

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра теории упругости и вычислительной математики
имени академика А.С. Космодамианского



УТВЕРЖДАЮ:

ректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа
«22» апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ И ФОРМАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ

Направление подготовки:	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Образовательная программа:	бакалавриат
Квалификация:	Академический бакалавр
Форма обучения:	<u>очная, очно-заочная, заочная, в том числе с ускоренным сроком обучения</u> нужное подчеркнуть

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета математики
и информационных технологий

И. А. Моисеенко

«16» апреля 2020



Программа учебной дисциплины «Теория автоматов и формальных языков» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 280; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор кафедры теории упругости и
вычислительной математики имени
академика А.С. Космодамианского

И.А. Моисеенко

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского

Протокол № 11 от «9» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой

В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией факультета математики и информационных технологий
Протокол № 8 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

Л.И. Селякова

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Теория автоматов и формальных языков» относится к базовой части профессионального блока учебного плана по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими и сопутствующими дисциплинами: "Языки и методы программирования", "Объектно-ориентированное программирование и стандартная библиотека C++", "Архитектура вычислительных систем", "Дискретная математика", "Алгоритмы и структуры данных". Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для таких учебных дисциплин, как "Теория алгоритмов", "Курсовые работы по теории автоматов и формальных языков", дипломные и магистерские работы по специальности. Возникнув в результате усилий, направленных на выработку точных методов описания естественных языков, теория грамматик столкнулась, с одной стороны, с теоретической лингвистикой, с другой – с теорией алгоритмов и автоматов. Понятие и методы, используемые этими теориями, получили в формальных грамматиках своеобразную интерпретацию и были развиты в новых направлениях. Практические применения теории грамматик, прежде всего, связаны с лингвистикой, для которой формальные грамматики – это удобный метаязык. Кроме того, формальные грамматики широко применяются для определения языков программирования и разработки эффективных алгоритмов трансляции для них.

Предварительные требования к студентам.

- Знание одного из классических процедурно-ориентированных или объектно-ориентированных языков, предпочтительно языка C++.
- Освоение курсов "Языки и методы программирования", "Объектно-ориентированное программирование и стандартная библиотека C++", "Архитектура вычислительных систем", "Дискретная математика", "Алгоритмы и структуры данных".

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>				
Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика			
Профиль				
Образовательная программа	бакалавриат			
Квалификация	академический бакалавр			
Количество содержательных модулей	4			
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	базовая часть профессионального блока			
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	1 модульный контроль в 5 семестре, 1 экзамен в 5 семестре			
Показатели	очная форма обучения		заочная форма обучения	
	нормат. срок	ускор. срок	нормат. срок	ускор. срок
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	4		
Год подготовки	3	3		
Семестр	5	5		
Количество часов	144	144		
- лекционных	54	54		
- практических, семинарских				
- лабораторных	36	36		
- самостоятельной работы	54	54		

в т.ч. индивидуальное задание				
Недельное количество часов,	8	8		
в т.ч. аудиторных	5	5		

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи.

Цели учебной дисциплины.

1. Изучение основных аспектов теории формальных языков, существенных с точки зрения трансляции.
2. Изучение свойств формальных моделей представления и обработки информации.
3. Изучение основного механизма определения языков – формальных грамматик, математическим формализмом для теоретического изучения в определенном аспекте "внутреннего строения" рекурсивных множеств некоторых специальных классов.
4. Изучение алгоритмов и технических приемов, имеющих широкое использование при построении современных трансляторов языков.

Задачи учебной дисциплины.

1. Исследование и разработка математических моделей, алгоритмов, методов, программного обеспечения.
2. Разработка программного и информационного обеспечения автоматизированных систем вычислительных комплексов.
3. Разработка и исследование алгоритмов, вычислительных моделей и моделей данных для реализации элементов новых (или известных) сервисов систем информационных технологий.
4. Разработка архитектуры, алгоритмических и программных решений системного и прикладного программного обеспечения.
5. Изучение и разработка языков программирования, алгоритмов, библиотек и пакетов программ, продуктов системного и прикладного программного обеспечения.

