

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра теоретической информатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый

« 23 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
«Теория автоматов и формальных языков»

**Направление подготовки**  
09.03.03 Прикладная информатика

**Направленность (профиль)**  
«Информационные технологии в цифровой экономике»

**Форма обучения**  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 12 апреля 2023 г.,  
протокол № 10

Программа одобрена НМК  
факультета ИВТ  
протокол № 6 от  
28 апреля 2023 г.

Ярославль

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Теория автоматов и формальных языков» является приобретение знаний и умений, позволяющих войти в круг идей, понятий и основных результатов теории формальных языков и методов разработки, и трансляции языков программирования. Целью преподавания дисциплины является ознакомление слушателей с материалом, составляющим теоретическую основу для разработки языков программирования и конструирования компиляторов для языков высокого уровня и являющимся классическим элементом системы подготовки специалистов в области информатики.

Данный курс вырабатывает у студентов навыки использования аппарата теории формальных языков, теории автоматов, основ синтаксического анализа.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теория автоматов и формальных языков» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана.

Её преподавание основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин «Алгоритмизация и программирование», «Архитектура компьютеров», «Дискретная математика», «Математическая логика». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, используются слушателями при изучении дисциплин «Алгоритмы обработки информации», «Программная инженерия», «Основы тестирования ПО», «Формальные методы разработки информационных систем», смежных дисциплин.

Для освоения данной дисциплины студенты должны:

- владеть аппаратом дискретной математики;
- уметь применять этот аппарат к изучению формальных языков, конечных и магазинных автоматов, методов синтаксического анализа языков программирования;
- знать основные элементы теории множеств, отношений на множествах, комбинаторики.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
ПК-6 Способен использовать математические и естественно-научные методы для решения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ПК-6.1 обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и/или естественных наук, программирования и информационных технологий</li> <li>ПК-6.2 Способен к разработке требований и проектирования программного обеспечения, способен провести оценку и обоснование рекомендуемых решений</li> <li>ПК-6.3. Владеет основными методами математического и алгоритмического моделирования</li> </ul>	<p><b>Знать:</b></p> <p><i>иметь представление:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- о конечных и магазинных автоматах-распознавателях и об их связи с формальными языками и грамматиками;</li> <li>- о применении различных методов для анализа и преобразований формальных грамматик;</li> <li>- о способах задания различных классов языков (регулярных, контекстно-свободных, детерминированных);</li> <li>- о способах построения компиляторов для языков высокого уровня;</li> <li>- о применении различных методов для анализа программ.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описывать формальные языки с помощью грамматик различных типов, автоматов-распознавателей и регулярных выражений (для регулярных языков);</li> <li>- применять на практике алгоритмы эквивалентных преобразований грамматик и конечных автоматов;</li> <li>- проводить грамматический разбор для контекстно-свободных грамматик;</li> </ul> <p><i>применять:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- алгоритмы эквивалентных преобразований детерминированных и недетерминированных конечных автоматов;</li> <li>- основные алгоритмы анализа и преобразования регулярных и контекстно-свободных грамматик;</li> <li>- алгоритмы синтаксического анализа.</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- описания исходных данных посредством грамматик;</li> <li>- разработки и реализации на компьютере основных алгоритмов эквивалентных преобразований автоматов и грамматик;</li> </ul>

		определения типов грамматик для языков программирования.
--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) <i>Формы ЭО и ДОТ (при наличии)</i>
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Раздел 1. Формальные языки и грамматики	3	3	6				6	
2	Раздел 2. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы-распознаватели	3	3	6				6	Опрос, темы 1,2
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							3	<i>Тест для самопроверки</i>
3	Раздел 3. Регулярные грамматики и регулярные языки	3	3	6				6	Опрос, тема 3
4	Раздел 4. Контекстно-свободные грамматики и языки. Нормальные формы.	3	3	6				6	Опрос, тема 4
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							5	<i>Тест для самопроверки</i>
5	Раздел 5. Недетерминированные и детерминированные магазинные автоматы-распознаватели	3	3	6				7	Опрос, тема 5
6	Раздел 6. Контекстно-свободные языки и проблема грамматического разбора.	3	3	6				1,7	Контрольная работа, темы 2,3,4,5
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							6	Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины ЭУК в LMS Moodle

		3							Зачет
	<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>	<b>36</b>			<b>0,3</b>	<b>46,7</b>	
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							<b>14</b>	

## Содержание разделов дисциплины «Теория автоматов и формальных языков»

### Раздел 1. Формальные языки и грамматики

- 1.1. Введение. Формальные языки и грамматики.
- 1.2. Основные понятия и определения формальных языков и грамматик.

