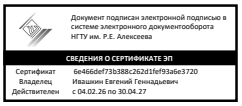
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Образовательно-научный институт экономики и управления (ИНЭУ)



УТВЕРЖДАЮ:
Директор института

_____ Митяков С.Н.
«18» марта 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.4 Анализ эффективности технических систем

для подготовки магистров

Направление подготовки: 27.04.03 - Системный анализ и управление

Направленность: Цифровая трансформация производственных систем

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025
Выпускающая кафедра: Цифровая экономика (ЦЭ)
Кафедра-разработчик: Управление инновационной деятельностью (УИД)
Объём дисциплины: 108 часов / 3 зачётные единицы
Промежуточная аттестация: зачёт (1 семестр)

Разработчик: Саксина Е.В., к.э.н., доцент

Нижний Новгород, 2025

Рабочая программа дисциплины «Анализ эффективности технических систем» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 27.04.03 «Системный анализ и управление», утверждённым приказом Минобрнауки России от 29 июля 2020 г. № 837, на основании учебного плана, принятого УМС НГТУ (протокол от 28.01.2025 № 10).

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «Управление инновационной деятельностью».
Протокол от 28.01.2025 г. № 10.

Заведующий кафедрой, д.э.н., профессор

_____ Д.Н. Лапаев
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом института ИНЭУ,

протокол от 18.03.25 № 2

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ.

Регистрационный № 27.04.05-цтпс-4.

Начальник МО _____/Е.Г. Севрюкова/

Согласование учебно-методического обеспечения с НТБ_____Кабанина Н.И.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 4
1.1. Цель освоения дисциплины 4
1.2. Задачи освоения дисциплины 4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 5
3.1. Формируемые компетенции 5
3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине 6
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 7
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ 7
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам 8
Содержание тем дисциплины 9
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 11
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 12
6.1. Учебная литература 12
6.2. Справочно-библиографическая литература 12
6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям 13
6.4. Перечень журналов по профилю дисциплины 13
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 13
7.1. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет 13
7.2. Программное обеспечение и информационные справочные системы 13
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ 13
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА 14
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ 20
10.1. Общие методические рекомендации и образовательные технологии 20
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа 21
10.3. Методические указания для практических и лабораторных занятий 21
10.4. Методические указания по самостоятельной работе 21
11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 22
11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачёта 22
11.2. Типовые задания для текущего контроля 23
11.3. Типовые задания для практических и лабораторных занятий 25
11.4. Примерные темы для дискуссий 29
11.5. Примерная тематика обзоров научных статей 29
ПРИЛОЖЕНИЕ 30
Технологическая карта освоения дисциплины 30
Лист актуализации рабочей программы дисциплины 31

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Сформировать у магистрантов способность оценивать эффективность технических и производственных систем методами системного анализа и управления, формулировать задачи исследования, выбирать обоснованные модели и представлять результаты оценки для принятия решений о цифровой трансформации производства.

1.2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить системное описание технического объекта: определить цели, границы, элементы, связи, входы, выходы, ресурсы и ограничения.

– Научить формировать систему показателей эффективности, связывая технический результат с качеством продукции, надёжностью, затратами ресурсов и условиями эксплуатации.

– Освоить сбор, проверку и обработку производственных данных, методы экспертных оценок и построение структурных, функциональных и динамических моделей.

– Научить выполнять многокритериальное сравнение альтернатив, анализировать риск, неопределённость и чувствительность полученных оценок.

– Сформировать навыки вычислительного эксперимента, проверки адекватности модели и воспроизводимого представления расчётов.

– Освоить обоснование решений по модернизации и цифровизации производственной системы с учётом технических, экономических и ресурсных ограничений.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.4 «Анализ эффективности технических систем» относится к базовой части блока Б1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы магистратуры 27.04.03 «Системный анализ и управление», направленность «Цифровая трансформация производственных систем». Изучается на первом курсе в первом семестре очной формы обучения.

Входные требования: знания математики, теории вероятностей и статистики, основ технических систем и навыки работы с электронными таблицами на уровне предшествующего образования. Дисциплины первого семестра «Теория систем и системный анализ», «Основы научных исследований», «Архитектура цифрового предприятия» и «Управление требованиями и проектными решениями» обеспечивают междисциплинарные связи и изучаются параллельно.

Результаты освоения используются при изучении дисциплин «Моделирование динамических свойств организационно-технических систем. Индустриальная динамика», «Управление рисками в организационно-технических системах», «Управление затратами и ресурсами», «Цифровизация экономических процессов и производственных систем», при выполнении научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Формируемые компетенции

ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности технических систем методами системного анализа и управления.

ОПК-8. Способен формулировать содержательные и математические задачи исследований, выбирать методы исследований, системно анализировать, интерпретировать и представлять результаты исследований.

Таблица 1 - Формирование компетенций дисциплинами

Компетенция / дисциплина	**1 сем.**	**2 сем.**	**3 сем.**	**4 сем.**
ОПК-4 Анализ эффективности технических систем	*			
ОПК-8 Анализ эффективности технических систем	*			
ОПК-4 Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				*
ОПК-8 Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы				*

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Таблица 2 - Планируемые результаты обучения и оценочные средства

Код и наименование компетенции	Индикатор достижения	Знать	Уметь	Владеть	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ОПК-4. Способен осуществлять оценку эффективности технических систем методами системного анализа и управления	ИОПК-4.1 Ставит задачи по оценке эффективности систем ИОПК-4.2 Оценивает эффективность систем методами системного анализа и управления	Понятия результата, затрат, критерия и показателя эффективности; требования к данным и моделям; методы многокритериальной оценки, оценки надёжности и производственных потерь.	Формировать показатели; рассчитывать эффективность; сравнивать варианты технической системы и цифровизации при заданных ограничениях; оценивать чувствительность результата.	Приёмами декомпозиции, нормирования и агрегирования критериев; расчётом технических и экономических показателей; обоснованием выбора альтернативы.	ПЗ-1–ПЗ-5, ПЗ-7–ПЗ-8; ЛР-1–ЛР-4, ЛР-6–ЛР-7; тест (11.2).	Вопросы 1–16, 22–30; задачи ПЗ-4, ПЗ-5, ПЗ-7, ПЗ-8.
ОПК-8. Способен формулировать содержательные и математические задачи исследований, выбирать методы исследований, системно анализировать, интерпретировать и представлять результаты исследований	ИОПК-8.1 Формулирует задачи научных исследований на основе системного анализа проблем, формулирует научную гипотезу ИОПК-8.2 Разрабатывает план научных исследований ИОПК-8.3 Выбирает эффективные методы исследования и обеспечивает проверку научной гипотезы	Этапы и план исследования; содержательную и математическую постановку задачи; виды моделей; основы вычислительного эксперимента, проверки погрешности и представления результатов.	Формулировать гипотезу, цель и ограничения исследования; выбирать метод; планировать расчёты; анализировать данные и проверять выводы; представлять результаты с указанием области применимости.	Навыками подготовки исходных данных, построения и проверки модели, проведения воспроизводимого вычислительного эксперимента, оформления отчёта и защиты выводов.	ПЗ-1–ПЗ-3, ПЗ-6–ПЗ-8; ЛР-1–ЛР-7; защита отчётов.	Вопросы 1–8, 17–30; задачи ПЗ-2, ПЗ-3, ПЗ-6, ПЗ-8.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов). Все виды учебной работы выполняются в первом семестре. Промежуточная аттестация - зачёт без оценки. Курсовая работа, курсовой проект и отдельная контрольная работа учебным планом не предусмотрены.

