

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор – проректор
по научной работе

_____ А.В. Коржов

_____» _____ 2023г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру по специальной дисциплине

группы научных специальностей 1.1 – Математика и механика

1.2 – Компьютерные науки и информатика

по научным специальностям

1.1.1 – Вещественный, комплексный и функциональный анализ

1.1.2 – Дифференциальные уравнения и математическая физика

1.1.5 – Математическая логика, алгебра и теория чисел

1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин

1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела

1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы

1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение

1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

1.2.3 – Теоретическая информатика, кибернетика

Челябинск

2023

ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру по научным специальностям

- 1.1.1 – Вещественный, комплексный и функциональный анализ
- 1.1.2 – Дифференциальные уравнения и математическая физика
- 1.1.5 – Математическая логика, алгебра и теория чисел
- 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин
- 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела
- 1.1.9 – Механика жидкости, газа и плазмы
- 1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение
- 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА

Вступительное испытание состоит из одного этапа, который заключается в письменном ответе на три вопроса билета: два теоретических вопроса из раздела «Общая часть» по основным разделам курсов математики и механики, один теоретический вопрос из раздела «Специальной части». Время на подготовку ответа на вопросы составляет 90 минут. После проверки письменного ответа абитуриенту, при необходимости, членами экзаменационной комиссии могут быть заданы уточняющие вопросы. Продолжительность собеседования с каждым абитуриентом до 15 минут. Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол. Протоколы приема вступительных испытаний после утверждения хранятся в личном деле поступающего.

В случае, если экзамен проводится **в очном формате**, то в расписании указывается аудитория, количество поступающих в одной аудитории не должно превышать при сдаче вступительного испытания 8 человек;

При проведении **в очном формате** вступительных испытаний для граждан с ограниченными возможностями здоровья, на основании заявления о приеме, содержащего сведения о необходимости создания соответствующих специальных условий, обеспечивается соблюдение следующих требований:

– допускается присутствие в аудитории во время сдачи вступительного испытания большего количества поступающих с ограниченными возможностями здоровья, а также проведение вступительных испытаний для лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с поступающими, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, если это не создает трудностей для поступающих при сдаче вступительного испытания;

- продолжительность вступительных испытаний по письменному заявлению поступающих, поданному до начала проведения вступительных испытаний, может быть увеличена по решению организации, но не более чем на 1,5 часа;

- присутствие ассистента (для инвалидов по слуху - переводчика жестового языка, для слепоглухих - тифлосурдопереводчика), оказывающего поступающим необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, общаться с экзаменатором);

- поступающим предоставляется в доступной для них форме инструкция по порядку проведения вступительных испытаний;

- поступающие с учетом их индивидуальных особенностей могут в процессе сдачи вступительного испытания, пользоваться необходимыми им техническими средствами;

- материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа поступающих в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже; наличие специальных кресел и других приспособлений).

Дополнительно при проведении вступительных испытаний обеспечивается соблюдение следующих требований в зависимости от категорий, поступающих с ограниченными возможностями здоровья:

а) для слепых:

- задания для выполнения на вступительном испытании, а также инструкция о порядке проведения вступительных испытаний оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, или зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых, или надиктовываются ассистенту;

- поступающим для выполнения задания при необходимости предоставляются комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

б) для слабовидящих:

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не ниже 300 лк;

- поступающим для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения вступительных испытаний оформляются увеличенным шрифтом, возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- задания для выполнения, а также инструкция по порядку проведения вступительных испытаний оформляются увеличенным шрифтом;

- в) для глухих и слабослышащих обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- г) для слепоглухих предоставляются услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);
- д) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все вступительные испытания по желанию поступающих могут проводиться в письменной форме;
- е) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
 - по желанию поступающих все вступительные испытания могут проводиться в устной форме.

В случае, если экзамен по проводится *в дистанционном формате*, перед экзаменом проводятся обязательная консультация в форме видеоконференции или форума в системе «Электронный ЮУрГУ» в соответствии с утвержденным расписанием. На консультации до абитуриентов доводится процедура проведения экзамена и проводится инструктаж по работе с комнатой видеоконференции во время экзамена.

Процедура проведения экзамена с применением дистанционных образовательных технологий включает следующие этапы:

1. Начало записи проведения экзамена.
2. Идентификация абитуриентов.
3. Экзамен.
4. Завершение записи экзамена.
5. Обсуждение результатов экзамена членами экзаменационной комиссии.
6. Подведение итогов, объявление результатов.

Заместитель председателя экзаменационной комиссии ведет запись экзамена в формате видеоконференции. Запись должна идти непрерывно на протяжении всей процедуры вступительного экзамена. Все видеозаписи процедуры проведения экзамена должны сохраняться у заместителя председателя экзаменационной комиссии в течение двух недель с момента приказа о зачислении. В случае подачи абитуриентом апелляции данные записи могут быть затребованы апелляционной комиссией.

1. Председатель, заместитель председателя, члены экзаменационной комиссии, абитуриенты должны зайти в комнату видеоконференции за 5-10 минут до начала экзамена. Абитуриенты могут входить в комнату видеоконференции со своего компьютера или мобильного устройства

(планшета, телефона), при входе они обязательно должны включить веб-камеру и микрофон этого устройства и оставаться в комнате видеоконференции на протяжении всего времени проведения экзамена.

2. Идентификация абитуриентов является обязательной и осуществляется в следующем порядке:

2.1. Заместитель председателя экзаменационной комиссии произносит фамилию, имя, отчество обучающегося.

2.2. Абитуриент, смотря в веб-камеру, отчетливо произносит свою фамилию, имя и отчество, демонстрируя рядом с лицом в развернутом виде паспорт или другой документ, удостоверяющий личность, на странице с фотографией.

2.3. Абитуриент с помощью веб-камеры показывает для осмотра помещение, в котором он находится во время государственного экзамена.

2.4. Абитуриент возвращает веб-камеру в положение, в котором хорошо просматривается его рабочее место, и он сам. Камера и микрофон абитуриента не должны выключаться до окончания процедуры экзамена.

3. При реализации экзамена в форме письменной работы обучающийся озвучивает номер полученного билета, выполняет письменную работу, по истечении времени, отведенного на выполнение письменной работы, загружает свой ответ в элемент «Задание» системы «Электронный ЮУрГУ».

4. Если в ходе государственного экзамена произошел сбой технических средств абитуриента, устранить который не удалось в течение 15 минут, заместитель председателя экзаменационной комиссии фиксирует факт технического сбоя, вслух озвучивая фамилию, имя, отчество абитуриента и описывая характер технического сбоя. Предоставление абитуриенту возможности продолжения прохождения экзамена определяется экзаменационной комиссией.

5. Обсуждение результатов экзамена членами экзаменационной комиссии проводится в следующем порядке:

5.1. Заместитель председателя экзаменационной комиссии озвучивает время видеоконференции для подведения итогов и объявления результатов государственного экзамена и выключает запись текущей видеоконференции. Результаты экзамена, проводимого в письменной форме, объявляются не позднее первого рабочего дня после завершения экзамена.

5.2. Для обсуждения результатов экзамена и выставления оценок организуется отдельная видеоконференция для членов экзаменационной комиссии. Запись данной видеоконференции не ведется.

6. Подведение итогов и объявление результатов проводится в видеоконференции с ее обязательной записью. Заместитель председателя экзаменационной комиссии четко вслух оглашает результаты, называя фамилию, имя, отчество и оценку каждого абитуриента, а также фамилии, имена и отчества

абитуриентов, не явившихся на экзамен. Абитуриенты, смотря в веб-камеру, отчетливо произнося свою фамилию, подтверждают факт ознакомления и согласие/не согласие с выставленными баллами.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ:

Экзаменационный билет содержит 2 вопроса из разделов «Общая часть» и одного вопроса из раздела «Специальная часть». Вопросы раздела «Общая часть» включают основной материал курсов: Общая алгебра, Линейная алгебра, Математическая логика, Теория чисел, Математический анализ, Ряды, Функциональный анализ, Теория функций комплексной переменной, Уравнения в частных производных. Теоретическая механика, Вариационное исчисление. Вопросы раздела «Специальная часть» включают материал из специальных курсов.

Раздел «Общая часть»

Правило Крамера решения систем линейных уравнений. Метод Гаусса решения систем линейных уравнений. Обратная матрица, способы ее нахождения. Векторы. Операции с векторами. Скалярное произведение векторов. Определение и свойства векторного произведения векторов, его геометрический смысл. Основные типы уравнений прямой на плоскости. Основные виды уравнений плоскости. Уравнения прямой в пространстве. Кривые второго порядка. Полярная система координат. Цилиндрическая и сферическая системы координат. Аффинные преобразования, их свойства. Аффинная система координат. Теорема о задании аффинного преобразования в координатах. Матрица аффинного преобразования. Поверхности второго порядка, их канонические уравнения. Понятие многочлена от одной неизвестной. Теорема о делении с остатком. Теорема о свойствах делимости в кольце многочленов над полем. Теорема Безу. Схема Горнера. Теорема о числе корней многочлена. Задача интерполяции. Интерполяционная формула Лагранжа. Теорема о неприводимых многочленах. Формулы Виета. Определение векторного пространства. Определение подпространства. Теорема о свойствах подпространства. Определение линейной зависимости и линейной независимости векторов. Определение базы. Теорема о дополнении до базы. Теорема о размерности пространства. Определение матрицы перехода от одной базы к другой. Теорема о свойствах матрицы перехода. Теорема о пересечении подпространств. Теорема о строении линейной оболочки. Теорема о сумме двух подпространств. Определение прямой суммы двух подпространств. Теорема о прямой сумме двух подпространств. Определение ранга матрицы. Определение линейного оператора. Теорема о свойствах линейных операторов. Операции над линейными операторами. Доказать, что линейные операторы образуют пространство.

Матрица линейного оператора. Теорема о связи матриц линейного преобразования в разных базах. Доказать, что ядро линейного преобразования является подпространством. Доказать, что образ линейного преобразования является подпространством. Характеристический многочлен линейного преобразования. Теорема Гамильтона-Кэли. Собственные векторы и собственные значения линейного преобразования. Теорема о нахождении собственных значений. Определение и примеры нормальной жордановой формы матрицы. Теоремы о корневых подпространствах, о разложении на корневые подпространства. Теорема об одномерных инвариантных подпространствах. Доказать, что собственные векторы, соответствующие различным собственным значениям, линейно независимы. Критерий диагонализуемости линейного преобразования. Два понятия квадратичной формы (как функции и как многочлена), связь между ними. Теорема о матрице квадратичной формы. Закон инерции квадратичных форм. Пространства со скалярным произведением. Теорема Коши – Буняковского – Шварца. Теорема о свойствах нормы вектора. Теорема об ортогональных множествах векторов, процесс ортогонализации. Теорема об ортогональном дополнении.

Делимость, простые числа, наибольший общий делитель. Расширенный алгоритм Евклида. Цепные дроби. Асимптотический закон распределения простых чисел. Мультипликативные функции. Полная система вычетов, приведенная система вычетов. Теорема Эйлера. Теорема Ферма, тест Ферма на простоту. Понижение степени сравнения. Сравнения первой степени и их решение.

