

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова»
Факультет вычислительной математики и кибернетики

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета вычислительной
математики и кибернетики
МГУ имени М.В.Ломоносова


академик РАН Соколов И.А.
«20» 01 2026 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
В АСПИРАНТУРУ**

**(для осуществления приема на обучение по образовательным программам
высшего образования -
программам подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре)**

**Образовательная программа:
102-01-00-235-фмн, 102-01-00-236-фмн**

Москва 2026

1. Краткое описание программы.

Настоящая программа вступительного испытания в аспирантуру предназначена для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре: 102-01-00-235-фмн, 102-01-00-236-фмн.

Настоящая программа вступительного испытания сформирована на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Порядка приёма на обучение по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (Приказ Минобрнауки от 18.04.2025 г. № 366) и Правил приёма в аспирантуру Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в 2026 году, утвержденных приказом ректора МГУ от 19.01.2026 г. № 48 (далее – Правила приёма в аспирантуру МГУ в 2026 г.).

Программа вступительного испытания разработана в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) для уровней магистратуры и специалитета:

- 01.04.01 Математика;
- 01.04.02 Прикладная математика и информатика;
- 02.04.01 Математика и компьютерные науки.

2. Структура и критерии успешного прохождения этапов вступительного испытания в целом.

Вступительное испытание проводится в три последовательных этапа.

Сроки проведения этапов определяются Правилами приёма в аспирантуру МГУ в 2026 г. и утверждённым расписанием. Для допуска к последующему этапу необходимо успешно пройти предыдущий: абитуриент не может приступить ко второму или третьему этапу, не преодолев порог успешности на предшествующем этапе. Проведение этапов может быть организовано как в течение одного дня, так и распределено на несколько дней в соответствии с утверждённым расписанием.

Максимальная сумма баллов за все этапы – 25 баллов, минимальная сумма, подтверждающая успешное прохождение испытания, – 16 баллов.

Распределение максимальных баллов по этапам:

- первый этап – 10 баллов;
- второй этап – 10 баллов;
- третий этап – 5 баллов.

Прохождение отдельного этапа считается успешным при наборе не менее:

- 7 баллов на первом этапе;

- 5 баллов на втором этапе;
- 3 баллов на третьем этапе.

Особые условия для призеров конкурса научного портфолио.

Для абитуриентов, участвовавших в конкурсе научного портфолио 2026 года, действует следующее правило: призеры конкурса освобождаются от сдачи 1 и 2 этапов вступительных испытаний (результат конкурса засчитывается как максимальный балл по сумме баллов этих этапов – 20).

3. Место проведения вступительного испытания.

Факультет вычислительной математики и кибернетики МГУ.

Москва, Ленинские горы, МГУ имени М.В.Ломоносова, д.1, стр. 52, 2-й учебный корпус, факультет ВМК.

4. Форма проведения и содержание вступительного испытания

Этап I. Оценка предметной компетентности в научной области планируемого диссертационного исследования

Форма проведения этапа: очно в виде устного ответа.

Содержание этапа: Вступительное испытание включает ответы на два теоретических вопроса, сформированных из перечня основных и дополнительных вопросов для этапа I вступительного испытания

Образовательная программа	№ Приложения
102-01-00-235-фмн	Приложение 1
102-01-00-236-фмн	Приложение 2

На подготовку абитуриенту отводится 1 (один) астрономический час.

Во время подготовки абитуриентам запрещается иметь при себе и использовать справочные материалы (учебники, учебные пособия, справочники, любого вида записи, электронные средства запоминания и хранения информации, и т.п.), средства связи.

Критерии оценивания

Экзаменаторы дополнительно к вопросам билета могут задавать вопросы из перечня основных и дополнительных вопросов для Этапа I вступительного испытания.

Оценка за ответ рассчитывается как среднее арифметическое оценок, полученных за все вопросы. Оценивание проводится по десятибалльной шкале (минимальный балл за каждый вопрос равен 0, максимальный балл равен 10).

Вступительное испытание считается пройденным, если поступающий получил 7 баллов и выше.

При отсутствии поступающего на данном этапе вступительного испытания в протокол вносится отметка «неявка».

Сопоставление баллов с уровнем знаний предметной области.

0	Нет ответа ни на один из заданных вопросов, либо отказ от ответа.
1	Отсутствуют ответы на оба заданных теоретических вопроса.

2	Отсутствуют ответы на оба заданных теоретических вопроса, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
3	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, фрагментарный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
4	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, неполный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
5	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, полный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
6	Неполные ответы на оба заданных теоретических вопроса, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
7	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, за исключением темы исследований.
8	Исчерпывающие ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы,
9	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, имеются недочеты при сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
10	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных разделов программы, уверенное владение темой реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).

Этап II. Оценка уровня готовности к самостоятельной научно-исследовательской деятельности

Форма проведения этапа: очно в виде собеседования по научной работе (реферат).

Содержание этапа: Экспертная оценка экзаменационной комиссии представленной научной работы.

Для прохождения данного этапа абитуриент в период сдачи этапа I представляет текст научной работы, в котором раскрываются основные задачи и перспективы развития темы будущего научного исследования. К тексту научной работы прилагается отзыв предполагаемого научного руководителя, в котором содержится характеристика работы.

В момент собеседования поступающий представляет и защищает реферат по избранному направлению подготовки, демонстрируя понимание задач и перспектив развития темы будущей диссертации, отвечает на вопросы экзаменационной комиссии по теме исследования.

Правила оформления реферата. (Приложение 3).

Критерии оценивания.

Оценивание результатов по реферату (с учетом отзыва предполагаемого научного руководителя) проводится по десятибалльной шкале (минимальный балл равен 0, максимальный балл равен 10).

Оценивается: раскрытие актуальности исследования, обоснование элементов научной новизны диссертационного исследования, представленный обзор литературы по предполагаемому исследованию.

Сопоставление баллов с уровнем знаний.

0	Нет ответа, либо отказ от ответа.
1	Существенные недочеты при изложении темы реферата, выявленные при его экспертной оценке, либо указанные в отзыве.
2	Значительные недочеты при изложении темы реферата, выявленные при его экспертной оценке, либо указанные в отзыве.
3	Значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов проблематики исследования по теме реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
4	Неполные ответы на вопросы по теме реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва), существенные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов проблематики исследования.
5	Неполные ответы на вопросы по теме реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва), трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов проблематики исследования.
6	Трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы связанной с темой реферата.
7	Незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов проблематики исследования, либо незначительные недочеты при изложении темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва)
8	Несущественные недочеты при изложении темы реферата, нет полной обоснованности актуальности исследования, уверенное владение темой реферата.

9	Несущественные недочеты при изложении темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
10	Уверенное владение темой реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).

Этап III. Оценка уровня готовности к научному анализу и обобщению на иностранном языке

Форма проведения этапа: очно в виде письменного перевода и реферата (абитуриент приносит с собой на экзамен) по специальности на английском языке, а также беседы на английском языке, посвященной основным этапам академической и профессиональной карьеры поступающего в аспирантуру.

Содержание этапа: данный этап вступительного испытания направлен на комплексную оценку готовности поступающего в аспирантуру к полноценной научной и профессиональной деятельности в международной среде (Приложение 4).

Критерии оценивания

Ответ поступающего в аспирантуру факультета на третьем этапе оценивается по 5-балльной шкале. Вступительное испытание считается пройденным, если абитуриент получил 3 (три) балла и выше. Общий балл равен среднему баллу за три части вступительного испытания на данном этапе. Усреднённый балл округляется до целого по стандартным правилам округления.

Чтение и письменный перевод со словарем оригинального научного текста по специальности с английского языка на русский язык

5 баллов — Перевод полностью передает смысл оригинала и оформлен с употреблением соответствующих лексико-синтаксических эквивалентов научного стиля русского языка. Поступающий в аспирантуру демонстрирует знание общенаучной лексики и терминологии специальной области знания. Переведено 100% текста. Допускаются стилистические неточности (не более 1-2).

4 балла — Переведено не менее 85% текста либо текст переведён полностью, но при этом допущены неточности лексического и/или грамматического характера при передаче содержания (не более 2-3). Основной смысл текста не искажается.

3 балла — Переведено не менее 70% текста либо текст переведён полностью, но при этом поступающий в аспирантуру демонстрирует неполное понимание содержания текста, не владеет приемами его смыслового преобразования, имеются неточности и ошибки (не более 5).

2 балла — Переведено менее 60% текста либо текст переведён полностью, но допущены существенные искажения содержания, неточности (6-7) в результате грамматических ошибок при переводе, а также неверного выбора значения слова.