Требования к результатам освоения дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по направлению подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»:

а) общекультурных (ОК):

- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

б) общепрофессиональных (ОПК):

- способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями (ОПК-1);
- способностью применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий (ОПК-2);
- способностью к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям (ОПК-3);
- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-4);

в) профессиональных (ПК):**научно-исследовательская деятельность:**

- способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий (ПК-2);

проектная и производственно-технологическая деятельность:

- способностью разрабатывать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов систем информационных технологий, а также методы и механизмы оценки и анализа функционирования средств и систем информационных технологий (ПК-7);

организационно-управленческая деятельность:

- способностью разрабатывать, оценивать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов информационных технологий, а также реализовывать методы и механизмы оценки и анализа функционирования средств и информационных технологий; разрабатывать проектную и программную документацию, удовлетворяющую нормативным требованиям (ПК-9);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен**Знать:**

- типы языковых процессоров;
- основные фазы трансляции;
- методы работы и синтеза лексического анализатора;
- методы работы и синтеза синтаксического анализатора;
- методы работы и синтеза семантического анализатора;
- способы представления в программных системах конечных автоматов;
- формализм регулярных множеств и регулярных выражений;
- соотношения праволинейных грамматик и конечных автоматов;
- классификацию порождающих грамматик по Холмскому;
- методы работы и синтеза магазинных автоматов;
- свойства LL(k)-грамматик;
- методы денотационных и операционных семантик;
- методы семантических подпрограмм;
- методы задания семантики языка программирования;
- подходы к оптимизации кода программ;
- подходы к реализации ассемблеров.

Уметь:

- строить программы лексических анализаторов;
- программировать интерпретаторы формальных грамматик;
- программно реализовывать деревья вывода;
- строить LL(1) таблицы для работы синтаксического анализатора;
- представлять семантический терм программы.

Владеть:

- навыками использования контекстно-свободных грамматик и синтаксически управляемого перевода для программной реализации компиляторов.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента.

Лекционные занятия направлены на овладение теоретическими основами дисциплины, лабораторные – на овладение методами (алгоритмами) практического решения задач профессиональной деятельности.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение индивидуальных заданий, подготовку к лекционным и лабораторным занятиям, изучение учебно-методической литературы, составление конспектов, подготовку презентаций и докладов.

Текущий контроль осуществляется путем защиты индивидуальных заданий, модульной контрольной работы по проверке знаний теоретических положений (понятий, определений, алгоритмов и доказательств их работы).

В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий, внеаудиторная самостоятельная работа, балльно-рейтинговая система оценки успеваемости, личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов преподавания. При проведении лекций для обсуждения материала широко используются методы математического и компьютерного моделирования. Также проводятся лекции проблемные, с заранее запланированными ошибками.

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Модуль 1. Модель идеализированного компилятора и лексический аспект в языковых процессорах.	
Содержательный модуль 1.1. Математическая и информационная модель идеализированного компилятора.	
Тема 1. Модель языкового процессора	Описание и цель курса. Характеристика его роли в схеме подготовки специалиста. Связь с другими курсами рабочего учебного плана. Тематический план курса. Знания и умения. Литература основная и дополнительная. Понятие и типы языковых процессоров. Способы задания языков программирования. Основные фазы языкового процессора: лексический анализатор; синтаксический анализатор; семантический анализатор; оптимизатор кода. Интерпретация семантического термина программы в форме семантического дерева. Критерии оптимизации семантического термина программы. Машинно-независимые и машинно-зависимые методы оптимизации. Использование таблиц для накопления информации о структуре и типе переменных в программе. Анализ ошибок. Генератор объектного кода. Группировка фаз и проходы компилятора. Стадии компилятора. Проходы компилятора. Математическая модель перевода.
Тема 2. Языки	Языки. Способы задания языка. Операции над языками.
Тема 3. Формальные грамматики	Формальные грамматики. Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки. Язык, определяемый грамматикой. Форма Бэкуса-Наура. Грамматики с ограничениями на правила. Классификация грамматик по Хомскому.
Тема 4. Абстрактные распознаватели	Классификация абстрактных распознавателей. Машина Тьюринга. Схема абстрактного распознавателя. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Языки, определяемые (распознаваемые, допускаемые) абстрактным распознавателем. Детерминированные и недетерминированные конечные распознаватели. Алгоритм преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный.

