


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра теоретической информатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ

 Д.Ю. Чалый
« 18 » мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

«Теория вычислительных процессов и структур»

Направление подготовки

02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль

«Информатика и компьютерные науки»

Квалификация выпускника

Бакалавр

Форма обучения

очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 27 апреля 2021 г.,
протокол № 9

Программа одобрена НМК
факультета ИВТ
протокол № 7 от
17 мая 2021 г.

Ярославль
2021

1. Цели освоения дисциплины

Целями дисциплины «Теория вычислительных процессов и структур» являются изучение общих основ вычислительных процессов и структур, приемов программирования, исследования свойств программ, анализа и доказательства корректности программ.

Дисциплина «Теория вычислительных процессов и структур» содействует формированию мировоззрения и развитию способности понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный аппарат разработки и анализа корректности алгоритмов, умению исследовать свойства программ. Кроме того, дисциплина должна обеспечивать развитие логического, эвристического и алгоритмического мышления и давать представление о месте и роли алгоритмов в современном мире, мировой культуре и истории, должна содействовать целевой направленности образования, умению разрабатывать и анализировать корректность алгоритмов, изучать их свойства.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Теория вычислительных процессов и структур» относится к вариативной части ОП бакалавриата.

Дисциплина «Теория вычислительных процессов и структур» опирается на дисциплины «Дискретная математика», «Информатика», «Языки программирования», «Теория конечных графов и ее приложения», «Алгоритмы и анализ сложности», «Теория автоматов и формальных языков». От студента 3 курса требуется наличие логического мышления, образованность, организованность и трудолюбие, самостоятельность, настойчивость в достижении цели, а также знания, полученные при изучении указанных выше дисциплин.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП 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
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-3 Способен 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	ОПК-3.3 Знает методы обработки информации для построения математических, информационных и имитационных моделей	Знать: – определение и основные свойства машин Тьюринга и машин Минского; – понятия алгоритмической разрешимости; – основные неразрешимые свойства алгоритмов и программ; – основные частично разрешимые и неразрешимые проблемы машин Минского;

<p>стандартам и исходным требованиям</p>		<ul style="list-style-type: none"> – различные модели программ (в том числе о схемах программ); – специальные классы стандартных схем программ; – способы спецификации, моделирования и анализа свойств программ; – способы доказательства корректности программ; – стратегию спецификации и доказательства корректности программ, написанных на процедурном языке высокого уровня; – метод автоматической проверки корректности программной модели. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить спецификацию программ на языке предикатов; – применять метод доказательства теорем для доказательства корректности программ, написанных на языках высокого уровня; – строить программные модели и проводить спецификацию и верификацию программных свойств на языке темпоральной логики. <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> – формальными методами анализа корректности программ (алгоритмов): дедуктивным анализом (метод доказательства теорем) и методом проверки модели (model checking).
--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. ед., 180 акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Сем ест р	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лек ции	пра кти чес кие	лаб ора тор ные	кон сул ьта ции	атте стац ион ные исп ыта ния	самос тоят ельная работ а	
1.	Вычислимые функции и машины Тьюринга.	6	6	6		1	6	5	Контрольная работа
2.	Счетчиковые машины Минского.	6	6	6		1	6	6	Контрольная работа
3.	Стандартные схемы программ.	6	6	6		1	8	6	Контрольная работа
4.	Дедуктивный анализ корректности программ.	6	8	8		2	8	8	Контрольная работа
5.	Модели вычислительных процессов.	6	8	8		2	8	8	Контрольная работа
	Всего за 6 семестр		34	34		7	36	33	Экзамен
	Всего		34	34		7	36	33	

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Вычислимые функции и машины Тьюринга.

Пример машины Тьюринга. Разрешимые и неразрешимые проблемы. Массовые алгоритмические проблемы. Проблема остановки. Проблема заикливания.

Раздел 2. Счетчиковые машины Минского.

Моделирование машины Тьюринга машиной Минского. Неразрешимые проблемы и метод сведения.

Раздел 3. Стандартные схемы программ.

Схемы программ. Класс стандартных схем. Эквивалентность и главные свойства стандартных схем. Неразрешимые свойства стандартных схем. Двухголовочные автоматы. Двоичный двухголовочный автомат. Моделирование двоичного автомата стандартной схемой. Теоремы о неразрешимых свойствах стандартных схем.