1 балл — Переведено менее 50% текста либо текст переведён полностью, но допущены существенные искажения содержания, неточности (более 7) в результате грамматических ошибок при переводе, а также неверного выбора значения слова.

0 баллов — Отказ от ответа.

Реферирование научного текста по специальности на иностранном языке

5 баллов — Демонстрируются способность к выделению и обобщению основной значимой информации. Реферирование показывает знание и уверенное владение широким спектром грамматических конструкций иностранного языка. Лексика отличается богатством и разнообразием, соблюдаются стилистические нормы научной речи. Возможны отдельные незначительные ошибки (1-2), не нарушающие общую логику изложения.

4 балла — Основная информация выделена верно, в полном объеме, грамматические и коллокационные ошибки (3-4), не нарушающие общий смысл и логику изложения.

3 балла — Лексический запас ограничен, допущены грубые грамматические, лексические и стилистические ошибки (до 5).

2 балла — Изложение демонстрирует ограниченный запас слов, присутствуют многочисленные (6-7) грубые синтаксические и лексические ошибки. Стилистика научного изложения не соблюдается.

1 балл — Изложение демонстрирует крайне ограниченный запас слов, присутствуют многочисленные (более 7) грубые синтаксические и лексические ошибки. Стилистика научного изложения не соблюдается.

0 баллов — Отказ от ответа.

Беседа на иностранном языке по тематике научных интересов поступающего

5 баллов — Поступающий в аспирантуру показывает владение нормативным произношением и естественным темпом речи, уверенно представляя при этом информацию по своей научной специальности и теме научного исследования. Демонстрируется уверенное владение общенаучной лексикой и профессиональной терминологией, используются разнообразные грамматические конструкции; уверенно даются ответы на вопросы, беседа

поддерживается свободно и грамматически правильно. Допускаются отдельные незначительные неточности (1-2), не препятствующие коммуникации.

4 балла — Используются разнообразные грамматические структуры, демонстрируется уверенное владение общенаучной и профессиональной лексикой и умение вести беседу, но при этом допускаются грамматические, лексические и стилистические ошибки (не более 3-5), не препятствующие коммуникации.

3 балла — В процессе беседы демонстрируется ограниченный запас слов, используются относительно простые лексико-грамматические средства, а также допускается ряд грубых грамматических, лексических и стилистических ошибок (6–8), затрудняющих коммуникацию.

2 балла — В процессе беседы демонстрируется ограниченный запас слов, используются относительно простые лексико-грамматические средства, а также допускается значительное количество грубых грамматических, лексических и стилистических ошибок (9-10), затрудняющих коммуникацию.

1 балл — Отсутствует умение поддерживать беседу на заданную тему. Возникают значительные трудности в понимании вопросов экзаменаторов, присутствуют многочисленные грубые грамматические, лексические и стилистические ошибки, препятствующие коммуникации (более 10).

0 баллов — Отказ от ответа.

1. Перечень вопросов для Этапа I вступительного испытания

Вопросы направлены на проверку глубины понимания фундаментальных разделов математики, методов математического моделирования, алгоритмов машинного обучения, разделов теории оптимального управления и оптимизации, а также умения применять теоретические знания к решению практических задач.

1. 1. Общая часть.

1. Непрерывные функции одной переменной и их свойства. Равномерная непрерывность. Равностепенная непрерывность семейства функций. Теорема Арцела.

2. Функции многих переменных. Полный дифференциал, и его геометрический смысл. Достаточные условия дифференцируемости. Градиент.

3. Определенный интеграл. Интегрируемость непрерывной функции. Первообразная непрерывной функции. Приближенное вычисление определенных интегралов. Формулы трапеций и Симпсона, оценки погрешностей. Понятие о методе Гаусса.

4. Числовые ряды. Сходимость рядов. Критерий Коши. Достаточные признаки сходимости (Коши, Деламбера, интегральный, Лейбница).

5. Абсолютная и условная сходимость ряда. Свойства абсолютно сходящихся рядов. Перестановка членов ряда. Теорема Римана. Умножение рядов.

6. Ряды и последовательности функций. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса. Свойства равномерно сходящихся рядов (непрерывность суммы, почленное интегрирование и дифференцирование).

7. Собственные и несобственные интегралы, зависящие от параметра. Равномерная сходимость по параметрам и ее признаки. Непрерывность, интегрирование и дифференцирование интегралов по параметру.

8. Мера множества. Измеримые функции. Интеграл Лебега и его основные свойства.

9. Степенные ряды в действительной и комплексной области. Радиус сходимости. Теорема Коши-Адамара. Теорема Абеля. Свойства степенных рядов (почленное интегрирование и дифференцирование). Разложение элементарных функций.

10. Функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Геометрический смысл аргумента и модуля производной.

11. Элементарные функции комплексного переменного: линейная, дробно-

линейная, z^n , e^z , и совершаемые ими конформные отображения. Простейшие многозначные функции, $\text{Ln}(z)$.

12. Теорема Коши об интеграле по замкнутому контуру. Интеграл Коши. Ряд Тейлора.

13. Ряд Лорана. Полюс и существенно особая точка. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее применение.

14. Линейные преобразования. Квадратичные формы. Приведение их к каноническому виду линейными преобразованиями в комплексной и действительной областях. Закон инерции.

15. Линейная зависимость и независимость векторов. Ранг матрицы. Системы линейных алгебраических уравнений, теорема Кронекера-Капелли. Общее решение системы линейных алгебраических уравнений.

16. Ортогональные преобразования в евклидовом пространстве и ортогональные матрицы. Свойства ортогональных матриц.

17. Характеристический многочлен линейного преобразования векторного пространства. Собственные числа и собственные векторы. Свойства собственных чисел и векторов симметрических матриц. Понятие о методе ортогональных вращений решения полной проблемы собственных значений.

18. Итерационные методы решения уравнения $f(x)=0$ (хорд, Ньютона). Принцип сжатых отображений в полных метрических пространствах и его применение.

19. Линейные операторы, норма линейного оператора. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (методы простой итерации и Зейделя).

20. Гильбертово пространство. Линейные и билинейные функционалы в гильбертовом пространстве. Линейные уравнения с вполне непрерывным оператором.

21. Интегральные уравнения Фредгольма 2-ого рода. Теорема Фредгольма. Интегральные уравнения с симметричным ядром.

22. Ортогональные системы функций. Ряды Фурье по ортогональной системе функций, неравенство Бесселя, сходимость ряда Фурье. Достаточные условия равномерной сходимости рядов Фурье по тригонометрической системе функций. Влияние гладкости функции на порядок коэффициентов Фурье.

23. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для уравнения, системы уравнений первого порядка и уравнения n -ого порядка.

24. Линейные дифференциальные уравнения n -ого порядка. Линейное однородное уравнение. Линейная независимость функций. Фундаментальная система решений. Определитель Вронского. Общее решение неоднородного уравнения.

25. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения с постоянными

коэффициентами (однородные и неоднородные).

26. Устойчивость по Ляпунову решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Теорема об устойчивости по первому приближению. Второй метод Ляпунова.

27. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Вариационная задача трансверсальности. с подвижными концами. Условия трансверсальности.

28. Градиентные методы поиска экстремума.

29. Формализация понятия алгоритма (машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова). Алгоритмическая неразрешимость.

30. Структура и состав вычислительной системы (аппаратура + программное обеспечение). Физические и виртуальные ресурсы. Управление ресурсами в вычислительной системе. Поток управляющей информации и данных в вычислительной системе. Проблемы дисбаланса производительности компонентов вычислительной системы и аппаратно-программные решения, предназначенные для сглаживания этого дисбаланса. Кеширование информационных потоков в вычислительной системе.

31. Архитектура многопроцессорных вычислительных систем. Графовая модель представления параллельных алгоритмов. Принципы построения параллельных программ с использованием технологий MPI и OpenMP. Показатели качества параллельных программ. Закон Амдала, его следствия.

32. Операционные системы, основные функции. Типы операционных систем. Организация управления и взаимодействия процессов в Операционной системе. Модели и средства синхронизации. Программирование взаимодействующих процессов. Модели организации и управления ОЗУ.

33. Парадигмы программирования (функциональное, императивное, объектно-ориентированное программирование).

34. Базы данных. Основные понятия реляционной модели данных. Реляционная алгебра. Средства языка запросов SQL.

35. Функции алгебры логики. Реализация их формулами. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма.

36. Схемы из функциональных элементов и простейшие алгоритмы их синтеза. Оценка сложности схем, получаемых по методу Шеннона.

1.2. Дополнительная часть.

1. Элементы теории алгоритмов, математической логики и дискретной математики

1.1. Понятие алгоритма и его уточнения. Машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова; эквивалентность этих уточнений. Тезис Тьюринга. Понятие алгоритмической неразрешимости; примеры алгоритмически неразрешимых

проблем.

