i = 1, \dots, M$
 $X(n, i)$ – i -я характеристика состояния i -го объекта n , $n = 1, \dots, N$, $i = 1, \dots, M$
 Метрика $Mp(M)$ нормирована (см. формулу 3.1).

$$\sum_{i=1}^N Mp(i) = 1 \quad (3.1)$$

Исходное множество C_0 нужно разделить на множества кластеров C_k (смотри формулы 3.2 и 3.3) :

$$C_0 = \{ C_k \} \quad k = 1, \dots, K \quad (3.2)$$

$$C_k = \{ S_z \}, \quad z = 1, \dots, N_k \quad (3.3)$$

Любая пара кластеров не имеет общих элементов, т. е. любой объект может только в одном кластере (смотри формулу 3.4);

$$\forall C_k \in C_0 \quad \forall C_l \in C_0 : C_k \cap C_l = \emptyset \quad (3.4)$$

где C_k – множество объектов k -го класса; k – номер класса;

Требуется определить такие C_k , которые максимизируют критерий U (смотри формулу 3.5):

$$U(K_0) = \max \{ U_1(K) - U_2(K) \} \quad \text{для } K = N, N-1, \dots, 2 \quad (3.5)$$

где $U(K_0)$ – оптимальное значение критерия качества кластеризации;

$U_1(K)$ – компактность классов при K кластерах;

$U_2(K)$ – мера близости классов при K кластерах.

Мера сходства между двумя объектами определяется на основании потенциальной функции $f(S_i, S_j)$:

$$f(S_i, S_j) = 1 / (1 + \rho^2(S_i, S_j))$$

$$\rho(S_i, S_j) = \sqrt{\sum_{m=1}^N (Mp(m) * (X_{i,m} - X_{j,m}))^2}$$

$$U_1(K) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K 2 / (N_k * (N_k - 1)) * \sum_{S_i \in C_k} \sum_{S_j \in C_k} f(S_i, S_j) \quad i \neq j$$

где K – количество классов на текущем шаге классификации; C_k – k -ый класс объектов; N_k – количество объектов в классе C_k ; $f(S_i, S_j)$ – потенциальная функция двух объектов S_i и S_j ; $\rho(S_i, S_j)$ – расстояние между объектами S_i и S_j в пространстве характеристик X , с учетом метрики.

$$U_2(K) = 2 / (K(K-1)) * \sum_{C_k \in C_p} \sum_{C_l \in C_p} F(C_k, C_l) \quad k \neq l$$

где C_p – множество кластеров, полученных в результате решения задачи кластеризации,

$$F(C_k, C_l) = 1/(N_k * N_l) * \sum_{S_i \in C_k} \sum_{S_j \in C_l} f(S_i, S_j) \quad (3.6)$$

Таким образом, оптимальное разбиение на кластеры предполагает максимизацию критерия (3.5). Итоговая формула (3.6) определяет математическую постановку решения задачи кластеризации, рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов. Содержательно такая постановка (3.6) означает, что в каждом кластере собраны родственные объекты, а между объектами разных кластеров имеются значительные различия.

Показано, что для разработки рецептур бетонных смесей использовался- Портланд-цемент М-400, производства Семей по ГОСТ 30515-97, песок речной по ГОСТ 8736-2014 модуль крупности 3,21, щебень фр.5- Майкаинский по ГОСТ 82690-97, зола-уноса Павлодарских ТЭЦ по ГОСТ 25592-91, бокситовый шлам Павлодарского Алюминиевого завода, рекомендации НИЖБ-1990, использован металлургический шлак ПФ ТОО «Кастинг» по ГОСТ 3476-340. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории НАО Торайгыров университета и ТОО «Экострой-ПВ».

Показано, что испытания опытных и контрольных образцов на сжатие проводилось в соответствии с ГОСТ 10180-2012.

Показано, что для кластеризации использованы рецептуры бетонных смесей, состав которых представлен в таблице 3.1 и средние значения результатов испытаний на прочность опытных образцов на сжатие таблица 3.2.

