МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Декан/Директор_____
«28» января 2025 г.

# ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине,
соответствующей научной специальности программы подготовки научных и
научно-педагогических кадров в аспирантуре

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Томск – 2025

**Авторы-разработчики:**

*Замятин А.В., д-р техн. наук, профессор, директор института прикладной математики и компьютерных наук НИ ТГУ*

*Моисеева С.П., д-р физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой теории вероятностей и математической статистики НИ ТГУ*

*Вавилов В.А., канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии НИ ТГУ*

Согласовано:

Руководитель ОП С.В. Пауль

*подпись*

## 1. Общие положения

**1.1.** Программа вступительного испытания по специальной дисциплине соответствующей научной специальности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (далее – Программа) сформирована на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к программам магистратуры (специалитета) по соответствующим направлениям (специальностям) подготовки. Программа разработана для поступления на обучение в аспирантуру НИ ТГУ.

Программой устанавливается:

– форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;

– шкала оценивания;

– максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;

– критерии оценки ответов.

Вступительное испытание проводится на русском языке или на английском языке для абитуриентов из стран дальнего зарубежья, поступающих на программу, реализуемую на английском языке.

Форма, процедура сдачи вступительного испытания, а также шкала оценивания и критерии оценки ответов экзаменуемого, установленные Программой, не зависят от языка проведения вступительного испытания.

**1.2.** Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора НИ ТГУ, действующими на текущий год поступления.

**1.3.** По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

## 2. Форма, структура, процедура, программа вступительного испытания и шкала оценивания ответов

**2.1.** Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в виде экзамена в соответствии с перечнем тем и (или) вопросов, установленных данной Программой, в устной форме, при этом, рекомендуется основные моменты ответа фиксировать в письменном виде.

**Структура экзамена**:

Экзамен проводится по экзаменационным билетам, включающим два вопроса. При формировании билета вопросы случайным образом берутся из двух различных разделов.

**2.2.** Процедура проведения экзамена представляет собой сдачу экзамена в очной форме и (или) с использованием дистанционных технологий (при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний):

1) очно и дистанционно; 2) только дистанционно; 3) только очно.

Для дистанционных вступительных испытаний используются платформа «Среда электронного обучения iDO» и программы для организации видеоконференций. Для наблюдения за участниками экзамена и идентификации их личности в НИ ТГУ создана система прокторинга. Проктор (наблюдатель) перед началом каждого экзамена при помощи веб-камеры поступающего проводит инструктаж и собеседование по вопросам организации и проведения экзамена, идентификацию личности путем сравнивания фото в паспорте и лица сдающего (поступающий показывает в веб-камеру свой паспорт в развернутом виде рядом со своим лицом).

Видео, транслируемое с веб-камеры участника экзамена, доступно проктору для наблюдения и записывается на сервер для дальнейшего просмотра при возникновении спорных ситуаций.

**2.3.** Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

**2.4. Программа экзамена.**

Перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена и формирования экзаменационных билетов:

## РАЗДЕЛ 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

***1.1. Основы теории моделирования***

Основные принципы математического моделирования. Понятие «модель», основные свойства моделей, классификация моделей. Виды математических моделей. Принципы построения математических моделей. Основные этапы моделирования. Постановка задачи и определение типа модели. Методы исследования математических моделей. Построение математической, алгоритмической и программной моделей исследуемой системы. Области применения.

Понятие и методология имитационного моделирования. Моделирование случайных событий, величин, процессов. Моделирующий алгоритм, общая схема имитационного моделирования. Методы обработки результатов моделирования.

Компьютерные среды и языки имитационного моделирования.

***1.2. Математический анализ и дифференциальные уравнения***

Производная функции. Вычисление производных. Первообразная функция. Интегрирование. Исследование точек экстремума и перегиба функций одной переменной с помощью производных. Полные системы функций (полиномы и тригонометрические функции). Разложение произвольной функции по полной системе функций; остаточный член.

Обыкновенные дифференциальные уравнения: теорема существования и единственности, линейные уравнения первого и второго порядков, однородные уравнения, классификация стационарных точек.

***1.3. Алгебра***

Линейное пространство. Линейная зависимость. Базис. Свойства матриц. Определитель матрицы. Обратная и псевдообратная матрицы. Системы линейных уравнений и критерий совместности.

Линейные операторы. Собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы и симметричной квадратной матрицы. Диагонализация матрицы линейного оператора. Сингулярные числа прямоугольных матриц и их связь с собственными числами ассоциированных матриц. Матричные разложения.

Скалярное произведение. Ортогональность.