### Раздел 2. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы-распознаватели

- 2.1. Конечные автоматы.
- 2.2. Детерминированные конечные автоматы (распознаватели).
- 2.3. Языки и детерминированные конечные автоматы.
- 2.4. Недетерминированные конечные автоматы (распознаватели).
- 2.5. Эквивалентность детерминированных и недетерминированных конечных автоматов.
- 2.6. Минимизация конечных автоматов.\*)

\*) Тема для самостоятельного изучения.

### Раздел 3. Регулярные грамматики и регулярные языки

- 3.1. Регулярные выражения.
- 3.2. Связь между регулярными выражениями и языками, распознаваемыми конечными автоматами.
- 3.3. Регулярные грамматики.
- 3.4. Связь между регулярными выражениями и регулярными языками.
- 3.5. Свойства регулярных языков. Замкнутость класса регулярных языков.
- 3.6. Алгоритмические проблемы регулярных языков.
- 3.7. Лемма о расширении регулярных языков.

### Раздел 4. Контекстно-свободные грамматики и языки. Нормальные формы.

- 4.1. Контекстно-свободные грамматики и языки.
- 4.2. Методы преобразования контекстно-свободных грамматик.
- 4.3. Нормальные формы контекстно-свободных грамматик.
- 4.4. Свойства контекстно-свободных языков. Лемма о расширении. Свойства замкнутости класса контекстно-свободных языков.
- 4.5. Некоторые алгоритмические проблемы для контекстно-свободных языков.

### Раздел 5. Недетерминированные и детерминированные магазинные автоматы-распознаватели

- 5.1. Магазинные автоматы.
- 5.2. Недетерминированные магазинные автоматы.
- 5.3. Детерминированные магазинные автоматы.
- 5.4. Магазинные автоматы и контекстно-свободные языки.
- 5.5. Детерминированные языки.

## **Раздел 6. Контекстно-свободные языки и проблема грамматического разбора.**

6.1. Грамматический разбор.

6.2. Неоднозначность КС-грамматик и КС-языков

### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

В основу образовательной технологии по дисциплине «Теория автоматов и формальных языков» положена традиционная форма в виде лекций, а также практических занятий. Лекции могут проводиться с использованием мультимедиа-проектора в виде презентаций. На практических занятиях происходит разбор конкретных алгоритмов на примерах и объяснение приемов построения решения, реализующего эти алгоритмы.

Кроме того, студентам могут предлагаться два индивидуальных задания, в конце семестра проводится итоговая контрольная работа. Студенты, сдавшие все индивидуальные задания и успешно написавшие контрольную работу, получают бонус в виде автоматического экзамена. Такой подход стимулирует постоянную работу студентов в течение семестра и активизирует усвоение материала. Студенты, не выполнившие все индивидуальные задания, не допускаются к аттестации по дисциплине.

Эта технология позволяет проводить индивидуальное обучение студентов и дает хорошие результаты для приобретения студентами заявленных компетенций.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Теория автоматов и формальных языков» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:**

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

#### **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- для поддержки аудиторных занятий – электронный вариант учебного пособия Соколов В.А. Введение в теорию формальных языков. / Учебное пособие. Ярославль, ЯрГУ, 2014. 208 с.;
- для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – программы Microsoft Office, издательская система LaTeX;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

#### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

#### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

##### **а) основная литература**

1. Соколов В.А. Введение в теорию формальных языков. / Учебное пособие. Ярославль, ЯрГУ, 2014. 208 с.
2. Быкова Н.Д., Соколов В.А. Задачник по формальным языкам. / Методическое пособие. Ярославль, ЯрГУ, 2016. 48 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20160404.pdf>

##### **б) дополнительная литература**

3. Соколов В.А. Формальные языки и грамматики. Курс лекций/ Учебное пособие. Ярославль, ЯрГУ, 2003. 152 с.
4. Соколов В.А., Чалый Д.Ю. Технологии трансляции. Учебное пособие / Ярославль, ЯрГУ, 2008. 124 с.
5. Соколов В.А. Языки, автоматы, грамматики. Методические указания./ Изд. 2-е, Ярославль, ЯрГУ, 2003. 28 с.

#### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**



Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Зав. кафедры теоретической  
информатики, д.ф.-м.н., профессор

*должность, ученая степень*

*подпись*

В.А. Соколов

*И.О. Фамилия*

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  
«Теория автоматов и формальных языков»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**1.1. Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей  
аттестации**

**Задания для самостоятельной работы**

Текущий контроль успеваемости студентов организован в виде индивидуальных заданий и одной итоговой контрольной работы, которые должен выполнить каждый студент.

1. Дана грамматика. Построить вывод заданной строки.

- |  |                                  |
|--|----------------------------------|
| a) $S \rightarrow T \mid T+S \mid T-S$ | b) $S \rightarrow aSBC \mid abC$ |
| $T \rightarrow F \mid F*T$             | $CB \rightarrow BC$              |
| $F \rightarrow a \mid b$               | $bB \rightarrow bb$              |
| Строка: $a-b*a+b$                      | $bC \rightarrow bc$              |
|  | $cC \rightarrow cc$              |
|  | Строка: $aaabbbccc$              |

2. Построить все сентенциальные формы для грамматики с правилами:

- $$S \rightarrow A+B \mid B+A$$
- $$A \rightarrow a$$
- $$B \rightarrow b$$

3. Какой язык порождается грамматикой с правилами:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| a) $S \rightarrow ACA$    | b) $S \rightarrow aBb \mid \varepsilon$ |
| $C \rightarrow + \mid -$  | $B \rightarrow cSc$                     |
| $A \rightarrow a \mid b$  |   |
| c) $S \rightarrow 1B$     | d) $S \rightarrow A \mid SA \mid SB$    |
| $B \rightarrow B0 \mid 1$ | $A \rightarrow a$                       |
|                           | $B \rightarrow b$                       |

4. Построить грамматику, порождающую язык :

- a)  $L = \{a^n b^m \mid n, m \geq 1\}$
- b)  $L = \{\alpha\beta\gamma\alpha \mid \alpha, \beta, \gamma - \text{любые строки из } a \text{ и } b\}$
- c)  $L = \{a_1 a_2 \dots a_n a_n \dots a_2 a_1 \mid a_i = 0 \text{ или } a_i = 1, n \geq 1\}$
- d)  $L = \{a^n b^m \mid n \neq m ; n, m \geq 0\}$

5. Найти порождающие грамматики для языков:

1)  $L = \{\text{строки из } 0 \text{ и } 1 \text{ с неравным числом } 0 \text{ и } 1\}$

2)  $L = \{\alpha\alpha \mid \alpha \in \{a,b\}^+\}$

6. Эквивалентны ли грамматики:

$S \rightarrow AB$	и	$S \rightarrow AS \mid SB \mid AB$
$A \rightarrow a \mid Aa$		$A \rightarrow a$
$B \rightarrow b \mid Bb$		$B \rightarrow b$

7. Построить КС-грамматику, эквивалентную грамматике с правилами:

a) $S \rightarrow aAb$	b) $S \rightarrow AB \mid ABS$
$aA \rightarrow aaAb$	$AB \rightarrow BA$
$A \rightarrow \varepsilon$	$BA \rightarrow AB$
	$A \rightarrow a$
	$B \rightarrow b$

8. Построить регулярную грамматику, эквивалентную грамматике с правилами:

$S \rightarrow A \mid AS$   
 $A \rightarrow a \mid bb$

9. Построить регулярную грамматику, эквивалентную грамматике с правилами:

$S \rightarrow A.A$   
 $A \rightarrow B \mid BA$   
 $B \rightarrow 0 \mid 1$

10. Дана грамматика:

$S \rightarrow S0 \mid S1 \mid D0 \mid D1$   
 $H \rightarrow 0 \mid 1 \mid H0 \mid H1$   
 $D \rightarrow H.$

Построить восходящим и нисходящим методами дерево вывода для строки 10.1001

11. Построить регулярную грамматику, порождающую строки в алфавите  $\{a, b\}$ , в которых символ  $a$  встречается два раза подряд.

12. Построить регулярную грамматику, порождающую строки в алфавите  $\{a, b\}$ , в которых символ  $a$  не встречается два раза подряд.

