

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра системного анализа и
автоматического управления

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 481 группы
направления 27.03.03 — Системный анализ и управление
факультета КНиИТ
Буланцевой Софии Олеговны

Научный руководитель
доцент, к. т. н.

Д. Ю. Петров

Заведующий кафедрой
к. ф.-м. н., доцент

И. Е. Тананко

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В современных условиях развития промышленности и цифровой экономики особую важность приобретают вопросы оптимизации производственных процессов на предприятиях, специализирующихся на выпуске металлических конструкций. Актуальность применения имитационного моделирования обусловлена необходимостью анализа и прогнозирования функционирования сложных производственных систем без рисков для реального бизнеса [1-2].

Развитие концепции Industry 4.0 и внедрение цифровых двойников предприятий требует разработки новых подходов к моделированию производственных процессов. Системный анализ и имитационное моделирование становятся ключевыми инструментами для эффективного управления производственными процессами в условиях цифровой трансформации.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка информационной системы моделирования автоматизированной системы управления предприятием по производству металлоконструкций с использованием подходов системной динамики. Поставленная цель определила следующие задачи:

1. Провести системный анализ деятельности предприятия по производству металлоконструкций
2. Определить ключевые параметры, влияющие на эффективность функционирования системы.
3. Разработать математическую модель системной динамики производственного процесса
4. Реализовать имитационную модель
5. Провести вычислительный эксперимент и проанализировать результаты моделирования

Методологические основы исследования базируются на фундаментальных положениях теории системного анализа, методах имитационного моделирования и представлены в работах В. М. Глушкова, И. В. Рябышевой, Д. Ю. Степанова, В. В. Репина, Н. Л. Уварина.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке структурной модели предприятия с использованием элементов системной динамики, что позволяет анализировать взаимодействие производственных и управ-

ленческих параметров.

Практическая значимость работы. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации производственных процессов на предприятиях металлообработки, расчета экономической эффективности производства и принятия управленческих решений.

Структура и объём работы. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объем составляет 56 страниц, включая 20 рисунков и 10 таблиц. Список использованных источников содержит 21 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Теоретические основы системного анализа и имитационного моделирования промышленных предприятий» посвящён изложению теоретических основ и методологических подходов, применяемых при моделировании производственных систем, а также анализу применимости различных информационных систем в контексте управления предприятием.

В подразделе 1.1 рассмотрено применение цифровых двойников в управлении предприятием, их роль в рамках концепции Industry 4.0, а также преимущества использования имитационного моделирования для анализа производственных процессов.

Подраздел 1.2 посвящён системному анализу как методу управления бизнес-процессами. Рассматриваются ключевые этапы системного анализа, его принципы и применимость к сложным производственным объектам.

В подразделе 1.3 описаны современные технологии проектирования информационных систем, включая структурный и объектно-ориентированный подходы, а также методологию ARIS. Приведён сравнительный анализ подходов и их применимости к различным типам проектов.

Позиционирование подходов относительно типов проектов представлено в Таблице 1.

Таблица 1 – Позиционирование подходов относительно типов проектов

Тип проекта	Структурный подход	Объектно- ориентированный подход	Методология ARIS
Типовое проектирование	–	▼△	–
Оригинальное проектирование	▼	△	▼△
Смешанное проектирование	▼	▼△	▼△

△ – проектирование; ▼ – анализ.

Подраздел 1.4 содержит обзор информационных систем для системного анализа и имитационного моделирования: ARIS, Business Studio и BPWin. Рассмотрены их функциональные возможности, преимущества и ограничения.

В Таблице 2 приведен сравнительный анализ подходов к проектированию ИС.

Таблица 2 – Таблица 1. Сравнительный анализ подходов к проектированию ИС

	ARIS Express	Business Studio	BPwin (ERwin)
Поддерживаемый стандарт хранения данных модели	ARIS (база данных)	BPMN, IDEF0, IDEF3, DFD, ER (данные модели хранятся в виде файлов проекта)	IDEF0, IDEF3, DFD, ER (модели хранятся в базах данных)
Организация на разных баз данных	Нет (Организуется вычислительными ресурсами)	Организация вычислительными ресурсами	Нет (Организация вычислительными ресурсами)
Возможность групповой работы на коллективе объектов	Есть (Используется ARIS Server)	Совместная работа в режиме реального времени	Есть (Используется Model Mart)
Возможность декомпозиции модели	Нет	Неограниченная декомпозиция, представление иерархической структуры	От 2 до 8 неограниченная декомпозиция иерархий блоков
Генерация отчетов	Неограниченная декомпозиция	Неограниченная декомпозиция, представление отчетов в виде построений и схем, построение пользовательских отчетов	Возможность визуальной настройки отчетов

В подразделе 1.5 рассмотрены методы имитационного моделирования, включая дискретно-событийное моделирование, системную динамику и агентный подход. Обоснован выбор среды AnyLogic для реализации имитационной модели.