	Детерминированные и недетерминированные распознаватели с магазинной памятью. Линейно ограниченные распознаватели. Классы эквивалентности формальных грамматик и абстрактных распознавателей.
Содержательный модуль 1.2. Лексический аспект в языковых процессорах. Разработка лексических анализаторов на основе конечных распознавателей.	
Тема 5. Регулярные выражения и праволинейные грамматики	Регулярные множества и регулярные выражения. Свойства регулярных выражений. Регулярные выражения и праволинейные грамматики. Алгоритм построения праволинейной грамматики G для заданных двух произвольных праволинейных грамматик G_1 и G_2 так, чтобы $L G = L G_1 \cup L G_2$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Алгоритм построения праволинейной грамматики G для заданных двух произвольных праволинейных грамматик G_1 и G_2 так, чтобы $L G = L G_1 L G_2$. <u>Алгоритм</u> построения праволинейной грамматики G для заданной произвольной праволинейной грамматики G_1 так, чтобы $L G = L G_1^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Уравнения с регулярными коэффициентами. Системы уравнений с регулярными коэффициентами. Методы построения решений. Алгоритм построения регулярного выражения для заданной произвольной праволинейной грамматики.
Тема 6. Конечные распознаватели и регулярные выражения	Конечные распознаватели и регулярные выражения. <u>Алгоритм</u> построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 \cup L M_2$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 L M_2$. <u>Алгоритм</u> построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного распознавателя M_1 так, чтобы $L M = L M_1^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков.
Тема 7. Конечные распознаватели и праволинейные грамматики	Конечные распознаватели и праволинейные грамматики. Алгоритм построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики. Алгоритм построения праволинейной грамматики для заданного произвольного конечного распознавателя. Доказательство эквивалентности порождаемых языков.
Тема 8. Распознающие и обрабатывающие автоматы	Распознающие и обрабатывающие автоматы. Проблемы идентификации. Расширяющиеся конечные автоматы. Транслитераторы. Идентификация слов (метод автомата). Идентификация слов с нечёткими границами. Задача обнаружения префиксов.
Модуль 2. Синтаксический и семантический аспект в языковых процессорах.	
Содержательный модуль 2.1. Разработка синтаксических анализаторов для класса $LL(1)$-грамматик на основе ДМП_ε-распознавателей.	
Тема 9. КС-	КС- грамматики. Выводы. Деревья вывода. Левосторонняя и

грамматики	<p>правосторонняя стратегии вывода. Однозначность грамматики. Приведение грамматик. <u>Алгоритм</u> поиска непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> устранения непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> поиска недостижимых символов для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> устранения недостижимых символов для КС-грамматик.</p> <p><u>Алгоритм</u> устранения бесполезных символов для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> построения множества аннулирующих нетерминалов для КС-грамматики. <u>Алгоритм</u> преобразования КС-грамматики к неукорачивающему виду. <u>Алгоритм</u> устранения цепных правил для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> устранения непосредственной левой рекурсии для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> устранения левой рекурсии в общем виде для КС-грамматик. <u>Алгоритм</u> левой факторизации для КС-грамматик.</p> <p>Распознаватели с магазинной памятью, допускающим цепочку опустошением магазина. Такты и конфигурации $МП_{\epsilon}$-распознавателя. <u>Алгоритм</u> построения $МП$-распознавателя для заданного произвольного $МП_{\epsilon}$-распознавателя. <u>Алгоритм</u> построения $МП_{\epsilon}$-распознавателя для заданного произвольного $МП$-распознавателя. Классы эквивалентности $МП$ и $МП_{\epsilon}$ распознавателей.</p> <p>КС-грамматики и $МП$-распознаватели. <u>Алгоритм</u> построения $МП_{\epsilon}$-распознавателя для заданной произвольной КС-грамматики. <u>Алгоритм</u> построения КС-грамматики для заданного произвольного $МП_{\epsilon}$-распознавателя. Доказательство эквивалентности порождаемых языков.</p>
Тема 10. Предиктивный синтаксический анализатор	<p>Методы обработки языка. Нисходящий анализ. S-грамматики. Определение. Алгоритм построения $ДМП_{\epsilon}$-распознавателя для заданной произвольной S-грамматики. Множества $FIRST_k(\alpha)$. $LL(k)$-грамматики. LL-грамматики.</p> <p>$LL(1)$-грамматики. Множества $FIRST(\alpha)$. Алгоритм построения множеств $FIRST(\alpha)$. Множества $FOLLOW X$. Алгоритм построения множеств $FOLLOW X$. Управляющая таблица разбора.</p> <p>Алгоритм построения управляющей таблицы разбора.</p> <p>Предиктивный синтаксический анализатор. Алгоритм построения предиктивного синтаксического анализатора для $LL(1)$-грамматик.</p> <p>Пример построения предиктивного синтаксического анализатора.</p>
Содержательный модуль 2.2. Семантический аспект языков программирования.	
Тема 11. Синтаксически управляемая трансляция	<p>Синтаксически управляемая трансляция. Синтаксис выражений.</p> <p>Проблемы неоднозначности грамматик. Ассоциативность и приоритет операций. Синтаксически управляемые определения. Синтаксически управляемая трансляция.</p> <p>Информационная модель синтаксически управляемой трансляции.</p> <p>Практическая реализация синтаксически управляемой трансляции.</p>

[illegible]