Таблица 3 - Распределение трудоёмкости по видам работ

Вид учебной работы	Всего часов	1 семестр
Общая трудоёмкость, часы / зачётные единицы	108 / 3	108 / 3
1. Контактная работа	55	55
1.1. Аудиторная работа	51	51
Занятия лекционного типа	17	17
Лабораторные работы	17	17
Практические занятия	17	17
1.2. Контроль самостоятельной работы (КСР), текущий контроль и консультации	4	4
2. Самостоятельная работа	53	53
Изучение литературы и лекционных материалов	12	12
Подготовка к практическим занятиям	14	14
Подготовка к лабораторным работам и оформление отчётов	18	18
Подготовка итогового аналитического сообщения	4	4
Повторение материала и подготовка к зачёту	5	5
Отдельные часы контроля / экзамена по плану	0	0
Промежуточная аттестация	Зачёт	Зачёт

Контроль самостоятельной работы: две консультации и проверки результатов по 2 часа (после темы 4 и после темы 8). Подготовка к зачёту входит в 53 часа самостоятельной работы; дополнительная экзаменационная трудоёмкость не вводится.

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 - Тематический план дисциплины (1 семестр)

Компетенции	Раздел / тема	Л	ЛР	ПЗ	СРС	Самостоятельная работа и литература	Активные технологии и контроль	Электронные материалы
ОПК-4; ОПК-8	1. Системное описание объекта и постановка задачи оценки эффективности	2	0	2	5	Дерево целей и показатели [6.1.1, 6.1.2]	Разбор ситуации; ПЗ-1; входной опрос	
ОПК-4; ОПК-8	2. Информационное обеспечение исследования и экспертные оценки	2	2	2	6	Обработка данных и рангов [6.1.1, 6.1.3]	Разбор ситуации; ПЗ-2; ЛР-1	
ОПК-4; ОПК-8	3. Структурные и функциональные модели технических систем	2	2	2	6	Функциональная схема; надёжность [6.1.2, 6.2.2]	Разбор ситуации; ПЗ-3; ЛР-2	
ОПК-4; ОПК-8	4. Показатели производственной эффективности и ресурсные ограничения	2	2	2	6	Расчёт OEE и узкого места [6.1.2, 6.2.1]	Разбор ситуации; ПЗ-4; ЛР-3	
ОПК-4; ОПК-8	5. Многокритериальная оценка и выбор альтернатив	2	2	2	7	Свёртка критериев и чувствительность [6.1.1, 6.1.3]	Разбор ситуации; ПЗ-5; ЛР-4	
ОПК-4; ОПК-8	6. Динамические модели и вычислительный эксперимент	2	3	2	8	Численный эксперимент [6.1.2, 6.2.2]	Разбор ситуации; ПЗ-6; ЛР-5	
ОПК-4; ОПК-8	7. Оценка эффективности в условиях риска и неопределённости	2	3	2	7	Сценарии и критерии выбора [6.1.3, 6.2.3]	Разбор ситуации; ПЗ-7; ЛР-6	
ОПК-4; ОПК-8	8. Обоснование цифровой трансформации производственной системы	3	3	3	8	Техническая и экономическая оценка [6.1.1–6.1.3]	Разбор ситуации; ПЗ-8; ЛР-7; тест; зачёт	
Итого	Аудиторная работа и СРС	17	17	17	53			

Всего: 51 час аудиторной работы + 4 часа КСР + 53 часа самостоятельной работы = 108 часов.

Содержание тем дисциплины

Тема 1. Системное описание объекта и постановка задачи оценки эффективности

Техническая система как объект исследования: элементы, связи, подсистемы, внешняя среда и иерархия. Системный, ситуационный и процессный подходы. Границы системы и их влияние на оценку результата. Жизненный цикл технической системы. Различие между результативностью и эффективностью. Цель исследования, проблемная ситуация, требования заинтересованных сторон и ограничения. Дерево целей и переход от цели к измеряемым показателям. Производственная линия, оборудование, система обслуживания и цифровой контур управления как примеры объектов.

Практическая работа: ПЗ-1. Лабораторная работа: не предусмотрена. Самостоятельная работа: Определение границ системы, декомпозиция, дерево целей; выбор результата, ресурсов и ограничений.

Тема 2. Информационное обеспечение исследования и экспертные оценки

Источники научно-технической и производственной информации. Наблюдения, измерения, журналы остановок, данные выпуска и качества. Классификация информации; полнота, точность, сопоставимость, актуальность и прослеживаемость. Согласование периода и единиц измерения, выявление пропусков и повторов. Основные статистические характеристики и ограничения малой выборки. План сбора данных. Экспертные оценки: подбор экспертов, ранжирование и парные сравнения, обоснование весов критериев. Меры информации и неопределённости; информационная ценность данных для оценки эффективности.

Практическая работа: ПЗ-2. Лабораторная работа: ЛР-1. Самостоятельная работа: Анализ производственных данных; обработка наблюдений и экспертных оценок.

Тема 3. Структурные и функциональные модели технических систем

Модель «чёрного ящика», модели состава и структуры. Функциональная декомпозиция производственной системы; входы, выходы, управляющие воздействия и ресурсы. Структурные схемы и графы связей. Содержательная постановка и математическая формализация исследования. Допущения и границы применимости модели. Последовательные и параллельные структуры надёжности, отказ и восстановление. Вероятность безотказной работы и коэффициент готовности. Влияние резервирования, обслуживания и цифровой диагностики на технический результат и ресурсные затраты.

Практическая работа: ПЗ-3. Лабораторная работа: ЛР-2. Самостоятельная работа: Построение функциональной схемы; расчёт надёжности и готовности.

Тема 4. Показатели производственной эффективности и ресурсные ограничения

Производительность и пропускная способность; загрузка оборудования; длительность цикла; потери времени и качества. Доступность, производительность, доля годной продукции и комплексный показатель OEE. Согласование базы времени для расчётов и исключение двойного учёта потерь. Узкое место последовательного технологического маршрута. Удельные затраты энергии и материалов. Система сбалансированных технических показателей: выпуск, качество, надёжность, затраты и ограничения безопасности. Сравнение состояния до и после изменения при одинаковой границе и условиях оценки.

Практическая работа: ПЗ-4. Лабораторная работа: ЛР-3. Самостоятельная работа: Расчёт доступности, производительности, качества и OEE; выявление узкого места.

