

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«07» марта 2024 г.
Протокол №1

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Верификация программ»**

Направление подготовки: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: Разработка

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 4 года

Год набора: 2024

Москва
2024

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения	4
3. Тематический план	7
4. Содержание дисциплины (модуля)	7
5. Учебно-методическое обеспечение	8
6. Материально-техническое обеспечение	8
7. Методические и оценочные материалы	10

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Верификация программ» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по специальности 02.03.01 Математика и компьютерные науки, профиль Разработка, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Верификация программ» важно для обеспечения корректности и надежности программного обеспечения, что снижает риски ошибок и сбоев в системах. Это способствует повышению качества разработки и безопасности программ, особенно в критически важных приложениях.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 Математика и компьютерные науки, профиль Разработка и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) является выборной и доступна для изучения на 3 или 4 курсе в 5, 6, 7, 8 семестрах на выбор.

Цель изучения дисциплины (модуля): освоение методов и инструментов формальной проверки корректности программ для обеспечения их надежной и безопасной работы.

Задачи изучения дисциплины (модуля) направлены на формирование у студентов следующий знаний, умений и навыков:

- знание основных принципов и подходов к формальной верификации программного обеспечения;
- знание методов верификации программ;
- знание основных понятий теории автоматов и применения их в верификации ПО;
- умение аналитически доказывать корректность программ;
- умение находить инварианты циклов и функции оценки для доказательства корректности;
- умение специфицировать программы, формулируя пред- и постусловия;
- навык работы с инструментами верификации моделей.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1.	Знает методы поиска и анализа информации в области разработки, основные принципы критической оценки источников информации и их релевантности
		УК-1.2.	Умеет критически оценивать источники информации и синтезировать данные из различных источников для решения задач, применять системный подход к анализу и решению комплексных проблем
		УК-1.3.	Имеет практический опыт работы с современными инструментами и технологиями для обработки информации, формулировании и структурировании задач на основе полученной информации
УК-2.	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1.	Знает действующие правовые нормы, регулирующие деятельность в области решения задач, основные методы и подходы к определению круга задач
		УК-2.2.	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, выбирать оптимальные способы решения задач, учитывая имеющиеся ресурсы и ограничения
		УК-2.3.	Имеет практический опыт применения знаний о правовых нормах и ресурсах в реальных ситуациях, разработки и реализации решений в соответствии с установленными ограничениями

ОПК-1.	Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности	ОПК-1.1.	Знает основные концепции и теории в области математического анализа и смежных дисциплин; методы и подходы, используемые в различных областях математики
		ОПК-1.2.	Умеет применять математические методы для решения профессиональных задач
		ОПК-1.3.	Имеет практический опыт разработки и реализации математических моделей в профессиональной деятельности
ПК-1.	Способен формулировать задачи с математической точностью, обосновывать утверждения строго и анализировать полученные результаты в области математики и компьютерных наук	ПК-1.1.	Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических наук, программирования и информационных технологий
		ПК-1.2.	Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике
		ПК-1.3.	Имеет опыт работы с задачами в области математики и компьютерных наук, включая применение математических методов для решения практических задач
ПК-2.	Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности в области разработки, опираясь на информационную и библиографическую культуру, используя информационно-коммуникационные технологии и учитывая основные требования информационной безопасности	ПК-2.1.	Знает основные принципы информационной и библиографической культуры, а также правила и стандарты информационной безопасности
		ПК-2.2.	Умеет эффективно использовать информационно-коммуникационные технологии для решения стандартных задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности

		ПК-2.3.	Имеет практический опыт работы с информационными ресурсами и инструментами в рамках своей профессиональной деятельности в области разработки, соблюдая требования информационной безопасности
--	--	---------	---

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		<i>Очная форма</i>				
		Контактная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
Лекции	Семинары (практические занятия)					
1	Основы формальной верификации	7	7		33	Подготовка к семинару, Домашние задания
2	Семантика и верификация программ	7	7		33	Подготовка к семинару, Домашние задания
3	Верификация параллельных систем	7	7		33	Подготовка к семинару, Домашние задания, Контрольная работа
4	Проверка моделей и теория автоматов	7	7		33	Подготовка к семинару, Домашние задания
	<i>Зачет с оценкой</i>			2		
	<i>Итого:</i>	<i>28</i>	<i>28</i>	<i>2</i>	<i>132</i>	
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)</i>	<i>190</i>				
	<i>Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)</i>	<i>5</i>				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Основы формальной верификации	Введение в формальную верификацию ПО. Операционная и аксиоматическая семантики. Программные контракты и спецификация требований. Метод Флойда для доказательства корректности программ.
2	Семантика и верификация программ	Слабейшее предусловие и инварианты циклов. Программные модели и методы спецификации. Язык ACSL и инструменты дедуктивной верификации (Frama-C, AstraVer, Why3). Алгоритмы взаимного исключения и параллельные архитектуры. Логика LTL и структуры Крипке. Спецификация и доказательство свойств параллельных систем (Spin, NuSMV). Автоматы Бюхи и методы их анализа в формальной верификации.
3	Верификация параллельных систем	Анализ конкурентного поведения. Обнаружение гонок данных. Проверка согласованности процессов. Моделирование синхронизации. Формальная спецификация параллелизма.
4	Проверка моделей и теория автоматов	Моделирование систем с помощью автоматов. Проверка свойств моделей. Теория конечных автоматов. Формальные методы спецификации. Алгоритмы проверки моделей.

