

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

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ПМИ

_____ М.В. Коломина

_____ М.В. Коломина

«8» сентября 2022 г.

«8» сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория типов»

Составитель	Корнеев Г.А., к.т.н., доцент ФИТиП, ИТМО
Направление подготовки / специальность	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) ОПОП	Программирование и искусственный интеллект
Квалификация (степень)	бакалавр
Форма обучения	очная
Год приёма	2023
Курс	4
Семестр(ы)	8

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Целью освоения дисциплины «Теория типов» является ознакомление студентов с современным математическим аппаратом, связанным с лямбда-исчислениями и типизацией.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- формирование основных понятий и методов теории типов;
- формирования навыка применения современного математического аппарата;
- развитие практических навыков в области теории типов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Теория типов» относится к *части*, формируемой участниками образовательных отношений (элективным дисциплинам) и осваивается в 8 семестре.

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

Математическая логика,
Дискретная математика,
Алгоритмы и структуры данных,
Введение в программирование.

Знания: основ математической логики, теории множеств, основных понятий дискретной математики, основных принципов построения алгоритмов.

Умения: решать типовые теоретические и вычислительные задачи.

Навыки: абстрагирования и моделирования математических структур, критического анализа информации, самостоятельного освоения новых знаний.

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

Преддипломная практика, ВКР.

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

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	современный математический аппарат, основные теоремы об исчислении высказываний и системах первого порядка, основные свойства систем формальной арифметики	применять методы функционального анализа для решения сложных задач информатики	навыками применения современного математического аппарата, использования инструментов для автоматического доказательства утверждений математической логики.
ПК-8.2. Владение методами теории линейных пространств и операторов			
ПК-8.3. Владение методами функционального анализа для решения сложных задач информатики			

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объём дисциплины составляет 4 зачётных единицы, в том числе 44 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 22 часа – лекции, 22 часа – лабораторные работы), и 100 часов – 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	8	11	-	11	-	50	Лабораторные работы №1-3
Типизация	8	11	-	11	-	50	Лабораторные работы №4-6
Итого		22	-	22	-	100	Диф. зачёт

Примечание: Л – лекция; ПЗ – практическое занятие, семинар; ЛР – лабораторная работа; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа.

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

Раздел, тема дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Код компетенции		Общее количество компетенций
		ОПК-1	ПК-8	
ФП	72	+	+	2
Типизация	72	+	+	2
Итого	144			2

Краткое содержание дисциплины

Раздел 1: Расставляем скобки, Лямбда-исчисление, базовые определения, примеры, Лямбда-исчисление, теорема Чёрча-Россера, Подстановка, Свободные переменные.

Раздел 2: 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 различного 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).
- Полезно вести записи (конспекты) лекций: для непонятных вопросов оставлять место при работе над темой лекции с учебными пособиями.
- Записи лекций следует вести в отдельной тетради, оставляя место для дополнений во время самостоятельной работы.
- При конспектировании лекций выделяйте главы и разделы, параграфы, подчеркивайте основное.

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

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Форма работы
Раздел 1	ФП	50	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.
Раздел 2	Типизация	50	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам.

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

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.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Теория типов» 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	Интерактивная лекция	Не предусмотрено	Выполнение лабораторных работ
Типизация	Интерактивная лекция	Не предусмотрено	Выполнение лабораторных работ

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. Программное обеспечение, 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	Пакет офисных программ
OpenOffice	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows	Операционная система
Kaspersky Endpoint Security	Средство антивирусной защиты
Google Chrome	Браузер
Opera	Браузер
Emu8086	Программный эмулятор работы компьютера с процессором Intel 8086.
CodeBlocks	Кроссплатформенная среда разработки

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». <https://www.studentlibrary.ru>.

3. 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 «Теория типов» 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	Лабораторные работы № 1-3
2	Типизация	ПК-8	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
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	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, испытывает затруднения и

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«удовлетворительно»	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:

Лабораторные работы

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы
1	1	Расставляем скобки
2	1	Свободные переменные
3	1	Подстановка
4	2	Нормализация
5	2	Решение системы уравнений
6	2	Общий тип

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 «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.

Примеры заданий к лабораторной работе «Свободные переменные»

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

Примеры заданий к лабораторной работе «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.

Примеры заданий к лабораторной работе «Нормализация»

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

Примеры заданий к лабораторной работе «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:

Примеры заданий к лабораторной работе «Общий тип»

1. 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 зачет

1. Бестиповое лямбда-исчисление. Общие определения, теорема Чёрча-Россера.

2. Булевские значения, чёрековские нумералы, упорядоченные пары, алгебраические типы. Нормальный и аппликативный порядок редукций, мемоизация.
3. Бета-эквивалентность и Y -комбинатор. Парадокс Карри.
4. Просто типизированное лямбда-исчисление. Исчисление по Чёрчу и по Карри. Изоморфизм Карри-Ховарда. Импликационный фрагмент интуиционистского исчисления высказываний.
5. Нетипизируемость Y -комбинатора. Слабая и сильная нормализация. Задачи проверки типа, реконструкции типа, обитаемости типа в просто типизированном лямбда-исчислении (постановка задач, общие замечания).
6. Унификация. Алгоритм нахождения типа в просто типизированном лямбда-исчислении.
7. Сильная нормализуемость просто типизированного лямбда-исчисления.
8. Логика второго порядка. Выразимость связей через импликацию и квантор всеобщности в интуиционистской логике 2-го порядка.
9. Система F. Изоморфизм Карри-Ховарда для системы F. Упорядоченные пары, алгебраические и экзистенциальные типы.
10. Типовая система Хиндли-Милнера, алгоритм W. Типизация Y -комбинатора.
11. Обобщённые типовые системы. Типы, рода, сорта. Зависимые типы. Лямбда-куб.
12. Язык Идрис. Sigma и Pi типы в языке Идрис. Типизация printf с использованием зависимых типов.
13. Доказательства в языке Идрис (на примере коммутативности сложения).
14. Теорема Диаконеску. Типы и сетоиды.
15. Линейная логика, линейные связки. Комбинаторы. Линейные и уникальные типы.

Порядок формирования билета:

Билеты состоят из 2-х вопросов:

- 1 вопрос – с 1 по 8 вопрос из перечня вопросов к экзамену;
 2 вопрос – с 9 по 15 вопрос из перечня вопросов к экзамену.

Пример билета № 1

1. Вопрос «Бета-эквивалентность и Y -комбинатор. Парадокс Карри.»
2. Вопрос «Теорема Диаконеску. Типы и сетоиды.

Таблица 9. Примеры оценочных средств с ключами правильных ответов

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
<i>ПК-8. Способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат</i>				
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	1-3

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
		б. логические значения «истина» и «ложь» в. -1, 1, 0		
3.		Выберите верный ответ. 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.		Выберите верный ответ. Если переменная x имеет тип T в некотором контексте, то... а. то x^{Tx} есть отношение типизации в этом контексте 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	в	1-3
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> в теории типов?	Лямбда-выражением (англ. <i>$\lambda\lambda$-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».	8-10

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			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, аналогичных 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 толь-	8-10

№ п/п	Тип задания	Формулировка задания	Правильный ответ	Время выполнения (в минутах)
			ко 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.	
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 комбинированного типа	<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

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

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)	

Сумма баллов	Оценка по 4-балльной шкале	
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. Ганичева, А. В. Дискретная математика : учебное пособие для вузов / А. В. Ганичева, А. В. Ганичев. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 160 с. — ISBN 978-5-507-49204-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/382370>

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. 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).