



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное общеобразовательное учреждение высшего образования «Самарский
национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» (Самарский университет)

Институт двигателей и энергетических установок

Кафедра конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов

ОТЧЁТ ПО ПРАКТИКЕ

Вид практики Учебная
(учебная, производственная)

Тип практики Ознакомительная практика
(в соответствии с ОПОП ВО)

Сроки прохождения практики: с 01.07.2025 г. по 18.07.2025 г.
(в соответствии с календарным учебным графиком)

по направлению подготовки 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов (Виртуальный
инжиниринг в проектировании авиационных двигателей)

Студент группы № 2110-240305D

ФИО

Руководитель практики

доцент

А.С. Гвоздев

Дата сдачи _____._____.2025г.

Дата защиты _____._____.2025г.

Оценка _____

Самара 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное общеобразовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва»
(Самарский университет)

Институт двигателей и энергетических установок
Кафедра конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов

Индивидуальное задание на практику

Направление на практику в _____ кафедра КиПДЛА
оформлено приказом по университету от _____ № _____

(направление профильной организации или структурного подразделения университета)

в соответствии с договором о направлении на практику от _____ № _____.

Студенту ФИО 2110-240305D

Планируемые результаты освоения образовательной программы	Планируемые образовательные результаты практики	Содержание задания
ПК-2. Способен разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы		
ПК-2.1 Разрабатывает рабочую проектную и техническую документацию на редукторы авиационных двигателей, оформляет законченные проектно-конструкторские работы	Знать: основные методики разработки рабочей проектной и технической документации и оформления проектно-конструкторских работ. Уметь: использовать прикладные инженерные системы для разработки рабочей проектной и технической документации и оформления законченных проектно-конструкторских работ. Владеть: навыками применения систем автоматизированного проектирования разработки рабочей проектной и технической документации и оформления законченных проектно-конструкторских работ.	Отработать навыки создания проектной документации в соответствии с ЕСКД средствами современных офисных пакетов и систем автоматизированного проектирования методом выполнения заданий в этих системах.
ПК-2.2 Разрабатывает конструкторскую и	Знать:	Провести анализ офисных приложений и прикладных систем автоматизированного

техническую документацию на узел двигателя	методы решения проектных задач двигателестроения на основе информационных технологий. Уметь: использовать прикладные пакеты программ для решения профессиональных задач двигателестроения. Владеть: навыками решения типовых задач двигателестроения с помощью информационных технологий.	проектирования, наиболее широко применяющихся при разработке авиационных двигателей и энергетических установок методом решения индивидуальной проектной задачи в САЕ-системе T-Flex с применением программных средств MicrosoftOffice.
Планируемые результаты освоения образовательной программы	Планируемые образовательные результаты практики	Содержание задания
ПК-2	Защита отчёта по практике.	Обработка и анализ информации, полученной в период прохождения практики. Составление отчёта по результатам практики. Защита отчёта по практике.

Дата выдачи задания 01.07.2025г.

Срок представления на кафедру отчета о практике 18.07.2025 г.

Руководитель практики

доцент _____ А.С. Гвоздев

Задание принял к исполнению

Студент группы №2110-240305D _____ ФИО

подпись

Рабочий график (план) проведения практики

Дата (период)	Содержание задания	Результаты практики
01.07.25 – 08.07.25	Отработать навыки создания проектной документации в соответствии с ЕСКД средствами современных офисных пакетов и систем автоматизированного проектирования методом выполнения заданий в этих системах.	Освоение компетенций ПК-2
08.07.25 – 18.07.25	Провести анализ офисных приложений и прикладных систем автоматизированного проектирования, наиболее широко применяющихся при разработке авиационных двигателей и энергетических установок методом решения индивидуальной проектной задачи в САЕ-системе T-Flex с применением программных средств Microsoft Office. Обработка и анализ информации, полученной в период прохождения практики. Составление отчёта по результатам практики. Защита отчёта по практике.	Освоение компетенций ПК-2

Руководитель практики

доцент _____ А.С. Гвоздев

**ОТЗЫВ
О ПРОХОЖДЕНИИ ПРАКТИКИ**

Вид практики Учебная

(учебная, производственная)

Тип практики Ознакомительная практика

(в соответствии с ОПОП ВО)

Сроки прохождения практики: с 01.07.2025 г. по 18.07.2025 г.

(в соответствии с календарным учебным графиком)

по направлению подготовки 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов (Виртуальный
инжиниринг в проектировании авиационных двигателей)

Студент группы №2110-240305D _____ ФИО

№ ¹ П/ п	Критерии оценки	Оценка (по 5-бальной шкале)
1.	Разрабатывает рабочую проектную и техническую документацию на редукторы авиационных двигателей, оформляет законченные проектно-конструкторские работы (ПК-2.1)	
2.	Разрабатывает конструкторскую и техническую документацию на узел двигателя (ПК-2.2)	
3.	Качество оформления отчётной документации	
	ИТОГОВАЯ ОЦЕНКА[*]	

Все сформированные в результате прохождения практики компетенции соответствуют базовому уровню образовательной программы по профилю

«Виртуальный инжиниринг в проектировании авиационных двигателей».

Руководитель практики

доцент _____ А.С. Гвоздев

¹ *Итоговая оценка выставляется как средняя арифметическая оценка по трём критериям оценки

Реферат

Отчет по практике: 51 страница, 43 рисунок, 3 таблицы, 3 источника

ADEM, T-FLEX, СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛИ , MSEXCEL, MSWORD.

Объектом исследование является сборка кривошипно-шатунного механизма и его элементов.

Цель работы - расчетное определение прочностных, кинематических и динамических характеристик объекта исследования .

Инструменты исследования: моделирование, виртуальный эксперимент (CAD-пакеты ADEM, T-Flex, CAE-пакет T-Flex Динамика и T-Flex Анализ).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	1
Создание модели.....	12
Упражнение 1: Коленчатый вал.....	12
Упражнение 2: Поршень.....	15
Упражнение 3: Шатун.....	18
Упражнение 4: Маховик.....	23
Упражнение 5: Сборка КШМ.....	25
Кинематико-динамический анализ механизма.....	28
Расчёт собственных частот коленчатого вала с маховиком.....	35
Расчет прочности деталей механизма.....	38
Поршень.....	38
Шатун.....	41
Коленчатый вал.....	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	47
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	51

ВВЕДЕНИЕ

Теоретическая цель ознакомительной практики состоит в изучении роли информационных технологий и информационных систем в деятельности университета. Практическая цель ознакомительной практики — приобретение практических навыков работы с офисными приложениями, а также ознакомление с функциональными возможностями современных систем автоматизированного проектирования.

Согласно существующему положению ФГОС по направлению 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов, поставленные цели направлены на овладение следующими профессиональными компетенциями: ПК-2, т.е. способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы.

В этой связи, основные задачи ознакомительной практики состоят в следующем:

1. Ознакомиться с видами информационных технологий и офисных приложений, используемых в учебном процессе университета;
2. Ознакомиться с аппаратным и программным обеспечением информационных систем кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов и кафедры инженерной графики;
3. Освоить и закрепить навыки работы в пакете прикладных программ MSOffice;
4. Ознакомиться и получить первоначальные навыки работы с технологией автоматизированного проектирования на базе системы T-Flex.

Местом прохождения ознакомительной практики является Самарский национальный исследовательский университет, кафедра инженерной графики, а также кафедра конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов. Период прохождения ознакомительной практики - с 01.07.2025 г. по 18.07.2025 г.

Создание модели

3D-модели компонентов кривошипно-шатунного механизма (КШМ) были разработаны в программной среде ADEM. Результат сборки механизма представлен на (рисунке 1).

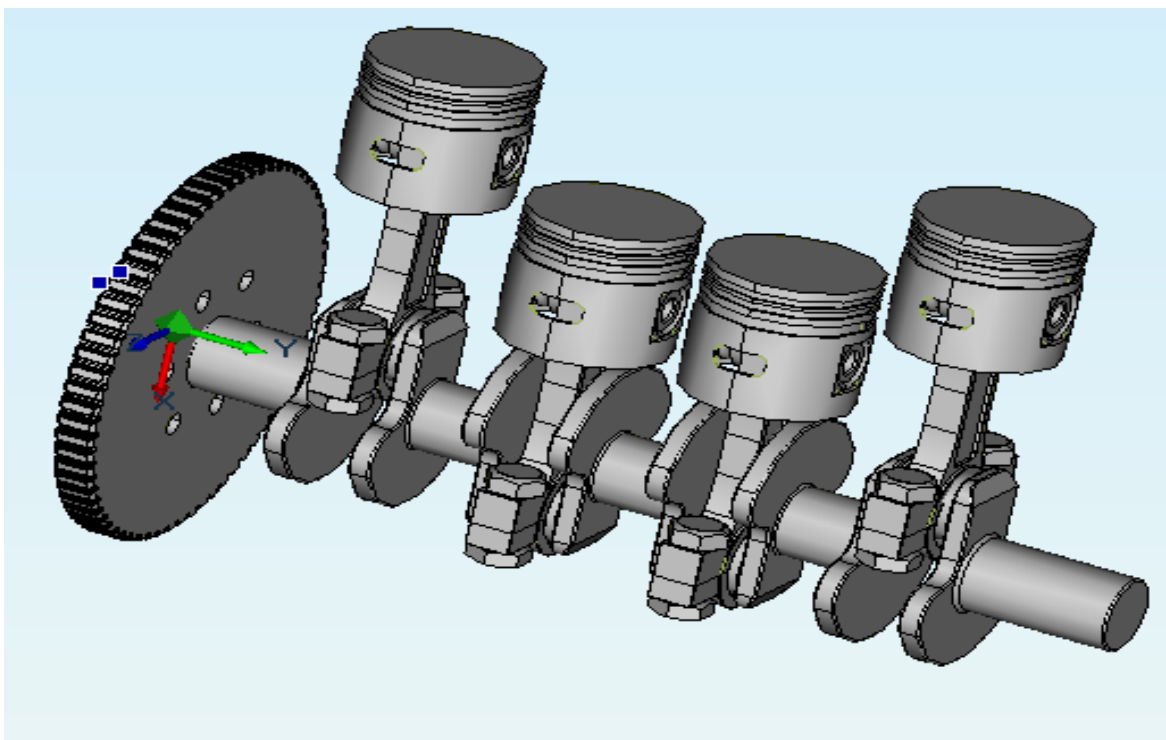


Рисунок 1 - Сборка КШМ

КШМ состоит из следующих деталей: коленчатый вал, маховик, поршень, шатун.

Кривошипно-шатунный механизм (КШМ) служит для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала, как в двигателях внутреннего сгорания, а также выполняет обратное преобразование — вращательного движения в возвратно-поступательное.

Упражнение 1: Коленчатый вал

В качестве базового элемента кривошипно-шатунного механизма был принят коленчатый вал (КВ), графическое изображение которого приведено на рисунке 2. Данный узел представляет собой важную составляющую двигателей

внутреннего сгорания, основная функция которого заключается в трансформации прямолинейного перемещения поршней во вращательное движение. Конструктивно коленвал выполнен в виде криволинейного стержня с выполненными посадочными местами для соединения с шатунами. Этот элемент служит основным рабочим компонентом поршневых силовых установок и применяется во всех разновидностях ДВС, в том числе в бензиновых и дизельных агрегатах.

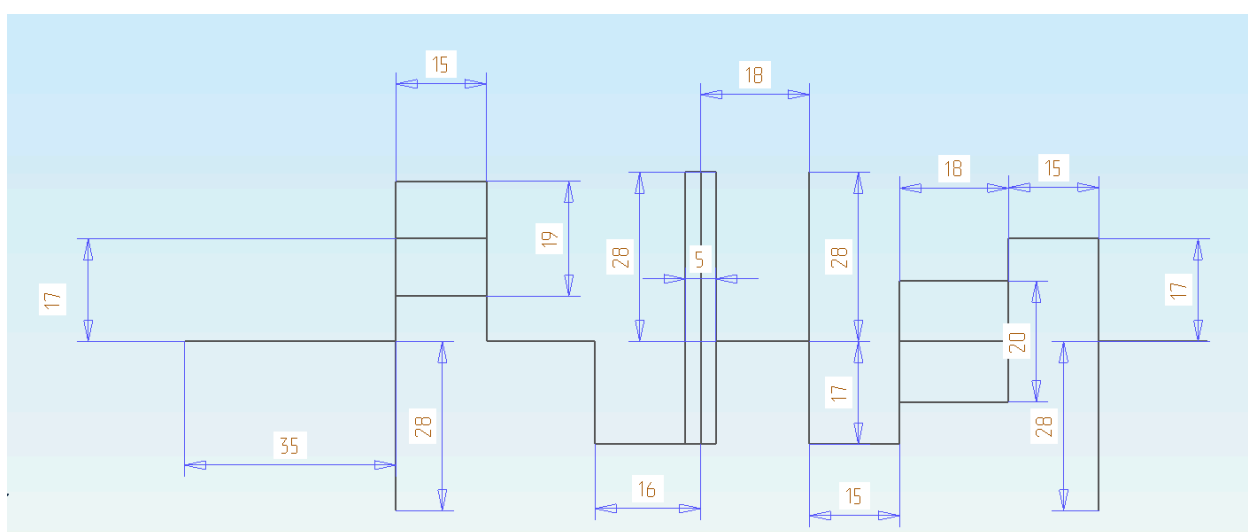


Рисунок 2 - Эскиз коленчатого вала

Процесс создания модели коленчатого вала начинается с формирования его контура и применения операции смещения. Аналогичным способом создается шейка вала. Затем все эти элементы объединяются, после чего выполняются необходимые скругления, что в результате дает готовую модель коленчатого вала. (Рисунок 3-4)

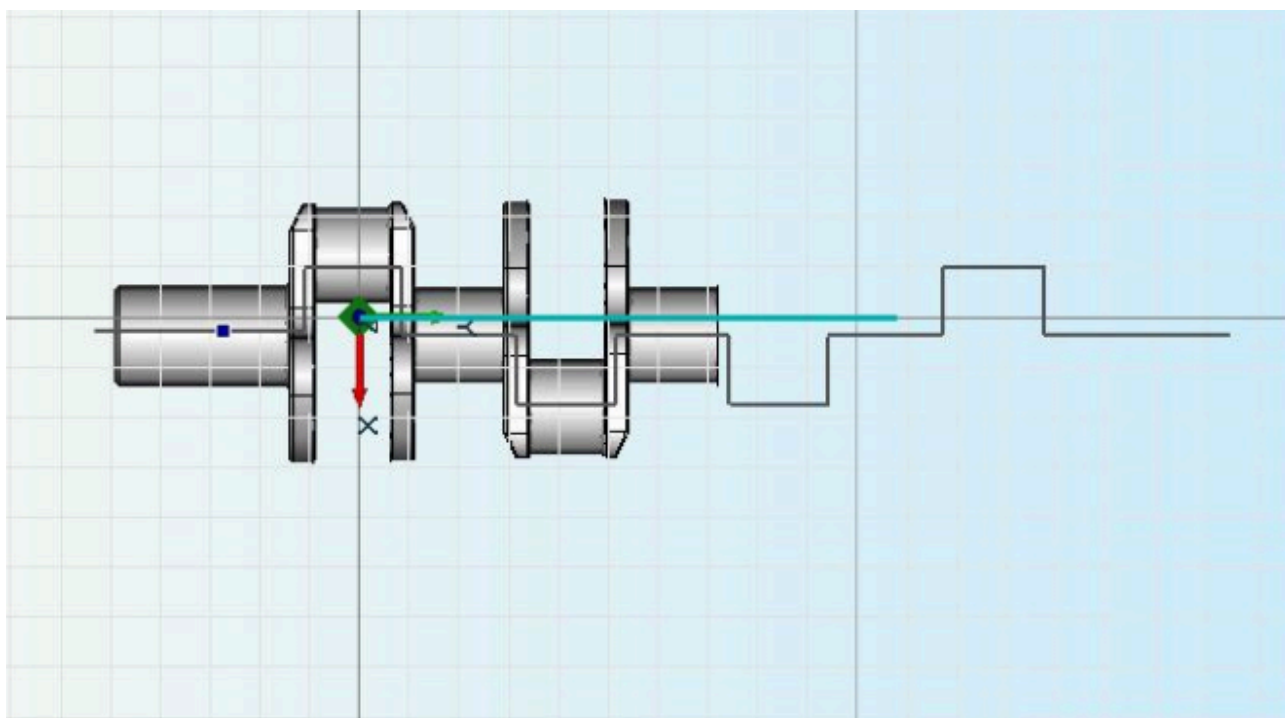


Рисунок 3 - Этап создания Коленчатого вала

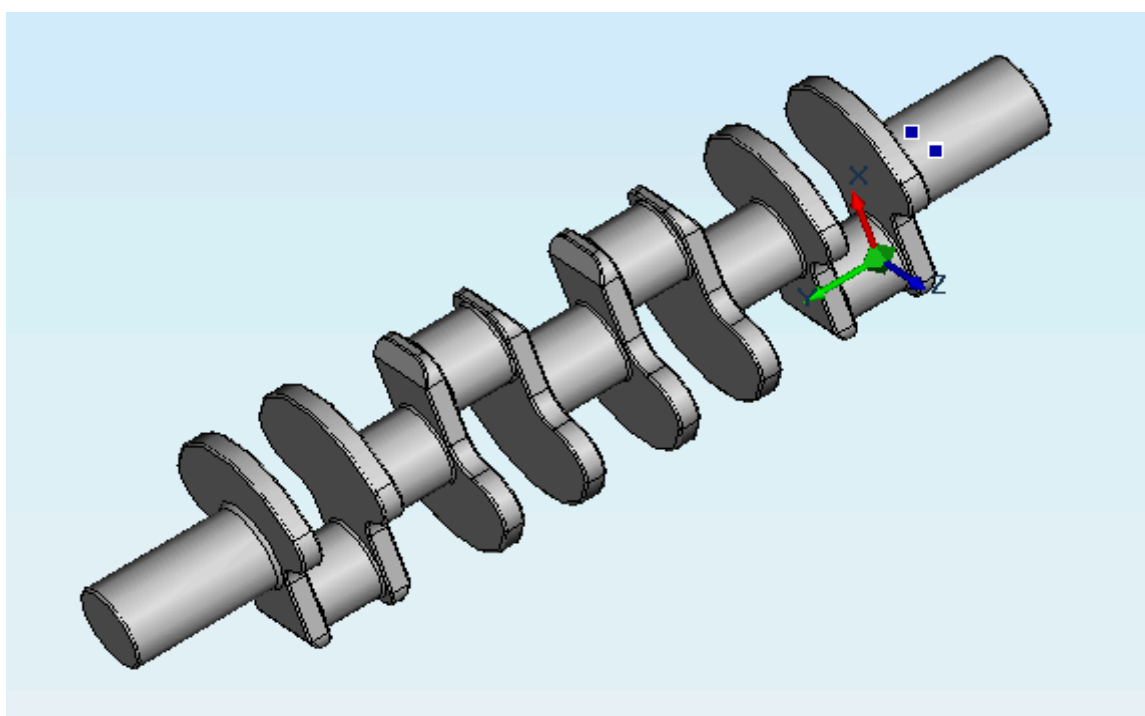


Рисунок 4 - Коленчатый вал

Дополнительно по созданной 3D-модели коленчатого вала был разработан его рабочий чертёж. (Рисунок 5)