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Основные фазы языкового процессора: лексический анализатор; синтаксический анализатор; семантический анализатор; оптимизатор кода. Интерпретация семантического терма программы в форме семантического дерева.	2
2	Критерии оптимизации семантического терма программы. Машинно-независимые и машинно-зависимые методы оптимизации. Использование таблиц для накопления информации о структуре и типе переменных в программе.	2
3	Анализ ошибок. Генератор объектного кода. Группировка фаз и проходы компилятора. Стадии компилятора	2
4	Языки. Способы задания языка. Операции над языками.	2
5	Формальные грамматики. Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки. Язык, определяемый грамматикой	2
6	Форма Бэкуса-Наура. Грамматики с ограничениями на правила. Классификация грамматик по Хомскому	2
7	Классификация абстрактных распознавателей. Машина Тьюринга. Схема абстрактного распознавателя. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки	2
8	Языки, определяемые (распознаваемые, допускаемые) абстрактным распознавателем. Детерминированные и недетерминированные конечные распознаватели	2
9	Алгоритм преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный. Детерминированные и недетерминированные распознаватели с магазинной памятью	2
10	Линейно ограниченные распознаватели. Классы эквивалентности формальных грамматик и абстрактных распознавателей	2
11	Регулярные множества и регулярные выражения. Свойства регулярных выражений. Регулярные выражения и праволинейные грамматики. Эквивалентность порождаемых языков	2
12	Уравнения с регулярными коэффициентами. Системы уравнений с регулярными коэффициентами. Методы построения решений. Алгоритм построения регулярного выражения для заданной произвольной праволинейной грамматики	2
13	Конечные распознаватели и регулярные выражения. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 \cup L M_2$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	2
14	Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 L M_2$. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного	2

	распознавателя M_1 так, чтобы $L M = L M_1^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	
15	Конечные распознаватели и праволинейные грамматики. Алгоритм построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики.	2
16	Алгоритм построения праволинейной грамматики для заданного произвольного конечного распознавателя. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	2
17	Распознающие и обрабатывающие автоматы. Проблемы идентификации. Расширяющиеся конечные автоматы	2
18	Транслитераторы. Идентификация слов (метод автомата). Идентификация слов с нечёткими границами. Задача обнаружения префиксов	2
19	КС-грамматики. Выводы. Деревья вывода. Левосторонняя и правосторонняя стратегии вывода. Однозначность грамматики. Приведение грамматик.	2
20	Распознаватели с магазинной памятью, допускающим цепочку опустошением магазина. Такты и конфигурации $МП_\varepsilon$ -распознавателя.	2
21	Методы обработки языка. Нисходящий анализ. S-грамматики. Управляющая таблица разбора	2
22	Алгоритм построения управляющей таблицы разбора	2
23	Предиктивный синтаксический анализатор. Пример построения предиктивного синтаксического анализатора	2
24	Алгоритм построения предиктивного синтаксического анализатора для $LL(1)$ -грамматик.	2
25	Синтаксически управляемая трансляция. Синтаксис выражений. Проблемы неоднозначности грамматик. Ассоциативность и приоритет операций.	2
26	Синтаксически управляемые определения. Синтаксически управляемая трансляция.	2
27	Информационная модель синтаксически управляемой трансляции. Практическая реализация синтаксически управляемой трансляции	2
Всего		54

Темы лабораторных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Интерпретация семантического термина программы в форме семантического дерева.	2
2	Использование таблиц для накопления информации о структуре и типе переменных в программе.	2
3	Анализ ошибок. Генератор объектного кода. Группировка фаз и проходы компилятора. Стадии компилятора	2
4	Способы задания языка. Операции над языками.	2
5	Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки. Язык, определяемый грамматикой	2
6	Алгоритм преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный.	2

7	Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 \cup L M_2$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	2
8	Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 L M_2$. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного распознавателя M_1 так, чтобы $L M = L M_1^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	2
9	Алгоритм построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики.	2
10	Алгоритм построения праволинейной грамматики для заданного произвольного конечного распознавателя.	2
11	Алгоритм поиска непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. Алгоритм устранения непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик.	2
12	Алгоритм поиска недостижимых символов для КС-грамматик. Алгоритм устранения недостижимых символов для КС-грамматик.	2
13	Алгоритм устранения бесполезных символов для КС-грамматик. Алгоритм построения множества аннулирующих нетерминалов для КС-грамматики. Алгоритм преобразования КС-грамматики к неукорачивающему виду.	2
14	Алгоритм устранения цепных правил для КС-грамматик. Алгоритм устранения непосредственной левой рекурсии для КС-грамматик.	2
15	Алгоритм устранения левой рекурсии в общем виде для КС-грамматик. Алгоритм левой факторизации для КС-грамматик	2
16	Алгоритм построения MPP_ϵ -распознавателя для заданного произвольного MPP_ϵ -распознавателя.	2
17	Алгоритм построения MPP_ϵ -распознавателя для заданного произвольного MPP -распознавателя.	2
18	Алгоритм построения MPP_ϵ -распознавателя для заданной произвольной КС-грамматики. Алгоритм построения КС-грамматики для заданного произвольного MPP_ϵ -распознавателя.	2
Всего		36

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Интерпретация семантического термина программы в форме семантического дерева.	2
2	Использование таблиц для накопления информации о структуре и типе переменных в программе.	2

3	Анализ ошибок. Генератор объектного кода. Группировка фаз и проходы компилятора. Стадии компилятора	3
4	Способы задания языка. Операции над языками.	3
5	Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки. Язык, определяемый грамматикой	3
6	Алгоритм преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный.	3
7	Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 \cup L M_2$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	3
8	Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 L M_2$. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного распознавателя M_1 так, чтобы $L M = L M_1^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков	3
9	Алгоритм построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики.	3
10	Алгоритм построения праволинейной грамматики для заданного произвольного конечного распознавателя.	3
11	Алгоритм поиска непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. Алгоритм устранения непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. Алгоритм поиска недостижимых символов для КС-грамматик. Алгоритм устранения недостижимых символов для КС-грамматик.	3
12	Алгоритм устранения бесполезных символов для КС-грамматик. Алгоритм построения множества аннулирующих нетерминалов для КС-грамматики. Алгоритм преобразования КС-грамматики к неукорачивающему виду.	3
13	Алгоритм устранения цепных правил для КС-грамматик. Алгоритм устранения непосредственной левой рекурсии для КС-грамматик.	2
14	Алгоритм устранения левой рекурсии в общем виде для КС-грамматик. Алгоритм левой факторизации для КС-грамматик	2
15	Алгоритм построения MPI -распознавателя для заданного произвольного MPI_ϵ -распознавателя.	2
16	Алгоритм построения MPI_ϵ -распознавателя для заданного произвольного MPI -распознавателя	2
17	Алгоритм построения MPI_ϵ -распознавателя для заданной произвольной КС-грамматики.	2
18	Алгоритм построения КС-грамматики для заданного произвольного MPI_ϵ -распознавателя	2
19	Методы обработки языка. Нисходящий анализ. S-грамматики. Управляющая таблица разбора. Алгоритм построения управляющей таблицы разбора	2
20	Предиктивный синтаксический анализатор. Алгоритм построения	2

	предиктивного синтаксического анализатора для $LL(1)$ -грамматик. Пример построения предиктивного синтаксического анализатора	
21	Синтаксически управляемая трансляция. Синтаксис выражений. Проблемы неоднозначности грамматик. Ассоциативность и приоритет операций. Синтаксически управляемые определения. Синтаксически управляемая трансляция.	2
22	Информационная модель синтаксически управляемой трансляции. Практическая реализация синтаксически управляемой трансляции	2
Всего		54

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Полный перечень 40 вариантов для каждого из четырех индивидуальных заданий, выполнение которых предусмотрено в семестре, с подробными примерами их решения приведены в [1].

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Контрольные вопросы в форме тестовых заданий закрытого типа приведены в [1].

1. Основные фазы языкового процессора: лексический анализатор; синтаксический анализатор; семантический анализатор; оптимизатор кода.
2. Интерпретация семантического терма программы в форме семантического дерева.
3. Критерии оптимизации семантического терма программы. Машинно-независимые и машинно-зависимые методы оптимизации.
4. Использование таблиц для накопления информации о структуре и типе переменных в программе.
5. Генератор объектного кода. Группировка фаз и проходы компилятора. Стадии компилятора
6. Языки. Способы задания языка. Операции над языками.
7. Формальные грамматики. Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки.
8. Язык, определяемый грамматикой
9. Форма Бэкуса-Наура.
10. Грамматики с ограничениями на правила. Классификация грамматик по Хомскому
11. Классификация абстрактных распознавателей. Машина Тьюринга.
12. Схема абстрактного распознавателя. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки.
13. Языки, определяемые (расознаваемые, допускаемые) абстрактным распознавателем. Детерминированные и недетерминированные конечные распознаватели
14. Алгоритм преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный.
15. Детерминированные и недетерминированные распознаватели с магазинной памятью
16. Линейно ограниченные распознаватели.
17. Классы эквивалентности формальных грамматик и абстрактных распознавателей
18. Регулярные множества и регулярные выражения. Свойства регулярных выражений. Регулярные выражения и праволинейные грамматики.
19. Уравнения с регулярными коэффициентами. Системы уравнений с регулярными коэффициентами. Методы построения решений.
20. Алгоритм построения регулярного выражения для заданной произвольной праволинейной грамматики
21. Конечные распознаватели и регулярные выражения. Алгоритм построения конечного

распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 \cup L M_2$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков.

22. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 \cup L M_2$.

23. Алгоритм построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного распознавателя M_1 так, чтобы $L M = L M_1^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков

24. Конечные распознаватели и праволинейные грамматики. Алгоритм построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики.

25. Алгоритм построения праволинейной грамматики для заданного произвольного конечного распознавателя. Доказательство эквивалентности порождаемых языков

26. Распознающие и обрабатывающие автоматы. Проблемы идентификации. Расширяющиеся конечные автоматы

27. Транслитераторы. Идентификация слов (метод автомата). Идентификация слов с нечёткими границами. Задача обнаружения префиксов

28. КС-грамматики. Выводы. Деревья вывода.

29. Левосторонняя и правосторонняя стратегии вывода. Однозначность грамматики. Приведение грамматик.

30. Распознаватели с магазинной памятью, допускающим цепочку опустошением магазина. Такты и конфигурации $МП_\varepsilon$ -распознавателя.

31. Методы обработки языка. Нисходящий анализ. S-грамматики. Управляющая таблица разбора. Алгоритм построения управляющей таблицы разбора

32. Предиктивный синтаксический анализатор.

33. Алгоритм построения предиктивного синтаксического анализатора для $LL(1)$ -грамматик. Пример построения предиктивного синтаксического анализатора

34. Синтаксически управляемая трансляция. Синтаксис выражений. Проблемы неоднозначности грамматик.

35. Ассоциативность и приоритет операций. Синтаксически управляемые определения. Синтаксически управляемая трансляция.

36. Информационная модель синтаксически управляемой трансляции. Практическая реализация синтаксически управляемой трансляции

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Направление подготовки: **01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **4**

Учебная дисциплина **Теория автоматов и формальных языков**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

1. Интерпретация семантического термина программы в форме семантического дерева.
2. Алгоритм построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики.
3. Управляющая таблица разбора. Алгоритм построения управляющей таблицы разбора.

4. Информационная модель синтаксически управляемой трансляции.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «__» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
Преподаватель

В.И. Сторожев

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
1	10
2	10
3	10
4	10
<i>Всего</i>	40

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА*Теоретические вопросы к экзамену*

1. Понятие и типы языковых процессоров (определения). Обобщающая модель компилятора (схема, краткая характеристика основных фаз).
2. Лексический анализ и лексический анализатор (определения, назначение, структура, примеры работы).
3. Синтаксический анализ и синтаксический анализатор (определения, назначение, структура, примеры работы).
4. Семантический анализ и семантический анализатор (определения, назначение, структура, примеры работы).
5. Языки. Способы задания. Операции над языками. Определения. Примеры.
6. Формальные грамматики. Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки. Определения. Примеры.
7. Классификация грамматик по Хомскому. Классы эквивалентности формальных грамматик и абстрактных распознавателей. Примеры.
8. Машина Тьюринга. Конфигурации и такты. Определения. Пример.
9. Схема абстрактного распознавателя. Такты и конфигурации. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Определения.
10. Недетерминированные и детерминированные конечные распознаватели. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Способы задания. Определения. Примеры.
11. **Алгоритм** преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный. Пример.
12. Недетерминированные распознаватели с магазинной памятью. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Определения. Пример.
13. Детерминированные распознаватели с магазинной памятью. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Определения. Пример.

14. Линейно ограниченные распознаватели. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Определения. Пример.
15. Регулярные множества и регулярные выражения. Определения. Свойства. Примеры.
16. **Алгоритм** построения праволинейной грамматики G для заданных двух произвольных праволинейных грамматик G_1 и G_2 так, чтобы $L(G) = L(G_1) \cup L(G_2)$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
17. **Алгоритм** построения праволинейной грамматики G для заданных двух произвольных праволинейных грамматик G_1 и G_2 так, чтобы $L(G) = L(G_1)L(G_2)$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
18. **Алгоритм** построения праволинейной грамматики G для заданной произвольной праволинейной грамматики G_1 так, чтобы $L(G) = L(G_1)^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
19. **Алгоритм** построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L(M) = L(M_1) \cup L(M_2)$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
20. **Алгоритм** построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L(M) = L(M_1)L(M_2)$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
21. **Алгоритм** построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного распознавателя M_1 так, чтобы $L(M) = L(M_1)^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
22. **Алгоритм** построения регулярного выражения для заданной произвольной праволинейной грамматики. Пример.
23. **Алгоритм** построения конечного распознавателя для заданной произвольной праволинейной грамматики. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
24. **Алгоритм** построения праволинейной грамматики для заданного произвольного конечного распознавателя. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
25. КС-грамматики и КС-языки. Выводы. Деревья вывода. Левосторонняя и правосторонняя стратегии вывода. Однозначность грамматики. Определения. Свойства. Примеры.
26. **Алгоритм** поиска непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. **Алгоритм** устранения непродуктивных нетерминалов для КС-грамматик. Определения. Пример.
27. **Алгоритм** поиска недостижимых символов для КС-грамматик. **Алгоритм** устранения недостижимых символов для КС-грамматик. Определения. Пример.
28. **Алгоритм** построения множества анулирующих нетерминалов для КС-грамматики. **Алгоритм** преобразования КС-грамматики к неукорачивающему виду. Определения. Пример.
29. **Алгоритм** устранения цепных правил для КС-грамматик. Пример.
30. **Алгоритм** устранения непосредственной левой рекурсии для КС-грамматик. **Алгоритм** устранения левой рекурсии в общем виде для КС-грамматик. Определения. Пример.
31. **Алгоритм** левой факторизации для КС-грамматик. Пример.
32. $МП_\varepsilon$ -распознаватели. Конфигурации. Определения. Пример. **Алгоритм** построения $МП_\varepsilon$ -распознавателя для заданного произвольного $МП$ -распознавателя.

