



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория физического подобия и моделирования горных машин

Направление подготовки
15.06.01 Машиностроение

Направленность
Горные машины

Уровень высшего образования – аспирантура

Форма обучения
Очная

Институт	Горного дела и транспорта
Кафедра	Горных машин и транспортно-технологических комплексов
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.06.01 Машиностроение, утвержденного приказом МОиН РФ от 30.07.2014 № 881.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры горных машин и транспортно-технологических комплексов от «30» августа 2018 г., протокол № 1

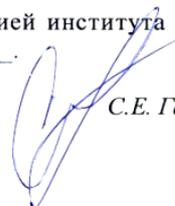
Зав. кафедрой



А.Д. Кольга

Рабочая программа одобрена методической комиссией института горного дела и транспорта от « 07 » сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель



С.Е. Гаврилов

Рабочая программа составлена: д-ром техн. наук, профессором



А.Д. Кольгой

Профессор кафедры Проектирования
и эксплуатации металлургических
Рецензент: машин и оборудования
доктор техн. наук



Точилкин В.В.

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Теория физического подобия и моделирования горных машин» являются: формирование у обучающихся компетенции необходимые инженеру-разработчику (конструктору) для создания новых технических решений.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки аспирантуры

Дисциплина «Теория физического подобия и моделирования горных машин» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин на уровнях бакалавриата и магистратуры: «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», «Теоретическая механика», «Сопrotивление материалов», «Горные машины и оборудование подземных горных работ», «Транспортные системы горных предприятий», «Стационарные машины (шахт, карьеров и обогатительных фабрик)», «Механическое оборудование обогатительных фабрик».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для выполнения ВКР.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория физического подобия и моделирования горных машин входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Методология и информационные технологии в научных исследованиях

Защита интеллектуальной собственности

Технологии и машины горно-металлургического производства

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Спецдисциплина

Методология повышения производительности машин на основе продления ресурса подвижных соединений

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория физического подобия и моделирования горных машин» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	способностью научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства
Знать	Основные понятия и определения при проектировании и моделировании средств механизации в горном производстве.

Уметь	Применять стандартные методы расчета при проектировании и моделировании деталей и узлов машин с использованием средств автоматизации моделирования
Владеть	Навыками работы с программами моделирующими нагружение механизмов с учетом режима работы и условий работы.
ОПК-6 способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций	
Знать	Конструкции, назначение, устройство и условия работы горных машин
Уметь	Составлять расчетные схемы механизмов и их деталей
Владеть	Навыками проектирования в системах САПР
ПК-4 способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать	
Знать	Основные схемы механизмов горных машин
Уметь	Разрабатывать компоновочные схемы, сборочные чертежи и чертежи общего вида типовых механизмов и машин
Владеть	Навыками совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды.
ПК-5 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	
Знать	Основные принципы моделирования механизмов горных машин
Уметь	Разрабатывать модели машин, механизмов узлов и деталей типовых механизмов и машин
Владеть	Навыками проведения экспериментов с анализом их результатов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 69 акад. часов;
- аудиторная – 69 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов
- самостоятельная работа – 75 акад. часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 ВВЕДЕНИЕ. Краткая характеристика состояния комплексной механизации горно-подготовительных и выемочных работ. Проектирование как трехступенчатый процесс. От традиционных методов проектирования к современным. Свободно программируемые контроллеры в технологии автоматизации (СПК). Основная структура свободно программируемых контроллеров. Новейший стандарт СПК ЕС 1131.		1		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.2 Основные принципы. Десятичная система счисления. Двоичная система счисления. Двоично-десятичная система счисления. Шестнадцатеричная система счисления. Знаки в двоичных системах счисления. Действительные числа. Генератор двоичных и цифровых сигналов.	4	2/2И		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.3 Логические функции. Основные логические функции. Другие логические функции. Комбинации логических функций. Упрощение логических функций. Карно-Вайна диаграмма.		2/2И		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5

1.4 Конструкция и принцип действия. Структура свободно программируемых контроллеров. Центральный блок управления свободно программируемых контроллеров (СПК). Принцип действия СПК. Использование программной памяти. Модуль входов. Модуль выходов. Устройство программирования/персональный компьютер.	2		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.5 Программирование PLC. Систематизация принятия решений. Стандарт IEC 61131-3 структуризации ресурсов. Языки программирования	2/2И		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.6 Общие элементы языков программирования. Ресурсы свободно программируемых контроллеров. Переменные и типы данных. программы.	1		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.7 Функциональные блок-диаграммы. Элементы языка программирования функциональных блок-диаграмм. Анализ схем. Структура с обратной связью.	1		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.8 Диаграммы контактов. Элементы языка диаграмм контактов. Функции и функциональные блоки. Очередность работы.	1		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.9 Список команд. Команды. Операторы. Функции и функциональные блоки.	1		3		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.10 Структурированный текст. Выражения. Утверждения. Утверждения выбора. Циклы.	1		3		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.11 Последовательные функциональные диаграммы. Введение. Элементы последовательной функциональной диаграммы. Переходы. Этапы.	1/2И		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5

1.12 Логическая система управления. Что называется логической системой управления. Логические системы управления без функции запоминания. Логическая система управления с памятью. Установление фронтов	1		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.13 Таймеры. Вступление. Формирователи длительности импульсов (таймеры). Задержка включения сигнала. Задержка выключения сигнала.	1		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.14 Счетчики. Назначение функции. Инкрементный счетчик. Декрементный счетчик. Инкрементный-декрементный счетчик.	1			5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.15 Последовательные системы управления. Что такое последовательные системы управления. Функциональные диаграммы по стандарту ЕС60848.	2		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.16 Подготовка СПК к эксплуатации и его надежность. Подготовка СПК к эксплуатации. Надежность.	2/2И		3	5	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
1.17 Коммуникации. Назначение коммуникаций. Передача данных. Интерфейсы. Магистральные коммуникации.	1		1		Самостоятельное изучение учебной и научной литературы.	Индивидуальное собеседование. Защита практических работ.	ОПК-1, ОПК-6, ПК-4, ПК-5
Итого по разделу	23/10И		46	75			
Итого за семестр	23/10И		46	70		зао	
Итого по дисциплине	23/10 И		46	75		зачет с оценкой	ОПК-1,ОПК-6,ПК-4,ПК-5

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория физического подобию и моделирования горных машин» используются традиционные и информационно-коммуникационные образовательные технологии.