13. Написать КС-грамматику для языка  $L$ , построить дерево вывода и левосторонний вывод для строки  $aabbbccccc$ :  $L = \{a^{2n}b^m c^{2k} \mid m=n+k, m > 1\}$ .

14. Построить грамматику, порождающую сбалансированные относительно круглых скобок строки в алфавите  $\{a, (, ), \perp\}$ . Сбалансированную строку  $\alpha$  определим рекурсивно так: строка  $\alpha$  сбалансирована, если

a)  $\alpha$  не содержит скобок,

b)  $\alpha = (\alpha_1)$  или  $\alpha = \alpha_1\alpha_2$ , где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  сбалансированы.

15. Написать КС-грамматику, порождающую язык  $L = \{a^n cb^m ca^n \mid n, m > 0\}$ , и вывод для строки  $aacbbbcaaa$  в этой грамматике.

16. Написать КС-грамматику, порождающую язык  $L = \{1^n 0^m 1^p \mid n+p > m; n, p, m > 0\}$ , и вывод для строки  $110000111$  в этой грамматике.

17. Дана грамматика  $G$ . Определить язык, порождаемый этой грамматикой.

$$\begin{aligned} G: S &\rightarrow 0A1 \\ 0A &\rightarrow 00A1 \\ A &\rightarrow \varepsilon \end{aligned}$$

18. Дан язык  $L = \{1^{3n+2}0^n \mid n \geq 0\}$ . Определить его тип, написать грамматику, порождающую  $L$ . Построить левосторонний и правосторонний выводы, дерево разбора для строки  $1111111100$ .

19. Привести пример грамматики, все правила которой имеют вид  $A \rightarrow Bt$ , либо  $A \rightarrow tB$ , либо  $A \rightarrow t$ , для которой не существует эквивалентной регулярной грамматики.

20. Написать общие алгоритмы построения по данным КС-грамматикам  $G_1$  и  $G_2$ , порождающим языки  $L_1$  и  $L_2$ , КС-грамматики для

- a)  $L_1 \cup L_2$
- b)  $L_1 \cdot L_2$
- c)  $L_1^*$

**Замечание:**  $L = L_1 \cdot L_2$  – это сцепление языков  $L_1$  и  $L_2$ , т.е.  $L = \{\alpha\beta \mid \alpha \in L_1, \beta \in L_2\}$ ;  
 $L = L_1^*$  – это замыкание Клини языка  $L_1$ , то есть  
 $L_1^* = \{\varepsilon\} \cup L_1 \cup L_1 \cdot L_1 \cup L_1 \cdot L_1 \cdot L_1 \cup \dots$

21. Показать, что грамматика

$$E \rightarrow E+E \mid E^*E \mid (E) \mid a$$

неоднозначна. Как описать этот же язык с помощью однозначной грамматики?

22. Показать, что КС-грамматика  $G$  неоднозначна.

$$\begin{aligned} G: S &\rightarrow abC \mid aB \\ B &\rightarrow bc \\ C &\rightarrow bc \end{aligned}$$

23. Дана КС-грамматика  $G = \{N, T, S, P\}$ . Предложить алгоритм построения множества

$$X = \{A \mid A \in N, A \Rightarrow^* \varepsilon\}.$$

24. Для произвольной КС-грамматики  $G$  предложить алгоритм, определяющий, пуст ли язык  $L(G)$ .

25. Написать приведенную грамматику, эквивалентную данной:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow aABS \mid bCACd \\ A &\rightarrow bAB \mid cSA \mid cCC \\ B &\rightarrow bAB \mid cSB \end{aligned}$$

$$C \rightarrow cS \mid c$$

$$D \rightarrow eA$$

$$E \rightarrow fA \mid g$$

26. КС-язык называется распознаваемым, если существует алгоритм, который за конечное число шагов позволяет получить ответ о принадлежности любой строки языку. Если число шагов зависит от длины строки и может быть оценено до выполнения алгоритма, язык называется легко распознаваемым. Доказать, что КС-язык, порождаемый неукорачивающей грамматикой, легко распознаваем.

27. Доказать, что любой конечный язык, в который не входит пустая строка, является регулярным языком.

28. Доказать, что нециклическая КС-грамматика порождает конечный язык.  
*Нетерминальный символ*  $A \in N$  – *циклический*, если в грамматике существует вывод

$$A \Rightarrow^* \xi_1 A \xi_2 .$$

*КС-грамматика* называется *циклической*, если в ней имеется хотя бы один циклический символ.