Тема 5. Многокритериальная оценка и выбор альтернатив

Постановка задачи выбора альтернатив технической системы. Векторный критерий, шкалы предпочтения и направления оптимизации. Допустимое множество и ограничения. Доминирование и множество Парето. Нормирование критериев и выбор весовых коэффициентов. Аддитивная и мультипликативная свёртки, функции полезности, метод главного критерия и ограничения по остальным. Экспертная проверка предпочтений. Анализ чувствительности ранжирования к весам и исходным данным. Недопустимость компенсации обязательных требований высоким значением другого критерия.

Практическая работа: ПЗ-5. Лабораторная работа: ЛР-4. Самостоятельная работа: Нормирование критериев, взвешивание, множество Парето; анализ чувствительности.

Тема 6. Динамические модели и вычислительный эксперимент

Функционирование, развитие и самоорганизация системы. Статические и динамические модели; состояние, параметры, вход и выход. Математическая задача исследования динамики и начальные условия. Одношаговые методы Эйлера и Рунге-Кутты; выбор шага и оценка численной погрешности. Устойчивость расчёта и интерпретация переходного процесса. Вычислительный эксперимент: базовый вариант, изменяемые факторы, выходные показатели, контроль воспроизводимости. Сопоставление аналитического и численного решений. Время достижения целевого состояния и интегральная ошибка как критерии качества системы.

Практическая работа: ПЗ-6. Лабораторная работа: ЛР-5. Самостоятельная работа: Формулировка задачи Коши; численный расчёт; оценка погрешности и качества перехода.

Тема 7. Оценка эффективности в условиях риска и неопределённости

Риск и неопределённость при оценке технических систем. Сценарии спроса, отказов, цен ресурсов и качества данных. Ожидаемый результат, функции полезности и потерь; ограничения вероятностного подхода. Дерево решений и сценарная матрица. Критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица и Лапласа при отсутствии обоснованных вероятностей. Интервальные оценки параметров. Чувствительность к вероятностям и пессимистическим сценариям. Различие между риском принятого решения и погрешностью модели. Обоснование устойчивого выбора и перечня необходимых дополнительных данных.

Практическая работа: ПЗ-7. Лабораторная работа: ЛР-6. Самостоятельная работа: Сценарные оценки, функции полезности и потерь; критерии выбора без вероятностей.

Тема 8. Обоснование цифровой трансформации производственной системы

Цифровая трансформация производственной системы как изменение процессов, структуры и информационных связей. Альтернативы внедрения мониторинга, цифровой диагностики и управленческих алгоритмов. Базовая линия и контрфактическое сравнение; условия сопоставимости данных до и после внедрения. Технические эффекты, капитальные и эксплуатационные затраты, денежные потоки жизненного цикла. Простой срок окупаемости, дисконтирование и NPV при заданных допущениях. Оценка последствий для выпуска, качества, надёжности и потребления ресурсов. Системы поддержки принятия решений и ограничения цифровых моделей. Подготовка аналитического отчёта, проверка устойчивости выводов и формирование рекомендации.

Практическая работа: ПЗ-8. Лабораторная работа: ЛР-7. Самостоятельная работа: Интеграция технических и экономических оценок; оформление результатов и защита решения.

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Текущий контроль включает обсуждение постановок задач, проверку восьми практических заданий, защиту семи лабораторных работ и тест по темам курса. Входной опрос выявляет уровень подготовки и не включается в итоговый рейтинг. Комплект заданий и критериев приведён в разделе 11.

Таблица 5 - Оценочные средства и распределение баллов текущего контроля

Оценочное средство	Состав и максимум	Компетенции
Практические задания	ПЗ-1–ПЗ-8: по 5 баллов, всего 40	ОПК-4, ОПК-8
Лабораторные работы	ЛР-1–ЛР-7: по 6 баллов, всего 42	ОПК-4, ОПК-8
Тестирование	20 вопросов; результат переводится в 18 баллов	ОПК-4, ОПК-8
Итого	100 баллов	

Практическое задание оценивается по пяти критериям: корректная постановка (1 балл), выбор метода и исходных данных (1 балл), правильность расчётов (1 балл), интерпретация и ограничения (1 балл), обоснованный вывод (1 балл). Каждый критерий оценивается в 0; 0,5 или 1 балл. Порог выполнения задания - 3 балла.

Лабораторная работа оценивается по шести критериям: подготовка данных, реализация модели, правильность расчётов, проверка результата, интерпретация и оформление/защита (по 1 баллу; 0, 0,5 или 1). Порог выполнения - 4 балла при обязательной демонстрации работоспособного расчёта и понимания полученного результата. Тест: за каждый правильный ответ 1 первичный балл; рейтинговый результат равен 18 × число правильных ответов / 20. Порог - 12 правильных ответов из 20.

Зачёт проводится в первом семестре в форме собеседования по двум теоретическим вопросам из разных тем и решения одной прикладной задачи из раздела 11.3 с изменёнными числовыми данными. Подготовка - до 30 минут, собеседование - до 15 минут. В ходе проверки отчётов и консультаций преподаватель рассматривает результаты самостоятельной работы в объёме предусмотренных 4 часов КСР.

Положительный текущий результат - не менее 60 баллов и выполнение практических и лабораторных заданий не ниже их порога. Невыполненные задания подлежат доработке; итоговый рейтинг сам по себе не заменяет проверки обеих компетенций на зачёте.

Таблица 6 - Критерии промежуточной аттестации

Результат	ОПК-4	ОПК-8
Зачтено	Обоснованно выбирает показатели и метод оценки, выполняет основные расчёты, сравнивает допустимые альтернативы и объясняет ограничения вывода.	Формулирует задачу и допущения, выбирает модель и метод исследования, проверяет результат и представляет воспроизводимое решение.

Результат	ОПК-4	ОПК-8
Не зачтено	Не устанавливает связь целей и показателей; допускает существенные ошибки расчёта или выбора, которые не исправляет после уточняющих вопросов.	Не формулирует задачу и метод исследования; не может объяснить модель, проверить расчёт и обосновать интерпретацию результата.

Для результата «зачтено» необходимо достижение порогового уровня по каждой компетенции. Существенной считается ошибка, меняющая допустимость или ранжирование вариантов, единицы показателя либо смысл вывода. Незначительные вычислительные ошибки, самостоятельно исправленные при собеседовании, не препятствуют положительной оценке.

Таблица 7 - Уровни достижения результатов обучения

Уровень	Наблюдаемые признаки
Пороговый	Решает типовую задачу по корректной модели; получает проверяемые показатели; называет основные ограничения и формулирует обоснованную рекомендацию.
Повышенный	Самостоятельно сравнивает методы, исследует чувствительность, объясняет причины различий результатов и предлагает дополнительные проверки.
Недостаточный	Не выполняет базовую постановку или расчёт; не различает результат и затраты; не может интерпретировать вывод.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебная литература

6.1.1. Пищухин, А. М. Общая теория систем. Метасистемы : учебное пособие / А. М. Пищухин. — Оренбург : ОГУ, 2019. — 163 с. — ISBN 978-5-7410-2396-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160004.

