

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Факультет компьютерных систем и информационных технологий
Кафедра информатики и программной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета компьютерных си-
стем и информационных технологий

Кочевский А. А.

« 19 » 04 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Параллельное программирование»**

по направлению подготовки 09.04.04 Программная инженерия

профиль подготовки «Методы и средства разработки программного обеспе-
чения»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Параллельное программирование» по направлению подготовки 09.04.04 Программная инженерия. – 12 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Параллельное программирование» составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.04 Программная инженерия, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 года № 932 (с изменениями и дополнениями), зарегистрированным в Министерстве юстиции Российской Федерации от 9 октября 2017 года № 48464, учебного плана по направлению подготовки 09.04.04 Программная инженерия, (профиль «Методы и средства разработки программного обеспечения») и Положения о рабочей программе учебной дисциплины в ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля».

СОСТАВИТЕЛЬ

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информатики и программной инженерии Письменский А.В.

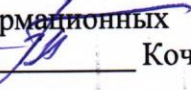
Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры информатики и программной инженерии

18 апреля 2023 г., протокол № 17

Заведующий кафедрой информатики и программной инженерии  Кочевский А.А.

Переутверждена: «__» _____ 20__ г., протокол № _____

Согласована:

Декан факультета компьютерных систем и информационных технологий  Кочевский А. А.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий

19 апреля 2023 г., протокол № 8

Председатель учебно-методической комиссии факультета компьютерных систем и информационных технологий  Ветрова Н. Н.

© Письменский А. В., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023 год

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины «Параллельное программирование» направлена на формирование необходимого объема теоретических знаний достаточных для их практического использования при проектировании параллельных и распределенных систем

Задачи: формирование практических навыков разработки, отладки, тестирования с использованием технологии стандартной библиотека C++ ThreadLibrary для реализации высокоуровневых абстракций.

При освоении программы у обучающихся формируется информационно-коммуникационная компетентность – знания, умения и навыки по объектно-ориентированному программированию, необходимые для изучения других общеобразовательных предметов, для их использования в ходе изучения специальных дисциплин профессионального цикла, в практической деятельности и повседневной жизни.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Параллельное программирование» входит в блок дисциплин обязательной части учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания и принципы построения современных кроссплатформенных приложений. Изложены основные принципы построения распределенных систем, основные стандарты проектирования программных систем, пакеты программ для объектно-ориентированного программирования.

Основывается на базе дисциплин предыдущего уровня образования и является логическим продолжением содержания дисциплин естественно-научного цикла.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин информатика, программирование и служит основой для освоения дисциплин: разработка клиент-серверных приложений, технология NET.

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Студенты, завершившие изучение дисциплины «Параллельное программирование», должны **знать:**

- реализацию событий с помощью механизма будущих результатов;
- ожидание с ограничением по времени;
- методы организации потокобезопасной очереди на базе условных переменных;
- модель памяти c++ и атомарные операции;
- методы доступа к результатам асинхронных операций;
- основные концепции библиотек работы со временем;

- основы функционального программирования с применением будущих результатов;
- атомарные типы и операции;
- методы синхронизация операций и принудительного упорядочения;
- методы упорядочения, захвата-освобождения.
-

уметь:

- организовывать доступ к памяти для атомарных операций;
- применять синхронизацию операций;
- проектировать параллельные и распределенные системы;
- использовать библиотеку C++ Thread Library для реализации многопоточности;
- выполнять защиту разделяемых данных с помощью условных переменных;
- выполнять одновременный доступ к ресурсам;
- выполнять защиту разделяемых данных;
- выполнять упорядочение неатомарных операций с помощью атомарных.

Перечисленные результаты образования являются основой для формирования следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО):

профессиональных:

- ПК-1.1 Знать: нормативно-технические документы (стандарты и регламенты), лучшие мировые практики управления процессом разработки программного продукта
- ПК-1.2 Уметь: применять методологии управления проектами разработки программного обеспечения
- ПК-1.3 Владеть: навыками планирования процесса разработки программного продукта

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (з.е.)		
	Очная форма	Очно-заочная форма	Заочная форма
Объем учебной дисциплины (всего)	180 (3 з.е.)		180 (4 з.е.)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка дисциплины (всего) в том числе:	64		12
Лекции	32		6
Семинарские занятия	-		-
Практические занятия			-
Лабораторные работы	32		6
Курсовая работа (курсовой проект)	36		36
Индивидуальное задание	-		-
Самостоятельная работа студента (всего)	116		168
Форма аттестации	зачет		зачет

4.2. Содержание разделов дисциплины

Семестр 1

Тема 1. Синхронизация параллельных операций

Ожидание события или иного условия. Ожидание условия с помощью условных переменных. Потокбезопасная очередь на базе условных переменных.