Системы сравнений первой степени и их решение. Китайская теорема об остатках. Квадратичные сравнения. Символ Лежандра. Закон взаимности. Существование решений квадратичного сравнения по простому модулю. Символ Якоби и его свойства. Тест Соловея-Штрассена на простоту. Существование и количество решений квадратичного сравнения по составному модулю. Квадраты и псевдоквадраты. Числа Блума. ВBS-генератор. Задача дискретного логарифмирования. Числа Ферма, теорема Пепина, тест Пепина. Числа Мерсенна и тест Лукаса – Лемера. Язык логики высказываний. Синтаксис языка: алфавит и правила построения формул. Понятие логического следования, принцип дедукции. Совершенные КНФ и ДНФ. Теорема Поста. Полные системы булевых функций. Базис Булевы функции от двух аргументов. Булевы функции и формулы алгебры высказываний. Минимизация ДНФ. Метод карт Карно. Полиномы Жегалкина. Логическое следование формул логики предикатов. Приведенная и предваренная нормальная форма для формул логики предикатов. Кванторные операции над предикатами. Логические операции над предикатами. Свободные и связанные вхождения переменных, замкнутые формулы. Синтаксис языка логики предикатов: алфавит, термы, атомы, правила построения формул. Множество истинности предиката. Равносильность и следование предикатов. Понятие формулы логики предикатов.

Дифференцируемое отображение и функции. Производные по направлению, частные производные класса C^n , дифференцируемость отображений класса C^1 . Формула Тейлора.

Экстремумы и формула Тейлора. Относительный экстремум, множитель Лагранжа. Локальная обратимость отображения с обратимым дифференциалом. Теорема о неявной функции.

Локальное задание гладких подмногообразий в R^n . Касательное пространство.

Интеграл Римана и его свойства. Интегрируемость непрерывной функции. Первообразная непрерывной функции. Приближенное вычисление определенных интегралов. Формулы трапеций и Симпсона, квадратурные формулы Гаусса. Оценки погрешностей. Кратные интегралы. Криволинейные и поверхностные интегралы. Тензор скоростей деформаций. Кинематический смысл его компонент. Формула Остроградского-Гаусса. Дивергенция скорости, вектор вихря скорости. Их кинематический смысл. Формула Стокса. Собственные и несобственные интегралы зависящие от параметра. Равномерная сходимость по параметрам и ее признаки.

Сходимость числовых рядов. Критерий сходимости Коши. Достаточные признаки сходимости. Абсолютная и условная сходимость ряда. Свойства абсолютно сходящихся рядов. Перестановка членов ряда. Умножение рядов. Ряды и последовательности функций. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса.

Мера множества и свойства. Измеримые функции. Теорема Рисса о сходимости о мере. Интеграл Лебега и его основные свойства. Пространства L^p . Неравенства Коши – Буняковского, Минковского и Шварца. Произведение мер и теорема Фубини.

Дифференцирование функций комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Конформные отображения. Простейшие многозначные функции. Понятие римановой поверхности. Теорема Коши об интеграле по замкнутому контуру. Интеграл Коши. Ряд Тейлора. Ряд Лорана. Аналитичность элементарных функций и связь аналитических функций и гармонических. Полус и существенно особая точка. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее применение.

Линейные и метрические пространства. Нормированные пространства. Банаховы, гильбертовы пространства. Линейные операторы, норма оператора. Сопряженный оператор. Теорема Банаха – Штейнгауза. Теорема Хана – Банаха. Теорема Банаха об обратном операторе. Линейные и билинейные функционалы в гильбертовом пространстве. Теорема Рисса об общем виде линейного функционала. Резольвента и спектр линейного оператора. Линейные уравнения с вполне непрерывным оператором. Интегральные уравнения Фредгольма 2-го рода.

Принцип сжатых отображений в полных метрических пространствах и его применения. Итерационные методы решения уравнений $f(x) = 0$ (хорд, Ньютона). Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.

Линейные дифференциальные уравнения и системы. Фундаментальные системы решений. Метод вариации постоянных. Дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами. Квазиполиномы. Общие и частные решения. Функция Грина. Устойчивость по Ляпунову. Функция Ляпунова. Асимптотическая устойчивость.

Элементы вариационного исчисления. Лагранжиан и уравнения Эйлера—Лагранжа. Гамильтониан и уравнения Гамильтона. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений. Теорема Гильберта—Шмидта. Ортогональные системы функций. Ряды Фурье по ортогональной системе функций, неравенство Бесселя, сходимость ряда Фурье. Поточечная сходимость; достаточные условия равномерной сходимости рядов Фурье по тригонометрической системе функций. Полнота системы тригонометрических функций.

Характеристики уравнений в частных производных. Задача Коши и теорема Коши—Ковалевской. Классификация уравнений в частных производных. Метод Даламбера для бесконечной струны. Функция Грина задачи Коши для волнового уравнения. Формула Грина для гармонических функций. Метод разделения переменных.

Уравнение Лапласа и эллиптические уравнения. Гармонические функции. Принцип максимума. Фундаментальное решение. Задачи на собственные значения и разложения по собственным функциям.

Уравнение теплопроводности и параболические уравнения. Фундаментальное решение. Задача Коши. Принцип максимума и теорема единственности.

Волновое уравнение и гиперболические уравнения. Фундаментальное решение. Задача Коши. Основные краевые задачи для уравнения Пуассона. Фундаментальное решение и теория потенциала.

Внешние и внутренние силы. Напряжения. Виды нагружения стержня. Тензор напряжений. Связь между усилиями и напряжениями. Перемещения и деформации, тензор деформаций. Механические свойства материалов, диаграмма условных напряжений, разгрузка и повторное нагружение, основные механические характеристики материала. Простые виды нагружения стержня. Местные напряжения и принцип Сен-Венана, понятие о концентрации напряжений. Потенциальная энергия деформации при произвольном нагружении стержня, принцип возможных перемещений. Определение перемещений в упругих системах, интеграл Мора. Статически неопределимые системы, особенности их работы и принципы расчета. Напряжения от механической нагрузки, тепловые и монтажные. Условия начала пластического деформирования при сложном напряженном состоянии. Работа элементов конструкций за пределами упругости при растяжении и изгибе. Расчет кинетики деформирования и прямое определение предельной нагрузки. Циклическое деформирование за пределами упругости, основные эффекты. Малоцикловая усталость. Многоцикловая усталость. Ползучесть. Расчеты на прочность (по допускаемым напряжениям и предельной

нагрузке) и жесткость; коэффициенты запаса. Основные идеи механики разрушения.

Раздел «Специальная часть»

Понятие группы, аксиомы, примеры: циклические группы, линейные группы, группы подстановок, группы симметрий, квазициклические группы, группы кватернионов. Подгруппы. Порождающие множества. Порождающие и непорождающие элементы групп. Смежные классы по подгруппе, индекс подгруппы. Теорема Лагранжа. Нормальная подгруппа и факторгруппа. Простая группа. Сопряжение в группе, классы сопряжённых элементов в симметрических и линейных группах. Нормализатор и централизатор множества элементов группы. Гомоморфизм, изоморфизм, теоремы о гомоморфизмах. Конструкции прямого и декартова произведений групп. Расширения посредством групп автоморфизмов, голоморф. Действие группы на множестве. Конечные группы. Силовские подгруппы конечных групп, теоремы Силова. Нильпотентные группы. Теорема Фиттинга и подгруппа Фиттинга. Конечные нильпотентные группы, теоремы Бернсайда Виланда и Фраттини.

Разрешимые группы. Тожество разрешимости. Теорема Холла. Теорема Миллера Морено о разрешимости конечных групп, все собственные подгруппы которых абелевы. Периодические группы. Свободные бернсайдовы группы. Теоремы Бернсайда и Санова о конечности свободных бернсайдовых групп периодов 2, 3 и 4 конечного ранга.

Способы задания графа: перечисление элементов, рисунок, матрица смежности, матрица инцидентности, матрица Кирхгофа, их свойства, связь между ними. Лемма о рукопожатиях. Критерий наличия в графе перешейка. Однородные графы, свойства их матрицы смежности. Критерий кографа в терминах запрещённого порождённого подграфа. Основные свойства деревьев. Теорема Эйлера о количестве граней связного планарного графа. Критерии Куратовского – Понтрягина и Вагнера для планарности графа.

Специальные функции и их асимптотическое поведение. Обобщенные решения краевых задач для эллиптического уравнения 2-ого порядка. Принципы предельного поглощения и предельного излучения. Спектр оператора Шредингера с растущим потенциалом. Одномерный оператор Шредингера с убывающим потенциалом, теорема разложения. Блоховские решения одномерного оператора Шредингера с периодическим потенциалом. Обратная задача теории рассеяния для уравнения Шредингера. Определение волновых операторов, оператора и матрицы рассеяния. Резонансы и асимптотическое поведение решений одномерного волнового уравнения при больших временах. Уравнение Кортевега – де Фриза и эволюция данных рассеяния. N-солитонные решения. Параболическое уравнение. Волновое поле для уравнения Гельмгольца в круге, сосредоточенное вблизи границы Краевая задача Римана. Понятие индекса. Уравнение Гамильтона – Якоби.

Метод ВКБ: изолированные точки поворота, равномерные асимптотики. Лучевой метод для стационарного волнового уравнения в неоднородной среде. Стационарное волновое поле, создаваемое точечным источником, вблизи поверхности выпуклого тела, в окрестности границы свет-тень. Волновое поле в неоднородной среде, сосредоточенное в окрестности луча. Асимптотика серии собственных значений, связанных с траекториями типа "прыгающего мячика".

Функции самосопряженного оператора. Теорема о следах. Неравенства Фридрихса и Пуанкаре. Симметричный и самосопряженный оператор. Мера Хаара. Естественное представление оператора числа частиц. Квазиклассическое приближение для решений нестационарного уравнения Шредингера. Функциональные интегралы для задач квантовой механики. Неравенство Гординга. Эллиптический оператор как производящий оператор полугруппы. Применение теории полугрупп к эволюционным задачам.

Расчет напряжений в осесимметрично нагруженных быстровращающихся дисках. Аналитические методы расчета напряженно-деформированного состояния. Численные методы, включая вариационные; метод конечных элементов. Вариационные методы решения задач теории упругости (метод Ритца, метод конечных элементов).

Уравнение продольных и крутильных колебаний упругих стержней. Собственные частоты и формы. Их свойства. Разложение прогиба механической системы по собственным формам. Амплитудно-фазовая частотная характеристика линейной механической системы с линейным вязким трением (на примере системы с одной степенью свободы). Виброизоляция при силовом возбуждении (активная виброизоляция) и кинематическом возбуждении (пассивная виброизоляция). Динамика роторов. Колебания вращающихся валов с дисками. Влияние различных факторов (податливость опор, форма сечения вала, гироскопические эффекты, сила тяжести, различные виды трения) на критические скорости. Устойчивость вращающегося вала. Динамическое гашение колебаний. Электрические измерения неэлектрических величин. Основы электротензометрии. Построение математической модели многофакторного процесса.

Критерии оптимальности планов регрессионного анализа: 1) критерии, связанные с точностью оценок коэффициентов регрессии (условие ортогональности плана, критерии D, A, E оптимальности); 2) критерии, связанные с предсказательными свойствами модели (G и Q оптимальности, критерий ротатабельности плана); 3) критерии, определяющие стратегию эксперимента (минимум необходимых опытов, свойство композиционности плана, рандомизация реализации опытов, принцип оптимального использования факторного пространства). Планирование эксперимента при построении регрессионных моделей второго порядка. Стационарный случайный процесс и его спектральное разложение. Классификация динамических систем, определение частотных

передаточных функций. Статистическая динамика многомерных систем. Статистический подход к задачам прогнозирования надежности. Метод А.Р. Ржаницына.

