

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ОПОП ВО
профессор В. А. Лебедев**

**Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
СРЕДЕ ANSYS**

| | |
|-------------------------------------|--|
| Уровень высшего образования: | Магистратура |
| Направление подготовки: | 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника |
| Направленность (профиль): | Технологии производства электрической и тепловой энергии |
| Квалификация выпускника: | магистр |
| Форма обучения: | очная |
| Составитель: | д.т.н., профессор П.В.Яковлев |

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Моделирование теплоэнергетических процессов в среде ANSYS» составлена:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России №146 от 28 февраля 2018 г.;
- на основании учебного плана подготовки по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень магистратуры), направленность программы «Технологии производства электрической и тепловой энергии»

Составитель

д.т.н., профессор Яковлев П.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Теплотехники и теплоэнергетики от 27.01.2022 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой Теплотехники
и теплоэнергетики _____

к.т.н., проф В.А. Лебедев

Рабочая программа согласована:

Начальник управления учебно-
методического обеспечения
образовательного процесса _____

к.т.н.

Иванова П.В.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- формирование у студентов знаний и практических навыков в области методологии исследований теплоэнергетических процессов и систем;
- изучение способов моделирования теплоэнергетических и технологических процессов с использованием современного программного обеспечения, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать задачи расчета и оптимизации систем и процессов промышленной теплоэнергетики (ПТ), а также умения применять численные методы для решения поставленных задач.

Основные задачи дисциплины:

- выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи расчета и оптимизации систем и процессов промышленной теплоэнергетики (ПТ);
- научиться применять численные методы для решения поставленных задач с целью повышения энергетической эффективности установок ПТ.
- познакомить обучающихся с принципами построения численных моделей процессов и систем ПТ, создания системы балансовых уравнений и уравнений процессов, с основами численного решения системы уравнений;
- научить мыслить системно на примерах повышения энергетической эффективности объектов ПТ с учетом технологических, экологических и экономических факторов;
- научить анализировать существующие системы и их элементы, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их структуре с позиций повышения эффективности и энергосбережения;
- дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем и их элементов, как отечественных, так и зарубежных.
- познакомить обучающихся с различными программами для построения математических моделей на примере, программной среды Ansys.
- дать информацию о различных средах и методах моделирования теплоэнергетических процессов
- научить анализировать результаты моделирования, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование теплоэнергетических процессов в среде ANSYS» относится к факультативной части основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника» специализации «Технологии производства электрической и тепловой энергии» и изучается в 3 семестре.

Дисциплина «Моделирование теплоэнергетических процессов в среде ANSYS» является дополнительной для изучения следующих дисциплин: «Компьютерные технологии в теплоэнергетике и теплотехнике», «Системный анализ и моделирование теплоэнергетических процессов и систем».

Особенностью дисциплины является формирование у студентов творческого и нестандартного подходов к вопросу энергообеспечения предприятий минерально-сырьевого комплекса.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Моделирование теплоэнергетических процессов в среде ANSYS» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО | | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|---|-----------------|--|
| Содержание компетенции | Код компетенции | |
| Способен к разработке проектов, направленных на повышение энергетической эффективности объектов профессиональной деятельности | ПКС-1. | ПКС-1.1 Разрабатывает концепцию повышения энергетической эффективности объектов профессиональной деятельности ПКС-1.2. Разрабатывает комплект конструкторской документации проектов повышения энергетической эффективности объектов профессиональной деятельности |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование теплоэнергетических процессов в среде ANSYS» составляет 1 зачетная единица, 36 ак. часов.

| Вид учебной работы | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|---|-----------------|-----------------------|
| | | 3 |
| Аудиторные занятия (всего), в том числе: | 18 | 18 |
| Лекции | 9 | 9 |
| Практические занятия (ПЗ) | 9 | 9 |
| Лабораторные работы (ЛР) | - | - |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе: | 18 | 18 |
| Подготовка к практическим занятиям | 18 | 18 |
| Вид промежуточной аттестации – Зачет | 3 | 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины | | |
| | ак. час | 72 |
| | зач. ед. | 2 |

