МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина

Высшая школа Цифровых технологий

Фонд оценочных средств

по дисциплине «Верификация распределенных алгоритмов и систем»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки

09.04.04 - РФ, 710400 - КР Программная инженерия

(код и наименование направления подготовки)

"Основы анализа и разработки приложений с большими объемами распределенных данных"

(профиля образовательной программы)

Квалификация

магистр

Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки 09.04.04 – РФ, 710400 - КР «Программная инженерия» по дисциплине «Верификация распределенных алгоритмов и систем».

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден
на заседании Высшей школы Цифровых технологий протокол №1 от 02.09.26

Директор Высшей школы Цифровых технологий:

к.т.н., доцент Хмелева И.В.

Руководитель образовательной программы:

д.т.н., профессор Лыченко Н.М.

Исполнители (разработчики):

Доцент, к.т.н., Шошмина И.В. (СПбПУ)

СОГЛАСОВАНО:
Зам. директора по учебной работе
Политехнического института КРСУ Комарцов Н.М.

Раздел 1. Перечень компетенций, с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины/практики

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций	Виды оценочных средств/ шифр раздела в данном документе
ОПК-7: Способен применять при решении профессиональных задач методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.	Знать: – формальные модели программ и протоколов, методы Флойда–Хоара, темпоральные логики LTL/CTL, методы проверки моделей	Блок А — задания репродуктивного уровня. Устный опрос, тестирование.
	Уметь: – составлять спецификации и формулы LTL/CTL, строить модели распределённых алгоритмов и проверять их свойства	Блок В — задания реконструктивного уровня. Практические работы.
	Владеть: – инструментами формальной проверки, анализом контрпримеров и документированием результатов верификации	Блок С — задания практико-ориентированного и исследовательского уровня. Самостоятельные задания; курсовая работа.

Раздел 2. Технологическая карта дисциплины

Верификация распределенных алгоритмов и систем

Курс 2, семестр 3, количество ЗЕ – 4, отчётность – экзамен, курсовая работа

Название модулей дисциплины согласно РПД	**Контроль**	**Форма контроля**	**зачетный минимум**	**зачетный максимум**	**график контроля**
Модуль 1					
Постановка задач верификации управляющих программ	Текущий контроль	Защита практических работ № 1–4; устный опрос	5	9	5
	Рубежный контроль	Самостоятельные задания № 1–4, отчёты и анализ результатов	5	9	
Модуль 2					
Метод Флойда и предусловия/постусловия	Текущий контроль	Защита практических работ № 5, 6; устный опрос	5	9	9
	Рубежный контроль	Самостоятельные задания № 5, 6, отчёты и анализ результатов	5	9	
Модуль 3					
Темпоральные логики	Текущий контроль	Защита практических работ № 7, 8; устный опрос	5	8	13
	Рубежный контроль	Самостоятельные задания № 7, 8, отчёты и анализ результатов	5	9	
Модуль 4					
Проверка требований в LTL и CTL	Текущий контроль	Защита практических работ № 9–13; устный опрос	5	8	16
	Рубежный контроль	Самостоятельные задания № 9–13, отчёты и анализ результатов	5	9	
			40	70	
		Письменная работа	20	30	
			60	100	

Технологическая карта дисциплины «Верификация распределенных алгоритмов и систем» (курсовая работа)

Название модуля	Контроль	Форма контроля	зачётный минимум	зачётный максимум	график контроля
Курсовая работа	Текущий контроль	Представление плана КР, постановки задачи, архитектурного решения	20	35	16
Курсовая работа	Рубежный контроль	Проверка выполненной работы, прототипа/модели и пояснительной записки	20	35	16
ВСЕГО за семестр			40	70	
Промежуточный контроль	Защита КР	Доклад, демонстрация, ответы на вопросы	20	30	16
Семестровый рейтинг			60	100	

Раздел 3. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки планируемых результатов обучения по дисциплине (оценочные средства)

Блок А

Вопросы для опроса

Модуль 1. Постановка задач верификации управляющих программ

1. Что такое система переходов и формальная модель распределённого алгоритма?
2. Как различаются свойства безопасности и живости?
3. В чём состоит проблема взаимного исключения?
4. Что такое достижимое состояние и контрпример?
5. Какие классы ошибок трудно выявить только тестированием?

Модуль 2. Метод Флойда и предусловия/постусловия

1. Как трактуется тройка Хоара {P} C {Q}?
2. Что такое инвариант цикла?
3. В чём состоит метод индуктивного доказательства корректности Флойда?
4. Как определяется слабейшее предусловие?
5. Для чего используют сильнейшее постусловие?

Модуль 3. Темпоральные логики

1. Что означают операторы X, F, G и U в LTL?
2. Чем различаются логики LTL и CTL?
3. Как задают безопасность и живость в темпоральной логике?
4. Как вычисляются множества состояний для EF p и AG p?
5. Что такое модель реагирующей системы?

Модуль 4. Проверка требований в LTL и CTL

1. Что такое автомат Бюхи и как он используется при проверке LTL?
2. Как строится произведение модели с автоматом отрицания формулы?
3. Как интерпретировать результат SPIN и трассу контрпримера?
4. Как проверить выполнимость CTL-формул?

5. Как учитывать вероятностные свойства верифицируемой системы?

Тест (один из вариантов)

1. Формула G p в LTL означает:

А. p истинно всегда

Б. p истинно однажды

В. p ложно всегда

Г. p выполнится в следующем состоянии

2. Контрпример проверки модели — это:

А. Только исходный код

Б. Трасса нарушения требования

В. Компилятор

Г. Оптимизация

3. В тройке Хоара {P} C {Q}, P — это:

А. Постусловие

Б. Предусловие

В. Тип данных

Г. Оценка времени

Ключ ответов для преподавателя: 1 — А, 2 — Б, 3 — Б

Блоки B и C

Практические задания

Практическая работа № 1. Современное программное обеспечение сложных технических систем и их формальные модели.

Задание. Построить систему переходов для двух взаимодействующих процессов, указать состояние, события, инвариант и допустимые трассы.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 2. Ошибки в управляющих программах и их последствия.

Задание. Смоделировать ошибку синхронизации, построить достижимый контрпример нарушения свойства взаимного исключения.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 3. Средства формального выражения требований к поведению программ.

Задание. Формализовать требования безопасности и живости для программы обработки сообщений и записать их в виде утверждений.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 4. Верификация и тестирование программ; границы применимости.

Задание. Сравнить экспериментальное тестирование распределённого алгоритма и формальную верификацию на примере сбоя доставки сообщения.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 5. Предусловия и постусловия в программах; метод Флойда.

Задание. Для цикла обработки массива сформулировать предусловие, постусловие и инвариант, выполнить проверку методом Флойда–Хоара.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 6. Вычисление сильнейшего постусловия и слабейшего предусловия.

Задание. Для заданной последовательности присваиваний и ветвления вычислить слабейшее предусловие и сильнейшее постусловие.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 7. Линейные темпоральные логики (LTL).

Задание. Для протокола запрос–подтверждение записать не менее трёх формул LTL (безопасность, живость, отсутствие блокировки).

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 8. Темпоральные логики ветвящегося времени (CTL).

Задание. Разметить граф состояний по формулам CTL: EF p, AG p, AX p и E[p U q].

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 9. Автоматы Бюхи и формулы LTL.

Задание. Построить автомат Бюхи для простого LTL-свойства и пояснить соответствие принимаемых трасс формуле.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 10. Проверка выполнимости формул LTL для реагирующих программ.

Задание. Проверить выполнимость заданных формул LTL для модели реактивной программы с использованием модельного проверяющего средства.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 11. Базисы логики ветвящегося времени.

Задание. Для выбранного автомата сравнить базовые операции CTL и показать вычисление множеств удовлетворяющих состояний.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 12. Проверка формул для пар «квантор пути — темпоральный оператор».

Задание. Проверить пары «квантор пути — темпоральный оператор» на графе, построить контрпример нарушенного свойства.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Практическая работа № 13. Верификация для вероятностной логики ветвящегося времени.

Задание. Сформулировать вероятностное свойство распределённого протокола, задать допустимые вероятности и описать способ проверки.

Форма представления результата: файл модели/программного кода или проектная схема, протокол проверки, расчёты и краткий отчёт с выводами.

Задания на самостоятельную работу

Самостоятельное задание № 1. Современное программное обеспечение сложных технических систем и их формальные модели.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 1. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 2. Ошибки в управляющих программах и их последствия.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 2. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 3. Средства формального выражения требований к поведению программ.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 3. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 4. Верификация и тестирование программ; границы применимости.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 4. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 5. Предусловия и постусловия в программах; метод Флойда.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 5. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 6. Вычисление сильнейшего постусловия и слабейшего предусловия.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 6. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 7. Линейные темпоральные логики (LTL).

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 7. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 8. Темпоральные логики ветвящегося времени (CTL).

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 8. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 9. Автоматы Бюхи и формулы LTL.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 9. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 10. Проверка выполнимости формул LTL для реагирующих программ.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 10. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 11. Базисы логики ветвящегося времени.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 11. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 12. Проверка формул для пар «квантор пути — темпоральный оператор».