Стохастические модели экстремальных нагрузок, базирующихся на теории выбросов случайных процессов. Испытания на надежность, методы и практические приемы обработки информации. Ускоренные испытания изделий. Основные гипотезы и модели среды в теории пластичности. Расчеты идеально пластических конструкций. Постулат изотропии А.А. Ильюшина. Постулат Друккера. Ассоциированный закон течения. Технические теории ползучести.

Кинетика процесса разрушения, вязкое и хрупкое разрушение и их особенности. Силовые критерии разрушения (О.Мора, А.Надаи, Писаренко-Лебедева и др.). Деформационные критерии разрушения; диаграмма пластичности В.П. Колмогорова, деформационный критерий в терминах напряжений. Малоцикловая усталость при нормальной и повышенной температуре. Многоцикловая усталость. Построение полной вероятностной диаграммы усталостной прочности.

Тензор деформации. Термодинамика деформирования. Закон Гука. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Деформации с изменением температуры. Деформации термические и адиабатические. Уравнения равновесия изотропных тел. Упругие волны в изотропной среде. Отражение и преломление плоской монохроматической волны от границы раздела двух упругих сред. Поверхностные волны. Разбиение тензора напряжений на шаровой тензор напряжений и тензор девиатора напряжений. Пластичность. Условие текучести Мизеса. Уравнения механики сплошной среды, описывающие упругопластические течения. Теплопроводность. Уравнение теплопроводности в твердых телах. Вязкость твердых тел. Тензор вязких напряжений.

Идеальная жидкость. Уравнение Эйлера. Гидростатика. Уравнение Бернулли. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное движение. Несжимаемая жидкость. Гравитационные волны. Неустойчивость Рэлея–Тейлора. Вязкая жидкость. Уравнение движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Течение по трубе. Закон подобия. Ламинарный пограничный слой. Общее уравнение переноса тепла. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Теплопроводность в неограниченной среде. Теплопроводность в ограниченной среде. Закон подобия для теплопередачи. Свободная конвекция. Движение сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Истечение газа через сопло. Одномерное автомодельное движение. Характеристики. Инварианты Римана. Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярные волны. Термокапиллярная неустойчивость. Ударные волны. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Ударные волны в политропном газе.

Температура плазмы. Плазменные колебания. Электростатическое экранирование. Параметр неидеальности. Равновесная ионизация. Макроскопические параметры плазмы. Уравнение состояния идеальной плазмы. Кулоновские столкновения. Диффузия частиц в плазме. Вязкость плазмы. Теплопроводность плазмы. Проводимость плазмы. Однотемпературное двухжидкостное описание плазмы. Одножидкостная модель плазмы. Приближение идеальной проводимости. Дрейфовое приближение. Диффузия магнитного поля. Равновесный пинч. Изотермическая атмосфера. Механизмы испускания, поглощения и рассеяния электромагнитного излучения в газах. Характеристики поля излучения квантов электромагнитной энергии. Оптические характеристики вещества. Равновесное излучение (тепловое излучение) Уравнение переноса излучения.

2. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Экзаменационные вопросы к разделу «Общая часть».

1. Дифференцируемое отображение и функции.
2. Производные по направлению, частные производные класса C^n , дифференцируемость отображений класса C^1 .
3. Формула Тейлора.
4. Экстремумы и формула Тейлора. Относительный экстремум, множитель Лагранжа.
5. Локальная обратимость отображения с обратимым дифференциалом.
6. Теорема о неявной функции.
7. Локальное задание гладких подмногообразий в R^n . Касательное пространство.
8. Интеграл Римана и его свойства. Интегрируемость непрерывной функции. Первообразная непрерывной функции.
9. Приближенное вычисление определенных интегралов. Формулы трапеций и Симпсона, квадратурные формулы Гаусса. Оценки погрешностей.
10. Кратные интегралы. Криволинейные и поверхностные интегралы.
11. Тензор скоростей деформаций. Кинематический смысл его компонент. Формула Остроградского – Гаусса. Дивергенция скорости, вектор вихря скорости. Их кинематический смысл. Формула Стокса.
12. Собственные и несобственные интегралы, зависящие от параметра. Равномерная сходимость по параметрам и ее признаки. Непрерывность, интегрирование и дифференцирование интегралов по параметру.
13. Сходимость числовых рядов. Критерий сходимости Коши. Достаточные признаки сходимости (Коши, Даламбера, Лейбница, интегральный). Абсолютная и условная сходимость ряда. Свойства абсолютно сходящихся рядов. Перестановка членов ряда.

14. Ряды и последовательности функций. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса. Свойства равномерно сходящихся рядов (непрерывность суммы, почленное интегрирование и дифференцирование).
15. Мера множества и свойства.
16. Измеримые функции. Теорема Рисса о сходимости о мере.
17. Интеграл Лебега и его основные свойства.
18. Пространства L_p . Неравенства Коши – Буняковского, Минковского и Шварца.
19. Произведение мер и теорема Фубини.
20. Дифференцирование функций комплексного переменного. Условия Коши-Римана.
21. Конформные отображения. Простейшие многозначные функции.
22. Понятие римановой поверхности. Теорема Коши об интеграле по замкнутому контуру. Интеграл Коши.
23. Ряд Тейлора. Ряд Лорана. Аналитичность элементарных функций и связь аналитических функций и гармонических.
24. Полус и существенно особая точка. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее применение.
25. Линейные преобразования. Квадратичные формы. Приведение их к каноническому виду линейными преобразованиями в комплексной и действительной областях. Закон инерции.
26. Линейная зависимость и независимость векторов. Ранг матрицы. Системы линейных алгебраических уравнений, теорема Кронекера – Капелли. Общее решение системы линейных алгебраических уравнений.
27. Ортогональные преобразования в евклидовом пространстве и ортогональные матрицы. Свойства ортогональных матриц. Характеристический многочлен линейного преобразования векторного пространства. Собственные числа и собственные векторы. Свойства собственных чисел и векторов симметрических матриц.
28. Понятие о методе ортогональных вращений решения полной проблемы собственных значений. Жорданова нормальная форма матриц и линейных операторов.
29. Определение и примеры групп. Нормальная подгруппа.
30. Гомоморфизмы групп и теорема о гомоморфизмах.
31. Абелевы группы. Конечные группы.
32. Свободные группы. Свободные модули.
33. Линейные и метрические пространства (определения примеры).
34. Нормированные пространства. Условие нормируемости.
35. Банаховы, гильбертовы пространства.
36. Линейные операторы, норма оператора.
37. Сопряженный оператор.
38. Теорема Банаха – Штейнгауза .
39. Теорема Хана – Банаха .
40. Теорема Банаха об обратном операторе.

41. Линейные и билинейные функционалы в гильбертовом пространстве. Теорема Рисса об общем виде линейного функционала.
42. Резольвента и спектр линейного оператора.
43. Линейные уравнения с вполне непрерывным оператором. Интегральные уравнения Фредгольма 2-го рода.
44. Принцип сжатых отображений в полных метрических пространствах и его применения. Итерационные методы решения уравнений $f(x)=0$ (хорд, Ньютона). Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений.
45. Линейные дифференциальные уравнения и системы. Фундаментальные системы решений. Метод вариации постоянных.
46. Дифференциальные уравнения и системы с постоянными коэффициентами. Квазиполиномы. Общие и частные решения.
47. Функция Грина.
48. Устойчивость по Ляпунову. Функция Ляпунова. Асимптотическая устойчивость.
49. Элементы вариационного исчисления. Лагранжиан и уравнения Эйлера – Лагранжа .
50. Гамильтониан и уравнения Гамильтона.
51. Принцип максимума Понтрягина.
52. Теоремы Фредгольма для интегральных уравнений. Теорема Гильберта – Шмидта.
53. Ортогональные системы функций. Ряды Фурье по ортогональной системе функций, неравенство Бесселя, сходимость ряда Фурье. Поточечная сходимость; достаточные условия равномерной сходимости рядов Фурье по тригонометрической системе функций. Полнота системы тригонометрических функций.
54. Характеристики уравнений в частных производных.
55. Задача Коши и теорема Коши—Ковалевской.
56. Классификация уравнений в частных производных.
57. Метод Даламбера для бесконечной струны.
58. Функция Грина задачи Коши для волнового уравнения. Формула Грина для гармонических функций.
59. Метод разделения переменных.
60. Уравнение Лапласа и эллиптические уравнения. Гармонические функции.
61. Принцип максимума. Фундаментальное решение.
62. Задачи на собственные значения и разложения по собственным функциям.
63. Уравнение теплопроводности и параболические уравнения. Фундаментальное решение.
64. Волновое уравнение и гиперболические уравнения. Фундаментальное решение. Задача Коши.
65. Основные краевые задачи для уравнения Пуассона. Фундаментальное решение и теория потенциала.
66. Внешние и внутренние силы. Напряжения.

67. Виды нагружения стержня.
68. Тензор напряжений. Связь между усилиями и напряжениями.
69. Перемещения и деформации, тензор деформаций.
70. Механические свойства материалов, диаграмма условных напряжений, разгрузка и повторное нагружение, основные механические характеристики материала.
71. Простые виды нагружения стержня.
72. Местные напряжения и принцип Сен-Венана, понятие о концентрации напряжений.
73. Потенциальная энергия деформации при произвольном нагружении стержня, принцип возможных перемещений.
74. Определение перемещений в упругих системах, интеграл Мора.
75. Статически неопределимые системы, особенности их работы и принципы расчета.
76. Напряжения от механической нагрузки, тепловые и монтажные
77. Условия начала пластического деформирования при сложном напряженном состоянии
78. Работа элементов конструкций за пределами упругости при растяжении и изгибе. Расчет кинетики деформирования и прямое определение предельной нагрузки.
79. Циклическое деформирование за пределами упругости, основные эффекты. Малоцикловая усталость
80. Многоцикловая усталость
81. Ползучесть
82. Расчеты на прочность (по допускаемым напряжениям и предельной нагрузке) и жесткость; коэффициенты запаса.
83. Основные идеи механики разрушения.
84. Операции над комплексными числами. Формула возведения в степень комплексного числа. Извлечение корней из комплексных чисел, геометрическая интерпретация. Доказать, что комплексные числа образуют поле.
85. Операции с векторами. Скалярное произведение векторов. Определение и свойства векторного произведения векторов, его геометрический смысл. Задание векторного произведения в координатах. Определение и свойства смешанного произведения векторов, его геометрический смысл.
86. Кривые второго порядка.
87. Полярная система координат, ее связь с прямоугольной.
88. Матрица аффинного преобразования. Теорема о матрице суперпозиции аффинных преобразований. Теорема о существовании аффинного преобразования для трёх данных точек.
89. Теорема о делении с остатком. Теорема о свойствах делимости в кольце многочленов над полем. Понятие наибольшего общего делителя. Алгоритм Евклида.
90. Линейное представление наибольшего общего делителя. Теорема о свойствах взаимно простых многочленов. Определение значения многочлена в точке. Теорема Безу.

91. Схема Горнера. Отыскание рациональных корней многочлена с целыми коэффициентами. Определение кратности корня многочлена. Теорема о числе корней многочлена.