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Теория физического подобию и моделирования горных машин» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях-консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы. При проведении лекций особое внимание уделяется взаимосвязи рассматриваемых тем и вопросов с действующими гостями. Полное овладение требованиями данных гостей необходимо будет студентам при их дальнейшей самостоятельной практической деятельности на самых разнообразных предприятиях машиностроительной и горной отрасли. При рассмотрении тем данной дисциплины необходимо проводить достаточное количество примеров из практической деятельности ведущих предприятий города, региона и России, а также использовать опыт известных мировых лидеров в области горного машиностроения. Для этого необходимо рассмотрение материалов обновленной печати, информационных писем предприятий, а также информации Медиа изданий.

Самостоятельная работа стимулирует студентов при решении задач на практических занятиях, при подготовке к итоговой аттестации, при работе над курсовым проектом.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Иванов, Г.А. Детали машин и основы конструирования (транспортирующие и грузоподъемные машины) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.А. Иванов, Г.Е. Шуть. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 64 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/104617>. — Загл. с экрана.

2. Игнатъев Н.П. Основы проектирования: учебное пособие. г. Азов: ООО «АзовПечать», 2011.-510с.

б) Дополнительная литература:

1. Кожушко, Г.Г. Расчет и проектирование ленточных конвейеров [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Г.Г. Кожушко, О.А. Лукашук. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2016. — 232 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/99091>. — Загл. с экрана.

2. Солод В. И., Гетопанов В. Н., Рачек В. М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов Учебник для вузов. — М., Недра, 1982, 350 с.

3. Схиртладзе А.Г. Проектирование нестандартного оборудования. М.: Новое время 2006. 424 с.

4. Докукин А. В., Фролов А. Г., Позин Е. 3. Выбор параметров выемочных машин. Научно-методические основы. М., Наука, 1976.

5. Комплексная механизация и автоматизация очистных работ в угольных шахтах. Под ред. Б. Ф. Братченко. М., Недра, 1977.

6. Миничев В. И. Угледобывающие комбайны. Конструирование и расчет. М., Машиностроение, 1976.

7. Солод В. И., Гетопанов В. Н., Шильберг И. Л. Надежность горных машин и комплексов. М., изд. МГИ, 1972.

8. Чернов Л. Б. Основы методологии проектирования машин. М., Машиностроение, 1978.

9. Гетопанов В. И., Рачек В. М. Проектирование и надежность средств, комплексной механизации.— М., Недра, 1986.

10. Когаев В. П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. М., Машиностроение, 1977.

в) Методические указания:

1. Кольга А.Д., Вагин В.С. Создание проекта с использованием Simatic Manager и проверка работоспособности проекта на стенде FESTO: Методические указания к лабораторной работе №1 по дисциплинам «Моделирование рабочих процессов горных машины и оборудования», «Автоматизированные системы управления» для студентов специальности 150402 и магистров направления 150402.68. Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. 16с.

2. Кольга А.Д., Вагин В.С., Основы функционирования гидравлических систем металлургического оборудования. Лабораторный практикум по гидроприводу и гидроавтоматике: учебн. пособие. - Магнитогорск: ГОУ ВПО "МГТУ", 2009. - 105с.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	http://scopus.com

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Лекционная аудитория - Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Компьютерный класс - Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки - Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Тип и название аудитории - Оснащение аудитории

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Практические задания по построению твердотельных деталей, узлов и их расчету в среде Компас или Инвентор выполняются поэтапно на практических занятиях и сдаются в конце занятий.

Во время занятий нужно очень внимательно слушать, следить на экране проектора последовательность создания деталей в САПР и повторять за преподавателем за своим компьютером. В случае возникновений вопросов или затруднений при выполнении работы, обратиться за помощью к преподавателю. Дома желательно так же заниматься самостоятельно, используя руководства пользователя и учебные материалы Autodesk Inventor, Компас, для наилучшего закрепления навыков построения и расчетов в САПР.

Метод конечных элементов – численный метод решения дифференциальных уравнений, встречающихся при математическом описании поведения различных объектов в различных условиях: течения жидкостей и газов, деформирования высокоэластичных тел, деталей машин под действием внешних нагрузок. С помощью МКЭ можно рассчитывать распределение напряжений, деформаций, скоростей, температур, электрического потенциала, определять вибрации и другие параметры объектов в процессе их эксплуатации.

Использование МКЭ, даже для решения простых задач, предполагает огромный объем вычислений, который невозможно выполнить без использования ЭВМ достаточной мощности и специальных программных систем автоматизированного проектирования (САЕ систем). Система Autodesk Inventor обладает функциями САЕ систем, она позволяет проводить расчеты напряжений и деформаций в построенных моделях деталей и сборок, а также рассчитывать частоты их собственных колебаний. Мы будем рассматривать методы расчета напряжений в деталях и сборках, находящихся под действием внешних статических нагрузок.

При использовании МКЭ технический объект разбивается на множество однотипных элементов простой геометрической формы, называемых **КОНЕЧНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (КЭ)**. Все конечные элементы объединяются друг с другом в некоторых точках пространства, называемых **УЗЛАМИ**. В совокупности КЭ и узлы образуют конечно-элементную модель объекта.

В целом использование МКЭ сводится к следующим основным этапам:

1. Моделирование конструкции. На этом этапе создается трехмерная твердотельная модель реальной физической конструкции, которая разбивается на множество конечных элементов. Для элементов задаются свойства материалов.
2. Задаются граничные условия (условия закрепления конструкции, деформация конструкции).
3. Задаются контакты между деталями в сборке (если рассчитывается сборка из деталей).

4. Формируются внешние нагрузки (силы, моменты, давления).
5. Проводится расчет модели.
6. Анализируются результаты расчета

Основные типы конечных элементов

Существуют сотни конечных элементов различных видов. Конечные элементы различаются размерностью в пространстве, формой, количеством узлов, свойствами материала и другими параметрами.

ОДНОМЕРНЫЕ КЭ используются для моделирования ферм, сборных конструкций из металлопроката, балок, длинных валов, стержней и т.п. Существуют КЭ с двумя узлами (линейные) и криволинейные КЭ с тремя и большим количеством узлов. КЭ стержневого типа используются в тех случаях, когда элементы конструкции работают только на растяжение и сжатие. В случае возникновения изгибающих и крутящих моментов используются балочные КЭ.

ДВУМЕРНЫЕ КЭ используются для моделирования плоских конструкций и оболочек с участками постоянной толщины. Используются треугольные и квадратные элементы. Элементы различаются количеством узлов и криволинейностью сторон. Имеются мембранные элементы, которые не воспринимают моменты в плоскости элемента и любые нагрузки вне плоскости элемента, и пластинчатые элементы, работающие на изгиб и кручение.

