

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»

Факультет компьютерных технологий и прикладной математики
Кафедра вычислительных технологий

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Хагуров Т.А.

подпись

«__30__» __мая__ 2025г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ДВ.02.01 Спецификация и верификация программ
методом Model Checking

Направление

подготовки/специальность 02.04.02 Фундаментальная информатика и
информационные технологии

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) /

специализация "Интеллектуальные системы и технологии"

(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки академическая магистратура

(академическая /прикладная)

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация выпускника магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины «Мультиагентные системы» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

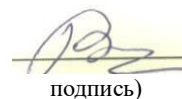
Программу составил: А.Н. Полетайкин, доц. каф. ВТ, к.т.н., доц.


_____ подпись

Рабочая программа дисциплины «Мультиагентные системы» утверждена на заседании кафедры Вычислительных Технологий протокол № 7 от «07 » мая 2025 г.

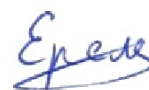
Руководитель магистерской программы Вишняков Ю.М

(фамилия, инициалы)


_____ подпись

И.о. заведующего кафедрой (разработчика) Еремин А.А.

(фамилия, инициалы)


_____ подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Компьютерных Технологий и Прикладной Математики протокол № 4 от «23» мая 2025 г

Председатель УМК факультета Коваленко А.В.

(фамилия, инициалы)


_____ подпись

Рецензенты:

Гаркуша О.В., доцент кафедры информационных технологий ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», кандидат физико-математических наук.

Схаляхо Ч.А., доцент КВВУ им.С.М.Штеменко, к.ф.-м.н., доцент

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель и задачи освоения дисциплины

Целью дисциплины «Спецификация и верификация программ методом Model Checking» является обучение передовым технологиям программной верификации ПО со сложной структурной организацией.

Основными задачами при этом являются:

- получение теоретических знаний и практических навыков в области обеспечения качества ПО посредством спецификации и верификации Model Checking;
- изучить базовые технологии верификации ПО методом Model Checking;
- освоить разные виды логик при моделировании логики выполнения ПО со сложной структурной организацией;
- выработать навыки использования полученных знаний и умений при проектировании, разработке, адаптации ПО с установленным уровнем качества.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Студент должен знать

- понятие верификации и спецификации ПО
- основные принципы, алгоритмы и структуры для верификации системного и прикладного ПО методом Model Checking;
- основные принципы алгоритмы и структуры верификации методом Model Checking;
- различные темпоральные логики описания поведения ПО со сложной структурной организацией;

уметь

- применять математические методы и аннотировать программы для верификации в подходящих формальных языках;
- использовать и применять верификацию методом Model Checking;
- описывать порядок событий во времени посредством темпоральных логик;
- строить модели верификации ПО методом Model Checking и применять их для обеспечения заданного качества ПО.

владеть

- инструментами верификации системного и прикладного ПО методом Model Checking;
- способностью использовать и применять углубленные знания в области верификации методом Model Checking;

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Спецификация и верификация программ методом Model Checking» относится к вариативной части Б1 дисциплин учебного плана, читаемых по выбору. Для изучения дисциплины необходимо знание дискретной математики, процедурного, параллельного и многопоточного программирования, а также программной инженерии в части управления качеством ПО.