Подраздел 1.6 описывает основные подходы к проектированию имитационных моделей промышленных предприятий, классификацию уровней абстракции и методы моделирования на каждом уровне.

В подразделе 1.7 сформулирована постановка задачи исследования, определены цели и задачи моделирования, а также ключевые параметры и показатели, подлежащие анализу в рамках разработанной модели.

Второй раздел «Системный анализ производства металлических конструкций» посвящён рассмотрению производственного процесса предприятия, специализирующегося на изготовлении металлических дверей, а также его моделированию средствами системного анализа в специализированной программной среде.

В подразделе 2.1 описан производственный процесс на предприятии, включающий все этапы изготовления металлических дверей — от подготовки металла до финальной обработки и контроля качества. Рассматриваются особенности трёх типов производственных линий: автоматической, полуавтоматической и механической, различающихся уровнем автоматизации, необходимыми ресурсами и производительностью.

Подраздел 2.2 посвящён выполнению системного анализа производственного процесса с использованием программной среды Business Studio. Рассматриваются методы описания бизнес-процессов с применением стратегической карты целей и показателей, а также функционального моделирования по нотации IDEF0. Проводится декомпозиция ключевых процессов, включая проектирование, производство и отгрузку продукции. Далее описывается процесс оформления заказа на производство с использованием нотации BPMN 2.0.

Третий раздел «Разработка имитационной модели в программной среде AnyLogic» посвящён построению имитационной модели производственного процесса на основе различных подходов имитационного моделирования. В данном разделе подробно рассматриваются структура модели, логика её функционирования и взаимодействие компонентов.

Полностью описанная дискретно-событийная модель автоматической

линии представлена на Рисунке 1:

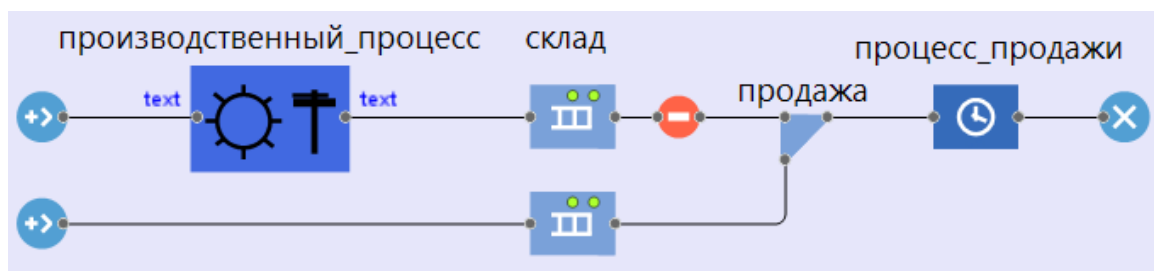


Рисунок 1 – Дискретно-событийная модель

В подразделе 3.1 описывается построение дискретно-событийной модели производственного процесса предприятия в среде AnyLogic. Рассматриваются элементы модели, такие как блоки генерации заявок, очереди, задержки, обработка, а также логика их взаимодействия. Приведена структура модели для трёх типов производственных линий: автоматической, полуавтоматической и механической.

Подраздел 3.2 посвящён описанию агента «Производственный_процесс», который реализует пошаговую обработку заявок на производство, включая все этапы технологического цикла. Представлены алгоритмы распределения ресурсов, используемых на различных этапах, а также логика работы с очередями и статистическими переменными.