ТРЕХМЕРНЫЕ КЭ используются для моделирования тел сложной геометрической формы. Различают тетраэдральные, призматические и гексаэдральные элементы с различным количеством узлов

Плоские и объемные элементы образуют своими ребрами в конечноэлементной модели сетку КЭ. Таким образом, реальный объект представляется в виде сетки КЭ. Не существует строгих правил построения таких сеток. Имеются общие рекомендации. Чем гуще сетка КЭ, чем больше узлов содержат КЭ, тем точнее получаются результаты расчета, однако при этом увеличивается время расчета конструкции, иногда очень существенно. Поэтому следует выбирать размеры и форму КЭ таким образом, чтобы обеспечить реальное время расчета конструкции и достаточную точность. В тех частях конструкции, где ожидается концентрация напряжений, рекомендуется создавать более густую сетку КЭ, где напряжения меняются мало – более редкую.

В системе Autodesk Inventor сетка формируется в соответствии с настройками пользователя автоматически, и затем может уточняться. Пример сетки трехмерных КЭ приведен на рис. 1.

Узлы:33833
Элементы:22420

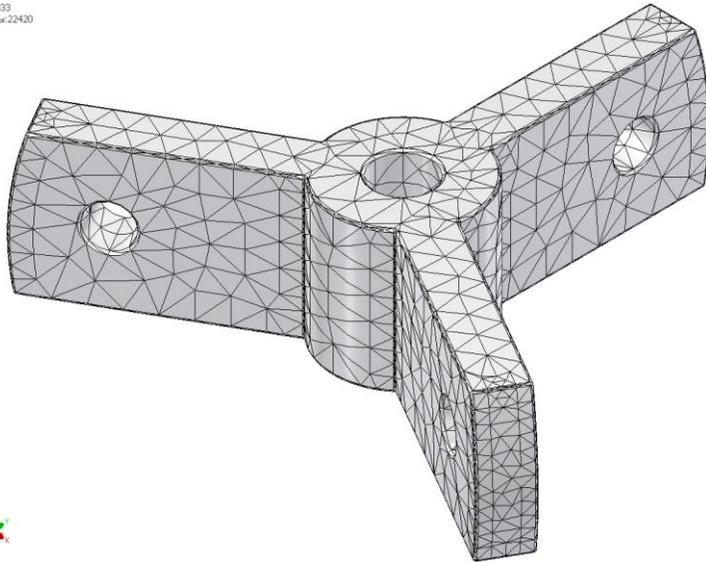


Рис. 1. Сетка конечных элементов

ПРИМЕР

Порядок выполнения работы

1. ЗАГРУЗИТЕ ПРОГРАММУ AUTODESK INVENTOR.

2. Нажмите кнопку "Проекты" на панели инструментов "Запуск", и выберите созданный Вами ранее проект с именем "Съемник подшипников". Проект должен находиться в Вашей персональной папке. Сделайте проект текущим (установите символ "V" напротив имени проекта). Закройте окно проектов.

3. РАССЧИТАЙТЕ НА ПРОЧНОСТЬ ДЕТАЛЬ СЪЕМНИКА – ТРАВЕРСУ.

Откройте файл детали «траверса».

4. На вкладке «Среды» выберите инструмент «Анализ напряжений».

Создайте новое моделирование командой «Создать моделирование» (рис. 3). Укажите вид анализа – «Одноточечный», «Статический анализ».

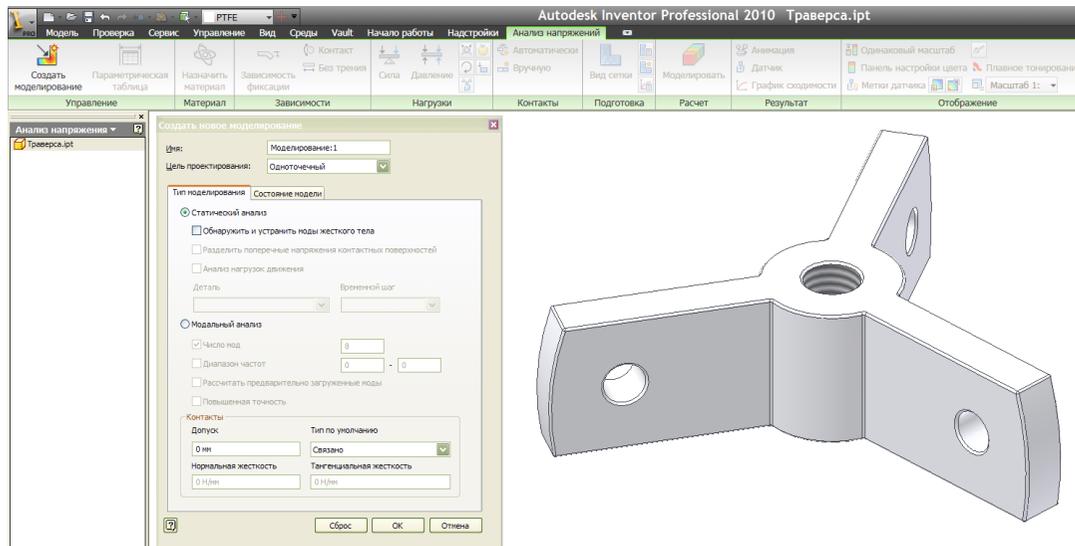


Рис. 3. Создание моделирования

5. Система позволяет отображать результаты расчета в табличной форме. Для этой цели используется параметрическая таблица, в которой можно задать интересующие нас в результате расчета параметры.

Выберите инструмент «Параметрическая таблица». Используя контекстное меню («Добавить зависимость проекта»), задайте параметры, как показано на рис.4.

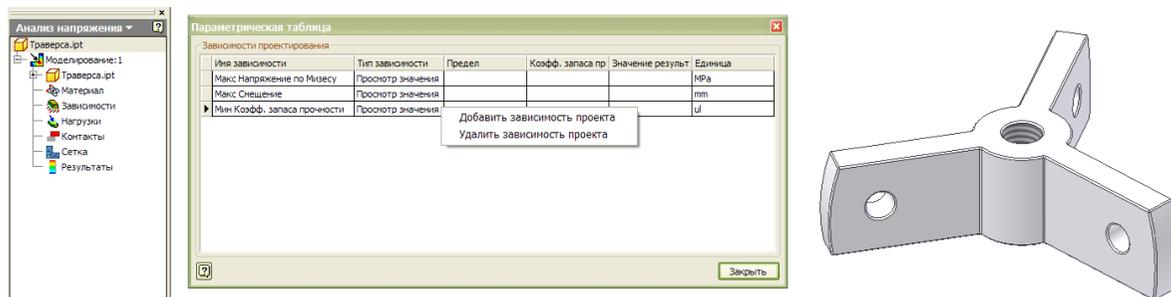


Рис. 4. Добавление параметра расчета в параметрическую таблицу

6. Проверьте назначение материала детали. Материал траверсы должен быть «Сталь». При необходимости переопределите материал (рис. 5).