1.2. Временная и пространственная алгебраическая сложность алгоритма в худшем случае и в среднем; символы O , Ω , и Θ в асимптотических оценках сложности. Сложность в худшем случае сортировки слияниями, быстрой сортировки; сложность в среднем быстрой сортировки. Понятие битовой сложности. Нижние границы сложности класса алгоритмов. Нижние границы сложности классов алгоритмов сортировки и поиска с помощью сравнений. Алгоритм, оптимальный в данном классе, оптимальность по порядку сложности.

1.3. Классы P и NP алгоритмов распознавания языков. Проблема $P \stackrel{?}{=} NP$. Полиномиальная сводимость; NP -полные задачи (формулировка основных фактов, примеры).

1.4. Логика 1-го порядка. Выполнимость и общезначимость. Общая схема метода резолюций. Логические программы. SLD-резолютивные вычисления логических программ. Правильные и вычислимые ответы на запросы к логическим программам. Стандартная стратегия выполнения логических программ.

1.5. Теорема Поста о полноте систем функций в алгебре логики. Графы, деревья, планарные графы, их свойства.

2. Операционные системы

2.1. Основы архитектуры операционных систем. Базовые понятия - процесс, ресурс. Физические, виртуальные (логические) ресурсы. Структура ОС. Ядро. Системные вызовы. Структурная организация ОС. Монолитные, микроядерные ОС. Логические функции ОС. Прерывания, обработка прерываний. Мультипроцессные (мультипрограммные) ОС, требования к аппаратуре компьютера по обеспечению корректного мультипроцессирования. Управление процессами. Управление устройствами. Управление данными. Задачи планирования. Типы ОС: пакетные, разделения времени, реального времени. Сетевые, распределенные ОС.

2.2. Управление процессами. Определение процесса. Жизненный цикл, состояния процесса. Основные типы процессов: полновесные процессы, легковесные процессы (нити). Контекст процесса. Планирование и распределение времени ЦП между процессами - основные подходы: вытесняющие и невытесняющие стратегии; алгоритмы, основанные на квантовании; алгоритмы, использующие приоритет: планирование по наивысшему приоритету, понятие относительного и абсолютного приоритета, алгоритмы, использующие изменяющийся приоритет. Очереди с обратной связью. Смешанные алгоритмы планирования.

2.3. Взаимодействие процессов. Взаимодействие параллельных процессов и их синхронизация. Классификация средств межпроцессного взаимодействия. Разделяемые ресурсы и синхронизация доступа к ним. Взаимное исключение.

Тупики. Механизмы обеспечения взаимного исключения: семафоры Дейкстры, мониторы Хоара, обмен сообщениями. Способы реализации взаимного исключения в однопроцессорных ЭВМ, многопроцессорных ЭВМ с общей памятью, в распределенных вычислительных системах. Классические задачи синхронизации процессов: «обедающие философы», «читатели и писатели», «спящий парикмахер». Типовые средства межпроцессного взаимодействия (базовые средства взаимодействия процессов ОС Unix, IPC ОС Unix, сокеты, MPI).

2.4. Файловые системы. Файлы, структурная организация файлов. Атрибуты файлов. Типовые программные интерфейсы работы с файлами. Структура файловой системы, подходы в практической реализации. Модели реализации файлов. Понятие индексного узла (дескриптора). Модели реализации каталогов. Квотирование пространства файловой системы. Надежность файловой системы, целостность файловой системы. Распределенные файловые системы. Алгоритмы обеспечения консистентности кэшей в распределенных файловых системах.

2.5. Управление оперативной памятью. Базовые концепции и стратегии управления оперативной памятью. Виртуальная оперативная память. Организация управления памятью при одиночном непрерывном распределении; распределении разделами: распределении перемещаемыми разделами; страничном распределении (таблица страниц. TLB, иерархическая организация таблицы страниц, хэширование таблицы страниц, инвертированные таблицы страниц, алгоритмы замещения страниц); сегментном распределении; сегментно-страничном распределении. Кэширование данных при управлении оперативной памятью. Управление оперативной памятью в распределенных вычислительных системах, распределенная общая память, алгоритмы реализации, модели консистентности.

2.6. Управление внешними устройствами. Общие концепции. Архитектура организации управления внешними устройствами. Драйверы физических и логических устройств, иерархия драйверов. Буферизация обмена. Модельная организация управления внешними устройствами на примере ОС Unix. Планирование дисковых обменов, типовые алгоритмы. RAID системы.

3. Компьютерные сети

3.1. Иерархическая организация компьютерных сетей (понятия протокола, иерархии протоколов, сервис и интерфейсы, архитектуры сети), классификация транспортных сред (способы коммутации данных, типы каналов, топология среды), классификация компьютерных сетей (локальные сети, городские сети, региональные сети). Требования, предъявляемые к современным компьютерным сетям (производительность, надежность, безопасность, расширяемость, масштабируемость, управляемость, совместимость).

3.2. Способы организации систем передачи данных (на примерах телефонных сетей, стандартов X.25, Frame Relay, SONET, ISDN, ATM, семейство xDSL, GSM сети. GPRS служба), методы уплотнения данных в канале (мультиплексирование), организация и виды коммутаторов.

3.3. Эталонная модель OSI ISO: понятие открытой системы, основные понятия модели, распределение функций сети между уровнями модели (физический, канальный, сетевой, транспортный, сессии, представления, приложений). Модель TCP/IP.

3.4. Теоретические основы передачи данных (данные, сигнал, передача; взаимосвязь пропускной способности канала и ширины его полосы пропускания [теорема Нийквиста- Котельникова, теорема Шеннона]). Основные виды физических сред передачи данных и их свойства (витая пара, коаксиальный кабель, оптоволокно); беспроводные каналы (радио сети, микроволновые сети, сотовые сети, спутниковые сети).

3.5. Различные виды сигналов, используемых для передачи разных видов данных, и взаимосвязь между ними. Способы представления данных на физическом уровне (потенциальные коды, импульсные коды, дифференциальные коды и их примеры, достоинства и недостатки).

3.6. Каналы с множественным доступом: статические и динамические протоколы предоставления доступа к каналу (FDM, TDM методы, протоколы с обнаружением несущей, р - настойчивые протоколы, протоколы с ограниченным числом конфликтов, адаптивные протоколы). Примеры протоколов семейства IEEE 802.x (Ethernet, шина с маркером, кольцо с маркером). Примеры высокоскоростных протоколов: FDDI. Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Fiber Channel.

3.7. Внутренняя организация сетевого уровня и предоставляемый им сервис. Алгоритмы маршрутизации (основные свойства (корректность, простота, устойчивость, стабильность, справедливость, оптимальность), принцип оптимальности, критерии оптимальности): маршрутизация по наикратчайшему пути; маршрутизация лавиной; маршрутизация с анализом потока; маршрутизация по вектору расстояния; маршрутизация по состоянию канала; иерархическая маршрутизация; маршрутизация для мобильного узла; маршрутизация при вещании; маршрутизация для группы.

3.8. Явление перегрузки. Основные принципы управления перегрузками (методы с открытым контуром управления и методы с обратной связью). Спецификация потока и форматирование трафика. Подавляющие пакеты и сброс нагрузки. Межсетевая маршрутизация (сопряжение виртуальных каналов, фрагментация, туннелирование).

3.9. Основные протоколы сетевого уровня в Internet (на примерах протоколов ARP, RARP. IPv.4, IPv.6, OSPF, EGRP. BGP).

3.10. Управление качеством сервиса на транспортном уровне. Адресация на транспортном уровне. Методы установления и разрыва соединений, управления потоком и буферизацией, восстановлением после сбоев, повышения производительности на транспортном уровне. Протокол TCP. Протокол UDP.

3.11. Основные проблемы, входящие в сферу обеспечения безопасности в сетях ЭВМ (конфиденциальность, целостность, идентификация подлинности), и способы их решения. Основные принципы шифрования. Алгоритмы шифрования с закрытым ключом. Алгоритмы шифрования с открытым ключом. Протоколы установления подлинности. Электронная подпись.

3.12. Принципы организации и основные протоколы функционирования приложений: DNS, FTP, Электронная почта, SNMP протокол, WWW.

4. Языки и системы программирования

4.1 Языки программирования. Понятие о парадигмах программирования. Процедурные, объектно-ориентированные и функциональные языки программирования. Понятие о логическом программировании.