Знания, получаемые при изучении дисциплины «Спецификация и верификация программ методом Model Checking», используются при изучении других дисциплин профессионального цикла учебного плана, связанных с разработкой ПО (Параллельное и распределенное программирование, Технологии автоматизации программирования, Блокчейн: технологии и инструменты разработки, Методы извлечения информации из сетевых источников, Нейросетевые технологии и вычисления), а также при работе над магистерской диссертацией.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
ПК-1. Способен демонстрировать общенаучные базовые знания математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; способен применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии	
ПК-1.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки	Знает: – понятие верификации и спецификации ПО – основные принципы, алгоритмы и структуры для верификации системного и прикладного ПО методом Model Checking; – основные принципы алгоритмы и структуры верификации методом Model Checking
ПК-1.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности	Умеет: – использовать и применять верификацию методом Model Checking; – описывать порядок событий во времени посредством темпоральных логик
ПК-1.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий	Владеет: – методами и подходами научных исследований и навыками их проведения
ПК-2. Способен к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	
ПК-2.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Умеет: – применять математические методы и аннотировать программы для верификации в подходящих формальных языках; – строить модели верификации ПО методом Model Checking и применять их для обеспечения заданного качества ПО
ПК-2.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности	Владеет: – способностью использовать и применять углубленные знания в области верификации методом Model Checking
ПК-6. Способен проектировать распределенные информационные системы, их компоненты и протоколы их взаимодействия, собирать, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, необходимые для проектной и производственно-технологической деятельности; способен к разработке новых	

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине (знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности))
алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности	
ПК-6.1. Знает основы проектирования и элементы архитектурных решений информационных систем, способы интерпретации экспериментальных данных	Знает: – основные принципы алгоритмы и структуры верификации методом Model Checking; – различные темпоральные логики описания поведения ПО со сложной структурной организацией
ПК-6.2. Умеет применять в практической деятельности профессиональные стандарты в области информационных технологий, умеет разрабатывать новые алгоритмические решения	Умеет: – описывать порядок событий во времени посредством темпоральных логик
ПК-7. Способен устанавливать, администрировать программные системы; реализовывать техническое сопровождения информационных систем; интегрировать информационные системы с используемыми аппаратно- программными комплексами	
ПК-7.3. Имеет практический опыт разработки интеграции информационных систем с использованием аппаратно- программных комплексов	Владеет: – инструментами верификации системного и прикладного ПО методом Model Checking; – способностью использовать и применять углубленные знания в области верификации методом Model Checking

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач. ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)					
		III					
Контактная работа, в том числе:	36,2	36,2					
Аудиторные занятия (всего):	36	36					
Занятия лекционного типа	18	18					
Лабораторные занятия	18	18					
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)							
Иная контактная работа:	0,2	0,2					
Контроль самостоятельной работы (КСР)							
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2					
Самостоятельная работа, в том числе:	107,8	107,8					
<i>Курсовая работа</i>	–	–					
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	68	68					

Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		36	36					
Реферат		–	–					
Подготовка к текущему контролю		3,8	3,8					
Контроль:		–	–					
Подготовка к экзамену		–	–					
Общая трудоемкость	144		144					
	36,2		36,2					
	4		4					

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Верификация компьютерных программ на моделях	23	4	–	3	16
2.	Технологии верификации и валидации ПО	23	2	–	3	18
3.	Методы, модели и алгоритмы верификации и валидации ПО	23	4	–	3	16
4.	Инструментальные средства верификации и валидации ПО	23	2	–	3	18
5.	Темпоральные логики и их применение в верификации программных систем	25	4	–	3	18
6.	Языки спецификации для верификации программных систем	23	2	–	3	18
ИТОГО по разделам дисциплины		140	18	–	18	104
Контроль самостоятельной работы (КСР)		–				
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2				
Подготовка к текущему контролю		3,8				
Общая трудоемкость по дисциплине		144				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия/семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Верификация компьютерных программ на моделях	Правильность программ. Цена ошибки. Выборочное тестирование. Проблема параллельных систем. Верификация программ на моделях (model checking). Верификация как этап технологии. Задачи верификации методом Model checking	ЛР, Т
2.	Технологии верификации и валидации ПО	Верификация и валидация ПО. Методы верификации. Инспекции кода. Парное программирование. Формальные методы. Логика Хоара	ЛР, Т
3.	Методы, модели и алгоритмы верификации и валидации ПО	Алгоритм маркировки. Спецификация требований. Формализация требований. Символьные алгоритмы верификации ПО. Бинарные решающие диаграммы (BDD).	ЛР, Т
4.	Инструментальные средства верификации и валидации ПО	Контрактное программирование: реализация в языках программирования, применение для верификации кода. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: K-Framework, PlusCal, TLA+	ЛР, Т
5.	Темпоральные логики и их применение в верификации	Классическая и темпоральная логики. Ограниченность классической логики. Linear Temporal Logic (LTL). Линейное и ветвящееся время.	ЛР, Т