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 12. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Самостоятельное задание № 13. Верификация для вероятностной логики ветвящегося времени.

Изучить дополнительный пример и самостоятельно воспроизвести результат практической работы № 13. Сравнить не менее двух вариантов решения, описать допущения, ограничения, ошибки и рекомендации. Представить отчёт и ответы на контрольные вопросы блока А соответствующего модуля.

Блок С — Курсовая работа

Примерные темы курсовых работ:

1. Формальная проверка алгоритма взаимного исключения в SPIN/Promela.
2. Верификация протокола обмена сообщениями средствами LTL.
3. Проверка безопасности распределённого сервиса в CTL.
4. Поиск дедлоков в модели распределённого доступа к ресурсу.
5. Дедуктивная верификация алгоритма обработки данных.
6. Формальная проверка протокола с вероятностными переходами.

Результат курсовой работы: работающий прототип/проверяемая модель, воспроизводимый эксперимент, пояснительная записка и публичная защита. В отдельной технологической карте курсовой работы предусмотрены текущий, рубежный контроль и защита.

Блок D (промежуточный контроль)

Вопросы для проверки уровня обученности ЗНАТЬ

1. Что такое система переходов и формальная модель распределённого алгоритма?
2. Как различаются свойства безопасности и живости?
3. В чём состоит проблема взаимного исключения?
4. Что такое достижимое состояние и контрпример?
5. Какие классы ошибок трудно выявить только тестированием?
6. Как трактуется тройка Хоара {P} C {Q}?
7. Что такое инвариант цикла?
8. В чём состоит метод индуктивного доказательства корректности Флойда?
9. Как определяется слабейшее предусловие?
10. Для чего используют сильнейшее постусловие?
11. Что означают операторы X, F, G и U в LTL?
12. Чем различаются логики LTL и CTL?
13. Как задают безопасность и живость в темпоральной логике?
14. Как вычисляются множества состояний для EF p и AG p?
15. Что такое модель реагирующей системы?
16. Что такое автомат Бюхи и как он используется при проверке LTL?
17. Как строится произведение модели с автоматом отрицания формулы?
18. Как интерпретировать результат SPIN и трассу контрпримера?
19. Как проверить выполнимость CTL-формул?
20. Как учитывать вероятностные свойства верифицируемой системы?

Задачи/задания для проверки уровня обученности УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ

1. Построить систему переходов для двух взаимодействующих процессов, указать состояние, события, инвариант и допустимые трассы.
2. Смоделировать ошибку синхронизации, построить достижимый контрпример нарушения свойства взаимного исключения.
3. Формализовать требования безопасности и живости для программы обработки сообщений и записать их в виде утверждений.
4. Сравнить экспериментальное тестирование распределённого алгоритма и формальную верификацию на примере сбоя доставки сообщения.
5. Для цикла обработки массива сформулировать предусловие, постусловие и инвариант, выполнить проверку методом Флойда–Хоара.
6. Для заданной последовательности присваиваний и ветвления вычислить слабейшее предусловие и сильнейшее постусловие.
7. Для протокола запрос–подтверждение записать не менее трёх формул LTL (безопасность, живость, отсутствие блокировки).
8. Разметить граф состояний по формулам CTL: EF p, AG p, AX p и E[p U q].
9. Построить автомат Бюхи для простого LTL-свойства и пояснить соответствие принимаемых трасс формуле.
10. Проверить выполнимость заданных формул LTL для модели реактивной программы с использованием модельного проверяющего средства.
11. Для выбранного автомата сравнить базовые операции CTL и показать вычисление множеств удовлетворяющих состояний.
12. Проверить пары «квантор пути — темпоральный оператор» на графе, построить контрпример нарушенного свойства.
13. Сформулировать вероятностное свойство распределённого протокола, задать допустимые вероятности и описать способ проверки.

Пример

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № ___

1. Теоретический вопрос: Что такое система переходов и формальная модель распределённого алгоритма?

2. Теоретический вопрос: Что такое автомат Бюхи и как он используется при проверке LTL?

3. Практическое задание: Построить систему переходов для двух взаимодействующих процессов, указать состояние, события, инвариант и допустимые трассы.

Раздел 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Применяемые оценочные средства:

• Текущий контроль: устный опрос, тестовые задания и защита практических работ № 1–13.

• Рубежный контроль: самостоятельные задания № 1–13, письменные отчёты и проверка результатов.

• Промежуточная аттестация: экзамен, теоретические вопросы и предметное практическое задание.