4.2 Концепция типа данных. Базисные типы данных в современных языках программирования (булевский, целый, вещественный, символьный, перечислимый, ограниченный, указатели, ссылки, массивы, записи). Динамические структуры данных (списки, бинарные деревья, стек, очередь), основные операции над ними, способы их машинного представления. Таблицы, поиск по ключу. Способы представления таблиц (упорядоченные массивы, деревья поиска, перемешанные таблицы). Оценки сложности (в среднем и в худшем случае) операций поиска по ключу и вставки нового элемента в таблицу.

4.3 Основные управляющие конструкции в современных языках программирования. Процедуры (функции): вызов процедур, способы передачи параметров, локализация переменных, побочные эффекты. Понятие исключительной ситуации. Обработка исключительных ситуаций. Понятие модуля, раздельная трансляция (зависимая и независимая). Средства инкапсуляции данных. Абстрактные типы данных.

4.4 Основные принципы объектно-ориентированного программирования. Понятие класса и его реализация в современных языках программирования. Объекты (основные свойства и отличительные признаки). Наследование. Полиморфизм. Динамическое связывание методов. Абстрактные классы и интерфейсы. Понятие о родовых модулях и шаблонах. Обобщенное программирование.

4.5 Машинно-ориентированные языки, язык ассемблера. Представление машинных команд и констант. Команды транслятору. Их типы, принципы реализации. Макросредства, макровыводы, языки макроопределений, условная макрогенерация, принципы реализации.

4.6 Системы программирования (СП). Состав, схема функционирования

классической СП. Этапы жизненного цикла программного продукта. СП в рамках интегрированной среды разработки (ИСР). Типы трансляторов, особенности интерпретаторов и компиляторов. Основные функции редакторов текстов и отладчиков в рамках ИСР. Назначение и функционирование редактора связей и загрузчика. Основные типы библиотек. Основные методы распределения памяти и оптимизации программ.

4.7 Теория формальных грамматик и языков. Порождающая грамматика. Язык, порождаемый грамматикой. Классификация формальных грамматик. Определение типов грамматик и языков по Хомскому. Использование грамматик в лексическом и синтаксическом анализе. Эквивалентность языков, определяемых регулярными выражениями, регулярными грамматиками и конечными автоматами. Необходимое условие регулярности языка (лемма о разрастании для регулярных языков). Эквивалентность языков, определяемых КС-грамматиками и недетерминированными магазинными автоматами. Лемма о разрастании для контекстно-свободных языков.

4.8 Элементы теории трансляции. Общая схема работы компилятора. Анализ исходной программы в компиляторе. Автоматные (регулярные) грамматики и сканирование, контекстно-свободные грамматики и синтаксический анализ. Метод рекурсивного спуска: назначение, семантика процедур метода рекурсивного спуска. Достаточные условия применимости метода рекурсивного спуска. Предсказывающий синтаксический анализ сверху вниз типа LL(1): построение таблицы, определение, алгоритм разбора. Синтаксический анализ снизу-вверх типа перенос-свертка LR(1): построение канонической системы множеств, построение анализирующего автомата, определение, алгоритм разбора.

5. Параллельные вычисления и распределенная обработка данных

5.1. Параллельная и конвейерная обработка данных. Параллелизм и конвейерность в архитектуре современных высокопроизводительных компьютеров. Скалярные и векторные команды. Скалярные, конвейерные и векторные устройства. Иерархия памяти в компьютерах как средство повышения скорости выполнения программ, локальность вычислений и локальность использования данных. Закон Амдала и его следствия, суперлинейное ускорение.

5.2. Основные классы современных параллельных вычислительных систем. Компьютеры с общей памятью, примеры, причины снижения производительности на реальных программах. Архитектуры SMP, NUMA, ccNUMA. Коммутация процессоров и модулей памяти, шина, матричный коммутатор, омега-сеть. Векторно-конвейерные вычислительные системы, примеры, причины снижения производительности. Компьютеры с распределенной памятью, примеры, причины снижения производительности. Топология связи между процессорами: звезда, решетка, трехмерный тор,

двоичный гиперкуб, их свойства. Вычислительные кластеры, примеры, латентность и пропускная способность различных коммуникационных технологий. Архитектуры с параллелизмом на уровне машинных команд, VLIW, суперскалярность.

5.3. Технологии параллельного программирования. Традиционные последовательные языки и распараллеливающие компиляторы, проблемы. Спецкомментарии и директивы компилятору, расширения существующих языков. Специальные языки параллельного программирования. Программирование с использованием библиотек и интерфейсов передачи сообщений. Параллельные предметные библиотеки, специализированные пакеты и программные комплексы высокого уровня. Технологии параллельного программирования MPI, OpenMP, Linda.

5.4. Производительность параллельных вычислительных систем. Универсальность и специализация компьютеров, производительность спецпроцессоров. Закон Мура. Методы оценки производительности. Введение единого числового параметра, Mflops, MIPS. Пиковая и реальная производительность компьютеров. Тест Linpack и его варианты. Наборы взаимодополняющих тестовых программ, STREAM и NPB.

5.5. Графовые модели программ. Граф управления и информационный граф программы. Информационная и операционная история реализации программ. Граф алгоритма как компактная параметрическая форма представления информационной истории. Информационная независимость операций и возможность их параллельного исполнения. Длина критического пути графа алгоритма как мера степени параллельности. Конечный и массовый параллелизм, координатный и скошенный параллелизм. Эквивалентные преобразования программ, элементарные преобразования циклов.

5.6. Неоднородные распределенные вычислительные системы. Метакомпьютеры и метакомпьютинг, существующие метакомпьютерные проекты. Отличительные свойства метакомпьютеров. Понятие GRID, базовые компоненты и сервисы, существующие проекты GRID-сегментов, понятие виртуальной организации.

6. Организация баз данных и знаний

6.1. Основные понятия структурной части реляционной модели данных. Тип данных, домен, заголовок отношения, кортеж, тело отношения, переменная отношения. Целостная часть реляционной модели данных: возможные и первичный ключи, целостность сущности; понятие внешнего ключа, ссылочная целостность. Манипуляционная часть реляционной модели данных. Реляционная алгебра Кодда: базовые теоретикомножественные и специальные реляционные операции. Общая операция соединения, эквисоединение, естественное соединение. Минимальный набор операций алгебры Кодда. Реляционное

исчисление кортежей. Кортежные переменные, правильно построенные формулы, кванторы, свободные и связанные переменные. Выражения исчисления кортежей.

6.2. Функциональные зависимости. Замыкания функциональных зависимостей, аксиомы Армстронга. Покрытия функциональных зависимостей, минимальное покрытие атрибутов отношения. Декомпозиция отношения без потерь, теорема Хита. Аномалии обновлений и нормализация отношений. Минимальные функциональные зависимости, вторая нормальная форма отношений. Транзитивные функциональные зависимости, третья нормальная форма. Независимые проекции, теорема Риссанена. Атомарные проекции. Перекрывающиеся возможные ключи, нормальная форма Бойса-Кодда.

6.3. Обобщенная архитектура, компоненты и функции системы управления базой данных (СУБД). Структуры внешней памяти реляционных баз данных, способы организации индексов. Алгоритмы буферизации базы данных в основной памяти. Физическая и логическая целостность баз данных. Понятие транзакции. Способы поддержания логической целостности данных, ограничения целостности и триггеры. Методы восстановления баз данных после сбоев, восстановление физически и логически целостного состояния базы данных. Авторизация доступа к базе данных, механизм привилегий.

6.4. Понятие ACID-транзакции. Минимальные требования к поддержке атомарности, согласованности, изолированности и сохранности результатов транзакций. Виды конфликтов транзакций. Сериализация транзакций. Методы сериализации транзакций. Двухфазный протокол синхронизационных блокировок. Гранулированные и предикатные блокировки. Сериализация транзакций на основе временных меток. Журнализация изменений базы данных, протокол WAL. Логическая и физическая журнализация. Индивидуальные откаты транзакций. Восстановления базы данных по журналу после мягких и жестких сбоев.

6.5. Язык баз данных SQL. Типы данных. Средства определения, изменения определения и отмены определения доменов, базовых таблиц, представлений и ограничений целостности. Базовые средства выборки и обновления данных. Средства определения триггеров. Привилегии, передача привилегий, аннулирование привилегий.

6.6. Методы представления знаний в системах искусственного интеллекта (ИИ): процедурные представления, логические представления, семантические сети, фреймы, системы продукций. Метазнания в системах ИИ. Базы знаний. Приобретение (извлечение) знаний. Открытость знаний системы ИИ. Понятие о генетических алгоритмах.

6.7. Представление задач в пространстве состояний. Стратегии поиска решения: методы полного перебора (поиск в ширину, поиск в глубину, поиск с

увеличением глубины); эвристический поиск (алгоритм Дейкстры, алгоритм A^* , допустимость алгоритма A^*). Поиск на игровых деревьях: дерево игры, минимаксная процедура, альфа-бета процедура. Планирование действий. Роботы и искусственный интеллект. Агенты.