Таблица 3.1-Рецептура бетонных смесей с использованием техногенных отходов

№ рецептуры	Состав бетонной смеси								
	Цемент г/%	Песок г/%	Щебень г/%	Зола г/%	Мет. Шлак г/%	Боксит. шлам г/%	Пластиф % к цем	В/цем. Отн.	Тесто извест. % к цем.
1	1640/13	3033/23	7980/61			337/3	16/1	0,4/656	
2	1640/13	2865/22	7980/61			505/4	16/1	0,4/656	
3	1640/13	2696/21	7980/61			674/5	16/1	0,45/738	
4	1640/13	2528/19	7980/61			842/7	16/1	0,45/738	
5	1640/13	2359/18	7980/61			1011/8	16/1	0,45/738	
6	1640/13	2426/19	7980/61			944/7	16/1	0,4/600	
7	1640/13	2460/19	7980/61			910/7	16/1	0,45/738	
8	1066/8,2	3370/26	7980/61	574/4,4			10/1	0,45/738	
9	1394/11	3033/23	7980/61	246/2		337/3	14/1	0,45/627	
10	1066/8,2	3370/26	7980/61	574/4,4			11/1	0,45/479	
11	984/8	3370/26	7980/61	656/5			10/1	0,45/443	
12	1640/13		7980/61	3370/26			16/1	0,4/600	164/10

13	1148/9,3	3370/26	7980/61	492/4			11/1	0,4/459	114/10
14	1066/8,2	3370/26	7980/61	574/4,4			11/1	0,4/426	106/10
15	1230/9,5	3370/26	7980/61			410/3,2	12/1	0,4/492	123/10
16	1230/9,5	3370/26	7980/61			410,3,2	12/1	0,4/492	123/10
17	1394/11	3370/26	7182/55	246/2	798/6		14/1	0,4/558	139/10
18	1312/10	3370/26	7182/55	328/2,5	798/6%		13/1	0,4/525	131/10
19	1312/10	3370/26	7340/57	328/2,5	640/5		13/1	0,4/525	131/10
20-15	984/12	2050/25	4018/49	107/1,3	1066/13		10/1	0,4/394	98/10
21	1640/13	2796/22	7182/55	328/2,5	798//6	246/2	16/1	0,4/656	164/10
22	1312/10	3370/26	7581/58		399/3	328/2,5	13/1	0,4/525	131/10
23	1312/10	3370/26	7182/55	164/1,3	798/6	164/1,3	13/1	0,4/525	131/10
24-15	984/11,5	2028/24	4080/48		1020/12	357/4,2	10/1	0,4/394	98/10
25	1312/10	3033/23	7581/58	328/2,5	399/3	337/2,5	13/1	0,4/525	131/10
26	1476/11	3033/23	7182/58	164/1,2	798/6	337/2,5	14/1	0,4/590	147/10
27	1476/11	3033/23	7182/58	337/2,5	798/6	164/1,2	14/1	0,4/590	147/10
28	1640/13	2528/19	7182/58	337/2,5	798/6	505/4	16/1	0,4/656	164/10
29	1640/13	3033/23	6384/49	337/2,5	1596/12		16/1	0,4/656	164/10
30	1312/10	2696/21	7182/55	328/2,5	798/6	674/5,2	13/1	0,4/524	131/10
31	1394/11	2865/19	7980/61	246/2		505/3,2	14/1	0,4/557	139/10
32	1640/13	1685/13	7980/61			1685/13	16/1	0,4/656	
33	1476/12	1685/13	7980/61	164/1,3		1685/13	16/1	0,4/590	147/10
34	1476/12	1348/10	7980/61	164/1,3		2022/16%	15/1	0,4/590	147/10
35	1640/13	2359/18	7980/61	1011/8			16/1	0,4/656	164/10
36	1948/20			7798/80			19/1	0,4/779	194/10
37	1640/13	2359/18	7182/55	337/2,5	798/6	674/5,2	16/1	0,4/656	
38	1640/13	2696/21	7182/55	337/2,5	798/6	337/2,5	16/1	0,4/656	
39	1640/13	2528/19	6763/52	505/4	1197/9,2	337/2,5	18/1,1	0,4/656	180/11

Использована, программа «Оценка качества многомерных объектов», для решения математической постановки задачи кластеризации оптимальных рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов, в качестве метрик использовался параметр $R_{сжатия}$ и состав рецептур бетонной смеси таблица 3.2. Результат кластеризации бетонных смесей рисунок 3.1.