Билинейные и квадратичные формы. Знакоопределенные и полуопределенные квадратичные формы и их свойства.

***1.4. Теория вероятностей***

Классическое, геометрическое и аксиоматическое определение вероятности.

Формула полной вероятности. Различные варианты формулы полной вероятности. Формула Байеса.

Случайные величины. Распределение дискретных случайных величин. Характеристики распределений. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. Функции плотности распределения вероятностей значений случайной величины и их свойства.

Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание, дисперсия и их свойства. Начальные, центральные моменты случайных величин, их семиинварианты.

Коэффициент корреляции.

Центральная предельная теорема. Закон больших чисел.

***1.5. Математическая статистика***

Цели и методы планирования экспериментов. Математическая теория эксперимента: формулировка проблемы, классификация методов.

Случайная выборка, статистика, порядковая статистика.

Задача статистического оценивания параметров. Свойства статистических оценок. Методы статистического оценивания.

Статистическая проверка гипотез. Основные типы гипотез, проверяемых в ходе статистической обработки данных.

Общая схема статистического критерия. Построение статистического критерия, принцип отношения правдоподобия. Характеристики качества статистического решения.

Методы аппроксимации сложных зависимостей, построение прогностических и нормативных моделей. Регрессионные линейные и нелинейные модели.

Методы структуризации данных. Задача классификации, механизмы порождения классификаций. Модели распознавания образов. Задача автоматической классификации (кластер-анализ), вариационный и статистический подходы, основные типы алгоритмов, проблемы выбора числа классов.

Методы структуризации параметров. Модели и методы факторного анализа, алгоритмы экстремальной группировки, выбор числа групп, нелинейные модели, особенности методов структуризации качественных признаков.

***1.6. Случайные процессы и теория массового обслуживания***

Определение и описание случайного процесса. Классификация случайных процессов. Статистические средние характеристики случайных процессов.

Потоки событий. Основные характеристики потока событий. Простейший поток и пуассоновский процесс.

Случайные процессы с дискретным состоянием. Основные понятия теории цепей Маркова с дискретным временем.

Процессы гибели и размножения. Метод Хинчина.

Определение и основные свойства цепей Маркова с непрерывным временем.

Системы дифференциальных уравнений Колмогорова.

Понятие и классификации систем массового обслуживания. Определения и основные характеристики. Марковские и немарковские СМО.

***1.7. Математическое программирование***

Понятие и классификация задач математического программирования.

Линейное программирование. Задача линейного программирования (ЗЛП). Условия существования и свойства оптимальных решений ЗЛП. Симплекс-метод. Многокритериальные ЗЛП. Специальные задачи линейного программирования: транспортная задача. Метод северо-западного угла, метод минимального элемента, метод потенциалов.

Целочисленное программирование. Методы отсечения и их сущность. Методы ветвей и границ. Булевское программирование. Венгерский метод.

Динамическое программирование.

Выпуклое программирование. Система дифференциальных условий Куна-Таккера. Квадратичное программирование. Метод Вульфа.

Нелинейное программирование. Особенности нелинейных задач. Локальный и глобальный экстремум. Необходимые условия безусловного экстремума дифференцируемых функций. Задачи с ограничениями. Методы штрафных функций.

Элементы теории игр. Игра как модель конфликтной ситуации. Принцип минимакса. Нахождение оптимальных стратегий.

Задачи принятия решений, их классификация, этапы решения.

Методы многокритериальной оценки альтернатив. Функция полезности.

### *1.8. Теоретические основы проектирования структур вычислительных процессов в автоматизированных системах*

Комбинаторные методы дискретного анализа. Классические задачи комбинаторного анализа. Разбиения и размещения. Основные комбинаторные тождества. Задачи о кодировании информации. Перечислительные задачи о назначениях.

Элементарная теория множеств. Булева алгебра. Логика высказываний. Построение ДНФ и КНФ логической функции. Логика предикатов первого порядка. Теорема о дедукции. Теорема о полноте. Методы логического вывода.

Элементы теории алгоритмов. Понятие о дискретном автомате. Понятие об абстрактном автомате. Анализ и синтез конечных автоматов. Композиция автоматов, структурные схемы. Алгоритмические модели описания работы сложных автоматов. Функции алгебры логики, способы их представления, методы минимизации. Анализ и синтез комбинационных логических схем.

