ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«24» июня 2025 г.
Протокол №2

Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Многопоточная синхронизация»

Направление подготовки: *02.03.01 Математика и компьютерные науки*

Направленность (профиль) подготовки: *Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика»*

Квалификация (степень) выпускника: *бакалавр*

Форма обучения: *очная*

Срок освоения программы: *4 года*

Год набора: *2025*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0215B0C000D1B3FEB44A37EE631E0C27D4
Владелец: Ивашкевич Евгений Васильевич
Действителен: с 13.01.2026 до 13.04.2027

Электронный документ

Москва
2025

Содержание

1. **Краткая характеристика дисциплины (модуля)** 3
2. **Перечень планируемых результатов обучения** 4
3. **Тематический план** 6
4. **Содержание дисциплины (модуля)** 6
5. **Учебно-методическое обеспечение** 7
6. **Материально-техническое обеспечение** 7
7. **Методические и оценочные материалы** 9

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Многопоточная синхронизация» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 Математика и компьютерные науки, профиль «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Многопоточная синхронизация» позволяет студентам овладеть ключевыми навыками разработки эффективных и масштабируемых программ, что особенно важно в условиях современного многопроцессорного оборудования. Это знание помогает избежать распространенных ошибок, связанных с многопоточностью, и обеспечивает создание надежного программного обеспечения, что является важным аспектом в будущей профессиональной деятельности.

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 «Программа двух дипломов НИУ ВШЭ и ЦУ «Прикладная математика и информатика» и входит в вариативную часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений, как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 4 семестре. Доступна к изучению после успешного освоения одной из дисциплин (модулей): «Архитектура компьютера и операционные системы. Часть 1» или «Язык программирования Go».

Цель изучения дисциплины (модуля): заключается в формировании понимания проблемы синхронизации и гонки данных в многопоточных приложениях, навыков исследования реализации примитивов синхронизации и их применения для разработки надежных многопоточных приложений и сервисов.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

— изучить основные концепции многопоточности, включая механизмы синхронизации, такие как мьютексы, семафоры и условные переменные;

— освоить методы предотвращения проблем, возникающие в параллельном программировании;

— развить навыки анализа и применения паттернов синхронизации в реальных приложениях, а также развитие умений по отладке и оптимизации многопоточного кода.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

— распространенные проблемы гонки данных;

— устройство примитивов синхронизации;

уметь:

— применять механизмы синхронизации;

— реализовывать структуры данных и алгоритмы, используемые в многопоточном программировании;

владеть:

— навыком реализации надежных многопоточных программ.

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)
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 реализация математических моделей в профессиональной деятельности
ОПК-2.	Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ОПК-2.1.	Знает основные методы и подходы к проведению исследований в области разработки; научные и этические стандарты, применяемые в исследовательской практике
		ОПК-2.2.	Умеет формулировать исследовательские вопросы и гипотезы на основе существующих знаний; анализировать и интерпретировать данные, полученные в ходе исследования
		ОПК-2.3.	Имеет практический опыт исследований в конкретной области профессиональной деятельности в области разработки
ОПК-4.	Способен находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем	ОПК-4.1.	Знает базовые основы современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности
		ОПК-4.2.	Умеет использовать этот математический аппарат в профессиональной деятельности

		ОПК-4.3.	Имеет практический опыт применения современного математического аппарата, связанного с проектированием, разработкой, реализацией и оценкой качества программных продуктов и программных комплексов в различных областях человеческой деятельности
ОПК-5.	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-5.1.	Знаете технологии, необходимые для прикладного программирования, включая современные функциональные языки программирования, а также основные принципы и понятия, применяемыми при использовании компьютерных сетей
		ОПК-5.2.	Умеет пользоваться технологиями прикладного программирования, включая среды высокоуровневого программирования
		ОПК-5.3.	Имеет практический опыт использования технологий прикладного программирования
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-3	Способен использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	ПК-3.1.	Знает основные методы математического и алгоритмического моделирования, а также их применение для решения теоретических и прикладных задач
		ПК-3.2.	Умеет разрабатывать и применять математические модели и алгоритмы для решения различных задач, анализируя полученные результаты
		ПК-3.3.	Имеет практический опыт использования методов математического и алгоритмического моделирования в реальных проектах или исследованиях

3. Тематический план

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостоятельная работа	
		Лекции	Семинары (практические занятия)			
1	Проблема гонки данных и простая синхронизация с помощью мьютекса	8	8		32	Домашние задания, Проект
2	Архитектурные аспекты многопоточной синхронизации	6	6		24	Домашние задания, Проект
3	Классические механизмы синхронизации	4	4		18	Домашние задания, Проект
4	Механизмы синхронизации для высоконагруженных систем	12	12	2	50	Домашние задания, Итоговый проект
	Экзамен			4		
	Итого:	***30***	***30***	***6***	***124***	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		***190***				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		***5***				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Проблема гонки данных и простая синхронизация с помощью мьютекса	Проблема гонки данных. Ошибки в параллельной разработке. CAS-операции и атомики. Мьютексы.
2	Архитектурные аспекты многопоточной синхронизации	Модель памяти. Профилирование и тестирование
3	Классические механизмы синхронизации	Условные переменные. Семафоры.
4	Механизмы синхронизации для высоконагруженных систем	Неблокирующие структуры данных. Lock-Free и Wait-Free алгоритмы. Асинхронный ввод-вывод. Green Threads. Корутины. Структурные шаблоны разработки.

