

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)»

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ РЕАКТИВНОГО СОПЛА В СРЕДЕ MSC.ADAMS

Рекомендовано редакционной комиссией по двигателям
летательных аппаратов и энергомашиностроению в качестве
методических указаний

Составитель В.С. Мелентьев

САМАРА
2017

УДК 004.4 (075)

Составитель: *В. С. Мелентьев*

Рецензент д-р техн. наук, проф. *В. Б. Балякин*

Исследование кинематики реактивного сопла в среде MSC.ADAMS : метод. указания / сост. *В.С. Мелентьев*. – Самара, 2017. – 29 с.: ил.

Предложена методика создания упрощённой динамической модели сопла в среде инженерной системы кинематического и динамического анализа MSC.ADAMS. Кратко изложены основы работы в программном пакете. Рассмотрены особенности кинематического и динамического расчетов в MSC.ADAMS. Даны подробные рекомендации по выполнению практических заданий.

Методические указания предназначены для института двигателей и энергетических установок и рекомендованы для обучения бакалавров (ФГОС-3) по направлению подготовки 240305.62 «Двигатели летательных аппаратов» в 7,8 семестрах по дисциплинам «Информационные технологии», «Основы автоматического проектирования авиационных двигателей»; магистрантов (ФГОС-3) по направлению подготовки 240405.68 «ДЛА» в 1,2,3 семестрах по дисциплинам «Интегрированные информационные технологии», «Информационные технологии поддержки проектирования», во 2 семестре по дисциплине «Структурная динамика», в 4 семестре по дисциплине «Научно-исследовательская практика»; специалистов (ФГОС-3) по направлению подготовки 240502.65 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» в 6 семестре по дисциплине «Кинематическое и динамическое моделирование ДВС», в 7 семестре по дисциплине «Кинематика ДВС», в 9 семестре по дисциплине «Кинематическое и динамическое моделирование работы механизмов авиационных двигателей и энергетических установок».

Подготовлено на кафедре конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Создание стержневой модели сопла.....	6
1.1 Выбрать имя модели.....	8
1.2 Вычисление координат точек.....	8
1.3 Построение точек в MSC.ADAMS.....	9
1.4 Построение стержней в MSC.ADAMS.....	10
1.5 Задание шарниров в MSC.ADAMS.....	11
1.6 Приложение газовой силы.....	13
1.7 Приложение генератора движения.....	13
1.8 Запуск на расчёт.....	14
1.9 Создание датчиков.....	15
1.10 Анализ результатов.....	16
2 Создание объёмной модели сопла.....	19
3 Создание кинематической модели.....	22
3.1 Создание новой модели.....	22
3.2 Формирование кинематической схемы.....	22
3.3 Оснащение модели шарнирами.....	24
3.4 Приложение газовой силы и генератора движения.....	26
3.5 Создание датчиков, запуск расчёта и анализ результатов.....	26
Заключение.....	28
Список литературы.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Выходные устройства или «сопла» современных двигателей - сложные регулируемые устройства, предназначенные для оптимального использования газового потока, создаваемого двигателем. Важным этапом их проектирования является кинематический и динамический анализ, т.е. определение перемещений деталей и нагрузок в связях (шарнирах и креплениях).

Применяемые до начала развития автоматизированного проектирования методы расчета основываются большей частью на эмпирических зависимостях, которые могут дать лишь приблизительные результаты. Используя разнообразные рекомендации и статистические данные, возможно увеличить точность вычислений, однако используемая расчетная модель все-таки не сможет отразить динамики реального изделия. Это связано также с многочисленными допущениями, принятыми в классическом динамическом расчете. Поэтому подобный анализ может дать результаты, сильно отличающиеся от реальности, что приведёт к проблемам с изделием как на стадии доводки, так и при эксплуатации.

На сегодняшний момент одной из наиболее перспективных альтернатив данному методу является исследование кинематики и динамики (а также, конструкции) в среде специальных инженерных пакетов, таких как ADAMS.

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems) - программный комплекс для кинематического и динамического анализа механизмов и машин, разработанный компанией MDI и купленный MSC.Software, являющейся одним из ведущих в мире разработчиков подобного программного обеспечения.

MSC.ADAMS - широко используемое программное средство для виртуального моделирования сложных машин и механизмов. Программный комплекс заменяет дорогостоящие и длительные натурные эксперименты быстрым и подробным компьютерным моделированием, обеспечивая промышленным предприятиям экономию значительных

средств и выход на рынок с всесторонне оптимизированными изделиями. С помощью ADAMS быстро создается полностью параметризованная модель изделия: она строится непосредственно в предпроцессоре или импортируется из наиболее популярных CAD-систем (например, SolidWorks, КОМПАС и др.). Задав связи компонентов модели, приложив нагрузки, определив параметры кинематического воздействия и запустив расчет, можно легко и быстро получить данные, полностью идентичные результатам натуральных испытаний системы.