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование разделов | Виды занятий | | | | |
|-------|--|-----------------|--------|----------------------|---------------------|---|
| | | Всего ак. часов | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект) |
| 1. | Численные методы моделирования процессов и | 18 | 5 | 5 | - | 8 |

| | | | | | | |
|----|--|-----------|----------|----------|----------|-----------|
| | аппаратов промышленной теплоэнергетики (ПТ) | | | | | |
| 2. | Численное моделирование задач ПТ с помощью программы Ansys | 18 | 4 | 4 | - | 10 |
| | Итого: | 36 | 9 | 9 | - | 18 |

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|---|---|--------------------------|
| 1. | Численные методы моделирования процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики | Применение численных методов для моделирования систем ПТ. Численные методы и ЭВМ. Погрешность вычислений. Численное моделирование сложных систем. Системный подход и системный анализ. Этапы системного анализа. | 2 |
| | | Численное моделирование. Отношение модели к оригиналу. Численная модель и метод математического моделирования. Этапы математического моделирования. Типы математических моделей и области их применения. | 2 |
| | | Численная оптимизация в инженерной практике. Проектирование систем. Перераспределение ресурсов в существующих системах. Анализ и обработки информации. | 1 |
| 2. | Численное моделирование задач ПТ с помощью программы Ansys | Область задач ПТ для применения Fluent. Численные методы, используемые в Fluent. Численное решение системы дифференциальных уравнений. Задание исходных данных и геометрических размеров каналов течения теплоносителя. | 2 |
| | | Граничные условия. Модели турбулентности. Моделирование турбулентных течений несжимаемой жидкости и вязкого теплопроводного газа. | 2 |
| Итого: | | | 9 |

4.2.3. Практические занятия

| № п/п | Раздел | Тематика практических занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---|---|--------------------------|
| 1. | Численные методы моделирования процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики | Применение численных методов для расчёта задач теплопроводности | 2 |
| | | Применение численных методов для решения задач гидродинамики | 2 |
| | | Анализ явной и неявной схем, устойчивость решения. Методы повышения устойчивости решения. | 1 |
| 2. | Численное моделирование задач | ANSYS Workbench. Графический интерфейс пользователя (GUI), DesignModeler, менеджер окон | 2 |

| № п/п | Раздел | Тематика практических занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|------------------------------|--|--------------------------|
| | ПТ с помощью программы Ansys | Workbench. | |
| | | Построение расчетной сетки в ANSYS Meshing | 2 |
| Итого: | | | 9 |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

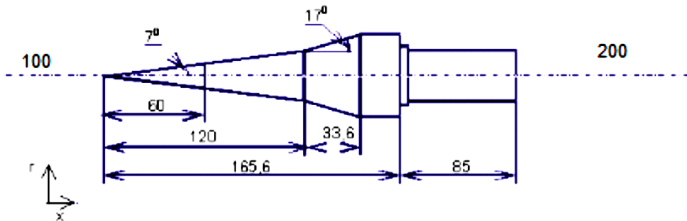
Раздел 1. Численные методы моделирования процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики

1. Дать определение методов математического и физического моделирования?
2. Назовите области применения методов математического и физического моделирования?
3. Практическое применение методов математического и физического моделирования?
4. Какие гидродинамические модели структуры потоков применяются при моделировании теплообменных аппаратов?
5. Сформулируйте на основе каких законов разрабатываются математические модели тепловых процессов?
6. Составить ячеечную математическая модель теплообменного аппарата?
7. Составить диффузионную однопараметрическую математическую модель теплообменного аппарата?
8. Сформулируйте принципы составления уравнений тепловых балансов.
9. Разработать математическую модель трубчатой печи.

10. Сформулируйте на основе каких законов разрабатываются математические модели тепловых процессов?