92. Задача интерполяции. Интерполяционная формула Лагранжа. Определение неприводимого многочлена. Основная теорема арифметики многочленов.

93. Теорема о размерности пространства. Определение матрицы перехода от одной базы к другой. Теорема о свойствах матрицы перехода. Теорема о пересечении подпространств. Теорема о строении линейной оболочки. Теорема о сумме двух подпространств.

94. Операции над линейными операторами. Доказать, что линейные операторы образуют пространство.

95. Матрица линейного оператора. Теорема о связи матриц линейного преобразования в разных базах.

96. Определение ядра и образа линейного преобразования. Доказать, что ядро линейного преобразования является подпространством. Доказать, что образ линейного преобразования является подпространством.

Экзаменационные вопросы к разделу «Специальная часть».

1. Пространства Соболева и теоремы вложения.
2. Специальные функции (Ханкеля, Лежандра, Бесселя, Эрмита). Асимптотическое поведение.
3. Обобщенные решения краевых задач для эллиптического уравнения 2-ого порядка.
4. Принципы предельного поглощения и предельного излучения.
5. Спектр оператора Шредингера с растущим потенциалом. Одномерный оператор Шредингера с убывающим потенциалом, теорема разложения.
6. Блоховские решения одномерного оператора Шредингера с периодическим потенциалом.
7. Обратная задача теории рассеяния для уравнения Шредингера.
8. Определение волновых операторов, оператора и матрицы рассеяния.
9. Резонансы и асимптотическое поведение решений одномерного волнового уравнения при больших временах.
10. Уравнение Кортевега – де Фриза и эволюция данных рассеяния. N-солитонные решения.
11. Параболическое уравнение. Волновое поле для уравнения Гельмгольца в круге, сосредоточенное вблизи границы.
12. Стационарное волновое поле, создаваемое точечным источником, вблизи поверхности выпуклого тела, в окрестности границы свет-тень.
13. Волновое поле в неоднородной среде, сосредоточенное в окрестности луча. Асимптотика серии собственных значений, связанных с траекториями типа "прыгающего мячика".
14. Функции самосопряженного оператора. Теорема о следах.
15. Неравенства Фридрихса и Пуанкаре.

16. Симметричный и самосопряженный оператор. Мера Хаара.
17. Принцип аргумента и теорема Руше.
18. Уравнения Эйнштейна.
19. Алгебра Ли группы Ли, варианты определений.
20. Формула Кэмпбелла – Хаусдорфа.
21. Производная экспоненциального отображения.
22. Естественное представление оператора числа частиц.
23. Квазиклассическое приближение для решений нестационарного уравнения Шредингера.
24. Функциональные интегралы для задач квантовой механики. Понятие о деформационном квантовании.
25. Эллиптический оператор как производящий оператор полугруппы.
26. Применение теории полугрупп к эволюционным задачам.
27. Расчет напряжений в осесимметрично нагруженных быстро вращающихся дисках;
28. Вариационные методы решения задач теории упругости (метод Ритца, метод конечных элементов).
29. Уравнение продольных и крутильных колебаний упругих стержней
30. Уравнение изгибных колебаний упругих стержней
31. Собственные частоты и формы упругих систем. Их свойства.
32. Разложение прогиба механической системы по собственным формам.
33. Амплитудно-фазовая частотная характеристика линейной механической системы с линейным вязким трением (на примере системы с одной степенью свободы).
34. Виброизоляция при силовом возбуждении (активная виброизоляция) и кинематическом возбуждении (пассивная виброизоляция).
35. Динамика роторов. Колебания вращающихся валов с дисками. Влияние различных факторов (податливость опор, форма сечения вала, гироскопические эффекты, сила тяжести, различные виды трения) на критические скорости.
36. Устойчивость вращающегося вала.
37. Динамическое гашение колебаний.
38. Электрические измерения неэлектрических величин.
39. Основы электротензометрии.
40. Построение математической модели многофакторного процесса.
41. Критерии оптимальности планов регрессионного анализа: 1) критерии, связанные с точностью оценок коэффициентов регрессии (условие ортогональности плана, критерии D, A, E оптимальности); 2) критерии, связанные с предсказательными свойствами модели (G и Q оптимальности, критерий ротатабельности плана); 3) критерии, определяющие стратегию эксперимента (минимум необходимых опытов, свойство композиционности плана, рандомизация реализации опытов, принцип оптимального использования факторного пространства).
42. Планирование эксперимента при построении регрессионных моделей второго порядка.

43. Стационарный случайный процесс и его спектральное разложение.
44. Классификация динамических систем, определение частотных передаточных функций.
45. Статистическая динамика многомерных систем.
46. Статистический подход к задачам прогнозирования надежности. Метод А.Р. Ржаницына.
47. Стохастические модели экстремальных нагрузок, базирующихся на теории выбросов случайных процессов. Испытания на надежность, методы и практические приемы обработки информации. Ускоренные испытания изделий.
48. Основные гипотезы и модели среды в теории пластичности.
49. Расчеты идеально пластических конструкций.
50. Постулат изотропии А.А. Ильюшина.
51. Постулат Друккера. Ассоциированный закон течения.
52. Технические теории ползучести.
53. Кинетика процесса разрушения, вязкое и хрупкое разрушение и их особенности. Силовые критерии разрушений. Деформационные критерии разрушения; диаграмма пластичности В.П. Колмогорова, деформационный критерий в терминах напряжений.
54. Малоцикловая усталость при нормальной и повышенной температуре. Многоцикловая усталость. Построение полной вероятностной диаграммы усталостной прочности.
55. Тензор деформации. Тензор напряжений. Термодинамика деформирования. Закон Гука. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона.
56. Деформации с изменением температуры. Деформации термические и адиабатические. Уравнения равновесия изотропных тел.
57. Упругие волны в изотропной среде. Отражение и преломление плоской монохроматической волны от границы раздела двух упругих сред. Поверхностные волны.
58. Разбиение тензора напряжений на шаровой тензор напряжений и тензор девиатора напряжений. Пластичность. Условие текучести Мизеса.
59. Уравнения механики сплошной среды, описывающие упругопластические течения.
60. Теплопроводность. Уравнение теплопроводности в твердых телах.
61. Вязкость твердых тел. Тензор вязких напряжений.
62. Идеальная жидкость. Уравнение Эйлера.
63. Гидростатика. Уравнение Бернулли. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное движение.
64. Несжимаемая жидкость. Гравитационные волны. Неустойчивость Рэлея–Тейлора.
65. Вязкая жидкость. Уравнение движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.
66. Течение по трубе. Закон подобия. Ламинарный пограничный слой.
67. Общее уравнение переноса тепла. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Теплопроводность в неограниченной среде. Теплопроводность в

- ограниченной среде. Закон подобия для теплопередачи. Свободная конвекция.
68. Движение сжимаемого газа. Стационарный поток сжимаемого газа. Истечение газа через сопло.
69. Одномерное автомодельное движение. Характеристики. Инварианты Римана.
70. Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярные волны. Термокапиллярная неустойчивость.
71. Ударные волны. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Ударные волны в политропном газе.
72. Температура плазмы. Плазменные колебания. Электростатическое экранирование. Параметр неидеальности. Равновесная ионизация. Макроскопические параметры плазмы. Уравнение состояния идеальной плазмы.
73. Кулоновские столкновения. Диффузия частиц в плазме. Вязкость плазмы. Теплопроводность плазмы. Проводимость плазмы.
74. Однотемпературное двухжидкостное описание плазмы. Одножидкостная модель плазмы. Приближение идеальной проводимости.
75. Дрейфовое приближение. Диффузия магнитного поля. Равновесный пинч. Изотермическая атмосфера.
76. Механизмы испускания, поглощения и рассеяния электромагнитного излучения в газах. Характеристики поля излучения квантов электромагнитной энергии.
77. Оптические характеристики вещества. Равновесное излучение (тепловое излучение) Уравнение переноса излучения.
78. Теорема Ферма, тест Ферма на простоту. Понижение степени сравнения. Сравнения первой степени и их решение. Системы сравнений первой степени и их решение.
79. Квадраты и псевдоквадраты. Проблема различения квадратов и псевдоквадратов, ее связь с задачей факторизации. Числа Блюма. BBS-генератор.
80. Порождающий элемент и дискретный логарифм. Задача дискретного логарифмирования. Числа Ферма, теорема Пепина, тест Пепина. Теорема Диемитко и процедура генерации простых чисел.
81. Понятие логического следования, принцип дедукции. Базовый алгоритм проверки общезначимости КНФ. Совершенные КНФ и ДНФ. Правило резолюций, метод резолюций. Методы доказательства теорем.
82. Проблемы общезначимости и выполнимости формул логики предикатов. Логическое следование формул логики предикатов. Приведенная и предваренная нормальная форма для формул логики предикатов. Кванторные и логические операции над предикатами.
83. Семантика языка логики предикатов, интерпретация формул. Синтаксис языка логики предикатов. Множество истинности предиката. Равносильность и следование предикатов. Понятие формулы логики предикатов.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТВЕТОВ ПРЕТЕНДЕНТОВ

Шкала оценки знаний абитуриента на экзамене стобалльная.

Ответы претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению оцениваются

– по вопросам раздела «Общая часть» по 30 баллов за каждый вопрос;

– по вопросу раздела «Специальная часть» – 40 баллов

согласно следующим критериям:

Для вопросов раздела «Общая часть»

Оценка	Критерии оценки ответов на вопросы общей части
21 -30	<ol style="list-style-type: none"> 1. Полно раскрыто содержание вопроса 2. Чётко и правильно даны определения и формулировки утверждений, приведены верные доказательства. 3. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
11-20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Раскрыто основное содержание вопроса. 2. В основном правильно даны определения, понятия. 3. Материал изложен неполно, при ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
0-10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приведено основное содержание вопроса, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно. 2. Определения и понятия даны не чётко. 3. Допущены ошибки при промежуточных математических выкладках в выводах.

Для вопросов раздела «Специальная часть»

Оценка	Критерии оценки ответов на вопрос специальной части
31 -40	<ol style="list-style-type: none"> 1. Полно раскрыто вопроса. 2. Чётко и правильно даны определения и раскрыто содержание материала. 3. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее. 4. Сформированы навыки исследовательской деятельности.

21-30	<ol style="list-style-type: none"> 1. Раскрыто основное содержание вопроса. 2. В основном правильно даны определения, понятия. 4. Материал изложен неполно, при ответе допущены неточности, нарушена последовательность изложения. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов. 5. Практические навыки нетвёрдые
11-20	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приведено основное содержание вопроса, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно. 2. Определения и понятия даны не чётко. 3. Допущены ошибки при промежуточных математических выкладках в выводах. 4. Практические навыки слабые.
0-10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основное содержание вопроса не раскрыто. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы экзаменационной комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях, доказательства теорем не проведены. 4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, устанавливается равным 50 баллам.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Наука, 2000.
2. Михлин С.Г. Курс математической физики. М.: Наука, 2002.
3. Ладыженская О.А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973.
4. Мальцев А.И. Основы линейной алгебры. М.: Наука, 1956.