Укажите, что коэффициент запаса прочности определяется по пределу текучести материала. Коэффициент запаса прочности – это отношение предела текучести материала к эквивалентному напряжению.

Откройте редактор стилей кнопкой . Редактор стилей позволяет просмотреть и переопределить свойства материала. Задайте свойства стали, как показано на рис. 5.

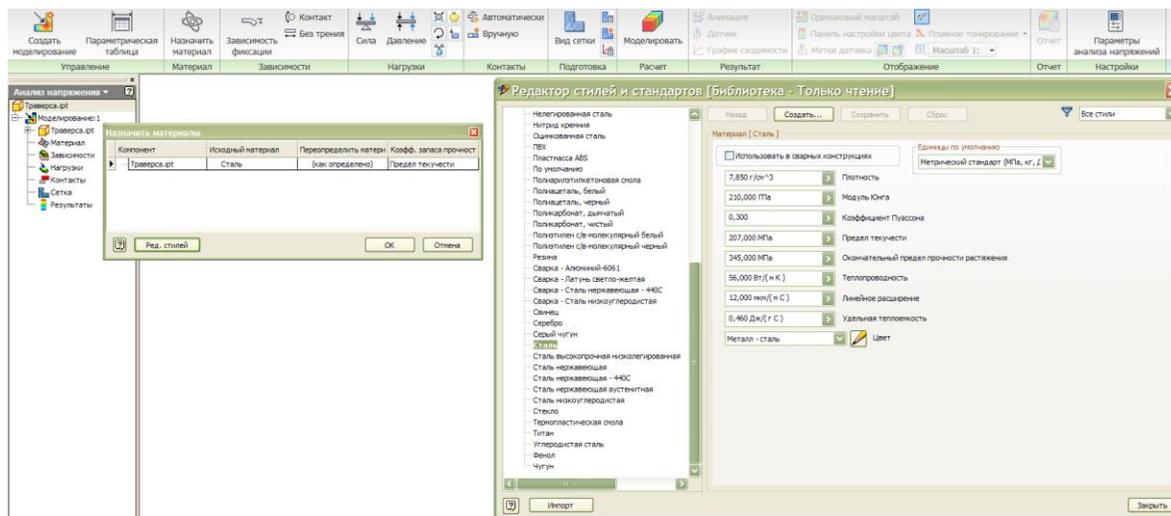


Рис. 5. Задание свойств материала

7. Включите отображение сетки конечных элементов (рис. 2) командой «Вид сетки» на панели инструментов «Подготовка» (рис. 5).
8. Используя панель инструментов "Зависимости", задайте граничные условия.

К граничным условиям относятся условия опирания (закрепления) детали. Условия опирания задаются таким образом, чтобы исключить возможность перемещения детали в пространстве, как единого целого тела, под действием нагрузок. Для задания граничных условий накладываются зависимости, подавляющие часть степеней свободы узлов, которыми деталь закрепляется в пространстве.

«Зависимость фиксации»  используется для закрепления в пространстве граней, ребер, вершин твердых тел. При этом можно фиксировать перемещение в пространстве элементов детали только вдоль выбранной оси системы координат, оставляя им свободу перемещений вдоль других осей. Здесь же можно задать начальную деформацию детали и затем рассчитать возникающие при этом напряжения.

Зависимость «Контакт»  используется для задания цилиндрических опор. Команда позволяет фиксировать возможные перемещения узлов цилиндрической поверхности детали в радиальном, осевом и касательном направлениях.

Зависимость «Без трения»  применяется для подавления степеней свободы узлов выбранной грани детали вдоль нормали к этой грани.

Траверса крепится на винте поверхностью центрального цилиндрического отверстия. Поэтому для задания условий опирания траверсы можно воспользоваться зависимостью для цилиндрических опор.

Выберите зависимость «Контакт» , зафиксируйте осевое и касательные направления для цилиндрической поверхности центрального отверстия траверсы (рис. 6). Тем самым деталь фиксируется в пространстве от возможных перемещений под действием внешних нагрузок. Фиксация касательного направления не позволит детали вращаться и перемещаться в плоскости торца отверстия, а фиксация осевого направления не позволит перемещаться вдоль нормали к этой плоскости. Радиальное направление можно не фиксировать, что соответствует реальной картине деформирования детали.

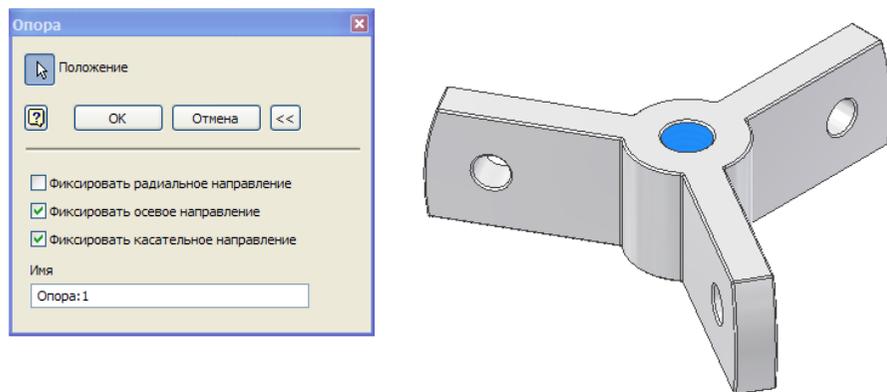


Рис. 6. Задание условий опирания траверсы

9. Задайте внешнюю нагрузку на траверсу со стороны захватов. Сила передается с каждого захвата через тело болта на цилиндрическую поверхность отверстий в плечах траверсы. Предполагаем, что силы равны и действуют в направлении параллельном оси центрального отверстия (рис. 7). Выберите цилиндрические поверхности отверстий в плечах траверсы для размещения сил, задайте направление действия сил вдоль оси центрального отверстия и значение сил (в диапазоне от 1500 Н до 3000 Н выбрать самостоятельно). Далее предполагается, что выбраны силы величиной 1500 Н.