• Курсовая работа: проверка плана, промежуточных материалов, пояснительной записки, проверяемого прототипа/модели и защита.

Текущий и рубежный контроль за семестр: до 70 баллов (минимум по карте — 40). Промежуточная аттестация: до 30 баллов (минимум по карте — 20). Итоговая оценка — по сумме из 100 баллов.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ (ЛАБОРАТОРНЫХ) РАБОТ (текущий контроль)

• 85–100% — полное и правильное решение; обоснованные выводы, воспроизводимая проверка и оформленный отчёт.

• 70–84% — задача решена; есть небольшие недочёты в постановке, реализации или анализе.

• 60–69% — получен частично правильный результат; проверка либо объяснение недостаточны.

• 31–59% — выполнена часть задания, присутствуют существенные ошибки или неполнота.

• 0–30% — решение не представлено или не отвечает требованиям.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ (рубежный контроль)

• 85–100% — самостоятельный анализ выполнен полностью, приведены данные, проверяемые выводы и сравнение альтернатив.

• 70–84% — результаты верны, однако есть отдельные неточности либо недостатки доказательств.

• 60–69% — раскрыта основная часть задания, но выводы слабо аргументированы.

• 31–59% — неполное выполнение с существенными содержательными недостатками.

• 0–30% — работа отсутствует или не соответствует условию.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПИСЬМЕННОГО ОПРОСА (промежуточный контроль — «ЗНАТЬ»)

• 9–10 баллов — глубокие и точные знания, корректная терминология, полное обоснование.

• 7–8 баллов — верное раскрытие вопросов при одной–двух неточностях.

• 6 баллов — основные положения раскрыты, есть пробелы в аргументации.

• 3–5 баллов — фрагментарные знания и существенные ошибки.

• 0–2 балла — ответ отсутствует либо демонстрирует непонимание.

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ (промежуточный контроль — «УМЕТЬ и ВЛАДЕТЬ»)

• 18–20 баллов — задача полностью решена, ограничения соблюдены, результат проверен и интерпретирован.

• 14–17 баллов — верное решение при небольших недостатках проверки или отчёта.

• 10–13 баллов — существенная часть задания выполнена, но выводы неполны.

• 4–9 баллов — частичное решение со значительными методическими ошибками.

• 0–3 балла — решения нет либо оно не соответствует постановке.

Экзамен проводится письменно: два теоретических вопроса (по 5 баллов, вместе до 10), практическое задание (до 20 баллов). Всего — до 30 баллов. Время выполнения — 80 минут.

Перевод баллов в оценку: 85–100 — «отлично», 70–84 — «хорошо», 60–69 — «удовлетворительно», менее 60 — «неудовлетворительно».

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа оценивается отдельно по её технологической карте: выполнение и пояснительная записка — 0–70 баллов; защита, ответы на вопросы и подтверждение результатов — 0–30 баллов.

• Соответствие теме и заданию, полнота постановки задачи — до 20 баллов.

• Корректность методов, качество модели/архитектуры и реализации — до 25 баллов.

• Экспериментальная проверка, анализ результатов и достоверность выводов — до 15 баллов.

• Оформление, ссылки на источники и воспроизводимость — до 10 баллов.

• Защита, презентация и ответы на вопросы — до 30 баллов.

Оценка за курсовую работу выставляется отдельно от оценки по дисциплине; суммирование двух рейтингов не производится.

Раздел 5. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины и выполнению контрольных заданий

Текущий контроль проводится в виде выполнения и защиты практических работ, включая демонстрацию вычислительных результатов, объяснение выбранных методов и ответы на вопросы блока А.

Рубежный контроль проводится по самостоятельным работам. Отчёты представляются в электронном виде и включают постановку задачи, исходные данные, ход решения, проверку результатов и выводы.

5.1. Общие рекомендации к организации самостоятельной работы

Изучать лекционные темы в последовательности разделов РПД; повторять понятия и самостоятельно воспроизводить модели и вычислительные эксперименты. Использовать литературу из РПД и официальную документацию применяемых инструментов.

5.2. Подготовка к практическим занятиям

Перед практическим занятием изучить вопросы соответствующего модуля, подготовить рабочую среду и необходимые исходные данные. В отчёте указать версии программных средств, условия запуска, результаты проверки и обоснованные выводы.

5.3. Подготовка и защита курсовой работы

Тему и исходные требования согласовать с руководителем. Последовательно подготовить план, модель или прототип, протокол проверки, пояснительную записку и презентацию. На защите продемонстрировать функционирование решения и ответить на вопросы о корректности, ограничениях и воспроизводимости.