Тема 2. Ожидание одноразовых событий с помощью механизма будущих результатов

Возврат значения из фоновой задачи. Ассоциирование задачи с будущим результатом. Передача задач между потоками. Использование `std::promise`

Сохранение исключения в будущем результате.

Тема 3. Ожидание с ограничением по времени

Часы. Временные интервалы. Моменты времени. Функции, принимающие таймаут

Тема 4. Применение синхронизации операций для упрощения кода

Функциональное программирование с применением будущих результатов. Быстрая сортировка в духе ФП. Параллельная реализация quicksort в духе ФП.

Тема 5. Модель памяти с++ и атомарные операции

Объекты и ячейки памяти. Объекты, ячейки памяти и параллелизм. Порядок модификации. Атомарные операции и типы в с++. Стандартные атомарные типы. Операции над `std::atomic_flag`. Операции над `std::atomic<bool>`. Операции над `std::atomic<T*>`: арифметика указателей. Операции над стандартными атомарными целочисленными типами. Основной шаблон класса `std::atomic<>`. Свободные функции для атомарных операций.

Тема 6. Синхронизация операций и принудительное упорядочение

Отношение синхронизируется-с. Отношение происходит-раньше. Упорядочение доступа к памяти для атомарных операций. Последовательно согласованное упорядочение. Не последовательно согласованное упорядочение доступа к памяти. Ослабленное упорядочение. Механизм ослабленного упорядочения. Упорядочение захват-освобождение.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1.	Тема 1. Синхронизация параллельных операций	5		1
2.	Тема 2. Ожидание одноразовых событий с помощью механизма будущих результатов	5		1
3.	Тема 3. Ожидание с ограничением по времени	5		1
4.	Тема 4. Применение синхронизации операций для упрощения кода	5		1
5.	Тема 5. Модель памяти c++ и атомарные операции	6		1
6.	Тема 6. Синхронизация операций и принудительное упорядочение	6		1
Итого:		32		6

4.4. Практические (семинарские) занятия

Не предусмотрены

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов		
		Очная форма	Очно- заочная форма	Заочная форма
1.	Синхронизация действия, выполняемые в разных потоках	5		1
2.	Моделирование одноразовых событий с помощью будущего результата	5		1
3.	Основные концепции библиотеки Chrono (C++)	5		1
4.	Алгоритма быстрой сортировки Quicksort	5		1
5.	Атомарные типы и операции	4		1
6.	Синхронизация операций и принудительное упорядочение modification order	4		1
7.	Зависимости по данным, упорядочение захват-освобождение и семантика memory_order_consume	4		
Итого:		32		6

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Ожидание в нескольких потоках	Написание реферата, создание презентации по теме	6	9
2.	Синхронизация операций с помощью передачи сообщений	Написание реферата, создание презентации по теме	6	9
3.	Свободные функции для атомарных операций.	Написание реферата, создание презентации по теме	6	9
4.	Транзитивная синхронизация с помощью упорядочения захват-освобождение	Подготовка к лабораторным работам	6	9
5.	Зависимости по данным, упорядочение захват-освобождение и семантика memory_order_consume	Подготовка к лабораторным работам	6	9
6.	Последовательности освобождений и отношение синхронизируется-с..	Подготовка к лабораторным работам	6	9
7.	Барьеры	Подготовка к лабораторным работам	6	9
8.	Упорядочение неатомарных операций с помощью атомарных	Подготовка к лабораторным работам	6	9
9.	Сохранение исключения в будущем результате	Подготовка к лабораторным работам	6	10
10.	Функции, принимающие таймаут	Подготовка к лабораторным работам	6	10
11.	Параллельная реализация Quicksort	Написание реферата, создание презентации по теме	5	10
12.	Операции над стандартными атомарными целочисленными типами	Написание реферата, создание презентации по теме	5	10
13.	Транзитивная синхронизация с помощью упорядочения захват-освобождение	Написание реферата, создание презентации по теме	5	10
14.	Зависимости по данным, упорядочение захват-освобождение и семантика memory_order_consume	Написание реферата, создание презентации по теме	5	10
15.	Разработка курсовой работы	Написание пояснительной записки, создание презентации по теме	36	36
Итого:			116	168