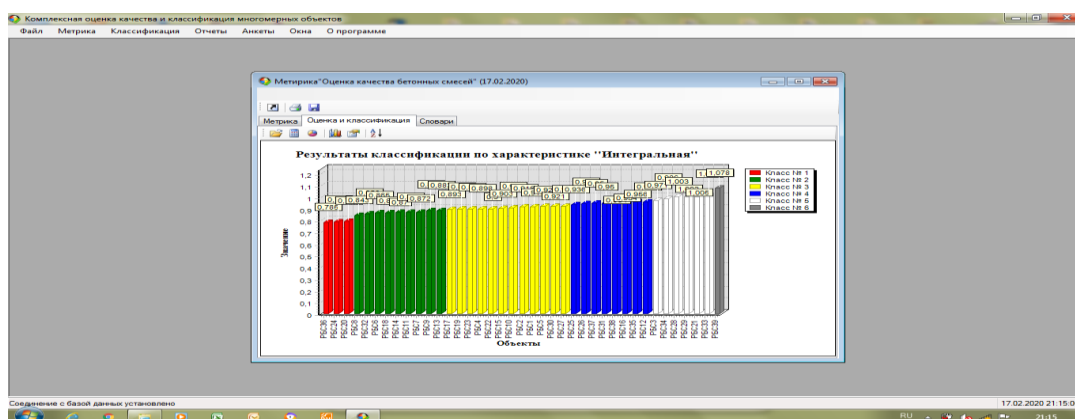


Рисунок 3.1-Результат кластеризации бетонных смесей

Показано, что применение методов математической статистики для математической постановки и решения задачи кластеризации рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов обеспечивают распределение рецептур бетонных смесей по кластерам, с достаточной степенью близости по заданным характеристикам, что вручную выполнить не эффективно и трудозатратно.

Доказано, что рецептуры бетонных смесей с использованием техногенных отходов, согласно полученным результатам испытаний на сжатие, морозостойкость, водопоглощение, могут быть использованы при производстве строительных изделий.

Доказано опытными лабораторными экспериментами, что распределенные по кластерам рецептуры бетонных смесей обеспечивают возможность использования для производства строительных изделий таких, как камень пустотелый стеновой, камень перегородочный, тротуарная плитка и соответствуют показателям по маркам бетона.

Натурные испытания опытных образцов строительных изделий (камня стенового пустотелого, тротуарной плитки) с использованием отходов промышленных предприятий, показывают устойчивость к морозам и отсутствие потери прочности.

В четвертой главе представлена методология разработки моделирующего алгоритма технологической линии производства строительных изделий, функция обработки событий в объектно-ориентированном программировании, работа укрупненной функциональной модели технологической установки, описание работы имитационной модели технологической установки производства строительных изделий, оценка адекватности имитационной модели, коммерциализация результатов диссертационного исследования.

На рисунке 4.1 представлены результаты реализации работы программы при производстве камня пустотелого стенового весом 20кг.

ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

К-во изделий в матрице	Произв. д-ора(без ц.),кг/мин
4	100
Объем порции в смесителе,кг	Произв. д-ора на ц., кг/мин
400	100
Время перемешивания, мин	Время передачи смеси в матр., мин
4	0,6
Объем смесителя, кг	Время передачи одного изделия, мин
500	0,5
Объем матрицы, кг	Ошибка дозирования %
80	10

РЕЦЕПТУРА

Цемент	Песок	Щебень
5000	15000	20000
Зола	Мет. шлак	Известь
5000	5000	150
Б. шлак	Пластификатор	Вода
1000	1000	1000
% Цемент	% Песка	% Щебня
8,2	20	60
Зола=доля от Ц	Б. Шлак =доля от Ц	Шлак мет.=д.от Щ
0,82	0,05	0,01
% Извести	Пластифик.=д. от Ц	Вода - доля от Ц
1,23	0,08	0,4

ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Интервал модел-ния, мин	К-во интервалов
480	5

Результаты расчета:

```

цемент = 2271.720
песок = 5586.324
щебень = 16849.192
зола = 1896.268
мет. шлак = 170.895
известь = 28.317
б.шлак = 116.292
пластиф. = 178.858
вода = 900.633
Ср. к-во изделий= 1338 штук ско изделий = 10 штук
Ср. производ. системы= 55.8 кг/мин
Дисперсия производ. системы= 0.1670 кг*кг/мин/мин
СКО производ. системы= 0.4 кг/мин
  
```

Рисунок 4.1-Реализация работы программы для камня пустотелого стенового

Показано, что описанный принцип работы функционального блока технологической установки, программы имитационной модели технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства с применением парадигмы объектно-ориентированного программирования, обеспечивает большую интуитивную привлекательность, с доступной внутренней функциональностью языка C++.

Представлено, что разработанный моделирующий алгоритм технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства, обеспечивает последовательность действий процесса производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства.

Доказано практическим применением, что программа «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства», представляет пользователю, возможность принятия управленческих решений, на основании результатов моделирования.

Получено, результатами моделирования, практическим применением результатов моделирования, использования базы данных, что программы для ЭВМ «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства», База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства», обеспечивают повышение эффективного управления технологической системой производства строительных изделий, а также возможность хранения и оперативного получения данных.

Доказано, на практике, что применение цифровых информационных технологий в настоящее время – это мощный инструмент, обеспечивающий повышение эффективного управления технологических систем.

Доказано, что оценка адекватности моделей возможна только путем сочетания нескольких статистических анализов и надлежащего исследования целей, для которых имитационная модель была первоначально концептуализирована и разработана. Полезность модели должна оцениваться через ее устойчивость для конкретной цели на основании различных статистических методов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Результаты диссертационной работы, применение цифровых информационных технологий, методологий и средств решения поставленных задач, для повышения эффективного управления технологическими системами производства строительных изделий с использованием техногенных отходов, позволяют говорить о серьезном вкладе по теме исследования и дальнейшего ее продолжения.
2. Выполнен системный анализ, объемов техногенных отходов складированных на территории Павлодарской области, представляющих

- внушительную базу сырья для производства строительных изделий.
3. Представлено, что сокращение объема традиционной сырьевой базы, приведет к увеличению использования отходов промышленного производства в качестве сырья для производства бетонных смесей.
 4. Принято, что для разработки новых строительных материалов, имеется возможность использования техногенных отходов промышленных предприятий Павлодарской области.
 5. Выполнен системный анализ зарубежных и российских разработок связанных с использованием техногенных отходов в производстве строительных изделий.
 6. Выполнен системный анализ разработок зарубежных и российских ученых, связанных с использованием цифровых информационных технологий для повышения эффективности управления технологическими процессами в строительной отрасли.
 7. Автором впервые представлена методология исследования технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов на основе методов структурного проектирования.
 8. Осуществлено структурно-функциональная моделирование технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства. Моделирование процесса позволило более наглядно показать структуру управления технологическим процессом, исполнителей, результаты их работы и их ответственность.
 9. Автором впервые разработана структура построения информационно-логической модели системы управления технологической системой производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства, обеспечивающая связи и отношения между сущностями модели, защищенная авторским правом Республики Казахстан.
 10. Доказано, что математическая постановка, решения задачи кластеризации рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов, обеспечивает выбор оптимальных рецептур бетонных смесей, на основе статистических методов анализа.
 11. Разработана методика кластеризации оптимальных рецептур бетонных смесей с использованием техногенных отходов, внедренная в учебный процесс Некоммерческого акционерного общества Торайгыров Университет, позволяющая выполнять классификацию разрабатываемых новых бетонных смесей .
 12. Доказано, натурными и лабораторными испытаниями, что прочность строительных изделий, произведенных на основе разработанных бетонных смесей с использованием техногенных отходов, с течением времени увеличивается.
 13. Доказано, внедрением в производство, что качественный состав

