



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной математики

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_  
(подпись) Ю.А. Хашина

«\_1\_» сентября\_2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Формальные языки и грамматики**

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	01.03.01 Математика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Математика, алгоритмы и анализ данных

Иваново



## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины “Формальные языки и грамматики” являются получение базовых знаний по следующим разделам:

- структура компилятора;
- формальные языки и их представление;
- теория конечных распознающих автоматов;
- преобразователи с магазинной памятью;
- методы программной реализации конечных автоматов и проектирование лексического анализатора;
- общая теория контекстно-свободных грамматик;
- атрибутивные транслирующие грамматики и синтаксически управляемый перевод;
- нисходящие методы обработки языков класса  $LL(k)$ : при помощи автомата с магазинной памятью, методом рекурсивного спуска;
- восходящие методы обработки языков: “перенос-опознание” и “перенос-свертка”;
- методы оптимизации объектного кода.

При изучении дисциплины вырабатывается общематематическая культура:

- умение логически мыслить, проводить доказательства основных утверждений, устанавливать логические связи между понятиями;
- знание некоторых основных алгоритмов решения задач дискретной математики;
- умение производить последовательно все этапы решения задачи: математическая постановка, выбор формальной модели, реализация и анализ результатов.

При освоении дисциплины учащиеся приобретают практический навык проектирования и программной реализации:

- несложных синтаксических анализаторов, которые могут быть:
  - а) частью проектируемого компилятора,
  - б) выполнять независимые функции анализа и структурирования информации (матриц, таблиц, выражений и т.п.), поступающей на вход системы в текстовой форме.
- синтаксических анализаторов и трансляторов для анализа и перевода:
  - а) сложных математических выражений (арифметических, логических, содержащих стандартные и определяемые функции и операции над ними);
  - б) системы команд проектируемого исполнителя.

При изучении дисциплины кроме практических навыков учащиеся получают представления об основных идеях данной теоретической области и способность ориентироваться в вопросах теоретического перевода и компиляции, что в дальнейшем позволит:

- при необходимости быстро пополнить свои знания теми или иными аспектами;
- включиться в практическую разработку систем анализа и перевода.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина “Формальные языки и грамматики” относится к Базовой части Основной профессиональной образовательной программы.

Курс “Формальные языки и грамматики” использует следующие дисциплины учебного плана:

- языки программирования;
- архитектура ЭВМ;
- дискретная математика;
- дополнительные главы дискретной математики;
- теория алгоритмов;
- разработка приложений и программная инженерия;



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

Ниже приводится список учебных дисциплин (модулей), изучение которых опирается на материал курса “Формальные языки и грамматики”:

- распознавание образов;
- базы данных;
- преддипломная практика или научно-исследовательская работа;

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

#### 3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина

ПК-1: Способен выявлять актуальные научные проблемы в своей области специализации и решать их под руководством специалистов более высокой квалификации

#### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

##### Знать:

- основные понятия утверждения и методы теории синтаксического анализа, перевода и компиляции, теории конечных автоматов, теории формальных грамматик, синтаксически управляемого перевода; основные алгоритмы, предназначенные для получения средств лексического и синтаксического анализа и их оптимизации.

##### Уметь:

- строить лексический анализатор, используя модель конечного автомата, производить его оптимизацию; и реализовать анализатор программно;
- строить формальную грамматику для языков записи арифметических выражений и алгоритмических языков, производить оптимизацию полученных грамматик;
- строить реализацию формальной грамматики, используя методы теории конечных автоматов, автоматов со стеком и метод рекурсивного спуска;

##### Владеть:

- навыками программной реализации для построенных моделей синтаксических анализаторов и трансляторов формальных языков.

### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

#### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всего	Лекц	Лабор	Самост	
		6	1-16	108	32	32	44	зачет
1	1. Лексический анализ и							



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

	<b>конечные автоматы.</b> 1.1. Трансляторы. Лексический блок и конечные автоматы		1	6	2	2	2	
2	1.2. Конечные распознающие автоматы. Процессоры.		2	6	2	2	2	
3	1.3. Эквивалентность состояний конечного автомата. Минимальный автомат.		3	6	2	2	2	
4	1.4. Недетерминированные конечные распознающие автоматы.		4	6	2	2	5	УО-1 (собеседование)
5	1.5. Методы программной реализации конечных автоматов.		5	6	2	2	2	
6	1.6. Конечные автоматы со стеком.		6	6	2	2	2	
7	<b>2. Формальные грамматики.</b> 2.1. Контекстно-свободные грамматики. Грамматики арифметических выражений.		7	6	2	2	2	
8	2.2. Правolineйные грамматики и конечные автоматы		8	6	2	2	5	УО-1 (собеседование)
9	2.3. Методы редукции формальных грамматик.		9	6	2	2	2	
10	2.4. Атрибутные транслирующие грамматики. Синтаксически управляемый перевод.		10	6	1	1	4	
11	<b>3. Нисходящие методы разбора.</b> 3.1. LL(1)-грамматики. Реализация при помощи МП-автомата и методом рекурсивного спуска.		11	6	1	1	4	
12	3.2. Преобразование грамматики. Левая факторизация. Удаление левой рекурсии.		12	6	2	2	5	УО-1 (собеседование)



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

13	3.3. Формальное вычисление множеств выбора LL(1)-грамматики. Критерий LL(1)-грамматики.		13	6	2	2	2	
14	3.4. L-атрибутные грамматики. Реализация атрибутных LL(1)-грамматик.		14	6	1	1	4	
15	<b>4. Восходящие методы синтаксического разбора.</b> 4.1. Методы “перенос-опознание” и “перенос-свертка” LR(0)-грамматики. LR(1) и SLR(1)-грамматики.		15	6	1	1	4	
16	4.2. Преобразование грамматик восходящего разбора.		16	6	2	2	5	УО-1 (собеседование)
	<b>Итого:</b>			<b>144</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>61</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

1. Введение. Трансляторы. Лексический блок и конечные автоматы.
2. Конечные распознающие автоматы. Процессоры.
3. Эквивалентность состояний конечного распознающего автомата. Построение минимального автомата, эквивалентного данному.
4. Недетерминированные конечные распознающие автоматы.
5. Пример построения конечного автомата (процессора) для распознавания и обработки записи вещественных чисел.
6. Реализация конечных автоматов при помощи программ для ЭВМ.
7. Автоматы с магазинной памятью (стеком).
8. Контекстно-свободные грамматики. Грамматики арифметических выражений
9. Праволинейные грамматики и конечные автоматы.
10. Исключение непродуктивных и недостижимых нетерминалов КС-грамматики.
11. Атрибутные транслирующие грамматики. Синтаксически управляемый перевод.
12. Нисходящие методы разбора грамматики. LL(1)-грамматики. Реализация при помощи МП-автомата.
13. Реализация LL(1)-грамматик методом рекурсивного спуска.
14. Отношение на множестве. Рефлексивно-транзитивное замыкание.
15. Формальное вычисление множеств выбора для LL(1)-грамматики.
16. Преобразование грамматик, предназначенных для нисходящего разбора.
17. Восходящие методы разбора. Метод “перенос-опознание” “перенос-свертка”.
18. LR(0)-грамматики, LR(1) и SLR(1)-грамматики.
19. Формальное вычисление отношений [ПОД] и [СВЕРТЫВАЕТСЯ ПО]. Грамматика стратегии слабого предшествования.
20. Методы преобразования грамматик, предназначенных для восходящего разбора.

#### 5. Образовательные технологии



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

- Лекции, сопровождаемые электронными версиями текстов на сайте факультета.
- Лабораторные занятия с использованием активных форм, в частности, - технологий проблемного обучения. Основной тип проблемных ситуаций - *решение учебных проблем*, чем обеспечивает сознательность, глубина и прочность знаний, повышение уровня самостоятельности обучаемых, выработка у них способности к актуализации ранее полученных и вновь приобретаемых знаний.
- Одной из составляющих учебного процесса является обязательное применение программных продуктов:
  - а) компиляторы для решения практической реализации учебных задач;
  - б) перспективным является знакомство учащихся с существующими средствами автоматического проектирования трансляторов.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа учащихся проводится на двух уровнях:

- а) выполнение текущих домашних заданий по устному и письменному решению задач;
- б) практическое решение (четырёх) индивидуальных задач, выдаваемых каждому учащемуся за период обучения дисциплине. Задание предполагает выполнение студентами двух составляющих частей работы: 1) Письменная часть, предназначенная для описания теоретической модели. 2) Составление и отладка программы для ЭВМ в качестве реализации. Проверка работы проходит на устных собеседованиях, проводимых в течение семестра.