6.8. Экспертные системы (ЭС). Области применения ЭС. Архитектура ЭС. База знаний, механизмы вывода, подсистемы: объяснения, общения, приобретения знаний ЭС.

7. Программная инженерия

7.1. Основы программной инженерии. Понятие жизненного цикла программного обеспечения (ЖЦ ПО). Стандарт ISO/IEC 12207 (Information Technology - Software Life Cycle Processes). Процессы ЖЦ ПО: основные, вспомогательные и организационные. Понятия модели и стадии ЖЦ ПО. Каскадная и итерационная модели ЖЦ. Методы «быстрой» разработки ПО (Agile Software Development). Понятие зрелости процессов создания ПО (Software Process). Модель оценки зрелости CMM (Capability Maturity Model). Уровни зрелости процессов создания ПО (начальный, воспроизводимый, определенный, управляемый, оптимизируемый).

7.2. Технологии создания ПО. Понятие технологии создания ПО и ее состав (технологические процессы, технологические операции, рабочие продукты, роли, руководства, инструментальные средства). Требования, предъявляемые к технологии. Факторы оценки и выбора технологии. Технологии создания ПО как программные продукты. Унифицированный процесс разработки ПО (Unified Software Development Process).

7.3. Метрики ПО. Оценка сложности и размера ПО. Стандартные метрики, применяемые для оценки размера ПО (количество строк кода и функциональных точек (function points)). Методы оценки трудоемкости создания ПО (статистические модели, экспертные оценки, оценки по аналогии). Базовая методика оценки трудоемкости Боэма (COCOMO - Конструктивная модель стоимости). Расчет трудоемкости по методу функциональных точек. Методика выявления функциональных типов и подсчета количества функциональных точек.

7.4. Качество ПО. Понятие качества ПО. Показатели качества ПО (функциональность, надежность, удобство использования, производительность, адаптируемость). Методы обеспечения качества ПО (отладка, тестирование, верификация и аттестация ПО). Методы, принципы, стратегии и этапы тестирования ПО. Функциональное и нагрузочное тестирование ПО, тестирование пользовательского интерфейса. Модульное, интеграционное и регрессионное тестирование ПО. Организация и планирование тестирования ПО.

7.5. Визуальное моделирование ПО. Определение архитектуры ПО. Элементы архитектуры и архитектурные представления. Понятие языка

моделирования. Унифицированный язык моделирования UML. Состав языка (элементы, связи и диаграммы). Структурные модели (диаграммы классов, компонентов и размещения). Модели поведения (диаграммы вариантов использования, взаимодействия, состояний и деятельности). Механизмы расширения UML (стереотипы, примечания и ограничения).

7.6. Управление требованиями к ПО. Классификация требований (функциональные и нефункциональные требования). Организация процесса управления требованиями. Участники процесса (роли). Этапы работы с требованиями. Атрибуты и взаимосвязи (трассировка) требований. Методы выявления требований (интервьюирование, анкетирование, мозговой штурм, создание прототипов). Определение приоритетов требований. Основные документы, формируемые в процессе управления требованиями. Определение функциональных требований к системе с помощью вариантов использования (use case). Описание вариантов использования с помощью потоков событий (сценариев).

7.7. Анализ и проектирование ПО. Структурное проектирование ПО. Моделирование потоков данных. Моделирование данных. Модель «сущность-связь». Объектно-ориентированный анализ и проектирование ПО. Принципы построения объектной модели (абстракция, инкапсуляция, модульность, иерархия). Составляющие объектной модели (объект, класс, атрибут, операция, интерфейс, компонент, связи) и их свойства. Процесс анализа и проектирования ПО. Архитектурный анализ. Анализ вариантов использования. Выявление классов, участвующих в реализации варианта использования. Распределение обязанностей между классами. Проектирование архитектуры системы. Проектирование классов и подсистем. Отображение объектной модели в реляционную модель данных. Понятие образца (pattern) и способы его описания.

7.8. Тестирование. Методы «черного» и «белого ящиков». Критерии полноты тестового покрытия. Тестирование на основе моделей. Критерии тестового покрытия при тестировании на основе моделей. Тестирование на основе конечно-автоматной модели. Построение конечно-автоматной модели по спецификациям ограничений. Унифицированная архитектура тестовой системы. Компоненты тестовой системы: тестовые драйверы, оракулы, фильтры, сценарии, скрипты, тестовые варианты, тестовые наборы, тестовые планы. Управления требованиями и проектирование тестов.

2. Рекомендуемая литература

1. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа, часть 1 и часть 2. М.: Физматлит, 2005 (часть 1) и 2002 (часть 2).
2. Кудрявцев Л.Д. Математический анализ, часть 1 и часть 2. М.: Дрофа, 2003 (часть 1) и 2004 (часть 2).

3. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии. М.: Наука, 1968.
4. Воеводин В.В. Линейная алгебра. М.: Наука, 1980.
5. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного. СПб.: Лань, 2009.
6. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексного переменного. М.: Физматлит, 2008.
7. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. Изд-во МЦНМО, 1998.
8. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. СПб.: Лань, 2006.
9. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Физматлит, 2004.
10. Шилов Г.Е. Введение в теорию линейных пространств. М.: ГИТТЛ, 1956.
11. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Наука, 1982.
12. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. М.: Эдитория- 7 УРСС, 2004.
13. Петровский И.Г. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Физматлит, 2009.
14. Эльсгольц Л.З. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1969.
15. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 2004.
16. Соболев С.Л. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966.
17. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Физматлит, 2009.
18. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений, том 1 и том 2. М.: ГИФМЛ, 1962 (том 1) и 1959 (том 2).
19. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1975.
20. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971.
21. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения, том 1 и том 2. М.: Мир, 1964 (том 1) и 1967 (том 2).
22. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975.
23. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Высшая Школа, 2010.
24. Алексеев В.Б. Лекции по дискретной математике. М.: Инфра-М, 2012.
25. Ложкин С.А. Лекции по основам кибернетики. М.: Издательский отдел фта ВМК МГУ, 2004.
26. Мальцев А.И. Алгоритмы и вычислимые функции. М.: Наука, 1986.
27. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М.: Мир, 1964.
28. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал пресс, 2002.
29. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.

30. Корухов Л.С., Шура-Бура М.Р. Введение в алгоритмы. Учебное пособие для студентов I курса, 2-е исправленное издание. — М. Издательский отдел факультета ВМиК МГУ (лицензия ИД № 05899 от 24.09.2001 г.); МАКС Пресс, 2010, <http://sp.cmc.msu.ru/info/1/vvedalg.pdf> 8
31. Э. Таненбаум, Т. Остин, Архитектура компьютера. 6-е издание, СПб: Питер, 2013.
32. Операционные системы. У. Столингс. Вильямс. 2002.
33. Э. Таненбаум, Х. Бос Современные операционные системы. 4-е издание, СПб: Питер, 2015.
34. Т. Пратт. М. Зелкович. Языки программирования. Разработка и реализация 4-е издание, СПб: Питер, 2002.
35. В. Ш. Кауфман. Языки программирования. Концепции и принципы. - М.: ДМК-Пресс, 2010.
36. К. Дейт. Введение в системы баз данных. М: Вильямс, 2006.
37. В.В.Воеводин, Вл.В.Воеводин "Параллельные вычисления", БХВПетербург, 2002, 608с.
38. А.С. Антонов Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учеб пособие. Предисл. : В.А. Садовничий - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. — 344 с. - (Серия "Суперкомпьютерное образование").

Дополнительная литература.

1. Любимский Э. З., Мартынюк В. В., Трифонов Н. П. Программирование. - М.: Наука. 1980. - 608 с.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. - М.: МЦНМО. 2000. - 960 с. ISBN 5-900916-37-5.
3. Метакидес Г., Нероуд А., Принципы логики и логического программирования. - М.: «Факториал», 1998. - 288 с.
4. Яблонский С. В. Введение в дискретную математику. - М.: «Высшая школа», 2003. - 384 с. ISBN 5-06-004681-8.
5. Корухов Л.С., Шура-Бура М.Р. Введение в алгоритмы. Учебное пособие для студентов I курса, 2-е исправленное издание. — М. Издательский отдел факультета ВМиК МГУ (лицензия ИД № 05899 от 24.09.2001г.); МАКС Пресс, 2010, <http://sp.cmc.msu.ru/info/1/vvedalg.pdf>.
6. Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж. Построение и анализ вычислительных алгоритмов. - М.: Мир, 1979. - 539 с.
7. Макконелл Дж. Анализ алгоритмов. Вводный курс. - М.: Техносфера, 2002. - 304 с. ISBN 5-94836-005-9.
8. Алексеев В. Б. Введение в теорию сложностей алгоритмов: Учебное пособие для студентов. - М: Изд. отд. ф-та ВМиК МГУ, 2002. - 82 с.
9. Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG - М.:

Издательский дом «Вильямс», 2004. - 640 с. ISBN 5-8459-0664-4

10. Алексеев В. Б., Ложкин С. А. Элементы теории графов и схем: Учебное пособие. - М.: Изд. отд. ф-та ВМиК МГУ. 2000. - 58 с. ISBN 5-89407-087-2

11. Столлингс В. Операционные системы. Внутреннее устройство и принципы проектирования. 4 изд. - М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. - 843 с. ISBN 5-8459-03 10-6.