- разработанных бетонных смесей с использованием техногенных отходов, а также расчеты производительности технологической системы строительных изделий, способствуют повышению эффективности управления технологическим процессом производства строительных изделий .
14. Автором впервые разработана бетонная смесь на основе техногенных отходов, защищенная авторским правом Республики Казахстан .
 15. Разработан, укрупненный моделирующий алгоритм технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленных предприятий на основе объектно-ориентированной парадигмы, обеспечивающий логическое понимание и структурирование программы, с исполнением функций обработки событий.
 16. Автором впервые на основе разработанных моделей, методов и алгоритма, создано программное обеспечение «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства» защищенная авторским правом Республики Казахстан .
 17. Автором впервые на основе разработанной информационно-логической модели, создана программа База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства» защищенная авторским правом Республики Казахстан .
 18. Разработанное в рамках диссертационного исследования программное обеспечение прошло экспериментальную проверку и внедрено в ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ».
 19. Результаты диссертационного исследования, позволяют говорить о появлении и дальнейшем развитии в Казахстане, перспективного направления исследования сложных систем, методологии имитационного моделирования.
 20. Доказано, что применение цифровых информационных технологий, по сравнению с ручными методами, позволяют снизить количество брака выпускаемой продукции на 25%, обеспечить повышение эффективного управления технологической системой производства строительных изделий до 20%.
 21. Показано согласно финансовой отчетности, ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ» за 2019–2020, что коммерциализация результатов диссертационного исследования за 2019–2020 год составила 2043350 тенге (с учетом ситуации связанной с пандемией Covid 19), условно-прогнозируемая чистая прибыль ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ» согласно, перспективного плана производства строительных изделий на 2021 год, составит более 5млн. тенге.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. **Akishev K.M.** Simulation model as a tool to optimize the operation of the process line for manufacturing construction product [Текст]/Akishev K.M., Aringazin K. Sh and ather// PJAEЕ, 17 (10) (2020), p.2491-2499.
2. **Акишев К.М.** Разработка структурно-функциональной модели технологической линии производства строительных изделий с использованием техногенных отходов.[Текст]/ Акишев К.М, ,Арынгазин К.Ш, Карпов В.И // Наука и техника Казахстана.,№2, 2019.—С.67-75.
3. **Акишев К.М.** Анализ существующих зарубежных и отечественных разработок применения имитационных моделей и методов математической статистики в отрасли строительства. [Текст]/ Акишев К.М. ,Арынгазин К.Ш., Карпов В.И. //Вестник ПГУ, серия Энергетическая, №4, 2019.— С.64-71.
4. **Акишев К.М.** Description of the information logical model of technology of production of building products using industrial waste and the IDEF1X methodology. [Текст]/ Акишев К.М , Арынгазин К.Ш, Карпов В.И. // Вестник ЕНУ,№4(129),2019.—С.8-18.
5. **Акишев К.М.** Применение методов кластерного анализа для статистической оценки качества металлургического шлака Павлодарского филиала ТОО «КАСТИНГ».[Тест] / Акишев К.М, Арынгазин К.Ш, Карпов В.И.// Журнал «Проблемы автоматизации и управления» НАН КР и ИАИТ №2(37). 2019,С.64-79.
6. **Акишев К.М.** Checking the adequacy of the simulation model of the production line of construction product.[Текст] / Акишев К.М, Арынгазин К.Ш, Карпов В.И. // Журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана» №1, 2020.—С.27-32.
7. **Акишев К.М.** Влияние атмосферных выбросов промышленных предприятий на здоровье населения городов.[Тест] / К.М.Акишев, К.Ш. Арынгазин, А.В. Богомолов //«Павлодар облысының экология және табиғатты пайдаланудың өзекті мәселелері» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары. Павлодар, 2018. —200-203 б.
8. **Акишев К.М.** Концепция экологической безопасности для города Павлодара.[Текст]/ К.М.Акишев, К.Ш.Арынгазин, А.В. Богомолов // Материалы международной научной конференции «Х Торайгыровские чтения» - Павлодар, 2018, Т4.—С.91-95.
9. **Акишев К.М.** Анализ разработок использования техногенных отходов в строительных материалах.[Тест]/ К.М. Акишев, К.Ш.// Материалы международной научной конференции молодых ученых,магистрантов, студентов и школьников « XIX Сатпаевские чтения» , Павлодар, ,том 20, 2019.—С.249-255.
10. **Акишев К.М.** Применение методологии SADT для описания технологического процесса производства строительных изделий с