Выходными данными расчета являются координаты, скорости, ускорения и усилия для любой точки механизма. Программа способна также учитывать деформируемость конструкций, благодаря импорту КЭ-моделей из ANSYS, NASTRAN и т.п. пакетов.

Таким образом, при использовании пакета ADAMS сведения о характеристиках работы будущего изделия, получение которых требовало бы длительного времени и огромных материальных затрат, вычисляются в течение нескольких часов.

Данное пособие посвящено изучению программного комплекса MSC.ADAMS применительно к моделированию авиационных двигателей и их узлов. Предполагается также наличие у студентов общих теоретических знаний по исследуемому предмету. Информацию о работе с пакетом ADAMS можно получить в [4]. Рекомендуется иметь это пособие при выполнении данной работы.

1. СОЗДАНИЕ СТЕРЖНЕВОЙ МОДЕЛИ СОПЛА

Краткое содержание работы

Данная лабораторная работа проходит в среде MSC.ADAMS/View. В рамках задания вам предлагается создать в плоскости механизм, показанный на рисунке 1. Исходные данные сведены в табл. 1.1. Варианты представлены в табл. 1.2.

Основные задачи:

- ознакомление студентов с интерфейсом пакета;
- рассмотрение порядка построения модели и проведения всех этапов расчета от ввода исходных данных до получения результатов;
- демонстрация базовой направленности пакета.

Порядок проведения работы:

- 1 Создание плоской стержневой модели сопла, состоящей из 8 точек и 9 соединяющих их стержней (P1...P9), из которых три образуют створку сопла, два – гидропривод и четыре – основание модели.
- 2 Приложение требуемых нагрузок к входному звену (P2).
- 3 Просмотр графиков перемещений, скоростей и ускорений требуемых (выходных) звеньев механизма (P1 и P4).
- 4 Просмотр и запись анимации работы механической системы.

Табл. 1.1. Исходные данные

Величина	Параметр	Значение	Размерность
Расстояние от т.1 до т.3	a	145	мм
Расстояние от т.2 до т.4	b	145	мм
Расстояние от т.6 до т.8	c	134	мм
Расстояние от т.1 до т.6	d	70	мм
Расстояние от т.6 до т.7	e	15	мм
Расстояние от т.1 до т.2	f	30	мм
Начальный угол открытия сопла	α	10	градус
Расстояние от т.4 до т.5	-	30	мм
Толщина и ширина стержней	-	10	мм

Табл. 1.2. Варианты параметров

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	145	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
b	145	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
c	134	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
d	70	100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50
e	15	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f	30	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40

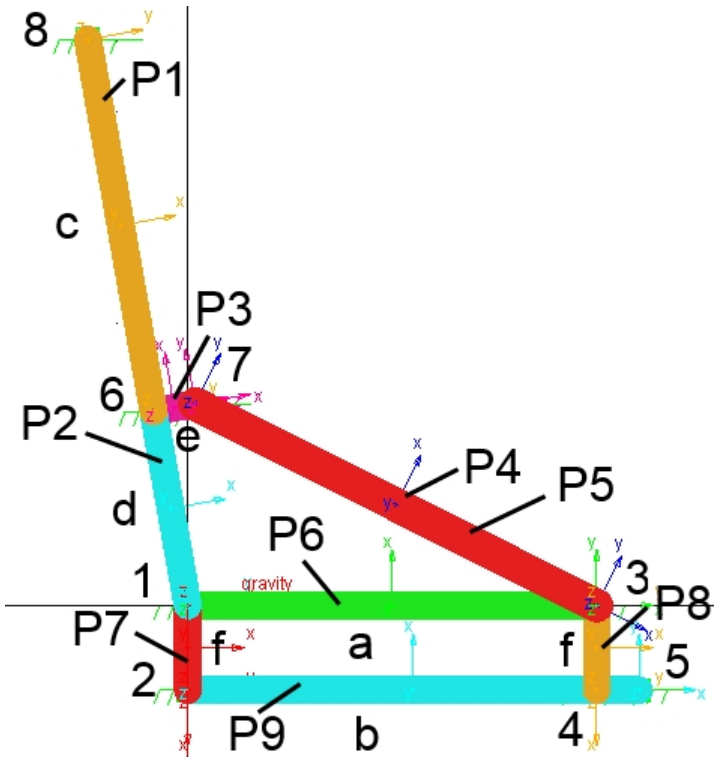



Рис. 1.1 - Схема механизма с обозначением вспомогательных точек

Алгоритм построения модели

1.1 Выбрать имя модели

Модель лучше всего назвать какой-либо текстовой комбинацией из латинских символов. Символы кириллицы и пробелы программа не воспринимает!