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Лаврищева, Е. М. Программная инженерия и технологии программирования сложных систем : учебник для вузов / Е. М. Лаврищева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 432 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07604-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561885>.

Дополнительная литература:

1. Казарин, О. В. Программно-аппаратные средства защиты информации. Защита программного обеспечения : учебник и практикум для вузов / О. В. Казарин, А. С. Забабурин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 312 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-9043-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562070>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		

AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Верификация программ» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, контрольная работа, домашние задания, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Участие в семинаре (аудиторная работа) – активная работа студента на семинаре, его ответы на вопросы преподавателя и участие в дискуссии.

Для успешного участия в семинаре студентам рекомендуется заранее ознакомиться с темой обсуждения, прочитать необходимые материалы и подготовить вопросы. Важно активно слушать и вовлекаться в дискуссию, высказывая свои мнения и аргументируя их. При ответах на вопросы преподавателя стоит быть уверенным, четким и логичным, опираясь на изученный материал. Также полезно поддерживать диалог с однокурсниками, чтобы обогатить обсуждение и расширить свои знания.

Домашнее задание – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

Контрольная работа – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы - получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины (модуля) и продемонстрировать навыки их практического применения.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов, планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских

заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Верификация программ»

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачета с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Зачтено	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	Зачтено	
8	Отлично	Зачтено	
7	Хорошо	Зачтено	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая
6	Хорошо	Зачтено	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Оценка за зачет	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
			причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
5	Удовлетворительно	Зачтено	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
4	Удовлетворительно	Зачтено	
3	Не сдан	Не зачтено	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	Не зачтено	
1	Не сдан	Не зачтено	

Дисциплина (модуль) «Верификация программ» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Домашние задания	20%	13	Набор задач по темам недели
Аудиторная работа	15%	14	Активная работа студента на семинаре
Контрольные работы	30%	1	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время
Зачет с оценкой	35%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по курсу

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Верификация программ»: $\langle 0,2 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,15 \times \text{аудиторная работа} + 0,3 \times \text{контрольная работа} + 0,35 \times \text{зачет с оценкой} \rangle$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные домашние задания

Домашнее задание по теме «Операционная и аксиоматическая семантики»

1. Определите операционную семантику простого императивного языка с присваиваниями и условными операторами.
2. Запишите аксиомы Хоара для базовых операторов языка и выведите правило

вывода для последовательного исполнения.

3. Выполните пошаговое выполнение заданной программы по операционной семантике и зафиксируйте конфигурации.

4. Докажите корректность простой программы с помощью аксиоматической семантики (формулы Хоара).

5. Сравните поведение программы в операционной и аксиоматической семантиках на конкретном примере.

Домашнее задание по теме «Слабейшее предусловие и инварианты циклов»

1. Вычислите слабейшее предусловие для заданной программы с циклом и постусловием.

2. Сформулируйте инвариант цикла для программы вычисления факториала и докажите его корректность.

3. Постройте доказательство полной корректности программы с циклом, используя инварианты и слабейшие предусловия.

4. Напишите программу с вложенными циклами и определите для каждого цикла инварианты.

5. Исследуйте влияние изменения инварианта на корректность и завершение цикла.

Домашнее задание по теме «Обнаружение гонок данных»

1. Проанализируйте параллельный код на наличие гонок данных с помощью ручного разбора критических секций.

2. Используйте статический анализатор (например, ThreadSanitizer или аналог) для обнаружения гонок в предоставленном коде.

3. Модифицируйте программу для устранения гонок данных с помощью механизмов синхронизации (мьютексы, семафоры).

4. Создайте тестовый пример программы с гонками данных и опишите сценарии их проявления.

5. Исследуйте и опишите стратегии предотвращения гонок данных в многопоточных системах.

Примерные вопросы для подготовки к семинарам

Вопросы к семинару по теме «Моделирование систем с помощью автоматов»

1. Какие типы автоматов используются для моделирования программных систем и чем они отличаются?

2. Как формализуется поведение системы с помощью конечных автоматов?

3. В чем заключается понятие состояний и переходов в контексте автоматов?

