

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»
(Астраханский государственный университет им. В. Н. Татищева)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОПОП

_____ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ПМИ

_____ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Алгоритмы в математике»

Составитель

**Корнеев Г.А., к.т.н., доцент ФИТиП, ИТМО
Коломина М.В., к.ф.м.н, доцент каф.ПМИ, АГУ**

Направление подготовки / специ-
альность

**01.03.02 Прикладная математика и
информатика**

Направленность (профиль) ОПОП

**Программирование и искусственный
интеллект**

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Год приёма

2023

Курс

3

Семестр(ы)

6

Астрахань – 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целями освоения дисциплины «Алгоритмы в математике» является развитие у студентов умений и навыков в области математической логики и теории алгоритмов, углубление знаний о методах прикладного эволюционного моделирования.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- углубление знаний в области математической логики, теории алгоритмов, эволюционного моделирования;
- формирование практических навыков анализа новых направлений и применения эффективных методов и технологий в прикладных областях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Алгоритмы в математике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (элективным дисциплинам) и осваивается в 6 семестре.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими учебными дисциплинами:

Математический анализ,
Линейная алгебра,
Теория вероятностей.

Знания: основных определений и теорем алгебры и начала математического анализа; основных функций и компонентов инструментальных средств проектирования и их практическое воплощение в наиболее развитых программных продуктах.

Умения: решать типовые теоретические и вычислительные задачи.

Навыки: использования и проверки алгебраических соотношений в прикладных математических задачах, ориентировании в основных алгебраических структурах и нахождении связи между ними.

2.3. Последующие учебные дисциплины и практики, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной.

Теория игр,
Автоматическое машинное обучение,
Преддипломная практика.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки / специальности:

б) профессиональных (ПК).

- ПК-8. Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.
- ПК-12. Разработка компонентов системных программных продуктов и интеграция разработанного программного обеспечения.
- ПК-14. Способность определять эффективный способ решения прикладных задач с применением информационных технологий и программной инженерии, разрабатывать и внедрять соответствующие программные решения.
- ПК-15. Способностью проектировать и реализовывать сложные программные системы и комплексы, в том числе высоконагруженные, распределенные и масштабируемые гетерогенные системы.

Таблица 1 – Декомпозиция результатов обучения

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-8.1. Владение методами интегрального и дифференциального исчисления одной и нескольких переменных ПК-8.2. Владение методами теории линейных пространств и операторов ПК-8.3. Владение методами функционального анализа для решения сложных задач информатики	ИПК-8.1.1. Современный математический аппарат	ИПК-8.2.1. Владеть методами функционального анализа для решения сложных задач информатики	ИПК-8.3.1. Навыками применения современного математического аппарата
ПК-12.1. Способен разрабатывать компоненты системных программных продуктов ПК-12.2. Интеграция и внедрение разработанного программного обеспечения	ИПК-12.1.1. Методы функционального, автоматного и эволюционного программирования.	ИПК-12.2.1. Проектировать и реализовывать мобильные и web-приложения.	ИПК-12.3.1. Определять эффективный способ решения прикладных задач с применением информационных технологий и программной инженерии, разрабатывать и внедрять соответствующие программные решения
ПК-14.1. Способность проектировать и реализовывать программные решения с применением методов функционального, автоматного и эволюционного программирования	ИПК-14.1.1. Методов функционального, автоматного и эволюционного программирования	ИПК-14.2.1. Проектировать и реализовывать мобильные и web-приложения	ИПК-14.3.1. Навыками определения эффективного способа решения прикладных задач с применением информационных технологий и программной инженерии, разрабатывать и внедрять соответствующие программные решения
ПК-15.1. Способен проектировать и реализовывать параллельные и распределенные программные системы ПК-15.2. Способен применять алгоритмы и структуры данных для эффективной реализации высоконагруженных систем	ИПК-15.1.1. Программных систем.	ИПК-15.2.1. Применять алгоритмы и структуры данных для эффективной реализации высоконагруженных систем.	ИПК-15.3.1. Проектирования и реализации параллельных и распределенных программных систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины составляет 4 зачётные единицы, в том числе 72 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 36 часов – лекции, 36 часов – лабораторные работы), и 72 часа – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2 – Структура и содержание дисциплины

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самост. работа		Форма текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
		Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
ФП	6	18	-	18	-	36	Лабораторные работы №1-3
Типизация	6	18	-	18	-	36	Лабораторные работы №4-6
Итого		36	-	36	-	72	Диф. зачёт

Таблица 3 – Матрица соотношения разделов, тем учебной дисциплины (модуля) и формируемых компетенций

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции				Общее количество компетенций
		ПК-8	ПК-12	ПК-14	ПК-15	
ФП	72	+	+	+	+	4

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции				Общее количество компетенций
		ПК-8	ПК-12	ПК-14	ПК-15	
Типизация	72	+	+	+	+	4

Краткое содержание каждой темы дисциплины (модуля)

Раздел 1. ФП

Расставляем скобки. Лямбда-исчисление, базовые определения, примеры. Лямбда-исчисление, теорема Чёрча-Россера. Подстановка. Свободные переменные.