Раздел 4. Дедуктивный анализ корректности программ.

Пример "простого" языка программирования. Спецификация программ с помощью пред- и постусловий. Доказательство корректности программ относительно спецификации, инвариантов и ограничивающей функции. Построение инвариантов и ограничивающих функций.

Раздел 5. Модели вычислительных процессов.

Асинхронные и синхронные процессы. Взаимодействие процессов. Проблема критических участков (алгоритм Деккера). Автоматическая верификация моделей вычислительных процессов (на примере алгоритма Деккера).

5. 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.

Консультации – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты в решении задач, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы, обсуждаются результаты решения заданий, выполненных студентами самостоятельно.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- 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 основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная:

1. Кузьмин, Е. В., Счетчиковые машины : учеб. пособие для вузов / Е. В. Кузьмин ; под ред. В. А. Соколова ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2010, 127с
2. Кузьмин, Е. В., Счетчиковые машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Е. В. Кузьмин ; под ред. В. А. Соколова ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2010, 127с
3. Башкин, В. А., Лямбда-исчисление : учебно-методическое пособие / В. А. Башкин ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2018, 51с

4. Башкин, В. А., Лямбда-исчисление [Электронные ресурсы] : учебно-методическое пособие / В. А. Башкин ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2018, 51с

б) дополнительная:

1. Кузьмин, Е. В., Введение в теорию вычислительных процессов и структур : учеб. пособие для вузов / Е. В. Кузьмин, Ярославль, ЯрГУ, 2006, 138с

2. Кузьмин, Е. В., Введение в теорию вычислительных процессов и структур [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Е. В. Кузьмин, Ярославль, ЯрГУ, 2006, 138с

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитории, оборудованные для проведения лекций, практических занятий и консультаций, фонд библиотеки, компьютерная техника.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) - списочному составу группы обучающихся.

Автор(ы) :

Доцент кафедры ТИ, д.ф.-м.н. Башкин В.А.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Теория вычислительных процессов и структур»
Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

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

Типовые варианты контрольной работы

- I. Метод сведения. Докажите методом сведения (проблемы заикливания при нулевых начальных значениях счетчиков), что проблема тотальности для двухсчетчиковых машин Минского не является частично разрешимой.
- II. Докажите формально, что следующий алгоритм предназначен для записи в переменную z произведения чисел a и b при $b \geq 0$ без использования операции умножения.
- ```
x, y, z := a, b, 0;
do y > 0 & even(y) -> y, x := y/2, x+x []
 odd(y) -> y, z := y-1, z+x
od
```
- III. Используя определения синтаксиса и семантики формул темпоральных логик LTL и CTL произведите спецификацию указанных ниже свойств для заданной модели Крипке системы асинхронных параллельных процессов со взаимным исключением, представленной на рис. 1.1. в пособии [3]:
- 1) «Взаимное исключение». Процессы никогда не окажутся в своих критических участках одновременно. Другими словами, система ни при каких обстоятельствах не попадет в состояние, в котором процессы Пр1 и Пр2 будут находиться в своих локальных состояниях с номерами 7.
  - 2) «Отсутствие взаимной блокировки». Не существует ситуации, при которой ни процесс Пр1, ни процесс Пр2 не могут перейти в другое локальное состояние.
  - 3) «Отсутствие бесконечного откладывания процессов». Если один из процессов пожелает войти в свою критическую секцию, он обязательно в нее войдет. Другими словами, исключается возможность, при которой один из процессов бесконечно часто заходит в свой критический участок, а второй процесс вынужден постоянно откладывать свой вход в этот участок, бесконечно долго, таким образом, ожидая своей очереди.
  - 4) «Справедливость». Если оба процесса одновременно вышли из своих некритических участков, т. е. процессы Пр1 и Пр2 находятся в локальных состояниях с номерами 1, то в свой критический участок первым обязательно войдет тот процесс, приоритет которого в данный момент выше (приоритет определяется исходя из значения переменной  $trn$ ).
  - 5) «Отсутствие чередования». Если первый процесс только что посетил свой критический участок и хочет вновь в него войти, а второй процесс не выражает такого желания, то первому нет необходимости дожидаться, пока второй процесс проявит себя, войдет в критическую область, а затем покинет ее.