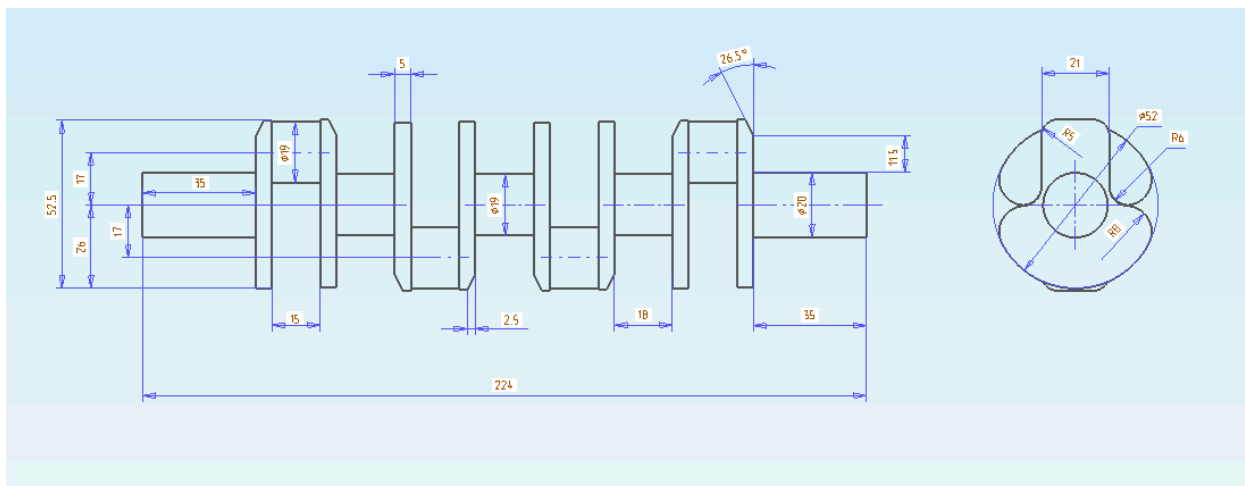


Рисунок 5 - Чертёж коленчатого вала

Упражнение 2: Поршень

Поршень представляет собой подвижный элемент поршневых машин. Моделирование поршня начинается с построения его контура, который формируется из отрезков и дуг. (Рисунок 6)

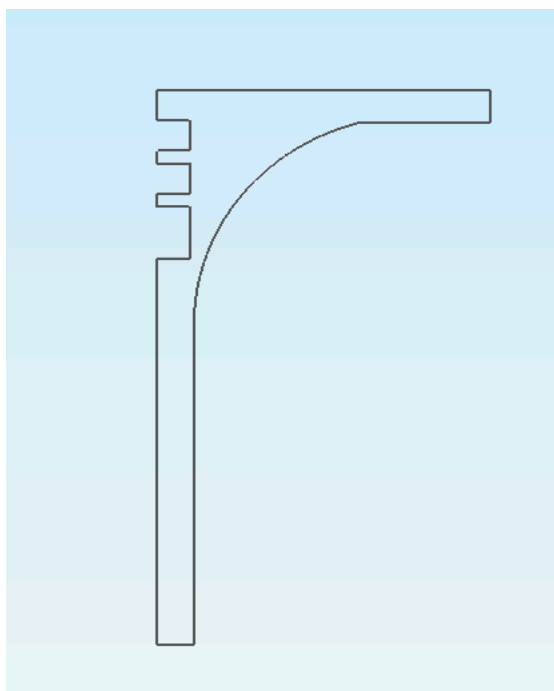


Рисунок 6 - Эскиз поршня

С помощью операции смещения создаётся цилиндр, в котором делается сквозное отверстие. Следом, используя сквозные отверстия сделаны такие части поршня, как юбка, бобышки. (Рисунок 7)

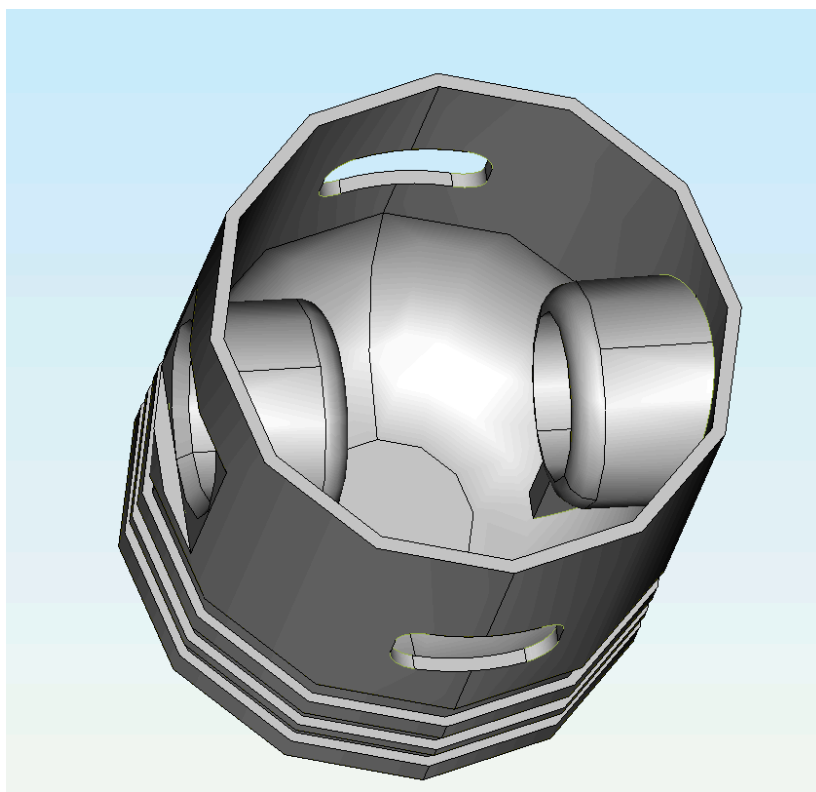


Рисунок 7 - Поршень

Потом вставляем втулку с пальцем созданные отдельно. (Рисунок 8)

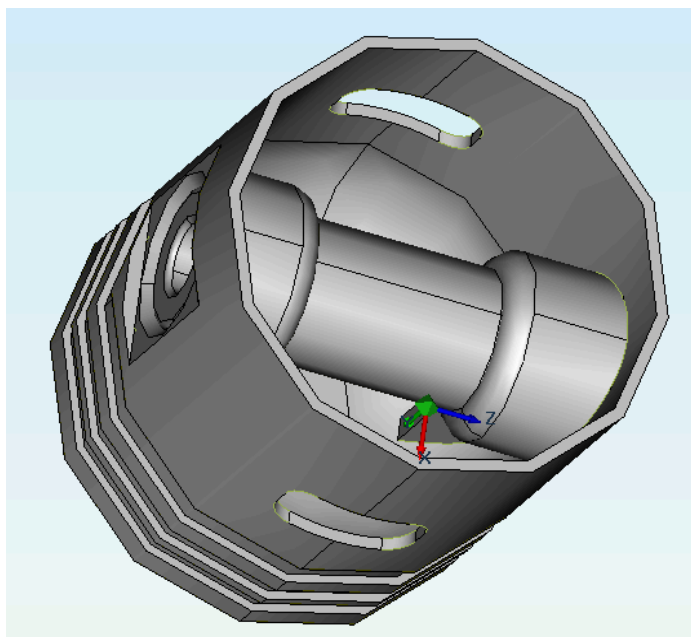


Рисунок 8 - Сборка поршневой группы

Также на основе 3D-модели поршня был выполнен его рабочий чертёж, представленный. (Рисунок 9)

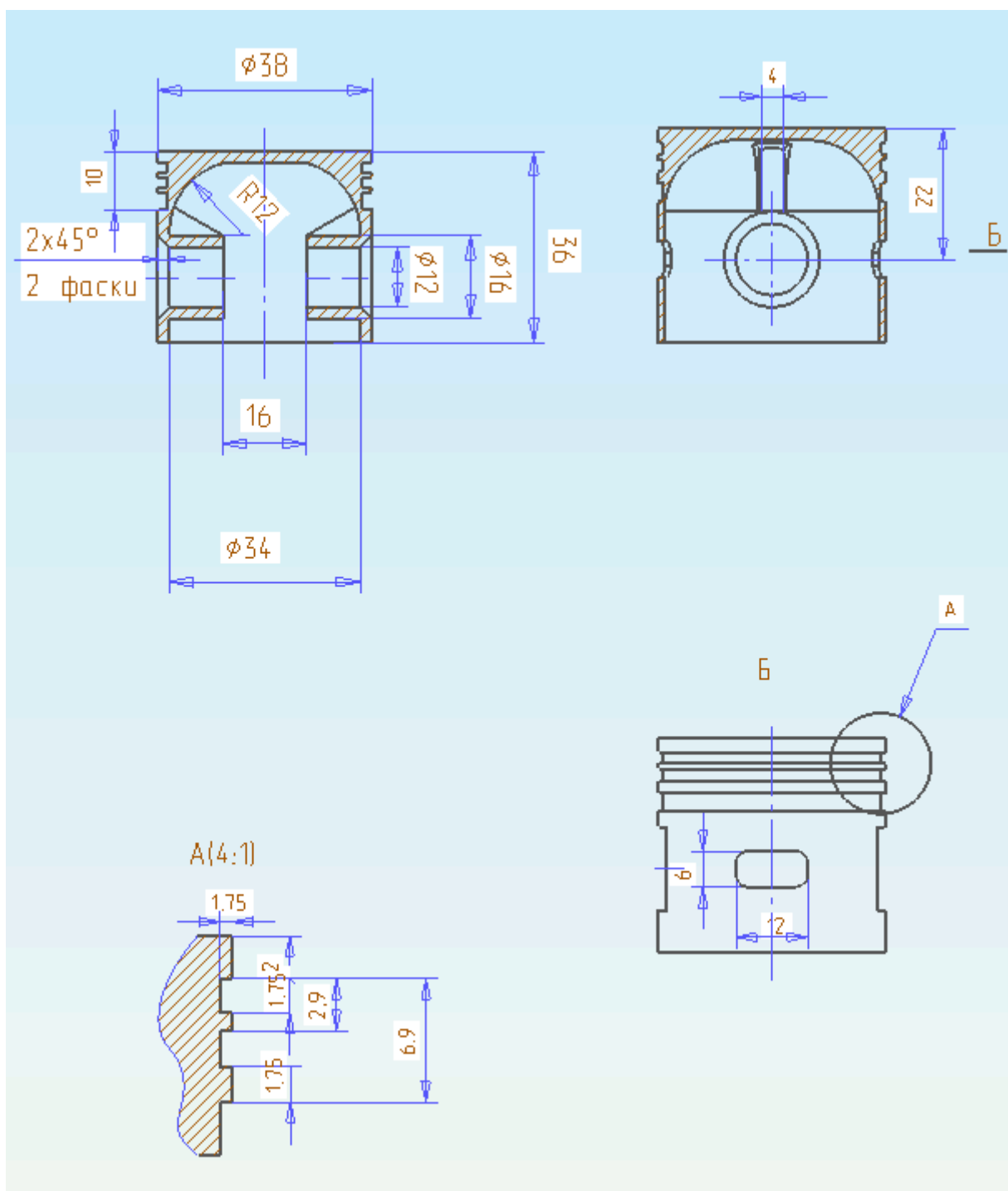


Рисунок 9 - Чертёж поршня

Упражнение 3: Шатун

Шатун — деталь кривошипно-шатунного механизма, соединяющая поршень с шатунной шейкой коленчатого вала. Он преобразует поступательное движение поршня во вращательное движение коленвала через поршневой палец и передает усилие от газов к коленчатому валу. Моделирование начинается с

создания верхней и нижней головок шатуна при помощи инструмента "Окружность", для чего строятся две окружности диаметром 20 мм и 26 мм соответственно. (Рисунок 10)

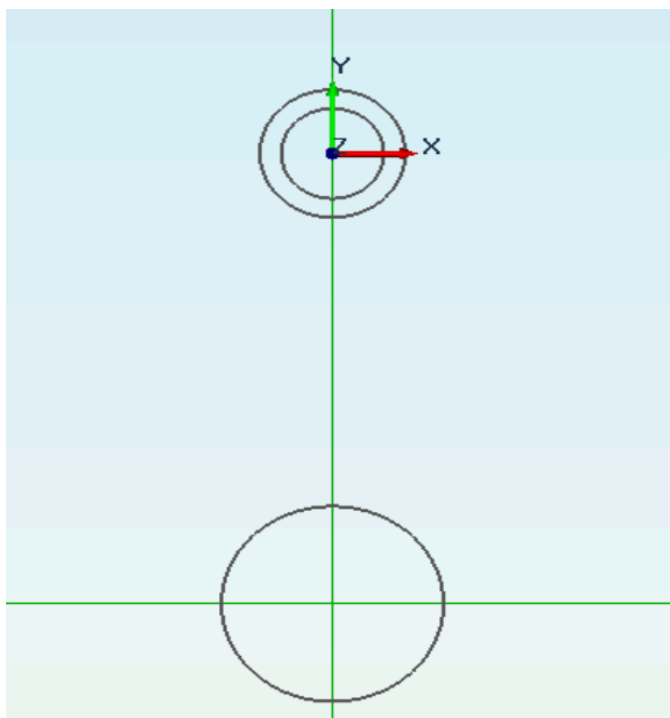


Рисунок 10 - Создания эскиза шатуна

Делаем стержень шатуна с помощью построения фигуры четырёхугольника. (Рисунок 11)

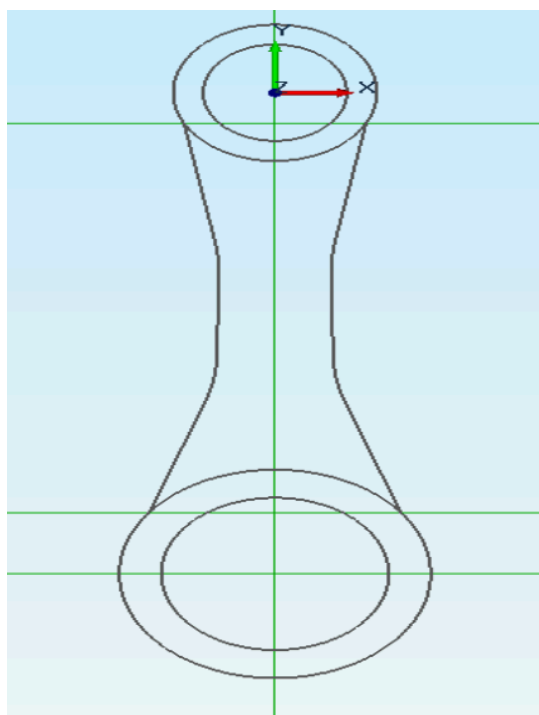


Рисунок 11 - Эскиз шатуна

Далее используем смещение, потом применяем операцию скругление.
(Рисунок 12)