12. Таненбаум Э. Современные операционные системы. - СПб.: Питер, 2002. - 1040 с. ISBN 5-318-00299-4.

13. Стивенс У. UNIX - взаимодействие процессов. - СПб.: Питер, 2002. - 576 с. ISBN 5-318-00534-9.

14. Вдовикина Н. В., Казунин А. В., Машечкин И. В., Терехин И. В. Системное программное обеспечение - взаимодействие процессов. - М.: МГУ, 2002. - 184 с. ISBN 5-89407-139-9.

15. Вахалия Ю. Unix изнутри. - СПб.: Питер, 2003. - 844 с. ISBN 5- 94723-013-5.

16. Таненбаум Э., Стеен М. ван. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. - СПб.: Питер, 2003. - 887 с. ISBN 5-272- 00053-6.

17. Соломон Д., Русинович М. Внутреннее устройство MS Windows 2000. Мастер класс. - СПб.: Питер; М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2001. - 752 с. ISBN 5-318-00545-4, ISBN 5-7502-0136-4.

18. Инструментальные средства разработки ПО в ОС UNIX. Герасимов С.В., Машечкин И.В., Петровский М.И., Попов И.С., Терехин А.Н., Чернов А.В. МАКС Пресс, 66 с., Москва, 2011 г.

19. Организация кэширования. Герасимов С.В., Машечкин И.В., Петровский М.И., Попов И.С., Терехин А.Н., Чернов А.В. МАКС Пресс, 24 с., Москва, 2011 г.

20. Программирование в ОС UNIX на языке Си. Вдовикина Н.В., Машечкин И.В., Терехин А.Н., Тюляева В.В. МАКС Пресс Москва, 103 с., Москва, 2009 г.

21. Операционные системы: взаимодействие процессов. Вдовикина Н.В., Машечкин И.В., Терехин А.Н., Томилин А.Н. МАКС Пресс Москва, 216 с. Москва 2008 г.

22. Операционные системы: планирование выполнения процессов. Попов И.С. МАКС-Пресс, 52 с., Москва 2015 г.

23. Крюков В. А. Конспект лекций по курсу «Распределённые операционные системы» - <http://sp.cs.msu.ru/courses/os/>

24. Смелянский Р. Л. Компьютерные сети: в 2 т. т.1 Системы передачи данных. - Издательский центр "Академия" г.Москва, 2011. — С. 304.

25. Смелянский Р. Л. Компьютерные сети: в 2 т. т.2. Сети ЭВМ. — Издательский центр "Академия" г.Москва, 2011. — С. 240.

26. Материалы по курсу Введение в Сети ЭВМ: https://asvk.cs.msu.su/education/net_fund18

27. Столлингс В. Современные компьютерные сети. 2-е изд. - СПб.: Питер 2003. -

784 с. ISBN 5-94723-327-4, 0-13-032221-0.

28. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. - СПб.: Питер 2003. - 992 с. ISBN 5-318-00492-X

29. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных. 6-е изд. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. - 928 с. ISBN 5-8459-0311 - 4, 0-1308-4370-9.

30. Пратт Т., Зелковиц М. Языки программирования: разработка и реализация. 4-е изд. - СПб.: Питер, 2002. - 688 с. ISBN 5-318-00189-0, 0-13-027678-2.

31. Себеста Роберт У. Основные концепции языков программирования. 5-е изд. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. - 671 с. ISBN 5-8459-0192-8, 0-201-75295-6

32. Пильщиков В. Н. Программирование на языке Ассемблера IBM PC. - М.: Диалог-МИФИ, 2003.-288 с. ISBN 5-86404-051-7.

33. Рэндал Э. Брайант, Дэвид О'Халларон. Компьютерные системы: архитектура и программирование (Computer Systems: A Programmer's Perspective). Издательство: БХВ-Петербург, 2005 г. — 1186 стр.

34. Гордеев А. В., Молчанов А. Ю. Системное программное обеспечение. - СПб.: Питер, 2001. - 736 с. ISBN: 5-94723-562-5.

35. Волкова И. А., Руденко Т. В. Формальные грамматики и языки. Элементы теории трансляции. - М.: Изд. отд. ф-та ВМиК МГУ, 1999. - 64 с. ISBN 5-89407-032-5.

36. Серебряков В. А., Галочкин М. П., Гончар Д. Р., Фуругян М. Г. Теория и реализация языков программирования. - М.: МЗ-Пресс, 2003. - 345 с. ISBN 5-94073-053-1.

37. Ахо А., Сети А., Ульман Дж. Компиляторы: принципы, технологии, инструменты. - М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. - 768 с. ISBN 5-8459-0189-8, 0-201-10088-6.

38. Ахо А., Ульман Дж.. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции, т. 1,2. - М.: Мир, 1978,-1052 с. 19

39. Хопкрофт Дж., Мотвани Р., Ульман Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. 2-е изд. - М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. - 528 с. ISBN 5-8459-0261-4.

40. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург. 2002.-608 с. ISBN 5-94157-160-7.

41. Королев Л. Н. Архитектура процессоров электронных вычислительных машин. - М.: «Научный мир», 2005. - 272 с. ISBN 5- 89176-274-9.

42. Корнеев В. В. Параллельные вычислительные системы. - М.: Изд-во «Нолидж», 1999. - 320 с. ISBN 5-89251-065-4.

43. Антонов А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI: Учебное пособие.-М.: Изд-во МГУ, 2004.-71 с. ISBN 5-211-04907-1.

44. Лацис А. О. Как построить и использовать суперкомпьютер. - М.: Изд-во «Бестселлер», 2003. - 247 с. ISBN 5-98158-003-8.

45. Крюков В. А. Разработка параллельных программ для вычислительных кластеров и сетей. - Информационные технологии и вычислительные системы. - М.: ИМВС РАН, 2003, № 1-2,- 42-61 с.
46. Кузнецов С. Д. Основы баз данных. Курс лекций. - М.: Интернет-университет информационных технологий, 2005 - 487 с. ISBN 5-9556-0028-0.
47. Кузнецов С. Д. Основы современных баз данных. - ЦИТ. - <http://vwww.citforum.ru/database/osbd/contents.slitml>
48. Большакова Е. И., Мальковский М. Г., Пильщиков В. Н. Искусственный интеллект: методы и алгоритмы эвристического поиска. - М.: Изд. отд. ф-та ВМиК МГУ, 2002. - 81 с
49. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание. - М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. - 864 с. ISBN 5-8459-0437-4, 0-201-64866-0.
50. Марков А. С., Лисовский К. Ю., Базы данных. Введение в теорию и методологию. - М.: Финансы и статистика, 2004. - 512 с. 20 ISBN 5-279-02298-5.
51. Кузнецов С. Д. Базы данных. Языки и модели. - М.: Бином, 2005.
52. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. - 384 с. ISBN 5-94723- 449-1
53. Джексон П. Введение в экспертные системы. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. - 624 с. ISBN 5-8459-0150-2
54. Соммервилл И. Инженерия программного обеспечения: 6-е издание. - М.: Изд. дом «Вильямс», 2002. - 624 с. ISBN 5-8459-0330-0, 0-201-39815-X.
55. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж. UML. Классика CS. Издание второе.- СПб: Питер, 2006.
56. Кулямин В. В. Технологии программирования. Компонентный подход.– М.:ИНТУИТ-Бином,2007. [http://panda.ispras.ru/~kuliain/lecturessdt/sdt-book-2006.pdf]
57. Буздалов Д.В., Корныхин Е.В., Панфёров А.А., Петренко А.К., Хорошилов А.В. Практикум по дедуктивной верификации программ. М., 2014., Издат. отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова; МАКС Пресс Москва, ISBN 978-5-89407-531-0, 100 с.
58. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования: Пер. с англ. - СПб: Питер, 2016. - 366 с.
59. Арлоу Дж., Нейштадт А. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование Пер. с англ.: - СПб.: Символ-Плюс, 2007. - 624 с

1. Перечень вопросов для Этапа I вступительного испытания

Вопросы направлены на проверку глубины понимания фундаментальных разделов математики, задач криптографии, а также умения применять теоретические знания к решению практических задач.

1. 1. Общая часть.

1. Непрерывные функции одной переменной и их свойства. Равномерная непрерывность. Равностепенная непрерывность семейства функций. Теорема Арцела.

2. Функции многих переменных. Полный дифференциал, и его геометрический смысл. Достаточные условия дифференцируемости. Градиент.

3. Определенный интеграл. Интегрируемость непрерывной функции. Первообразная непрерывной функции. Приближенное вычисление определенных интегралов. Формулы трапеций и Симпсона, оценки погрешностей. Понятие о методе Гаусса.

4. Числовые ряды. Сходимость рядов. Критерий Коши. Достаточные признаки сходимости (Коши, Деламбера, интегральный, Лейбница).

5. Абсолютная и условная сходимость ряда. Свойства абсолютно сходящихся рядов. Перестановка членов ряда. Теорема Римана. Умножение рядов.

6. Ряды и последовательности функций. Равномерная сходимость. Признак Вейерштрасса. Свойства равномерно сходящихся рядов (непрерывность суммы, почленное интегрирование и дифференцирование).

7. Собственные и несобственные интегралы, зависящие от параметра. Равномерная сходимость по параметрам и ее признаки. Непрерывность, интегрирование и дифференцирование интегралов по параметру.

8. Мера множества. Измеримые функции. Интеграл Лебега и его основные свойства.

9. Степенные ряды в действительной и комплексной области. Радиус сходимости. Теорема Коши-Адамара. Теорема Абеля. Свойства степенных рядов (почленное интегрирование и дифференцирование). Разложение элементарных функций.

10. Функции комплексного переменного. Условия Коши-Римана. Геометрический смысл аргумента и модуля производной.

11. Элементарные функции комплексного переменного: линейная, дробно-линейная, z^n , e^z , и совершаемые ими конформные отображения. Простейшие

многозначные функции , $\text{Ln}(z)$.

12. Теорема Коши об интеграле по замкнутому контуру. Интеграл Коши. Ряд Тейлора.

13. Ряд Лорана. Полюс и существенно особая точка. Вычеты. Основная теорема о вычетах и ее применение.

14. Линейные преобразования. Квадратичные формы. Приведение их к каноническому виду линейными преобразованиями в комплексной и действительной областях. Закон инерции.

15. Линейная зависимость и независимость векторов. Ранг матрицы. Системы линейных алгебраических уравнений, теорема Кронекера-Капелли. Общее решение системы линейных алгебраических уравнений.

16. Ортогональные преобразования в евклидовом пространстве и ортогональные матрицы. Свойства ортогональных матриц.

17. Характеристический многочлен линейного преобразования векторного пространства. Собственные числа и собственные векторы. Свойства собственных чисел и векторов симметрических матриц. Понятие о методе ортогональных вращений решения полной проблемы собственных значений.

18. Итерационные методы решения уравнения $f(x)=0$ (хорд, Ньютона). Принцип сжатых отображений в полных метрических пространствах и его применение.

19. Линейные операторы, норма линейного оператора. Итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений (методы простой итерации и Зейделя).

20. Гильбертово пространство. Линейные и билинейные функционалы в гильбертовом пространстве. Линейные уравнения с вполне непрерывным оператором.

21. Ортогональные системы функций. Ряды Фурье по ортогональной системе функций, неравенство Бесселя, сходимость ряда Фурье. Достаточные условия равномерной сходимости рядов Фурье по тригонометрической системе функций. Влияние гладкости функции на порядок коэффициентов Фурье.

22. Линейные дифференциальные уравнения n -ого порядка. Линейное однородное уравнение. Линейная независимость функций. Фундаментальная система решений. Определитель Вронского. Общее решение неоднородного уравнения.

23. Линейные обыкновенные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами (однородные и неоднородные).

24. Устойчивость по Ляпунову решений обыкновенных дифференциальных уравнений. Теорема об устойчивости по первому приближению. Второй метод Ляпунова.

25. Градиентные методы поиска экстремума.

26. Формализация понятия алгоритма (машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова). Алгоритмическая неразрешимость.

27. Структура и состав вычислительной системы (аппаратура + программное обеспечение). Физические и виртуальные ресурсы. Управление ресурсами в вычислительной системе. Поток управляющей информации и данных в вычислительной системе. Проблемы дисбаланса производительности компонентов вычислительной системы и аппаратно-программные решения, предназначенные для сглаживания этого дисбаланса. Кеширование информационных потоков в вычислительной системе.

28. Архитектура многопроцессорных вычислительных систем. Графовая модель представления параллельных алгоритмов. Принципы построения параллельных программ с использованием технологий MPI и OpenMP. Показатели качества параллельных программ. Закон Амдала, его следствия.

29. Операционные системы, основные функции. Типы операционных систем. Организация управления и взаимодействия процессов в Операционной системе. Модели и средства синхронизации. Программирование взаимодействующих процессов. Модели организации и управления ОЗУ.

30. Парадигмы программирования (функциональное, императивное, объектно-ориентированное программирование).

31. Базы данных. Основные понятия реляционной модели данных. Реляционная алгебра. Средства языка запросов SQL.

32. Функции алгебры логики. Реализация их формулами. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма.

33. Схемы из функциональных элементов и простейшие алгоритмы их синтеза. Оценка сложности схем, получаемых по методу Шеннона.

1.2. Дополнительная часть.

1. Теорема о полноте для 2P. Теорема Кузнецова. Алгоритм распознавания полноты в Pk

2. Теорема Слупецкого. Особенности k-значных логик.

3. Упрощение дизъюнктивных нормальных форм.

4. Логика 1-го порядка. Выполнимость и общезначимость. Общая схема метода резолюций.

5. Автоматы и машины Тьюринга. Классы рекурсивных функций. Эквивалентность понятий частично рекурсивная функция и функция, вычислимая по Тьюрингу.

6. Классы P и NP. NP-полные задачи. Теорема Кука. NP-полные задачи на графах. NP-полнота задачи о хроматическом числе графа.

7. Основные понятия теории групп. Свойства конечных абелевых групп. Основные

свойства конечных полей.

8. Основные понятия теории линейных кодов, исправляющих ошибки: линейный код, порождающая и проверочная матрица, дуальный код, длина, размерность, минимальное расстояние. Граница Хемминга. Граница Варшамова– Гильберта. Граница Синглтона. Связь минимального расстояния кода с его проверочной матрицей

9. Циклические коды. Порождающий и проверочный многочлены. Построение проверочной и порождающей матрицы кода. Граница БЧХ.

10. Коды БЧХ. Алгоритм Берлекемпа-Мессии. Декодирование кодов БЧХ с помощью алгоритма Берлекемпа-Мессии. 11. Коды Рида-Маллера. Декодирование кода Рида-Маллера порядка 1. Алгоритм декодирования Рида кодов Рида-Маллера высших порядков.

12. Квадратичные вычеты и невычеты. Символ Лежандра и его свойства. Символ Якоби и его свойства. Решение квадратичных сравнений по простому модулю.

13. Простые числа. Тесты на простоту: тест Соловея-Штрассена и тест Рабина-Миллера.

14. Понятие производной булевой функции. Теорема об алгебраической степени производной. Понятие сужения булевой функции и понятие подфункции. Алгебраическая нормальная форма (АНФ) булевой функции и ее параметры. Соответствие Мебиуса. Теорема о вычислении коэффициентов АНФ. Классы линейных, аффинных, симметричных и монотонных функций.

15. Вес булевых функций. Теорема Мак-Элиса о делимости веса булевой функции на степень 2. Теорема о связи веса булевой функции и ее алгебраической 3 степени. Теорема о границе веса для почти всех булевых функций.

16. Преобразование Фурье и преобразование Уолша булевой функции. Формулы обращения. Связь спектров Фурье и Уолша. Спектры Уолша аффинных и симметричных функций. Булевы функции с непересекающимися спектрами.

2. Рекомендуемая литература.

1. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Наука, 1986.
2. Алексеев В.Б. Введение в теорию сложности алгоритмов. Изд. отдел ф-та ВМиК МГУ, 2002.
3. Применко Э.А. Алгебраические основы криптографии: Учебное пособие. М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. - 288 с.
4. Чень Ч., Ли Р. Математическая логика и автоматическое доказательство теорем. М.:Мир. 1983.
5. Виноградов И.М. Основы теории чисел. М.: Издательство Юрайт, 2020. — 123 с.
6. Мак-Вильямс Ф., Слоэн Н. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь, 1979

7. Логачев О.А, Сальников А.А, Ященко В.В. Булевы функции в теории кодирования и криптологии. М.: МЦНМО, 2004.
8. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и трудно решаемые задачи. М.: Мир. 1982.
9. Ященко В.В. (ред.). Введение в криптографию (2-е изд.). М.: МЦНМО, 2000
10. Таранников Ю.В. Комбинаторные свойства дискретных структур и приложения к криптологии. М: МЦНМО, 2011.
11. Горшков С.П., Тарасов А.В. Сложность решения систем булевых уравнений. М: КУРС, 2017.
12. Ильин В.А., Поздняк Э.Г. Основы математического анализа, часть 1 и часть 2. М.: Физматлит, 2005 (часть 1) и 2002 (часть 2).
13. Кудрявцев Л.Д. Математический анализ, часть 1 и часть 2. М.: Дрофа, 2003 (часть 1) и 2004 (часть 2).
14. Александров П.С. Лекции по аналитической геометрии. М.: Наука, 1968.
15. Воеводин В.В. Линейная алгебра. М.: Наука, 1980.
16. Привалов И.И. Введение в теорию функций комплексного переменного. СПб.: Лань, 2009.
17. Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций комплексного переменного. М.: Физматлит, 2008.
18. Гельфанд И.М. Лекции по линейной алгебре. Изд-во МЦНМО, 1998.
19. Курош А.Г. Курс высшей алгебры. СПб.: Лань, 2006.
20. Колмолгоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Физматлит, 2004.
21. Шилов Г.Е. Введение в теорию линейных пространств. М.: ГИТТЛ, 1956.
22. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.: Наука, 1982.
23. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
24. Петровский И.Г. Лекции по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Физматлит, 2009.
25. Эльсгольц Л.З. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1969.
26. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 2004.
27. Соболев С.Л. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966.
28. Петровский И.Г. Лекции об уравнениях с частными производными. М.: Физматлит, 2009.
29. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений, том 1 и том 2. М.: ГИФМЛ, 1962 (том 1) и 1959 (том 2).
30. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1975.

31. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971.
32. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения, том 1 и том 2. М.: Мир, 1964 (том 1) и 1967 (том 2).
33. Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975.
34. Яблонский С.В. Введение в дискретную математику. М.: Высшая Школа, 2010.
35. Алексеев В.Б. Лекции по дискретной математике. М.: Инфра-М, 2012.
36. Ложкин С.А. Лекции по основам кибернетики. М.: Издательский отдел ф-та ВМК МГУ, 2004.
37. Мальцев А.И. Алгоритмы и вычислимые функции. М.: Наука, 1986.
38. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике. М.: Мир, 1964.
39. Васильев Ф.П. Методы оптимизации. М.: Факториал пресс, 2002.
40. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971.
41. Корухова Л.С., Шура-Бура М.Р. Введение в алгоритмы. Учебное пособие для студентов I курса, 2-е исправленное издание. — М. Издательский отдел факультета ВМиК МГУ (лицензия ИД № 05899 от 24.09.2001 г.); МАКС Пресс, 2010, <http://sp.cmc.msu.ru/info/1/vvedalg.pdf>
42. Э. Таненбаум, Т. Остин, Архитектура компьютера. 6-е издание, СПб: Питер, 2013.
43. Операционные системы. У. Столингс. Вильямс. 2002.
44. Э. Таненбаум, Х. Бос Современные операционные системы. 4-е издание, СПб: Питер, 2015.
45. Т. Пратт. М. Зелкович. Языки программирования. Разработка и реализация 4-е издание, СПб: Питер, 2002.
46. В. Ш. Кауфман. Языки программирования. Концепции и принципы. - М.: ДМК-Пресс, 2010.
47. К. Дейт. Введение в системы баз данных. М: Вильямс, 2006.
48. В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин "Параллельные вычисления", БХВ-Петербург, 2002, 608с.
49. А.С. Антонов Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учеб пособие. Предисл. : В.А. Садовничий - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. — 344 с. - (Серия "Суперкомпьютерное образование").

Правила оформления реферата по избранному направлению подготовки.

Реферат представляет собой научную разработку по тематике будущего диссертационного исследования, которая позволяет выявить степень готовности поступающего к научной работе, понимание им основных задач и перспектив развития выбранной темы.

Структура реферата: титульный лист, содержательная часть, выводы, список литературных источников.

Технические требования к оформлению реферата: объем не менее 10 и не более 20 страниц машинописного текста (без учёта списка литературы и приложений); шрифт: Times New Roman, размер (кегель) 14 pt.; межстрочный интервал: полуторный; ссылки на источники в тексте обязательны, язык: русский.

Вступительное испытание по *английскому языку* состоит из 3 частей.

1. Письменная часть: проверяется информационно-аналитическая и переводческая компетенция. Поступающему предстоит выполнить чтение и письменный перевод специализированного научного текста объемом 2 000- 2300 печатных знаков; время – 60 минут (с возможностью использования неэлектронного словаря). Тематика текста будет соответствовать отрасли науки, по которой ведет исследование поступающий в аспирантуру. Цель – оценить точность передачи специализированной терминологии, понимание сути научного материала и умение эффективно работать с иноязычной информацией в ограниченные сроки.

2. Устная часть: оцениваются информационно-аналитическая, коммуникативно-дискурсивная и презентационная компетенции. Эта часть включает:

- просмотровое чтение и устное реферирование научного текста по специальности на английском языке Объем – 1500 печатных знаков; время - 15 мин;
- устную беседу на английском языке, посвященную основным этапам академической и профессиональной карьеры поступающего в аспирантуру. Цель – выявить способность поступающего к ясному и логичному изложению своих научных замыслов, достижений и опыта на иностранном языке, а также вести профессиональный диалог в рамках своей научной сферы.

Пример текста для перевода:

COMPUTER CRIMES

More and more the operations of our businesses, governments, and financial institutions are controlled by information that exists only inside computer memories. Anyone clever enough to modify this information for his own purposes can get substantial rewards. Even worse, a number of people who have done this and been caught at it have managed to escape punishment. These facts have not been lost by criminals or would-be criminals. Here are few areas in which computer criminals have found the pickings all too easy. Banking. All but the smallest banks now keep their accounts on computer files. Someone who knows how to change the numbers in the files can transfer funds at will. Business. A company that uses computer extensively offers many opportunities to both dishonest employees and clever outsiders. Theft of information. Much personal information about individuals is now stored in computer

files. An authorized person with access to this information could use it for blackmail. Also confidential information about company's products or ,even worse, operations can be stolen and sold to unscrupulous competitors. One attempt at the later came to light when the competitor turned in the people who were trying to sell him back the stolen information. Software theft. The software for the computer system is often more expensive than the hardware. Yet that is too easy to copy. Crooked computer experts have devised a variety of tricks to getting these expensive programs printed out, punched on cards, recorded on tapes, or otherwise delivered into their hands This crime has even been penetrated from remote terminals that access the computer over the telephone. Theft of time- Sharing Services. When the public is given access to a system, some members often discover how to use the system in unauthorized ways. For example, there are the “ phonefreakers” who avoid long distance telephone charges by sending over their phones control signals that are identical to those used by the telephone company. Since time-sharing systems often are accessible to anyone who dials the right telephone number, they are subjected to the same kinds of manipulation.

Беседа по теме предполагаемого исследования на основе представленного реферата.

Реферат включает титульный лист, содержательную часть, выводы и список литературных источников. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста

Вопросы для обсуждения:

- 1 Why have you decided to enter the postgraduate?
- 2 Speak about your latest researches.
- 3 Have you had any practical results?
- 4 Did you participate in any conferences, tell us about your impression?
- 5 In what field would you like to implement the results of your research? etc.

Рекомендуемая литература для подготовки:

1. Барановская Т.А., Захаров А.В., Поспелова Т.Б, Суворова Ю.А., Английский язык для академических целей. М.: Юрайт, 2020. - 198с.
2. Рябцева, Н. К. Научная речь на английском языке: Руководство по научному изложению. Словарь оборотов и сочетаемости общенаучной лексики. Новый словарь-справочник активного типа / Рябцева Н. К. - Москва: ФЛИНТА, 2020. - 598 с.
3. Hewings M., Thaine C. Cambridge Academic English: an integrated skills course for EAP. Advanced, Cambridge University Press, 2012. - 176 p.
4. McCarthy M., O'Dell F. Academic Vocabulary in Use. Vocabulary reference and practice, Cambridge University Press, 2016. - 173 p.

5. Cambridge Academic Content Dictionary. Cambridge University Press, 2008. - 1156 p.