Другими словами, посещения процессами своих критических участков не обязательно должны чередоваться. Если один из процессов навсегда остается в своем некритическом участке (например, закончил работу), то это не оказывает никакого влияния на возможность входа другого процесса в свой критический участок.

IV. Постройте обобщенные автоматы Бюхи для следующей формулы темпоральной логики линейного времени LTL:  $[] (p \rightarrow q)$ .

Результаты решения заданий обсуждаются на консультациях по просьбе студентов.

Кроме того, при сдаче задания могут быть заданы вопросы по теории. Материал по теме задания должен быть подробно и полно освещен и проиллюстрирован на примере решения этого задания. Задача получает оценку 5, если она решена правильно и содержит полный ответ по теории с иллюстрацией на примере задачи. Задача получает оценку 4, если она решена правильно, но ответ по теории недостаточно полно иллюстрирован на примере задачи. Задача получает оценку 3, если она решена правильно, но практически отсутствует ответ по теории. Экзаменационная работа оценивается на 5, если все задачи решены не менее, чем на 4, и две из четырех задач оценены на 5. Экзаменационная работа оценивается на 4, если все задачи решены не менее, чем на 3, и две из четырех задач оценены не менее, чем на 4. Экзаменационная работа оценивается на 3, если две из четырех задач оценены не менее, чем на 3.

### Список заданий к экзамену

1. Машина Тьюринга. Вычислимые, частично вычислимые и невычислимые функции. Пример машины Тьюринга.
2. Разрешимые и неразрешимые проблемы. Массовые алгоритмические проблемы. Характеристическая и частичная характеристическая функции множества. Разрешимость и перечислимость множеств. Теорема Поста о разрешимости множества. Доказательство теоремы Поста.
3. Проблема остановки машин Тьюринга. Доказательство неразрешимости проблемы остановки. Частичная разрешимость.
4. Счетчиковые машины Минского. Проблема входа при нулевых значениях счетчиков (доказательство неразрешимости) и метод сведения.
5. Проблема тотальности для машин Минского (доказательство неразрешимости) и метод сведения.
6. Проблемы, не являющиеся частично разрешимыми. Проблема заикливания машин Тьюринга. Доказательство теоремы о проблеме заикливания машин Тьюринга.
7. Программы и схемы программ. Класс стандартных схем. Стандартные схемы в графовой форме. Условие правильности стандартной схемы. Стандартные схемы в линейной форме. Программа как интерпретация схемы. Состояние памяти программы. Значение терма и значение теста в состоянии памяти при



- интерпретации. Конфигурация и протокол выполнения программы. Примеры программ.
8. Эквивалентность, тотальность и пустота стандартных схем. Конечная и слабая эквивалентности стандартных схем. Примеры.
  9. Свободные интерпретации стандартных схем. Примеры. Согласованные свободные интерпретации. Доказательство леммы о существовании для любой интерпретации согласованной с ней свободной интерпретации. Основные теоремы о свободных интерпретациях.
  10. Двухголовочные автоматы. Примеры. Равномощность двухголовочных автоматов и машин Тьюринга. Доказательство теоремы о проблеме пустоты для двухголовочных автоматов. Доказательство теоремы о проблеме эквивалентности двухголовочных автоматов.
  11. Двоичные двухголовочные автоматы. Преобразование двухголовочных автоматов в двоичные двухголовочные автоматы. Примеры.
  12. Моделирование двоичного двухголовочного автомата стандартной схемой.
  13. Теоремы о неразрешимых свойствах стандартных схем. Проблемы пустоты и эквивалентности. Проблема свободы стандартных схем.
  14. Частичная разрешимость проблемы тотальности стандартных схем. Доказательство.
  15. Корректность программ. Спецификация и верификация. Верификация и тестирование.
  16. Спецификация программ. Предусловие. Постусловие. Примеры спецификаций программ. Представление начальных и конечных значений переменных. Наброски доказательств.
  17. Семантика простого языка программирования. Преобразователь предикатов  $wr$ . Спецификация программ через преобразователь предикатов  $wr$ . Свойства  $wr$ .
  18. Семантика простого языка программирования. Команды `skip`, `abort` и композиция команд. Команда присваивания. Кратное присваивание. Присваивание элементу массива.
  19. Семантика простого языка программирования. Команда выбора. Примеры. Теорема о команде выбора. Доказательство корректности программ, не содержащих команд повторения. Примеры доказательств.
  20. Семантика простого языка программирования. Команда повторения. Инвариант. Ограничивающая функция. Теорема о цикле, инварианте и ограничивающей функции. Доказательство программ, содержащих циклы. Список условий для проверки цикла. Примеры доказательств корректности цикла.
  21. Построение программ. Стратегия построения команд выбора.
  22. Построение программ. Построение циклов исходя из инвариантов и ограничений.
  23. Построение инвариантов цикла. Теория воздушного шарика. Основная идея и