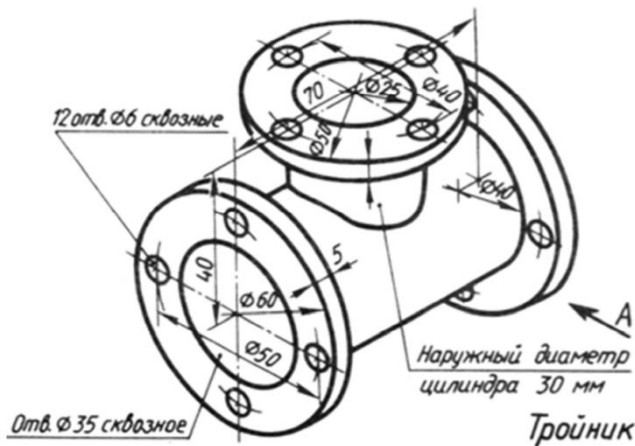
Раздел 2. Численное моделирование задач ПТ с помощью программы Ansys

Задача 1. Построить область для расчета осесимметричного течения в окрестности конуса с юбкой. Начало координат находится на носике конуса. Размеры в мм.



Разбить на подобласти и построить многоблочную структурированную сетку со сгущением к поверхности конуса.

Задача 2. Построить 3D тело, извлечь внутреннее тело и построить для него структурированную сетку с инфляцией около твердых поверхностей. Оценить качество сетки.



Задача 3. Провести моделирование трансзвукового обтекания профиля NACA (сетка прилагается) при угле атаки 2 град с учетом / без учета турбулентности. Входные условия: $M_\infty=0.7$, $P_\infty=70000$ Па, $T_\infty=280$ К, интенсивность турбулентности 1%. Подготовить отчет с описанием настроек расчетной модели в ANSYS Fluent и включить в него: • поля числа Маха и давления в окрестности профиля; • графики распределения коэффициентов давления, трения и величины y^+ на верхней и нижней поверхностях профиля. Определить положение отрывных зон и скачков уплотнения. Сделать выводы о влиянии турбулентности на размер отрывных зон.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)

6.2.1. Перечень вопросов для зачёта:

1. Оболочки и основные модули ANSYS, их назначение.
2. Оболочка Workbench: интерфейс и основы работы.
3. Структура расчетного проекта Workbench. Создание многофизических проектов.
4. Типы тел. Процедура создания тел.
5. Плоскости, эскизы, размеры, привязка объектов.
6. Основные 3D операции: выдавливание, вращение, протягивание.
7. Создание оболочек.
8. Создание 2D и 1D тел на основе эскизов.
9. Инструменты для редактирования и исправления ошибок геометрических моделей.
10. Инструменты для создания объемов вокруг и внутри твердотельной модели.

11. Специализированные модули для создания сеточных моделей. Типы расчетных сеток и их характеристики.
12. Методы построения сеток в 2D и 3D областях.
13. Вычислительная гидродинамика (CFD). Физические процессы и соответствующие математические модели, положенные в основу CFD.
14. Интерфейс программы Fluent: дерево, лента, панели инструментов
15. Основные этапы расчета течений жидкости и газа.
16. Типы решателей. Стационарный и нестационарный расчет.
17. Создание материала жидкой и газообразной среды, задание его свойств.
18. Турбулентность. Основные понятия и подходы к моделированию. Иерархия моделей турбулентности.
19. Моделирование турбулентных течений вблизи твердых стенок. Закон стенки-следа.
20. Вихреразрешающие модели турбулентности. Задание граничных условий для турбулентных параметров
21. Виды теплообмена. Тепловые граничные условия.
22. Конвективный и радиационный теплообмен, фазовый переход и их моделирование в ANSYS Fluent.
23. Нестационарные течения, методы расчета, обработка результатов.
24. Моделирования газовых течений с химическими реакциями. Подготовленные и неподготовленные смеси.
25. Модели взаимодействия турбулентности и химии.

