

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

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

УТВЕРЖДАЮ

проректор



П.А. Машаров

« 29 » марта 2024 г.

МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРИЯ АВТОМАТОВ И ФОРМАЛЬНЫХ ЯЗЫКОВ

Углубленная группа направлений ПОДГОТОВКИ	01.00.00 Математика и механика
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Профиль подготовки	Прикладная математика и информатика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Теория автоматов и формальных языков» для обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 9 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.

Разработчик:
профессор кафедры теории упругости и
вычислительной математики
им. акад. А.С. Космодамианского,
д-р. физ.-мат. наук, профессор

И.А.Моисеенко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского.
Протокол от 26.03.2024 г. № 10

Врио заведующего кафедрой

Р.Н. Нескородев

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и
информационных технологий
28.03.2024 г.

И.А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 27.03.2024 г. № 3.
Председатель

Л. И. Селякова

Руководитель основной профессиональной
образовательной программы,
д-р физ.-мат. наук, доцент
26.03.2024 г.

Р.Н. Нескородев

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата:

Основы информатики, Языки и методы программирования, Объектно-ориентированное программирование и стандартная библиотека C++ в численных методах исследования моделей деформирования.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Дополнительные главы теории алгоритмов и структур данных в механико-математических моделях, Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика (обязательная), Производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.28 Теория автоматов и формальных языков
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	5 / 180

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	5	51	34	-	49	180	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

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

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

ОПК-5. Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

4.2. Индикаторы компетенций

ОПК-5.4. Формализует и алгоритмизирует поставленную задачу синтеза автомата по заданному переводу.

4.3. Результаты обучения

ОПК-5.4.1. Знает основные понятия и категориальный аппарат «Теории автоматов и формальных языков».

ОПК-5.4.2. Умеет реализовать на практике методы разработки архитектуры, алгоритмических и программных решений системного и прикладного программного обеспечения.

ОПК-5.4.3. Аргументированно применяет основные приемы использования контекстно-свободных грамматик и синтаксически управляемого перевода для программной реализации компиляторов.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Теория автоматов и формальных языков	
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.
Языки	Языки. Способы задания языка. Операции над языками.
Формальные грамматики	Формальные грамматики. Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки. Язык, определяемый грамматикой. Форма

	Бэкуса-Наура. Грамматики с ограничениями на правила. Классификация грамматик по Хомскому.
Абстрактные распознаватели	<p>Классификация абстрактных распознавателей. Машина Тьюринга. Схема абстрактного распознавателя. Конфигурации и такты. Допускаемые и не допускаемые цепочки. Языки, определяемые (распознаваемые, допускаемые) абстрактным распознавателем.</p> <p>Детерминированные и недетерминированные конечные распознаватели. <u>Алгоритм</u> преобразования недетерминированного конечного распознавателя в детерминированный.</p> <p>Детерминированные и недетерминированные распознаватели с магазинной памятью. Линейно ограниченные распознаватели. Классы эквивалентности формальных грамматик и абстрактных распознавателей.</p>
Регулярные выражения и праволинейные грамматики	<p>Регулярные множества и регулярные выражения. Свойства регулярных выражений. Регулярные выражения и праволинейные грамматики. <u>Алгоритм</u> 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.</p> <p><u>Алгоритм</u> 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.</p> <p>Уравнения с регулярными коэффициентами. Системы уравнений с регулярными коэффициентами. Методы построения решений. <u>Алгоритм</u> построения регулярного выражения для заданной произвольной праволинейной грамматики.</p>
Конечные распознаватели и регулярные выражения	<p>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</p>

	<p>языков.</p> <p><u>Алгоритм</u> построения конечного распознавателя M для заданных двух произвольных конечных распознавателей M_1 и M_2 так, чтобы $L M = L M_1 L M_2$. <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.</p>
Конечные распознаватели и праволинейные грамматики	<p>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.</p>
Распознающие и обрабатывающие автоматы	<p>Распознающие и обрабатывающие автоматы. Проблемы идентификации. Расширяющиеся конечные автоматы. Транслитераторы. Идентификация слов (метод автомата). Идентификация слов с нечёткими границами. Задача обнаружения префиксов.</p>
КС- грамматики	<p>КС- грамматики. Выводы. Деревья вывода. Левосторонняя и 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.</p> <p><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 MPI_ϵ-распознавателя. <u>Алгоритм</u> построения MPI-распознавателя для</p>