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. Уильямс, Э. C++. Практика многопоточного программирования : практическое руководство / Э. Уильямс. - Санкт-Петербург : Питер, 2020. - 640 с. - (Серия «Для профессионалов»). - ISBN 978-5-4461-0831-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1733519.

2. Цукалос, М. Golang для профи: работа с сетью, многопоточность, структуры данных и машинное обучение с Go : практическое руководство / М. Цукалос. - Санкт-Петербург : Питер, 2021. - 720 с. - (Серия «Для профессионалов»). - ISBN 978-5-4461-1617-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/1733707.

3. Уильямс, Э. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ : практическое руководство / Э. Уильямс ; пер. с англ. А. А. Слинкина. - 2-е изд. - Москва : ДМК Пресс, 2023. - 673 с. - ISBN 978-5-89818-319-6. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2102606.

4. Клири, С. Конкурентность в C#. Асинхронное, параллельное и многопоточное программирование : практическое руководство / С. Клири. - 2-е межд. изд. - Санкт-Петербург : Питер, 2020. - 272 с. - (Серия «Для профессионалов»). - ISBN 978-5-4461-1572-3. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1756127.

Дополнительная литература:

1. Maurice Herlihy, Nir Shavit. The Art of Multiprocessor Programming. 2008 - ISBN 978-0-12-370591-4.

2. Allen B. Downey. The Little Book of Semaphores. Second Edition. - 2016 - 291 p. - ISBN 978-1441418685.

3. Огнева, М. В. Программирование на языке C++: практический курс : учебник для вузов / М. В. Огнева, Е. В. Кудрина, А. А. Казачкова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 342 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18949-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/563618.

4. Уильямс Э. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 672с.: ил. – ISBN 978-5-94074-448-1.

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;
— механическими калькуляторами;
— 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 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) «Многопоточная синхронизация» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, проекты, 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 удается, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в

обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Проект – исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов.

Для успешной подготовки к проекту рекомендуется: четко определить цели и задачи проекта; составить план работы, разбив проект на этапы с указанием сроков выполнения каждого из них; использовать разнообразные источники информации и инструменты для исследования темы; регулярно проверять прогресс и вносить коррективы в план, если это необходимо.

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) «Многопоточная синхронизация»

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 ***экзамена***, 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, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	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	
8	Отлично	
7	Хорошо	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
6	Хорошо	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая 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	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	
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.
2	Не сдан	
1	Не сдан	

Дисциплина (модуль) «Многопоточная синхронизация» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Проект	30%	3	Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов
Итоговый проект	40%	1	Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов
Экзамен	30%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Многопоточное программирование»: «0,2 × среднее за проекты + 0,4 × итоговый проект + 0,4 × экзамен».

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)
Примерное описание задания и критерии оценивания к проекту
Проект 1.

Цель:

Изучить проблему гонки данных и освоить базовые механизмы синхронизации: мьютексы, атомарные операции. Научиться выявлять ошибки параллелизма и профилировать производительность.

Задачи:

— Реализуйте программу с несколькими потоками, которые одновременно увеличивают общую счётчиковую переменную (например, 1000 инкрементов на поток).

— Запустите программу без синхронизации и зафиксируйте некорректный результат (гонка данных).

— Добавьте синхронизацию с помощью мьютекса — убедитесь, что результат стал корректным.

— Реализуйте альтернативную версию с атомарной операцией (например, std::atomic в C++ или threading.Lock в Python с эмуляцией атомарности).

— Сравните время выполнения для версий: без синхронизации, с мьютексом, с атомиками. Используйте профилировщик (например, time, perf, cProfile).

— Напишите отчёт: опишите наблюдаемые проблемы, сравните подходы, объясните, как модель памяти влияет на видимость изменений между потоками.

Критерии оценивания:

— Корректно воспроизведена и объяснена гонка данных;

— Реализована и протестирована синхронизация с мьютексом и атомиками;

— Проведено профилирование и представлены замеры производительности;

— Отчёт содержит анализ результатов и ссылки на модель памяти;

— Код читаем, структурирован, содержит комментарии.

Проект 2.

Цель

Освоить классические механизмы синхронизации: условные переменные и семафоры. Научиться управлять порядком выполнения потоков и координировать их работу.

Задачи:

— Реализуйте шаблон "Производитель-Потребитель" с общей буферизованной очередью фиксированного размера.

— Используйте условные переменные для ожидания: производитель ждёт, если буфер полон, потребитель — если пуст.

— Альтернативно реализуйте ту же логику с помощью семафоров (один на свободные слоты, один на занятые).

— Запустите несколько производителей и потребителей. Убедитесь, что нет гонок, взаимных блокировок и потеря данных.

— Добавьте логирование операций (кто, что, когда положил/взял).