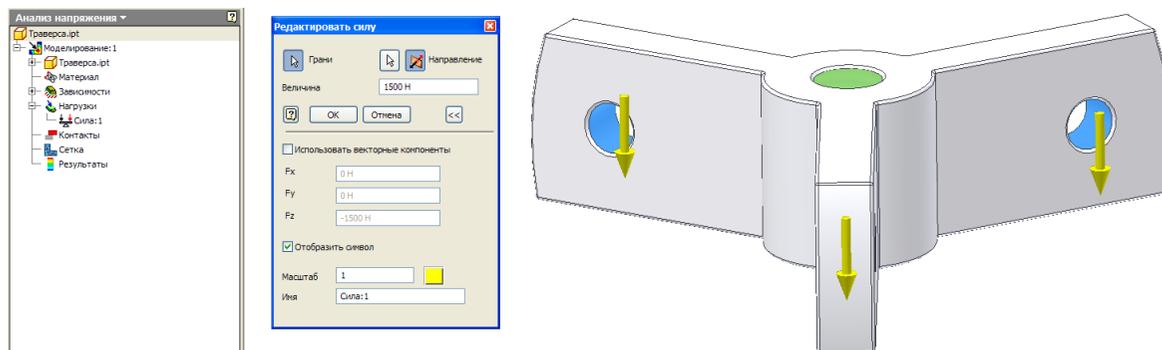


Рис. 7. Задание нагрузок

10. С помощью команды «Вид сетки» отобразите сетку КЭ. Настройте параметры сетки, как показано на рис. 8.

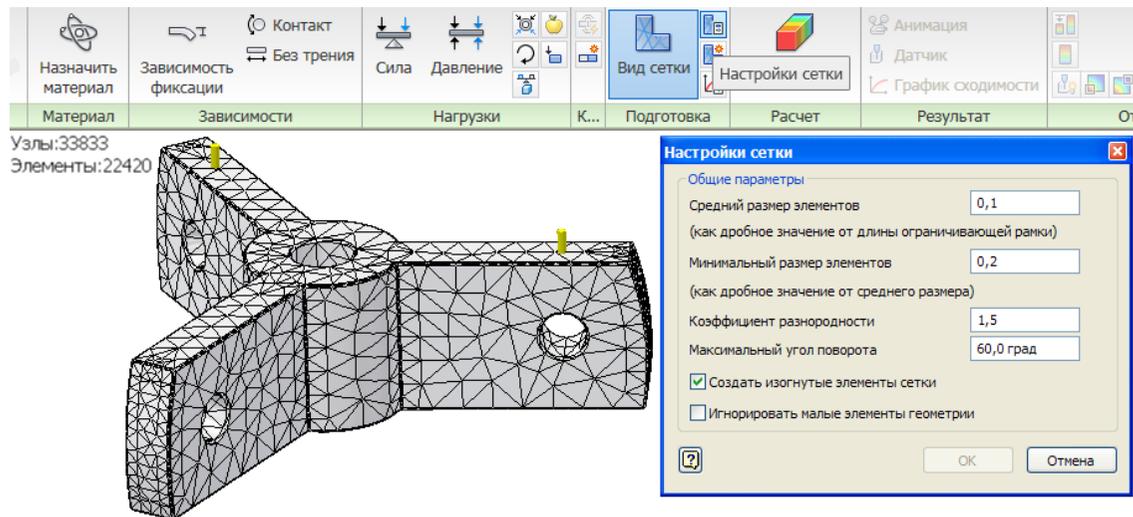


Рис. 8. Настройка параметров сетки

11. Командой «Моделирование» на панели «Расчет» запустите расчет детали (нажмите кнопку «Ветвь») (рис. 9).

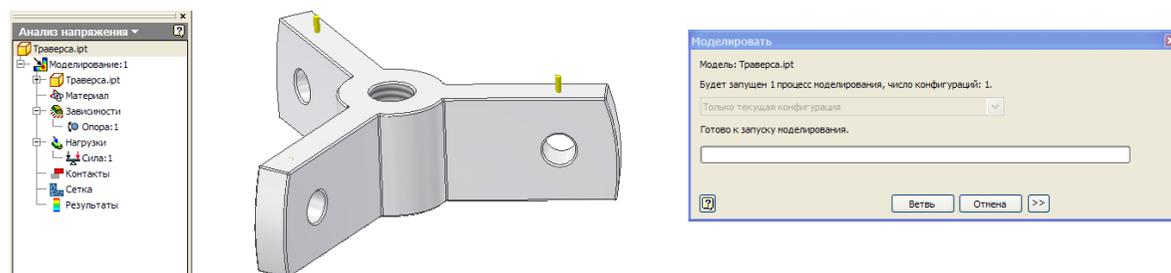


Рис. 9. Расчет траверсы

12. Проведите анализ результатов расчета.

Задайте в браузере вывод результатов в виде напряжений по Мизесу. Напряжения по Мизесу – это эквивалентные напряжения, вычисленные по энергетической теории прочности (по четвертой теории прочности). Нажмите кнопку «Показать максимальное значение» на панели

инструментов «Отображение» (рис. 10). На экране появится датчик, указывающий место возникновения максимальных напряжений в детали и отображающий величину этих напряжений.

Выведите на экран параметрическую таблицу.

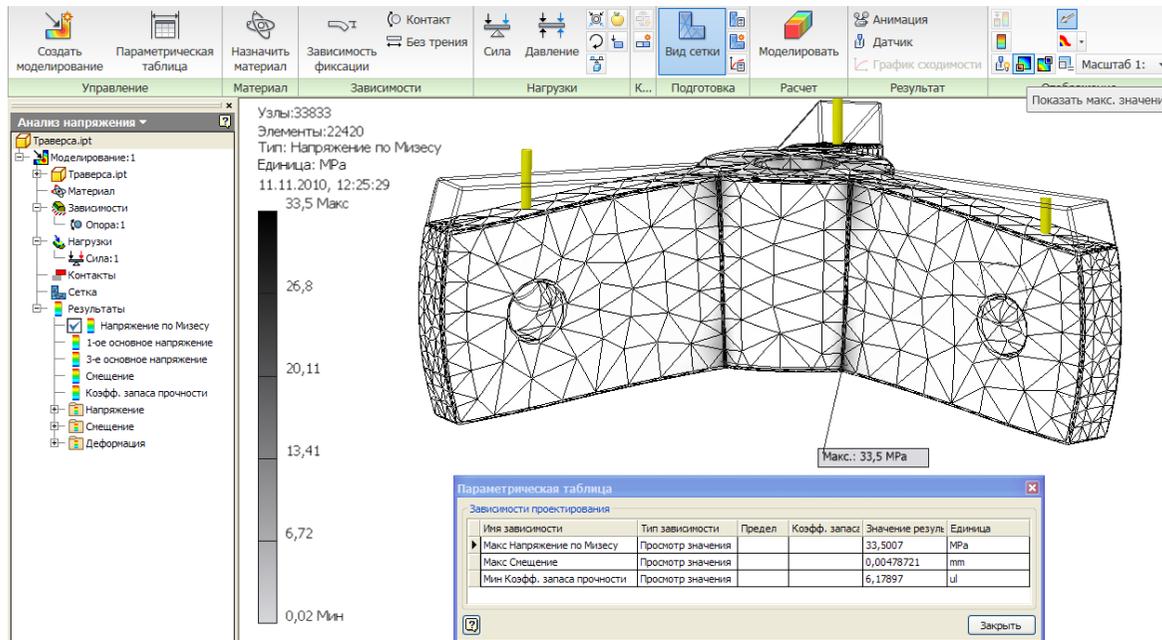


Рис. 10. Результаты расчета трaверсы

На рис. 10 видим, что максимальное эквивалентное напряжение по Мизесу составляет 33,5 МПа, максимальное смещение узлов – 0,005 мм, коэффициент запаса прочности превышает 6.