5. Курош А.Г. Теория групп. М.: Наука, 1967.
6. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. ч I и ч. II.
7. Кудрявцев Л.Д. Курс дифференциального и интегрального исчисления в 3-х томах.
8. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии.
9. Воеводин В.В. Линейная алгебра
10. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного.
11. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексной переменной.
12. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре.
13. Курош А.Г. Курс высшей алгебры.
14. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1976.
15. Ефимов Н.В. Высшая геометрия. М.: Наука, 1973.
16. Булинский А.В. Ширяев А.Н. Введение в теорию случайных процессов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
17. Шилов Г.Е. Введение в теорию линейных пространств.
18. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения.
19. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений.
20. Петровский И.Г. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям.
21. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление.
22. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Издательство МГУ, 2004.
23. Соболев С.Л. Уравнения математической физики.
24. Петровский И.Г. Лекции по уравнениям в частных производных.
25. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений, т. I и II. М.: Физматгиз, 1962.
26. Бахвалов Н.С. Численные методы.
27. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем.
28. В. Феллер. Введение в теорию вероятностей и её приложения. т I и II. М.: Мир, 1984.
29. Мальцев А.И. Вычислимые функции.
30. С.Карлин. Математические методы в теории игр, программировании и экономике.
31. Васильев Ф.П. Методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1981.
32. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Высшая школа, 1972.
33. Алексеев А.С., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. М.: Наука, 1979.
34. Маркеев А.П. Теоретическая механика: учебник для университетов. М.: РХД., 2007.
35. Кильчевский Н.А. Курс теоретической механики. Т.2 М.: Наука, 1977.
36. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988.

37. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. М.: МГУ, 2012.
38. Седов Л. И. Механика сплошной среды Т. 1 Учебник для ун-тов и втузов. М.: Наука, 1983.
39. Седов Л. И. Механика сплошной среды Т. 2 Учебник для ун-тов и втузов. М.: Наука, 1984.
40. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.7 Теория упругости. М.: Физматлит, 2007.
41. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика. М.: Физматлит, 2001.
42. Зельдович Я. Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
43. Котельников И. А. Лекции по физике плазмы: учебное пособие для вузов: в 2 томах. Санкт-Петербург: Лань, 2021.

6. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. elumf.sp.susu.ac.ru
2. elanbook.ru ЭБС «Лань» доступ к бесплатному пакету

7. РАЗРАБОТЧИКИ

Директор ИЕТН

А.А. Замышляева

Зав. кафедрой «Техническая механика»

П.А. Тараненко

ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности:

1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика

1. ПРОЦЕДУРА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА

Проведение испытания в очном формате

Вступительное испытание в аспирантуру проводится в виде письменного экзамена и последующего собеседования по представленным ответам в очной форме в аудитории университета.

Процедура проведения вступительного испытания:

1. В аудиторию заходят все абитуриенты, присутствующие на экзамене.

2. Председатель комиссии или его заместитель поочередно называет фамилию, имя и отчество Абитуриента из числа присутствующих и просит экзаменуемого Абитуриента предъявить документы, удостоверяющие личность Абитуриента.

3. После подтверждения личности Абитуриента, комиссия просит Абитуриента назвать номер из числа оставшихся номеров вопросных листов (билетов). Вопросный лист содержит 3 экзаменационных вопроса из разных тем, представленных в программе вступительных испытаний. Председатель или член комиссии зачитывает экзаменационные вопросы, указанные в выбранном вопросном листе, озвучивает текущее время как время начала подготовки Абитуриента к собеседованию. Фамилия, имя, отчество Абитуриента, номер вопросного листа, и время начала подготовки фиксируются комиссией в ведомости вступительного испытания. Абитуриент начинает письменную подготовку к собеседованию по выбранному билету.

4. Время подготовки Абитуриента к собеседованию – не менее 45 минут.

5. Абитуриент имеет право заявить о своей готовности к собеседованию по заданным темам ранее отведенного ему времени.

6. По окончании отведенного времени, Комиссия проводит собеседование с Абитуриентами в порядке выдачи вопросных листов, либо ранее, по желанию Абитуриента.

7. Абитуриент проходит устное индивидуальное собеседование на основе представленных письменных ответов на выданные вопросы. Количество дополнительных вопросов не более трех: по одному из каждой темы.

8. Комиссия оценивает ответы Абитуриента и проставляет оценку в соответствующей ведомости.

9. После заслушивания ответов всех абитуриентов комиссия оглашает результаты экзамена.

Проведение испытания в дистанционном формате:

Вступительное испытание в аспирантуру проводится в виде собеседования с применением дистанционных технологий. Процедура проведения вступительных испытаний фиксируется в формате видеозаписи.

Процедура проведения вступительного испытания:

1. Абитуриент должен до начала вступительного испытания подготовить рабочее место в помещении, где он/она будет находиться во время проведения собеседования:

- запустить компьютер или другое устройство для подключения к видеоконференции (настольный компьютер, ноутбук, планшет, смартфон и т.п.);
- включить микрофон и проверить его работоспособность;

- включить видеокамеру и проверить, что видеокамера находится в таком положении, что хорошо просматриваются рабочее место и сам Абитуриент (отсутствие видеокамеры влечет за собой отказ в прохождении вступительного испытания);

- подключиться к сети Интернет, проверить доступ к сервису видеоконференций;

- иметь при себе распечатанную программу испытания, подготовить ручку и бумагу формата А4 для написания ответа на вопросы.

Для прохождения испытания Абитуриент должен войти в виртуальную комнату видеоконференции (ссылка будет выслана на электронную почту абитуриента, указанную при регистрации в Личном кабинете Абитуриента) со своего устройства. При входе необходимо включить видеокамеру, микрофон и оставаться в виртуальной комнате видеоконференции на протяжении всего времени проведения вступительного испытания. Абитуриент не вправе выходить из помещения, где он выполняет задание по вступительному испытанию, и не вправе выносить или вносить в данное помещение посторонние предметы и устройства. Присутствие третьих лиц в помещении с экзаменуемым не допускается. Опоздание на вступительное испытание не является основанием для продления времени испытания.

2. Председатель комиссии или его заместитель поочередно называет фамилию, имя и отчество Абитуриента из числа присутствующих и просит экзаменуемого Абитуриента пройти процедуру идентификации экзаменуемого Абитуриента.

2.1. Абитуриент, смотря в видеокамеру, отчетливо произносит свою фамилию, имя и отчество, демонстрируя рядом с лицом в развернутом виде документ, удостоверяющий личность, на странице с фотографией. Члены комиссии подтверждают совпадение данных.

2.2. Абитуриент с помощью видеокамеры показывает комиссии для осмотра помещение, в котором он находится.

2.3. Абитуриент возвращает видеокамеру в положение, в котором хорошо просматриваются его рабочее место, и он сам. Камера и микрофон Абитуриента не должны выключаться до окончания процедуры вступительного испытания. В случае выхода Абитуриента из пространства обзора видеокамеры или прерывания сеанса связи с Абитуриентом (с последующим восстановлением) Абитуриенту делается замечание. При повторении подобных фактов Абитуриент отстраняется от участия в текущих приемных испытаниях. Комиссия составляет соответствующий Акт о нарушениях регламента приемных испытаний и передает его в Приемную комиссию.

3. При подтверждении факта соответствия, Комиссия разрешает Абитуриенту остаться в виртуальной комнате, просит Абитуриента назвать номер из числа оставшихся номеров вопросных листов (билетов). Вопросный лист содержит темы для ответов и обсуждения, представленные в программе вступительных испытаний. Председатель или член комиссии зачитывает темы собеседования, указанные в выбранном вопросном листе, озвучивает текущее время как время начала подготовки Абитуриента к собеседованию. Фамилия, имя, отчество Абитуриента, номер вопросного листа, и время начала подготовки фиксируются комиссией в ведомости вступительного испытания. Абитуриент начинает подготовку к собеседованию по выбранному билету.

4. Абитуриент имеет право письменно фиксировать свою подготовку к собеседованию. Время подготовки Абитуриента к собеседованию – не менее 45 минут. Абитуриент имеет право заявить о своей готовности к собеседованию по заданным темам ранее отведенного ему времени.

5. По окончании отведенного времени, Комиссия проводит собеседование с Абитуриентами в порядке выдачи вопросных листов, либо ранее, по желанию Абитуриента.

6. При готовности Абитуриента к собеседованию, Комиссия сообщает Абитуриенту ссылку на комнату и время начала для индивидуального собеседования.

7. Абитуриент проходит устное индивидуальное собеседование. Комиссия ведет запись видеотрансляции в течение всего собеседования.

8. По окончании индивидуального собеседования Абитуриент возвращается в общую комнату видеоконференции. Комиссия оценивает ответы Абитуриента и проставляет оценку в соответствующей ведомости.

9. После заслушивания ответов всех абитуриентов комиссия оглашает результаты собеседования.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ:

Общая часть

Раздел I. Основы программирования

1.1 Программирование как научная дисциплина и вид профессиональной деятельности.

1.2 Информация. Виды и свойства информации. Информация и данные. Измерение информации, меры информации.

1.3 Понятия компьютера, компьютерной программы, машинной команды, системы команд компьютера. Принципы построения компьютера. Принципы фон Неймана. Цикл работы компьютера.

1.4 Аппаратное, программное и алгоритмическое обеспечение.

1.5 Понятие среды (системы) программирования. Понятие цикла разработки программы на некотором ЯП. Синтаксические и семантические ошибки в программе, ошибки времени выполнения. Назначение и основные функции отладчика. Понятие директивы компилятора.

1.6 Объявление и использование констант. Типизированные константы. Понятие выражения в ЯП. Классификация и приоритет операций.

1.7 Понятие типа данных в ЯП, классификация, примеры. Структурная и именная эквивалентность типов данных. Понятие совместимости типов, совместимость по присваиванию. Преобразование типов.

1.8 Понятие оператора в ЯП. Классификация операторов. Примеры операторов. Понятие структурного программирования. Теорема о структурном программировании.

1.9 Понятие подпрограммы в ЯП. Виды подпрограмм. Спецификация подпрограммы. Формальные и фактические параметры подпрограммы. Взаимно рекурсивные подпрограммы. Разработка подпрограмм: выбор вида формальных параметров. Модульное программирование.

1.10 Структура программы на ЯП высокого уровня. Понятия определяющего и использующего вхождения идентификатора, области действия и видимости декларации. Локальные и глобальные переменные. Понятие побочного эффекта подпрограммы. Распределение памяти программы: сегмент данных, сегмент стека, куча.

1.11 Файловые типы данных. Стандартные подпрограммы работы с файлами. Ссылочные типы данных и указатели. Статические и динамические переменные программы. Стандартные подпрограммы работы с указателями.

1.12 Библиотеки в ЯП. Структура и назначение компонент библиотеки.

1.13 Понятие рекурсии и итерации. Структура рекурсии. Реализация механизма рекурсии. Рекурсивные алгоритмы.

1.14 Структура данных. Логическая и физическая структура данных. Классификация структур данных.

1.15 Последовательные списки: стек, очередь, дек. Связные списки: однонаправленный список, двунаправленный список, циклический список.

1.16 Бинарные деревья поиска.

1.17 Принципы ООП. Понятие объекта, характеристика объекта, видимость атрибутов и методов, синтаксис. Раннее и позднее связывание.

Раздел II. Языки программирования.

2.1 Проблематика языков программирования.

2.2 Методы трансляции программ. Основы методов трансляции программ.

2.3 Основные концепции языков программирования: переменные, константы, типы данных, подпрограммы, библиотеки и др.