стратегии построения инвариантов.

24. Построение инвариантов цикла методом устранения конъюнктивного члена.

Примеры.

25. Построение инвариантов цикла методом замены константы переменной.

Примеры.

26. Построение инвариантов цикла методом расширения области значений переменной. Примеры.

27. Построение инвариантов цикла методом комбинирования пред- и постусловий.

Примеры.

## **2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания**

### **2.1. Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание**

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

*Пороговый уровень* - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

*Продвинутый уровень* - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

*Высокий уровень* - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

## 2.2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

| Код компетенции                  | Форма контроля                   | Этапы формирования (№ темы (раздела)) | Показатели оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  |                                  |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Пороговый уровень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Продвинутый уровень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Высокий уровень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Общепрофессиональные компетенции |                                  |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ОПК-3                            | Индивидуальные задания. Экзамен. | 1-5                                   | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– определение и основные свойства машин Тьюринга и машин Минского;</li><li>– понятия алгоритмической разрешимости;</li><li>– основные неразрешимые свойства алгоритмов и программ;</li><li>– основные частично разрешимые и неразрешимые</li></ul> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– определение и основные свойства машин Тьюринга и машин Минского;</li><li>– понятия алгоритмической разрешимости;</li><li>– основные неразрешимые свойства алгоритмов и программ;</li><li>– различные модели программ (в том числе о схемах программ).</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– проводить</li></ul> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– определение и основные свойства машин Тьюринга и машин Минского;</li><li>– понятия алгоритмической разрешимости;</li><li>– основные неразрешимые свойства алгоритмов и программ;</li><li>– основные частично разрешимые и неразрешимые проблемы машин Минского;</li><li>– различные модели программ (в том числе о схемах программ);</li></ul> | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– определение и основные свойства машин Тьюринга и машин Минского;</li><li>– понятия алгоритмической разрешимости;</li><li>– основные неразрешимые свойства алгоритмов и программ;</li><li>– основные частично разрешимые и неразрешимые проблемы машин Минского;</li><li>– различные модели программ (в том числе о схемах программ);</li></ul> |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>проблемы машин Минского;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– различные модели программ (в том числе о схемах программ);</li> <li>– специальные классы стандартных схем программ;</li> <li>– способы спецификации, моделирования и анализа свойств программ;</li> <li>– способы доказательства корректности программ;</li> <li>– стратегию спецификации и доказательства корректности программ, написанных на</li> </ul> | <p>спецификацию программ на языке предикатов; строить программные модели и проводить спецификацию и верификацию программных свойств на языке темпоральной логики.</p> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формальными методами анализа корректности программ (алгоритмов).</li> </ul> | <p>программ (в том числе о схемах программ);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способы спецификации, моделирования и анализа свойств программ;</li> <li>– способы доказательства корректности программ.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить спецификацию программ на языке предикатов; строить программные модели и проводить спецификацию и верификацию программных свойств на языке темпоральной логики.</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные классы стандартных схем программ;</li> <li>– способы спецификации, моделирования и анализа свойств программ;</li> <li>– способы доказательства корректности программ;</li> <li>– стратегию спецификации и доказательства корректности программ, написанных на процедурном языке высокого уровня;</li> <li>– метод автоматической проверки корректности программной модели.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить спецификацию программ на языке предикатов;</li> <li>– применять метод доказательства теорем для доказательства корректности программ,</li> </ul> |
|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>процедурном языке высокого уровня;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– метод автоматической проверки корректности программной модели.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить спецификацию программ на языке предикатов;</li> <li>– применять метод доказательства теорем для доказательства корректности программ, написанных на языках высокого уровня;</li> <li>– строить программные</li> </ul> |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– формальными методами анализа корректности программ (алгоритмов).</li> </ul> | <p>написанных на языках высокого уровня;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– строить программные модели и проводить спецификацию и верификацию программных свойств на языке темпоральной логики.</li> </ul> <p>Владеть навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формальными методами анализа корректности программ (алгоритмов): дедуктивным анализом (метод доказательства теорем) и методом проверки модели (model checking).</li> </ul> |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|
|  |  |  | <p>модели и<br/>проводить<br/>спецификацию и<br/>верификацию<br/>программных<br/>свойств на языке<br/>темпоральной<br/>логики.</p> <p>Владеть<br/>навыками:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– формальными<br/>методами анализа<br/>корректности<br/>программ<br/>(алгоритмов):<br/>дедуктивным<br/>анализом (метод<br/>доказательства<br/>теорем) и методом<br/>проверки модели<br/>(model checking).</li> </ul> |  |  |  |
|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|