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
	программных систем	Логика ветвящегося времени – CTL. Структура Крипке.	
6.	Языки спецификации для верификации программных систем	Пример спецификаций: VDM (vienna development method), JML (Java Modeling Language), Спеc# (расширение C#), Применение языков спецификации. Математический аппарат проверки моделей. Анализ состояния гонки.	ЛР, Т

Примечание: ЛР – отчет/защита лабораторной работы, КП - выполнение курсового проекта, КР - курсовой работы, РГЗ - расчетно-графического задания, Р - написание реферата, Э - эссе, К - коллоквиум, Т – тестирование, РЗ – решение задач.

2.3.2 Занятия семинарского типа

Примечание: ЛР – отчет/защита лабораторной работы, КП - выполнение курсового проекта, КР - курсовой работы, РГЗ - расчетно-графического задания, Р - написание реферата, Э - эссе, К - коллоквиум, Т – тестирование, РЗ – решение задач.

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела (темы)	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Верификация компьютерных программ на моделях	Выборочное тестирование параллельных алгоритмов	ЛР, Т
2.	Технологии верификации и валидации ПО	Верификация параллельных алгоритмов классическими методами	ЛР, Т
3.	Методы, модели и алгоритмы верификации и валидации ПО	Верификация параллельных алгоритмов методом Model Checking	ЛР, Т
4.	Инструментальные средства верификации и валидации ПО	Верификация параллельных алгоритмов при помощи TLA+	ЛР, Т
5.	Темпоральные логики и их применение в верификации программных систем	Верификация параллельных алгоритмов в логике LTL и CTL	ЛР, Т
6.	Языки спецификации для верификации программных систем	Применение спецификаций VDM, JML, Спеc#	ЛР, Т

Примечание: ЛР – отчет/защита лабораторной работы, КП - выполнение курсового проекта, КР - курсовой работы, РГЗ - расчетно-графического задания, Р - написание реферата, Э - эссе, К - коллоквиум, Т – тестирование, РЗ – решение задач.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой информационных технологий, протокол №1 от 30.08.2019
2	Решение задач	Методические указания по организации самостоятельной работы студентов, утвержденные кафедрой информационных технологий, протокол №1 от 30.08.2019

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
9	Л	Компьютерные презентации и обсуждение	12
	ЛР	Разбор конкретных ситуаций (задач), тренинги по решению задач, компьютерные симуляции (программирование алгоритмов)	12
	Доклад	Доклад по результатам самостоятельной работы. Обсуждение, дискуссии	12
Итого:			36

Темы, задания и вопросы для самостоятельной работы призваны сформировать навыки поиска информации, умения самостоятельно расширять и углублять знания, полученные в ходе лекционных и практических занятий.

Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и студентами при проведении анализа результатов самостоятельной работы.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Тематика докладов:

1. Алгоритм Model Checking для LTL, пример.
2. Алгоритм Model Checking для CTL, пример.
3. Бинарные решающие диаграммы, свойства, операции, применение.