1.2. Матвеев А.В. Системный анализ: учебное пособие. Омск: ОмГУ, 2019. 56 с. ISBN 978-5-7779-2381-3. Электронный ресурс: https://e.lanbook.com/book/119814. Доступ для авторизованных пользователей.

6.1.3. Клименко И.С. Системный анализ в управлении: учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 272 с. ISBN 978-5-8114-6942-0. Электронный ресурс: https://e.lanbook.com/book/153690. Доступ для авторизованных пользователей.

6.2. Справочно-библиографическая литература

6.2.1 Осечкина, Т. А. Основы системного анализа : учебное пособие / Т. А. Осечкина. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. — 92 с. — ISBN 978-5-9239-1202-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/159311.

6.2.2. Матвеев А.И. Математические методы системного анализа: учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 128 с. ISBN 978-5-8114-6686-3. https://e.lanbook.com/book/151666.

6.2.3. Резчиков А.Ф. Системный анализ аварийных комбинаций событий при управлении человеко-машинными системами: монография. Саратов: СГУ, 2021. 128 с. ISBN 978-5-292-04684-4. https://e.lanbook.com/book/194751.

6.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

Учебно-методические материалы включают тематический план (таблица 4), требования к самостоятельной работе (раздел 10), вопросы и тестовые задания (11.1–11.2), постановки практических и лабораторных работ с исходными данными (11.3), критерии оценки (раздел 5) и технологическую карту в приложении. Электронные расчётные файлы и дополнительные данные для вариантов заданий предоставляются преподавателем через ЭИОС НГТУ.

6.4. Перечень журналов по профилю дисциплины

Для подготовки обзоров используются журналы по системному анализу, автоматизации и управлению техническими системами, в том числе «Автоматика и телемеханика», «Проблемы управления», «Системы управления и информационные технологии». Поиск публикаций выполняется через каталог НТБ НГТУ и научные электронные библиотеки с проверкой соответствия статьи теме исследования.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://elib.tolgas.ru./ - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://znanium.com/. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://openedu.ru/. - Загл с экрана.
5. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://polpred.com/. – Загл. с экрана.
6. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.viniti.ru. – Загл. с экрана.
7. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uisrussia.msu.ru/. – Загл. с экрана.
8. Научно-техническая библиотека НГТУ http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/bibl.html. Электронные библиотечные системы. Электронный каталог книг http://library.nntu.nnov.ru/.
9. Электронный каталог периодических изданий http://library.nntu.nnov.ru/
10. Госты Нормы, правила, стандарты и законодательство России http://www.nntu.ru/RUS/biblioteka/resyrs/norma.htm.

7.2. Программное обеспечение и информационные справочные системы

Для выполнения расчётов применяются электронные таблицы и средства программирования. Задания допускают реализацию в LibreOffice Calc либо в Python; конкретная среда выбирается преподавателем с учётом доступного компьютерного класса. Использование программного инструмента не заменяет формулировки модели и проверки результатов.

Таблица 8 – Перечень электронных библиотечных систем

	Наименование ЭБС	Ссылка, по которой осуществляется доступ к ЭБС
	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
	Лань	https://e.lanbook.com/
	Юрайт	https://biblio-online.ru/

В таблице 10 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Таблица 9.1 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
	2	3
	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html

Таблица 9.2 - Программное обеспечение для учебных расчётов

Наименование	Использование	Правообладатель / условия
LibreOffice Calc и Writer	Расчёт показателей, таблицы, диаграммы, оформление отчётов.	The Document Foundation; свободное ПО. https://www.libreoffice.org/
Python	Численные модели, анализ сценариев и воспроизводимые расчёты.	Python Software Foundation; открытая лицензия. https://www.python.org/
Браузер и ЭИОС НГТУ	Доступ к заданиям, данным и электронным ресурсам.	Используются средства, доступные в образовательной среде университета.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» https://www.nntu.ru/sveden/accenv/

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	**Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования**
	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента для выполнения следующих задач:

– оформление результатов выполнения заданий на практических занятиях;

– демонстрация дидактических материалов с использованием мультимедийных технологий;

– использование электронной образовательной среды университета;

– организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Управление затратами и ресурсами» могут быть использованы материально-техническая база и программное обеспечение, представленные таблице 11.

Таблица 11 - Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

Адрес (местонахождение) помещения	**омер аудитории**	**ол-во п.м. (комп)**	**Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы**	**Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы***	**Программное обеспечение**
г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, корп. 1	344	4	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Мультимедийный проектор Epson X12; 3. Компьютер PC с выходом на Epson X12, Intel Core7-3820/8 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 560/HDD 500; 4. Стул – 34 шт.; 5. Парты – 18 шт.;	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)

г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, корп. 1	343а	8	Компьютерный класс (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, выполнения курсовых работ)	1. Персональные компьютеры PC AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2,60 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon1250/HDD 250 Gb/DVD-ROM; · Монитор 18”, в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету - 15; 2. Компьютерные столы – 14 шт.; 3. Рабочие столы – 1 шт. ; 4. Стулья – 30 шт. ; 5. Доска меловая – 1 шт.	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, корп. 1	354	0	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Мультимедийный проектор Epson X12; 3. Компьютер PC с выходом на Epson X12, Intel Core7-3820/8 Gb RAM/NVIDIA GeForce GTX 560/HDD 500; 4. Стул – 34 шт.; 5. Парты – 18 шт.;	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24, корп. 1	305	2	Компьютерный класс (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, выполнения курсовых работ)	1. Персональные компьютеры PC AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 4600+ 2.40 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon XI 200/HDD 250Gb/DVD-ROM, монитор 17”, в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету-23шт; 2. Мультимедийный проектор BenQ; 3.Стол - 24шт.; 4. Рабочее ме-	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)

				сто-1 шт.	
г. Нижний Новгород, ул. Минина, 28а, корп. 3	214	0	Компьютерный класс (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, выполнения курсовых работ)	1. Персональные компьютеры PC AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 5000+ 2,60 GHz/4 Gb RAM/ATI Radeon1250/HDD 250 Gb/DVD-ROM; · Монитор 18”, в составе локальной вычислительной сети, с подключением к интернету - 15; 2. Компьютерные столы – 16 шт.; 3. Рабочие столы – 1 шт. ; 4. Стулья – 39 шт. ; 5. Парты – 12 шт.; 6. Доска меловая – 1 шт.	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, ул. Минина, 28а, корп. 3	215	0	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Мультимедийный проектор BenQ ; 3. Компьютер PC AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 4600+ 2,40 GHz/1 Gb RAM/HDD 250 Gb/DVD-ROM, монитор 17”	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, ул. Минина, 28а, корп. 3	307	0	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, те-	1. Доска меловая. 2. Мультимедийный проектор. 3. Компьютер PC AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 4600+ 2,40 GHz/1 Gb RAM/HDD 250 Gb/DVD-ROM,	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)