2.4 Способы реализации данных концепций в языках, использующих различные парадигмы программирования (императивное, декларативное, объектно-ориентированное, параллельное программирование и др.).

2.5 Указатели и распределение памяти. Управляющие операторы. Команды препроцессора. Стандартная библиотека ввода-вывода.

2.6 Классификации и эволюция языков программирования высокого уровня. Парадигмы программирования. Стандартизация языков программирования.

2.7 Способы задания синтаксиса. Основные элементы языков программирования высокого уровня. Влияние архитектуры компьютера, виртуальный компьютер. Компоненты среды программирования. Типы языковых процессоров.

2.8 Структура компилятора (упрощенная и расширенная), одно-, двух-, трехпроходный компилятор. Этапы компиляции программы: лексический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ, генерация кода. Теория конечных автоматов. Контекстно-свободные грамматики.

Раздел III. Технологии баз данных

3.1 Понятия базы данных, СУБД, системы баз данных. ANSI/SPARC архитектура систем баз данных. Сетевая архитектура систем баз данных. Структура и функции СУБД.

3.2 Модель «сущность-связь». ER-диаграммы.

3.3 Реляционная модель данных. Первичные и внешние ключи. Правила целостности внешних ключей. Реляционная алгебра. Традиционные (теоретико-множественные) операции над отношениями. Специальные операции реляционной алгебры (ограничение, проекция, естественное соединение, тэта-соединение, деление).

3.4 Язык баз данных SQL. Простые запросы на языке SQL (проекция, выбор, работа со значениями NULL, упорядочение результатов и др.). Запросы к нескольким отношениям. Подзапросы. Операции над отношениями (удаление кортежей-дубликатов, группирование, агрегирование и др.). Запросы на вставку, удаление, обновление кортежей. Работа с представлениями. Интерфейс взаимодействия SQL и базового языка программирования. Динамический SQL.

3.5 Понятие целостности данных. Ограничения целостности. Триггеры. Немедленная и отложенная проверка ограничений целостности.

3.6 Понятие безопасности данных. Схема данных, права доступа к данным. Привилегии. Роли.

3.7 Понятие транзакции. ACID транзакции. Поддержка транзакций в языке SQL. Управление параллельными транзакциями.

3.8 Журнализация транзакций. Контрольные точки транзакции. Процедура восстановления базы данных. Фиксация распределенных транзакций. Резервное копирование базы данных.

3.9 Понятие объектно-ориентированных и объектно-реляционных систем баз данных.

Раздел IV. Операционные системы

4.1 Назначение и функции операционных систем. Обзор операционных систем. Основные принципы построения ОС.

4.2 Архитектура операционных систем. Эволюция операционных систем.

4.3 Процессы и потоки. Алгоритмы планирования. Взаимодействие процессов и синхронизация.

4.4 Высокоуровневые механизмы синхронизации. Взаимные блокировки (тупики).

4.5 Организация памяти компьютера. Простейшие схемы управления памятью. Виртуальная память.

4.6 Реализация файловой системы. Система управления вводом-выводом. Сети и сетевые операционные системы.

4.7 Основные понятия информационной безопасности. Защитные механизмы операционных систем.

Раздел V. Объектно-ориентированное программирование

5.1 Основные концепции объектно-ориентированного программирования.

5.2 Объекты, классы. Интерфейс и реализация.

5.3 Объектно-ориентированные средства языка C++.

5.4 Конструкторы и деструкторы классов. Простое и множественное наследование классов. Иерархия классов. Полиморфизм. Абстрактные классы.

5.5 Перегрузка операций. Статические компоненты классов.

5.6 Механизм исключительных ситуаций.

5.7 Шаблоны. Паттерны проектирования.

Раздел VI. Программная инженерия

6.1 Основы программной инженерии. Модели процессов разработки ПО. Особенности, достоинства и недостатки наиболее распространенных моделей разработки ПО.

6.2 Постановка задачи, проектирование, кодирование, тестирование, развитие и поддержка ПО.

6.3 Жизненный цикл ПО. Этапы разработки ПО. Модели зрелости процесса разработки. Метрики сложности ПО.

6.4 Язык UML и унифицированный процесс (UP). Определение и анализ требований к ПО.

6.5 Моделирование вариантов использования ПО. Объектно-ориентированное проектирование ПО. Аттестация ПО. Развитие ПО.

6.6 Управление проектом ПО. Управление командой проекта, процессы проекта, организация команды и принятие решений, распределение ролей и ответственности, отслеживание состояния процесса, решение проблем в команде.

6.7 Среда и средства поддержки.

Раздел VII. Компьютерные сети

7.1 История компьютерных сетей и сети Интернет. Сетевые архитектуры. Области сетевой обработки данных.

7.2 Сетевые стандарты и организации стандартизации. Семиуровневая эталонная модель ISO и ее сравнение с моделью TCP/IP. Коммутация каналов и коммутация пакетов; потоки и дейтаграммы.

7.3 Физический уровень (теоретические основы, среда передачи, стандарты). Уровень звена данных (кадрирование, управление ошибками, управление потоком, протоколы).

7.4 Межсетевое взаимодействие и маршрутизация (алгоритмы маршрутизации, комплексирование сетей, управление перегрузкой).

7.5 Основы криптографии; алгоритмы симметричного шифрования. Алгоритмы шифрования с открытым ключом. Протоколы аутентификации; электронная цифровая подпись.

7.5 Знакомство с современными маршрутизаторами. Введение в ОС IOS. Начальная настройка маршрутизатора. Настройка статической и динамической маршрутизации. Настройка списков контроля доступа.

Раздел VIII. Компьютерная графика

8.1 Основы человеко-машинного взаимодействия (HCI)

8.2 Принципы разработки удобных пользовательских HCI. Критерии и проверка легкости использования.

8.3 Основные методы компьютерной графики.

8.4 Цветовосприятие, взаимосвязь цветов, цветовые палитры. Цветовые модели и системы (RGB, HSB, CMYK).

8.5 Графические системы.

8.6 Понятие растровой и векторной графики.

8.7 Интерактивная компьютерная графика.

Раздел IX. Информационные технологии и компьютерные науки

9.1 Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы.

9.2 Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.

9.3 Численные методы. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.

9.4 Теория графов. Поиск в глубину и ширину, задачи о кратчайших путях, максимальных потоках.

9.5 Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

9.6 Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.

9.7 Теория алгоритмов. Построение и анализ алгоритмов, Модели вычислений, Алгоритмы и их сложности, Формальные языки и грамматики (классификация). Классы P и NP. NP-полнота и сводимость. Способы доказательства NP-полноты. Примеры NP-полных задач, Методы построения эффективных алгоритмов: рекурсия, разделяй и властвуй, балансировка, динамическое программирование, Жадные алгоритмы. Применимость жадных алгоритмов.

Специальная часть

1. Алгоритмы и анализ сложности.

Определение и основные свойства алгоритма, элементарные структурные схемы алгоритмов. Понятие и виды сложности алгоритмов. O-, o-, ω - и θ -нотации асимптотических оценок сложности. Рекуррентные соотношения оценки эффективности алгоритмов и анализ рекурсивных алгоритмов. Классы сложности задач. Стратегии разработки алгоритмов. Полный перебор. Метод «разделяй и властвуй» (декомпозиция). «Жадные» алгоритмы. Перебор с возвратами: полный перебор, альфа-бета отсечение, метод ветвей и границ. Метод поиска локального оптимума. Алгоритм пирамидальной сортировки. Алгоритмы поиска кратчайших путей на графах: алгоритмы Дейкстры и Флойда. Алгоритмы Прима и Крускала построения минимального покрывающего дерева. Методология разработки и оценки параллельных алгоритмов.

2. Специальные главы математики

Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на максимум. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования. Теория вероятностей. Математическая статистика. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины. Элементы корреляционной теории. Точечное и интервальное

оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Статистическое (имитационное) моделирование.

3. Математические основы защиты информации и информационной безопасности.

Основные понятия информационной безопасности. Понятие конфиденциальности, целостности, доступности информации. Модели безопасности. Понятие информационной безопасности. Гарантии обеспечения уровня информационной безопасности. Компьютерные атаки. Понятие уязвимости и угрозы в информационной безопасности. Кодирование как инструмент безопасной работы с информацией. Линейные коды. Нахождение и исправление ошибок. Известные и популярные коды. Основные понятия и задачи криптографии. Стандарт шифрования DES. Криптосистема RSA. Криптографические протоколы. Электронные цифровые подписи (ЭЦП). Криптографические средства и методы защиты данных программного обеспечения. Компьютерная система (КС), информация, доступ, защищённость, безопасность. Политика безопасности. Формализация. Определения источника, потока информации, доступа, легальных и несанкционированных потоков, правил доступа.

4. Языки разметки.

Понятие языка разметки данных. Основные элементы языка разметки. Виды разметки на примере языка разметки HTML. Синтаксис языка XML. Спецификация типа документа (DTD). Навигация по XML-документу. Язык XPath: виды узлов, выражения XPath, примеры использования. Преобразование и визуализация XML-документа. Язык XSL: основные понятия, шаблоны, обработка множественных элементов, дефолтные правила, обработка атрибутов, вычисления с помощью XSL. Связывание XML-элементов: языки XLink, XPointer. Языки описания векторной графики на примере языка SVG.

5. Распределенные объектные технологии.

Основы распределенных вычислительных систем. Промежуточное программное обеспечение. Классификация РВС. История развития распределенных вычислений. Уровни и типы клиент-серверных приложений. Основные стандарты XML веб-сервисов. Концепция REST. Компонентные распределенные вычислительные системы. Концепция СОА. Технологии веб-сервисов. Принципы и технологии построения одноранговых вычислительных систем. Архитектура и стандарты Грид. Системы Грид-вычислений. Архитектура облачных приложений. Системы облачных вычислений.

6. Параллельное и распределенное программирование.

Классификация архитектур многопроцессорных платформ. Классификация Флинна: классы SISD, SIMD, MISD, MIMD. Основные классы многопроцессорных систем: SMP, NUMA, MPP, кластеры. Технология программирования OpenMP. Модель программирования в общей памяти. Модель «пульсирующего» параллелизма FORK-JOIN. Переменные окружения OpenMP. Частные и общие переменные. Директивы OpenMP. Функции OpenMP. Технология программирования MPI. Модель передачи сообщений в системах с распределенной памятью. Режимы запуска параллельных программ SPMD и MPMD. Стандарт Message Passing Interface (MPI). Основные понятия и функции MPI (коммуникатор, процесс, ранг процесса, сообщение и др.). Операции «точка-точка», режимы приема и отправки сообщений. Коллективные операции. Расширения стандарта в версии MPI-2. Технология разработки параллельных алгоритмов. Основные этапы: декомпозиция, выделение информационных зависимостей, масштабирование подзадач, распределение подзадач на вычислители. Способы оценки эффективности параллельных алгоритмов: ускорение, эффективность. Закон Амдала. Закон Густафсона-Барсиса.

7. Методы математического моделирования

Основные принципы математического моделирования. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.

3. ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Перечисляются экзаменационные вопросы в тех формулировках, в которых они будут заданы на экзамене.

Экзаменационные вопросы к разделу 1:

1. Программирование как научная дисциплина и вид профессиональной деятельности.
2. Информация. Виды и свойства информации. Информация и данные. Измерение информации, меры информации.
3. Понятия компьютера, компьютерной программы, машинной команды, системы команд компьютера. Принципы построения компьютера. Принципы фон Неймана. Цикл работы компьютера.