4. Символьный алгоритм Model Checking для CTL, пример.
5. Алгоритм Model Checking для PCTL, пример.
6. Алгоритм Model Checking для TCTL, пример.
7. SPIN optimization: partial order reduction.
8. SPIN optimization: bitstate hashing.
9. SPIN optimization: minimised automaton representation of reachable states.
10. SPIN optimization: state vector compression.
11. SPIN optimization: dataflow analysis and slicing algorithm.
12. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: NASA PathFinder/JPF (для Java кода).
13. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: SMV (символьный).
14. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: Uppaal (в реальном времени).
15. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: Kronos (в реальном времени).
16. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: TLA+.
17. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: K-Framework.
18. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: PlusCal.
19. Логика Хоара. Правила вывода и особенности применения для верификации.
20. Языки спецификации: VDM (Vienna development method).
21. Языки спецификации: Java Modeling Language (расширение Java).
22. Языки спецификации: Спеc# (расширение C#).
23. Контрактное программирование: реализация в языках программирования особенности применения для верификации кода.
24. Бинарные решающие диаграммы (BDD): свойства, операции, применение в верификации ПО.
25. Символьные алгоритмы верификации ПО.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля выполнения лабораторных работ, подготовки докладов, средств для итоговой аттестации(зачета).

Оценка успеваемости осуществляется по результатам:

- выполнения лабораторных работ – разработки компьютерных программ и их верификация;
- ответов на теоретические вопросы при защите ЛР (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины);
- подготовки и выполнения докладов.

Критерии оценивания

Критерии оценивания к зачету:

Оценка “зачтено” - Практические задания выполнены в срок в объеме не менее 80%. Студент демонстрирует правильные, уверенные действия по применению полученных знаний на практике, грамотное и логически стройное изложение материала при аргументации ответов на вопросы при защите лабораторных.

Оценка «не зачтено» - Практические задания не выполнены либо предоставлены не в срок в объеме менее 60%, Студент демонстрирует наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора	Результаты обучения	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ПК-1.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки	Знает: – понятие верификации и спецификации ПО – основные принципы, алгоритмы и структуры для верификации системного и прикладного ПО методом Model Checking; – основные принципы алгоритмы и структуры верификации методом Model Checking	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26
2	ПК-1.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности	Умеет: – использовать и применять верификацию методом Model Checking; – описывать порядок событий во времени посредством темпоральных логик	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26
3	ПК-1.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий	Владеет: – методами и подходами научных исследований и навыками их проведения	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26
4	ПК-2.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой	Умеет: – применять математические методы и аннотировать программы для верификации в подходящих формальных языках; – строить модели верификации ПО методом Model Checking и применять их для обеспечения заданного качества ПО	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26
5	ПК-2.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности	Владеет: – способностью использовать и применять углубленные знания в области верификации методом Model Checking	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26
6	ПК-6.1 Знает основы проектирования и элементы архитектурных решений информационных систем, способы интерпретации экспериментальных данных	Знает: – основные принципы алгоритмы и структуры верификации методом Model Checking; – различные темпоральные логики описания поведения ПО	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26

		со сложной структурной организацией		
7	ПК-6.2. Умеет применять в практической деятельности профессиональные стандарты в области информационных технологий, умеет разрабатывать новые алгоритмические решения	Умеет описывать порядок событий во времени посредством темпоральных логик	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26
8	ПК-7.3. Имеет практический опыт разработки интеграции информационных систем с использованием аппаратно- программных комплексов	Владеет: – инструментами верификации системного и прикладного ПО методом Model Checking; – способностью использовать и применять углубленные знания в области верификации методом Model Checking	опрос по теме, лабораторная работа	Вопросы на зачете 1-26

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Перечень вопросов, которые выносятся на зачет

1. Принципы ModelChecking, виды темпоральных логик (CTL, LTL, PCTL, TCTL)
2. Модель Крипке, пример
3. SPIN: основные версии, модель Promela
4. SPIN: процессы, пример программы
5. SPIN: переменные и типы, пример программы
6. SPIN: предложения, реализация параллелизма, пример программы
7. SPIN: операторы if, do, atomic, d_step, пример программы
8. SPIN: каналы, пример программы
9. Семантика LTL: всегда, рано или поздно, пример LTL
10. Семантика LTL: в следующем состоянии, сильный Until, пример LTL
11. Семантика LTL: слабый Until, LTLв SPIN, пример LTL
12. Алгоритм Model Checking для CTL, пример
13. Алгоритм Model Checking для LTL, пример
14. Бинарные решающие диаграммы, свойства, операции, применение
15. Символьный алгоритм ModelCheckingдля CTL, пример