			кущего контроля и промежуточной аттестации)	монитор 17” 4.Парты-26 шт. 5. Рабочее место -1	
г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	130	6	Компьютерный класс (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, выполнения курсовых работ)	1. Студенческие ПК -10шт; Intel Core i3-3210@ 3.2 GHz;4 Gb;HDGraphics Hdd 320Ggb, в LAN сети, с подключением к интернету, -1шт Intel Cel. CPUe3400@2.0Ghz ,HDGraph,4Gb,Hdd 250: 1-шт.Intel Pentium CPU G850@2.9Ghz 4Gb,Hdd 500Ggb;-2шт Intel Core i3;-1шт-AMD Athlon(TM)64 XII Dual Core 6400 2.9Ghz, 4Gb;Hdd 320 Ggb 2. Доска меловая; 3. Компьютерные столы - 16,	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	131	6	Компьютерный класс (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, курсового проектирования, выполнения курсовых работ)	1. Студенческие ПК- 12 шт Intel Pentium CPU G850@2.9GHz,/4 Gb,Hdd 500Ggb 2 2.1-шт Преподавательский ПК CPUPentium Dual Core E5300 @2.6GHz, 4Gb,HD Graphics,Hdd 250Ggb в LAN сети, с подключением к интернету; 3.Доска меловая; 4.Компьютерные столы -13	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)

г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	421	6	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Мультимедийный проектор PortableProjektor MPT840; 2. ПК с выходом на PortableProjektor MPT840, конфигурация которого: MB Asus на чипсете Nvidia/AMDAthlonXII CPU 2.8Ggz/ RAM 4 Ggb/SVGA Graphics +GeFORCE Nvidia GT210/HDD 250Ggb,, монитор 19 дюймов 3.Доска меловая;'экран 4.Парты – 20шт.; 5.Рабочее место – 30 чел	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	302	4	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Экран; 3.Мультимедийный Portable Epson efn-121 (переносной); 4. НоутбукSonyVaio: Intel Core2Duo@1.8Ghz;2Gb озу (переносной); 5. Стул – 34шт.; 6. Парты – 20 шт.;	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	304	4	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Экран 3.Мультимедийный Portable Epson efn-121 (переносной); 4. НоутбукSonyVaio: Intel Core2Duo@1.8Ghz;2Gb озу (переносной); 5. Стул – 34шт.; 6. Парты – 20 шт.;	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)

г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	405	8	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Экран ; 3.Мультимедийный Portable Epson EB-31; 4. НоутбукSonyVaio: Intel Core2Duo@1.8Ghz;2Gb озу; 5. Стул – 20шт.; 6. Парты – 20;	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)
г. Нижний Новгород, Казанское ш., 12, корп. 6	409	4	Мультимедийная аудитория (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации)	1. Доска меловая; 2. Экран 3.Мультимедийный приносимый ProjektorMPT840 (переносной); 4. НоутбукSonyVaio: Intel Core2Duo@1.8Ghz;2Gb озу (переносной); 5. Стул – 24шт.; 6. Парты – 18 шт	Dr.Web (С/н 758S-TDJP-N7HB-ZH2F от 26.05.2025, до 31.05.26)

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации и образовательные технологии

Обучение сочетает лекции, практические расчёты, лабораторный вычислительный эксперимент, самостоятельную работу и консультации. На первом занятии преподаватель знакомит обучающихся с тематическим планом, критериями оценки, графиком представления заданий и порядком зачёта. При анализе производственных ситуаций используются обсуждение, работа в малых группах и защита выбранной альтернативы; индивидуальная оценка выставляется по личному отчёту и ответам обучающегося.

Рекомендуется вести единую папку исследования: постановка задачи, исходные данные, модель, расчёт, проверка, выводы. Для всех показателей необходимо указывать единицы измерения, период наблюдения и условия сопоставления вариантов. При использовании внешних данных и публикаций приводятся источник и дата получения. Изменение исходных данных и метода должно быть отражено в версии расчётного файла.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

До лекции следует ознакомиться с темой и соответствующим источником раздела 6. Во время занятия необходимо фиксировать определения, условия применимости методов, смысл критериев и допущения модели. После лекции рекомендуется воспроизвести основные формулы на простом числовом примере и сформулировать вопросы о показателях, которые нельзя непосредственно измерить. При анализе цифровизации следует отделять технический эффект от денежной оценки эффекта.

10.3. Методические указания для практических и лабораторных занятий

На практическом занятии работа начинается с содержательной постановки: что оценивается, с чем сравнивается и какое решение должно быть принято. Затем составляются таблица исходных данных, перечень ограничений и математическая модель. Расчёты выполняются с сохранением промежуточных результатов. Заключение должно объяснять, почему выбранная альтернатива допустима и как изменится вывод при изменении существенных параметров.

Лабораторная работа выполняется в электронных таблицах или программной среде. До расчёта проверяются типы данных, пропуски и единицы. Каждый этап модели должен быть воспроизводим по файлу. Для численного метода проверяются шаг, погрешность и контрольный пример; для многокритериальной оценки - направление критериев, сумма весов и устойчивость ранжирования. Отчёт защищается индивидуально.

Структура отчёта: 1) тема и цель; 2) объект, границы и задача; 3) исходные данные и источники; 4) модель и допущения; 5) метод и расчёт; 6) проверка и чувствительность; 7) результаты и ограничения; 8) рекомендация; 9) использованные источники. Таблицы должны содержать единицы, графики - подписи осей. К отчёту прикладывается расчётный файл. Фрагменты программы сопровождаются пояснением алгоритма.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе

Самостоятельная работа выполняется по каждой теме таблицы 4 и включает чтение, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, оформление отчётов, подготовку аналитического сообщения и повторение перед зачётом. Общий объём - 53 часа. Не следует откладывать обработку данных и оформление результатов до конца семестра: обнаруженные ошибки модели рассматриваются на консультациях КСР.

Аналитическое сообщение по теме 8 должно содержать сравнение не менее двух решений цифровой трансформации, систему технических показателей, оценку затрат, чувствительность и обоснованную рекомендацию. Подготовка сообщения занимает 4 часа

СРС и учитывается в результате ПЗ-8, дополнительный самостоятельный вид аттестации не вводится. Подготовка к зачёту - 5 часов из общего объёма СРС.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится **комплексная оценка знаний,** включающая опросы студентов, проверку выполнения расчетных заданий, кейсов и контрольных работ, а также зачет.

11.1. Типовые вопросы для промежуточной аттестации в форме зачёта

1. Определение технической системы, её границ и внешней среды. Влияние границ на оценку эффективности.

2. Декомпозиция и агрегирование. Модели состава, структуры и «чёрного ящика».

3. Цель, результат, показатель и критерий эффективности. Отличие результативности от эффективности.

4. Дерево целей и требования к системе показателей производственной системы.

5. Типы ресурсов и ограничения технической системы на этапах жизненного цикла.

6. Содержательная и математическая постановка задачи исследования эффективности.

7. Качество исходной информации. Проверка полноты, сопоставимости и прослеживаемости данных.