6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

1 вариант

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|--|
| 1. | Модель, представляющая собой объект, который ведет себя как реальный объект, но не выглядит как таковой — это | 1. физическая модель 2. аналоговая модель 3. типовая модель 4. математическая модель |
| 2. | Модель, представляющая то, что исследуется с помощью увеличенного или уменьшенного описания объекта или системы — это | 1. физическая 2. аналитическая 3. типовая 4. Математическая |
| 3. | Какой из структурных элементов включает в себя процесс моделирования? | 1. анализ 2. модель 3. объект 4. субъект |
| 4. | Материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект-оригинал так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале — это | 1. модель 2. аналогия 3. абстракция 4. Гипотеза |
| 5. | Математическое моделирование это средство для | 1. изучения свойств реальных объектов в рамках поставленной задачи 2). упрощения поставленной задачи 3) поиска физической модели 4) принятия решения в рамках |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|----------|--|---|
| | | поставленной задачи |
| 6. | Построение геометрической модели объекта в программе ANSYS, задание его свойств и краевых условий осуществляются в модуле: | 1). SOLUTION; 2). PREP7; 3). POST26; 4). POST1. |
| 7. | Задание краевых условий в программе ANSYS, выбор решателя, спецификация решателя, решение осуществляются в модуле: | 1). PREP7; 2). POST26; 3). POST1; 4). SOLUTION. |
| 8. | Обзор результатов решения в программе ANSYS для стационарного случая или по шагам нагрузки или времени, и графическая визуализация результатов осуществляются в модуле | 1). POST26; 2). SOLUTION; 3). PREP7; 4). POST1. |
| 9. | Обзор результатов решения в программе ANSYS в виде графиков результат – шаг нагрузки или результат – время осуществляется в модуле: | 1). PREP7; 2). POST1; 3). POST26; 4). SOLUTION. |
| 10. | Окно Main Menu в программе ANSYS служит для: | 1). быстрого доступа к ряду команд; 2). доступа к командам, доступным из любого процессора; 3). ввода команд; 4). доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 5). графического вывода объектов. |
| 11. | Выберите допустимые имена параметров, задаваемых в программе ANSYS: | 1). X; 2). M&E; 3). 2CF3; 4). 1x. |
| 12. | Выберите допустимые имена параметров, задаваемых в программе ANSYS: | 1). X_OR_Y; 2). ABC; 3). CBV. |
| 13. | В программе ANSYS имеется возможность применения следующих методов создания модели: | 1). создание геометрической модели средствами комплекса ANSYS; 2). использование прямой генерации (узлов и элементов); 3). импорт моделей, созданных средствами CAD. |
| 14. | Каким методом ведется расчет распространения магнитного поля в программном комплексе Ansys? | 1. Метод граничных элементов; 2. Метод конечных элементов; 3. Метод интегральных уравнений; 4. Метод конечных разностей. |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|--|
| 15. | С помощью какого типа элемента выполняется моделирование абсолютно твердого тела и материальной точки? | 1). SOLID; 2). PIPE; 3). CONTAC; 4). MASS. |
| 16. | Выберите верные функции типа элемента PIPE: | 1). моделирование трехмерных объектов 2). моделирование стержневых систем – труба + жидкость 3). моделирование абсолютно твердого тела и материальной точки 4). моделирование условий контакта. |
| 17. | Укажите верные свойства для ANSYS ANSYS Input? | 1). главное меню ANSYS, служит для доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 2). меню утилит, служащее для доступа к командам, доступным из любого процессора. Это операции с файлами, управления выводом данных и другие; 3). панель инструментов. Служит для быстрого доступа к ряду команд, а также для размещения кнопок доступа к макросам, написанным пользователем; 4). командное окно, служащее для ввода команд. |
| 18. | Выберите верные функции типа элемента BEAM? | 1). моделирование ферменных конструкций, тросов, канатов и т.д.; 2). моделирование стержневых конструкций; 3). моделирование тонкостенных конструкций; 4). моделирование двухмерных задач (плоская задача, плосконапряженное состояние, осесимметричная задача). |
| 19. | С помощью какого типа элемента выполняется моделирование ферменных конструкций, тросов, канатов и т.д.? | 1). LINK; 2). BEAM; 3). SHELL; 4). PLANE. |
| 20. | Какому из типов анализа соответствуют свойства «Нестационарный анализ»? | 1). HARMIC 2). TRANS 3). SUBSTR 4). SPECTR |