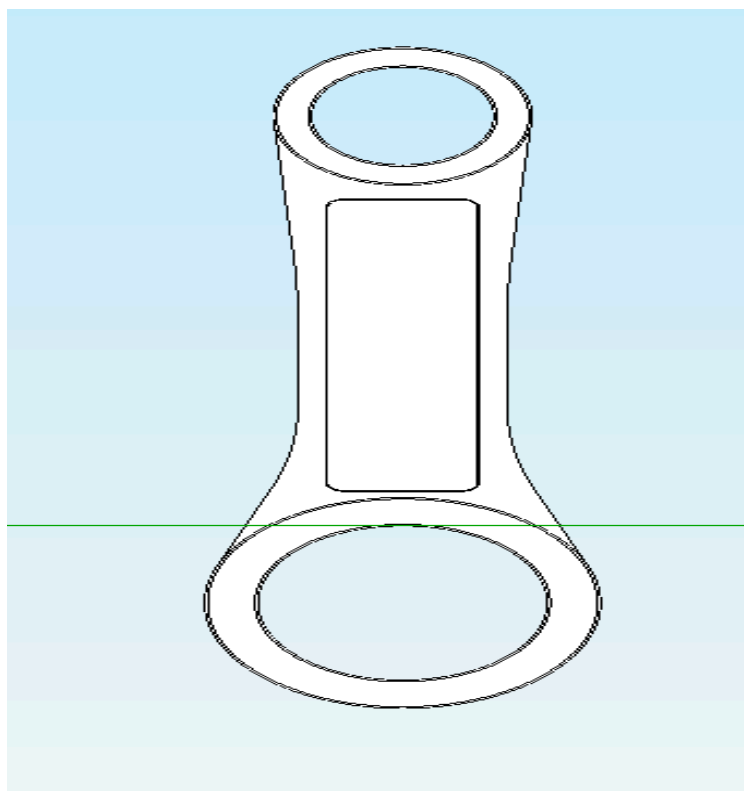


Рисунок 12 - Этап создания шатуна

Для создания бобышек применяется функция смещения окружностей с заданными диаметрами. Затем формируется отверстие под установку болта диаметром 8 мм и дополнительное отверстие для системы смазки. (Рисунок 13)

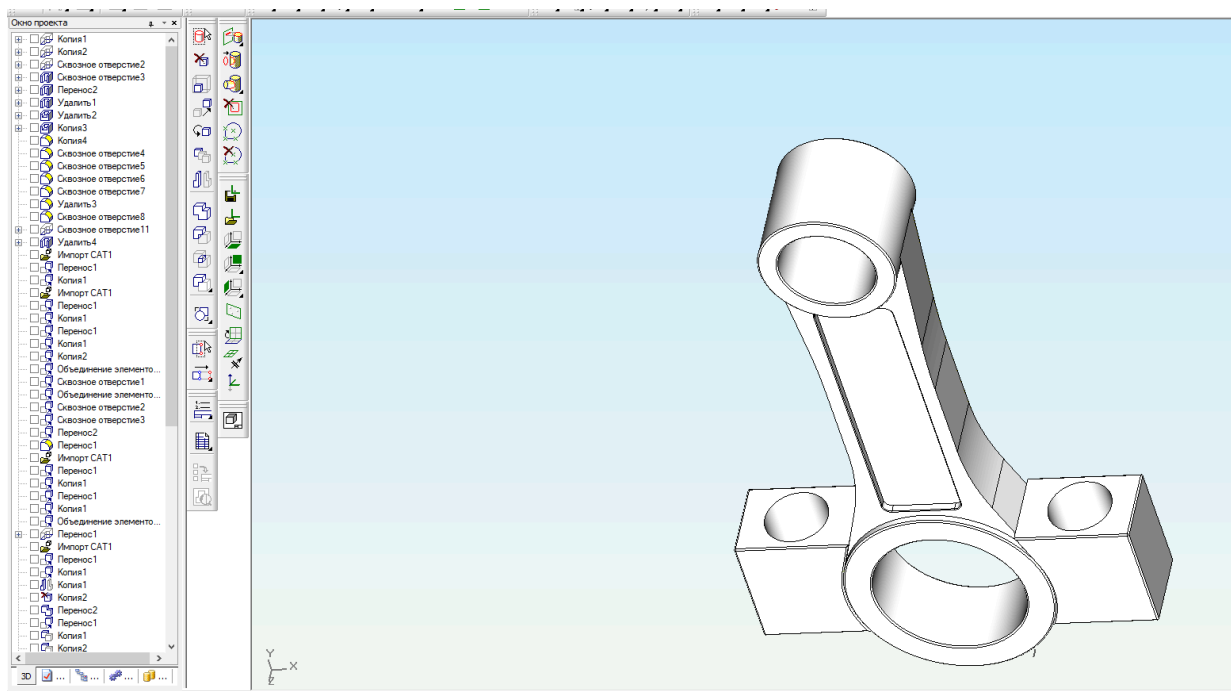


Рисунок 13 - Этап создания шатуна

Завершающим этапом сборки является установка болта в соответствующее отверстие с последующей фиксацией гайкой снизу. В результате получаем готовую сборку шатуна с крепежными элементами (болтом и гайкой), взятыми из стандартной библиотеки ADEM. (Рисунок 14)

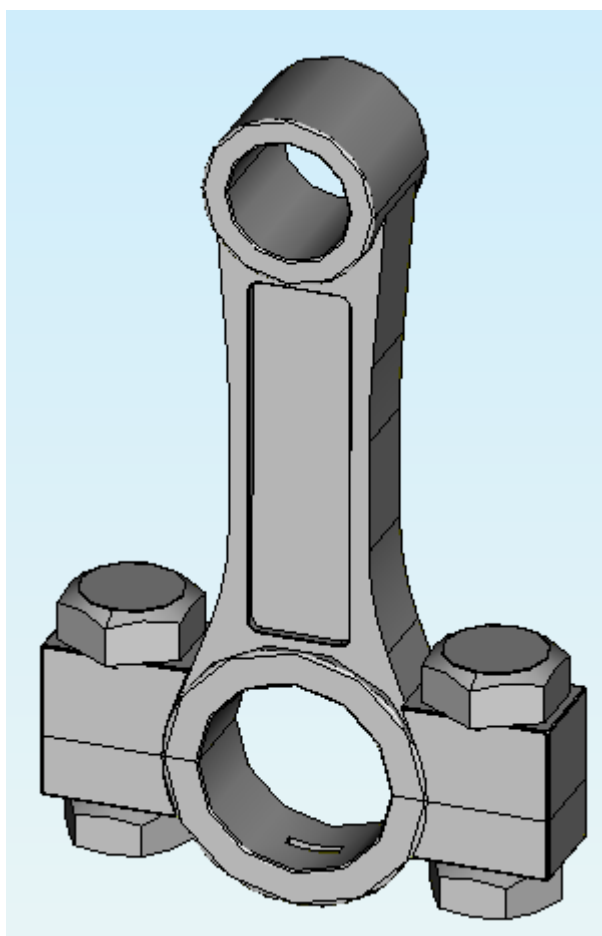


Рисунок 14 - Шатун

Также на основе 3D-модели поршня был выполнен его рабочий чертёж, представленный на (рисунке 15).

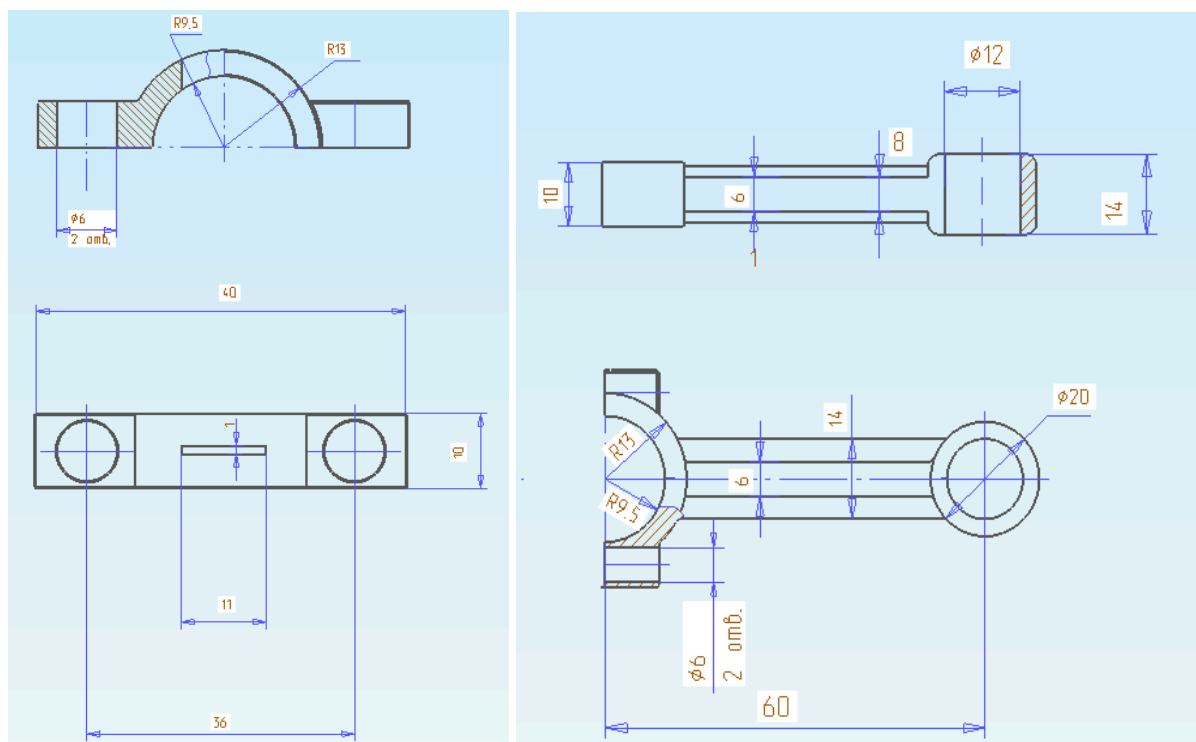


Рисунок 15 - Чертёж Шатуна

Упражнение 4: Маховик

Маховик (маховое колесо) является следующим элементом кривошипно-шатунного механизма - это массивное вращающееся колесо, используемое как накопитель кинетической энергии (инерционный аккумулятор) и для создания инерционного момента. Моделирование маховика выполняется в форме зубчатого колеса с использованием специальной схемы для формирования заготовки зубьев в Excel. Сначала создается плоский контур путем ввода количества зубьев и модуля в схему, которая автоматически генерирует профиль зубчатой передачи, после чего контуру придается объем с помощью операции смещения (Рисунок 16)

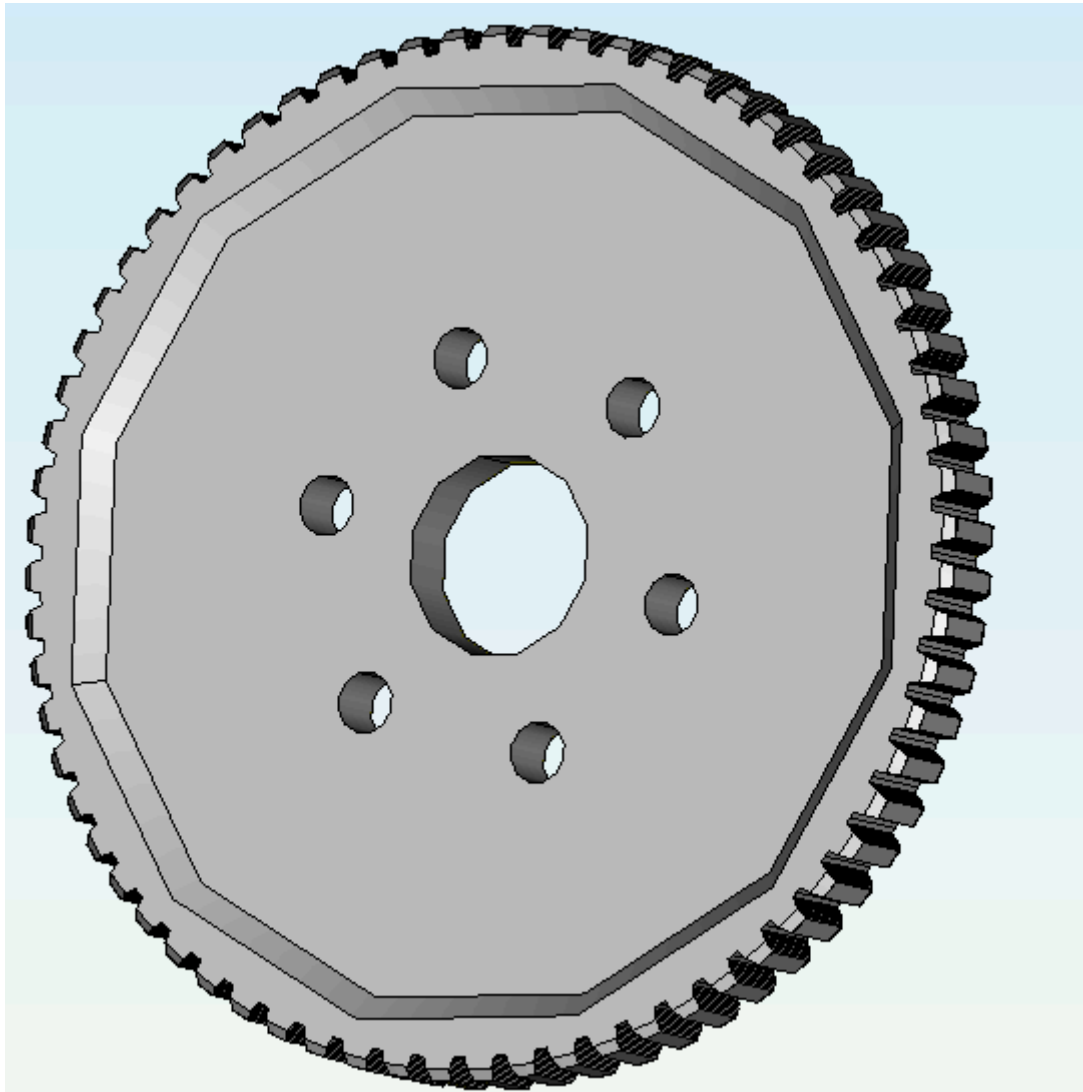


Рисунок 16 - Маховик

Также на основе 3D-модели маховика был выполнен его рабочий чертёж, представленный на (рисунке 17).

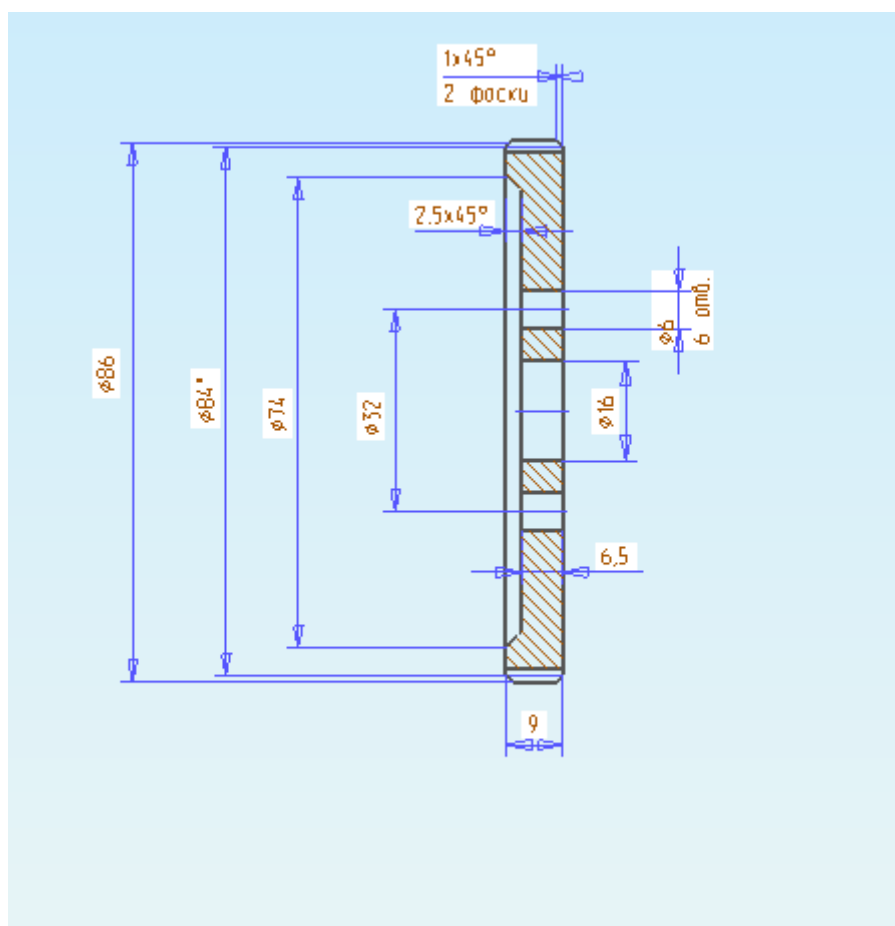


Рисунок 17 - Чертёж маховик

Упражнение 5: Сборка КШМ

После разработки всех компонентов кривошипно-шатунного механизма выполняется их сборка, включающая 34 детали. Основными уникальными элементами являются поршень, шатун, коленчатый вал и маховик, тогда как остальные детали созданы методом копирования. В программе ADEM процесс сборки осуществляется с использованием инструментов переноса и клонирования. Иерархическая структура соединений деталей отображена на (рисунке 18), а финальная сборка КШМ для 4-цилиндрового рядного двигателя представлена на (рисунке 19).