4. Как с помощью автоматов можно моделировать параллельное и конкурентное выполнение процессов?

5. Какие методы проверки свойств систем применяются на основе моделей автоматов?

Вопросы к семинару по теме «Метод Флойда для доказательства корректности программ»

1. Какова основная идея метода Флойда для доказательства корректности программ?

2. Что такое инвариант цикла и как он используется в методе Флойда?

3. Как формулируются и доказываются предусловия и постусловия в рамках метода Флойда?

4. Какие правила вывода применяются для операторов последовательности, ветвления и цикла?

5. Как метод Флойда соотносится с аксиоматической семантикой программ?

Вопросы к семинару по теме «Алгоритмы взаимного исключения и параллельные архитектуры»

1. Какие основные задачи решают алгоритмы взаимного исключения в параллельных системах?
2. Каковы классические алгоритмы взаимного исключения и в чем их принцип действия?
3. Какие проблемы возникают при реализации взаимного исключения на параллельных архитектурах?
4. Как аппаратные средства (например, атомарные операции) поддерживают алгоритмы взаимного исключения?
5. Какие методы и инструменты применяются для верификации корректности алгоритмов взаимного исключения?

Примерные задания по контрольной работе

Контрольная работа

Задание 1.

Дайте определение формальной верификации программного обеспечения и опишите её отличие от тестирования.

Задание 2.

Объясните, в чём заключается разница между операционной и аксиоматической семантиками программ.

Задание 3.

Что такое программный контракт? Приведите пример предусловия и постусловия для функции, вычисляющей факториал.

Задание 4.

Опишите метод Флойда для доказательства корректности программ. Как используются инварианты в этом методе?

Задание 5.

Дайте определение слабейшего предусловия (weakest precondition). Почему оно важно для доказательства корректности программ?

Задание 6.

Что такое инвариант цикла? Приведите пример инварианта для цикла, суммирующего элементы массива.

Задание 7.

Опишите назначение языка ACSL и приведите пример спецификации функции на этом языке.

Задание 8.

Назовите и кратко охарактеризуйте инструменты дедуктивной верификации программ (например, Frama-C, AstraVer, Why3).

Задание 9.

Объясните, что такое алгоритмы взаимного исключения и почему они важны в параллельных системах.

Задание 10.

Опишите структуру Крипке и её роль в логике LTL при спецификации параллельных систем.

Задание 11.

Что такое автомат Бюхи? Как он используется в формальной верификации?

Задание 12.

Опишите основные причины возникновения гонок данных в параллельных программах.

Задание 13.

Какие методы используются для обнаружения гонок данных? Приведите пример одного из них.

Задание 14.

Объясните, что понимается под проверкой согласованности процессов в параллельных системах.

Задание 15.

Опишите формальный подход к моделированию синхронизации процессов. Как используются инструменты Spin или NuSMV для проверки свойств параллельных систем?

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Что из перечисленного лучше всего описывает понятие программного контракта? а) Набор тестов для программы б) Формальное описание предусловий, постусловий и инвариантов программы в) Описание архитектуры программы г) Алгоритм оптимизации кода	б	УК-1
2.	Какой метод позволяет формально описать поведение программы для последующего анализа?	Семантика программ (например, операционная или аксиоматическая)	УК-2
3.	Какой метод используется для доказательства корректности программ на основе аксиоматической семантики?	Метод Флойда	ОПК-1
4.	Что из перечисленного является примером инструмента дедуктивной верификации? а) Git б) Frama-C в) Jenkins г) Docker	б	ОПК-1
5.	Что из перечисленного относится к методам обнаружения гонок данных? а) Статический анализ кода б) Профилирование производительности в) Анализ потоков управления г) Анализ временных диаграмм	а	ПК-1
6.	Какая из теорий лежит в основе проверки моделей с помощью конечных автоматов? а) Теория вероятностей б) Теория конечных автоматов в) Теория графов г) Теория чисел	б	ПК-1
7.	Какой язык спецификации чаще всего используется для формального описания требований в С-программах? а) UML б) ACSL в) SQL г) HTML	б	ПК-2
8.	Какой инструмент применяется для проверки моделей параллельных систем? а) NuSMV б) Eclipse	а	ПК-2

	в) Visual Studio г) Jenkins		
9.	Назовите метод доказательства корректности программ, основанный на разбиении программы на участки и использовании инвариантов.	Метод Флойда	УК-1
10.	Как называется наиболее слабое условие, при котором выполнение программы гарантирует достижение заданного постусловия?	Слабейшее предусловие (weakest precondition)	УК-2
11.	Как называется ситуация, когда два или более процесса одновременно обращаются к общему ресурсу без должной синхронизации?	Гонка данных	ПК-1
12.	Какой тип автомата используется для проверки ω -автоматических свойств в формальной верификации?	Автомат Бюхи	ПК-2