2 вариант

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. | На какой язык должна быть | 1). неформальный математический язык |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|--|
| | "переведена" прикладная задача для ее решения с использованием ЭВМ? | 2). формальный математический язык 3). формальный физический язык 4). неформальный физический язык |
| 2. | Что такое линейное программирование? | 1). это направление математического программирования, изучающее методы решения экстремальных задач, которые характеризуются линейной зависимостью между переменными и линейным критерием 2). раздел математического программирования, изучающий подход к решению нелинейных задач оптимизации специальной структуры 3). метод оптимизации, приспособленный, к задачам, в которых процесс принятия решения, может быть, разбит на отдельные этапы (шаги) 4). это направление математического программирования, в котором целевой функцией или ограничением является нелинейная функция |
| 3. | К какому классу моделей можно отнести спичечный коробок, если представить его моделью системного блока ПК при планировании своего рабочего места? | 1). это идеальная, математическая модель 2). это вещественная, натурная модель 3). это вещественная, физическая модель 4). это не является моделью |
| 4. | Какая из задач не имеет аналитической модели? | 1). поиск оптимального раскроя листа фанеры 2). демодуляция аналогового сигнала 3). расчет расхода топлива по заданной формуле 4). распознавание текста |
| 5. | В чем заключается построение математической модели? | 1). в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста математическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат 2). в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| | | <p>физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат</p> <p>3). в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста математическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат</p> <p>4). в определении связей между теми или иными процессами и явлениями, создании математического аппарата, позволяющего выразить количественно и качественно связь между теми или иными процессами и явлениями, между интересующими специалиста физическими величинами, и факторами, влияющими на конечный результат</p> |
| 6. | Какое преимущество имеет вычислительный эксперимент по сравнению с натурным экспериментом? | <p>1). короткие сроки и минимальные материальные затраты</p> <p>2). только короткие сроки получения результатов</p> <p>3). только минимальные материальные затраты</p> <p>4). нет правильного ответа</p> |
| 7. | Что происходит с результатами исследований на ЭВМ при проверке адекватности математической модели и реального объекта, процесса или системы? | <p>1). сравниваются с результатами эксперимента на опытном натурном образце</p> <p>2). принимаются в качестве итоговых результатов</p> <p>3). не принимаются во внимание</p> <p>4). нет правильного ответа</p> |
| 8. | Окно Utility Menu в программе ANSYS служит для: | <p>1). доступа к командам, доступным из любого процессора;</p> <p>2). графического вывода объектов;</p> <p>3). быстрого доступа к ряду команд;</p> <p>4). ввода команд;</p> <p>5). доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора</p> |
