

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Национальный исследовательский университет  
"Высшая школа экономики"**

**Факультет компьютерных наук**  
Департамент программной инженерии"

**Рабочая программа дисциплины  
Прикладной системный анализ**

для образовательной программы «Программная инженерия» направления подготовки  
09.03.04 «Программная инженерия» уровень - магистр

Разработчик программы  
Зеленов С.В, к.ф.-м.н., zelenov@ispras.ru

Одобрена на заседании департамента программной инженерии «\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г.  
Руководитель департамента Авдошин С.М. \_\_\_\_\_

Утверждена Академическим советом образовательной программы «\_\_»\_\_\_\_\_ 2017 г.,  
№ протокола \_\_\_\_\_

Академический руководитель образовательной программы Шилов В.В. \_\_\_\_\_

Москва, 2017

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения-разработчика программы.*

## 1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности. Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов образовательной программы «Программная инженерия» направления подготовки 09.03.04 «Программная инженерия», изучающих дисциплину "Прикладной системный анализ". Программа разработана в соответствии с образовательным стандартом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» по направлению 09.03.04 «Программная инженерия»

## 2 Цели освоения дисциплины

*Цель курса* – Целью освоения дисциплины является изучение основных принципов моделирования и анализа программно-аппаратных систем, а также получение навыков моделирования систем, анализа сетевых ресурсов, анализа рисков, анализа построения расписаний для встроенных операционных систем реального времени.

*Задачами данного курса являются:*

- освоение студентами базовых современных достижений в области моделирования и анализа программно-аппаратных систем;
- формирование практических навыков моделирования программно-аппаратных систем, анализа сетевых ресурсов, анализа рисков, анализа построения расписаний для встроенных операционных систем реального времени.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

### 1. Знать:

- фундаментальные понятия теории моделирования систем;
- принципы анализа сетевых ресурсов;
- фундаментальные понятия теорий безопасности и надежности;
- методы и алгоритмы анализа рисков;
- методы и алгоритмы анализа построения расписаний для встроенных операционных систем реального времени.

### 2. Уметь:

- моделировать компоненты программно-аппаратных систем;
- строить модели систем на языке AADL, описывать сбои, их причины и последствия, на языке Error Model Annex;
- производить анализ сетевых ресурсов, анализ рисков, строить и анализировать расписания.

### 3. Иметь навыки (приобрести опыт):

- освоения большого объема информации;
- самостоятельной работы с документацией по архитектуре программно-аппаратной системы;
- моделирования и анализа программно-аппаратных систем.

**В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:**

Системные компетенции:

- Способен рефлексировать (оценивать и перерабатывать, анализировать и синтезировать) освоенные научные методы и способы деятельности для применения на практике (СК-М1).
- Способен предлагать концепции, модели, создавать и апробировать новые способы и инструменты профессиональной деятельности для применения на практике (СК-М2).
- Способен к самостоятельному освоению новых методов исследований, изменению научного и производственного профиля своей деятельности (СК-М3).
- Способен анализировать, верифицировать, оценивать полноту информации, найденной и полученной из различных источников в ходе профессиональной деятельности, при необходимости восполнять и синтезировать недостающую информацию (СК-М6).

Инструментальные компетенции:

- Способен проводить анализ, синтез, оптимизацию решений с целью обеспечения качества объектов профессиональной деятельности (ИК-М1.2.НИД (ПИ)).
- Способен планировать, управлять и контролировать выполнение требований (ИК-М2.1.АД (ПИ)).
- Способен выполнять проектную деятельность в области программной инженерии на основе системного подхода, уметь строить и использовать модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ (ИК-М3.1.ПД (ПИ)).
- Способен оценить и выбрать методологию проектирования объектов профессиональной деятельности (ИК-М3.3.ПД (ПИ)).
- Способен применять современные технологии разработки программных комплексов с использованием автоматизированных систем планирования и управления, осуществлять контроль качества разрабатываемых программных продуктов (ИК-М4.1.ПТД\_ПИ2 (ПИ)).