33. **Алгоритм** построения $МП_{\varepsilon}$ -распознавателя для заданной произвольной КС-грамматики. Доказательство эквивалентности (необходимость) порождаемых языков. Пример.
34. **Алгоритм** построения $МП_{\varepsilon}$ -распознавателя для заданной произвольной КС-грамматики. Доказательство эквивалентности (достаточность) порождаемых языков. Пример.
35. S-грамматики. Определение. **Алгоритм** построения $ДМП_{\varepsilon}$ -распознавателя для заданной произвольной S-грамматики. Пример.
36. Множества $FIRST_k(\alpha)$. $LL(k)$ -грамматики. LL -грамматики. Определения. Примеры.
37. Множества $FIRST(\alpha)$. Определение. **Алгоритм** построения множеств $FIRST(\alpha)$. Пример.
38. Множества $FOLLOW(X)$. Определение. **Алгоритм** построения множеств $FOLLOW(X)$. Пример.
39. Управляющая таблица разбора. $LL(1)$ -грамматики. Определения. Свойства. **Алгоритм** построения таблицы разбора. Пример.
40. Предиктивный синтаксический анализатор. Определение. **Алгоритм** построения предиктивного синтаксического анализатора для $LL(1)$ -грамматик.

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Направление подготовки: **01.03.02 Прикладная математика и информатика**

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **5**

Учебная дисциплина **Теория автоматов и формальных языков**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

- 1 Теоретическое задание открытого типа: **Алгоритм** построения конечного распознавателя M для заданного произвольного конечного распознавателя M_1 так, чтобы $L(M) = L(M_1)^*$. Доказательство эквивалентности порождаемых языков. Пример.
- 2 Теоретико-практические задания закрытого типа: Вариант задания ККР (40 тестовых заданий закрытого типа).

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № ____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой

Преподаватель

_____ В.И. Сторожев

11. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Построить грамматику эквивалентную $G = (\{S, A, B, C\}, \{a, b, c, d, e\}, P, S)$ без цепных правил.

$P = \{S \rightarrow cAdB|dBA|C; A \rightarrow bcA|d; B \rightarrow caB|bC; C \rightarrow eA|dB|A\}$

а) $P = \{S \rightarrow cAdB|dBA|eA; A \rightarrow bcA|d; B \rightarrow caB|bC; C \rightarrow eA|dB|bcA\}$

б) $P = \{S \rightarrow cAdB|dBA|eA|dB|bcA|d; A \rightarrow bcA|d; B \rightarrow caB|bC; C \rightarrow eA|dB|bcA|d\}$

в) $P = \{S \rightarrow cAdB|dBA|bcA; A \rightarrow bcA|d; B \rightarrow caB|bC; C \rightarrow bcA|d\}$

г) $P = \{S \rightarrow cAdB|dBA|eA; A \rightarrow bcA|d; B \rightarrow caB|bC; C \rightarrow eA|dB|d\}$

12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Формы контроля по курсу:

- Теоретический опрос по четырем содержательным модулям (СМ) и защита четырех индивидуальных заданий (ИЗ) – промежуточный контроль;
- проверка теоретических знаний и практических умений в режиме тестового модульного контроля по заданиям комплексной контрольной работы (ККР);
- письменный экзамен.

**Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины**

МОДУЛЬ 1				МОДУЛЬ 2				ВСЕГО
Промежуточный контроль		МКР		Промежуточный контроль		МКР		
СМ 1.1	СМ 1.2	Тест		СМ 2.1	СМ 2.2	ККР		
12		18		15		15		100
ТО	ЗП	0		ТО	ЗП	40		
12	0			14	4			

Сокращения: ТО – теоретический опрос; ЗП – защита программы; МКР – модульная контрольная работа.

Экзамен не является обязательной формой контроля знаний студента. Экзамен есть форма повышения общей оценки, заработанной студентом в течение семестра как результат продемонстрированного студентом на экзамене более высокого уровня теоретических знаний и практических умений. Максимальное количество баллов, на которое студент может повысить свою оценку по итогам экзамена составляет 60 баллов. При этом уровень знаний и умений, продемонстрированный студентом по итогам промежуточных и модульных контролей в течение семестра повторно на экзамене не оценивается, окончательная оценка за курс с учетом экзамена не может превосходить 100 баллов.

Экзаменационный билет письменного экзамена включает одно теоретическое задание и 40 теоретико-практических тестовых заданий закрытого типа (ККР):

- выбран правильный ответ - **1 балл**;
- выбран неправильный ответ - **0 баллов**.

одно теоретическое задание открытого типа	40 теоретико-практических тестовых заданий закрытого типа	ВСЕГО
20	40	60

Шкала соответствия баллов по национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной доской. Лабораторные занятия проводятся в специализированном компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Авдюшина О.В. Системне програмування. Формальні граматики та методи синтаксичного аналізу: навчальний посібник (Рекомендовано МОН України як навчальний посібник для студентів ВНЗ). / Авдюшина О.В., Дзундза А.І., Моїсеєнко І.О., Нескородеєв Р.М.. – Донецьк: ДонНУ, 2011. – 188 с.	61	да
2.	Ахо, Альфред В. Компиляторы: Принципы, технологии, инструменты / Альфред Ахо, Рави Сети, Джеффри Ульман ; [Пер. с англ. И. В. Красикова]. - М. и др.: Вильямс, 2003. - 767 с.	5	нет
3.	Ахо, Альфред В. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т. 1 : Синтаксический анализ / А. В. Ахо, Д. Д. Ульман ; Пер. с англ. В. Н. Агафонова ; Под ред. В. М. Курочкина. - М. : Мир, 1978. - 612 с.	6	нет
4.	Ахо, Альфред В. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции Т. 2 : Компиляция / А. В. Ахо, Д. Д. Ульман ; Пер. с англ. А. Н. Бирюкова, В. А. Серебрякова ; Под ред. В. М. Курочкина. - М. : Мир, 1978. - 487 с.	6	нет
5.	Калоеров С. А. Программирование на языке С++ : учеб. пособие / С. А. Калоеров ; Донецкий нац. ун-т. - Изд. 3-е. - Донецк : Юго-Восток, 2009. - 298 с.	85	да
6.	Павловская Т. А. С/С++. Программирование на языке высокого уровня : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Информатика и вычислит. техника" / Т. А. Павловская. - Москва [и др.] : Питер, 2010. - 460 с.	32	нет
<i>Дополнительная литература</i>			
7.	Методические указания и задания к практическим и лабораторным занятиям по программированию для студентов специальности «Прикладная математика» / Сост. С.А.Калоеров, Е.В.Авдюшина, Л.А.Нестерова, Л.Н.Шкодина. – Донецк: ДонНУ, 2004. – 92с.	15	да
8.	Учебно-методическое пособие к изучению курса «Системное программирование» для студентов специальности 080202 Прикладная математика / Сост.: И.А.Моисеенко, Л.А.Нестерова, Е.В.Авдюшина, Р.Н.Нескородеєв, О.Д.Фесенко. – Донецк: ДонНУ, 2006. – 150 с.	65	да

9.	Задания для занятий по программированию на языке C++ / Сост.: С.А.Калоеров, Е.В.Авдюшина, А.И.Ануфриева, Л.Н.Шкодина, А.В.Петренко. – Донецк: Юго-Восток, 2010. – 96с.	18	да
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	----

15 ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/z1zx9t92\(v=vs.90\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/z1zx9t92(v=vs.90).aspx)
2. Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>
3. Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.exponenta.ru>
4. Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>
5. Портал ресурсов по математике, алгоритмике и ИТ - <http://algolist.manual.ru>
6. <http://math.sgu.ru/sites/chairs/prinf/materials/java/index.htm>
7. <http://www.eclipse.org/eclipse/>

16 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, R Studio, Python, Eclipse, Free Pascal, Tries Mode, Prolog, Антивирус Касперского, Linux Fedora, Libre Office, Adobe Acrobat Reader, xPDF, Blender, КОМПАС-3D LT, Paint.NET, Gimp.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20____ год.

Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20____ год.

Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20____ год.

Протокол № ____ от “ ____ ” _____ 20__ г.

Заведующий. кафедрой _____ В.И. Сторожев