

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет физико-технический
Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
проректор

Машев

П.А. Машаров

«29» марта 2024 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ»

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриат
Направление подготовки	03.03.03 Радиофизика
Профиль подготовки	Радиофизика
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2024

Рабочая программа дисциплины «Теория колебаний» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика (Профиль: Радиофизика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г. № 912 (с изм. и доп.). Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2024 года.


Разработчик:

к.ф.-м.н., доцент
кафедры радиофизики
и инфокоммуникационных технологий

 И.И. Худяков


Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий
Протокол от 26.03.2024 г. № 16

Заведующий кафедрой

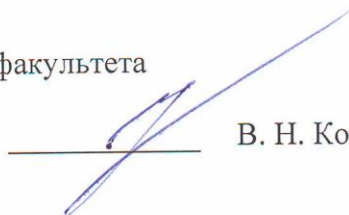
 В.В. Данилов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
28.03.2024 г.

 С.А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 27.03.2024 г. № 2
Председатель

 В. Н. Котенко

Руководитель основной профессиональной образовательной программы
д-р тех. наук, проф.
26.03.2024 г.

 В.В. Данилов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

курсу предшествуют дисциплины образовательной программы высшего профессионального образования «Математика» и «Информатика» базовой части цикла математических и естественнонаучных дисциплин, модули «Общая физика», «Теоретическая физика» и «Методы математической физики» базовой части цикла профессиональных дисциплин, курс «Радиофизика и электроника» вариативной части цикла профессиональных дисциплин.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

«Распространение электромагнитных волн», «Радиоэлектроника».

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.04.03 Радиофизика (программа бакалавриата Радиофизика)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М2. Теория колебаний
Часть образовательной программы	Базовая часть
Количество зачетных единиц / всего часов	2,5 / 90

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	5	34	–	17	39	90	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель углубленные профессиональные знания по теории колебаний и волн как методологической основе современной радиофизики и выработать профессиональные навыки практического использования колебательно волновых моделей.

изучение механической компоненты современной естественнонаучной картины мира, понятий и методов исследований теории колебаний;

овладение алгоритмами математического моделирования механических явлений;

формирование устойчивых навыков по применению основных методов теории колебаний при научном анализе ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться в ходе создания новой техники и новых технологий;

ознакомление с историей и логикой развития теории колебаний.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики и радиофизики для решения научно-исследовательских задач, в том числе в сфере педагогической деятельности;	ОПК-1.1. Обладает базовыми знаниями, полученными в областях физики, радиофизики, а также в областях математических и естественных наук. ОПК-1.2. Умеет применять и синтезировать знания из различных областей физики и радиофизики в профессиональной деятельности.	ОПК-1.1.1. Знает физические модели, используемые для описания колебательно-волновых явлений; основные законы колебательно-волновых процессов; физические эффекты, присущие колебаниям и волнам; основные математические методы анализа и моделирования колебаний и волн. ОПК-1.1.2. Умеет разрабатывать физико-математические модели систем на основе представлений теории колебаний и волн; применять математические методы для анализа моделей и проводить исследования реальных систем на основе колебательно-волновых представлений; ОПК-1.1.3. Владеет навыками построения и исследования математических и механических моделей технических систем; навыками применения основных методов теории колебаний при решении естественнонаучных и технических задач; навыками применения типовых алгоритмов исследования динамики механических систем; навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при аналитическом и численном исследовании математико-механических моделей технических систем.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Введение в теорию колебаний	Предмет теории колебаний. Необходимость единого рассмотрения колебательных явлений, встречающихся в различных разделах физики и техники. Создание основ теории колебаний, её развитие, применение к различным процессам в природе и технике, разработка математических методов, экспериментальные исследования. Работы Релея, А. Пуанкаре, А.М. Ляпунова, Б. Ван-дер-Поля, Л.И. Мандельштама, А.А. Андропова. Кинематический и динамический подходы к рассмотрению колебательных процессов. Выбор моделей для рассмотрения и классификации колебательных систем.
Раздел 2. Колебания в системах с одной степенью свободы.	Свободные колебания в системах с одной степенью свободы. Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные системы. Роль начальных условий. Кинетическая и