### **3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

#### **3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций**

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объёме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;



- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине «Теория вычислительных процессов и структур» осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль проводится в виде контрольных работ. Критериями оценивания степени овладения умениями и навыками, полученными в результате освоения данной дисциплины, являются следующие критерии:

#### **Критерии оценки результатов СРС:**

- уровень освоения студентом учебного материала.
- умение использовать теоретические знания при выполнении практических, ситуационных задач.
- сформированность общеучебных умений,
- обоснованность и четкость изложения ответа,
- оформление материала в соответствии с требованиями,
- уровень самостоятельности студента при выполнении СР,

#### **Критерии оценки результатов внеаудиторной СРС :**

- уровень освоения учебного материала;
- уровень умения использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- уровень сформированности общеучебных умений;
- уровень умения активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, изучать ее и применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения материала;
- уровень умения ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- уровень умения четко сформулировать проблему, предложив ее решение, критически оценить решение и его последствия;
- уровень умения определить, проанализировать альтернативные возможности, варианты действий;
- уровень умения сформулировать собственную позицию, оценку и аргументировать ее;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

#### **Критерии оценки результатов контрольной работы**

«Отлично» (5 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

«Хорошо» (4 балла) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной ошибки и одного недочета, или не более трех недочетов.

«Удовлетворительно» (3 балла) – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «3» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

### **3.2 Описание процедуры выставления оценки**

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «незачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

### **Шкала оценивания успеваемости текущего контроля и промежуточной аттестации.**

В зависимости от уровня сформированности компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено» или оценка по четырехбалльной шкале.

#### **Шкала оценивания экзамена**

Критерии оценивания экзамена:

##### **«2» - плохо:**

Теоретический вопрос: студент не раскрыл теоретический вопрос, на заданные экзаменаторами вопросы не смог дать удовлетворительный ответ.

Практический вопрос: студент не понял смысла текста (задачи), не смог выполнить задания. На заданные экзаменатором вопросы ответил неудовлетворительно, не продемонстрировал сформированность требующихся для выполнения заданий знаний и умений. Или студент понял отдельные детали текста, но не его основной смысл, задания выполнил неправильно, на заданные экзаменатором вопросы ответил неудовлетворительно, не продемонстрировал сформированность требующихся для выполнения заданий умений.

##### **«3» - удовлетворительно:**

Теоретический вопрос: студент смог с помощью дополнительных вопросов воспроизвести основные положения темы, но не сумел привести соответствующие примеры или аргументы, подтверждающие те или иные положения.

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), но смог выполнить задание лишь после дополнительных вопросов, предложенных экзаменатором. При этом на поставленные экзаменатором вопросы не вполне ответил правильно и полно, но подтвердил ответами понимание вопросов и продемонстрировал отдельные требующиеся для выполнения заданий знания и умения.

**«4» - хорошо:**

Теоретический вопрос: студент (не допуская ошибок) правильно изложил теоретический вопрос, но недостаточно полно или допустил незначительные неточности, не искажающие суть понятий, теоретических положений, правовых и моральных норм. Примеры, приведенные учеником, воспроизводили материал учебников. На заданные экзаменатором уточняющие вопросы ответил правильно.