Основы теории графов. Отношения на множествах и графы. Операции над графами. Способы представления графов. Пути в графе. Связность. Степени, числа и матрицы графов. Теорема о связанности двух вершин, имеющих нечетную локальную степень. Степени, числа и матрицы графов. Графы и сети. Максимальное число ребер в графе. Достаточное условие связности графа. Деревья. Связанность любых двух вершин дерева единственным простым путем. Проблема визуализации деревьев. Эйлеровы пути и циклы. Алгоритм построения эйлеровых циклов и оценка сложности алгоритма. Гамильтоновы пути и циклы. Сложность задачи проверки существования гамильтонова цикла. Нахождение кратчайших путей в ориентированном графе. Графы и сети.

### *Литература по разделу 1*

1. Андреев А.Е. Дискретная математика: прикладные задачи и сложность алгоритмов: Учебник и практикум для вузов / А.Е. Андреев, А.А. Болотов, К.В. Коляда, А.Б. Фролов. – М.: Юрайт, 2022. – 317 с.

2. Боровков А.А. Асимптотические методы в теории массового обслуживания. – М.: Наука, 1980. – 381 с.

3. Боровков А.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, – 1984.

4. Боровков А.А. Математическая статистика. – М.: Наука, 1984.

5. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания. – М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.

6. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972.

7. Гашков С.Б. Дискретная математика. Учебник для вузов. – СПб.: Лань, 2022. – 456 с.

8. Гнеденко Б.В. Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. 4-е изд. – М.: изд-во ЛКИ, 2007. – 400 с.

9. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей: учебник. 6-е изд. – М.: Наука, 1988. – 448 с.

10. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. – М.: Наука, 1972.

11. Дудин А.Н., Клименок В.И. Системы массового обслуживания с коррелированными потоками. – Мн.: БГУ, 2000. – 175 с.

12. Каштанов В.А. Случайные процессы : Учебник и практикум для вузов / Каштанов В. А., Энатская Н. Ю. – М.: Юрайт, 2022. – 156 с.

13. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Функциональный анализ. – М.: Наука, 1984.

14. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984.

15. Математическое моделирование // Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовничего и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993.

16. Назаров А.А., Моисеева С.П. Метод асимптотического анализа в теории массового обслуживания. – Томск: изд-во НТЛ, 2006. – 112 с.

17. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория вероятностей и случайных процессов : Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2010.

18. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория вероятностей и случайных процессов : учебное пособие. – Томск: изд. НТЛ, 2006. – 204 с.

19. Назаров А.А., Терпугов А.Ф. Теория массового обслуживания: учебное пособие. – Томск: изд. НТЛ, 2004. – 228 с.

20. Пытьев Ю.П. Математические методы анализа эксперимента. – М.: Высшая школа, 1989.

21. Пытьев Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. – М.: Физматлит, 2002. – 354 с.

22. Решетникова Г.Н., Смагин В.И. Вычисление интегралов. Учебно-методическое пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 1999.

23. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. – М.: Физматлит, 1997. – 316 с.

24. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979. – 286 с.

25. Толпегин О.А. Методы оптимального управления: Учебник и практикум для вузов / О.А. Толпегин. – М.: Юрайт, 2022. – 234 с.

26. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. – М.: Физматгиз, 2000. – 294 с.

# РАЗДЕЛ 2. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

## *2.1. Теория погрешностей*

Понятие и структура погрешности. Абсолютная и относительная погрешность. Верные знаки числа. Арифметические действия над приближёнными числами. Функции приближённого аргумента. Корректность, устойчивость.

Понятие сходимости. Равномерная сходимость. Сходимость в среднем.

***2.2. Решение системы линейных алгебраических уравнений***

Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Особенности применения точных и численных методов.

***2.3. Интерполирование функций***

Постановка задачи интерполирования. Разделённые разности. Интерполяционная формула Ньютона для неравноотстоящих узлов. Конечные разности. Интерполяционные формулы Ньютона для равноотстоящих узлов. Интерполяционные формулы Гаусса, Стирлинга, Лагранжа. Интерполяция сплайнми.

***2.4. Приближенное дифференцирование функций***

Постановка задачи приближенного дифференцирования. Формула численного дифференцирования для равностоящих точек, выраженная через значения функций в этих точках.

***2.5. Приближенное интегрирование функций***

Постановка задачи численного интегрирования. Интегрирование методами: прямоугольников, трапеций, Симпсона, трёх восьмых, Эйлера, Чебышева.

***2.6. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши.***

Решение обыкновенного дифференциального уравнения с помощью рядов Тейлора.

Метод Эйлера. Геометрическое представление метода Эйлера.

Методы Рунге-Кутта. Погрешность методов.

Решение уравнений в частных производных методом сеток. Основные типовые задачи для уравнений параболического, гиперболического, эллиптического типов.

***Литература по разделу 2***

1. Аверина Т.А. Численные методы. Алгоритмы моделирования систем со случайной структурой: Учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 156 с.

2. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М.: Наука,1981.

3. Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высшая школа, 2009. – 840 с.

4. Грекова Т.И. Численные методы. Часть 2. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТГУ, 2010.

5. Домбровский В.В., Смагин В.И. Интерполирование. Учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТГУ, 2006.

6. Зенков А.В. Численные методы : Учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 122 с.

7. Михайлов Г.А. Статистическое моделирование. Методы Монте-Карло: Учебное пособие для вузов / Г.А. Михайлов, А.В. Войтишек. – М.: Юрайт, 2022. – 323 с.

8. Рейзлин В.И. Математическое моделирование : Учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 126 с.

9. Самарский А.А. Введение в численные методы. – М.: Наука, 1982.

10. Смагин В.И., Решетникова Г.Н. Численные методы. Часть 1. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТГУ, 2008.

## РАЗДЕЛ 3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### *3.1. Принципы построения вычислительных систем и сетей*

Понятие вычислительных систем и комплексов. Параллелизм компьютерных вычислений. Одно- и многопроцессорные архитектуры. Подходы к организации многопроцессорных вычислительных систем. Доменная архитектура. Архитектурные приемы реализации микропроцессоров. Коммуникационные среды для объединения компонент вычислительной системы. Шинные интерфейсы. Архитектура иерархической памяти. Организация кэш-памяти.

Концептуальные требования к архитектуре компьютерных сетей. Классификация сетей. Семиуровневая (эталонная) модель взаимодействия открытых систем Международной организации по стандартизации OSI. Функции прикладного, представительского, сеансового, транспортного, сетевого, канального, физического уровней. Модель сети интернет. Понятие протокола. Преобразование форматов протокольных блоков данных (принцип инкапсуляции).

Локальные сети. Протоколы доступа к разделяемой среде передачи данных локальных сетей. Кольцо с тактированным доступом. Кольцо и шина с маркерным доступом (методы доступа Token Ring и Token Bus). Шина со случайным доступом (метод доступа Ethernet). Коммутируемые локальные сети.

### *3.2. Операционные системы*

Понятие и основные компоненты операционных систем (ОС). Надежность, сложность, эффективность, совместимость ОС.

Параллелизм в ОС. Взаимодействие процессов. Механизмы синхронизации, методы реализации.

Структура данных в памяти. Функции управления памятью. Стратегии распределения памяти.

Структура и состав файловых систем. Логическая и физическая организация файловых систем. Процедуры доступа. Верификация управления доступом. Операции над файлами.

### *3.3. Базы данных и СУБД*

Понятие базы данных. Логический и физический уровни представления информации в базах данных. Атомарная единица информации. Сетевая, иерархическая и реляционная модели данных. Схема базы данных.

Конструктивные элементы модели данных. Системы управления базами данных. Языки определения и манипулирования данными.

Основные понятия реляционной модели: отношение, кортеж, домен, степень отношения, мощность отношения, атрибут. Ограничения целостности: возможный ключ, первичный ключ, суррогатный ключ, внешний ключ, триггер. Навигационные и спецификационные операции. Язык SQL.

Понятие проектирования реляционных баз данных. Универсальное отношение. Аномалии. Функциональные зависимости. Нормальные формы отношений. Нормальная форма Бойса-Кодда. Аксиомы функциональных зависимостей. Классическая методика проектирования реляционных схем баз данных.

Семантическая методика проектирования реляционных схем баз данных. Функциональное моделирование предметной области. Семантическое моделирование данных с использованием ER-модели (Essence-Relation Model). Логическое проектирование данных. Правила трансформации схемы базы данных из ER-модели в реляционную модель.

Понятие систем управления базами данных (СУБД). Примеры современных СУБД.

***3.4. Алгоритмы и программирование***

Системы и языки программирования. Машинно-ориентированные, проблемно-ориентированные и универсальные языки. Алфавит, синтаксис и семантика. Способы описания языков программирования. Трансляция.

Типы данных, способы задания типа. Константы и переменные. Идентификаторы.

Структурированные типы данных. Выражения, операции, операторы. Арифметические и логические операции и операторы. Арифметические и логические операции и операторы.

Метки и операторы перехода. Операторы цикла и условные операторы.

Программирование ввода и вывода информации. Подпрограммы, методы передачи параметров при использовании подпрограмм.

Основы объектно-ориентированного программирования. Инкапсуляция, наследование, полиморфизм.

***3.5. Проектирование программного обеспечения***

История развития методов объектно-ориентированного анализа и проектирования. Понятие, общая характеристика, основные задачи языка UML. Прямое и обратное проектирование. Элементы языка UML. Механизмы расширения UML. Диаграммы UML.