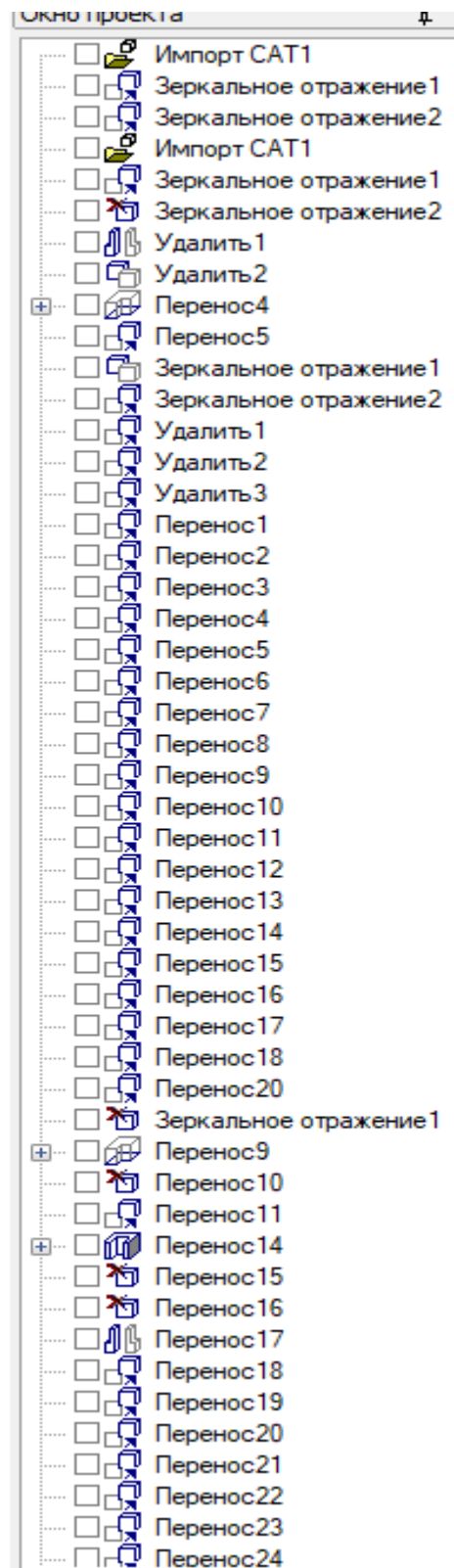


Рисунок 18 - дерево сопряжений

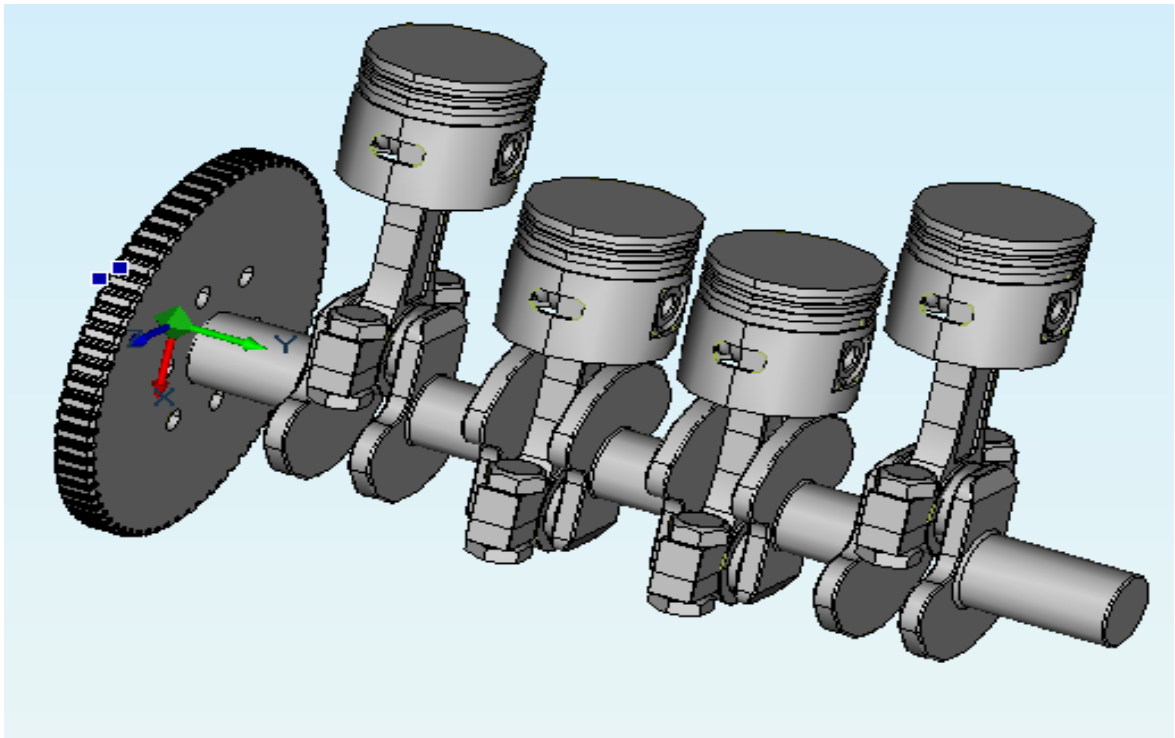


Рисунок 19 - Сборка КШМ

Вывод: Мы сделали построение 3D модели кривошипно-шатунного механизма в программе ADEM, выполнили ассоциативный и аксонометрический чертежи каждой отдельной детали. Для окончательной сборки изготовили крепежные детали, такие как: болт, гайка. Соединили все элементы в одну сборку.

Кинематико-динамический анализ механизма

В данной части работы было проведено исследование динамико-кинематических свойств созданной модели. Модель была перенесена в программу T-FLEX. Задав материалы каждой составляющей модели, создается подшипник на коленчатом валу, (Рисунок 21). Так же все детали соединялись между с собой с помощью сопряжений (Рисунок 22)

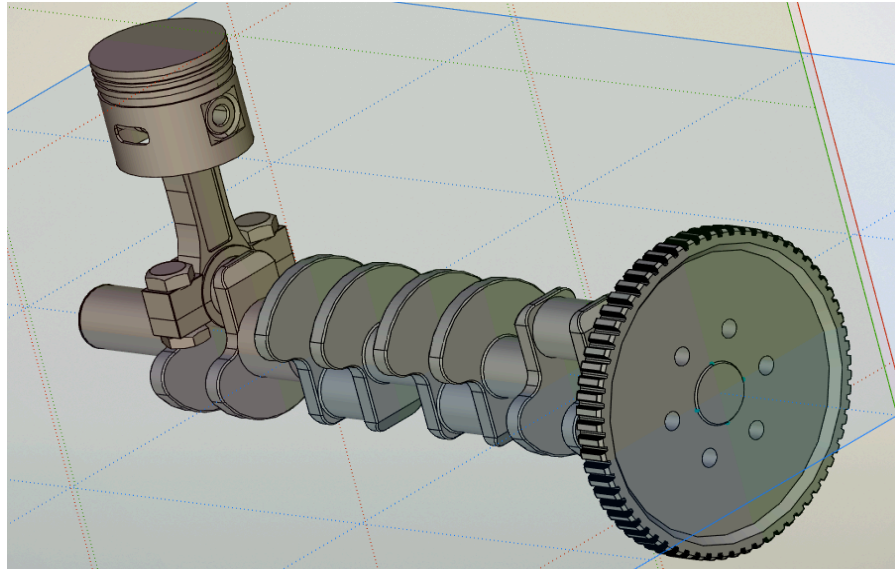


Рисунок 21 – Динамическая модель в T-Flex

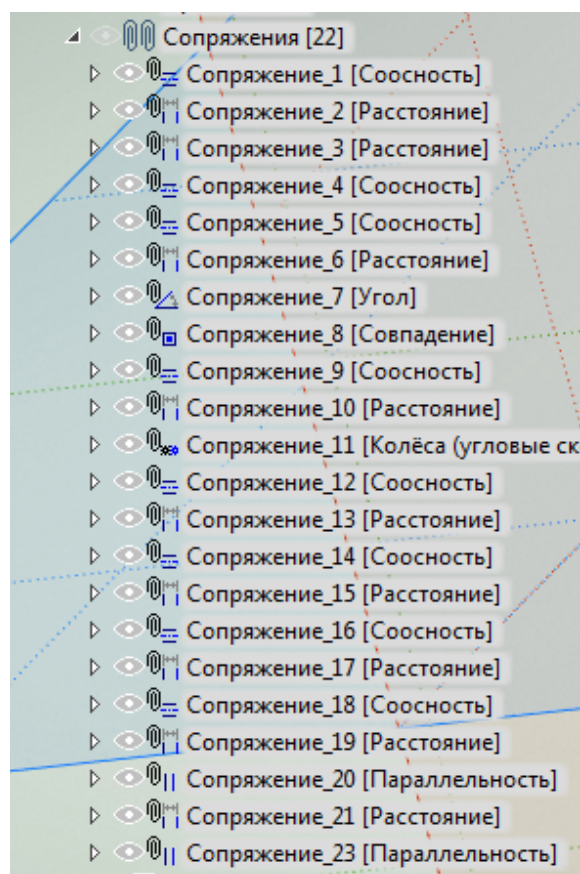


Рисунок 22 - Сопряжения

После чего, задается газовая сила в виде сплайна, прикладываемая к одному из поршней (Рисунок 23), направленная вертикально вниз. Значение этой силы представлено в Таблице 1.

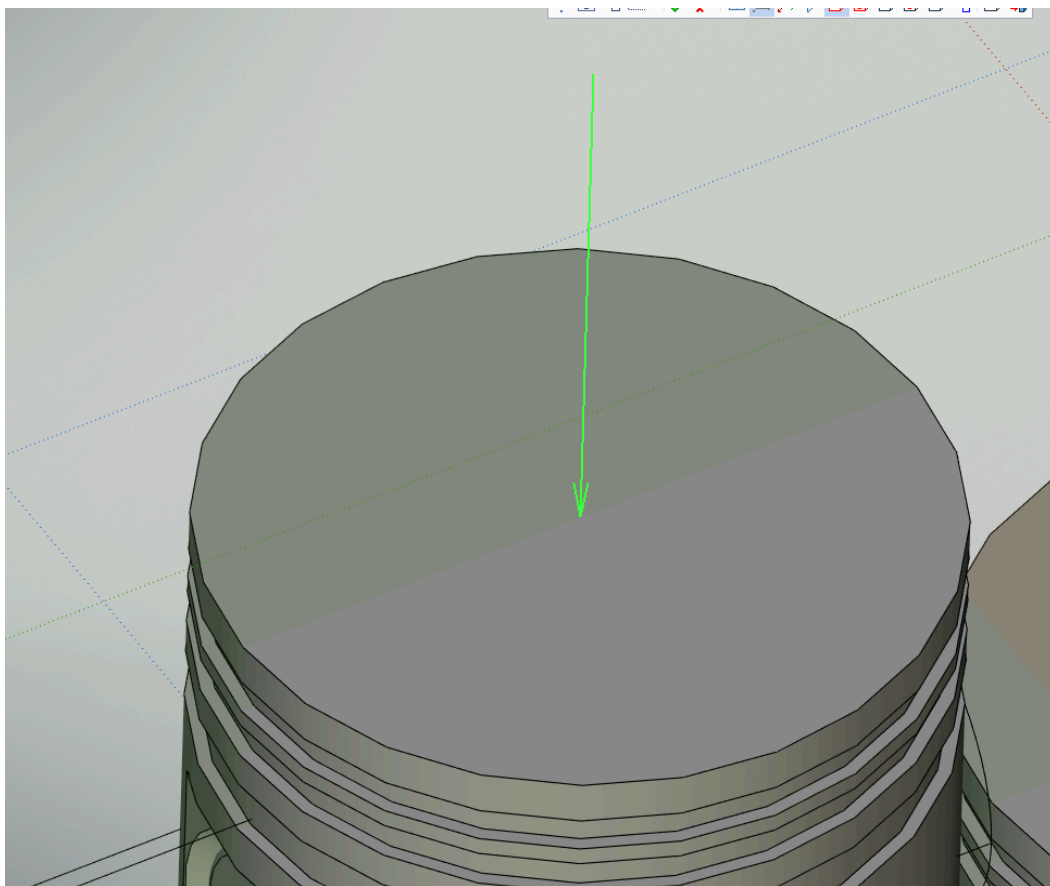


Рисунок 23 – Направление силы

Таблица 1 - Значение газовой силы, прикладываемой к системе, в зависимости от времени. $P_{г1}$, кПа соответственно равно 2-ому варианту.

номер	φ°	$F_{г1}$, Н	$P_{г1}$, кПа
1	0	0	18
2	30	0,001510574018	-11
3	60	0,003021148036	-11
4	90	0,004531722054	-11
5	120	0,006042296073	-11
6	150	0,007552870091	-11
7	180	0,009063444109	-11
8	210	0,01057401813	-11
9	240	0,01208459215	0
10	270	0,01359516616	50
11	300	0,01510574018	230
12	330	0,0166163142	800
13	360	0,01812688822	2200
14	370	0,01863041289	6330
15	390	0,01963746224	3750
16	420	0,02114803625	1500
17	450	0,02265861027	700
18	480	0,02416918429	500
19	510	0,02567975831	325
20	540	0,02719033233	175
21	570	0,02870090634	50
22	600	0,03021148036	18
23	630	0,03172205438	18
24	660	0,0332326284	18
25	690	0,03474320242	18
26	720	0,03625377644	18

Также задали постоянную скорость вращения КВ равную 346,62 рад/с, которая получилась исходя из расчетов π умножить на 3310 об/мин и разделить на 30.

После задания кинематических и динамических граничных условий был проведён расчёт где результаты изучения динамико-кинематических свойств модели представлены на рисунках ниже.