16. Алгоритм Model Checking для PCTL, пример
17. Алгоритм Model Checking для TCTL, пример
18. SPIN optimization: partial order reduction
19. SPIN optimization: bitstate hashing
20. SPIN optimization: minimised automaton representation of reachable states
21. SPIN optimization: state vector compression
22. SPIN optimization: dataflow analysis and slicing algorithm
23. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: NASA/Java PathFinder JPF (для Java кода)
24. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: SMV(символьный)
25. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: Uppaal(в реальном времени)
26. Обзор и сравнение программ для ModelChecking: Kronos(в реальном времени)

5. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Основная литература:

1. Методология и технология разработки программных систем: методы и модели программной инженерии: учебное пособие / А.Н. Полетайкин, Н.Ю. Добровольская; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2025. – 229 с.
2. Доррер, Г. А. Методология программной инженерии : учебное пособие / Г. А. Доррер. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2021. — 190 с.

5.2 Дополнительная литература:

1. Карпов Ю. Г. Model checking. Верификация параллельных и распределенных программных систем // БХВ. Петербург, 2010 - 560 с.
2. Э.М. Кларк, О. Грамберг, Д. Пелед. Верификация моделей программ: Model Checking. Пер. с англ. М.: МЦНМО, 2002. 416 с.
3. Яхонтов, С.В. Современные методы и инструменты формальных спецификаций дедуктивной верификации императивных программ : учебное пособие / С.В. Яхонтов ; Санкт-Петербургский государственный университет. - Санкт-Петербург : Издательство Петербург, 2014. - 146 с.
4. Сеницын, С.В. Верификация программного обеспечения : курс / Сеницын, С.В. Верификация программного обеспечения : курс / Сеницын, С.В., Н.Ю. Налютин ; Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ. Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. 367 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах

«Лань» и «Юрайт»

5.3 Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru/>
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com

5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных

1. Scopus <http://www.scopus.com/>
2. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
3. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
6. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
7. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prilib.ru/>
8. База данных CSD Кембриджского центра кристаллографических данных (CCDC) <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>
9. Springer Journals: <https://link.springer.com/>
10. Springer Journals Archive: <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals: <https://www.nature.com/>
12. Springer Nature Protocols and Methods: <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials: <http://materials.springer.com/>
14. Nano Database: <https://nano.nature.com/>
15. Springer eBooks (i.e. 2020 eBook collections): <https://link.springer.com/>
16. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
17. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

Ресурсы свободного доступа

1. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;
2. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
4. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
7. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
8. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
9. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
10. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
11. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
12. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>
2. Электронная библиотека трудов ученых КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>
3. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>

4. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://infoneeds.kubsu.ru/>
5. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru/>;
6. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
7. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, проведение лабораторных работ, зачета.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине с использованием указанных литературных источников, учебного пособия и методических указаний автора курса.

Виды и формы СР, сроки выполнения, формы контроля приведены выше в данном документе.

Для лучшего освоения дисциплины при защите ЛР студент должен ответить на несколько вопросов из лекционной части курса.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 129, 131, А305).	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО)	PowerPoint, доступ к Microsoft Teams
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации ауд. 129, 131, 147, А305	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, компьютер Оборудование: кондиционер	PowerPoint, доступ к Microsoft Teams
Учебные аудитории для проведения лабораторных работ. Лаборатория (ауд. 102-106, А301-303).	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	системы программирования на языках высокого уровня, сетевой доступ к ресурсам, в частности NetBeans, IntelliJ IDEA Community Edition и пр. с возможностью многопользовательской работы

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Доступ печатным и электронным информационным ресурсам
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 147)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	системы программирования на языке Java с возможностью многопользовательской работы