

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



**УТВЕРЖДАЮ:**

И.о. проректора по научно-педагогической работе ДОННТУ

А.Б. Бирюков

(подпись)

2019 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В10 МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО**  
**СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
Магистерская программа: Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств  
Программа: магистратура  
Форма обучения: очная, заочная

Форма обучения:	очная	заочная
Семестр(ы)	1	1
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	3,5 / 126	3,5 / 126
Контактная работа (час.)	53	14
Лекции (час.)	17	4
Практические (семинарские) занятия (час.)	—	—
Лабораторные работы (час.)	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе	75	118
Курсовой проект(работа) (семестр/час.)	—	—
Индивидуальное задание (кол./час.)	1 / 14	1 / 18
Контроль (экзамен/зачёт, час.)	зачёт	зачёт

Донецк, 2019 г.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование напряженно-деформированного состояния технических объектов» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование», магистерская программа «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», для 2019 года приёма по очной и заочной формам обучения..

Составитель: Полтавец Валерий Васильевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « 17 » 05 20 19 года № 10  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией ДонНТУ по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование».

Протокол от « 17 » 05 20 19 года № 4  
Председатель \_\_\_\_\_ Кононенко А.П.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа продлена для 20 20 года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « 05 » 05 20 20 года № 9  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа продлена для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа продлена для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)

Рабочая программа продлена для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Мехатронные системы машиностроительного оборудования».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Гусев В.В.  
(подпись) \_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)



## 1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – подготовка специалиста, владеющего основами и практическими навыками моделирования напряженно-деформированного состояния технических объектов и их элементов, освоившего методы изучения характера работы технических систем, их подсистем и различных элементов под воздействием статических и динамических нагрузок.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные проблемы оценки напряженно-деформированного состояния технических объектов и их элементов;
- возможности современных программных продуктов по построению моделей напряженно-деформированного состояния объектов и расчету на их основе показателей состояния;
- сущность метода конечных элементов и область его применения, алгоритмы построения матрицы жесткости элемента и глобальной матрицы жесткости;
- алгоритмы внесения граничных условий и генерации сетки конечных элементов.

уметь:

- выбирать модель схемы нагружения технического объекта, адекватно описывающую реальную ситуацию;
- определять оптимальное число конечных элементов для построения точной и адекватной твердотельной модели исследуемого объекта;
- составлять математическое описание и оценивать напряженно-деформированное состояние по модели объекта, выявлять опасные зоны в объекте и принимать соответствующие конструктивные решения по нейтрализации угроз и опасностей.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении (ОПК-1);
- способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владением навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований (ОПК-2);
- способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа (ОПК-3);
- способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку (ПК-1);
- способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать (ПК-16);
- способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов (ПК-19);
- способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов (ПК-20);
- способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований (ПК-21);
- способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений (ПК-24).

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору студента.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин:

математики, физики, химии, теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин.

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсового проекта по дисциплине «Анализ и расчет электромеханических систем», используются при изучении последующих дисциплин «Анализ и расчет электромеханических систем», «Кинематика и динамика робототехнических систем», «Моделирование и имитация мехатронных систем», «Системы инструментального обеспечения автоматизированных производств», «Новые тенденции развития машиностроения», «Технологические основы обработки неметаллических материалов», прохождении производственной, учебной и преддипломной практик, прохождении государственной итоговой аттестации.

## 3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лек-ции	Практ. (се-мин.)	Лабор.	СР
<i>Тема 1. Основы моделирования объектов в ANSYS</i>	14/18	2/0	—/—	4/0	8/18
<i>Тема 2. Основные положения метода конечных элементов</i>	23/22	4/1	—/—	8/1	11/20
<i>Тема 3. Область применения метода конечных элементов</i>	19/22	3/1	—/—	6/1	10/20
<i>Тема 4. Математические модели анализа напряженно-деформированного состояния деталей</i>	28/22	4/1	—/—	8/1	16/20
<i>Тема 5. Граничные условия, приложение нагрузок и получение решения в ANSYS</i>	28/24	4/1	—/—	8/1	16/22
Курсовой проект	—/—				—/—
Индивидуальное задание	14/18				14/18
Подготовка к экзамену					
Итого:	126	17/4		34/4	75/118

### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ОПК-1	Тема 1
ОПК-2	Тема 2
ОПК-3	Тема 3
ПК-1	Тема 4
ПК-16	Тема 5
ПК-19	Тема 4

ПК-20	Тема 1, 4
ПК-21	Тема 3, 5
ПК-24	Тема 4

### 3.2 Лекции

#### Тема 1. Основы моделирования объектов в ANSYS.

Содержание темы 1:

Последовательность анализа объектов в ANSYS. Задание заголовков, единиц измерения и типов элементов.