#### **7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

а) В течении всего времени изучения дисциплины учащимся предлагаются задачи для решения в аудитории и в качестве текущего домашнего задания. Они формируют фонд тренировочных задач, предлагаемых затем на контрольных работах и зачете. Задачи распределены по следующим темам:

1. Конечные распознающие автоматы и процессоры. Построение простейших примеров.
2. Процессоры лексической обработки числовых данных.
3. Процессоры с регистрами. Обработка записи вещественных чисел.
4. Автоматы с магазинной памятью (стеком).
5. Контекстно-свободные грамматики. Элементарные примеры.
6. Контекстно-свободные грамматики. Праволинейные грамматики и конечные автоматы. Исключение недостижимых и непродуктивных нетерминалов.
7. Транслирующие грамматики. Постфиксная польская запись арифметических выражений.
8. Атрибутные транслирующие грамматики. Компилятор арифметических выражений, содержащих переменные. Организация таблицы управления переменными.
9. LL(1)-грамматики. Реализация при помощи МП-автомата (автомата со стеком).
10. Транслирующие LL(1)-грамматики. Две реализации: МП-автомат, рекурсивный спуск.
11. L-атрибутные грамматики. Условный оператор, арифметические выражения.
12. Преобразования грамматик: левая факторизация, замена края, устранение левой саморекурсивности. Преобразование “цель-край”, (устранение  $\epsilon$ -правил).
13. Методы “перенос-опознание” и “перенос-свертка”. LR(0)-грамматики, LR(1) и SLR(1)-грамматики.

б) По мере изучения глав дисциплины, учащиеся получают (четыре) индивидуальных задания более глобального характера (творческий проект), включающие теоретическую часть и задание программной реализации. Задания распределены по следующим темам:



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

---

1. Лексические анализаторы и конечные автоматы.
2. Конечные автоматы со стеком. Простейшие трансляторы.
3. Нисходящие методы разбора. Атрибутные транслирующие LL(1)-грамматики. Реализация при помощи МП-автомата и методом рекурсивного спуска.
4. Восходящие методы разбора. Грамматики на основе методов “перенос-опознание” и “перенос-свертка”. Реализация при помощи МП-автоматов.

При проведении зачета используется смешанная форма организации. Для получения зачета студенту необходимо:

- 1) быть способным сформулировать основные понятия и утверждения теории формальных языков и грамматик (в соответствии с полученным на зачете теоретическим вопросом);
- 2) уметь решать задачи построения моделей, связанных с лексическим и синтаксическим разбором и другими методами теории формальных языков и грамматик (в соответствии с задачей, полученной на зачете, либо доказать это умение на контрольных работах, выполняемых в течение семестра);
- 3) уметь строить программную реализацию теоретических моделей (индивидуальные задания выполняются и проходят проверку в течении семестра).

#### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **Основная литература:**

1. Льюис Ф., Розенкранц Д., Стирнз Р. Теоретические основы проектирования компиляторов. Москва: Мир, 1979.
2. Ахо А., Ульман Дж. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. Т.1-2. Москва: Мир, 1978.
3. Ахо А., Сети Р., Ульман Дж. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. М: «Вильямс», 2003.
4. Серебряков В.А., Галочкин М.П., Гончар Д.Р., Фуругян М.Г. Теория и реализация языков программирования. М: МЗ-Пресс, 2003.

##### **Дополнительная литература:**

1. Грис Д. Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин. М.: Мир, 1975.
2. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т.1. Основные алгоритмы. М.:Мир, 1976.
3. Кнут Д. Семантика языков программирования. М.:Мир, 1980.

##### **Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»  
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

##### **Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru);  
<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>  
Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>  
Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>  
<http://window.edu.ru> (единое окно доступа к образовательным ресурсам)  
<http://www.mathnet.ru/> (Общероссийский математический портал)



Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

---

**Программное обеспечение:** операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации.





Основная профессиональная образовательная программа  
01.03.01 Математика  
(Математика, алгоритмы и анализ данных)

---

**Автор-составитель:** кандидат физико-математических наук, доцент кафедры фундаментальной математики Кононенко П.Г.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной математики  
«1» сентября 2023 г., протокол № 1

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
(подпись)