4.7. Курсовые работы/проекты

Выполнение курсовых работ на темы:

- Синхронизация параллельных операций с помощью условных переменных;
- Организация исключительного доступа к данным с помощью объекта `future`.
- Организация потокобезопасной очереди на базе условных переменных;
- Реализация многопоточного алгоритма быстрой сортировки;
- Устранение проблематичных состояний гонки;
- Структурирование кода для защиты разделяемых данных;
- Гибкая блокировка с помощью `std::unique_lock`;
- Защита редко обновляемых структур данных;
- Реализация доступа к данным с помощью атомарных объектов;
- Упорядочивание данных с помощью атомарных объектов `std::atomic<T>` и `std::atomic_flag`;
- Упорядочение захват-освобождение и семантика `memory_order_consume`.

5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

– технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

– технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

– технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям

и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

– технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования

– технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

6. Формы контроля освоения дисциплины

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими лабораторные работы и практические занятия по дисциплине в следующих формах (например):

- доклады, сообщения;
- лабораторные работы;
- защита лабораторных работ (тестирование).

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты текущей и промежуточной аттестации обучающихся по данной дисциплине, помещаются в приложении к рабочей программе в соответствии с «Положением о фонде оценочных средств».

Форма аттестации по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и решение задач). Студенты, выполнившие 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по шкале, приведенной в таблице.

Национальная шкала	Характеристика знания предмета и ответов
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.

хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

1. Энтони Уильямс. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. Пер. с англ. Слинкин А. А. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 672с.: ил.

2. Богачёв К. Ю. Б73 Основы параллельного программирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. Ю. Богачёв. – 2-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Л

3. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 77 с.

4. OpenMP Architecture Review Board (<http://www.openmp.org/>).

5. The Community of OpenMP Users, Researchers, Tool Developers and Providers (<http://www.compunity.org/>).

6. OpenMP Application Program Interface Version 3.0 May 2018 (<http://www.openmp.org/mp-documents/spec30.pdf>).

7. Что такое OpenMP? (http://parallel.ru/tech/tech_dev/openmp.html).

8. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.

9. Barbara Chapman, Gabriele Jost, Ruud van der Pas. Using OpenMP: portable shared memory parallel programming (Scientific and Engineering Computation). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press., 2008. – 353 pp.

10. Антонов А.С. Введение в параллельные вычисления. Методическое пособие.-М.: Изд-во Физического факультета МГУ, 2002. – 70 с.

11. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2014. – 71 с.

в) методические указания:

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Параллельные и распределенные вычисления» для студентов всех направлений подготовки. Луганск: Изд-во ЛНУ им. В.Даля, 2018. – 31 с.

2. Конспект лекций по дисциплине “Параллельные и распределенные вычисления” (для студентов по направлению «Прикладная информатика» 09.03.03) Часть I / Сост. Письменский А.В. – Луганск: изд-во ЛГУ им. В.И.Даля, 2018.– 116 с.

3. Конспект лекций по дисциплине «Параллельное программирование» (для студентов по направлению «Программная инженерия» 09.04.04) / Сост. Письменский А.В. – Луганск: ГОУ ВО ЛНР ЛГУ В.И.Даля, 2022.– 116 с.

в) Интернет-ресурсы:

1. Atomic Ptr Plus Project Home, <http://atomic-ptr-plus.sourceforge.net/>.
2. Boost C++ library collection, <http://www.boost.org>.
3. C++0x/C++11 Support in GCC, <http://gcc.gnu.org/projects/cxxOx.html>.
4. C++11—The Recently Approved New ISO C++ Standard, <http://www.research.att.com/~bs/C++OxFAQ.html>.
5. Erlang Programming Language, <http://www.erlang.org/>.
6. GNU General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>.
Haskell Programming Language, <http://www.haskell.org/>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные работы: компьютерный класс, презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук), пакеты ПО общего назначения.

Рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Математический редактор	Mathcad Prime 6.0	https://www.mathcad.com/ru/
Интегрированная среда разработки	Visual Studio 2019	https://visualstudio.microsoft.com/ru/free-developer-offers/
Серверная платформа и программная среда	Open Server Panel	https://ospanel.io/download/
Интегрированная среда разработки	CODESYS V3	https://owen.ru/product/codesys_v3
Графическая среда имитационного моделирования	Simulink	https://matlab.ru/products/Simulink