4. Аппаратное, программное и алгоритмическое обеспечение.
5. Понятие среды (системы) программирования. Понятие цикла разработки программы на некотором ЯП. Синтаксические и семантические ошибки в программе, ошибки времени выполнения. Назначение и основные функции отладчика. Понятие директивы компилятора.
6. Объявление и использование констант. Типизированные константы. Понятие выражения в ЯП. Классификация и приоритет операций.
7. Понятие типа данных в ЯП, классификация, примеры. Структурная и именная эквивалентность типов данных. Понятие совместимости типов, совместимость по присваиванию. Преобразование типов.
8. Понятие оператора в ЯП. Классификация операторов. Примеры операторов. Понятие структурного программирования. Теорема о структурном программировании.
9. Понятие подпрограммы в ЯП. Виды подпрограмм. Спецификация подпрограммы. Формальные и фактические параметры подпрограммы. Взаимно рекурсивные подпрограммы. Разработка подпрограмм: выбор вида формальных параметров. Модульное программирование.
10. Структура программы на ЯП высокого уровня. Понятия определяющего и использующего вхождения идентификатора, области действия и видимости декларации. Локальные и глобальные переменные. Понятие побочного эффекта подпрограммы. Распределение памяти программы: сегмент данных, сегмент стека, куча.
11. Файловые типы данных. Стандартные подпрограммы работы с файлами. Ссылочные типы данных и указатели. Статические и динамические переменные программы. Стандартные подпрограммы работы с указателями.
12. Библиотеки в ЯП. Структура и назначение компонент библиотеки.
13. Понятие рекурсии и итерации. Структура рекурсии. Реализация механизма рекурсии. Рекурсивные алгоритмы.
14. Структура данных. Логическая и физическая структура данных. Классификация структур данных.
15. Последовательные списки: стек, очередь, дек. Связные списки: однонаправленный список, двунаправленный список, циклический список.
16. Бинарные деревья поиска.
17. Принципы ООП. Понятие объекта, характеристика объекта, видимость атрибутов и методов, синтаксис. Раннее и позднее связывание.

Экзаменационные вопросы к разделу 2:

1. Проблематика языков программирования.
2. Методы трансляции программ. Основы методов трансляции программ.
3. Основные концепции языков программирования: переменные, константы, типы данных, подпрограммы, библиотеки и др.

4. Способы реализации данных концепций в языках, использующих различные парадигмы программирования (императивное, декларативное, объектно-ориентированное, параллельное программирование и др.).

5. Указатели и распределение памяти. Управляющие операторы. Команды препроцессора. Стандартная библиотека ввода-вывода.

6. Классификации и эволюция языков программирования высокого уровня. Парадигмы программирования. Стандартизация языков программирования.

7. Способы задания синтаксиса. Основные элементы языков программирования высокого уровня. Влияние архитектуры компьютера, виртуальный компьютер. Компоненты среды программирования. Типы языковых процессоров.

8. Структура компилятора (упрощенная и расширенная), одно-, двух-, трехпроходный компилятор. Этапы компиляции программы: лексический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ, генерация кода. Теория конечных автоматов. Контекстно-свободные грамматики.

Экзаменационные вопросы к разделу 3:

1. Понятия базы данных, СУБД, системы баз данных. ANSI/SPARC архитектура систем баз данных. Сетевая архитектура систем баз данных. Структура и функции СУБД.

2. Модель «сущность-связь». ER-диаграммы.

3. Реляционная модель данных. Первичные и внешние ключи. Правила целостности внешних ключей. Реляционная алгебра. Традиционные (теоретико-множественные) операции над отношениями. Специальные операции реляционной алгебры (ограничение, проекция, естественное соединение, тэта-соединение, деление).

4. Язык баз данных SQL. Простые запросы на языке SQL (проекция, выбор, работа со значениями NULL, упорядочение результатов и др.). Запросы к нескольким отношениям. Подзапросы. Операции над отношениями (удаление кортежей-дубликатов, группирование, агрегирование и др.). Запросы на вставку, удаление, обновление кортежей. Работа с представлениями. Интерфейс взаимодействия SQL и базового языка программирования. Динамический SQL.

5. Понятие целостности данных. Ограничения целостности. Триггеры. Немедленная и отложенная проверка ограничений целостности.

6. Понятие безопасности данных. Схема данных, права доступа к данным. Привилегии. Роли.

7. Понятие транзакции. ACID транзакции. Поддержка транзакций в языке SQL. Управление параллельными транзакциями.

8. Журнализация транзакций. Контрольные точки транзакции. Процедура восстановления базы данных. Фиксация распределенных транзакций. Резервное копирование базы данных.

9. Понятие объектно-ориентированных и объектно-реляционных систем баз данных.

Экзаменационные вопросы к разделу 4:

1. Назначение и функции операционных систем. Обзор операционных систем. Основные принципы построения ОС.

2. Архитектура операционных систем. Эволюция операционных систем.

3. Процессы и потоки. Алгоритмы планирования. Взаимодействие процессов и синхронизация.

4. Высокоуровневые механизмы синхронизации. Взаимные блокировки (тупики).

5. Организация памяти компьютера. Простейшие схемы управления памятью. Виртуальная память.

6. Реализация файловой системы. Система управления вводом-выводом. Сети и сетевые операционные системы.

7. Основные понятия информационной безопасности. Защитные механизмы операционных систем.

Экзаменационные вопросы к разделу 5:

1. Основные концепции объектно-ориентированного программирования.

2. Объекты, классы. Интерфейс и реализация.

3. Объектно-ориентированные средства языка C++.

4. Конструкторы и деструкторы классов. Простое и множественное наследование классов. Иерархия классов. Полиморфизм. Абстрактные классы.

5. Перегрузка операций. Статические компоненты классов.

6. Механизм исключительных ситуаций.

7. Шаблоны. Паттерны проектирования.

Экзаменационные вопросы к разделу 6:

1. Основы программной инженерии. Модели процессов разработки ПО. Особенности, достоинства и недостатки наиболее распространенных моделей разработки ПО.

2. Постановка задачи, проектирование, кодирование, тестирование, развитие и поддержка ПО.

3. Жизненный цикл ПО. Этапы разработки ПО. Модели зрелости процесса разработки. Метрики сложности ПО.

4. Язык UML и унифицированный процесс (UP). Определение и анализ требований к ПО.

5. Моделирование вариантов использования ПО. Объектно-ориентированное проектирование ПО. Аттестация ПО. Развитие ПО.

6. Управление проектом ПО. Управление командой проекта, процессы проекта, организация команды и принятие решений, распределение ролей и ответственности, отслеживание состояния процесса, решение проблем в команде.

7. Среда и средства поддержки.

Экзаменационные вопросы к разделу 7:

1. История компьютерных сетей и сети Интернет. Сетевые архитектуры. Области сетевой обработки данных.

2. Сетевые стандарты и организации стандартизации. Семиуровневая эталонная модель ISO и ее сравнение с моделью TCP/IP. Коммутация каналов и коммутация пакетов; потоки и дейтаграммы.

3. Физический уровень (теоретические основы, среда передачи, стандарты). Уровень звена данных (кадрирование, управление ошибками, управление потоком, протоколы).

4. Межсетевое взаимодействие и маршрутизация (алгоритмы маршрутизации, комплексирование сетей, управление перегрузкой).

5. Основы криптографии; алгоритмы симметричного шифрования. Алгоритмы шифрования с открытым ключом. Протоколы аутентификации; электронная цифровая подпись.

6. Знакомство с современными маршрутизаторами. Введение в ОС IOS. Начальная настройка маршрутизатора. Настройка статической и динамической маршрутизации. Настройка списков контроля доступа.

Экзаменационные вопросы к разделу 8:

1. Основы человеко-машинного взаимодействия (HCI)

2. Принципы разработки удобных пользовательских HCI. Критерии и проверка легкости использования.

3. Основные методы компьютерной графики.

4. Цветовосприятие, взаимосвязь цветов, цветовые палитры. Цветовые модели и системы (RGB, HSB, CMYK).

5. Графические системы.

6. Понятие растровой и векторной графики.

7. Интерактивная компьютерная графика.

Экзаменационные вопросы к разделу 9:

1. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы. Метод последовательного принятия решения. Принятие решений. Общая проблема решения. Функция потерь. Байесовский и минимаксный подходы.

2. Исследование операций и задачи искусственного интеллекта. Экспертизы и неформальные процедуры. Автоматизация проектирования. Искусственный интеллект. Распознавание образов.

3. Численные методы. Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей. Численное дифференцирование и интегрирование. Численные методы поиска экстремума. Вычислительные методы линейной алгебры. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений.

4. Теория графов. Поиск в глубину и ширину, задачи о кратчайших путях, максимальных потоках.

5. Вычислительный эксперимент. Принципы проведения вычислительного эксперимента. Модель, алгоритм, программа.

6. Алгоритмические языки. Представление о языках программирования высокого уровня. Пакеты прикладных программ.

7. Теория алгоритмов. Построение и анализ алгоритмов, Модели вычислений, Алгоритмы и их сложности, Формальные языки и грамматики (классификация). Классы P и NP. NP-полнота и сводимость. Способы доказательства NP-полноты. Примеры NP-полных задач, Методы построения эффективных алгоритмов: рекурсия, разделяй и властвуй, балансировка, динамическое программирование, Жадные алгоритмы. Применимость жадных алгоритмов.

Экзаменационные вопросы по специальной части

1. Алгоритмы и анализ сложности.

1. Определение и основные свойства алгоритма, элементарные структурные схемы алгоритмов.

2. Понятие и виды сложности алгоритмов.

3. O-, o-, ω - и θ -нотации асимптотических оценок сложности.

4. Рекуррентные соотношения оценки эффективности алгоритмов и анализ рекурсивных алгоритмов. Классы сложности задач.

5. Стратегии разработки алгоритмов. Полный перебор. Метод «разделяй и властвуй» (декомпозиция). «Жадные» алгоритмы. Перебор с возвратами: полный перебор, альфа-бета отсечение, метод ветвей и границ. Метод поиска локального оптимума.

6. Алгоритм пирамидальной сортировки. Алгоритмы поиска кратчайших путей на графах: алгоритмы Дейкстры и Флойда. Алгоритмы Прима и Крускала построения минимального покрывающего дерева.

7. Методология разработки и оценки параллельных алгоритмов.

2. Специальные главы математики

1. Экстремальные задачи. Выпуклый анализ. Экстремальные задачи в евклидовых пространствах. Выпуклые задачи на минимум.

2. Математическое программирование, линейное программирование, выпуклое программирование. Задачи на минимум.

3. Основы вариационного исчисления. Задачи оптимального управления. Принцип максимума. Принцип динамического программирования.

4. Теория вероятностей. Математическая статистика. Аксиоматика теории вероятностей. Вероятность, условная вероятность. Независимость. Случайные величины.

5. Элементы корреляционной теории. Точечное и интервальное оценивание параметров распределения. Элементы теории проверки статистических гипотез.

6. Элементы многомерного статистического анализа. Основные понятия теории статистических решений. Статистическое (имитационное) моделирование.

3. Математические основы защиты информации и информационной безопасности.