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), предложенные задания выполнил правильно, но недостаточно полно. На заданные экзаменатором вопросы ответил правильно. Проявил необходимый уровень всех требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

**«5» - отлично:**

Теоретический вопрос: студент полно и правильно изложил теоретический вопрос, привел собственные примеры, правильно раскрывающие те или иные положения, сделал обоснованный вывод;

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), полно и правильно выполнил предложенные задания, проявил высокий уровень всех требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Теория вычислительных процессов и структур»**

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

В основу образовательной технологии по дисциплине «Теория вычислительных процессов и структур» помимо традиционных форм лекций и практических занятий положена также форма, состоящая в выполнении студентом индивидуальных заданий по темам дисциплины. Каждое задание должно быть решено письменно с последующей устной защитой. Ошибки, допущенные при выполнении задания, отмечаются подробно преподавателем, ведущим практические занятия. После исправления ошибок задание сдается вновь преподавателю на проверку. Только тогда, когда все замечания будут учтены, студент получает зачет по заданию. Всего имеются четыре индивидуальных задания по дисциплине. Первое задание предполагает доказательство теоремы с использованием метода сведения. Второе задание закрывает тематику дедуктивного анализа корректности последовательных программ. Представляет собой небольшую программу, написанную на «простом» языке высокого уровня, корректность которой необходимо доказать относительно спецификации, составляемой студентом по словесному описанию требований к программе. При безуспешных со стороны студента попытках построения инварианта, ограничивающей функции и постулов эти необходимые для выполнения задания компоненты могут быть предоставлены студенту. Последние две задачи относятся к тематике верификации моделей программ и представляют собой соответственно спецификацию свойств модели на языке темпоральной логики и построение по формуле темпоральной логики LTL автомата Бюхи, применяемого в алгоритмах проверки свойств программных моделей. Студенты, сдавшие все индивидуальные в установленные сроки, после успешного ответа на дополнительный вопрос по (оставшейся незакрытой) теме схем программ получают отметку о сдаче экзамена досрочно. Такой подход стимулирует постоянную работу студентов в течение семестра и активизирует усвоение материала. Студентам, не выполнившим какое-либо индивидуальное задание, его выполнение выносится дополнительно на экзамен. Эта технология позволяет проводить индивидуальное обучение студентов и дает хорошие результаты для приобретения студентами заявленных компетенций. Она дополняется обсуждением общих (типичных) ошибок на практических и лекционных занятиях.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (\*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Головной

разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") [www.informika.ru](http://www.informika.ru).

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

- Электронная библиотека – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

- Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

- Избранное. В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.

- Библиотеки вузов. Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.

**Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины  
(компетенция ПК-2)**

**1. Какого количества счётчиков машины Минского достаточно для моделирования любого алгоритма (машины Тьюринга):**

- А) 1
- Б) 2
- В) 4
- Г) никакого конечного

**2. Какие из перечисленных алгоритмических проблем являются неразрешимыми:**

- А) проблема эквивалентности конечных автоматов
- Б) проблема принадлежности для КС-языков
- В) проблема останова машин Тьюринга
- Г) проблема самоприменимости машин Тьюринга

**3. Какой вид лямбда-конверсий моделирует процесс вычислений в функциональной программе:**

- А) альфа
- Б) бета
- В) эта

**4. Какой вид эквивалентности схем программ разрешим:**

- А) функциональная
- Б) логико-термальная

**5. Приведите лямбда-выражение к нормальной форме:**

$((\lambda g x. (xg)) (\lambda v. v) (\lambda y. y)) z$

- А)  $\lambda y. y$
- Б)  $z$
- В)  $z z$
- Г) нет нормальной формы

**6. Вычислите слабое предусловие:**

$\text{wp}(\text{"y:=2; x:=y-1;"}, (x \geq 5) \vee (y < 0))$

- А)  $(x \geq 6)$
- Б)  $(x == 1) \vee (y < 0)$
- В) false

| Вопрос № | Правильный ответ | Вопрос № | Правильный ответ |
|----------|------------------|----------|------------------|
| 1        | Б                | 4        | Б                |
| 2        | ВГ               | 5        | Б                |
| 3        | Б                | 6        | В                |