29. Показать, что условие цикличности грамматики (см. задачу 30) не является достаточным условием бесконечности порождаемого ею языка.

30. Доказать, что язык, порождаемый циклической приведенной КС-грамматикой, содержащей хотя бы один эффективный циклический символ, бесконечен.

*Циклический символ* называется *эффективным*, если

$$A \Rightarrow^* \alpha A \beta,$$

где  $|\alpha A \beta| > 1$ ; иначе циклический символ называется *фиктивным*.

#### Критерий оценивания

Уровень формирования ПК-6	Критерии
Высокий	Полный ответ на вопрос
Продвинутый	Полный ответ на вопрос с неточностями
Пороговый	Не полный но в целом правильный ответ на вопрос

#### Темы для опросов

1. Конечные автоматы. Детерминированные конечные автоматы (распознаватели). Языки и детерминированные конечные автоматы.
2. Недетерминированные конечные автоматы (распознаватели). Эквивалентность детерминированных и недетерминированных конечных автоматов.
3. Регулярные выражения. Связь между регулярными выражениями и языками, распознаваемыми конечными автоматами. Связь между регулярными выражениями и регулярными языками. Свойства регулярных языков.
4. Методы преобразования контекстно-свободных грамматик. Нормальные формы контекстно-свободных грамматик.

#### Примеры заданий для текущих опросов

*Задание 1.*

Постройте недетерминированный конечный автомат для распознавания языка, задаваемого регулярным выражением  $((a + b)^* a (a + b)^*)^*$

**Задание 2.**

Недетерминированный конечный автомат A имеет несколько финальных состояний. Можно ли его преобразовать к эквивалентному автомату, который бы имел одно финальное состояние. Ответ обосновать.

**Задание 3.**

Пусть  $\Sigma$  - произвольный алфавит. Определить мощность множества  $\Sigma^*$ .

**Задание 4.**

Построить конечный автомат, который будет распознавать любое английское слово, начинающееся на "a" и кончающееся на "a".

**Задание 5.**

Показать, что множества, соответствующие двум данным регулярным выражениям  $a^*b^*$  и  $b^*a^*b^*$ , совпадают.

**Задание 6.**

Найти регулярные выражения для языков:  $\{0^n \mid n \geq 2\}$ ;  $\{0^n 1^m \mid n, m \geq 2\}$ .

**Задание 7.**

Пусть  $L_1, L_2$  – контекстно-свободные языки.

Доказать, что  $L_1 \cup L_2$  – КС-язык;  $L_1 L_2$  – КС-язык.

#### Критерий оценивания

Уровень формирования ПК-6	Критерии
Высокий	Полный ответ на вопрос
Продвинутый	Полный ответ на вопрос с неточностями
Пороговый	Не полный но в целом правильный ответ на вопрос

### Задания для самостоятельной работы

#### Самостоятельная работа № 1

Пусть  $L_1 = L(G_1)$  и  $L_2 = L(G_2)$  – регулярные языки, порождаемые грамматиками:

$$\begin{array}{l}
 G_1 : S \rightarrow aS \mid aA \mid aB \\
 \quad A \rightarrow aA \mid a \\
 \quad B \rightarrow bB \mid b \\
 G_2 : S \rightarrow cS \mid cA \mid c \\
 \quad A \rightarrow d
 \end{array}$$

Найти грамматики, порождающие следующие языки:

- $L_1 \cup L_2$ ;

$$2) \quad \underline{f_1, f_2} ;$$

$$3) \quad \underline{f_1} .$$

## Самостоятельная работа № 2

Преобразовать следующую КС-грамматику к нормальной форме Хомского:

$$S \rightarrow aB \mid bA$$

$$A \rightarrow aS \mid bAA \mid a$$

$$B \rightarrow bS \mid aBB \mid b$$

### Критерий оценивания

Уровень формирования ПК-6	Критерии
Высокий	Полный ответ на вопрос
Продвинутый	Полный ответ на вопрос с неточностями
Пороговый	Не полный но в целом правильный ответ на вопрос

### Контрольная работа

#### Пример 1 контрольной работы

Регулярная грамматика  $G$  имеет продукции:

$$S \rightarrow aS \mid aA \mid aB$$

$$A \rightarrow aA \mid a$$

$$B \rightarrow bB \mid b$$

- 1) Найти недетерминированный конечный автомат (НКА)  $M$ , допускающий язык  $L(G)$ .
- 2) Найти детерминированный конечный автомат (ДКА)  $M1$ , эквивалентный НКА  $M$ .
- 3) Найти минимальный ДКА  $M2$ , эквивалентный ДКА  $M1$ .
- 4) Найти регулярное выражение, определяющее язык  $L(G)$ .
- 5) Найти представление языка  $L(G)$  в предикативной (явной) форме множества строк.