	<p>потенциальная энергии колебательного движения. Представление движений с помощью фазовой плоскости. Особые точки - положения равновесия; типы движений и фазовых траекторий, сепаратрисы. Колебания в системе со слабой нелинейностью. Гармоническое приближение. Неизохронность колебаний нелинейных систем. Диссипативные системы. Типы особых точек и фазовых портретов диссипативных систем. Поэтапное рассмотрение. Условия сшивки этапов. Построение фазовых траекторий методом изоклин.</p>
<p>Раздел 3. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем воздействии.</p>	<p>Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем воздействии. Виды воздействия - силовое (прямое) и параметрическое. Поведение нелинейных систем при силовом воздействии. Неприменимость принципа суперпозиции. Случай слабо нелинейной системы. Приближённые расчёты вынужденных колебаний в нелинейных системах для частных случаев. Параметрическое воздействие на колебательные системы. Адиабатически медленное изменение параметров. Адиабатические инварианты. Адиабатические инварианты математического маятника и струны. Параметрическое воздействие с частотами, соизмеримыми с частотой колебаний системы в автономном режиме. Параметрическое возбуждение. Элементарная теория параметрического возбуждения колебаний. Параметрический резонанс в линейных и нелинейных системах. Приближённый расчёт параметрического возбуждения колебаний в системе с малой нелинейностью. Параметрическая регенерация. Вынужденные колебания в параметрической регенерированной системе. Одноконтурный параметрический усилитель. Движение систем с быстро меняющимися параметрами. Маятник на вибрирующем подвесе.</p>
<p>Раздел 4. Метод медленно меняющихся амплитуд. Элементы теории автоколебаний.</p>	<p>Метод медленно меняющихся амплитуд. Обоснование метода для слабо нелинейных и слабо затухающих систем. Основные уравнения для определения медленно меняющихся амплитуд. Рассмотрение устойчивости стационарных состояний. Вариант метода с медленно меняющейся амплитудой и фазой. Комплексная форма. Применение метода медленно меняющихся амплитуд к рассмотрению свободных и</p>

	<p>вынужденных колебаний, к случаю параметрического возбуждения и параметрической регенерации. Элементы теории автоколебаний. Общие определения автоколебательных систем и специфика их энергетики. Автоколебательные системы релаксационного типа. Разрывная трактовка вырожденных релаксационных систем при замене быстрых этапов движения мгновенными скачками. Условия скачка. Переход от релаксационных систем к системам резонаторного типа. Качественное рассмотрение методом фазовой плоскости. Автоколебательные системы томсоновского типа. Применение метода медленно меняющихся амплитуд. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний и их представление на фазовой плоскости. Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему с одной степенью свободы. Принудительная синхронизация. Тушение автоколебаний.</p>
<p>Раздел 5. Стохастические колебания в динамических системах.</p>	<p>Стохастические колебания в динамических системах. Устойчивость движения. Орбитная устойчивость, устойчивость по Пуассону и Ляпунову. Простые и странные аттракторы. Динамический хаос. Зависимость движения систем с регулярной и стохастической динамикой от начальных условий. Отображение Пуанкаре. Признаки стохастической динамики. Примеры систем с динамическим хаосом.</p>

Раздел 6. Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы.	Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы. Параметрическое усиление в системе с двумя степенями свободы, с нелинейными реактивными элементами. Нерегенеративный двухконтурный параметрический усилитель. Физический смысл максимального коэффициента усиления. Регенеративный параметрический усилитель с двумя контурами. Связь коэффициента усиления и полосы усиливаемых частот. Двухконтурный параметрический генератор с несинхронными и синхронными частотами. Автоколебательная система с двумя степенями свободы. Случай реактивной и резистивной связи. Основные режимы генерации. Возможность возникновения хаотических колебаний. Явление затягивания частоты. Области гашения автоколебаний. Условия стабилизации частоты генератора высокочастотным контуром.
--	--

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
1. Введение в теорию колебаний	6		2		
2. Колебания с одной степ. свободы	6		2		
3. Колеб. с одной степ. свободы при внешнем воздействии	6		4		
4. Метод медленно меняющихся амплитуд. Элементы теории автоколебаний	6		3		
5. Стохастические колебания в динамических системах,	5		2		
6. Параметрические и автоколебательные системы с двумя степенями свободы.	5		2		
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	34	–	17	39	90

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1-3

Свободные колебания в системах с одной степенью свободы.

Представление движений с помощью фазовой плоскости.

Общие определения автоколебательных систем и специфика их энергетики. Автоколебательные системы релаксационного типа.