использованием техногенных отходов промышленных предприятий.[Текст]. /К.М. Акишев, В.И. Карпов.//Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ "Нацразвитие" (Санкт-Петербург, Ноябрь 2019). Международная научная конференция "Высокие технологии и инновации в науке". – СПб.: ГНИИ «Нацразвитие», 2019.—С.139-144.

11. **Акишев К.М.** База данных «Технологической системы производства строительных изделий.[Тест]/ Акишев К.М, Арынгазин К.Ш.// Сборник научных статей по итогам работы Международно-го научного форума. Москва, «Наука и современные концепции». Т1, 2020.—С.100-109.

12. **Акишев К.М.** Программа для ЭВМ «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства»./ Акишев К.М, Арынгазин К.Ш, Карпов В.И.// Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом. №6653 от 26.11.2019.

13. **Акишев К.М.** База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства». / Акишев К.М, Арынгазин К.Ш.//Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №7545 от 15.01.2020.

14. **Акишев К.М.** Информационно-логическая модель. База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства». / Акишев К.М.//Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом №11385 от 17.07.2020..

15. **Акишев К.М.** Патент Республики Казахстан №34714. Бетонная смесь./ Арынгазин К.Ш и др. 20.11. 2020г.

РЕЗЮМЕ

диссертации Акишева Каршыги Максutowича на тему «Модели и методы анализа технологических систем производства строительных изделий с использованием техногенных отходов» на соискание ученой степени кандидата технических наук

Ключевые слова: технологическая система, производство строительных изделий, техногенные отходы, управление, эффективность, имитационная модель, кластеризация, оптимальная рецептура.

Цель диссертационной работы повышение эффективного управления технологической системой производства строительных изделий с использованием техногенных отходов.

В работе поставлены и решены следующие задачи:

- разработана математическая постановка и решение задачи кластеризации оптимальных рецептов бетонных смесей с использованием техногенных отходов;
- разработаны структурно-функциональная и информационно-логическая модель (ИЛМ) модель технологической системы производства строительных изделий в соответствии с методологией IDEF0 и IDEF1X (SADT).
- разработаны эффективные рецепты бетонных смесей с использованием техногенных отходов используемых в производстве строительных изделий(камень пустотелый стеновой, перегородочный, тротуарная плитка).
- создан программный продукт «Имитационная модель технологической линии производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства», а также методика ее использования.
- создан программный продукт База данных «Технологической системы производства строительных изделий с использованием отходов промышленного производства».

Практическое применение:

Разработанные программные продукты, рецепты бетонных смесей с использованием техногенных отходов опробованы и внедрены в производство в ТОО «ЭкостройНИИ-ПВ».

Математическая постановка задачи оценки качества оптимальных рецептов бетонных смесей с использованием техногенных отходов и применением методов кластерного анализа, внедрена в учебном процессе Некоммерческом Акционерном обществе Торайгыров университет. Техническая новизна программ, моделей, рецепты бетонных смесей подтверждена авторскими свидетельствами . РК №6653 от 26.11.2019, №7545 от 15.01.2020, №11385 от 17.07.2020 и патента на изобретение РК №34714. Бетонная смесь от 20.11. 2020 г.

РЕЗЮМЕ

диссертациянын Акишев Каршыга Максutowич « Моделдери жана методдору талдоо технологиялык системаларды өндүрүү, курулуш буюмдарын пайдалануу менен техногендик калдыктарын" окумуштуулук даражасын изденип алуу үчүн талапкер техникалык илимдер

Негизги сөздөр: технологиялык система, курулуш буюмдарын өндүрүү, техногендик калдыктар, башкаруу, натыйжалуулугу, окшоштуруу модели, кластердик, оптималдык рецептура.