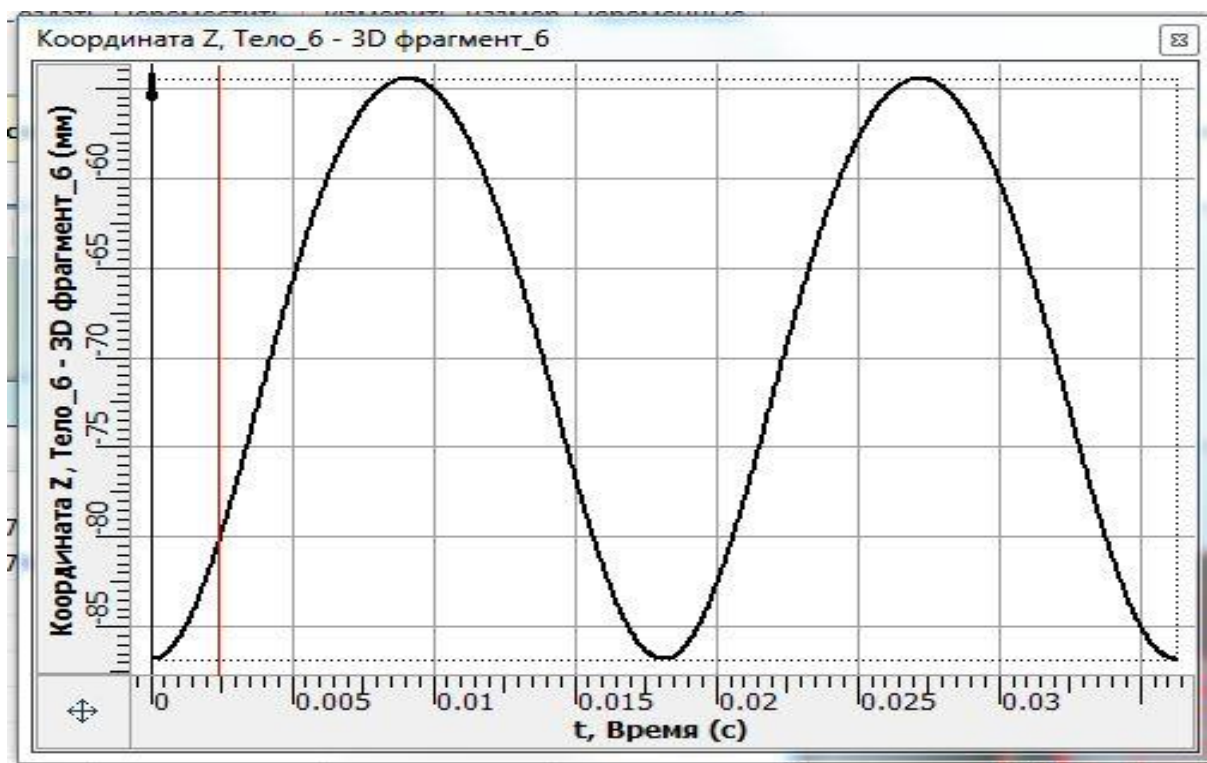


Рисунок 24 – Перемещение поршня

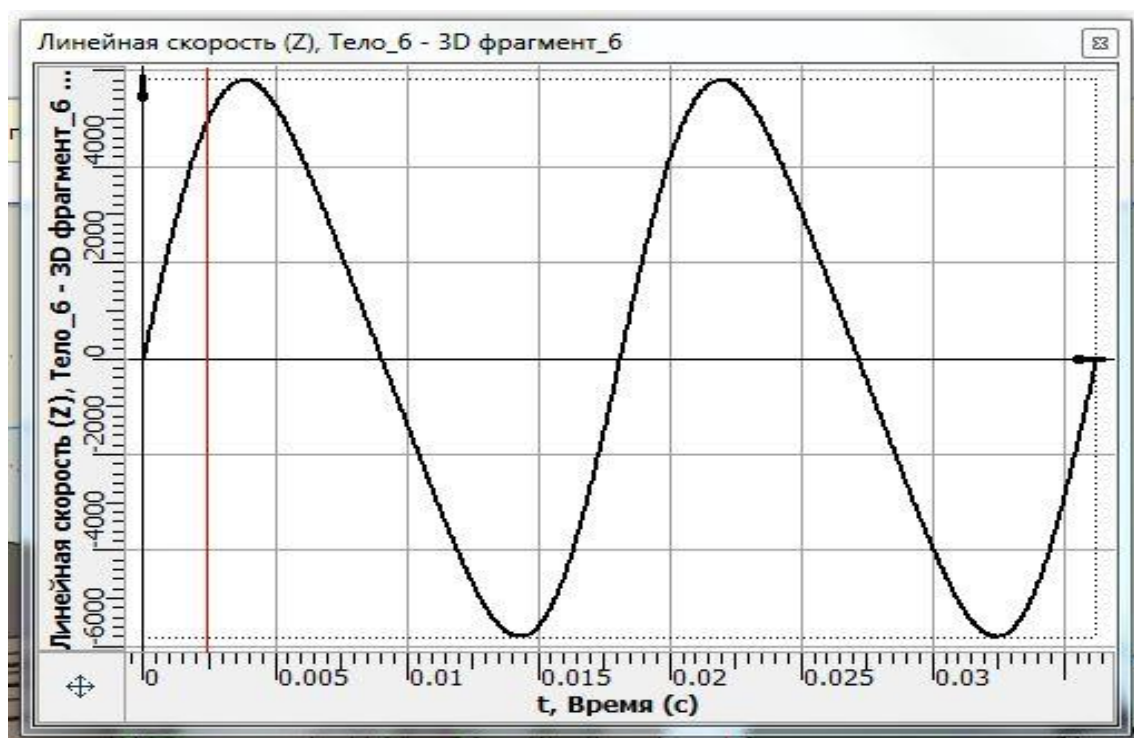


Рисунок 25 – Линейная скорость поршня

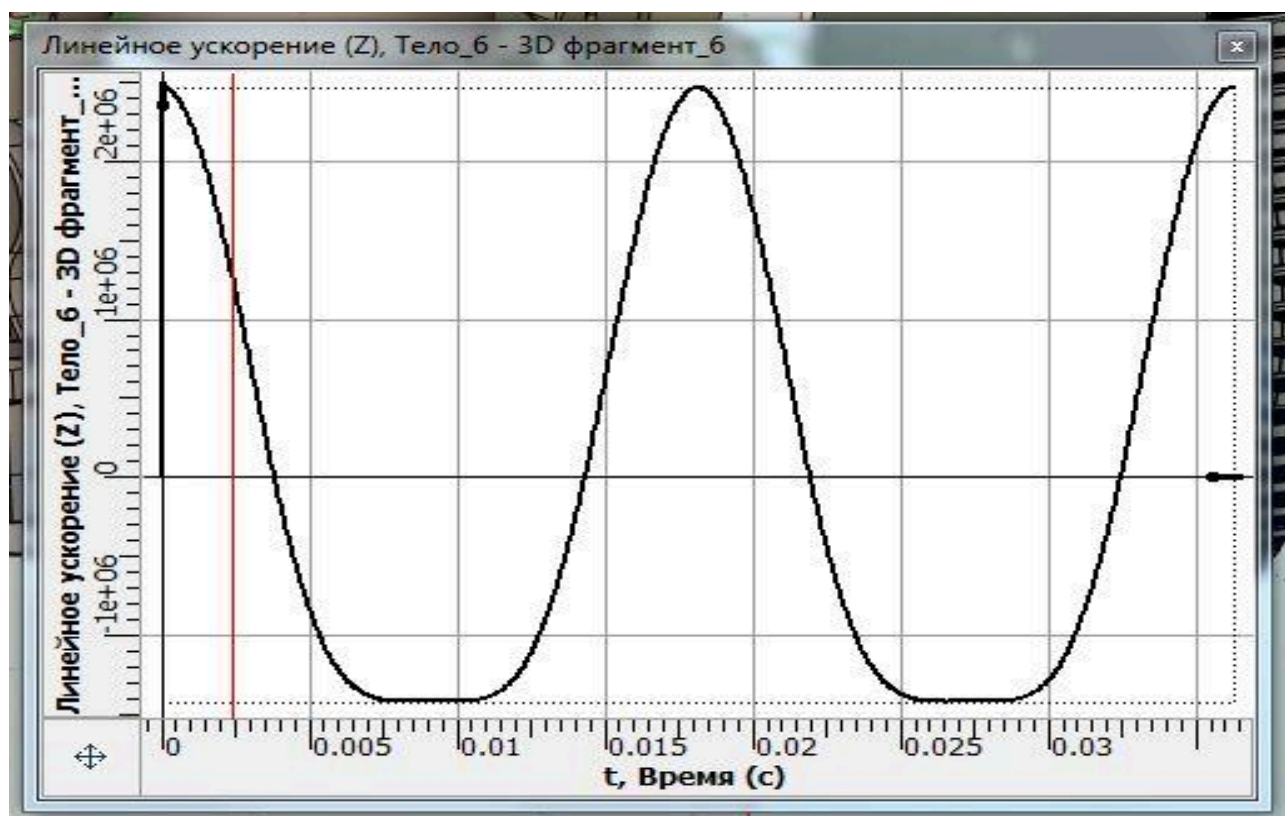


Рисунок 26 – Линейное ускорение поршня

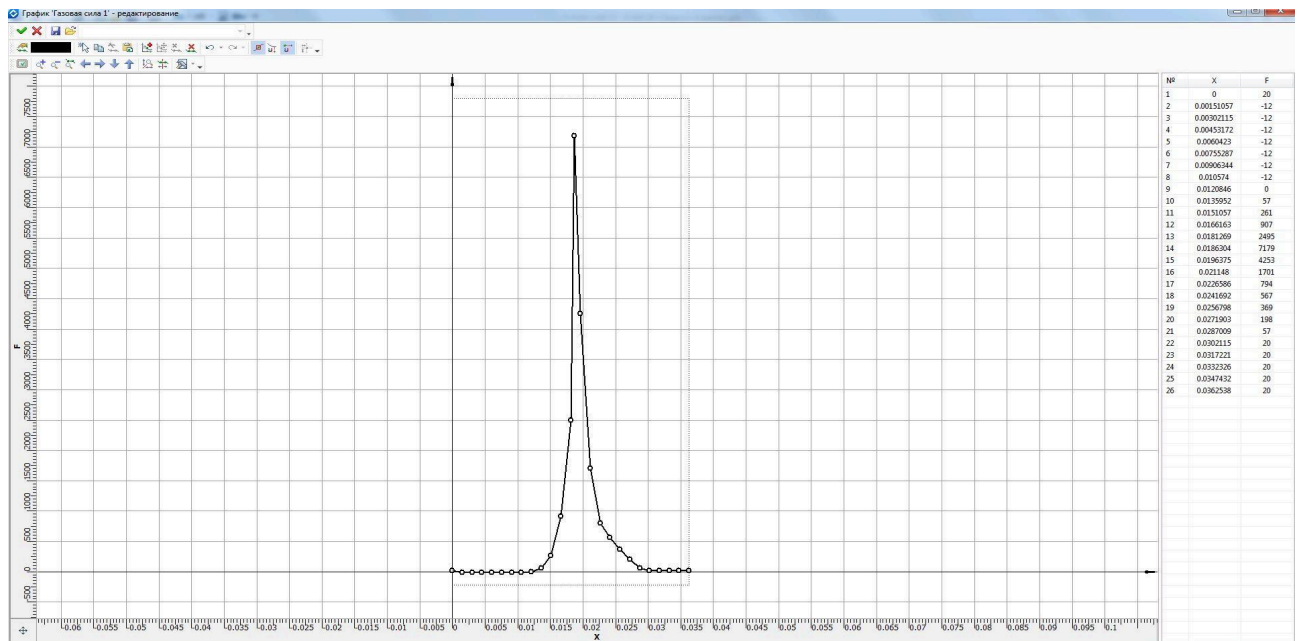


Рисунок 27 - Сила действующая на поршень

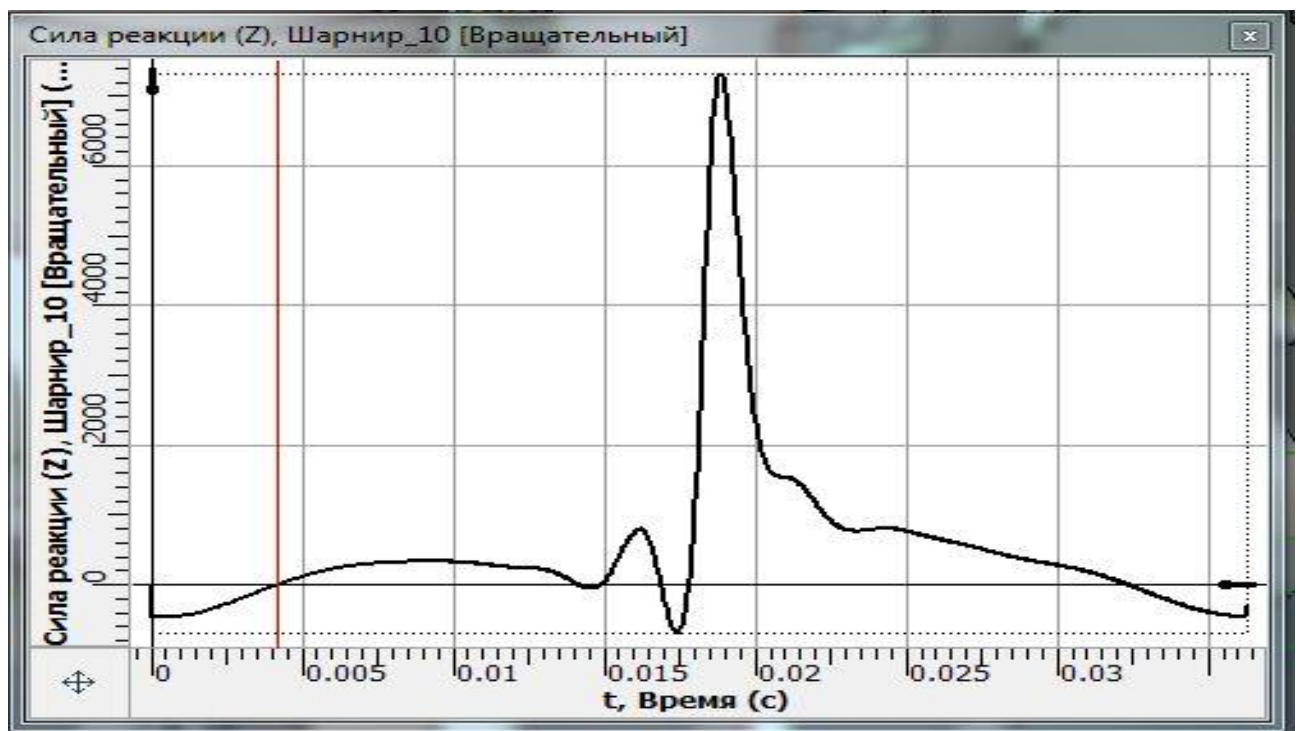


Рисунок 28 – Сила действующая на шатун.



Рисунок 29 – Сила реакции на коленчатый вал

Также приведены максимальные и минимальные значения на таблице 2. Сила действующая на поршень отличается от графика газовой силы, из-за мелких вмешательств, но отличие нельзя назвать значительным.

Таблица 2 – максимальные и минимальные значения сил в динамическом расчёте

Силы	Минимальная сила, Н	Максимальная сила, Н
Сила действующая на поршень	-221	7719
Сила реакции на шатун	-7552	461

Сила реакции на коленчатый вал	-406	6812
-----------------------------------	------	------

Расчёт собственных частот коленчатого вала с маховиком

Мы выполнили один из специализированных инженерных расчетов — определение собственных частот коленчатого вала с маховиком. Этот расчет позволяет выявить собственные частоты и формы колебаний конструкции.

Работа проводилась в программе T-Flex Анализ, где была создана отдельная задача для расчета собственных частот. После построения сетки мы задали локальную систему координат в передней части коленвала, чтобы корректно определить ось вращения. С помощью инструмента «частичное закрепление» были зафиксированы направления сил на носке коленвала и коренных шейках. В результате мы получили собственные частоты в герцах. Резонансная частота необходима для проверки возникновения резонанса в детали. Резонанс появляется, когда частота вращения совпадает с собственной частотой. Для сравнения мы перевели частоту вращения в герцы, разделив её на 60: $3310 \text{ об/мин} / 60 = 55,1667 \text{ Гц}$. При расчёте с рабочей частотой сравниваются все полученные собственные частоты в 15-процентном интервале.

Поскольку найденная собственная частота не совпала с рабочей, можно сделать вывод, что в данном режиме работы резонанс не возникает.

Форма 1 не была включена, ее частота равна около нуля Герц, так как происходит спокойное вращение по оси. Форма 3 отвечает за осевое движение вала. Форма 4 отвечает за частоту маховика. Форма 2,6,10 так называемые крутильные формы, которые важны т.к. в них четко видно где возможен излом вала:

Задача_1 [Собственные частоты]
Относительные перемещения, модуль
Форма 2 - резонансная частота: 1197.796 Гц
Масштаб перемещений: -0.00

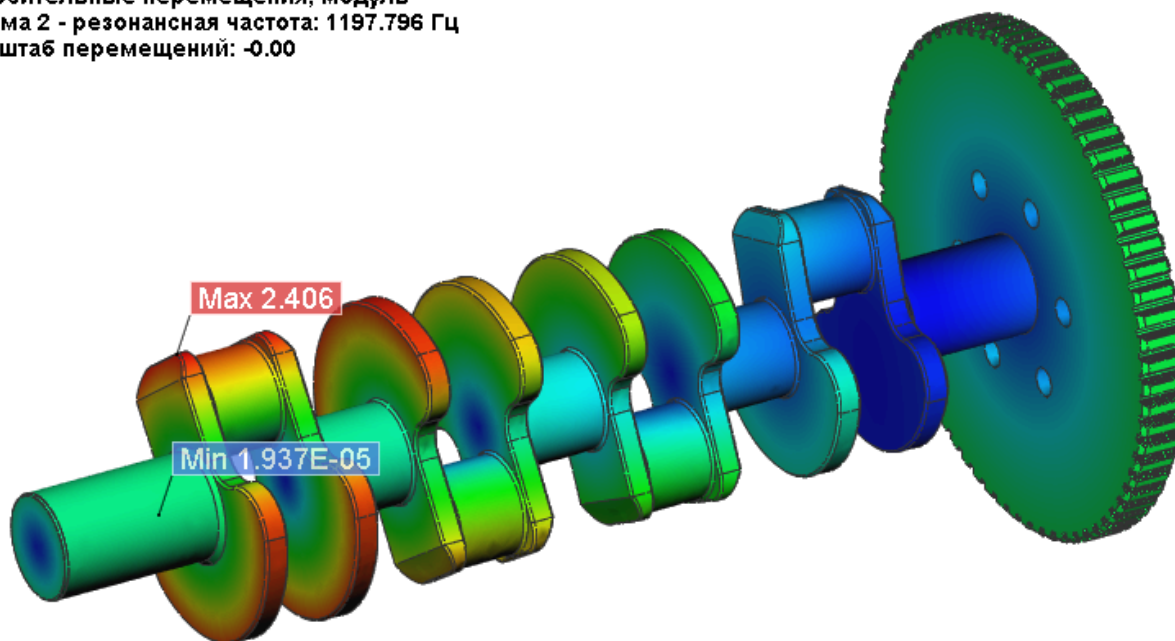


Рисунок 30 – При 1197 Гц не происходит резонанс

Задача_1 [Собственные частоты]
Относительные перемещения, модуль
Форма 3 - резонансная частота: 1396.089 Гц
Масштаб перемещений: 0.01

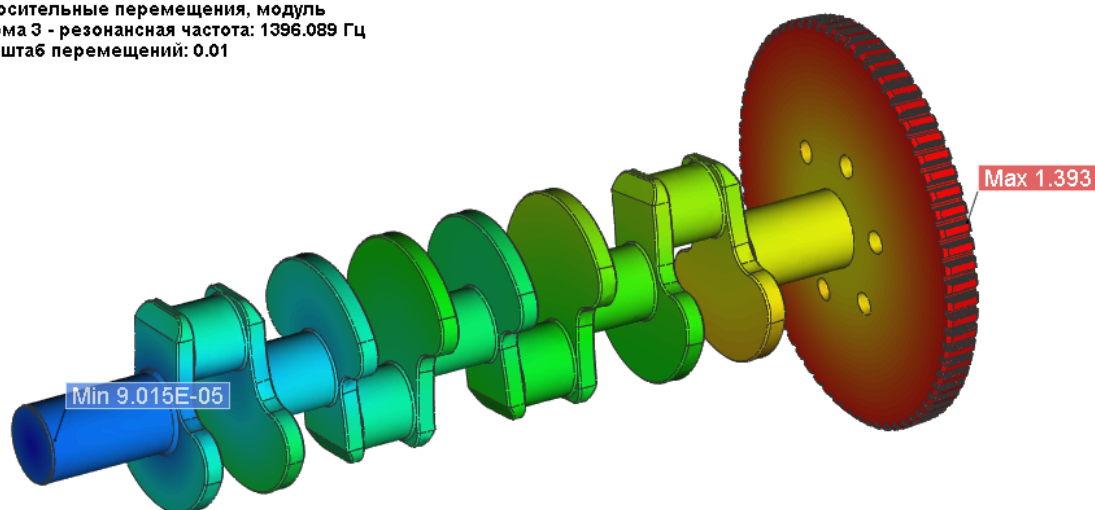


Рисунок 31- При 1396 Гц не происходит резонанс

Задача_1 [Собственные частоты]
Относительные перемещения, модуль
Форма 4 - резонансная частота: 2615.650 Гц
Масштаб перемещений: 0.00