***3.6. Прикладное программное обеспечение***

Формы представления комплексов прикладных программ: библиотека, пакет прикладных программ, диалоговая система, гибкая программная оболочка. Способы организации диалогового процесса исследований.

Технология разработки комплексов прикладных программ. Структурное проектирование программ. Применение инструментальных средств разработки пакетов прикладных программ и диалоговых систем.

Математические пакеты прикладных программ: MathCAD, MatLab, Mathematica, Statistica.

### *Литература по разделу 3*


1. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 544 с.
2. Блэк Ю. Сети ЭВМ: Протоколы, стандарты, интерфейсы. – М.: Мир, 1990. – 506 с.
3. Буч Г., Д. Рамбо, А. Джекобсон. UML. Руководство пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2000. – 432 с.
4. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. – М.: ДМК Пресс, 2010. – 272 с.
5. Галиаскаров Э.Г. Анализ и проектирование систем с использованием UML : Учебное пособие для вузов / Э.Г. Галиаскаров, А.С. Воробьев. – М.: Юрайт, 2022. – 125 с.
6. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж., Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. – СПб.: Питер, 2007. – 368 с.
7. Гостев И.М. Операционные системы : Учебник и практикум для вузов. – М.: Юрайт, 2022. – 164 с.
8. Грабер М. SQL: Пер. с англ. – М.: Лори, 2000. – 371 с.
9. Дибров М.В. Компьютерные сети и телекоммуникации. Маршрутизация в IP-сетях в 2 ч. Часть 1: Учебник и практикум. – М.: Юрайт, 2022. – 333 с.
10. Замятин А.В., Сущенко С.П. Операционные системы: учебное пособие. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2020. – 220 с.
11. Кендалл Скотт. Унифицированный процесс. Основные концепции. – М.: Вильямс, 2002. – 160 с.
12. Костюк Ю.Л. Основы программирования. Разработка и анализ алгоритмов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 244 с.
13. Маран М.М. Программная инженерия. – СПб.: Лань, 2022. – 196 с.
14. Нефедов В.И. Общая теория связи: Учебник для вузов / В.И. Нефедов, А.С. Сигов; под ред. В.И. Нефедова. – М.: Юрайт, 2022. – 495 с.
15. Рейнгольд Э., Нивергельд Ю., Део Н. Комбинаторные алгоритмы. Теория и практика. – М.: Мир, 1980. – 476 с.
16. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи / О.К. Скляров. – СПб.: Лань, 2022. – 268 с.
17. Советов Б.Я. Базы данных : Учебник для вузов / Б.Я. Советов, В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской. – М.: Юрайт, 2022. – 420 с.
18. Танненбаум Э. Компьютерные сети. – СПб.: Питер, 2002. – 848 с.
19. Черткова Е.А. Программная инженерия. Визуальное моделирование программных систем. – М.: Юрайт, 2022. – 147 с.
20. Якобсон А., Буч Г., Рамбо Дж. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2002. – 496 с.

**2.5.** Шкала оценивания ответов на экзамене:

| **неудовлетворительно** | **удовлетворительно** | **хорошо** | **отлично** |
|---|---|---|---|
| до 59 баллов | 60 – 75 баллов | 76 – 84 баллов | 85 – 100 баллов |

Общая продолжительность экзамена составляет 45 минут.

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 60. Поступающий, набравший менее 60 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

**Таблица критериев оценки устных и письменных ответов (при наличии)**

| **Вид деятельности** | | |
|---|---|---|
| Оценка | Балл | Уровень владения темой |
| **неудовлетворительно** | до 59 | Выставляется абитуриенту, который не продемонстрировал значительной части материала, допускает существенные ошибки, показывает фрагментарные знания (или их отсутствие), частично освоенное умение (или его отсутствие). Списывание является основанием для получения оценки «неудовлетворительно». |
| **удовлетворительно** | 60-75 | Выставляется абитуриенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении материала. Показывает общее, но не структурированное знание, в целом успешное, но не систематическое умение. |
| **хорошо** | 76-84 | Выставляется абитуриенту, который твердо знает материал, грамотно и по существу его излагает. Не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы. Соответствующие знания и умения в целом сформированы, но содержат отдельные пробелы. |
| **отлично** | 85-100 | Выставляется абитуриенту, который глубоко и прочно усвоил материал и исчерпывающе, грамотно, логически стройно и творчески его изложил. Соответствующие знания и умения сформированы полностью. |

Вступительное испытание проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Итоговая оценка за экзамен определяется как средний балл, выставленный всеми членами экзаменационной комиссии.