

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

Кафедра системного анализа и
автоматического управления

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ
ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ**
АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 481 группы
направления 27.03.03 — Системный анализ и управление
факультета КНиИТ
Корчунова Даниила Антоновича

Научный руководитель
доцент, к. т. н.

Д. Ю. Петров

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

И. Е. Тананко

Саратов 2025

ВВЕДЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Современные промышленные предприятия сталкиваются с необходимостью повышения эффективности производственных процессов в условиях нестабильных поставок, роста издержек и дефицита квалифицированных кадров. Особое внимание уделяется применению цифровых двойников и имитационного моделирования, что позволяет моделировать производственные процессы без рисков для оборудования и персонала.

Целью данной бакалаврской работы является разработка и исследование модели автоматизированной системы управления производственными процессами предприятия по производству металлических дверей с использованием современных методов имитационного моделирования. Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Изучить теоретические основы и математические методы моделирования производственных процессов.
2. Разработать программную модель автоматизированной системы управления производством.
3. Провести серию вычислительных экспериментов для оценки эффективности предложенной модели и подтверждения теоретических положений.
4. Проанализировать результаты экспериментов и предложить рекомендации по оптимизации производственных процессов.

Методологические основы исследования базируются на системном анализе, методах математического и имитационного моделирования, а также современных информационных технологиях. В работе применяются нотации IDEF0 и BPMN для описания процессов, а также программные среды Business Studio и AnyLogic для разработки и анализа моделей. Используются концепции, изложенные в трудах таких авторов, как Курганова Н.В., Крышен А.М., Глушков В.М., а также стандарты моделирования бизнес-процессов.

Теоретическая значимость бакалаврской работы работы заключается в углублении знаний о применении имитационного моделирования и концепции цифровых двойников для управления производственными процес-

сами. Разработанная модель способствует развитию методов анализа сложных производственных систем

Практическая значимость бакалаврской работы работы состоит в возможности применения результатов исследования для оптимизации производственных процессов на предприятиях по изготовлению металлоконструкций. Предложенная модель позволяет повысить ритмичность производства, сократить простои оборудования и снизить издержки, обеспечивая повышение конкурентоспособности предприятия.

Структура и объём работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 4-х разделов, заключения, списка использованных источников и цифрового носителя в качестве приложения. Общий объем работы — 58 страниц, включая 21 рисунок и 1 таблицы, список использованных источников информации — 22 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Первый раздел «Теоретические основы моделирования производственных процессов» посвящён рассмотрению фундаментальных понятий и методологических подходов, применяемых при анализе и моделировании производственных систем с целью их оптимизации и цифровой трансформации.

В подразделе 1.1 «Цифровой двойник как элемент гибкой производственной системы» раскрывается сущность цифрового двойника и его роль в повышении адаптивности и прозрачности производственных процессов. Рассматриваются ключевые характеристики цифровых двойников: синхронизация с физической системой, управление на основе данных и интеграция с автоматизированными системами управления. Обоснована необходимость использования цифровых моделей на этапе проектирования и эксплуатации производственных систем.

В подразделе 1.2 «Системный анализ как метод формализации производственной деятельности» представлена методология системного анализа. Рассматриваются этапы анализа: постановка цели, определение границ системы, построение функциональных и информационных моделей, выбор критериев эффективности. Подчёркивается значимость системного подхода для выявления скрытых взаимосвязей и оптимизации процессов управления.

В подразделе 1.3 «Описание объекта управления» даётся характеристика предприятия ООО «Торэкс», являющегося производителем металлических дверей. Описаны организационная структура, производственные мощности, основные виды выпускаемой продукции и ключевые параметры производственного процесса. Особое внимание уделяется анализу потока материалов и информации внутри предприятия.

В подразделе 1.4 «Описание технологического процесса изготовления металлических дверей» детально описан весь производственный цикл — от поступления заготовок на склад до отгрузки готовой продукции. Приводится последовательность технологических операций: порезка металла, гибка, сварка, грунтовка, окраска, сборка, установка фурнитуры и упаковка. Учитываются нормы и требования, предъявляемые к качеству и последовательности операций в соответствии с ГОСТ 31173–2003.

В подразделе 1.5 «Обзор программного обеспечения для проектирования технологических процессов» проводится сравнительный анализ программных продуктов, таких как ARIS Express, Business Studio и Bizagi Modeler. Рассматриваются поддерживаемые нотации (IDEF0, BPMN, EPC), возможности по отчётности, декомпозиции, управлению проектами и совместной работе. Подчёркиваются преимущества использования Business Studio в системном моделировании производственных процессов.