Диссертациялык иштин максаты техногендик калдыктарды колдонуу менен курулуш буюмдарын өндүрүүнүн технологиялык системасын натыйжалуу башкарууну жогорулатуу. Иште төмөнкүдөй милдеттер коюлган жана чечилген:

- техногендик калдыктарды пайдалануу менен бетондук аралашмалардын оптималдуу рецептураларын кластерлештирүү милдеттерин чечүү жана математикалык коюу иштелип чыкты;
- иштелип чыгып, структуралык-функционалдык жана маалыматтык-логическая модели (ИЛМ) модель технологиялык системасынын өндүрүү, курулуш буюмдарын методологиясына ылайык IDEF0 жана IDEF1X (SADT);
- иштелип чыккан натыйжалуу рецептуры бетон аралашмаларын менен пайдалануу, техногендик калдыктарды өндүрүштө колдонулган курулуш материалдары-курулуш буюмдарын(ташы пустотелый стеновой, перегородочный, тротуарная плитка);
- түзүлгөн програмалык «окшоштуруу модели технологиялык өндүрүү линиясын курулуш буюмдарын колдонуу менен өнөр жай өндүрүшүнүн калдыктарын, ошондой эле» ыкмасы жана аны пайдалануу;
- «өнөр жай өндүрүш калдыктарын колдонуу менен курулуш буюмдарын өндүрүүнүн технологиялык системасынын» программалык маалымат базасы түзүлгөн.

Практикалык колдонуу:

Иштелип чыккан программалык продуктулар, техногендик калдыктарды пайдалануу менен бетондук аралашмалардын рецептуралары сыноодон өткөрүлүп, "Экостроении-ПВ" тоосында өндүрүшкө киргизилди.

Математикалык коюу милдеттери сапатын баалоо, оптималдуу рецептерин бетон аралашмаларын менен пайдалануу, техногендик калдыктарын жана методдорду колдонуу кластердик талдоо киргизилди окуу процессинде Коммерциялык емес Акционердик коомунда Торайгыров университети. Программалардын, моделдердин, бетондук аралашмалардын рецептураларынын техникалык жаңылыгы автордук күбөлүктөр менен тастыкталды . Казакстан Республика №6653 26.11.2019, №7545 - жылдын 15.01.2020, №1385-жылдын 17.07.20 жана Казакстандын ойлоп табууга патент №34714. 20.11 чейин бетон аралашмасы. 2020-ж.

SUMMARY

Akishev Karshyga Maksutovich dissertation "Models and methods of analysis of technological systems for the production of construction products using man-made waste" for the degree of Candidate of Technical Sciences

Keywords: technological system, production of construction products, man-made waste, management, efficiency, simulation model, clustering, optimal formulation.

The purpose of the dissertation work is to improve the effective management of the technological system for the production of construction products using man-made waste.

The following tasks were set and solved in the work:

- a mathematical formulation and solution of the clustering problem of optimal formulations of concrete mixtures using man-made waste has been developed;
- a structural-functional and information-logical model (ILM) model of the technological system for the production of construction products has been developed in accordance with the IDEF0 and IDEF1X methodology (SADT).
- effective formulations of concrete mixes have been developed using man-made waste used in the production of construction products(hollow wall stone, partition stone, paving slabs).
- the software product "Simulation model of the technological line for the production of construction products using industrial waste" was created, as well as the methodology for its use.
- a software product Database "Technological system for the production of construction products using industrial waste" has been created.

Practical application:

The developed software products, formulations of concrete mixes using man-made waste have been tested and put into production at EcostroinII-PV LLP.

The mathematical formulation of the problem of assessing the quality of optimal formulations of concrete mixtures using man-made waste and using cluster analysis methods was introduced in the educational process of the Non-profit Joint-stock Company Toraigyrov University. The technical novelty of the programs, models, and formulations of concrete mixes is confirmed by the author's certificates . RK No. 6653 of 26.11.2019, No. 7545 of 15.01.2020, No. 11385 of 17.07.2020 and patent for the invention of RK No. 34714. Concrete mix from 20.11. 2020