Раздел 2. Типизация

Решение системы уравнений. Y-комбинатор, просто типизированное лямбда-исчисление. Нормализация. Сильная нормализация. Общий тип.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРЕПОДАВАНИЮ И ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Указания для преподавателей по организации и проведению учебных занятий по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Основной формой реализации теоретического обучения является лекция, которая представляет собой систематическое, последовательное изложение преподавателем-лектором учебного материала теоретического характера. Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины.

Порядок подготовки лекционного занятия включает в себя выполнение следующих этапов:

- изучение требований программы дисциплины;
- определение целей и задач лекции;
- разработка плана проведения лекции;
- подбор литературы (ознакомление с методической литературой, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия);
- отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала;
- определение методов, приемов и средств поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов;
- написание конспекта лекции.

Лекция должна включать следующие разделы:

- формулировку темы лекции;
- указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
- изложение вводной части;
- изложение основной части лекции;
- краткие выводы по каждому из вопросов;
- заключение;
- рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

Лабораторные занятия

Лабораторное занятие – целенаправленная форма организации педагогического процесса, направленная на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Они развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания студентов и выступают как средства оперативной обратной связи.

Правильно организованные лабораторные занятия ориентированы на решение следующих задач:

обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы теоретических знаний по дисциплине (предмету); формирование практических умений и навыков, необходимых в будущей профессиональной деятельности, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности; выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Состав заданий для лабораторного занятия должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством учащихся.

Лабораторные занятия должны так быть организованы, чтобы студенты ощущали нарастание сложности выполнения заданий, испытывали бы положительные эмоции от переживания собственного успеха в учении, поисками правильных и точных решений.

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, которую студент совершает в установленное время и в установленном объеме индивидуально или в группе, без непосредственной помощи преподавателя (но при его контроле), руководствуясь сформированными ранее представлениями о порядке и правильности выполнения действий.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – выполняется на учебных занятиях, под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию (выполнение самостоятельных работ; выполнение контрольных и практических работ; решение задач);
- внеаудиторная – выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия (подготовка к аудиторным занятиям; изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку; выполнение домашних заданий разнообразного характера; выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы; подготовка к контрольной работе). Внеаудиторные самостоятельные работы представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студентов и устанавливает сроки выполнения задания.

5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю)

Лекция

- Лекция – основной вид обучения в вузе.
- В лекции излагаются основные положения теории, ее понятия и законы, приводятся факты, показывающие связь теории с практикой.
- Накануне лекции необходимо повторить содержание предыдущей лекции (а также теорию по изучаемой теме в школьных учебниках геометрии, если эта тема была представлена в них), а затем посмотреть тему очередной лекции по программе (по плану лекций).

Лабораторное занятие

- Лабораторное занятие – наиболее активный вид учебных занятий в вузе. Он предполагает самостоятельную работу над лекциями и учебными пособиями.
- К каждому лабораторному занятию нужно готовиться. Подготовку следует начинать с повторения теории (по записям лекций или по учебному пособию). После этого нужно решать задачи из предложенного домашнего задания.

Организация самостоятельной работы

Самостоятельность в учебной работе способствует развитию заинтересованности студента в изучаемом материале, вырабатывает у него умение и потребность самостоятельно получать знания, что весьма важно для специалиста с высшим образованием. Самостоятельная работа студентов представлена в следующих формах:

- работа с учебной литературой и конспектом лекций с целью подготовки к лабораторным занятиям, составление конспектов тем, выносимых на самостоятельную проработку;
- систематическое выполнение домашних работ.

Таблица 4 – Содержание самостоятельной работы обучающихся

Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
ФП	45	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
Типизация	45	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно

Не предусмотрено.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Анализ данных» могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

6.1. Образовательные технологии

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line или off-line в формах.

Таблица 5. Образовательные технологии, используемые при реализации учебных занятий

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Форма учебного занятия		
	Лекция	Практическое занятие, семинар	Лабораторная работа
ФП	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лабораторных заданий
Типизация	Лекция-диалог	Не предусмотрено	Выполнение лабораторных заданий

6.2. Информационные технологии

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии:

- система управления обучением LMS Moodle;
- использование возможностей Интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т.д.);
- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источник информации;
- использование возможностей электронной почты;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий, применение новых технологий для проведения занятий с использованием презентаций и т.д.);
- использование интерактивных средств взаимодействия участников образовательного процесса (технологии дистанционного или открытого обучения в глобальной сети);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т.е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс).

6.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

6.3.1. Программное обеспечение

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
OpenOffice	Пакет офисных программ

6.3.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». www.studentlibrary.ru.
3. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». www.biblio-online.ru
4. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем». <https://library.asu.edu.ru>

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Алгоритмы в математике» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

Таблица 6 – Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы, темы дисциплины (модуля)	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	ФП	ПК-8, ПК-12, ПК-14, ПК-15	Лабораторные работы № 1-3
2	Типизация	ПК-8, ПК-12, ПК-14, ПК-15	Лабораторные работы № 4-6

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 7 – Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя

Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 8 – Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание по подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задания

7.3. Контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Лабораторная работа 1

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам.

Примеры заданий к лабораторной работе 1 «Расставляем скобки»

1. На вход вашей программе дается файл task1.in, содержащий лямбда-выражение в заданной грамматике
2. Аргументы-переменные в применении должны разделяться пробелом. В остальных случаях пробелы могут отсутствовать.
3. Любые пробелы между нетерминальными символами (кроме пробела, разделяющего аргументы в применении) --- а также начальные и конечные пробелы в строке --- должны игнорироваться. Символы табуляции, возврата каретки и перевода строки должны трактоваться как пробелы.
4. Требуется расставить все недостающие скобки вокруг всех абстракций и применений, и напечатать получившийся результат в файле task1.out.

Лабораторная работа 2

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам.

Примеры заданий к лабораторной работе 2 «Свободные переменные»

В файле task2.in задано некоторое лямбда-выражение, требуется найти список свободных переменных в нем и напечатать в алфавитном порядке, по идентификатору на строке.

Лабораторная работа 3

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам

Примеры заданий к лабораторной работе 3 «Подстановка»

1. В файле task3.in задана подстановка в некоторое лямбда-выражение в заданном синтаксисе (расширение определения из первой задачи).
2. Требуется в выходном файле task3.out привести результат подстановки, либо указать фразу Нет свободы для подстановки для переменной.

Лабораторная работа 4

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам

Примеры заданий к лабораторной работе 4 «Нормализация»

В файле task4.in дано лямбда-выражение, имеющее нормальную форму, требуется нормализовать его и результат записать в файл task4.out.

Лабораторная работа 5

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам

Примеры заданий к лабораторной работе 5 «Решение системы уравнений»

1. Унификация термов. На вход в файле task5.in задан список уравнений в алгебраических термах, по уравнению на строке. Каждое уравнение соответствует заданной грамматике.
2. Решите эту систему уравнений и выведите в файл task5.out наиболее общую подстановку, по строке на каждую переменную, используя следующую грамматику

Лабораторная работа 6

Лабораторная работа выполняется в рамках каждого раздела курса с целью усвоения прослушанного студентом теоретического материала.

Лабораторные работы должны быть сданы в период прочтения курса.

Сдача работы представляет собой предоставление отчета в свободной форме в письменном или электронном виде и, в случае необходимости, устные ответы на уточняющие вопросы по отдельным задачам

Примеры заданий к лабораторной работе 6 «Общий тип»

На вход в файле task6.in задано лямбда-выражение. Выведите в файл task6.out какой-нибудь наиболее общий тип для этого выражения в просто типизированном лямбда-исчислении (если этот тип существует), или укажите, что выражение типа не имеет.

Порядок предоставления отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по лабораторной работе. Время, отводимое на выполнение – 4 часа. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

Шаблон отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе № ____

«Название лабораторной работы»

1. Цель и задачи лабораторной работы: ____
2. Методика проведения исследования: ____
3. Анализ погрешностей: ____
4. Результаты: ____
5. Выводы: ____

Требования к выполнению лабораторной работы

Отчеты по лабораторным работам должны быть отправлены на электронную почту преподавателя не позднее, чем через две недели после выдачи задания. Полученные выводы и графический материал должны быть информативными и корректными.

Перечень вопросов, выносимых на дифференцированный зачет

- Бестиповое лямбда-исчисление. Общие определения, теорема Чёрча-Россера.
- Булевские значения, чёрчевские нумералы, упорядоченные пары, алгебраические типы. Нормальный и аппликативный порядок редукций, мемоизация.
- Бета-эквивалентность и Y -комбинатор. Парадокс Карри.
- Просто типизированное лямбда-исчисление. Исчисление по Чёрчу и по Карри. Изоморфизм Карри-Ховарда. Импликационный фрагмент интуиционистского исчисления высказываний.
- Нетипизируемость Y -комбинатора. Слабая и сильная нормализация. Задачи проверки типа, реконструкции типа, обитаемости типа в просто типизированном лямбдаисчислении (постановка задач, общие замечания).
- Унификация. Алгоритм нахождения типа в просто типизированном лямбда-исчислении.
- Сильная нормализуемость просто типизированного лямбда-исчисления.
- Логика второго порядка. Выразимость связок через импликацию и квантор всеобщности в интуиционистской логике 2-го порядка.
- Система F . Изоморфизм Карри-Ховарда для системы F . Упорядоченные пары, алгебраические и экзистенциальные типы.
- Типовая система Хиндли-Милнера, алгоритм W . Типизация Y -комбинатора.

- Обобщённые типовые системы. Типы, рода, сорта. Зависимые типы. Лямбда-куб.
- Язык Идрис. Sigma и Pi типы в языке Идрис. Типизация printf с использованием зависимых типов.
- Доказательства в языке Идрис (на примере коммутативности сложения).
- Теорема Диаконеску. Типы и сетоиды.
- Линейная логика, линейные связки. Комбинаторы. Линейные и уникальные типы.

Билет № 1

Вопрос 1. Бета-эквивалентность и Y-комбинатор. Парадокс Карри.

Вопрос 2. Теорема Диаконеску. Типы и сетоиды.

Таблица 8 – Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
ПК-8. Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат.				
1.	Задание закрытого типа	<i>Выберите верный ответ.</i> Говорят, что две программы эквиваленты, если... а. их нормальные формы синтаксически совпадают б. обе программы имеют нормальную форму в. имеет место завершённость вычислений	а	1-3
2.		<i>Выберите верный ответ.</i> Что является элементами булевого множества? а. натуральные числа б. логические значения «истина» и «ложь» в. -1, 1, 0	б	1-3
3.		<i>Выберите верный ответ.</i> Отношение типизации, обозначаемое как $\Gamma \vdash e : T$ обозначает, что... а. обозначает, что выражение e имеет тип T в контексте Γ и, таким образом, корректно типизировано б. обозначает, что выражение e имеет тип Γ и, таким образом, корректно типизировано в. обозначает, что выражение e имеет тип T в контексте Γ и, таким образом, некорректно типизировано	а	1-3
4.		<i>Выберите верный ответ.</i> Если переменная x имеет тип T в некотором контексте, то... а. то x^{Tx} есть отношение типизации в этом контексте	в	1-3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		сте и x корректно типизирована б. то T^x есть отношение типизации в этом контексте и x корректно типизирована в. x^T есть отношение типизации в этом контексте и x корректно типизирована		
5.		Выберите верный ответ. Если $S(\sigma) = \tau$, то тип τ называется ... а. внутренним типа σ б. примером типа σ в. вложенным типа σ	б	1-3
6.	Задание открытого типа	Что понимают под <i>лямбда-выражением</i> ?	Лямбда-выражением (англ. <i>λ-term</i>) называется выражение, удовлетворяющее следующей грамматике: $\begin{aligned} \Lambda &\rightarrow V \\ \Lambda &\rightarrow \Lambda \Lambda \\ \Lambda &\rightarrow \lambda V. \Lambda \end{aligned}$ где V — множество всех строк над фиксированным алфавитом $\Sigma \setminus \{\lambda, \cdot, \cdot, \cdot\}$. Пробел во втором правиле является терминалом грамматики. Иногда его обозначают как $@$, чтобы он не сливался с другими символами в выражении.	5-8
7.		В чем заключается парадокс Карри?	Парадокс Карри — парадоксальный вывод из утверждения: «Если это утверждение верно, то русалки существуют». Вместо существования русалок может указываться любое неправдоподобное или ложное заявление (в английском оригинале — существование Санта-Клауса). Ход мыслей, ведущий к парадоксу, строится следующим образом: Обозначим через S высказывание «Если S верно, то русалки существуют»; Мы не знаем, верно ли высказывание S. Но если бы высказывание S было верным, то это влекло бы существование русалок; Но именно это и утверждается в высказывании S, таким образом S — верно; Следовательно, русалки существуют! Причиной парадокса Карри является использование в утверждении недопустимой ссылки на само себя. В строго формализованных теориях парадокс Карри не появляется, однако некоторые исследователи отмечают, что теорема Лёба может рассматриваться как результат формализации рассуждений, анало-	8-10

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			гичных парадоксу Карри, с помощью гёделевской нумерации.	
8.		В чем заключается суть типизации Хиндли-Милнера?	Суть системы типизации Хиндли — Милнера заключается в том, что на уровне синтаксиса программы можно провести формальные преобразования таким образом, чтобы автоматически определить типы выражений, используемых в этой программе. Это избавляет разработчика от необходимости явно указывать типы выражений, что в свою очередь влечёт за собой лаконичность и высокую степень читаемости кода программ. В таком языке программирования, как Haskell, декларации типов выражений обычно вносятся в исходные коды только для выражений самого верхнего уровня в целях документирования кода.	5-8
9.		Опишите алгоритм Хиндли — Милнера.	Алгоритм автоматического вывода типов строит систему уравнений, неизвестными в которой являются типы, после чего решает эту систему, находя неизвестные значения. Базовый вариант алгоритма достаточно прост, поэтому он неоднократно переоткрывался независимо друг от друга различными исследователями в области информатики и прикладной математики, как уже было показано во введении. Базовый вариант оперирует только теми сущностями, которые используются в простом типизированном λ -исчислении — хотя непосредственно в процессе вывода используются типовые переменные, в результате работы алгоритма для λ -термов получаются только базовые типы из известного множества.	8-10
10.		Чтобы построить систему уравнений вывода типов (типовых уравнений), необходимо последовательно применить два процесса. Опишите их.	1. На основании правил вывода типов породить систему предположений о типах для самого обрабатываемого λ -выражения и всех его подвыражений вплоть до переменных и констант. Правила вывода применяются без проверки предусловий, и это — особенность алгоритма Хиндли — Милнера. 2. Для предположений о типах всех подвыражений построить равенства вида $\tau_1 = \tau_2$ на основании того, что типы τ_1 и τ_2 приписаны одному и тому же λ -терму. Весь набор таких равенств и представляет собой систему типовых уравнений.	8-10
11.	Задание	Верно ли утверждение:	Утверждение неверно, поскольку ком-	3-5

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
	комбинированного типа	Комбинаторы неподвижной точки типизируются в системе Хиндли — Милнера. Ответ обоснуйте.	бинаторы неподвижной точки не типизируются в системе Хиндли — Милнера, а потому либо должны быть внедрены в ядро языка, либо для вывода типов должна использоваться иная система типизации (например, система Жирара-Рейнольдса, известная как «Система F»).	
ПК-12. Разработка компонентов системных программных продуктов и интеграция разработанного программного обеспечения.				
12.	Задание закрытого типа	<i>Выберите верный ответ.</i> Как расшифровывается аббревиатура PRAM? а. Parallel Random Access Machine б. Parallel Relational Algebra Monitor в. Parallel Random Access Memory	в	1-3
13.		<i>Выберите верный ответ.</i> Какой алгоритм используется в рассмотренных FPTAS-алгоритмах для рюкзака? а. динамическое программирование с отбором наиболее дорогих наборов б. метод условного спуска в. алгоритм Беллмана-Форда г. динамическое программирование с отбором наиболее легких наборов	г	1-3
14.		<i>Выберите верный ответ.</i> С какой точностью работает модифицированный жадный алгоритм для задачи о рюкзаке? а. алгоритм не гарантирует точности решения б. 1 в. 2 г. 3 д. 0.75	в	1-3
15.		<i>Выберите верный ответ.</i> Если алгоритму упаковки подать на вход единичную матрицу инцидентности, он, если считать от длины входа, затратит время ... а. линейное	б	1-3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		б. экспоненциальное в. квадратичное г. полином больше степени 2		
16.		<i>Выберите верный ответ.</i> Паросочетание, это подмножество... а. ребер б. вершин г. циклов д. графов	а	1-3
17.	Задание открытого типа	Дайте определение понятию <i>логики второго порядка</i> .	Логика второго порядка в математической логике — формальная система, расширяющая логику первого порядка возможностью квантификации общности и существования не только над переменными, но и над предикатами и функциональными символами. Логика второго порядка несводима к логике первого порядка.	3-5
18.		Сформулируйте теорему С. Шелах.	Теорема А (С.Шелах). Существует лишь четыре логики второго порядка (с точностью до эквивалентности интерпретируемости логики второго порядка друг к другу): 1) логика первого порядка (недопустимо написание кванторов по отношениям); 2) монадическая логика второго порядка (допустимо написание кванторов по любым одноместным отношениям); 3) предикатно-функциональная логика второго порядка (допустимо написание кванторов по отношениям, лежащимся базисными на основном множестве модели); 4) полная логика второго порядка (допустимо написание кванторов по любым отношениям).	5-8
19.		Известно, что Idris — чистый функциональный язык. Но также поддерживается опциональное требование свойства totality функций, под которым подразумевается два свойства: определенность всюду, строгая нормализация. <i>Дайте описание этим свойствам.</i>	1. Определённость всюду: функция должна быть определена для любых входных данных. В чистых языках отсутствие этого свойства — едва ли не единственная возможность для программы «упасть» (другие — ИО, в частности убийство процесса системой вследствие каких-то его действий, и возможные баги компилятора). 2. Строгая нормализация: при рекурсивных вызовах функции, хотя бы один из её аргументов должен строго уменьшаться (структурно), либо функция должна быть продуктивна на каждой итерации — т.е. возвращать какую-то часть результата, и обещание просчитать следующую итерацию. В первом случае это гарантирует завершаемость функции, обходя проблему остановки, а во втором — возможность считать конечный префикс любой длины за конечное время.	5-8
20.		Дайте определение языку программирования idris.	Idris — чистый тотальный функциональный язык программирования общего назначения с Haskell-подобным синтаксисом и поддержкой зависимых типов. Система типов подобна системе типов языка Agda.	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			Язык поддерживает средства автоматического доказательства, сравнимые с Coq, включая поддержку тактик, однако фокусируется не на них, а позиционируется как язык программирования общего назначения. Цели его создания: «достаточная» производительность, простота управления побочными эффектами и средства реализации встраиваемых предметно-ориентированных языков.	
21.		Дайте определение α -эквивалентности.	α-эквивалентностью (англ. α-equivalence) — называется наименьшее соотношение эквивалентности на Λ такое что: $P =_{\alpha} P \text{ для любого } P$ $\lambda x. P =_{\alpha} \lambda y. P[x := y] \text{ если } y \notin FV(P)$ и замкнуто относительно следующих правил: $P =_{\alpha} P' \Rightarrow \forall x \in V : \lambda x. P =_{\alpha} \lambda x. P'$ $P =_{\alpha} P' \Rightarrow \forall Z \in \Lambda : PZ =_{\alpha} P'Z$ $P =_{\alpha} P' \Rightarrow \forall Z \in \Lambda : ZP =_{\alpha} ZP'$ $P =_{\alpha} P' \Rightarrow P' =_{\alpha} P$ $P =_{\alpha} P' \ \& \ P' =_{\alpha} P'' \Rightarrow P =_{\alpha} P''$	8-10
22.	Задание комбинированного типа	Верно ли утверждение. В FPTAS-алгоритмах для рюкзака используются алгоритмы динамического программирования с отбором наиболее дорогих наборов. Обоснуйте ответ.	В FPTAS-алгоритмах для рюкзака используются алгоритмы динамического программирования с отбором наиболее легких наборов.	3-5
ПК-14. Способность определять эффективный способ решения прикладных задач с применением информационных технологий и программной инженерии, разрабатывать и внедрять соответствующие программные решения.				
23.	Задание закрытого типа	Выберите верный ответ. Алгоритм с мультипликативной ошибкой не более $(1 + \varepsilon)$, где $\varepsilon > 0$, называется...	а	1-3
24.		а. приближенным б. оптимальным в. адаптивным Выберите верный ответ. Как называется задача оптимизации со следующей формулировкой: $\sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max$ $\forall k \sum_{i,j} a_{ijk} x_{ij} = b_k,$ $X = (x_{ij}) \succeq 0,$ $\forall i, j \ x_{ij} = x_{ji}.$ а. векторное программирование	б	1-3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		б. полуопределенное программирование в. линейное программирование		
25.		Выберите верный ответ. Какова точность, гарантируемая гибридным вероятностным алгоритмом MAX-SAT? а. $\frac{1}{2}$ б. $\frac{1}{3}$ в. $\frac{4}{3}$ г. $\frac{4}{2}$	в	1-3
26.		Выберите верный ответ. Гамильтонов цикл в графе... а. проходит через все ребра по одному разу б. проходит через все вершины по одному разу в. проходит через все вершины и ребра по одному разу	б	1-3
27.		Выберите верный ответ. Какова точность, гарантируемая жадным алгоритмом в задаче о покрытии? а. $1 + \ln \ln m$ б. $\sqrt{m}$ в. $\ln \ln m$	а	1-3
28.	Задание открытого типа	Дайте определение β -редукции.	β -редукция (англ. β -reduction) — это наименьшее соотношение на Λ такое что $(\lambda x. P)Q \rightarrow_{\beta} P[x := Q]$ и замкнуто относительно следующих правил $P \rightarrow_{\beta} P' \Rightarrow \forall x \in V : \lambda x. P \rightarrow_{\beta} \lambda x. P'$ $P \rightarrow_{\beta} P' \Rightarrow \forall Z \in \Lambda : P Z \rightarrow_{\beta} P' Z$ $P \rightarrow_{\beta} P' \Rightarrow \forall Z \in \Lambda : Z P \rightarrow_{\beta} Z P'$	5-8
29.		Дайте определение термина каррирование.	Каррирование (англ. currying) — преобразование функции от многих переменных в функцию, берущую свои аргументы по одному. Для функции h типа $h : (A * B) \rightarrow C$ оператор каррирования Λ выполняет преобразование $\Lambda(h) : A \rightarrow (B \rightarrow C)$. Таким образом $\Lambda(h)$ берет аргумент типа A и возвращает функцию типа $B \rightarrow C$. С интуитивной точки зрения, каррирование функции позволяет фиксировать ее некоторый аргумент, возвращая функцию от остальных аргументов. Таким образом, Λ представляет собой функцию типа $\Lambda : (A * B \rightarrow C) \rightarrow (A \rightarrow (B \rightarrow C))$.	5-8
30.		Сформулируйте теорему Роббинса.	Теорема Роббинса, названная по имени американского математика Герберта Роббинса, утверждает, что графы, имеющие сильные ориентации, — это в точности рёберно 2-связные графы. То есть тогда и только тогда можно выбрать направление каждого ребра неориентированного графа G , превратив	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			граф в ориентированный граф, в котором существует (ориентированный) путь из любой вершины в любую другую вершину, когда граф G связан и не имеет мостов.	
31.		Сформулируйте теорему Дилуорса.	Теорема Дилуорса — комбинаторное утверждение, характеризующее экстремальное свойство для частично упорядоченных множеств: конечное частично упорядоченное множество A может быть разбито на N попарно непересекающихся цепей, где N — количество элементов наибольшей антицепи множества A (называемое также шириной частично упорядоченного множества). Версия теоремы для бесконечных частично упорядоченных множеств: частично упорядоченное множество имеет конечную ширину W тогда и только тогда, когда его можно разбить на W цепей, но не меньше. Доказана американским математиком Робертом Дилуорсом (англ. Robert P. Dilworth; 1914—1993), главной областью исследований которого была теория решёток.	5-8
32.		Сформулируйте теорему Мирского.	Теорема, двойственная теореме Дилуорса — теорема Мирского, — утверждает, что размер наибольшей цепи в частичном порядке (конечный случай) равен наименьшему числу антицепей, на которые можно разложить частичный порядок. Доказательство этой теоремы много проще доказательства теоремы Дилуорса. Для любого элемента x возьмём цепи, имеющие x в качестве максимального элемента, и пусть $N(x)$ означает размер наибольшей из этих x -максимальных цепей. Тогда каждое множество $N^{-1}(i)$, состоящее из элементов, которые имеют одинаковые значения N , является антицепью, и размер этого разделения частично упорядоченного множества на антицепи равно размеру наибольшей цепи.	5-8
33.	Задание комбинированного типа	<i>Верно ли утверждение:</i> Гамильтонов цикл в графе проходит через все ребра по одному разу. Обоснуйте ответ.	Утверждение неверно, поскольку гамильтонов цикл в графе проходит через все вершины по одному разу.	3-5
ПК-15. Способностью проектировать и реализовывать сложные программные системы и комплексы, в том числе высоконагруженные, распределенные и масштабируемые гетерогенные си-				