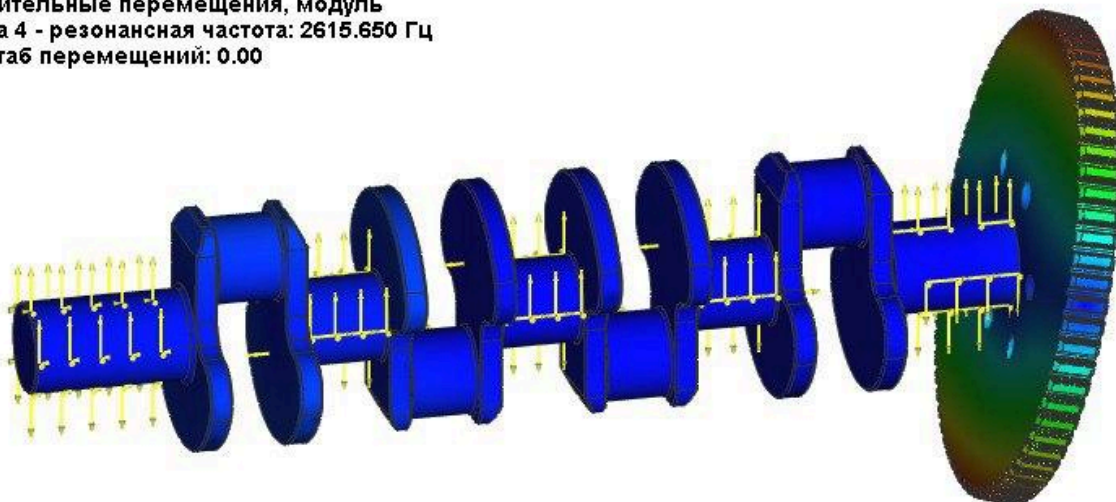


Рисунок 32 - При 2615 Гц не происходит резонанс

Задача_1 [Собственные частоты]
Относительные перемещения, модуль
Форма 6 - резонансная частота: 2966.240 Гц
Масштаб перемещений: 0.00

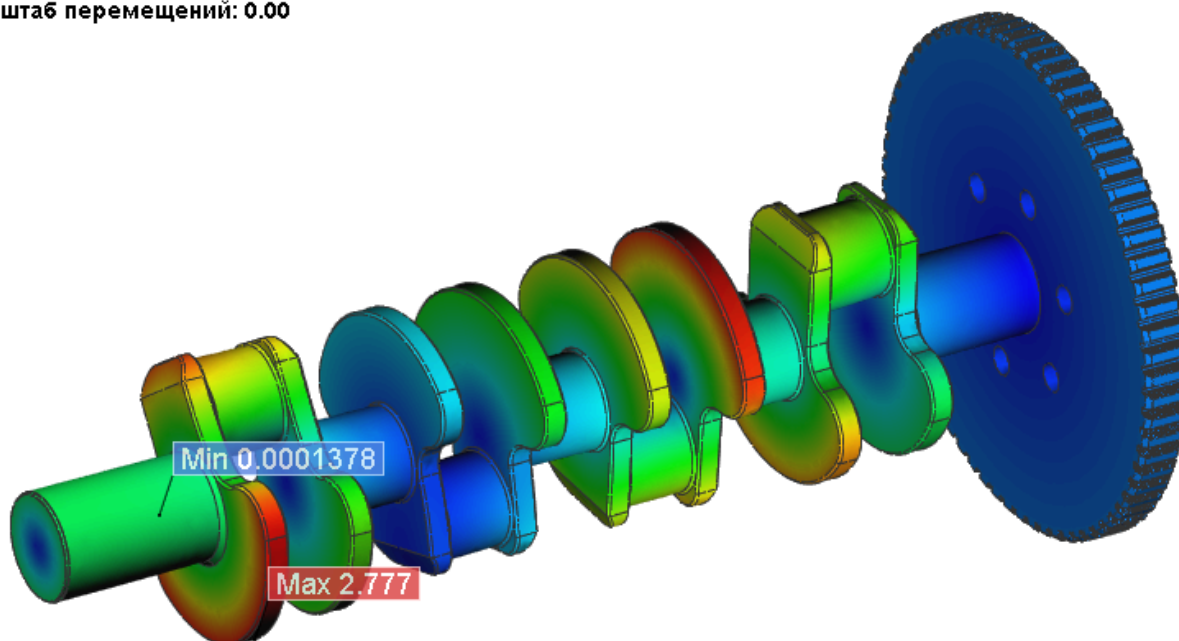


Рисунок 33 - При 2625 Гц не происходит резонанс

Задача_1 [Собственные частоты]
Относительные перемещения, модуль
Форма 10 - резонансная частота: 5387.732 Гц
Масштаб перемещений: 0.00

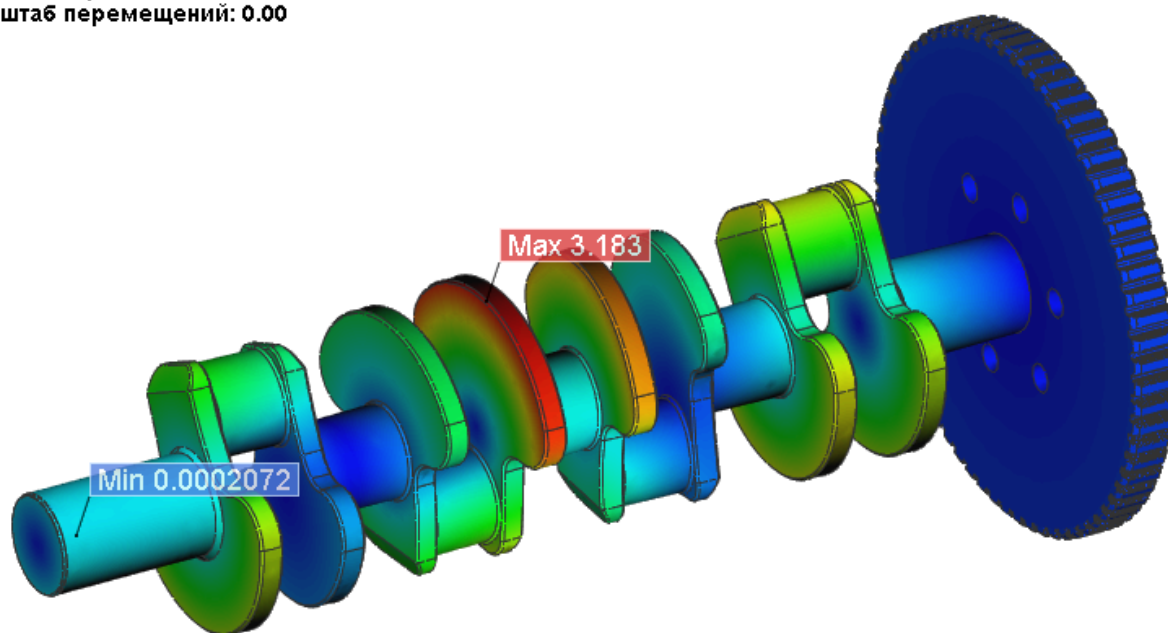


Рисунок 34 - При 5387 Гц не происходит резонанс

Вывод: частота вращения переведенная в Гц не совпадает ни с одной из форма собственной частоты вала, все частоты сильно больше, это означает что на данном режиме работы не будет резонанса, а значит, коленчатый вал не разрушится на номинальной рабочей частоте ДВС.

Расчет прочности деталей механизма

В рамках дальнейшего процесса сквозного проектирования кривошипно-шатунного механизма выполняется анализ прочности всех составных элементов конструкции. Отдельные компоненты - поршень, шатун и коленчатый вал - последовательно импортируются в расчетный модуль T-Flex Анализ для моделирования рабочих нагрузок. Процедура расчета включает последовательное назначение материала детали, генерацию расчетной сетки по всей геометрической поверхности, фиксацию детали в системе и приложение действующих силовых нагрузок. В ходе выполнения расчетных операций была выявлена ошибка - первоначальный анализ проводился, составляющей лишь четверть от полной силы.

Результаты данного исследования представлены ниже.

Поршень

Зафиксировав поршень по боковой поверхности вдоль вертикальной оси, к нему сверху была приложена сила равная 7719 КПа, полученная в ходе исследования в программе T-Flex Динамика. Материалом поршня была задана сталь 03X17H14M3 ГОСТ 5632-2014, так как при материале - алюминий КЗП равен нулю. На рисунках ниже показана схема приложения силы, ось симметрии, частичные закрепления а также сами результаты.