#### **4 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами при освоении учебных дисциплин:

- «Дискретная математика»,
- «Программирование»,
- «Информатика, математическая логика и теория алгоритмов»,
- «Построение и анализ алгоритмов»,
- «Архитектура вычислительных систем»,
- «Операционные системы».

#### **5 Тематический план учебной дисциплины**

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	
1.	Моделирование систем. Язык AADL.	16	2	2	12
2.	Сетевое исчисление. Сеть AFDX. Применение сетевого исчисления для анализа сетей AFDX.	29	4	5	20
3.	Подход Trajectory и его применение для анализа сетей AFDX.	17	2	5	10
4.	Введение в анализ рисков. Error Model Annex.	20	2	2	16
5.	Логико-вероятностный анализ. Анализ дерева неисправностей.	31	4	7	20
6.	Анализ видов и последствий отказов. Применение марковских цепей для анализа рисков.	23	2	5	16
7.	Системы реального времени. Планирование периодических задач. Классические алгоритмы построения расписаний.	20	2	6	12
8.	Построение расписаний для строго периодических задач.	34	6	8	20
ИТОГО:		190	24	40	126

## 6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	Модуль				Параметры
		1	2	3	4	
Текущий	Контрольная работа		*			Письменная работа 60 минут
	Домашнее задание				*	Сдача не позднее, чем за 15 дней до экзамена
Промежуточный	Экзамен		*			Письменный экзамен 90 мин.
Итоговый	Экзамен				*	Письменный экзамен 90 мин.

### Критерии оценки знаний, навыков

В рамках курса слушателям предлагается выполнить контрольную работу, домашнее задание, сдать промежуточный и итоговый экзамены. Оценки за контрольную работу, за домашнее задание и за каждый экзамен выставляются по 10-ти балльной шкале.

### Порядок формирования оценок по дисциплине

Оценка за второй модуль состоит из оценки за выполнение контрольной работы  $O_{конт}$  (10 баллов) и оценки за промежуточный экзамен  $O_{экз2}$  (10 баллов). Оценка формируется по следующей формуле:

$$O_{мод2} = 0,5 * O_{конт} + 0,5 * O_{экз2}$$

Оценка за четвертый модуль состоит из оценки за выполнение домашнего задания  $O_{дом}$  (10 баллов) и оценки за итоговый экзамен  $O_{экз4}$  (10 баллов).

$$O_{мод4} = 0,5 * O_{дом} + 0,5 * O_{экз4}$$

В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

$$O_{результ} = 0,5 * O_{экз2} + 0,5 * O_{экз4}$$

## 7 Содержание дисциплины

Тема 1. Моделирование систем. Язык AADL.

Система. Модель. Ранняя валидация. Виды моделей. Формализация. Компоненты AADL, их семантика. Свойства. Соединение компонентов.

Тема 2. Сетевое исчисление. Сеть AFDX. Применение сетевого исчисления для анализа сетей AFDX.

Функция потока. Входящая кривая, обслуживающая кривая. Максимальная задержка. Максимальное количество необработанной информации. Поток на выходе из узла.

Виртуальный канал. Оконечная система. Коммутатор. Регулирование трафика в AFDX. Резервирование в AFDX.

Входящие и обслуживающие кривые в узлах AFDX. Техника группировки в сетевом исчислении. Вычисление максимального размера очередей.

Тема 3. Подход Trajectory и его применение для анализа сетей AFDX.

Сценарий «худшего случая». Интервал занятости. Техника группировки. Вычисление времени доставки пакета. Оценка верхних границ размеров очередей.

Тема 4. Введение в анализ рисков. Error Model Annex.

Отказ. Опасное состояние. Безопасность. Надежность. Живучесть. Показатели надежности.

Модель сбоев. Состояния компонентов. Распространение отказов. Композиция.

Тема 5. Логико-вероятностный анализ. Анализ дерева неисправностей.

Структурное резервирование. Метод свертки. Минимальный путь. Минимальное сечение. Функция работоспособности.

Дерево неисправностей. Построение дерева неисправностей по модели сбоев. Ранжирование первичных событий дерева неисправностей. Меры значимости первичных событий.

Тема 6. Анализ видов и последствий отказов. Применение марковских цепей для анализа рисков.