	<p>заданного произвольного $МП_\epsilon$-распознавателя.</p> <p><u>Алгоритм</u> построения $МП_\epsilon$-распознавателя для заданного произвольного $МП$-распознавателя.</p> <p>Классы эквивалентности $МП$ и $МП_\epsilon$ распознавателей.</p> <p>КС-грамматики и $МП$-распознаватели.</p> <p><u>Алгоритм</u> построения $МП_\epsilon$-распознавателя для заданной произвольной КС-грамматики.</p> <p><u>Алгоритм</u> построения КС-грамматики для заданного произвольного $МП_\epsilon$-распознавателя.</p> <p>Доказательство эквивалентности порождаемых языков.</p>
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 $FIRST(\alpha)$.</p> <p>Множества $FOLLOW X$. Алгоритм построения множеств $FOLLOW X$.</p> <p>Управляющая таблица разбора. 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>
Синтаксически управляемая трансляция	<p>Синтаксически управляемая трансляция. Синтаксис выражений. 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>

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего

Раздел 1. Теория автоматов и формальных языков	51	34		95	180
Модель языкового процессора	5	3	–	9	17
Языки	5	3	–	9	17
Формальные грамматики	5	3	–	9	17
Абстрактные распознаватели	5	3	–	9	17
Регулярные выражения и праволинейные грамматики	5	3	–	9	17
Конечные распознаватели и регулярные выражения	5	3	–	9	17
Конечные распознаватели и праволинейные грамматики	5	3	–	9	17
Распознающие и обрабатывающие автоматы	5	3	–	9	17
КС- грамматики	5	3	–	9	17
Предиктивный синтаксический анализатор	3	3	–	9	15
Синтаксически управляемая трансляция	3	4	–	5	12
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	51	34	–	54	180

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1.

- Основные фазы языкового процессора: лексический анализатор; синтаксический анализатор; семантический анализатор; оптимизатор кода.
- Интерпретация семантического терма программы в форме семантического дерева.
- Критерии оптимизации семантического терма программы. Машинно-независимые и машинно-зависимые методы оптимизации.
- Использование таблиц для накопления информации о структуре и типе переменных в программе.
- Генератор объектного кода. Группировка фаз и проходы компилятора. Стадии компилятора
- Языки. Способы задания языка. Операции над языками.
- Формальные грамматики. Терминалы, нетерминалы, правила, выводимые цепочки.
- Язык, определяемый грамматикой
- Форма Бэкуса-Наура.
- Грамматики с ограничениями на правила. Классификация грамматик по Хомскому
- 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
- 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 $L M = L M_1 L M_2$.
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 $МП_\epsilon$ -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

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике:

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.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета

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)..

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и лабораторных занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа студента в аудитории	5
	Самостоятельная работа и лабораторные работы	70
	Контрольная работа	25
ИТОГО		100
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6), в Учебно-практическом вычислительном центре ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6, корпус 12).

Для проведения лекций требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской / сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбуком, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя.

Для проведения практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской / сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя.

Для проведения лабораторных занятий требуется аудитория, оборудованная маркерной доской или сенсорным экраном / мультимедийный проектор с экраном и ноутбук, персональные компьютеры, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в аудиториях Главного корпуса (ауд. 511, 605, 610).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

1. 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.
2. Калоеров С. А. Программирование на языке C++ : учеб. пособие / С. А. Калоеров ; Донецкий нац. ун-т. - Изд. 3-е. - Донецк : Юго-Восток, 2009. - 298 с.
3. Павловская Т. А. C/C++. 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.

11.2. Дополнительная литература

4. Кнут Д. Э. Искусство программирования: Пер. с англ. Т. 1 : Основные алгоритмы / Д. Э. Кнут ; Под общ. ред. Ю. В. Козаченко. - 3. изд. - М. : Вильямс ; СПб., 2001. - 714 с.
5. 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.Нескородев, О.Д.Фесенко. – Донецк: ДонНУ, 2006. – 150 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. –Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. ЭБС Юрайт: электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. Электронно-библиотечная система ДонГУ: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронный каталог Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. Электронный архив ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).