— Подготовьте отчёт: сравните подходы, укажите плюсы и минусы каждого, приведите примеры реальных систем, где они применяются.

Критерии оценивания:

— Корректно реализован паттерн "Производитель-Потребитель";

— Условные переменные и семафоры используются по назначению;

— Логика ожидания и уведомления реализована правильно;

— Код протестирован с разным числом потоков и размером буфера;

— Отчёт содержит сравнение механизмов и примеры применения.

Примерное описание задания и критерии оценивания к итоговому проекту

Цель

Разработать масштабируемое многопоточное приложение, демонстрирующее комплексное применение всех изученных механизмов синхронизации, включая неблокирующие структуры и асинхронный ввод-вывод.

Задачи:

—Создайте пул потоков с динамическим управлением задачами.

—Реализуйте потокобезопасную очередь задач двумя способами: на основе мьютексов и условных переменных; на основе lock-free очереди (например, с использованием атомарных указателей).

—Добавьте поддержку асинхронных задач (например, имитация задержки).

Используйте корутины или асинхронный ввод-вывод.

—Реализуйте ограничение на число одновременных операций с помощью семафора.

—Проведите нагрузочное тестирование: сравните производительность двух версий очереди при высокой нагрузке. Используйте профилировщик для анализа блокировок и задержек.

—Подготовьте отчёт: сравните подходы, обоснуйте выбор решений, укажите, где применимы lock-free, где — блокирующие примитивы. Оцените применимость в real-world high-load системах.

Критерии оценивания:

— Приложение корректно обрабатывает задачи в многопоточной среде без гонок и утечек.

— Реализованы и сравнены разные подходы к синхронизации (блокирующие и неблокирующие).

— Использованы все ключевые механизмы: мьютексы, условные переменные, семафоры, атомики, асинхронность.

— Проведено профилирование и представлены данные по производительности.

1. Отчёт содержит глубокий анализ, выводы и рекомендации по архитектуре high-load систем.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1	Укажите основную проблему, возникающую при одновременном доступе нескольких потоков к общим данным без синхронизации.	гонка данных / race condition	ОПК-4
2	Укажите механизм синхронизации, обеспечивающий взаимное исключение доступа к критической секции.	мьютекс / mutex	ОПК-4
3	Укажите операцию, которая атомарно сравнивает и изменяет значение переменной в многопоточной среде.	CAS / compare-and-swap	ОПК-4
4	Укажите аспект модели памяти, описывающий видимость изменений переменных между потоками.	порядок операций / memory ordering	ПК-3
5	Укажите инструмент для анализа производительности многопоточных приложений и поиска узких мест.	профилировщик / profiler	ОПК-2
6	Укажите механизм, позволяющий потокам ожидать выполнения определенного условия перед продолжением работы.	условная переменная / condition variable	ОПК-5
7	Укажите механизм синхронизации, управляющий доступом к ресурсу с помощью счетчика доступных единиц.	семафор / semaphore	ПК-1
8	Укажите принцип проектирования структур данных, обеспечивающий отсутствие блокировок при выполнении операций.	Lock-Free / неблокирующий алгоритм	ОПК-4
9	Укажите алгоритм, гарантирующий завершение операции каждым потоком за конечное число шагов без ожидания.	Wait-Free / без ожидания	ОПК-4
10	Укажите механизм ввода-вывода, позволяющий инициировать операцию и не блокировать поток до ее завершения.	асинхронный ввод-вывод / async I/O	ОПК-5
11	Укажите легковесные потоки, управляемые планировщиком пользовательского уровня без участия ядра ОС.	Green Threads / зеленые потоки	ОПК-5

12	Укажите конструкцию языка программирования для упрощения асинхронного кода с возможностью приостановки выполнения.	корутина / coroutine	ОПК-5
13	Укажите инструкцию процессора, предотвращающую переупорядочивание операций доступа к памяти компилятором или процессором.	барьер памяти / memory barrier	ПК-3
14	Укажите ситуацию, когда процессоры загружают разные переменные, находящиеся в одной кэш-линии, вызывая ложные конфликты.	ложное разделение кэш-линии / false sharing	ПК-3
15	Укажите ситуацию взаимной блокировки, когда два потока ждут ресурсы, удерживаемые друг другом.	взаимная блокировка / deadlock	ПК-1
16	Укажите тип блокировки, при котором поток активно проверяет доступность ресурса в цикле вместо перехода в режим ожидания.	спин-лок / spinlock	ОПК-4
17	Укажите проблему алгоритмов на основе CAS, когда значение переменной возвращается к исходному состоянию после изменения.	ABA-проблема	ОПК-4
18	Укажите операцию сохранения и восстановления состояния потока при переключении между задачами.	переключение контекста / context switch	ОПК-5
19	Укажите паттерн проектирования, ограничивающий количество одновременно работающих потоков для экономии ресурсов.	пул потоков / thread pool	ОПК-5
20	Укажите метод тестирования многопоточных программ, создающий высокую нагрузку для выявления редких ошибок синхронизации.	стресс-тестирование / stress testing	ОПК-2