| 9. | Окно Toolbar в программе ANSYS служит для: | <p>1). доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора;</p> <p>2). графического вывода объектов;</p> <p>3). быстрого доступа к ряду команд;</p> <p>4). доступа к командам, доступным из любого процессора;</p> |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|--|
| 10. | Окно Input в программе ANSYS служит для: | 1). ввода команд; 2). быстрого доступа к ряду команд; 3). доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 4). доступа к командам, доступным из любого процессора; |
| 11. | Окно Graphics в программе ANSYS служит для: | 1). доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 2). доступа к командам, доступным из любого процессора; 3). быстрого доступа к ряду команд; 4). ввода команд |
| 12. | При написании программ в ANSYS при записи в экспоненциальной форме число 25000 может быть записано в виде: | 1). 25000; 2). 25D3; 3). 25E3; 4). 25E0 |
| 13. | Чтобы определить тип анализа в программе ANSYS, необходимо воспользоваться командами, расположенными в м | 1). SOLU; 2). PREP7; 3). POST26; 4). POST1. |
| 14. | К основным свойствам математических моделей относятся: | 1). простота (сложность); 2). потенциальность; 3). адекватность; 4). осуществимость. |
| 15. | Моделирование базируется на следующих основополагающих принципах: | 1). информационной достаточности; 2). осуществимости; 3). множественности моделей; 4). агрегирования. |
| 16. | К основным аспектам, определяющим эффективность применения CALS-технологий относятся: | 1). компьютерная автоматизация, позволяющая повысить производительность основных процессов и операций создания информации; 2). информационная интеграция процессов, обеспечивающая совместное и многократное использование одних и тех же данных; 3). переход к безбумажной организации процессов и применение новых моделей их организации. |
| 17. | Основными источниками погрешностей результатов при компьютерном моделировании являются: | 1). погрешность модели; 2). погрешность данных; 3). погрешность метода; 4). вычислительная погрешность. |
| 18. | Какому из типов анализа соответствуют свойства «стационарный анализ»? | 1).BUCKLE 2).MODAL 3).HARMIC 4). STATIC |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|--|
| 19. | Выберите верные свойства для типа анализа MODAL: | <p>1). стационарный анализ. Используется для решения всех типов задач (механики деформируемого твердого тела, механики жидкости и газа, термического анализа и т.д.);</p> <p>2). анализ задачи устойчивости в линейной постановке. Подразумевает, что предварительно был проведен стационарный анализ с вычислением предварительно напряженного состояния [PSTRES,ON]. Используется только для задач механики твердого деформируемого тела;</p> <p>3). модальный анализ – анализ конструкции на собственные частоты и формы. Используется только для задач механики твердого деформируемого тела;</p> <p>4). гармонический анализ. Используется для задач механики твердого деформируемого тела, механики жидкости и газа и электромагнитного анализа.</p> |
| 20. | Файл базы данных, создаваемый программой ANSYS, имеет расширение: | <p>1). db;</p> <p>2). log;</p> <p>3). err;</p> <p>4). rth;</p> <p>5). rst.</p> |