Параметрический резонанс в линейных и нелинейных системах. Приближённый расчёт параметрического возбуждения колебаний в системе с малой нелинейностью.

Понятие о распределённой колебательной системе. Телеграфные уравнения и условия их применимости в неквазистационарной системе.

Раздел 4-6

1. Неизохронность колебаний нелинейных систем. Диссипативные системы. Типы особых точек и фазовых портретов диссипативных систем. Поэтапное рассмотрение. Условия сшиваания этапов. Построение фазовых траекторий методом изоклин.

2. Параметрическое воздействие с частотами, соизмеримыми с частотой колебаний системы в автономном режиме. Параметрическое возбуждение. Элементарная теория параметрического возбуждения колебаний.

3. Мягкий и жесткий режимы возбуждения автоколебаний и их представление на фазовой плоскости. Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему с одной степенью свободы. Принудительная синхронизация. Тушение автоколебаний.

4. Метод медленно меняющихся амплитуд. Обоснование метода для слабо нелинейных и слабо затухающих систем. Основные уравнения для определения медленно меняющихся амплитуд. Рассмотрение устойчивости стационарных состояний. Вариант метода с медленно меняющейся амплитудой и фазой. Комплексная форма. Применение метода медленно меняющихся амплитуд к рассмотрению свободных и вынужденных колебаний, к случаю параметрического возбуждения и параметрической регенерации.

5. Колебания в системах со многими степенями свободы.

Матричная форма записи уравнений колебаний в линейных системах с n степенями свободы. Нормальные координаты. Ортогональность нормальных колебаний. Экстремальные свойства собственных частот. Вынужденные колебания в системах с n степенями свободы. Системы с n степенями свободы с нелинейной реактивностью. Соотношения Мэнли и Роу. Их физический смысл и применение к анализу двухконтурных параметрических усилителей.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Донецкий государственный университет

Физико-технический факультет

Кафедра радиофизики и инфокоммуникационных технологий

Программа высшего
образования

Программа бакалавриата

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

Профиль подготовки

Радиофизика

Форма обучения

Очная

Семестр

Пятый

Дисциплина

Теория колебаний

Экзаменационный билет №1

1. Метод медленно меняющихся амплитуд.

2. Представление движения с помощью фазовой плоскости.

3.Параметрический резонанс.

Утверждено на заседании кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий,
протокол № __ от __.__.202_ г.

Заведующий кафедрой

В.В. Данилов

Экзаменатор

И.И. Худяков

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже. Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

8.1. Семестр 1

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-6	Организационно-учебная работа в аудитории	5
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	5
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		30
Экзамен		70
Общий итог за семестр		100

8.2. Семестр 2

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- 1) для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом.
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен проводится в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- 3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- 1) для слепых и слабовидящих:
 - в печатной форме увеличенным шрифтом;
 - в форме электронного документа;
- 2) для глухих и слабослышащих:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.
- 3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - в печатной форме;
 - в форме электронного документа.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд.405).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

11. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

11.1. Основная литература

Мигулин В.В., Медведев В.И., Мустель Е.Р., Парыгин В.Н. Основы теории колебаний. 2-е изд. М.: Наука, 1988. 390 с.

Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. 3-е изд. М.: Наука, 2000. 560 с.

Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. 2-е изд. М.: Наука, 1990.

Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.

2. Дополнительная

Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. М.: Наука, 1972. 470 с.

Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. 568 с.

Г.С. Горелик Г.С. Колебания и волны. 3-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 656 с.

Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. 4-е изд. М.: Наука, 1974. 504 с.

Капранов М.В., Кулешов В.Н., Уткин Г.М. Теория колебаний в радиотехнике. М.: Наука, 1984. 320 с.

Теодорчик К.Ф. Автоколебательные системы. М.: Изд. ГИТТЛ, 1952. 272 с.

Кузнецов А.П., Кузнецов С.П., Рыскин Н.М. Нелинейные колебания. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 292 с.

Хаяси Т. Нелинейные колебания в физических системах. М.: Мир, 1968. 432 с.

Найфе А. Введение в методы возмущений. М.: Мир, 1984. 536 с.

Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах. 2-е изд. М.: Наука, 1973. 344 с.

Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977. 624 с.

Неганов В.А., Осипов О.В., Раевский С.Б., Яровой Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн. 4-е изд. М.: Радиотехника, 2009. 744 с.

12. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ**: сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

13. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).