В подразделе 1.6 «Информационные системы имитационного моделирования» представлены современные программные решения, применяемые для имитационного моделирования: Arena, AnyLogic, GPSS World, FlexSim и др. Приведено сравнение по критериям: гибкость, типы поддерживаемого моделирования, визуализация, документация и возможности интеграции. Обоснован выбор AnyLogic как наиболее универсального и адаптируемого инструмента.

В подразделе 1.7 «Постановка задачи моделирования» формулируется цель построения модели: разработка цифрового двойника производственного процесса изготовления дверей. Определяются границы модели, целевые метрики (время цикла, загрузка ресурсов, производительность), исследуемые параметры (скорость подачи, число работников, характеристики оборудования), а также ограничения, наложенные на производственную систему. Сформулированы задачи, которые будут решаться в ходе моделирования и

оптимизации.

Второй раздел «Системный анализ и моделирование производственных процессов» направлен на практическое применение теоретических методов.

В подразделе 2.1 с помощью нотаций IDEF0 и BPMN 2.0 выполнено формализованное описание бизнес-процессов компании. Представлены диаграммы A0, A1, A2, раскрывающие структуру процессов. Отдельно разработана BPMN-диаграмма оформления производственного заказа (Рисунок 1).

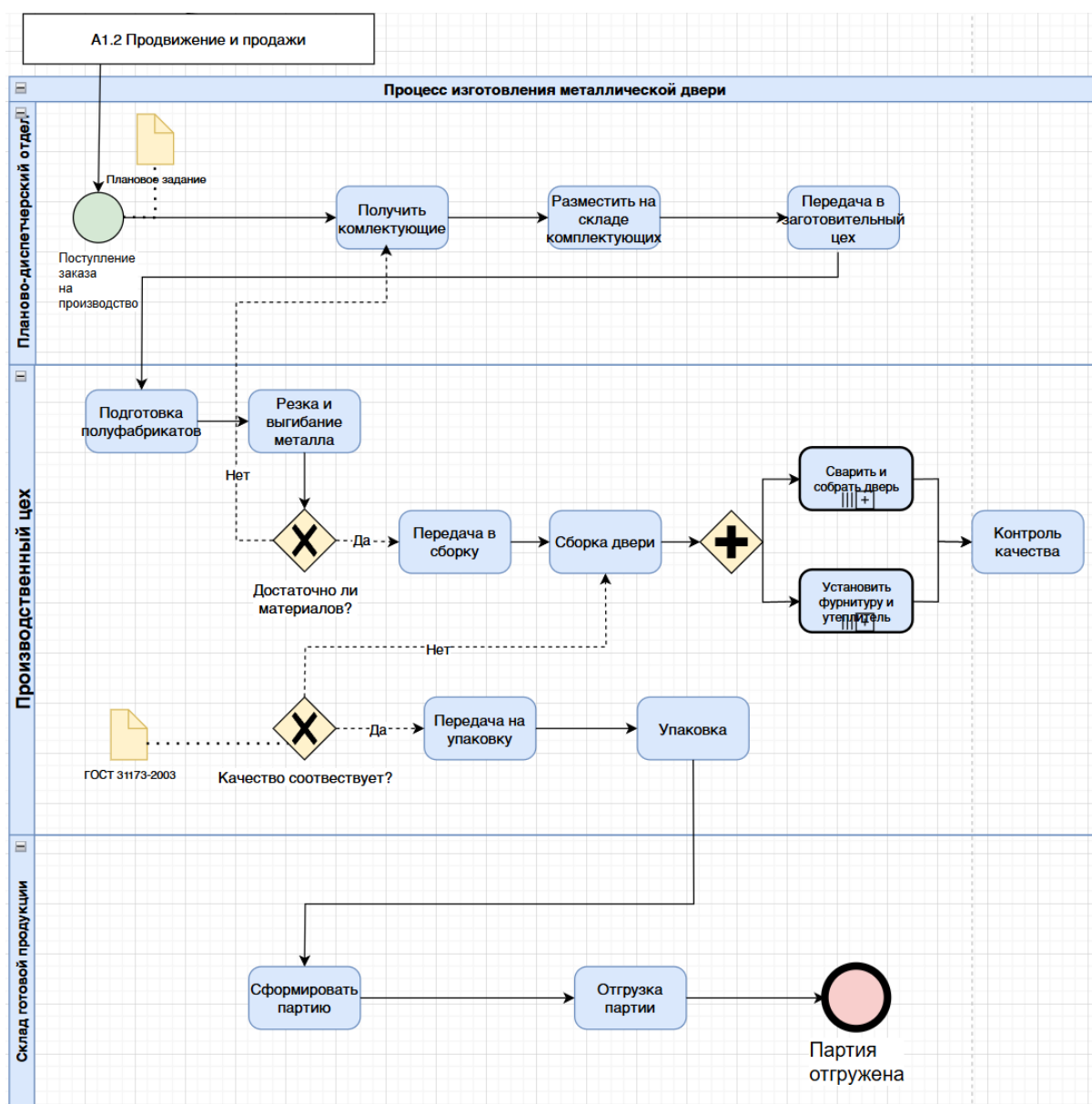