8. Экспертное ранжирование, парные сравнения и формирование весов критериев.

9. Структурная и функциональная модель производственного участка.

10. Показатели надёжности и готовности. Последовательная и параллельная структуры.

11. Доступность, производительность, качество и OEE. Согласование базы времени.

12. Пропускная способность, производственный цикл и узкое место системы.

13. Удельные ресурсные показатели и сопоставление вариантов эксплуатации.

14. Векторный критерий и допустимое множество альтернатив.

15. Доминирование, множество Парето и выбор рациональной альтернативы.

16. Нормирование, аддитивная свёртка, функции полезности и анализ чувствительности к весам.

17. Статические и динамические модели. Переменные состояния, входы и начальные условия.

18. Формулировка задачи Коши и численные методы анализа динамической системы.

19. Методы Эйлера и Рунге-Кутты: точность, шаг и условия применения.

20. Проверка численного решения по аналитическому или контрольному примеру.

21. План вычислительного эксперимента, изменяемые факторы и критерии качества.

22. Риск, неопределённость и погрешность модели в системном исследовании.

23. Сценарный анализ при заданных вероятностях. Ожидаемый результат и потери.

24. Критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица и Лапласа при неизвестных вероятностях.

25. Построение дерева решений и оценка ценности дополнительной информации.

26. Цифровая трансформация производственной системы: базовая линия и сопоставимость вариантов.

27. Технические и экономические эффекты цифрового мониторинга и диагностики.

28. Денежные потоки жизненного цикла, срок окупаемости и NPV.

29. Устойчивость рекомендации к изменению данных, критериев и сценариев.

30. Структура аналитического отчёта: воспроизводимость, интерпретация и область применимости выводов.

11.2. Типовые задания для текущего контроля

Тест: выбрать один правильный ответ в каждом задании. Вопросы 1–12, 15–18 преимущественно проверяют ОПК-4; вопросы 1–8, 13–14, 19–20 - ОПК-8. На выполнение отводится до 25 минут.

1. Границы технической системы определяют:

а) только физические размеры
б) цель исследования и существенные связи со средой
в) число работников

2. Критерий эффективности должен:

а) быть связан с целью и условиями сравнения
б) совпадать с ценой оборудования
в) исключать ограничения

3. Декомпозиция нужна для:

а) устранения всех внешних связей
б) произвольного сокращения данных
в) выявления функций, элементов и связей

4. Сопоставимость вариантов требует:

а) одинакового названия оборудования
б) согласованных границ, периода и условий
в) одинаковых капитальных затрат

5. Если один критерий минимизируется, а другой максимизируется, то перед свёрткой:

а) согласуют направления предпочтения и шкалы
б) складывают исходные значения
в) исключают минимизируемый критерий

6. Сумма неотрицательных весов аддитивной свёртки после нормировки:

а) равна числу вариантов
б) произвольна при сравнении разных шкал
в) равна единице

7. Альтернатива доминируется, если:

а) она дороже хотя бы одного варианта
б) другая не хуже по всем критериям и лучше хотя бы по одному
в) у неё минимальная производительность

8. Изменение победителя при небольшом изменении весов означает:

а) низкую устойчивость ранжирования
б) автоматическую ошибку арифметики
в) необходимость убрать критерии

9. OEE определяется как:

а) сумма доступности и качества
б) только время работы / календарное время
в) произведение доступности, производительности и качества

10. Для последовательной структуры с независимыми отказами безотказность:

а) равна сумме вероятностей
б) равна произведению вероятностей элементов
в) всегда выше вероятности каждого элемента

11. Коэффициент готовности восстанавливаемого объекта в простой стационарной модели:

а) MTBF / (MTBF + MTTR)
б) MTTR / MTBF
в) MTBF + MTTR

12. Пропускную способность последовательной линии ограничивает:

а) наиболее быстрый этап
б) среднее всех этапов
в) этап с минимальной пропускной способностью

13. Уменьшение шага численного интегрирования проверяют:

а) только по размеру файла
б) по изменению результата и оценке погрешности
в) только по числу строк

14. Воспроизводимость вычислительного эксперимента обеспечивают:

а) данные, алгоритм, параметры и контрольные результаты
б) только итоговый график
в) отсутствие исходных данных

15. Критерий Вальда для матрицы выигрышей выбирает:

а) максимальный средний результат
б) минимальный максимальный результат
в) максимальный из минимальных результатов

16. Матрица сожалений строится:

а) из разностей соседних вариантов
б) относительно лучшего выигрыша в каждом сценарии
в) только по вероятностям

17. Расчёт ожидаемого эффекта корректен, когда:

а) вероятности обоснованы и суммируются в единицу
б) вероятности всех сценариев равны нулю
в) применяется любой ряд чисел

18. При положительном NPV решение:

а) всегда допустимо по безопасности
б) не нуждается в анализе допущений
в) имеет положительный дисконтированный эффект при заданных потоках и ставке

19. Адекватность модели проверяется:

а) наличием красивой схемы
б) сопоставлением с данными и контрольными ситуациями
в) количеством формул

20. Обоснованный вывод исследования включает:

а) результат, ограничения и условия применимости
б) только название победителя
в) только исходную гипотезу

Ключ для преподавателя: 1-б; 2-а; 3-в; 4-б; 5-а; 6-в; 7-б; 8-а; 9-в; 10-б; 11-а; 12-в; 13-б; 14-а; 15-в; 16-б; 17-а; 18-в; 19-б; 20-а.

11.3. Типовые задания для практических и лабораторных занятий

Практические занятия

ПЗ-1. Системное описание производственного участка (2 часа)

Исходные данные. Объект - участок обработки деталей: заготовка поступает на станок, затем на контроль и упаковку. Имеются склад, служба обслуживания, оператор и система мониторинга. Требуется повысить выпуск годных изделий без увеличения энергопотребления на годную деталь.

Задание. Определить границы системы и среды; представить входы, выходы и связи; построить дерево целей; предложить не менее пяти показателей с единицами, периодом и направлением предпочтения. Указать обязательные ограничения и данные для их проверки.

Представляемый результат. Структурная схема, дерево целей и паспорт показателей. Оценка по рубрике ПЗ раздела 5.

ПЗ-2. План исследования и обработка информации (2 часа)

Исходные данные. Наблюдения простоев за шесть смен, мин: 20, 35, 25, 30, 40, 30. За те же смены общий выпуск: 200, 190, 205, 198, 185, 202; брак: 4, 5, 3, 4, 6, 4. Продолжительность каждой смены для наблюдения - 480 мин.

Задание. Сформулировать исследовательский вопрос о связи простоев и выпуска; проверить полноту и единицы; рассчитать средний простой, средний выпуск и общую долю годных изделий. Объяснить, позволяет ли эта выборка установить причинное влияние, и предложить план получения дополнительных данных.

Представляемый результат. Таблица расчётов и план исследования. Должны быть указаны ограничения малой выборки.