3 вариант

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| 1. | Какой модели быть не может? | <p>1). вещественной, физической</p> <p>2). идеальной, физической</p> <p>3). вещественной, математической</p> <p>4). идеальной, математической</p> |
| 2. | По поведению математических моделей во времени их разделяют на | <p>1). детерминированные и стохастические</p> <p>2). статические и динамические</p> <p>3). непрерывные и дискретные</p> <p>4). аналитические и имитационные</p> |
| 3. | Как называется замещаемый моделью объект? | <p>1). копия</p> <p>2). оригинал</p> <p>3). шаблон</p> <p>4). макет</p> |
| 4. | Что такое математическая модель? | <p>1). точное представление реальных объектов, процессов или систем, выраженное в математических терминах и сохраняющее существенные черты оригинала</p> |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|--|
| | | <p>2). точное представление реальных объектов, процессов или систем, выраженное в физических терминах и сохраняющее существенные черты оригинала</p> <p>3). приближенное представление реальных объектов, процессов или систем, выраженное в математических терминах и сохраняющее существенные черты оригинала</p> <p>4). приближенное представление реальных объектов, процессов или систем, выраженное в физических терминах и сохраняющее существенные черты оригинала</p> |
| 5. | Какие виды математических моделей получают при разделении их по принципам построения? | <p>1). аналитические, имитационные</p> <p>2). детерминированные, стохастические</p> <p>3). стохастические, аналитические</p> <p>4). детерминированные, имитационные</p> |
| 6. | Элементы типа SOLID в программе ANSYS используются для моделирования: | <p>1). стержневых конструкций;</p> <p>2). условий контакта;</p> <p>3). трехмерных объектов;</p> <p>4). двухмерных задач.</p> |
| 7. | Элементы типа PLANE в программе ANSYS используются для моделирования: | <p>1). трехмерных объектов;</p> <p>2). стержневых конструкций;</p> <p>3). двухмерных задач;</p> <p>4). условий контакта.</p> |
| 8. | Элементы типа BEAM в программе ANSYS используются для моделирования: | <p>1). условий контакта;</p> <p>2). стержневых конструкций;</p> <p>3). двухмерных задач;</p> <p>4). трехмерных объектов.</p> |
| 9. | Для проведения нестационарного анализа в ANSYS необходимо выбрать следующий пункт меню | <p>1). STATIC;</p> <p>2). TRANS;</p> <p>3). SUBSTR;</p> <p>4). MODAL;</p> <p>5). HARMIC</p> |
| 10. | Для проведения стационарного анализа в ANSYS необходимо выбрать следующий пункт | <p>1). TRANS;</p> <p>2). HARMIC;</p> <p>3). MODAL;</p> <p>4). STATIC;</p> <p>5). SUBSTR</p> |
| 11. | Файл базы данных, создаваемый программой ANSYS, имеет расширение: | <p>1). db;</p> <p>2). log;</p> <p>3). err;</p> <p>4). rth;</p> <p>5). rst.</p> |
| 12. | Файл результатов термического анализа, создаваемый программой ANSYS, имеет расширение | <p>1). rth;</p> <p>2). err;</p> <p>3). log;</p> <p>4). db;</p> |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|--|
| | | 5). rst. |
| 13. | Для того, чтобы провести обзор результатов решения в ANSYS, необходимо воспользоваться командами, расположенными в модуле: | 1). POST1; 2). POST26; 3). PREP7; 4). SOLU. |
| 14. | Для того, чтобы задать свойства материалов в ANSYS, необходимо воспользоваться командами, расположенными в мо | 1). POST1; 2). POST26; 3). PREP7; 4). SOLU. |
| 15. | Чтобы приложить нагрузки на модель в программе ANSYS, необходимо воспользоваться командами, расположенными в модуле: | 1). POST26; 2). SOLU; 3). PREP7; 4). POST1. |
| 16. | Выберите верные функции типа элемента PIPE: | 1). моделирование трехмерных объектов 2). моделирование стержневых систем – труба + жидкость 3). моделирование абсолютно твердого тела и материальной точки 4). моделирование условий контакта. |
| 17. | Укажите верные свойства для ANSYS ANSYS Input? | 1). главное меню ANSYS, служит для доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 2). меню утилит, служащее для доступа к командам, доступным из любого процессора. Это операции с файлами, управления выводом данных и другие; 3). панель инструментов. Служит для быстрого доступа к ряду команд, а также для размещения кнопок доступа к макросам, написанным пользователем; 4). командное окно, служащее для ввода команд. |
| 18. | Окно Utility Menu в программе ANSYS служит для: | 1). доступа к командам, доступным из любого процессора; 2). графического вывода объектов; 3). быстрого доступа к ряду команд; 4). ввода команд; |
| 19. | Окно Toolbar в программе ANSYS служит для: | 1). доступа ко всем операциям процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 2). графического вывода объектов; 3). быстрого доступа к ряду команд; 4). доступа к командам, доступным из любого процессора |
| 20. | Окно Input в программе ANSYS служит для: | 1). ввода команд; 2). быстрого доступа к ряду команд; 3). доступа ко всем операциям |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--------|--|
| | | процессоров – препроцессора, процессора решения и постпроцессора; 4). доступа к командам, доступным из любого процессора; |

6.2.2. Критерии оценок промежуточной аттестации

Шкала оценивания знаний по выполнению заданий зачета

| Оценка | Описание |
|------------|---|
| Зачтено | Посещение более 50 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу. |
| Не зачтено | Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному. |