Рисунок 1 – BPMN 2.0 Общего технологического процесса

Подраздел 2.2 описывает формирование стратегической карты целей и показателей, включая причинно-следственные связи, и направления ресурсной оптимизации.

В подразделе 2.3 представлены модели, построенные в среде Business Studio: организационная структура, функциональные и процессные модели, интегрированные с результатами стратегического анализа.

Третий раздел «Разработка имитационной модели технологического процесса производства дверей» описывает создание цифрового двойника в AnyLogic.

В подразделе 3.1 реализована имитационная модель, основанная на дискретно-событийной логике. Описаны компоненты: генерация заказов, потоки заготовок, очереди, блоки обработки и сборки.

В подразделе 3.2 представлена пространственная структура модели. Применяются объекты ConveyorNetwork, RectangularNode, Level и Attractor, обеспечивающие реалистичную маршрутизацию агентов по цехам.

Полная структура модели представлена на Рисунке 2:

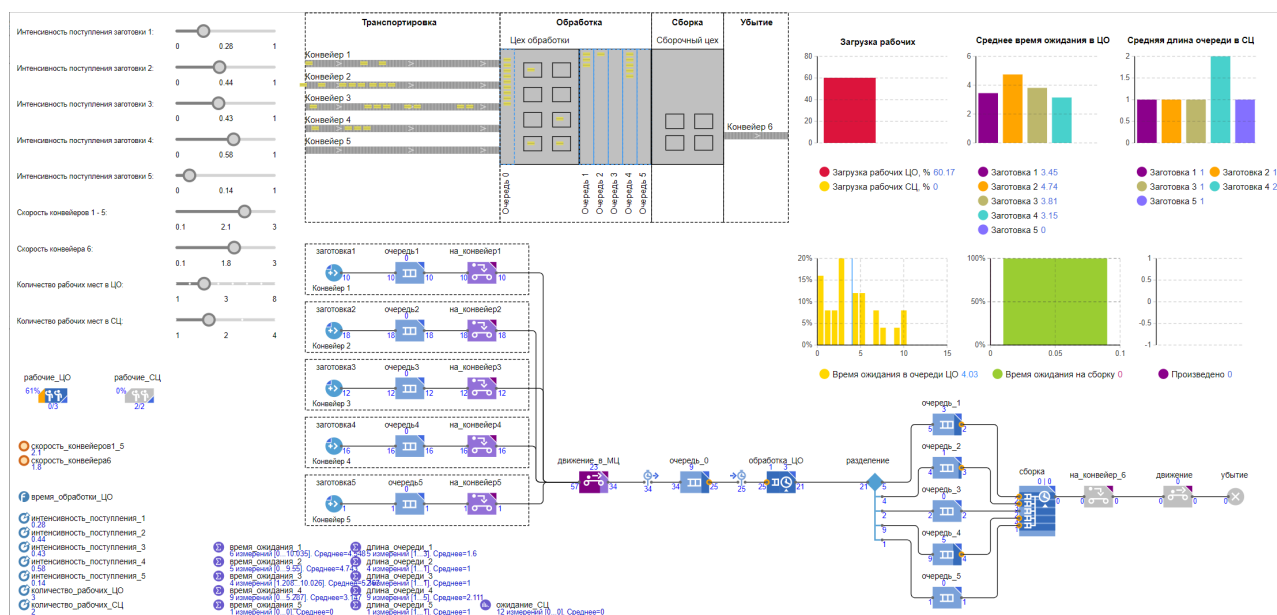


Рисунок 2 – Запущенная дискретно-событийная имитационная модель

В подразделе 3.3 описана программная реализация модели. Используются типы данных DataSet и HistogramData для сбора статистики по очередям, ожиданию, времени обработки и загрузке оборудования.

Четвёртый раздел «Результаты вычислительных экспериментов» включает серию численных экспериментов.