ПЗ-3. Структура надёжности и готовность (2 часа)

Исходные данные. Для заданного интервала независимые вероятности безотказной работы трёх последовательно соединённых узлов равны 0,98; 0,97; 0,99. Для альтернативы добавлен независимый резерв второго узла с той же вероятностью 0,97. MTBF оборудования - 400 ч, MTTR - 8 ч.

Задание. Построить обе структурные схемы; рассчитать безотказность исходной и резервированной систем; определить коэффициент готовности оборудования. Оценить, каких сведений о стоимости и обслуживании не хватает для окончательного выбора.

Представляемый результат. Формулы, расчёт и объяснение предположений независимости и работоспособности резерва.

ПЗ-4. OEE и узкое место (2 часа)

Исходные данные. Плановое производственное время - 450 мин, простой - 45 мин, общий выпуск - 360 изделий, годный выпуск - 342 изделия, идеальное время на изделие - 1 мин. У трёх последовательных операций нормативная пропускная способность 60, 48 и 55 изделий/ч.

Задание. Рассчитать доступность, производительность, качество и OEE; выделить потери. Определить пропускную способность линии. Сопоставить увеличение мощности первой операции до 75 изделий/ч и второй до 58 изделий/ч при неизменности остальных.

Представляемый результат. Таблица показателей и вывод о модернизации с учётом смены узкого места.

ПЗ-5. Многокритериальный выбор системы (2 часа)

Исходные данные. Альтернативы A, B, C: выпуск годных изделий 80, 100, 90 шт./ч; годовые затраты 5, 7, 6 млн руб.; доля брака 2, 1, 1,5 %. Требование: выпуск не ниже 80 шт./ч. Вес выпуска 0,4; затрат 0,35; качества 0,25.

Задание. Определить направления критериев и допустимость; построить множество Парето; выполнить линейное нормирование по минимуму и максимуму среди вариантов и аддитивную свёртку. Увеличить вес затрат до 0,5, остальные веса уменьшить пропорционально; проверить устойчивость выбора.

Представляемый результат. Матрица исходных и нормированных показателей, веса, рейтинг и анализ чувствительности.

ПЗ-6. Постановка динамического исследования (2 часа)

Исходные данные. Нормированный выход системы удовлетворяет уравнению $dy/dt = (1 - y)/\tau$, $y(0)=0$. Сравнить $\tau=10$ и $\tau=15$ мин на интервале 0–60 мин.

Задание. Сформулировать задачу, начальные условия и допущения; выбрать шаг вычислений; предложить критерии: время достижения 95 % целевого выхода и интегральная абсолютная ошибка. Рассчитать аналитическое время достижения 95 % и объяснить смысл показателя.

Представляемый результат. План вычислительного эксперимента и содержательная интерпретация результата.

ПЗ-7. Выбор при риске и неопределённости (2 часа)

Исходные данные. Матрица годового эффекта, млн руб., по сценариям низкого, среднего и высокого спроса: A=(2, 4, 6); B=(1, 5, 9); C=(3, 4, 5). Обоснованные вероятности сценариев для первой части: (0,3; 0,5; 0,2). Для второй части вероятности неизвестны.

Задание. Рассчитать ожидаемые эффекты; затем применить критерии Вальда и Сэвиджа, построив матрицу сожалений. Сопоставить решения и объяснить различия предпосылок. Для критерия Гурвица принять коэффициент оптимизма 0,6.

Представляемый результат. Матрица, расчёт критериев и рекомендация для каждого режима информации.

ПЗ-8. Обоснование цифровой трансформации (3 часа)

Исходные данные. Проект цифрового мониторинга: капитальные затраты в момент 0 - 3,0 млн руб.; дополнительная маржа от годного выпуска - 1,5 млн руб./год; дополнительное обслуживание - 0,3 млн руб./год; срок оценки - 4 года; ставка - 10 %; ликвидационная стоимость - 0. Альтернатива диагностики: затраты 4,0 млн руб.; чистый годовой эффект 1,7 млн руб.; остальные условия те же.

Задание. Рассчитать чистый годовой эффект мониторинга, простой срок окупаемости и NPV обоих проектов. Проверить снижение годового эффекта на 20 %. Сформировать рекомендацию, отдельно указав технические показатели, которые необходимо подтвердить пилотным внедрением. Денежные потоки считать в постоянных ценах, налоги и инфляцию в учебном примере не учитывать.

Представляемый результат. Итоговое аналитическое сообщение и расчётный файл. Положительный денежный результат не заменяет проверки технической допустимости.

Лабораторные работы

ЛР-1. Проверка данных и экспертная оценка (2 часа; тема 2)

Исходные данные. Использовать сменные наблюдения ПЗ-2. Дополнительно эксперты ранжировали критерии «выпуск / затраты / качество» (ранг 1 - наиболее важный): эксперт 1: (1, 2, 3); эксперт 2: (1, 3, 2); эксперт 3: (2, 1, 3).

Задание. Подготовить таблицу наблюдений и контроль единиц; вычислить средние и долю годных изделий; построить диаграмму. Суммировать ранги критериев и получить веса через обратные суммы рангов с нормировкой до 1. Объяснить, как этот способ учитывает предпочтения и почему малое число экспертов ограничивает вывод.

Проверка и защита. Проверить итог выпуска и брака вручную; сумма весов должна равняться 1. Сохранить формулы и исходные данные.

ЛР-2. Вычислительная модель надёжности (2 часа; тема 3)

Исходные данные. Использовать структуру и вероятности ПЗ-3; исследовать MTTR=2, 4, 8, 16 ч при MTBF=400 ч.

Задание. Реализовать обе структуры и коэффициент готовности в таблице или программе; рассчитать эффект резервирования и изменение готовности при разных MTTR; построить график. Описать функциональные связи между обслуживанием и показателями.

Проверка и защита. Проверить границы значений 0–1; при уменьшении времени восстановления готовность не должна снижаться. Сопоставить один вариант с ручным расчётом.

ЛР-3. Модель производственных потерь (2 часа; тема 4)

Исходные данные. Базовые данные ПЗ-4. После цифрового мониторинга простой - 30 мин, общий выпуск - 390, годный выпуск - 378; плановое время 450 мин и идеальный цикл 1 мин сохраняются.

Задание. Рассчитать компоненты OEE до и после внедрения, абсолютное изменение в процентных пунктах и относительное изменение. Разделить улучшение доступности, производительности и качества; определить, какие данные ещё нужны для экономической оценки.

Проверка и защита. Проверить тождество OEE = идеальное время × годный выпуск / плановое время при принятых условиях. Не смешивать проценты и процентные пункты.

ЛР-4. Многокритериальное ранжирование (2 часа; тема 5)

Исходные данные. Использовать варианты и критерии ПЗ-5. Изменять вес затрат от 0,2 до 0,6 с шагом 0,1; оставшийся вес делить между выпуском и качеством пропорционально 0,4:0,25.

Задание. Реализовать нормирование, свёртку, поиск доминирования и рейтинг; построить график оценок по весу затрат. Выявить смену лидера и дать условную рекомендацию. Предусмотреть обработку случая одинаковых значений критерия: его нормированная оценка одинакова для всех альтернатив.