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
стемы.				
34.	Задание закрытого типа	<i>Выберите верный ответ.</i> Какой прием используется в FPTAS-алгоритме для рюкзака? а. округление коэффициентов б. дерандомизация в. PTAS-аппроксимация г. метод условного спуска	а	1-3
35.		<i>Выберите верный ответ.</i> Представим неориентированный граф топологии «звезда», с $n+1$ вершинами. Каков максимальный размер независимого множества максимального по включению? а. $n+1$ б. n в. $n-1$ г. n^2	б	1-3
36.		<i>Выберите верный ответ.</i> Для чего применяется «метод условных вероятностей»: а. демократизация б. рандомизация в. метод Монте-Карло г. дерандомизация	г	1-3
37.		<i>Выберите верный ответ.</i> Есть граф $G=(V,E)$. Разбиение множества вершин V на непересекающиеся множества S и T называется: а. разбивка б. паросочетание в. разрез г. поток	в	1-3
38.		<i>Выберите верный ответ.</i> Формулировка (в виде ЦЛП) какой задачи приведена на рисунке:	б	1-3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		$\sum_{j=1}^m z_j \rightarrow \max$ $\sum_{i \in C_j^+} y_i + \sum_{i \in C_j^-} (1 - y_i) \geq z_j, \quad \forall j$ $y_i, z_j \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j$ а. MIN-SAT б. MAX-SAT в. MAX-3SAT		
39.	Задание открытого типа	Дайте определение термину <i>лямбда-куб</i> .	Лямбда-куб (λ -куб) — наглядная классификация восьми типизированных лямбда-исчислений с явным приписыванием типов (систем, типизированных по Чёрчу). Куб организован в соответствии с возможными зависимостями между типами и термами этого исчисления и формирует естественную структуру для исчисления конструкций. Идею λ -куба предложил в 1991 году нидерландский логик и математик Хенк Барендрегт. Дальнейшие обобщения лямбда-куба можно получить, рассматривая чистую систему типов.	5-8
40.		Дайте определение понятию <i>логики второго порядка</i> .	Логика второго порядка в математической логике — формальная система, расширяющая логику первого порядка возможностью квантификации общности и существования не только над переменными, но и над предикатами и функциональными символами. Логика второго порядка несводима к логике первого порядка.	3-5
41.		Известно, что Idris — чистый функциональный язык. Но также поддерживается опциональное требование свойства totality функций, под которым подразумевается два свойства: определенность всюду, строгая нормализация. <i>Дайте описание этим свойствам.</i>	Определённость всюду: функция должна быть определена для любых входных данных. В чистых языках отсутствие этого свойства — едва ли не единственная возможность для программы «упасть» (другие — ИО, в частности убийство процесса системой вследствие каких-то его действий, и возможные баги компилятора). Строгая нормализация: при рекурсивных вызовах функции, хотя бы один из её аргументов должен строго уменьшаться (структурно), либо функция должна быть продуктивна на каждой итерации — т.е. возвращать какую-то часть результата, и обещание просчитать следующую итерацию. В первом случае это гарантирует завершаемость функции, обходя проблему остановки, а	5-8