В подразделе 4.1 рассмотрено влияние изменения числа работников и скорости подачи заготовок на ключевые метрики: длину очередей, задержки, выпуск продукции. Для визуализации использованы графики и скриншоты модели (Рисунок 3):

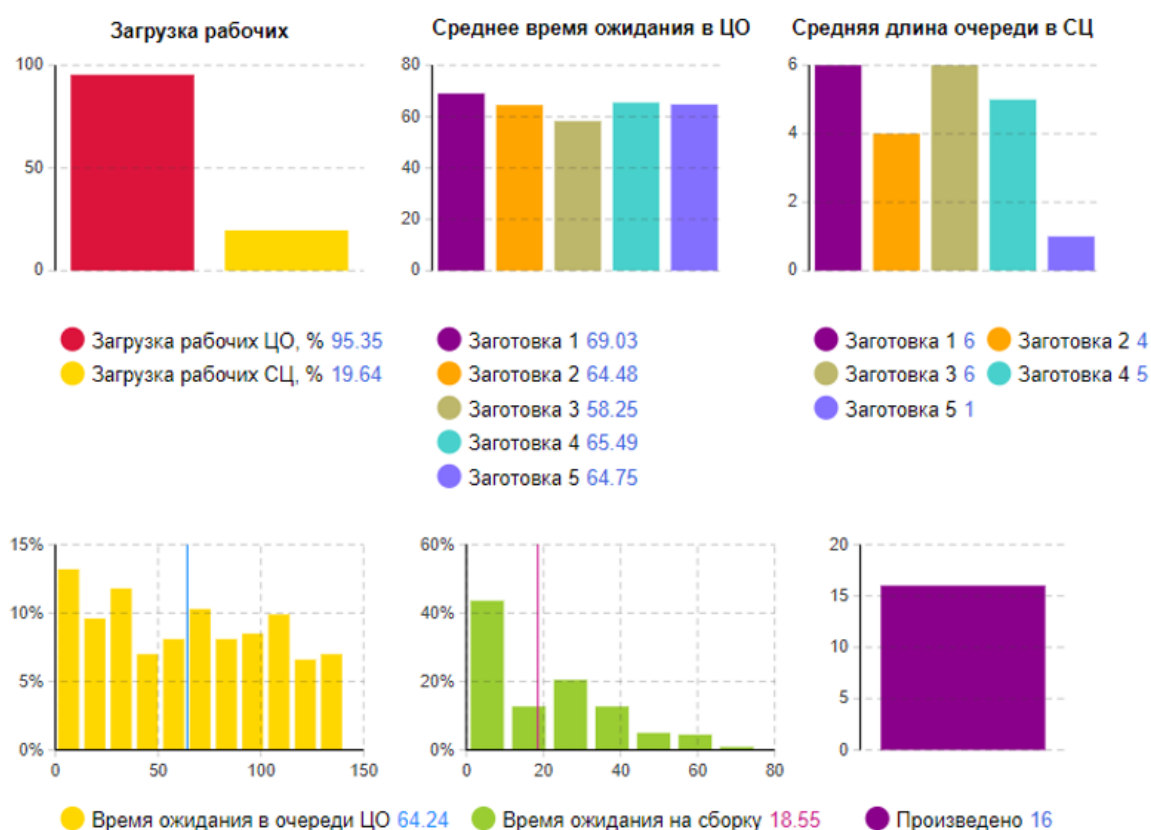


Рисунок 3 – Скриншот графиков работы модели при исходных параметрах эксперимента 1

В подразделе 4.2 представлен оптимизационный эксперимент. Определены параметры, при которых достигается баланс между загруженностью оборудования и производительностью, что позволяет устранить узкие места и повысить ритмичность работы цехов.

Результаты оптимизационного эксперимента представлены на Рисунке 4:

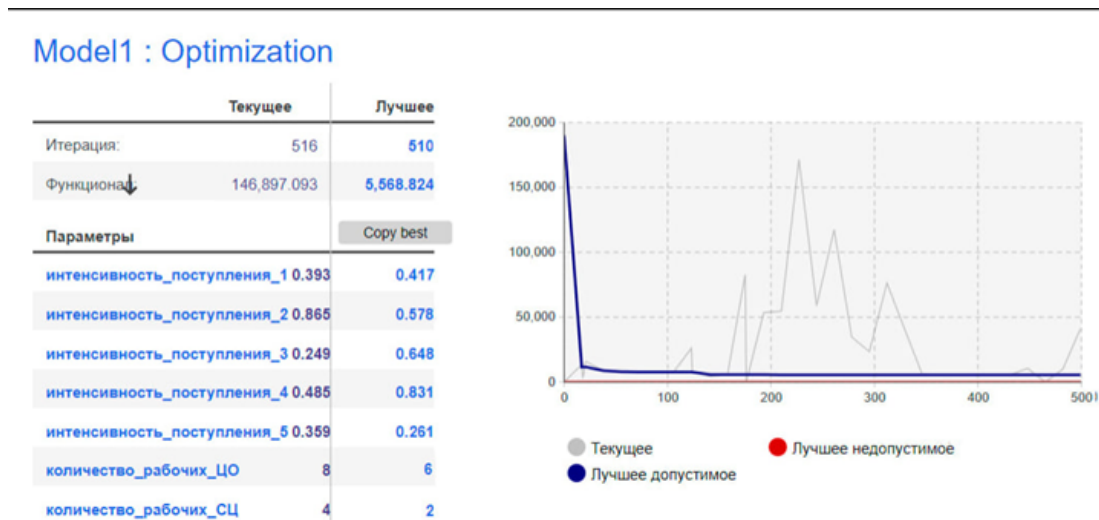


Рисунок 4 – Результаты оптимизационного эксперимента

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа была посвящена разработке и исследованию модели автоматизированной системы управления (АСУ) производственными процессами предприятия по производству металлических дверей.

В ходе выполнения работы:

- Изучены теоретические основы моделирования производственных процессов, включая концепции цифровых двойников и методы системного анализа;
- Проведён комплексный анализ производственной системы предприятия «Торэкс», выявлены ключевые участки, требующие оптимизации;
- Разработана концептуальная модель производственного процесса с использованием IDEF0 и BPMN 2.0;
- Построена и реализована в среде AnyLogic имитационная модель с элементами дискретно-событийного и агентного моделирования;

- Проведён вычислительный и оптимизационный эксперимент, показавший влияние параметров, таких как интенсивность подачи заготовок, скорость конвейеров и количество рабочих, на производительность и ритмичность системы;
- Предложены практические рекомендации по настройке параметров производственного процесса, направленные на сокращение простоев, выравнивание загрузки оборудования и повышение эффективности системы.

Результаты работы подтвердили эффективность использования цифровых моделей для анализа и совершенствования производственных процессов. Предложенная модель может быть адаптирована под различные сценарии и использоваться в качестве инструмента поддержки принятия решений в рамках цифровой трансформации промышленных предприятий.

Основные источники информации:

1. Оразбаев, Б. Б. Теория и методы системного анализа / Б. Б. Оразбаев, Л. Т. Курмангазиева, Ш. К. Коданова. — М.: Академия Естествознания, 2017. — 360 с.
2. Глушков, В. М. Введение в АСУ / В. М. Глушков. — М.: Техника, 1974. — 320 с.
3. Якимов, И. М. Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Business Studio / И. М. Якимов, А. П. Кирпичников, Э. Х. Захарова, Ф. А. Низамиев // Вестник Казанского технологического университета. — 2016. — Т. 19, № 4. — С. 185–188.
4. Шкода, Д. А. Моделирование бизнес-процессов с использованием методологии ARIS / Д. А. Шкода // The Newman in Foreign Policy. — 2016. — № 2. — С. 74–78.
5. Якимов, И. М. Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Bizagi Modeler / И. М. Якимов, А. П. Кирпичников, В. В. Мокшин, Г. Р. Аляутдинова, Л. Р. Пайгина // Вестник Казанского технологического университета. — 2015. — Т. 18, № 23. — С. 256–260.
6. Ананьев, И. В. Области эффективного применения нотации IDEF0 для задач описания бизнес-процессов / И. В. Ананьев, Е. Г. Серова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. — 2008. — № 4. — С. 90–97.

7. Копп, А. М. Подход к анализу и оптимизации моделей бизнес-процессов в нотации BPMN / А. М. Копп, Д. Л. Орловский // Радіоелектроніка, інформатика, управління. — 2018. — № 2. — С. 53–59.
8. Иващенко, А. В. Применение методологии UML при автоматизации управления бизнес-процессами / А. В. Иващенко, А. А. Сталькин, У. М. Калышенко // Исследовано в России. — 2004. — Т. 7. — С. 1341–1350.
9. Макаров, В. Л. Цифровой завод: методы дискретно-событийного моделирования и оптимизации производственных характеристик / В. Л. Макаров, А. Р. Бахтизин, Г. Л. Бекларян, А. С. Акопов // Бизнес-информатика. — 2021. — Т. 15, № 2. — С. 10–20.