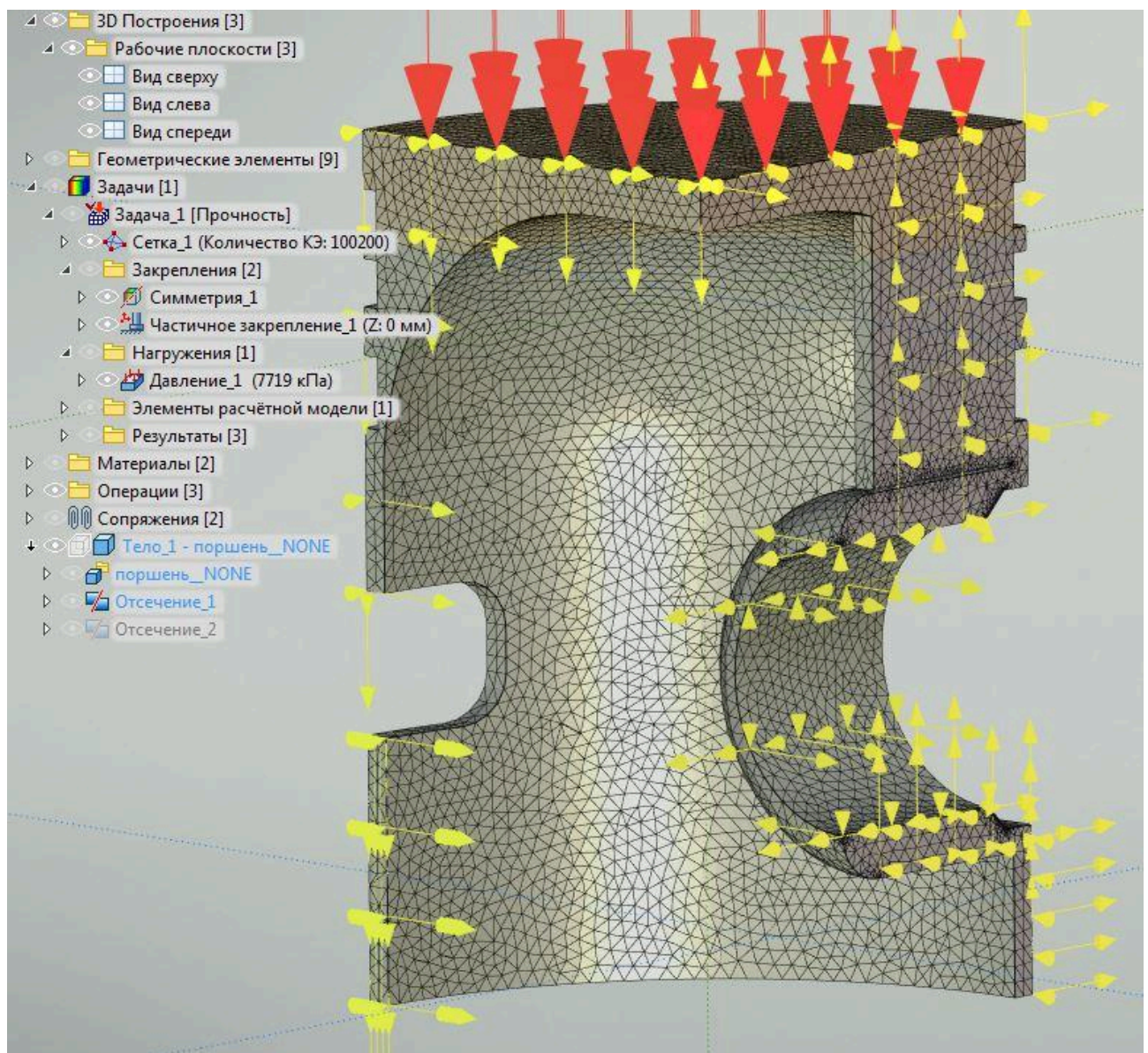


Рисунок 35 – Сетка поршня и приложенная сила

Задача_1 [Прочность]
Перемещения, модуль, мм
Масштаб перемещений: 18.24

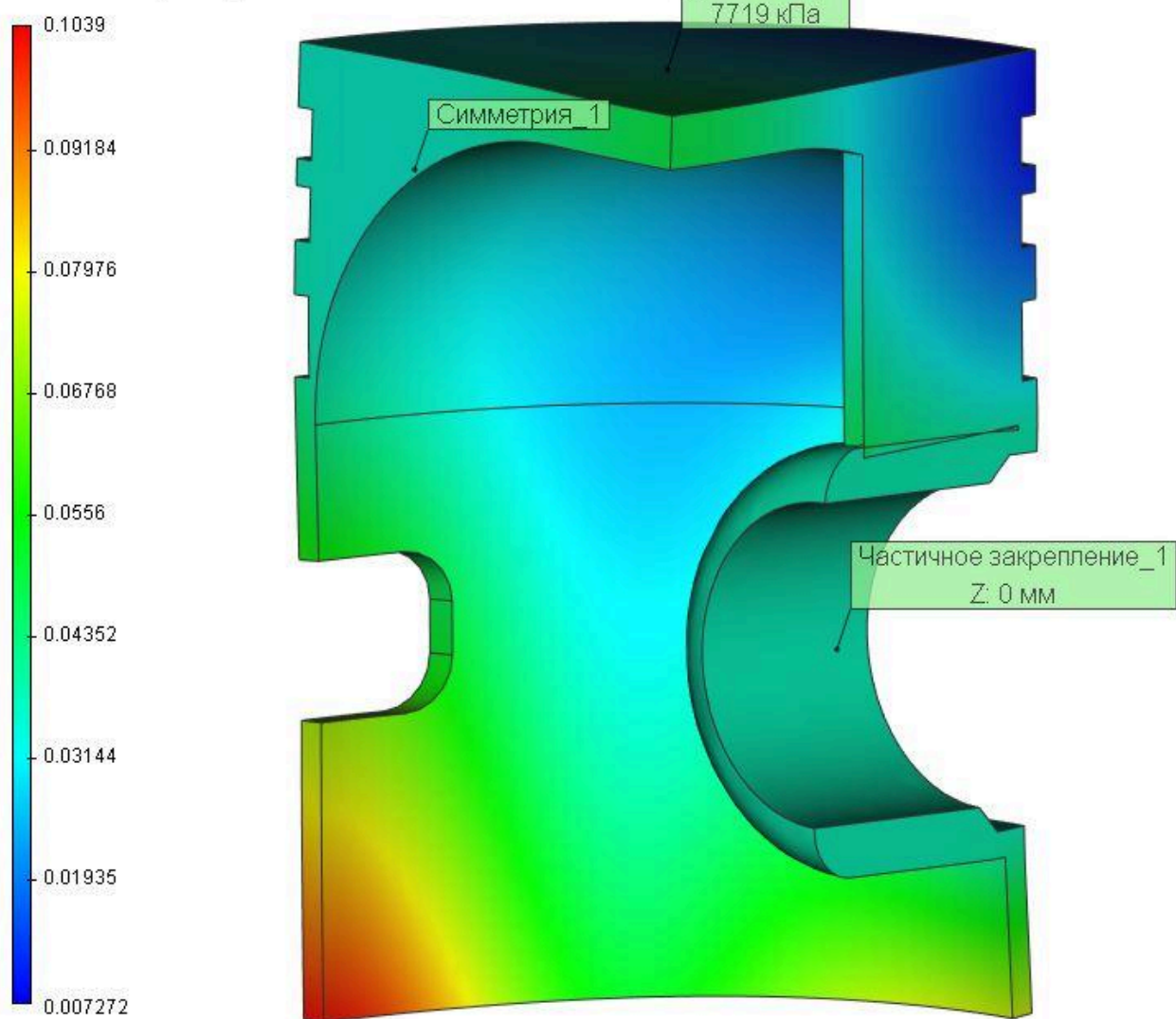


Рисунок 36 – Перемещение поршня

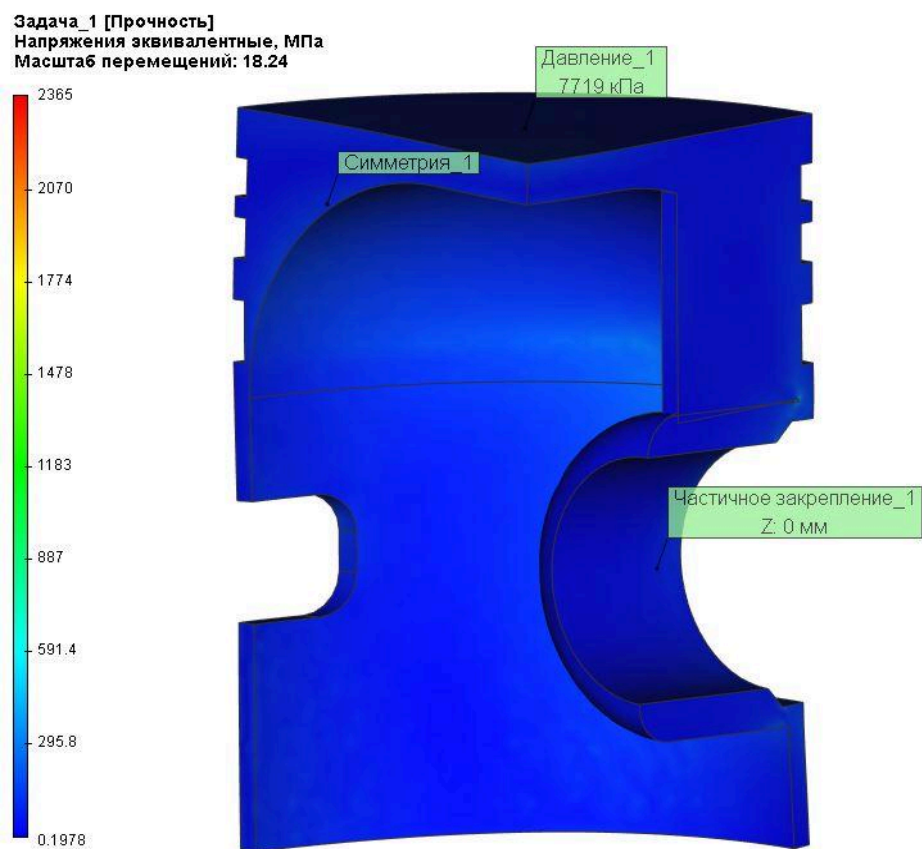


Рисунок 37 – Напряжение на поршень

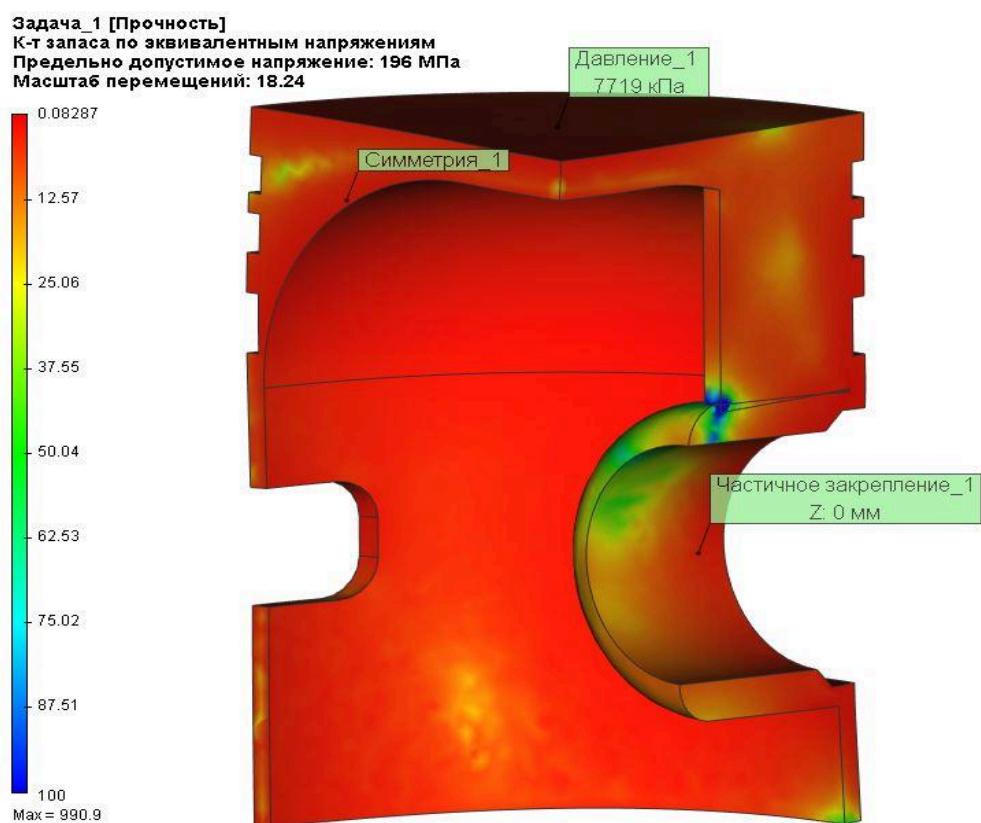


Рисунок 38 – Коэффициент запаса прочности поршня

Вывод: результаты расчётов показывают, что коэффициент запаса прочности поршня составляет 0.08287, это означает, что он не пригоден для использования, так как не входит допустимые пределы КЗП. Решить эту проблему можно путем утолщения днища, юбки, бобышек, а также добавление радиальных и кольцевых рёбер жесткости.

Шатун

При выполнении расчетного анализа шатун был закреплен по посадочным поверхностям в нижней головке с двух сторон, при этом фиксация осуществлялась по вертикальной оси. К верхней части детали прикладывалась расчетная нагрузка величиной 1888 Н на $\frac{1}{3}$ от длины окружности под поршневой палец, значение которой было определено в ходе динамического моделирования кривошипно-шатунного механизма, а именно $7552/4$, что в итоге дало 1888 Н. В качестве материала шатуна использовалась коррозионностойкая сталь марки 03X17H14M3, соответствующая требованиям ГОСТ 5632-2014. На рисунках ниже показана схема приложения силы, ось симметрии, частичные закрепления а также сами результаты.

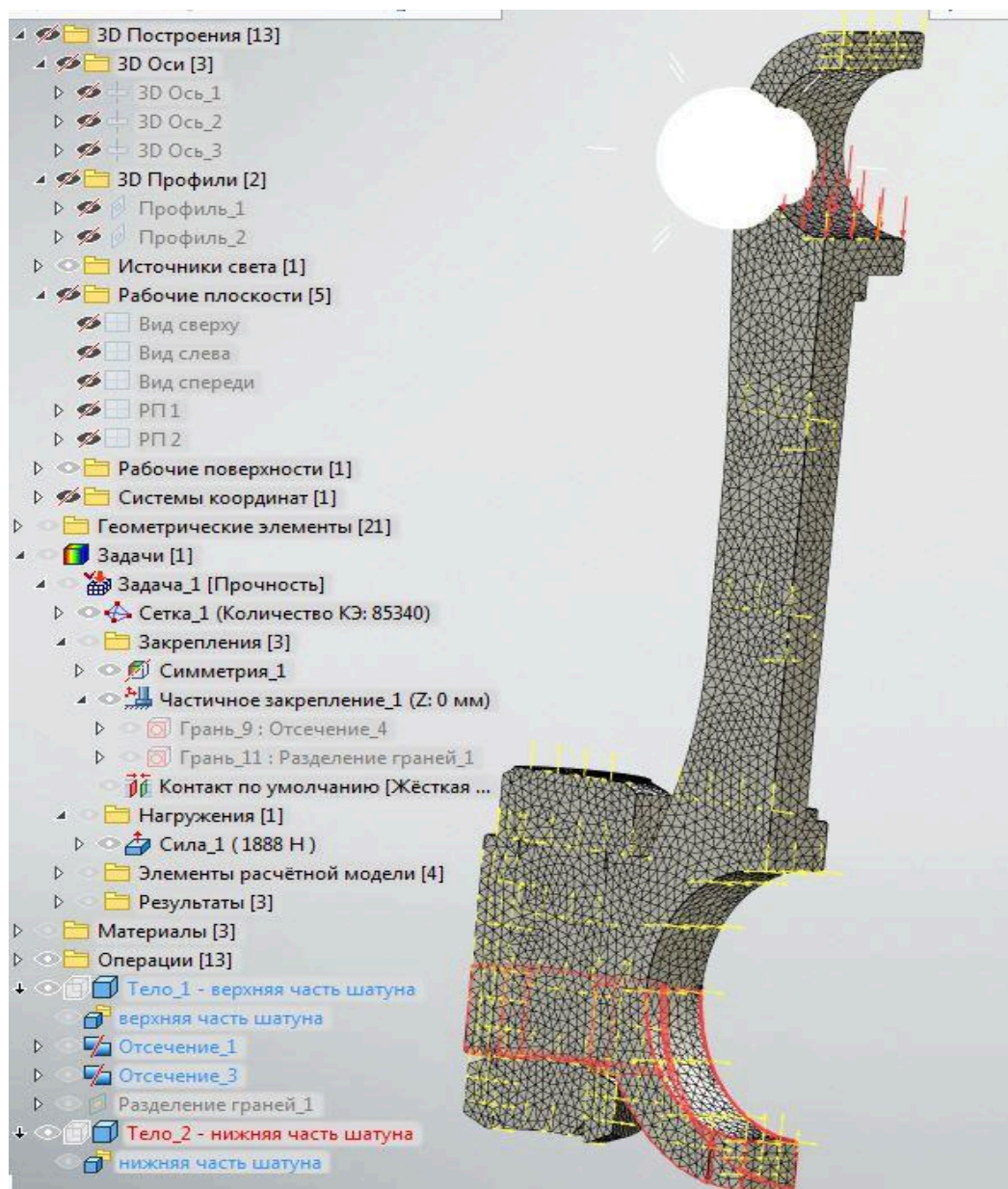


Рисунок 39 – Сетка шатуна и приложенная сила

Задача_1 [Прочность]
Перемещения, модуль, мм
Масштаб перемещений: 201.86

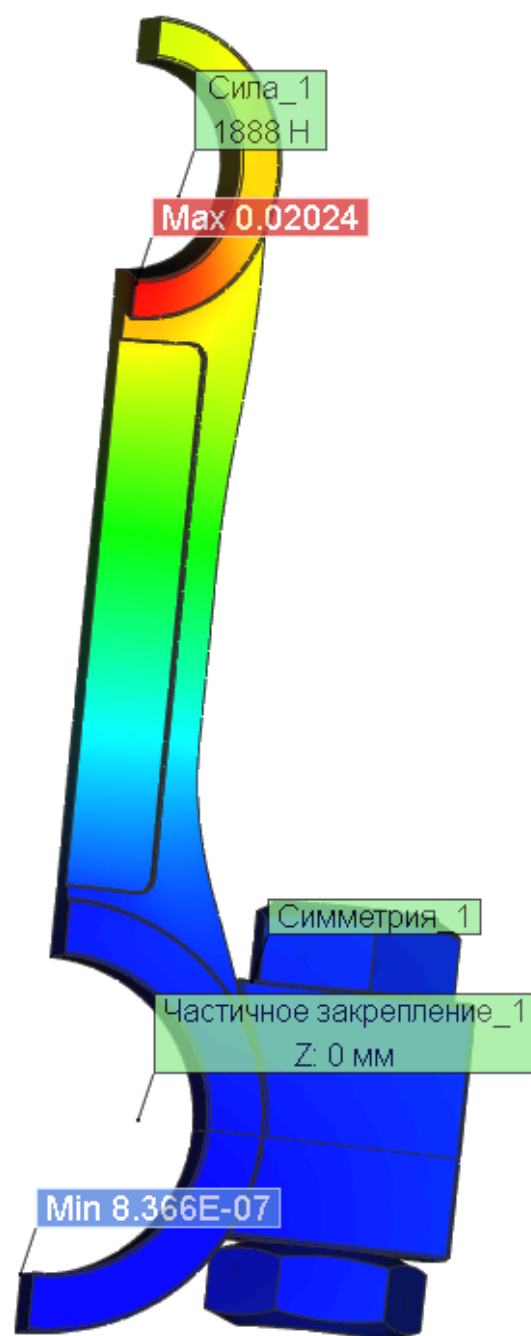
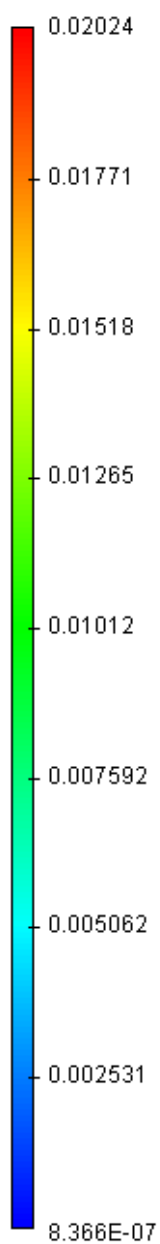


Рисунок 40 – Перемещение шатуна

Задача_1 [Прочность]
Напряжения эквивалентные, МПа
Масштаб перемещений: 201.86

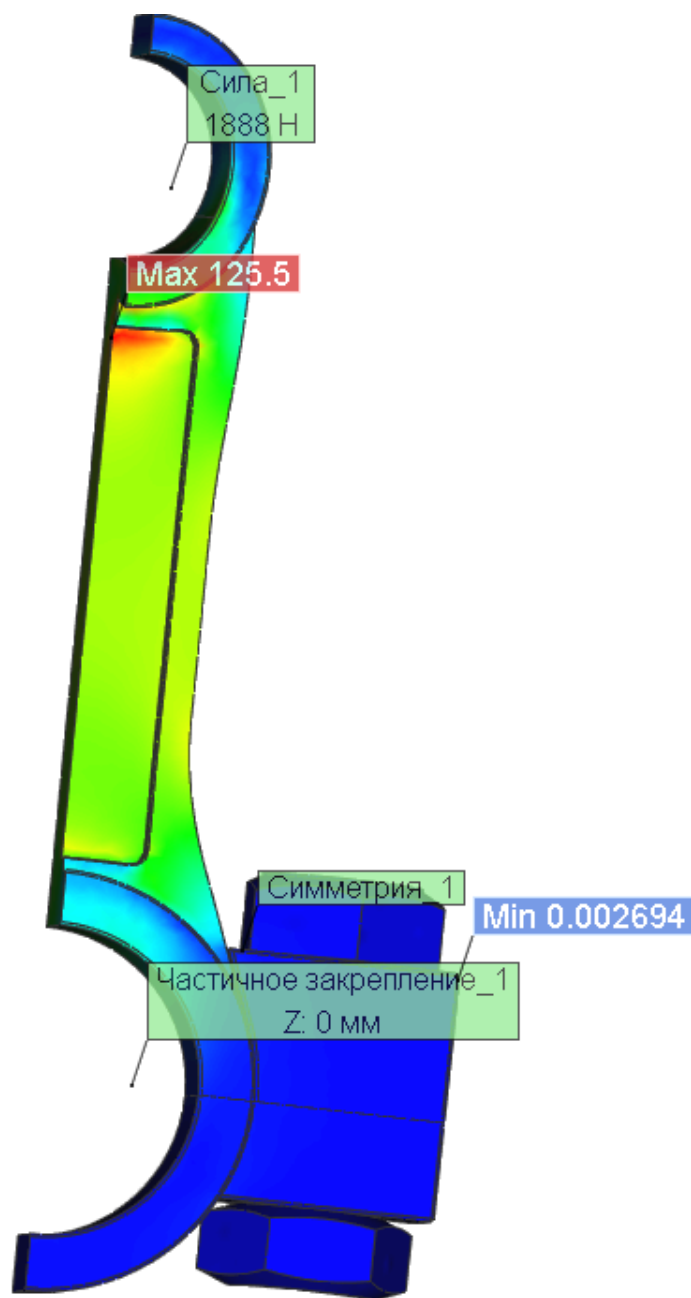
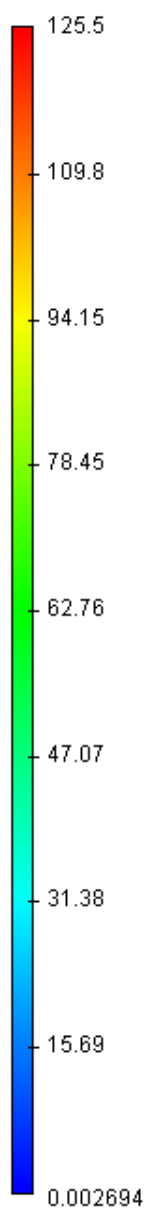


Рисунок 41 – Напряжение на шатун

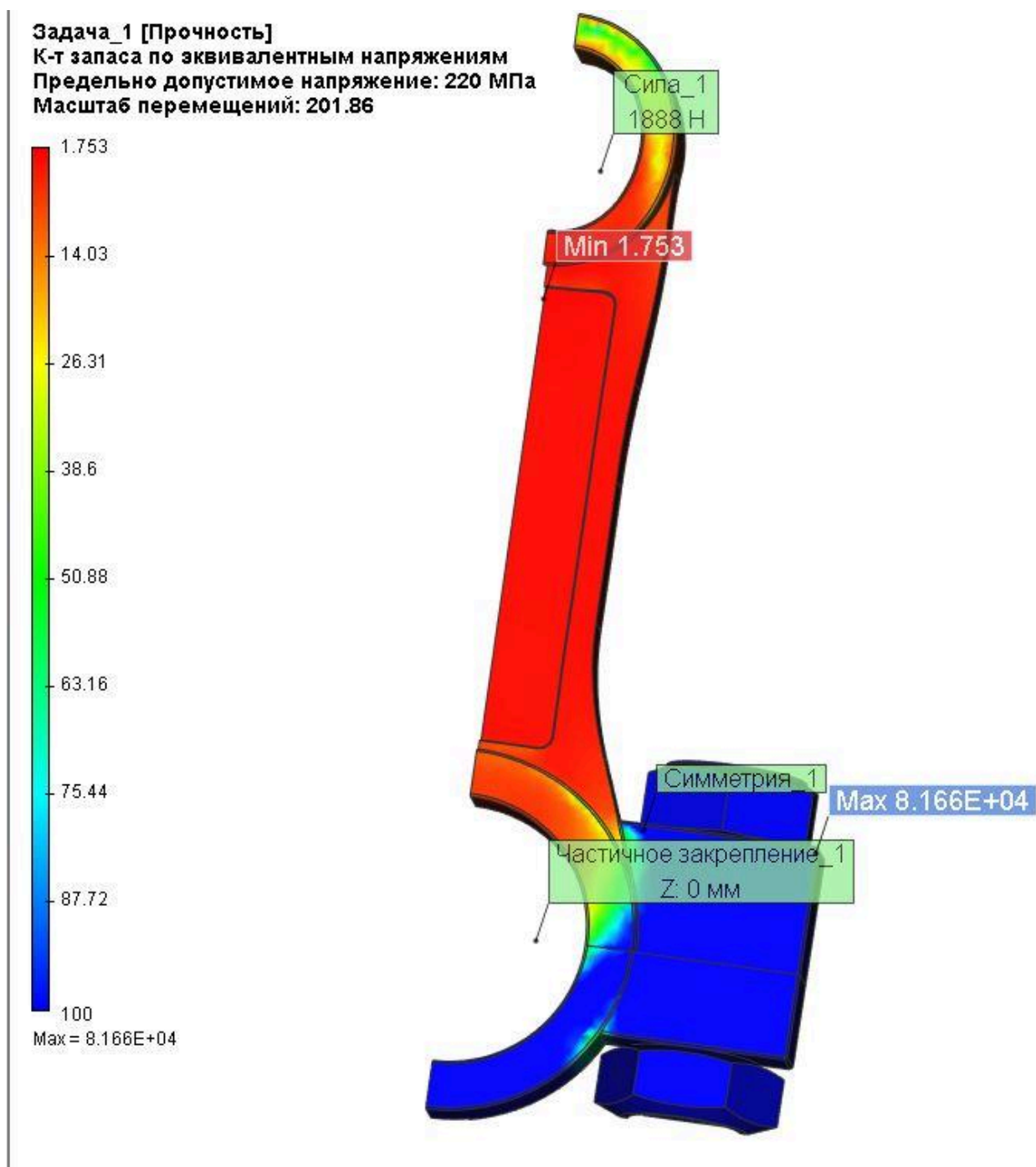


Рисунок 42 – Коэффициент запаса прочности шатуна

Вывод: результаты расчётов показывают, что коэффициент запаса прочности шатуна составляет 1.753, это означает, что он пригоден для использования и входит в допустимые пределы КЗП.