Для обеспечения условий прочности детали необходимо, чтобы эквивалентное напряжение по Мизесу не превышало допустимые напряжения для материала детали.

Оценку работоспособности детали можно провести на основе рассчитанного минимального коэффициента запаса прочности. Ранее, при задании материала детали (рис. 5), было указано, что коэффициент запаса прочности вычисляется по пределу текучести материала. Поэтому, в

данном случае, коэффициент запаса прочности – это отношение предела текучести материала к напряжению по Мизесу. Если коэффициент запаса меньше 1,0, то это означает, что напряжения в детали превысили предел текучести и деталь не выдержит заданную нагрузку. В химическом машиностроении принято, что коэффициент запаса по пределу текучести должен быть больше 1,5.

Так как в результате расчета получен минимальный коэффициент запаса 6,18, то это означает, что условия прочности траверсы выполняются.

13. Проведите уточненный расчет траверсы.

В зонах примыкания плеч траверсы к ее цилиндрической части возникает концентрация напряжений. Рекомендуется в таких зонах создавать более густую сетку КЭ.

Задайте параметры сходимости расчетов, как показано на рис. 11. Расчеты будут производиться в несколько шагов, на каждом шаге будет уточняться сетка конечных элементов и рассчитываться напряжение по Мизесу. Шаги будут выполняться до тех пор, пока разница между результатами расчетов не уменьшится до 3%. Пересчитываться будут только $(1-0,75)*100 = 25\%$ КЭ с наибольшими напряжениями.

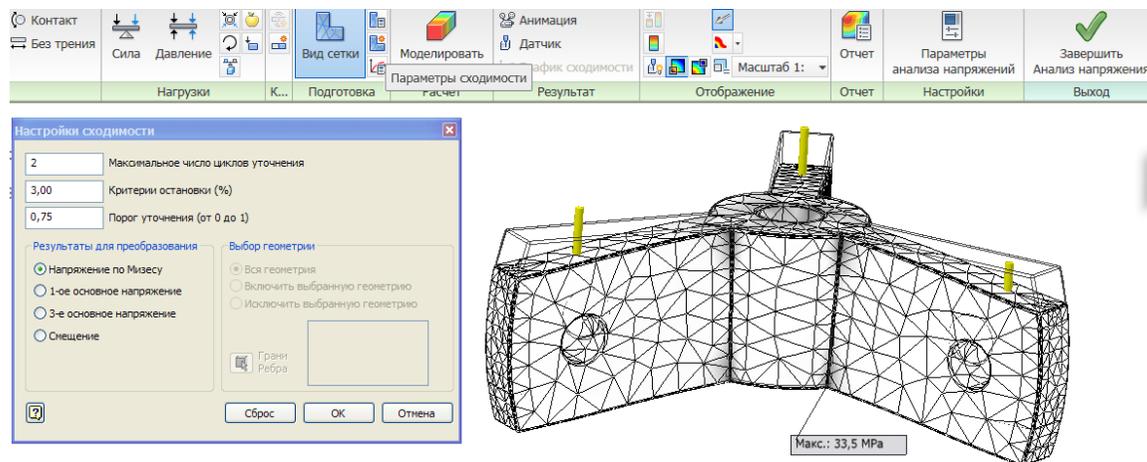


Рис. 11. Настройка сходимости для уточненного расчета

14. Запустите расчет на прочность командой "Моделирование".

Результаты повторного расчета показаны на рис. 12. Видим, что в процессе уточненного расчета в зонах концентрации напряжений была построена более густая сетка КЭ. Новые уточненные расчетные максимальные напряжения немного увеличились и составляют 35,7 МПа.

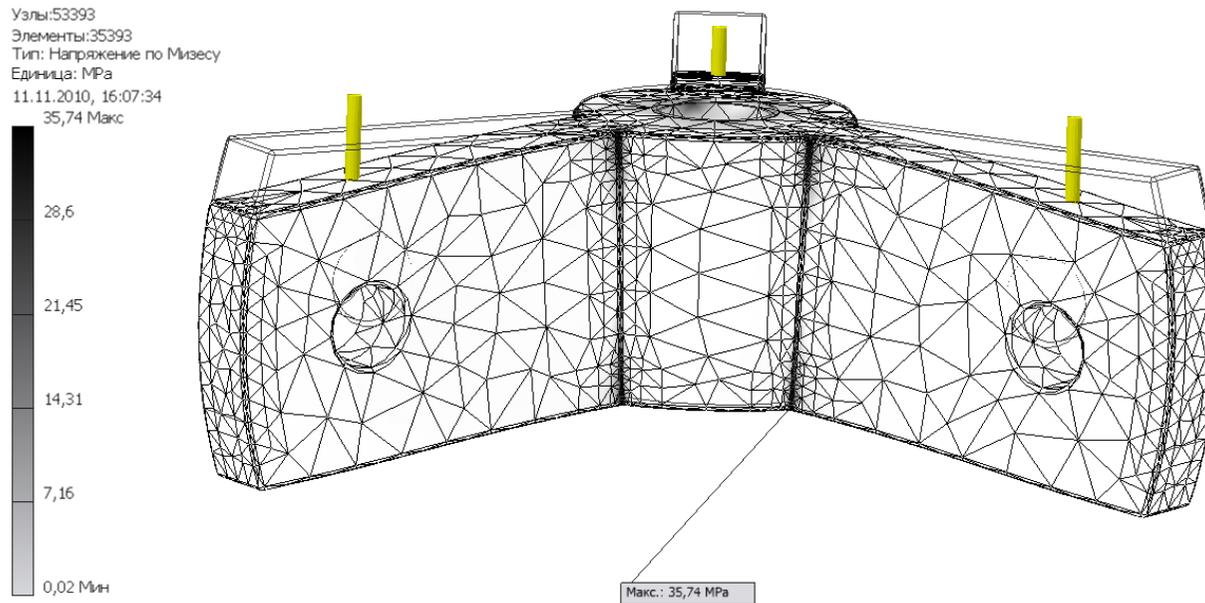


Рис. 12. Результаты уточненного расчета

15. Предполагаем, что увеличение радиуса скруглений острых ребер детали повлияет на концентрацию напряжений. Исследуйте влияние радиуса сопряжений граней траверсы на величину напряжений в детали. Подберите оптимальное значение радиуса.