Установка единиц измерения и типов конечных элементов. Определение вещественных констант элемента и геометрических параметров сечений. Создание поперечных сечений объектов анализа.

Литература к теме 1: [[1](#), [2](#), [3](#)].

#### Тема 2. Основные положения метода конечных элементов.

Содержание темы 2:

Роль вычислительных методов в расчетах на прочность. Основные исторические этапы численного исследования прочности конструкций.

Построение физической модели технического объекта: идеализация свойств конструкции и внешних воздействий на объект.

Построение математической модели технического объекта: описание входных и выходных данных и оператора перехода от первых ко вторым.

Элементы матричной алгебры: основные понятия и соотношения. Матричная форма записи основных соотношений теории упругости.

Плоское напряженное состояние технических объектов: примеры плоских (двумерных) задач.

Основные соотношения между напряжениями, деформациями и температурой для упругих изотропных материалов. Основные соотношения между деформациями и смещениями для малых деформаций и смещений. Уравнения равновесия малого элемента объема.

Литература к теме 2: [[1](#), [2](#), [3](#)].

#### Тема 3. Область применения метода конечных элементов.

Содержание темы 3:

Возникновение и основные задачи, решаемые с применением метода конечных элементов.

Основная идея и сущность метода конечных элементов (общее представление и пример реализации).

Основные этапы практической реализации метода конечных элементов.

Конечные элементы, граничные условия и точность результатов.

Литература к теме 3: [[1](#), [2](#), [3](#)].

#### Тема 4. Математические модели анализа напряженно-деформированного состояния деталей.

Содержание темы 4:

Неупругое деформирование. Приближенные методы определения напряженно-деформированного состояния при пластическом деформировании. Ползучесть. Численные методы анализа напряженно-деформированного состояния деталей.

Типы конечных элементов. Линейный упругий элемент. Стержневой и балочный элементы. Матрицы жесткости.

Конечные элементы для плоских задач. Основные соотношения теории пластин и оболочек.

Литература к теме 4: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)].

#### Тема 5. Граничные условия, приложение нагрузок и получение решения в ANSYS.

Содержание темы 5:

Препроцессорная подготовка решения задачи. Выбор координатной системы, создание базы данных и построение сетки.

Выбор типа анализа и его опций. Виды нагрузок, приложение нагрузок и получение решения.

Постпроцессорная обработка решения задачи. Постпроцессор общего назначения и постпроцессор истории решения задачи.

Литература к теме 5: [2, 3, 4].

### 3.3 Практические занятия

Практические занятия по дисциплине «Моделирование напряженно-деформированного состояния технических объектов» учебным планом не предусмотрены.

### 3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. (очн/заочн)	Литература
1	Интерактивный режим. Графический интерфейс пользователя (GUI) пакета ANSYS	2/0	[1]
2	Способы построения геометрической модели в ANSYS	2/0	[1, 2]
3	Моделирование геометрических объектов методом «сверху-вниз» и с применением булевых операций	2/0	[1, 2]
4	Построение произвольной (free) сетки конечных элементов	2/1	[1]
5	Построение упорядоченной (mapped) сетки конечных элементов	2/0	[1]
6	Исследование напряженного состояния швеллера	2/0	[2]
7	Исследование напряженного состояния квадрата с круговым вырезом	2/1	[2]
8	Исследование напряженного состояния полосы с отверстием	2/0	[2]
9	Приложение сосредоточенных нагрузок (сил и моментов сил)	2/0	[2]
10	Приложение поверхностных нагрузок	2/0	[2]
11	Приложение распределённых нагрузок к балкам	2/1	[2]
12	Исследование объёмного напряженно-деформированного состояния коробчатой детали под действием сосредоточенной силы	2/0	[1, 2]
13	Исследование объёмного напряженно-деформированного состояния при кручении стержня	4/1	[1, 2]
14	Исследование объёмного напряженно-деформированного состояния пружины	2/0	[2]
15	Статический анализ стержневых и балочных конструкций	4/0	[1, 2]
Итого:		34/4	

### 3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. (очн/заочн)
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	23/38
2	Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	38/62
3	Подготовка к практическим занятиям (не менее 50% от объема аудиторных практических занятий)	–/–
4	Выполнение курсового проекта (36 часов)	–/–
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	–/–
4	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	14/18
Итого:		75/118

### 3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине «Моделирование напряженно-деформированного состояния технических объектов» учебным планом не предусмотрен.

