

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
 ФЕДЕРАЦИИ  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
 образования  
 "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
 АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 14

УТВЕРЖДАЮ  
 Руководитель программы

к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
 (должность, уч. степень, звание)

В.Л. Оленев \_\_\_\_\_  
 (инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_ (подпись)

«26» июня 2024 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Верификация программных систем»  
 (Наименование дисциплины)

Код научной специальности	2.3.5.
Наименование научной специальности	Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей
Наименование направленности (профиля) (при наличии)	
Год начала реализации программы	2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
 (должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

В.Л. Оленев \_\_\_\_\_  
 (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 14

«26» июня 2024 г, протокол № 11

Заведующий кафедрой № 14

к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
 (уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

В.Л. Оленев \_\_\_\_\_  
 (инициалы, фамилия)

Ответственный за программу 2.3.5.

к.т.н., доц. \_\_\_\_\_  
 (должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

В.Л. Оленев \_\_\_\_\_  
 (инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

доц., к.т.н. \_\_\_\_\_  
 (должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

В.Е. Таратун \_\_\_\_\_  
 (инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Верификация программных систем» входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.3.5. «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей». Дисциплина реализуется кафедрой «№14».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с верификацией программных моделей, систем и сетей, применением современного механизма model checking.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Верификация программных систем» является получение теоретических и практических знаний для формирования навыков формальной и программной верификации программных систем. Теоретическая часть включает изучение основ проверки на моделях, темпоральных логик LTL и CTL, моделей Крипке, автоматов Бюхи, необходимых для применения аппарата верификации model checking. Практическая часть предполагает применение темпоральных логик, а также изучение основ языка спецификации и верификации SDL.

1.2. Дисциплина входит в состав программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

1.3. В результате изучения дисциплины аспирант должен:

#### **знать:**

- основные понятия, связанные с верификацией систем
- отличительные особенности логики линейного времени LTL
- отличительные особенности логики ветвящегося времени CTL
- структуру и формальное представление моделей Крипке
- структуру и формальное представление автоматов Бюхи
- основные структуры языка спецификации систем SDL
- процесс разработки программных комплексов от постановки задачи и до оформления документации по проекту
- методы анализа сложных моделей систем

#### **уметь:**

- самостоятельно строить модели Крипке в соответствии с заданной системой
- самостоятельно строить автоматы Бюхи
- применять темпоральные логики LTL и CTL для описания систем
- строить модели и описывать спецификации систем на языке SDL
- участвовать в проекте в составе команды разработчиков, обосновывать свое мнение, защищать проект, доказывать адекватность и полноту модели
- обосновывать достаточность применяемых методов анализа сложных моделей систем

#### **владеть:**

- навыками использования современных методов верификации систем
- использования современных языков проектирования моделей на языке SDL
- навыками в области анализа и верификации систем при помощи model checking
- средствами выявления и документирования требований к методам анализа сложных моделей систем

## 2. Место дисциплины в структуре программы

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Информатика
- Основы программирования
- Математическая логика
- Теория автоматов
- Математический анализ.

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№2
1	2	3
<i>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</i>	1/ 36	1/ 36
<i>Из них часов практической подготовки, (час)</i>		
<i>Аудиторные занятия, всего час.</i>	7	7
в том числе:		
лекции (Л), (час)	7	7
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
экзамен, (час)		
<i>Самостоятельная работа (СР), всего (час)</i>	29	29
<i>Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)</i>	Зачет	Зачет

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	СРС (час)
Семестр 2			
Раздел 1. Введение в курс	0,5		1
Раздел 2. Model Checking	0,5		4
Раздел 3. Темпоральные логики	1		4
Раздел 4. Темпоральная логика линейного времени LTL	1		4
Раздел 5. Модели Крипке	1		4
Раздел 6. Расширенная темпоральная логика ветвящегося времени CTL*	1		4
Раздел 7. Автоматы Бюхи	1		4
Раздел 8. Язык спецификации систем SDL	1		4
Итого в семестре:	7		29
Итого	7	0	29

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении аспирантами определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

##### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Введение в курс Предыстория создания верификации на моделях (model checking). Интересные примеры, исторические факты, приводившие к ошибкам в программах.
2	Model Checking Основные принципы и определение проверки на модели (Model Checking). Принципы осуществления проверки правильности системы. Основные достоинства и недостатки метода model checking. Верификация аппаратуры и программного обеспечения.
3	Темпоральные логики Изменение истинности утверждений во времени. Внесение дополнений в классическую логику. Модальности. Модальные и временные логики.
4	Темпоральная логика линейного времени LTL Реагирующие (реактивные) системы, примеры. Формальное определение логики линейного времени LTL. Примеры использования формул LTL. Соотношение между операторами LTL.
5	Модели Крипке Формальное определение моделей Крипке. Графическое представление моделей Крипке. Примеры использования моделей Крипке.
6	Расширенная темпоральная логика ветвящегося времени CTL* Формальное определение логики ветвящегося времени CTL. Примеры использования формул CTL. Сравнение логик LTL и CTL. Расширенная темпоральная логика CTL*.
7	Автоматы Бюхи Модели для задания ω-языков.. Формальное определение автоматов Бюхи. Операции над автоматами Бюхи. Автоматы Бюхи и формулы LTL.
8	Язык спецификации систем SDL Элементы теории автоматов. Синтаксис и основные типы данных в SDL. Структурные компоненты языка, функциональные компоненты языка. Понятия процессов работы со временем. Примеры использования SDL.

##### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

#### 4.4. Самостоятельная работа аспирантов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 2, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	10	10
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Домашнее задание (ДЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (программы аспирантуры)	9	9
Всего:	29	29

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов указаны в п.п. 6-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
519.6/.8 K47	Кларк, Эдмунт М. (мл.). Верификация моделей программ: Model Checking [Текст] = Model Checking : монография / Э. М. Кларк, О. Грамберг, Д. Пелед; Пер. с англ. В. Захаров, Д. Царьков; Ред. Р. Смелянский. - М. : МЦНМО, 2002. - 416 с. : рис. - Библиогр.: с. 377 - 399(251 назв.). - ISBN 0-262-03270-8(англ.). - ISBN 5-94057-054-2(рус.) : 70.95 р. Предм. указ.: с. 400 - 416. Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)	1
004.4 К 26	Карпов, Ю. Г. MODEL CHECKING. Верификация параллельных и распределенных программных систем [Текст] / Ю. Г. Карпов. - СПб. : БХВ - Петербург, 2010. - 560 с. : рис. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - Библиогр.: с. 535 - 546. - Предм. указ.: с. 547 - 551. - ISBN 978-5-9775-0404-1 : 499.00 р.	10
004.4 Л 61	Липаев, В. В. Тестирование компонентов и комплексов	25

	программ [Текст] : учебник / В. В. Липаев ; РАН. Ин-т системного программирования. - М. : Синтег, 2010. - 392 с. : рис. - Библиогр.: с. 390 - 391 (16 назв.). - ISBN 978-5-89638-115-0 : 500.00 р.	
004 С 38	Синицын, С. В. Верификация программного обеспечения [Текст] : учебное пособие / С. В. Синицын, Н. Ю. Налютин. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 368 с. : рис., табл. - (Основы информационных технологий). - Библиогр.: с. 233 - 234 (37 назв.). - ISBN 978-5-94774-825-3 : 481.90 р.	5
510.6(075) E80	Ершов, Юрий Леонидович. Математическая логика [Текст] : учебное пособие / Ю. Л. Ершов, Е. А. Палютин. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 320 с. - 0.80 р. Издание имеет гриф Министерства образования СССР. Предм. указ.: с. 314 - 318. Указ. обозначений: с. 319 - 320	1

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="https://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com17/languages/Z100.pdf">https://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com17/languages/Z100.pdf</a>	Описание языка спецификации SDL

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
-------	--------------

Не предусмотрено
------------------

### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	

### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине приведен в таблице 11.

Таблица 11 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов

10.2. В качестве критериев оценки уровня освоения аспирантами дисциплины применяется 4-балльная шкала оценивания, которая приведена в таблице 12. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 12 – Критерии оценки уровня освоения дисциплины

Оценка	Характеристика уровня освоения дисциплины
4-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аспирант глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью по направлению подготовки/ специальности;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аспирант твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью по направлению подготовки/ специальности;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аспирант усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний по направлению подготовки/ специальности;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

Оценка	Характеристика уровня освоения дисциплины
4-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– аспирант не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении подготовки/ специальности;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
1	Общая схема верификации. Проверка моделей.
2	Тестирование и верификация
3	Инструменты верификации
4	Истинность утверждений во времени
5	Модальные и временные логики
6	Темпоральная логика линейного времени LTL
7	Реагирующие системы
8	Формальное определение LTL
9	Соотношение между операторами LTL
10	Модели Крипке
11	Темпоральная логика ветвящегося времени LTL
12	Сравнение логик LTL и CTL
13	Расширенная темпоральная логика ветвящегося времени CTL*
14	Model Checking
15	Модели для задания $\omega$ -языков
16	Формальное определение автоматов Бюхи
17	Операции над автоматами Бюхи
18	Автоматы Бюхи и формулы LTL
19	Синтаксис и основные типы данных в SDL
20	Структурные компоненты языка
21	Функциональные компоненты языка
22	Понятия процессов работы со временем
23	Примеры использования SDL

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания уровня освоения дисциплины, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

### 11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Возможные методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

- устный опрос на занятиях;
- систематическая проверка выполнения индивидуальных заданий;
- защита отчётов по лабораторным работам;
- проведение контрольных работ;
- тестирование;
- контроль самостоятельных работ (в письменной или устной формах);
- контроль выполнения индивидуального задания на практику;
- контроль курсового проектирования и выполнения курсовых работ;
- иные виды, определяемые преподавателем.

### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой