

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

ФГОС введен в действие приказом №5 от 12.01.2016 г. , дата утверждения: 09.02.2016 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

АСУ, протокол заседания кафедры №7 от 20.06.2017

ВТ, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

АВТ, протокол заседания кафедры №10/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета автоматизации и вычислительной техники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Ландовский В. В.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Гриф М. Г.

доцент, к.т.н. Якименко А. А.

доцент, д.т.н. Жмудь В. А.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Гриф М. Г.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.2 способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования; в части следующих результатов обучения:
у10. уметь распараллеливать алгоритмы и программы решения прикладных задач
Компетенция НГТУ: ПК.10.В/ПК готовность к разработке моделей компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов "человек - электронно-вычислительная машина"; в части следующих результатов обучения:
з5. знать компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними
Компетенция НГТУ: ПК.9.В/НИ готовность обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности; в части следующих результатов обучения:
з2. знать современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода
з3. знать зависимость между сложностью и временем выполнения программного проекта

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
Параллельное программирование	
ПК.9.В/НИ.з2 знать современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода	
1.знать параллельные языки программирования и расширения стандартных языков, средства автоматического распараллеливания, параллельные компиляторы, параллельные предметные библиотеки, инструментальные системы для проектирования параллельных программ	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.2.у10 уметь распараллеливать алгоритмы и программы решения прикладных задач	
2.знать уровни распараллеливания вычислений, распараллеливание вычислений на уровне команд, выражений, программных модулей, отдельно выполняемых заданий	Лекции; Самостоятельная работа
3.уметь разрабатывать, отлаживать и запускать на исполнение параллельные программы с использованием MPI, OpenMP, CUDA и средств операционных систем	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.9.В/НИ.з3 знать зависимость между сложностью и временем выполнения программного проекта	
4.уметь выполнять анализ эффективности распараллеливания алгоритмов	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.10.В/ПК.з5 знать компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними	
5.знать об актуальных вопросах теории параллельных вычислений	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Принципы параллельных вычислений				
1. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ	0	2	2, 4, 5	Лекция

2. Моделирование и анализ параллельных алгоритмов	0	2	4, 5	Лекция
3. параллелизм данных и параллелизм задач, эффективность распараллеливания	0	2	2, 5	Лекция
Дидактическая единица: Параллельные программы для систем с общей памятью				
4. Стандарт POSIX Threads	0	2	1, 3	Лекция
5. Стандарт OpenMP	0	2	1, 2, 3	Лекция
Дидактическая единица: Распределенные параллельные программы				
6. Интерфейс передачи сообщений MPI	0	4	1, 2	Лекция
Дидактическая единица: Использование вычислительных ресурсов графических процессоров				
7. Программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений CUDA	0	4	1, 2, 3	Лекция

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 5				
Дидактическая единица: Параллельные программы для систем с общей памятью				
1. Программирование с использованием POSIX Threads	4	8	3, 4	Лабораторная
2. Программирование с использованием OpenMP	4	8	3, 4	Лабораторная
Дидактическая единица: Распределенные параллельные программы				
3. Программирование с использованием MPI	4	8	3, 4	Лабораторная
6. Совместное применение MPI и OpenMP	2	4	3, 4	Лабораторная
Дидактическая единица: Использование вычислительных ресурсов графических процессоров				
5. Программирование с использованием технологии CUDA	4	8	3, 4	Лабораторная

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 5				
1	РГЗ	3, 4	16	4
: Параллельное программирование для систем с общей памятью : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Параллельное программирование" для 3 курса дневного отделения АВТФ направления "Информатика и вычислительная техника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Ландовский, Е. Н. Павенко]. - Новосибирск, 2015. - 30, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215108 Корнеев В. Д. Параллельное программирование кластеров : учебное пособие / В. Д. Корнеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 310, [1] с. : ил.				
2	Подготовка к занятиям	1, 2, 3	23	0

: Параллельное программирование для систем с общей памятью : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Параллельное программирование" для 3 курса дневного отделения АВТФ направления "Информатика и вычислительная техника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Ландовский, Е. Н. Павенко]. - Новосибирск, 2015. - 30, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215108 Корнеев В. Д. Параллельное программирование кластеров : учебное пособие / В. Д. Корнеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 310, [1] с. : ил.

3	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5	8	1
---	-------------------------	---------------	---	---

: Параллельное программирование для систем с общей памятью : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Параллельное программирование" для 3 курса дневного отделения АВТФ направления "Информатика и вычислительная техника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Ландовский, Е. Н. Павенко]. - Новосибирск, 2015. - 30, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215108 Корнеев В. Д. Параллельное программирование кластеров : учебное пособие / В. Д. Корнеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 310, [1] с. : ил.

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Личный типовой сайт: http://ciu.nstu.ru/kaf/persons/10019/about
Консультирование	e-mail: landovskij@corp.nstu.ru
Контроль	e-mail: landovskij@corp.nstu.ru
Размещение учебных материалов	Среда электронного обучения НГТУ

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Максимальный балл
Семестр: 5	
Лабораторная №1:	15
Лабораторная №2:	15
Лабораторная №3:	15
Лабораторная №4:	15
РГЗ:	20
Зачет:	20

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Зачет
ПК.2	у10. уметь распараллеливать алгоритмы и программы решения прикладных задач	+	+
	ПК.10.В/ПК 35. знать компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними		+
	ПК.9.В/НИ 32. знать современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода	+	+
	ПК.9.В/НИ 33. знать зависимость между сложностью и временем выполнения программного проекта	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Малышкин В. Э. Параллельное программирование мультимикомпьютеров : [учебник] / В. Э. Малышкин, В. Д. Корнеев. - Новосибирск, 2011. - 295 с. : ил., табл.
2. Гергель В. П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем : [учебник для вузов по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии"] / В. П. Гергель ; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. - М., 2010. - 539, [4] с. : ил., схемы, табл.. - На обл. в вых. дан.: Суперкомпьютерный консорциум университетов России.
3. Малявко А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : учебное пособие / А. А. Малявко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 114, [1] с. : табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215088

Дополнительная литература

1. Хьюз К. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++ / Камерон Хьюз, Трейси Хьюз ; [пер. с англ. и ред. Н. М. Ручко]. - Москва [и др.], 2004. - 3667 с.. - Парал. тит. л. англ..
2. Эндрюс Г. Д. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования : [пер. с англ.] / Грегори Р. Эндрюс. - М., 2003. - 505 с. : ил.
3. Корнеев В. Д. Параллельное программирование в MPI / Отв. ред. В. Э. Малышкин. - Новосибирск, 2002. - 214 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Параллельное программирование для систем с общей памятью : методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Параллельное программирование" для 3 курса дневного отделения АВТФ направления "Информатика и вычислительная техника" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. В. Ландовский, Е. Н. Павенко]. - Новосибирск, 2015. - 30, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000215108
2. Корнеев В. Д. Параллельное программирование кластеров : учебное пособие / В. Д. Корнеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 310, [1] с. : ил.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Visual Studio

2 MPICH2

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированных систем управления
Кафедра автоматики
Кафедра вычислительной техники

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н., доцент И.Л. Рева
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельное программирование

Образовательная программа: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника, профиль:
Сетевые информационные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине **Параллельное программирование** приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.10.В/ПК готовность к разработке моделей компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов "человек - электронно-вычислительная машина"	з3. знать компоненты программно-технических архитектур, существующие приложения и интерфейсы взаимодействия с ними	Архитектура высокопроизводительных ЭВМ Моделирование и анализ параллельных алгоритмов параллелизм данных и параллелизм задач, эффективность распараллеливания		Зачет, вопросы 1-10.
ПК.2/ПТ готовность к разработке компонентов аппаратно-программных комплексов и баз данных с использованием современных инструментальных средств и технологий программирования	у10. уметь распараллеливать алгоритмы и программы решения прикладных задач	Стандарт POSIX Threads Архитектура высокопроизводительных ЭВМ Интерфейс передачи сообщений MPI параллелизм данных и параллелизм задач, эффективность распараллеливания Программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений CUDA Стандарт OpenMP	РГЗ, раздел 1.	Зачет, вопросы 11-20.
ПК.9.В/НИ готовность обосновывать принимаемые проектные решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности	з2. знать современные компиляторы, отладчики и оптимизаторы программного кода	Стандарт POSIX Threads Интерфейс передачи сообщений MPI Программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений CUDA Стандарт OpenMP	РГЗ, раздел 2.	Зачет, вопросы 21-30.
ПК.9.В/НИ	з3. знать зависимость между сложностью и временем выполнения программного проекта	Архитектура высокопроизводительных ЭВМ Моделирование и анализ параллельных алгоритмов	РГЗ, раздел 3.	Зачет, вопросы 31-38.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится None, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.10.В/ПК, ПК.2/ПТ, ПК.9.В/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.10.В/ПК, ПК.2/ПТ, ПК.9.В/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра автоматизированных систем управления
Кафедра автоматики
Кафедра вычислительной техники

Паспорт зачета

по дисциплине «Параллельное программирование», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-11, второй вопрос из диапазона вопросов 12-21, третий вопрос из диапазона вопросов 22-38 (список вопросов приведен ниже).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет АВТФ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Параллельное программирование»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.
3. Вопрос 3.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет (тест) для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет *5 баллов*.
- Ответ на билет (тест) для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет *10 баллов*.
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить

качественные характеристики процессов,
оценка составляет 15 баллов.

- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Параллельное программирование»

1. Аппаратные средства, используемые в параллельном программировании.
2. Классификация Флинна. Модели параллельного программирования (SPMD, MPMD).
3. Параллельное и распределенное программирование. Средства создания многопоточных приложений.
4. Закон Амдала.
5. Стандарт OpenMP (общие сведения, назначение, состав).
6. OpenMP: Директива parallel.
7. OpenMP: Директива for.
8. OpenMP: Директива sections.
9. OpenMP: Директивы single и master.
10. OpenMP: Директивы синхронизации: barrier и critical.
11. OpenMP: Функции: определение номера потока, количества потоков, количества процессоров, системного времени.
12. POSIX: Создание потоков.
13. POSIX: Присоединяемые и открепленные потоки.
14. POSIX: Присоединение потоков.
15. POSIX: Создание открепленных потоков.
16. POSIX: Синхронизация доступа к данным.
17. POSIX: Мьютексный семафор.
18. POSIX: Блокировки чтения/записи.
19. POSIX: Синхронизация последовательности операций - условные переменные.
20. Основные типы отношений синхронизации.
21. Основные модели создания и функционирования потоков.
22. Интерфейс передачи сообщений - MPI.
23. MPI: Инициализация и завершение MPI программ.
24. MPI: Коммуникатор, определение номера процесса.
25. MPI: Парные взаимодействия: Блокирующий и неблокирующий способ – отличия.
26. MPI: Парные взаимодействия: Режимы передачи сообщения.
27. MPI: Назначения типов данных MPI_BYTE и MPI_PACKED.
28. MPI: Барьерная синхронизация. Широковещательный обмен.
29. MPI: Сборка, рассылка данных. Полный обмен.
30. MPI: Редуцированные операции.

31. MPI: Производные типы данных. Карта типа.
32. MPI: Конструкторы Indexed и Hindexed.
33. MPI: Конструктор Struct, Функция MPI_Address
34. CUDA: Аппаратные особенности GPU, которые необходимо учитывать при разработке алгоритмов.
35. CUDA: Уровни взаимодействия приложений и GPU.
36. CUDA: Иерархия потоков.
37. CUDA: Возможности синхронизации.
38. CUDA: Расширение языка C для работы с GPU.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Параллельное программирование», 5 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны решить указанную в варианте задачу тремя способами – с использованием *трех* принципиально различающихся технологий:

1. Параллельные потоки на CPU.
2. Параллельные процессы (обменивающиеся сообщениями).
3. С использованием GPU.

Сравнить реализации между собой и с последовательным решением. Провести анализ полученных результатов.

1. Провести эксперименты подтверждающие соответствие результатов для последовательного и параллельных решений.
2. Оценить зависимости временных затрат от количества процессов/потоков, от объема входных данных (или количества шагов алгоритма).
3. Сделать выводы об эффективности и масштабируемости полученных реализаций.

Содержание работы:

1. Задание.
2. Описание задачи и метода её решения.
3. Описание разработанных алгоритмов (последовательного и параллельных).
4. Характеристики оборудования использованного для тестирования программ.
5. Результаты экспериментов (таблицы, графики, примеры тестовых данных).
6. Выводы.
7. Тексты программ.
8. Список использованных источников и литературы.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует сравнение реализаций, результаты выполнения параллельных программ отличаются от последовательной реализации, оценка составляет 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: вычислительные эксперименты не дают полной картины достаточной для сравнения, выводы отсутствуют или необоснованны, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если разработка и сравнение реализаций проведено корректно, но выводы об эффективности и масштабируемости полученных реализаций недостаточно обоснованы, оценка составляет 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если разработка и сравнение реализаций проведено в полном объеме, выводы об эффективности и масштабируемости полученных реализаций обоснованы, оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

1. Поиск минимального элемента в массиве целых чисел.
2. Поиск среднего арифметического элементов массива целых чисел.
3. Поиск суммы элементов массива целых чисел.
4. Евклидова норма вектора.
5. Евклидова норма матрицы.
6. Умножение векторов.
7. Сложение векторов.
8. Умножение матриц.
9. Сложение матриц.
10. Умножение матрицы на вектор.
11. Численное интегрирование методом прямоугольников.
12. Численное интегрирование методом трапеций.
13. Численное интегрирование методом Симпсона.
14. Проверка числа на простоту (полный перебор).
15. Разложение числа на простые множители (полный перебор).
16. Задача коммивояжера (полный перебор).