6.2.3.2. Шкала оценивания знаний в тестовой форме

| Количество правильных ответов, % | Оценка |
|----------------------------------|------------|
| 0-49 | Не зачтено |
| 50-65 | Зачтено |
| 66-85 | Зачтено |
| 86-100 | Зачтено |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

- Каплунов, С. М. Оценка устойчивости трубных пучков теплообменных аппаратов методами численного моделирования : учебное пособие / С. М. Каплунов, А. В. Самолысов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. — 59 с. — ISBN 978-5-7038-5268-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172731> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Горлач, Б. А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация : учебное пособие для вузов / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-9551-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/200447> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Каменских, А. А. Реализация решения задач механики контактного взаимодействия в прикладном пакете ANSYS : учебное пособие / А. А. Каменских, М. Л. Бартоломей. — Пермь : ПНИПУ, 2017. — 65 с. — ISBN 978-5-398-01750-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/160839> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Мухутдинов, А. Р. Основы применения ANSYS Autodyn для решения задач моделирования быстротекущих процессов : учебное пособие / А. Р. Мухутдинов, М. Г. Ефимов. — 2-е издание. — Казань : КНИТУ, 2018. — 244 с. — ISBN 978-5-7882-2390-2. — Текст :

- электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138480> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Жидков, А. В. Моделирование поведения гиперупругих материалов : учебно-методическое пособие / А. В. Жидков, Н. В. Леонтьев. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020 — Часть 2 : Применение ansys — 2020. — 32 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/191932> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Компьютерные технологии в научных исследованиях энергоэффективности потребительских энергосистем АПК : учебное пособие / составители М. М. Беззубцева В. С. Волков А. В. Котов К. Н. Обухов. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2014. — 196 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162696> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Основы научных исследований [Электронный ресурс] / А. М. Митрофанов. - Электрон. граф. дан. Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2007. - 72 сл.

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. Оконечников, А. С. Прочностные и динамические расчеты в программном комплексе ANSYS WORKBENCH : учебное пособие / А. С. Оконечников, С. Д. , Ф. Г. . — Москва : МАИ, 2021. — 101 с. — ISBN 978-5-4316-0805-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207485> (дата обращения: 26.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/.
11. Термические константы веществ. Электронная база данных, <http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
14. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.

15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.

16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»».
<http://rucont.ru/>

17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

<http://ior.spmi.ru/profile/pers/kafedra/2019/token/15399479061539958706>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Лекционная аудитория №1244: мультимедийный проектор – 1 шт.; столы – 45 шт.; стулья – 92 шт.; АРМ преподавателя ПК (системный блок, монитор) – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»); лабораторное оборудование – 6 шт.

Компьютерный класс №1232: Комплект мультимедийной аудитории Тип 2 (доступ к сети «Интернет») – 1шт; столы компьютерные – 16 шт., стол – 2 шт.; стулья – 28 шт. Компьютер для студентов - 18 шт. (возможность подключения к сети «Интернет»), принтер – 1 шт.

Специализированные аудитории оснащены лицензионным программным обеспечением:

1. Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.2003; Microsoft Open License 16581753 от 03.07.2003; Microsoft Open License 16396212 от 15.05.2003; Microsoft Open License 16735777 от 22.08.2003; ГК № 797-09/09 от 14.09.09 "На поставку компьютерного оборудования"; ГК № 1200-12/09 от 10.12.09 "На поставку компьютерного оборудования"; ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 "На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения"; ГК № 1196-12/08 от 02.12.2008 "На поставку программного обеспечения" Microsoft Open License 45369730 от 16.04.2009;
2. Microsoft Office 2007: Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 ;
3. MapInfo Professional: ГК №1142912/09 от 04.12.2009 "На поставку программного обеспечения" ;
4. Autodesk: product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766N1

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» , Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» , Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 , Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 , Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с

мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional ГК №797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 .

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки

Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)