Создайте новое моделирование, в качестве цели проектирования укажите "Параметрический размер" (рис. 13).

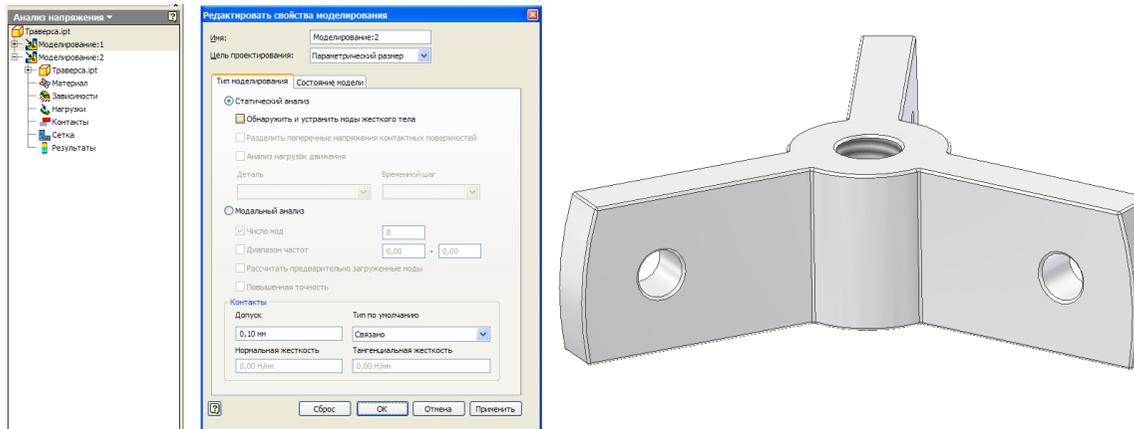


Рис. 13. Создание нового моделирования

16. Выберите в контекстном меню детали в браузере пункт "Показать параметры". Выберите в таблице параметров параметр, определяющий радиус сопряжения граней траверсы (рис. 16). Отметьте его в таблице символом "v".



Рис. 16. Выбор параметра модели для оптимизации

17. Откройте параметрическую таблицу, заполните ее как на рис. 17. Запись в колонке "Значения" "0,5-3,5:4" означает, что будут рассчитаны четыре варианта детали с размером сопряжений 0,5; 1,5; 2,5; 3,5.

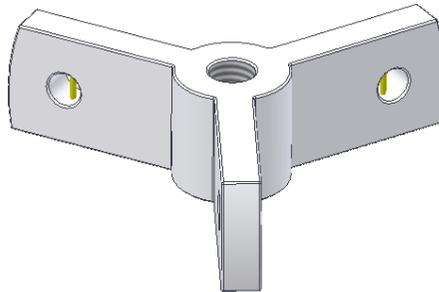
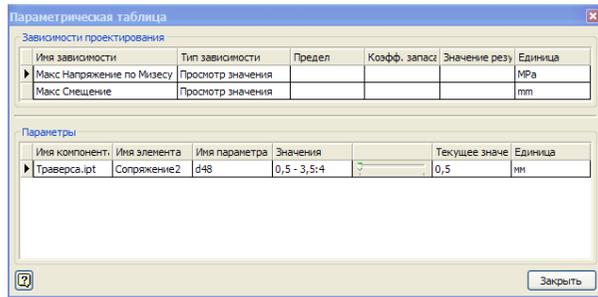


Рис. 17. Заполнение параметрической таблицы

18. Проведите расчет детали. Откройте параметрическую таблицу (рис. 18). Используя бегунок, меняйте текущее значение сопряжения в диапазоне от 0,5 мм до 3,5 мм. При этом значения максимальных напряжений будут также меняться. При значении радиуса сопряжения 2,5 мм величина максимальных эквивалентных напряжений по Мизесу будет наименьшей и составит чуть меньше 18 МПа. Таким образом, при увеличении радиуса сопряжений можно уменьшить величину напряжений в детали почти в два раза.

Узлы:6890
 Элементы:3961
 Тип: Напряжение по Мизесу
 Единица: МПа
 11.11.2010, 17:23:11
 17,95 Макс

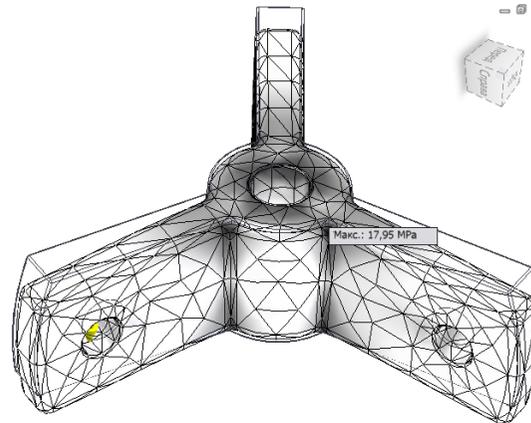
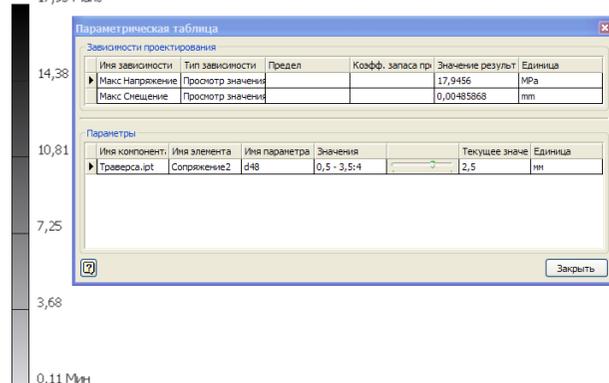


Рис. 18. Результаты параметрического расчета

19. Запустите анимацию  на панели "Результат". Посмотрите, как деформируется деталь в процессе нагружения, и как при этом меняются напряжения по объему детали.

20. Установите датчики в разных частях детали (команда "Датчик"  на панели "Результат"). Нажмите кнопку "Метки датчика" на панели "Отображение". Датчики отображают результаты расчета в интересующей нас области (рис. 19).