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			во втором — возможность считать конечный префикс любой длины за конечное время.	
42.		Чтобы построить систему уравнений вывода типов (типовых уравнений), необходимо последовательно применить два процесса. Опишите их.	На основании правил вывода типов породить систему предположений о типах для самого обрабатываемого λ -выражения и всех его подвыражений вплоть до переменных и констант. Правила вывода применяются без проверки предусловий, и это — особенность алгоритма Хиндли — Милнера. Для предположений о типах всех подвыражений построить равенства вида $\tau_1 = \tau_2$ на основании того, что типы τ_1 и τ_2 приписаны одному и тому же λ -терму. Весь набор таких равенств и представляет собой систему типовых уравнений.	8-10
43.		<i>Верно ли утверждение:</i> Комбинаторы неподвижной точки типизируются в системе Хиндли — Милнера. Ответ обоснуйте.	Утверждение неверно, поскольку комбинаторы неподвижной точки не типизируются в системе Хиндли — Милнера, а потому либо должны быть внедрены в ядро языка, либо для вывода типов должна использоваться иная система типизации (например, система Жирара-Рейнольдса, известная как «Система F»).	3-5
44.	Задание комбинированного типа	<i>Верно ли утверждение.</i> В FPTAS-алгоритмах для рюкзака используются алгоритмы динамического программирования с отбором наиболее дорогих наборов. Обоснуйте ответ.	В FPTAS-алгоритмах для рюкзака используются алгоритмы динамического программирования с отбором наиболее легких наборов.	3-5