Индивидуальное задание по дисциплине «Моделирование напряженно-деформированного состояния технических объектов» выполняется на следующую тематику:

1. Моделирование напряжённо-деформированного состояния сборочной единицы (узла).
2. Моделирование напряжённо-деформированного состояния металлообрабатывающего инструмента в процессе обработки.

Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – 14/18 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 20 страниц формата А4 (210×297 мм).

## 4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

*Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

*Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

*Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

*Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

#### **4.5 Пример текущего опроса на лабораторных занятиях**

На примере темы «Основные положения метода конечных элементов».

1. Роль вычислительных методов в расчетах на прочность.
2. Основные исторические этапы численного исследования прочности конструкций.
3. Построение физической модели технического объекта: идеализация свойств конструкции и внешних воздействий на объект.



4. Построение математической модели технического объекта: описание входных и выходных данных и оператора перехода от первых ко вторым.
5. Элементы матричной алгебры: основные понятия и соотношения.
6. Матричная форма записи основных соотношений теории упругости.
7. Плоское напряженное состояние технических объектов: примеры плоских (двумерных) задач.
8. Основные соотношения между напряжениями, деформациями и температурой для упругих изотропных материалов.
9. Основные соотношения между деформациями и смещениями для малых деформаций и смещений.
10. Уравнения равновесия малого элемента объема.

**Текущий контроль** знаний студентов производится по результатам выполнения лабораторных работ.

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДОННТУ от 02.05.2018 г. № 337-14.

При определении уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *I Основная литература*

1. Мишенков, Г.В. Метод конечных элементов в курсе сопротивления материалов [Электронный ресурс] / Г.В. Мишенков, Ю.Н. Самогин, В.П. Чирков; под ред. В.П. Чиркова. – 8 Мб. – М.: Физматлит, 2015. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/17/cd6527.pdf>.

2. Морозов, Е.М. ANSYS в руках инженера. Механика разрушения [Электронный ресурс] / Е.М. Морозов, А.Ю. Муйземнек, А.С. Шадский. – 54 Мб. – Изд. 2-е, испр. – М.: ЛЕ-НАНД, 2010. – 456 с. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/17/cd6616.pdf>.

### *II Дополнительная литература*

3. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учебное пособие для вузов [Электронный ресурс] / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова и др.; ГОУ ВПО «Самар. гос. техн. ун-т», Каф. механики. – 8 Мб. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/cd5868.pdf>.

4. Шингель Л.П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / Л.П. Шингель; ФГБОУ ВПО «Перм. нац. исслед. политехн. ун-т». – 10 Мб. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/19/cd9516.pdf>.

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Учебно-методические издания*

1. Павлов А.С. Решение задач механики деформируемого твердого тела в программе ANSYS: практикум [Электронный ресурс] / А.С. Павлов; Балт. гос. техн. ун-т. – 1,4 Мб. – СПб., 2014. – 1 файл. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/17/cd7687.pdf>.

**Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ**

2. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Моделирование напряженно-деформированного состояния технических объектов» / В.В. Полтавец. – Донецк: ГОУВПО «ДонНТУ», 2017. – 1 файл. – Системные требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

**Электронно-информационные ресурсы**

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>.

**7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1 Лекционные занятия:**

Учебная аудитория № 6.202а, учебный корпус 6, для проведения занятий лекционного типа: (мультимедийное оборудование: ноутбук, Операционная система Microsoft Windows XP, Libreoffice 5.3.4.(2017), проектор м/мед .EPSON-X5 XGA 2200 Ansi, экран; учебно-наглядные пособия: стенды, специализированная мебель: доска аудиторная, парты. Windows 8.1 Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.0 (лицензия GNUL GPLv3+ и MPL 2.0).

**7.2 Лабораторные работы:**

Учебная аудитория № 6.211, учебный корпус 6, для проведения лабораторных занятий: компьютер (с/б) IntelCore 2Duo E8200 2.66/2Gb/320Gb/монитор 22" – 7 ПК, Arduino (Лицензия GNU LGPL v2.1), GPSS World Student (Лицензия GNU LGPL v3), PascalABC.NET (Лицензия GNU LGPL v3), T-FLEX 72 (Лицензия GNU LGPL v3), AnyLogic (Лицензия GNU LGPL v3), Smath Studio (Лицензия GNU LGPL v3), V-Rep (Лицензия GNU LGPL v3), SciLab (Лицензия GNU LGPL v2), LibreOffice 4.3.0 (Лицензия GNU LGPL v3), Ultimaker Cura (Лицензия GNU LGPL v3), Mozilla Firefox (лицензия MPL2.0), Manjari 17 (Лицензия GNU LGPL v3).

Составитель рабочей программы:

  
(подпись)

Полтавец В.В.