Полная структура агента показана на Рисунке 2:

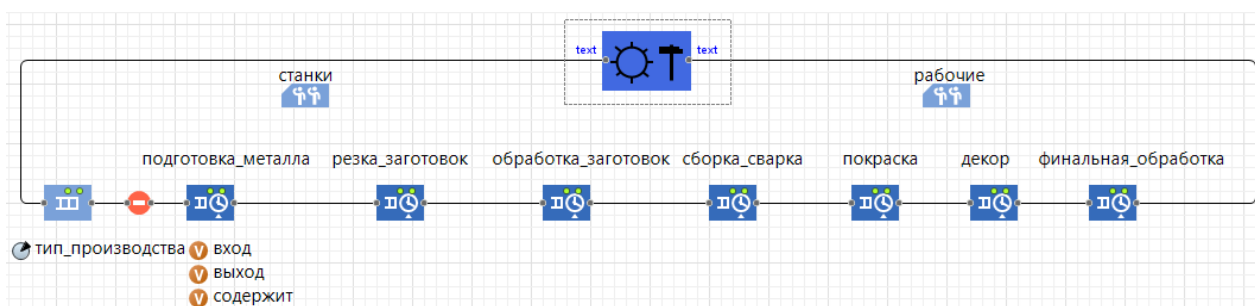


Рисунок 2 – Декомпозиция агента 'Производственный процесс'

В подразделе 3.3 приведена диаграмма состояний модели, отражающая жизненный цикл производственного процесса, включая планирование, запуск, настройку, эксплуатацию и техническое обслуживание. Рассматриваются переходы между состояниями, условия и события, активирующие эти переходы, а также взаимодействие стейтчартов с дискретно-событийной моделью и моделью системной динамики.

Подраздел 3.4 содержит описание модели системной динамики, используемой для учёта накопительных эффектов — финансов, состояния оборудования, расхода ресурсов и выпуска готовой продукции. Приведены уравнения, описывающие динамику системы, и рассмотрено взаимодействие с другими компонентами модели.

Полная структура модели системной динамики показана на Рисунке 3:

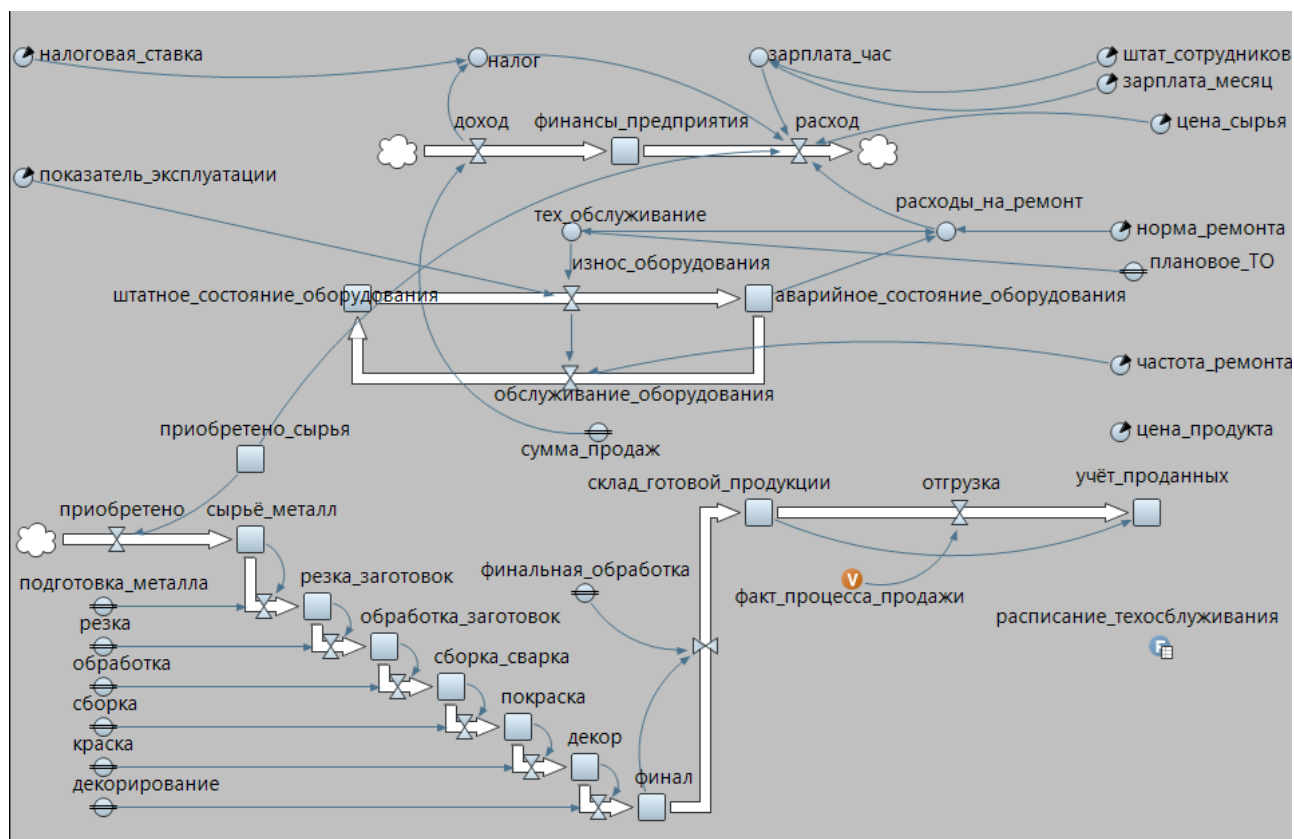


Рисунок 3 – Структура модели системной динамики

Четвертый раздел «Результаты имитационного моделирования» посвящён анализу результатов, полученных в ходе численного эксперимента, проведённого с использованием разработанной имитационной модели производственного процесса предприятия по изготовлению металлических дверей.

В подразделе 4.1 приведены сценарии моделирования, в рамках которых были исследованы три типа производственных линий: автоматическая, полуавтоматическая и механическая. Рассматривается влияние типа линии на ключевые показатели эффективности — объём производства, длительность производственного цикла, загрузка ресурсов, финансовые результаты и уровень затрат. Для каждого варианта представлены графики и числовые

показатели, полученные по результатам симуляции.

В подразделе 4.2 проводится сравнительный анализ различных режимов работы автоматической линии: крупносерийного и мелкосерийного. Оценивается влияние частоты переналадок на производительность, финансовые результаты и использование ресурсов. Рассматривается оптимизация производственного процесса с целью повышения экономической эффективности предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были получены следующие основные результаты:

- Проведен системный анализ производственной деятельности предприятия, выявлены ключевые элементы автоматизированной системы управления.
- Разработана концептуальная и математическая модель производственного процесса с использованием системной динамики.
- Реализована имитационная модель в программной среде AnyLogic, отражающая функционирование многостадийного производства металлоконструкций.
- Проведен вычислительный эксперимент, результаты которого продемонстрировали эффективность применения имитационного моделирования для оценки и оптимизации производственного процесса.
- Разработанная модель может быть адаптирована под конкретные производственные условия и использоваться для поддержки принятия управленческих решений.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения методов системной динамики в задачах моделирования производственных систем и создают основу для дальнейших исследований в области цифрового управления предприятием.

Основные источники информации:

1. Кокорев, Д. С. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса / Д. С. Кокорев, А. А. Юрин // Colloquium-journal. — 2019. — №29 (61). — С. 12-15.
2. Глушков, В. М. Введение в АСУ / В. М. Глушков. — 3-е изд., стереотип. — М. : ЛЕНАНД, 2022. — 320 с.

3. Рябышева, И. В. Сравнительный анализ подходов к проектированию ИС – М. : Станкин, 2013. - 96 с.
4. Степанов, Д. Ю. Анализ, проектирование и разработка информационных систем: теория и практика // Российский технологический журнал. – М. : 2015. - 227 - 238 с.
5. Маклаков, С.В. ВРwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем / С.В. Маклаков – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2001 – 304 с.
6. Маслобоев, А. В. Системная динамика в управлении междисциплинарными проектами / А. В. Маслобоев, В. А. Путилов // Экономика. Информатика. — 2021. — Т.17, №2. — С. 35-41.
7. Колесов, Е. С. Стратегические карты как инструмент стратегического контроля / Е. С. Колесов // Вестник экономической безопасности. — 2025. — №1. — С. 45-50.
8. Копп, А. М. Подход к анализу и оптимизации моделей бизнес-процессов в нотации BPMN / А. М. Копп, Д. Л. Орловский // Радиоэлектроника, информатика, управление. — 2018. — №1 (44). — С. 46-51.
9. Хроль, Е. В. Разработка имитационных моделей с помощью AnyLogic / Е. В. Хроль, А. Г. Уварова, А. В. Кужильный // Современные инновации, системы и технологии. — 2023. — №2. — С. 78-83.