Проверка и защита. Контролировать сумму весов, направления критериев и диапазон оценок; проверить один вариант вручную; приложить результаты всех шагов.

ЛР-5. Численный анализ динамики (3 часа; тема 6)

Исходные данные. Модель ПЗ-6. Для τ=10 мин использовать h=2, 1 и 0,5 мин; для τ=15 мин провести расчёт с h=1 мин.

Задание. Реализовать явный метод Эйлера и классический метод Рунге-Кутты четвёртого порядка; сравнить с $y(t)=1-\exp(-t/\tau)$. Определить максимальную абсолютную ошибку, время достижения $y\geq0{,}95$ на расчётной сетке и интегральную ошибку по методу трапеций. Исследовать влияние шага.

Проверка и защита. Проверить начальное условие и согласованность сетки; представить графики, таблицу ошибок и объяснение дискретности оценки времени. Отделить погрешность метода от неопределённости параметра τ.

ЛР-6. Сценарная модель и устойчивость решения (3 часа; тема 7)

Исходные данные. Матрица ПЗ-7. При анализе вероятности высокого спроса принять p3=0,1; 0,2; 0,3; 0,4, p1=0,3 и p2=1-p1-p3.

Задание. Реализовать ожидаемый эффект, критерии Вальда, Сэвиджа и Гурвица; построить диаграмму сценарной чувствительности; определить условия смены выбора. Сформировать таблицу применимости методов по доступной информации.

Проверка и защита. Проверить сумму и неотрицательность вероятностей; в каждом сценарии минимальное сожаление должно быть 0; повторить одну строку расчётов вручную.

ЛР-7. Комплексная оценка проекта цифровизации (3 часа; тема 8)

Исходные данные. Данные денежных потоков ПЗ-8 и технических показателей ЛР-3. Ставки дисконтирования: 8 %, 10 %, 15 %; чистый годовой эффект - базовый и на 20 % ниже.

Задание. Создать воспроизводимую модель технических показателей и финансовых потоков; рассчитать NPV и срок окупаемости, сформировать таблицу сценариев. Объяснить допущения объединения данных разных учебных примеров, связь эффекта с потерями и пределы переносимости расчёта на реальное производство. Подготовить итоговое сообщение.

Проверка и защита. Проверить знак первоначальных затрат и момент денежного потока, отсутствие двойного учёта эффекта и обслуживания. Рекомендация должна содержать условия реализации и план проверки технических предпосылок.

Для каждой лабораторной работы представляются отчёт и редактируемый расчётный файл; защита включает объяснение модели, демонстрацию контрольного расчёта и ответ на вопрос о границах применимости. Критерии и порог установлены в разделе 5.

11.4. Примерные темы для дискуссий

1. Почему увеличение локальной производительности не всегда повышает выпуск всей линии?

2. Когда цифровая диагностика повышает техническую эффективность, но не обеспечивает экономического результата?

3. Можно ли компенсировать низкую надёжность высоким выпуском при многокритериальной оценке?

4. Что важнее для обоснования цифровизации: больше данных или проверяемая модель?

5. Как меняется рекомендация при неизвестных вероятностях производственных сценариев?

6. Какие признаки подтверждают причинную связь цифрового внедрения и изменения эффективности?

11.5. Примерная тематика обзоров научных статей

1. Методы оценки эффективности производственных систем в задачах цифровой трансформации.

2. Системы показателей качества, надёжности и производительности оборудования.

3. Многокритериальный выбор вариантов технической модернизации.

4. Экспертные оценки при дефиците производственных данных.

5. Цифровые модели и вычислительный эксперимент при исследовании эффективности.

6. Сценарный анализ, неопределённость и устойчивость решений о цифровизации.

Обзор должен сравнивать постановки задач, показатели, данные, методы и ограничения не менее двух научных публикаций. Результат включается в подготовку аналитического сообщения ПЗ-8 и не образует дополнительной трудоёмкости или отдельного рейтингового задания.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Технологическая карта освоения дисциплины

Таблица П.1 - Последовательность работ в первом семестре

Этап / темы	Контактные часы Л / ЛР / ПЗ	СРС, ч	Контроль и результат
1. Тема 1	2 / 0 / 2	5	ПЗ-1: системная постановка и показатели.
2. Тема 2	2 / 2 / 2	6	ПЗ-2, ЛР-1: данные и план исследования.
3. Тема 3	2 / 2 / 2	6	ПЗ-3, ЛР-2: структурная модель.
4. Тема 4	2 / 2 / 2	6	ПЗ-4, ЛР-3; КСР - 2 ч. Проверка первой части работ.
5. Тема 5	2 / 2 / 2	7	ПЗ-5, ЛР-4: многокритериальная оценка.
6. Тема 6	2 / 3 / 2	8	ПЗ-6, ЛР-5: вычислительный эксперимент.
7. Тема 7	2 / 3 / 2	7	ПЗ-7, ЛР-6: сценарный выбор.
8. Тема 8	3 / 3 / 3	8	ПЗ-8, ЛР-7, итоговый тест; КСР - 2 ч. Зачёт.
Итого	17 / 17 / 17	53	КСР - 4 ч; общий объём - 108 ч.

Этапы следуют порядку тем; конкретные даты выполнения и защиты сообщает преподаватель в начале семестра. Для ОПК-4 контрольный результат - обоснованная оценка эффективности и выбор допустимой альтернативы. Для ОПК-8 - содержательная и математическая постановка, проверенная модель, воспроизводимый расчёт и интерпретация исследования.

Связь видов СРС с темами: чтение литературы (12 ч) распределено по темам 1–8; подготовка к ПЗ (14 ч) и ЛР с отчётами (18 ч) - по соответствующим занятиям; аналитическое сообщение (4 ч) - тема 8; повторение к зачёту (5 ч) - после темы 8. Указанные виды входят в тематические 53 часа и не суммируются с ними повторно.

Лист актуализации рабочей программы дисциплины

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИНЭУ
_____ Митяков С.Н.
«___» _____ 20___ г.

Б1.Б.4 «Анализ эффективности технических систем»

для подготовки магистров

Направление подготовки: 27.04.03 - Системный анализ и управление
Направленность: Цифровая трансформация производственных систем
Форма обучения: очная
Год начала подготовки: 2025
Курс: 1
Семестр: 1

В рабочую программу вносятся следующие изменения для года начала подготовки _____:

1) _____
_____

2) _____
_____

3) _____
_____

Разработчик: Саксина Е.В., к.э.н., доцент
«___» _____ 20___ г.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Управление инновационной деятельностью».
Протокол № ____ от «___» _____ 20___ г.

Заведующий кафедрой УИД _____ Д.Н. Лапаев

Лист актуализации принят на хранение:
Заведующий выпускающей кафедрой ЦЭ _____ Митяков С.Н.
«___» _____ 20___ г.
Методический отдел _____ «___» _____ 20___ г.