Коленчатый вал

При расчетном анализе коленчатый вал был зафиксирован по поверхности коренной шейки упорного подшипника с ограничением перемещений по вертикальной оси. К конструкции прикладывалась расчетная нагрузка величиной 3450 Н, определенная в результате динамического моделирования кривошипно-шатунного механизма, а именно $6900/2$, что и дало 3450 Н. В качестве материала для коленчатого вала был выбран серый чугун марки СЧ35, соответствующий требованиям ГОСТ 1412-85. Полученные результаты напряженно-деформированного состояния представлены на иллюстрациях ниже.

Результат представлен на рисунках ниже.

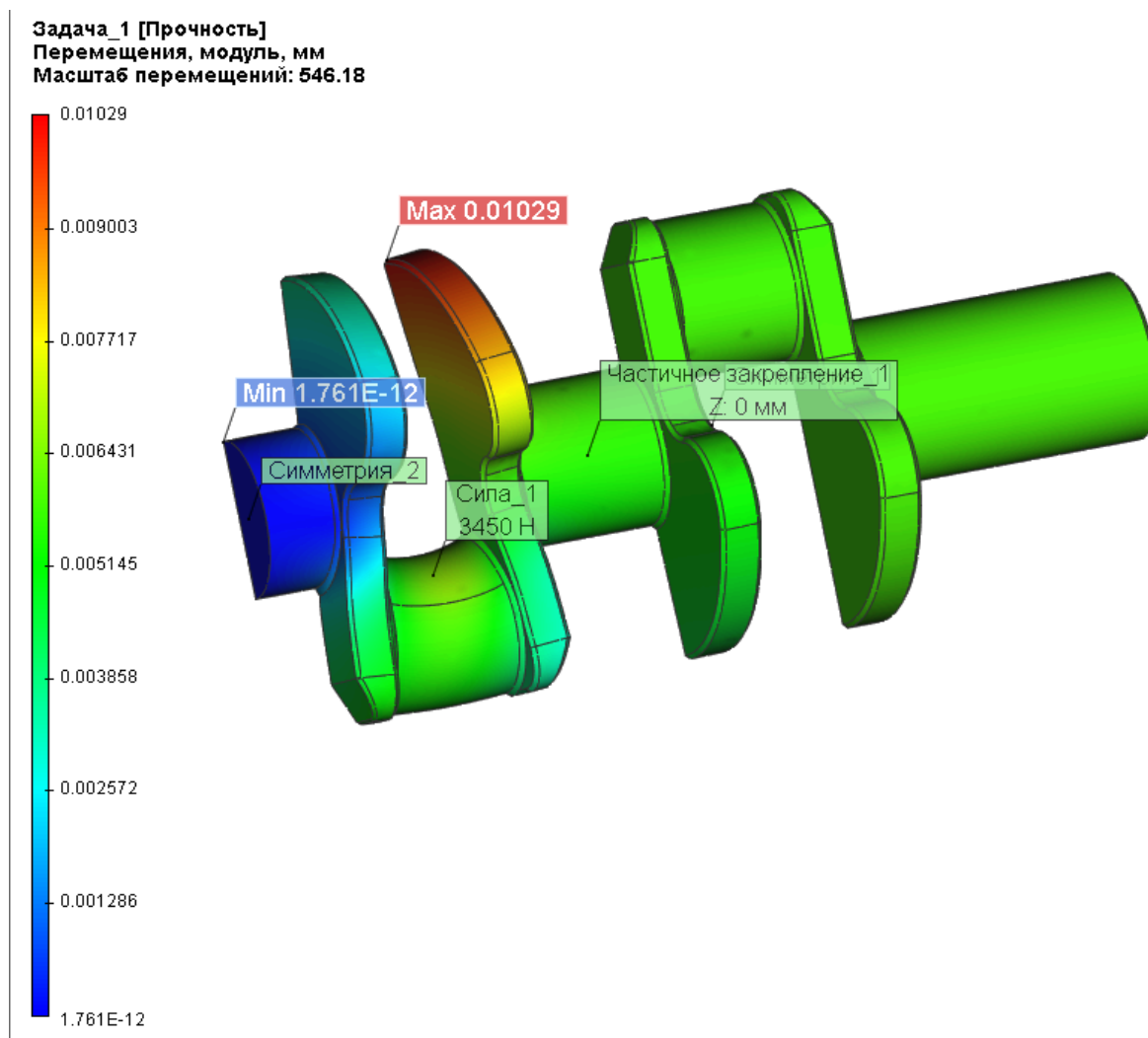


Рисунок 43 – Перемещение коленчатого вала

Задача_1 [Прочность]
 Напряжения эквивалентные, МПа
 Масштаб перемещений: 546.18

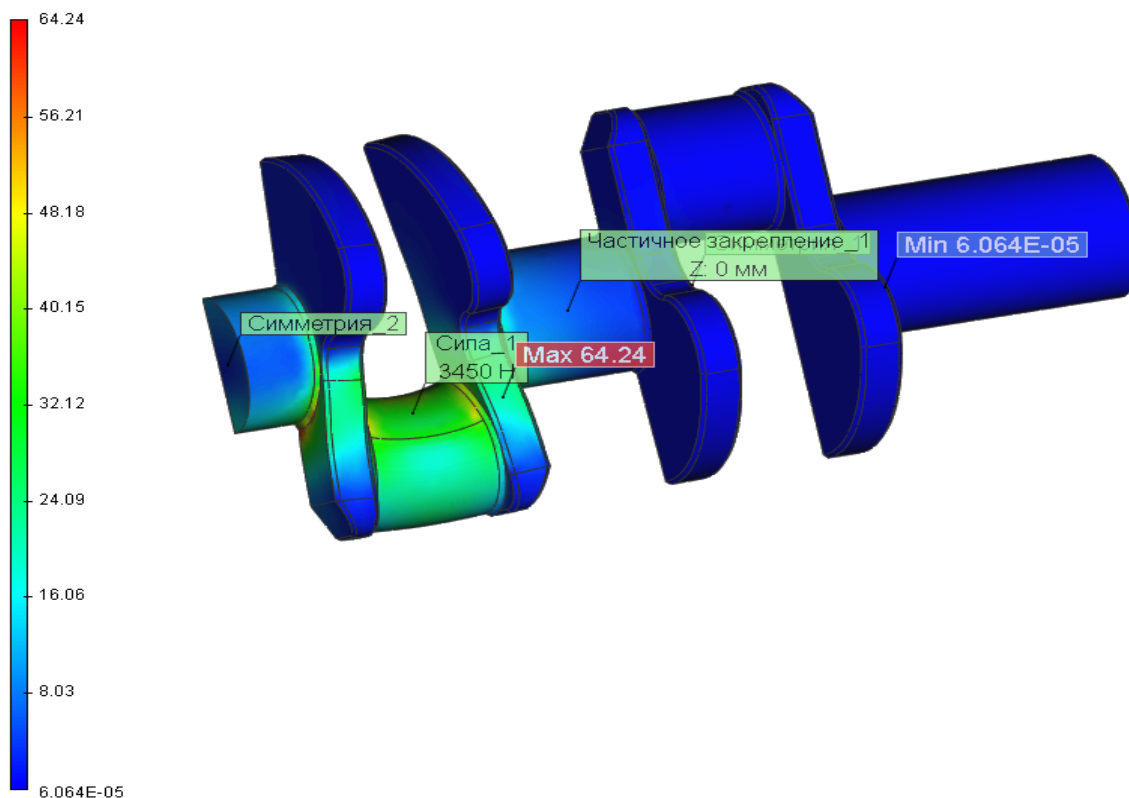


Рисунок 44 – Напряжение на коленчатый вал

Задача_1 [Прочность]
 К-т запаса по эквивалентным напряжениям
 Предельно допустимое напряжение: 350 МПа
 Масштаб перемещений: 546.18

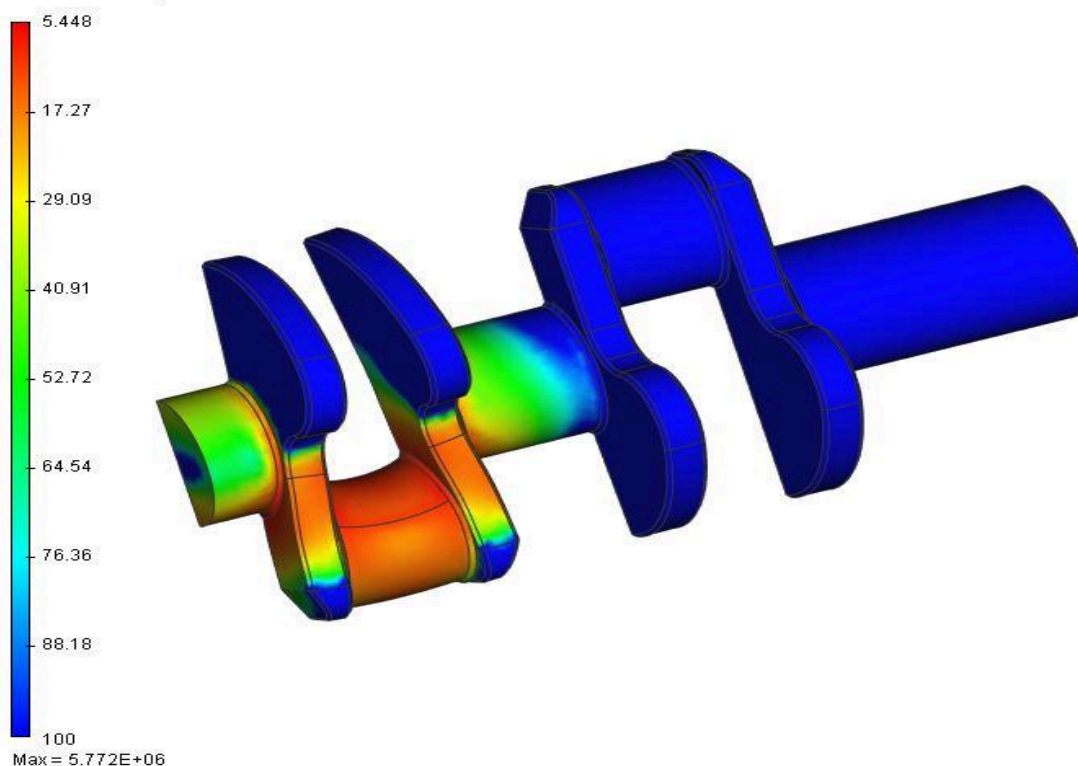


Рисунок 45 – Коэффициент запаса прочности коленчатого вала

Таблица 3 – Расчёт прочности деталей

Деталь	Материал	Эквивалентное Напряжение, МПа	Коэффициент прочности	Максимальна я деформация, м
Поршень	Сталь 03X17H14M3 ГОСТ 5632-2014	483.7	0.08287	0.02132
Шатун	Сталь 03X17H14M3 ГОСТ 5632-2014	125.5	1.753	0.02024
Коленчатый вал	Чугун СЧ35 ГОСТ 1412-85	64.24	5.448	0.01029

Вывод: результаты расчётов на прочность деталей показывают, что коэффициент запаса прочности поршня составляет 0.405, это означает, что он не пригоден для использования, так как не входит допустимые пределы КЗП. Решить эту проблему можно путем утолщения днища, юбки, бобышек, а также добавление радиальных и кольцевых рёбер жесткости.

Для шатуна вала коэффициент запаса прочности составил 1.753, это означает, что он пригоден для использования и входит в допустимые пределы КЗП.

Для коленчатого вала коэффициент запаса прочности составил 5.448, это означает, что он пригоден для использования, но для достижения КЗП в пределах допустимого необходимо облегчить конструкцию.

проведена практическая работа по построению и исследованию кривошипно-шатунного механизма. Исследование показало, что построенная модель не пригодна для практического использования при исходных данных

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активное использования офисных приложений MSWord, MSeXcel, MSPowerPoint, входящих в состав пакета MSOffice, предполагает, что основные операции по накоплению, хранению, визуализации и переработке информации возлагаются на вычислительную технику, а пользователь выполняет часть ручных операций и операций, требующих творческого подхода при подготовке проектной и технической документации.

Офисное приложение MSOffice занимает одно из ведущих мест в информационной образовательной среде кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов (КиПДЛА) и кафедры инженерной графики Самарского университета, позволяя успешно решать задачи разработки рабочей проектной и технической документации и оформлять законченные проектно-конструкторские работы, реализуемые на кафедрах в учебном процессе.

T-FlexCAD – это система автоматизированного проектирования, объединяющая в себе параметрические возможности трёхмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. Определяющей в инженерной подготовке по профилю 24.03.05 «Виртуальный инжиниринг в проектировании авиационных двигателей» на кафедре КиПДЛА данная система является благодаря наличию интегрированных модулей T-Flex Динамика и T-Flex Анализ. Модуль T-Flex Динамика позволяет проводить динамические расчёты пространственных механических систем. Модуль T-Flex Анализ предназначен для конечно-элементного анализа изделий. В совокупности данные инструменты позволяют реализовать цепочку, т.н. «сквозного проектирования изделий», на концепции которой базируется учебный процесс конструкторско-технологической подготовки в Институте двигателей и энергетических установок Самарского университета.

Освоение роли прикладного программного обеспечения в информационно-технологической инфраструктуре университета, наряду с

приобретением навыков работы в инженерных пакетах, обеспечивает возможность участия в разработке эскизных, технических и рабочих проектов изделий и технологических процессов, соответствующих содержанию учебных дисциплин направления 24.03.05.

Пакет Adem предоставляет пользователю расширенный функционал для реализации проектных решений, поскольку, помимо базового CAD-модуля, включает инструменты для моделирования технологических процессов производства и эксплуатации изделий без необходимости использования дополнительных узкоспециализированных программных продуктов. Данное преимущество делает его более эффективным средством для формирования профессиональных компетенций по сравнению с другими прикладными инженерными пакетами.

T-FlexCAD – это система автоматизированного проектирования, объединяющая в себе параметрические возможности трёхмерного моделирования со средствами создания и оформления конструкторской документации. Определяющей в инженерной подготовке по профилю 24.03.05 «Виртуальный инжиниринг в проектировании авиационных двигателей» на кафедре КиПДЛА данная система является благодаря наличию интегрированных модулей T-Flex Динамика и T-Flex Анализ. Модуль T-Flex Динамика позволяет проводить динамические расчёты пространственных механических систем. Модуль T-Flex Анализ предназначен для конечно-элементного анализа изделий. В совокупности данные инструменты позволяют реализовать цепочку, т.н. «сквозного проектирования изделий», на концепции которой базируется учебный процесс конструкторско-технологической подготовки в Институте двигателей и энергетических установок Самарского университета.

Осмысление роли прикладного программного обеспечения в информационно-технологической инфраструктуре высшего учебного заведения, наряду с формированием компетенций в области эксплуатации инженерных

программных комплексов, способствует активному вовлечению обучающихся в процессы разработки эскизной, технической и рабочей проектной документации, охватывающей широкий спектр дисциплин, входящих в образовательную программу направления подготовки 24.03.05.

В ходе прохождения ознакомительной практики были приобретены теоретические знания и освоены методологические основы проектирования изделий авиационной техники на различных стадиях жизненного цикла — от эскизного до рабочего проектирования. Изучены современные подходы к решению инженерно-проектных задач в области двигателестроения с использованием информационных технологий, а также основные принципы разработки и оформления рабочей проектной и технической документации, соответствующей требованиям действующих стандартов.

Кроме того, были сформированы практические умения применения специализированного прикладного программного обеспечения для решения профессиональных задач двигателестроения, эффективного использования инструментов цифрового проектирования и автоматизации при создании эскизных, технических и рабочих проектов авиационных изделий и сопутствующих технологических процессов. Освоены методы использования инженерных САПР-систем (систем автоматизированного проектирования) для подготовки полного комплекта проектно-технической документации и обеспечения корректного оформления результатов конструкторской деятельности.

В результате практики закреплены профессиональные навыки в области информационного моделирования авиационных изделий, решения типовых инженерных задач с применением цифровых технологий, а также ведения проектной документации в соответствии с нормами и стандартами, регламентирующими деятельность в области авиационного двигателестроения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мелентьев, В.С. Знакомство с виртуальным моделированием с T-Flex [Электронный ресурс]: метод. указания / В.С. Мелентьев, А.С. Гвоздев; сост. В.С. Мелентьев, А.С. Гвоздев. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2025. – 89 с.: ил. – 2,94 Мб.
2. Орлин, А.С. Двигатели внутреннего сгорания: устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей [Текст]: учеб. пособие / под ред. А.С. Орлина. – М.: Машиностроение, 1980. – 288 с.
3. Стандарт СНИУ СТО 02068410-004-2019 «Общие требования к учебным текстовым документам» [Электронный ресурс]: методические материалы. – Самара: СНИУ им. академика С.П. Королева, 2019. – 8,74 Мб.