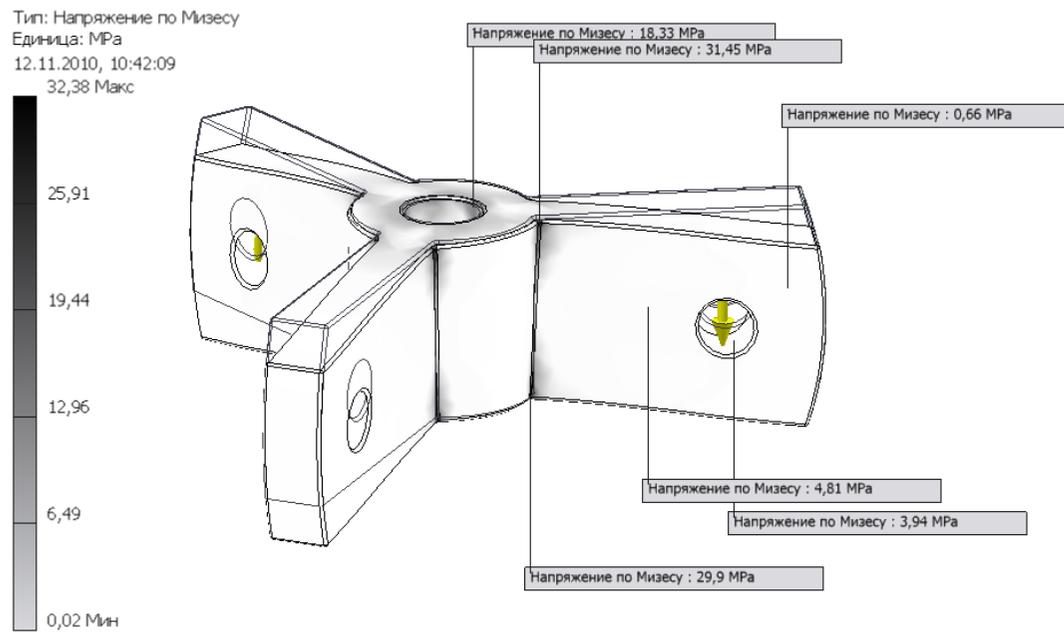
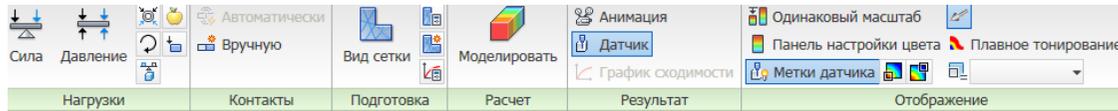


Рис. 19. Установка датчиков на поверхности детали

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

При необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на задания.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1	способностью научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства	
Знать	Основные понятия и определения при проектировании и моделировании средств механизации в горном производстве.	<p>Вопросы к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении 2. Численные методы. Сущность метода конечных элементов 3. Какие результаты моделирования напряженно-деформированного состояния являются основными для определения работоспособности отдельных деталей? 4. Этапы проведения исследования напряженно-деформированного состояния объектов 5. Классификация моделей, используемых в технике. 6. Основные свойства моделей 7. Погрешности моделирования. Погрешности расчетов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	Применять стандартные методы расчета при проектировании и моделировании деталей и узлов машин с использованием средств автоматизации моделирования	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
Владеть	Навыками работы с программами моделирующими нагружение механизмов с учетом режима работы и условий работы.	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
ОПК-6 способностью профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций, информационно-аналитических материалов и презентаций		
Знать	Конструкции, назначение, устройство и условия работы горных машин	Вопросы к зачету <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные принципы создания физических и математических моделей исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов горных машин и оборудования. 2. Какие средства автоматизированного проектирования позволяют проводить моделирование технических объектов и технологических процессов в металлургическом машиностроении? 3. Моделирование объемных сборок. Проекционные виды и ассоциативные связи 3D и 2D – моделей. 4. Виды моделирования. Компьютерное моделирование. Этапы проведения компьютерного моделирования. 5. Параметризация геометрических моделей. 6. Этапы проведения исследования напряженно-деформированного состояния объектов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	Составлять расчетные схемы механизмов и их деталей	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
Владеть	Навыками проектирования в системах САПР	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
ПК-4 способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать		
Знать	Основные схемы механизмов горных машин	<p>Вопросы к зачету</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении 9. Численные методы. Сущность метода конечных элементов 10. Какие результаты моделирования напряженно-деформированного состояния являются основными для определения работоспособности отдельных деталей? 11. Этапы проведения исследования напряженно-деформированного состояния объектов 12. Классификация моделей, используемых в технике. 13. Основные свойства моделей 14. Погрешности моделирования. Погрешности расчетов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	Разрабатывать компоновочные схемы, сборочные чертежи и чертежи общего вида типовых механизмов и машин	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
Владеть	Навыками совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды.	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
ПК-5 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		
Знать	Основные принципы моделирования механизмов горных машин	Вопросы к зачету <ol style="list-style-type: none"> 7. Основные принципы создания физических и математических моделей исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов горных машин и оборудования. 8. Какие средства автоматизированного проектирования позволяют проводить моделирование технических объектов и технологических процессов в металлургическом машиностроении? 9. Моделирование объемных сборок. Проекционные виды и ассоциативные связи 3D и 2D – моделей. 10. Виды моделирования. Компьютерное моделирование. Этапы проведения компьютерного моделирования. 11. Параметризация геометрических моделей. 12. Этапы проведения исследования напряженно

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		-деформированного состояния объектов
Уметь	Разрабатывать модели машин, механизмов узлов и деталей типовых механизмов и машин	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.
Владеть	Навыками проведения экспериментов с анализом их результатов	Задание состоит в защите индивидуальной работы и предоставлении отчета с выводами.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине "Моделирование рабочих процессов горных машин и оборудования" включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме, включает 1 теоретический вопрос и защиту индивидуальной работы.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

а) инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме, в письменной форме шрифтом Брайля, устно с использованием услуг ассистента-помощника, сурдопереводчика);

б) доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в печатной форме шрифтом Брайля, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом, задания предоставляются с использованием сурдоперевода);

в) доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, с использованием услуг ассистента, устно).

При необходимости для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья допускается с использованием ЭИОС.

Показатели и критерии оценивания зачета:

– «**Зачтено**» ставится, если обучающийся показывает базовый уровень знаний основных понятий и определений, умений применять современные образовательные технологии, использовать новые знания и умения, корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания и владения профессиональным языком предметной области знания.

– «**Незачтено**» ставится, если обучающийся показывает слабый уровень знаний основных понятий и определений, умений применять современные образовательные технологии, использовать новые знания и умения, корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания и владения профессиональным языком предметной области знания.