#### Пример 2 контрольной работы

1. Показать, что язык  $L = \{0^i 1^j \mid i, j \geq 0\}$  является регулярным языком, и найти ДКА, допускающий этот язык.

2. Грамматика  $G$  задана продукциями:

$$S \rightarrow aSb$$

$$A \rightarrow aS \mid bAA \mid c$$

$$B \rightarrow bS \mid aBB \mid b$$

$$S \rightarrow aAB \mid B$$

Построить грамматику  $G'$ , эквивалентную данной и не содержащую  $\epsilon$ -продукций, цепных продукций и бесполезных продукций, а также определить, является ли язык  $L(G)$  непустым, конечным или бесконечным языком.

3. Построить НМА, допускающий язык  $L$ , порождаемый грамматикой, продукция которой имеют вид:  $S \rightarrow aSb | \epsilon$ .

4. Выяснить, является ли язык  $L = \{a^n b^m | 0 \leq m \leq n\}$  КС-языком (ответ обосновать).

Критерии оценивания сформированности компетенции:

«отлично» - выполнено 4-5 заданий, уровень сформированности компетенции высокий;  
«хорошо» - выполнено 3-4 задания, уровень сформированности компетенции продвинутый;

«удовлетворительно» - выполнено 2-3 задания, уровень сформированности компетенции пороговый.

### Список вопросов к экзамену

- 1.1. Введение. Формальные языки и грамматики.
- 1.2. Основные понятия и определения формальных языков и грамматик.
- 2.1. Конечные автоматы.
- 2.2. Детерминированные конечные автоматы (распознаватели).
- 2.3. Языки и детерминированные конечные автоматы.
- 2.4. Недетерминированные конечные автоматы (распознаватели).
- 2.5. Эквивалентность детерминированных и недетерминированных конечных автоматов.
- 2.6. Минимизация конечных автоматов.
- 3.1. Регулярные выражения.
- 3.2. Связь между регулярными выражениями и языками, распознаваемыми конечными автоматами.
- 3.3. Регулярные грамматики.
- 3.4. Связь между регулярными выражениями и регулярными языками.
- 3.5. Свойства регулярных языков. Замкнутость класса регулярных языков.
- 3.6. Алгоритмические проблемы регулярных языков.
- 3.7. Лемма о расширении регулярных языков.
- 4.1. Контекстно-свободные грамматики и языки.
- 4.2. Грамматический разбор. Неоднозначность КС-грамматик и КС-языков.
- 4.3. Методы преобразования контекстно-свободных грамматик.
- 4.4. Нормальные формы контекстно-свободных грамматик.
- 4.5. Свойства контекстно-свободных языков. Лемма о расширении. Свойства замкнутости класса контекстно-свободных языков.
- 4.6. Некоторые алгоритмические проблемы для контекстно-свободных языков.
- 5.1. Магазинные автоматы.
- 5.2. Недетерминированные магазинные автоматы.
- 5.3. Детерминированные магазинные автоматы.
- 5.4. Магазинные автоматы и контекстно-свободные языки.
- 5.5. Детерминированные языки.

### Оценка за экзамен на основании сформированности компетенции ПК-6

Уровень формирования	Оценка	Критерии
Высокий	Отлично	Полный ответ на вопрос
Продвинутый	Хорошо	Полный ответ на вопрос с неточностями



Пороговый	Удовлетворительно	Не полный но в целом правильный ответ на вопрос
-----------	-------------------	---

## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Теория автоматов и формальных языков»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Теория автоматов и формальных языков» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе этой дисциплины лежит особый математический аппарат, с помощью которого решаются довольно сложные и громоздкие задачи. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы теории автоматов и формальных языков. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольной работы и самостоятельных работ (в аудитории) в семестре. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Теория автоматов и формальных языков», самостоятельно студенту крайне трудно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.