1. Основные понятия информационной безопасности. Понятие конфиденциальности, целостности, доступности информации.

2. Модели безопасности. Понятие информационной безопасности. Гарантии обеспечения уровня информационной безопасности.

3. Компьютерные атаки. Понятие уязвимости и угрозы в информационной безопасности.

4. Кодирование как инструмент безопасной работы с информацией. Линейные коды. Нахождение и исправление ошибок. Известные и популярные коды.

5. Основные понятия и задачи криптографии. Стандарт шифрования DES. Криптосистема RSA. Криптографические протоколы.

6. Электронные цифровые подписи (ЭЦП). Криптографические средства и методы защиты данных программного обеспечения.

7. Компьютерная система (КС), информация, доступ, защищённость, безопасность. Политика безопасности. Формализация. Определения источника, потока информации, доступа, легальных и несанкционированных потоков, правил доступа.

4. Языки разметки.

1. Понятие языка разметки данных.

2. Основные элементы языка разметки. Виды разметки на примере языка разметки HTML.

3. Синтаксис языка XML. Спецификация типа документа (DTD).

4. Навигация по XML-документу. Язык XPath: виды узлов, выражения XPath, примеры использования.

5. Преобразование и визуализация XML-документа. Язык XSL: основные понятия, шаблоны, обработка множественных элементов, дефолтные правила, обработка атрибутов, вычисления с помощью XSL.

6. Связывание XML-элементов: языки XLink, XPointer.

7. Языки описания векторной графики на примере языка SVG.

5. Распределенные объектные технологии.

1. Основы распределенных вычислительных систем. Промежуточное программное обеспечение. Классификация PBC. История развития распределенных вычислений.

2. Уровни и типы клиент-серверных приложений. Основные стандарты XML веб-сервисов.

3. Концепция REST. Компонентные распределенные вычислительные системы.

4. Концепция COA. Технологии веб-сервисов.

5. Принципы и технологии построения одноранговых вычислительных систем.

6. Архитектура и стандарты Грид. Системы Грид-вычислений.

7. Архитектура облачных приложений. Системы облачных вычислений.

6. Параллельное и распределенное программирование.

1. Классификация архитектур многопроцессорных платформ.

2. Классификация Флинна: классы SISD, SIMD, MISD, MIMD.

3. Основные классы многопроцессорных систем: SMP, NUMA, MPP, кластеры.

4. Технология программирования OpenMP.

5. Модель программирования в общей памяти. Модель «пульсирующего» параллелизма FORK-JOIN.

6. Переменные окружения OpenMP. Частные и общие переменные. Директивы OpenMP. Функции OpenMP.

7. Технология программирования MPI.

8. Модель передачи сообщений в системах с распределенной памятью.

9. Режимы запуска параллельных программ SPMD и MPMD. Стандарт Message Passing Interface (MPI).

10. Основные понятия и функции MPI (коммуникатор, процесс, ранг процесса, сообщение и др.).

11. Операции «точка-точка», режимы приема и отправки сообщений.

12. Коллективные операции.

13. Расширения стандарта в версии MPI-2.

14. Технология разработки параллельных алгоритмов.

15. Основные этапы: декомпозиция, выделение информационных зависимостей, масштабирование подзадач, распределение подзадач на вычислители.

16. Способы оценки эффективности параллельных алгоритмов: ускорение, эффективность. Закон Амдала. Закон Густафсона-Барсиса.

7. Методы математического моделирования

1. Основные принципы математического моделирования. Универсальность математических моделей. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов природы. Вариационные принципы построения математических моделей.

2. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей.

3. Математические модели в научных исследованиях. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. Проверка адекватности модели измерения и адекватности результатов редукции.

4. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ОТВЕТОВ ПРЕТЕНДЕНТОВ

1. Максимальная оценка абитуриента на экзамене – 100 баллов.
2. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, устанавливается равным 50 баллам.

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка	Критерии
От 86 до 100 баллов (отлично)	Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности. Делаются обоснованные выводы. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее. Сформированы навыки исследовательской деятельности.

Оценка	Критерии
<p>От 71 до 85 баллов (хорошо)</p>	<p>Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</p> <p>Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</p> <p>Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</p> <p>Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</p> <p>Продemonстрированы навыки исследовательской деятельности.</p>
<p>От 50 до 70 баллов (удовлетворительно)</p>	<p>Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</p> <p>Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности.</p> <p>Имеются затруднения с выводами. Определения и понятия даны нечётко.</p> <p>Навыки исследовательской деятельности представлены слабо.</p>
<p>49 баллов и менее (неудовлетворительно)</p>	<p>Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине.</p> <p>Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</p> <p>Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</p> <p>Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</p>

5. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абламейко С.В., Лагуновский Д.М. Обработка изображений: технология, методы, применение. Мн.: Амалфея, 2000, 304 с.
2. Алексеев В.Е., Таланов В.А. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений: учеб. по специальности 010200 - Прикладная математика и информатика и по направлению 510200 - Прикладная математика и информатика. М.: БИНОМ, 2006. 318 с.
3. Ахо А., Лам М.С., Сети Р., Ульман Д. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. М.: Вильямс, 2008. 1184 с.
4. Басс Л., Клементс П., Кацман Р. Архитектура программного обеспечения на практике. СПб.: Питер, 2006. 575 с.
5. Белов Е.Б., Лось В.П., Мещеряков Р.В., Шелупанов А.А. Основы информационной безопасности. М: Горячая линия - Телеком, 2006.
6. Богачев А.В. Основы параллельного программирования. -М.: Бином, 2003.
7. Брауде Э. Технология разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2004. 655 с.
8. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных с примерами на Паскале. СПб.: Невский диалект, 2008. 351 с.
9. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
10. Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж. Системы баз данных. Полный курс. М.: Издательский дом "Вильямс", 2008. 1088 с.
11. Дейт К.Д. Введение в системы баз данных. М.: Вильямс, 2001. 1071 с.
12. Жоголев Е.А. Технология программирования. М.: Научный Мир, 2004. 216 с.
13. Кнастер С., Малик В., Далримпл М. Objective-C и программирование для Мас. Вильямс, 2013.
14. Кормен Т.Х., Лейзерсон Ч.И., Ривест Р.Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. М.: Вильямс, 2005. 1290 с.
15. Кузнецов С.Д. Базы данных: модели и языки. М.: Бином-Пресс, 2008. 720 с.
16. Макконнелл Д. Анализ алгоритмов. Активный обучающий подход. М.: Техносфера, 2009. 415 с.
17. Миронов Д.Ф. Компьютерная графика в дизайне: учебник для вузов по специальности 080801 "Приклад. математика". СПб.: БХВ-Петербург, 2008. 538 с.
18. Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. Локальные сети. Архитектура, алгоритмы, проектирование. М.: ЭКОМ, 2000. 312 с.
19. Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. Основы локальных сетей. М.: ИНТУИТ, 2005. 360 с.

20. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: Принципы, технологии, протоколы (3-е издание). Учебник для вузов. СПб: Питер, 2020. 960 с.
21. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы: Учебник для вузов. 2-е издание. СПб.: Питер, 2009. 538 с.
22. Опалева Э.А., Самойленко В.П. Языки программирования и методы трансляции: учеб. пособие для вузов по специальности 220400 (230105) - Программ. обеспечение вычисл. техники и автоматизир. систем. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 476 с.
23. Павловская Т.А. Паскаль. Программирование на языке высокого уровня: учебник для вузов по направлению "Информатика и вычисл. техника". СПб.: Питер, 2010. 460 с.
24. Павловская, Т. А. C/C++. Программирование на языке высокого уровня: для магистров и бакалавров. М.: Питер , 2008. - 460 с.
25. Пильщиков В.Н. Язык Паскаль: упражнения и задачи: учеб. пособие. М.: Научный мир, 2003.
26. Радченко Г.И. Распределенные вычислительные системы. Учебное пособие. Челябинск: Фотохудожник, 2012. -182 с.
27. Рамбо Д., Блаха М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. СПб.: Питер, 2008.
28. Рэй Э. Изучаем XML. - СПб.: Символ-Плюс, 2001. - 403 с.
29. Сафонов В.О. Основы современных операционных систем: учеб. пособие по специальности 010503 "Мат. обеспечение и администрирование информ. систем". М.: ИНТУИТ, 2011. 583 с.
30. Себеста У. Основные концепции языков программирования. М.: Вильямс, 2001. 670 с.
31. Таненбаум Э. Современные операционные системы. СПб: Питер, 2010. 1115 с.
32. Таненбаум Э., ван Стеен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб.: Питер, 2003.
33. Тарасюк М.В. Защищённые информационные технологии. Проектирование и применение. М.: СОЛОН-Пресс, 2004.
34. Хелм Р. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. - СПб. Питер, 2010. - 366 с.
35. Хилл Ф. Open GL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов. СПб.: Питер, 2002. 1088 с.
36. Эндрюс Г. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. Издательский дом "Вильямс", 2003.
37. Карманов В.Г. Математическое программирование. М.: Физматлит, 2008.

38. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.
39. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения, Санкт-Петербург, Лань, 2010.
40. Петров И.Б., Лобанов А.И. Лекции по вычислительной математике. М., 2006.
41. Страуструп Б. Дизайн и эволюция C++. – М.: ДМК Пресс, СПб.: Питер, 2007.
42. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Курс методов оптимизации. М.: Физматлит, 2005.
43. Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов. М., 2005.
44. Формалев В.Д., Ревизников Д.Л. Численные методы. М., 2006.
45. Харари Ф. Теория графов. М: ЛИБРОКОМ, 2009.
46. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988.
47. Боровков А.А. Теория вероятностей. М.: URSS, 2009.
48. Боровков А.А. Математическая статистика. Санкт-Петербург: Лань, 2010.
49. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978.
50. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 1997.
51. Математическое моделирование / Под ред. А.Н. Тихонова, В.А. Садовниченко и др. М.: Изд-во МГУ, 1993.
52. Лебедев В.В. Математическое моделирование социально-экономических процессов. М.: ИЗОГРАФ, 1997.
53. Петров А.А., Поспелов И.Г., Шананин А.А. Опыт математического моделирования экономики. М.: Энергоатомиздат, 1996.
54. Пытьев Ю.П. Методы математического моделирования измерительно-вычислительных систем. М.: Физматлит, 2002.
55. Краснощеков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1984.
56. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методологии. М.: Высш. шк., 2021.

7. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. Электронная база публикаций справочно-библиографический портал «Информационные технологии». URL: <http://bit.susu.ru>
2. Электронная база публикаций портал CITForum.ru. URL: <http://citforum.ru>
3. Российская Государственная библиотека. URL: <http://www.rsl.ru>

4. Российская национальная библиотека. URL: <http://www.nlr.ru>
5. "Public.Ru" - публичная интернет-библиотека. URL: <http://www.public.ru>
6. Lib.students.ru - публичная интернет библиотека. URL: <http://www.lib.students.ru>
7. Научная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Университета. URL: <https://library.spbu.ru/ru/>
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY. URL: <http://elibrary.ru>
9. УИС Россия. URL: <https://www.uisrussia.msu.ru/>

8. РАЗРАБОТЧИКИ

Заведующий кафедрой
«Системное
программирование»

/ Соколинский Л.Б. /

Профессор кафедры
«Системное
программирование»

/ Цымблер М.Л. /

Доцент кафедры
«Системное
программирование»

/ Иванова Е.В. /