Анализ видов и последствий отказов. Проведение анализа видов и последствий отказов на основе модели сбоев.

Восстанавливаемые системы. Метод дифференциальных уравнений расчета надежности. Марковские модели. Построение марковской цепи на основе модели сбоев.

Тема 7. Системы реального времени. Планирование периодических задач. Классические алгоритмы построения расписаний.

Системы реального времени. Периодические задачи. Постановка проблемы планирования периодических задач. Алгоритм Rate-monotonic. Алгоритм Earliest deadline first.

Тема 8. Построение расписаний для строго периодических задач.

Строго периодические задачи. Постановка проблемы планирования строго периодических задач. Бесконфликтное расписание. Необходимое условие существования бесконфликтного расписания. Анализ существования бесконфликтного расписания посредством раскрасок графов. Граф делимости и совместность раскрасок. Теорема о существовании бесконфликтного расписания.

## **8 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента**

### **8.1 Примеры заданий для контрольной работы**

1. Вычислить методом Trajectory необходимый размер буфера в коммутаторе для заданной сети.
2. Перечислить все минимальные сечения для данного дерева неисправностей.
3. Построить марковскую цепь отказов данной системы.
4. Построить граф делимости для данного набора периодов.

### **8.2 Примеры контрольных вопросов для экзамена**

1. Виды компонентов в AADL, их семантика.
2. Функция потока. Входящая кривая, обслуживающая кривая. Примеры кривых.
3. Ранжирование первичных событий дерева неисправностей. Меры значимости первичных событий.
4. Необходимое условие существования бесконфликтного расписания для строго-периодических задач.

## 9 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1 Основная литература

1. P. Feiler, D. Gluch. Model-Based Engineering with AADL. Addison-Wesley. 2013.
2. J.-Y. Le Boudec and P. Thiran. Network Calculus: A Theory of Deterministic Queuing Systems for the Internet. Springer, LNCS, 2001.
3. S. Martin and P. Minet. Schedulability analysis of flows scheduled with FIFO: application to the expedited forwarding class. Parallel and Distributed Processing Symposium, 2006.
4. H. Bauer, J.-L. Scharbarg, C. Fraboul. Applying Trajectory approach to AFDX avionics network.
5. P. Feiler, J. Hudak, J. Delange, D. Gluch. Architecture Fault Modeling and Analysis with the Error Model Annex, Version 2. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2016.
6. И.А. Рябинин. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. Санкт-Петербург: Политехника. 2000.
7. Michael Stamatelatos, William Vesely. Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. NASA Headquarters. 2002.
8. A. Karnov, S. Zelenov. Stochastic Methods for Analysis of Complex Hardware-Software Systems. Prelim. Proc. 11th Spring/Summer Young Researchers' Colloquium on Software Engineering (SYRCoSE 2017), 2017, 57-61.
9. Liu C., Layland J.W. Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard real-time environment. // Journal of ACM , 20(1): 46-61, 1973.
10. С.В. Зеленов. Планирование строго периодических задач в системах реального времени. // Труды ИСП РАН, том 20, 2011, 113-122.

### 9.2 Дополнительная литература

1. Д.В. Буздалов, С.В. Зеленов, Е.В. Корныхин, А.К. Петренко, А.В. Страх, А.А. Угненко, А.В. Хорошилов. Инструментальные средства проектирования систем интегрированной модульной авионики. Труды Института системного программирования РАН, том 26, вып. 1, 2014, стр. 201-230.
2. Ширяев А.Н. Вероятность. М: МЦНМО. 2007.
3. J. Hugues, J. Delange. AADL tutorial. MODELS'15, Ottawa, Canada, 2015. <http://www.openaadl.org/post/2015/09/28/models/>
4. SAE International standard AS5506C, Architecture Analysis & Design Language (AADL).
5. SAE International standard AS5506/1A, Architecture Analysis & Design Language (AADL), Annex E: Error Model Annex.
6. ARINC 664 part 7, Avionics Full Duplex Switched Ethernet (AFDX) network.

### 9.3 Программные средства

1. MASIW: Modular Avionics System Integrator Workplace. <https://forge.ispras.ru/projects/masiw-oss/>