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Таблица 10 – Технологическая карта рейтинговых баллов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые мероприятия	Количество мероприятий / баллы	Максимальное количество баллов	Срок представления
Основной блок				
1.	<i>Лабораторные работы</i>	6/15	90	
Всего			90	-
Блок бонусов				
2.	<i>Посещение занятий</i>		5	
3.	<i>Своевременное выполнение всех заданий</i>		5	
Всего			10	-
ИТОГО			100	-

Таблица 11 – Шкала перевода рейтинговых баллов в итоговую оценку за семестр по дисциплине

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
90–100	5 (отлично)	Зачтено
85–89	4 (хорошо)	
75–84		
70–74		
65–69	3 (удовлетворительно)	
60–64		
Ниже 60	2 (неудовлетворительно)	Не зачтено

При реализации дисциплины в зависимости от уровня подготовленности обучающихся могут быть использованы иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1. Основная литература

1. Hopcroft J. E., Motwani R., Ullman J. D. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation (3rd Edition). — Addison-Wesley, Boston, MA, USA, 2006. — 750 с.
2. Шень А. Программирование: теоремы и задачи. — М.: МЦНМО, 2014. — 296 с.
3. Шень А., Верещагин Н. Языки и исчисления. — М.: МЦНМО, 2012. — 240 с.
4. Верещагин, Н. К. Колмогоровская сложность и алгоритмическая случайность [Электронный ресурс] / Н. К. Верещагин, В. А. Успенский, А. Шень. — Электрон. дан. — СПб: Лань, 2013. — 575 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/56395> — Загл. с экрана.

8.2. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся:

1. Кривцова, И. Е. Основы дискретной математики. Часть 1. Учебное пособие [Электронный ресурс] / И. Е. Кривцова, И. С. Лебедев, А. В. Настека. — Электрон. дан. — СПб: ИТМО, 2016. — 92 с. — Режим доступа: http://books.ifmo.ru/book/1869/osnovy_diskretnoy_matematiki_chast_1_uchebnoe_posobie.htm — Загл. с экрана.
2. Гашков, С. Б. Дискретная математика : учебник для вузов / С. Б. Гашков. — 3-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 520 с. — ISBN 978-5-507-49866-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/451232Г>

8.3. Дополнительная литература

Вики-конспекты. — http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Заглавная_страница

8.4. Интернет-ресурсы, необходимые для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>
2. Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС): <http://mars.arbicon.ru>
3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для проведения лекционных занятий:

1. Используется аудитория, оборудованная необходимым количеством столов, стульев, доской маркерной и электронной.
2. Аудитория должна иметь следующие нормы освещенности
 - СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» норма освещенности аудиторий ВУЗов 400 Лк.

- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» пункт 3.3.3. «Общее освещение в помещениях общественных зданий должно быть равномерным».
3. Электронная доска должна быть подключена к сети Интернет.
Для проведения **лабораторных занятий**:
 1. Лабораторные занятия проводятся с группами или подгруппами не более 15 человек.
 2. Аудитория должна быть оснащена необходимым количеством столов, стульев, доской маркерной и электронной.
 4. Аудитория должна иметь следующие нормы освещенности
 - СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» норма освещенности аудиторий ВУЗов 400 Лк.
 - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» пункт 3.3.3. «Общее освещение в помещениях общественных зданий должно быть равномерным».
 5. В аудитории должно быть не менее 15 компьютеров, находящихся в исправном состоянии.
 6. Расположение компьютеров в аудитории должно позволять преподавателю подойти к рабочему месту студента.
 7. Компьютеры должны быть соединены локальной сетью со скоростью не менее 1 Гбит/с и подключены к сети Интернет.
 8. Наличие видеокамер.
 9. Компьютеры должны обладать минимальными характеристиками:
 - Объем оперативной памяти 16 Гб
 - Накопитель SDD 500 Гб
 - Процессор 12th Gen Intel(R) Core(TM) i3-12100
 - Видеоадаптер Intel(R) UHD Graphics 730

Рабочая программа дисциплины (модуля) при необходимости может быть адаптирована для обучения (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий) лиц с ограниченными возможностями здоровья, инвалидов. Для этого требуется заявление обучающихся, являющихся лицами с ограниченными возможностями здоровья, инвалидами, или их законных представителей и рекомендации психолого-медико-педагогической комиссии. Для инвалидов содержание рабочей программы дисциплины (модуля) может определяться также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида (при наличии).