Для этого выполните следующие действия:

- а) Выберите в окне пункт *New model* ;
- б) В поле *Working Directory* укажите путь к вашей папке, который не должен содержать кириллических символов. Лучше всего использовать папку D:\Users\№ группы\Фамилия, например, D:\Users\2407\Ivanov_Maksim;
- в) В поле *Model name* впишите название создаваемой модели, например, lab_work_1_pl_nozzle;
- г) Обратите внимание на выбранные по умолчанию размерности величин;
- д) Нажмите *OK*.

В версии ADAMS 2010 и выше наряду с классическим присутствует «ленточный» интерфейс, аналогичный используемому в пакете MS.Office 2007 и выше, установленный по умолчанию. Данное методическое пособие ориентируется на классический интерфейс. Чтобы переключиться к классическому интерфейсу в меню *Settings* выберите пункт *Interface Style* и затем подпункт *Classic*.

1.2 Вычисление координат точек

Вычислите начальные координаты ключевых точек механизма. Для их вычисления воспользуйтесь любым пакетом с поддержкой математических операций, например, Excel или MatchCAD.

Координата Z для всех точек равна нулю, поскольку рассматривается плоская задача. Координаты точек вычисляются по следующим зависимостям (см. табл. 1.3). Координаты округляйте до четвертого знака после запятой.

Табл. 1.3. Координаты ключевых точек

№ точки	X, мм	Y, мм
1	0	0
2	0	-f
3	a	0
4	b	-f
5	b+30	-f
6	$-d \cdot \sin \alpha$	$d \cdot \cos \alpha$
7	$-d \cdot \sin \alpha + e \cdot \cos \alpha$	$d \cdot \cos \alpha + e \cdot \sin \alpha$
8	$(c+d) \cdot \sin \alpha$	$(c+d) \cdot \cos \alpha$

1.3 Построение точек в MSC.ADAMS

3.1 Зайдите в меню Tools - Table Editor. Переключите указатель в нижней части окна на работу с точками "Points" (см. рис. 1.2). Нажимая кнопку "Create", создайте восемь точек. Затем вбейте в поля их координаты, нажимая после введения каждой координаты Enter. Чтобы завершить работу, нажмите "OK". Созданные точки появятся в рабочем окне.

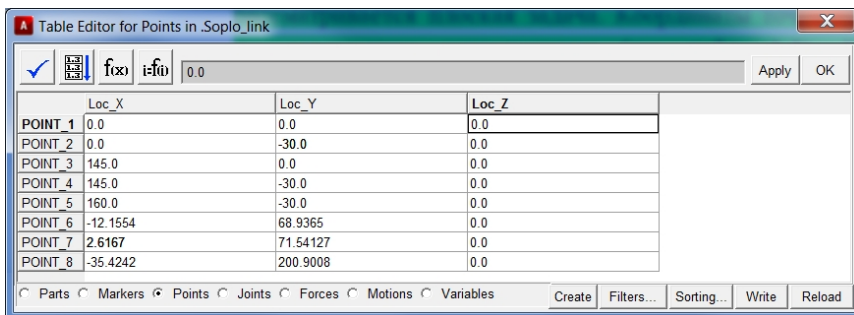




Рис. 1.2. Табличный редактор MSC.ADAMS

3.2 Настройте внешний вид рабочего окна, чтобы работать с моделью стало удобнее. Для начала зайдите в меню Settings - View Background Color и настройте цвет рабочего стола. Рекомендуется белый без градиента. Затем в меню Settings - Icons - New Size установите новый размер для пиктограмм элементов. Рекомендуется 20. В меню Settings - Working Grid установите размер рабочей сетки Size и расстояние между точками Spacing по осям X и Y. Рекомендуется Size = 200 мм и Spacing = 25 мм.


1.4 Построение стержней в MSC.ADAMS

4.1 Данная модель является упрощенной, поэтому сложные элементы будут отображаться стержнями *Link* . Элемент Link находится на главной панели инструментов Main Toolbox в панели Geometric Modeling в подразделе Solids. Чтобы развернуть одну из панелей Main Toolbox в отдельное окно и увидеть все входящие в него элементы, щёлкните на значок на Main Toolbox правой кнопкой мыши и выберите в выпадающем меню элементов элемент Palette .

4.2 При нажатии на элемент *Link* в нижней части панели будет предложено выбрать его свойства. New Part означает, что будет создана новая деталь. Параметр Length (длина) следует оставить по умолчанию, в полях Width и Depth выставить значения (1.0cm) и поставить две галочки.





4.3 Соедините все точки стержнями, как показано на рис. 1.1. Всего получится восемь стержней. Затем снимите галочки для параметров Width и Depth, измените значения на (1.2cm), снова поставьте галочки. Создайте дополнительный стержень P5 между точками 3 и 7. ADAMS/View называет новые элементы *Part_n*, где *n* – номер элемента.

4.4 Кликните правой кнопкой мыши на любой стержень. Откроется выпадающее меню. Выберите в нём опцию Rename и переименуйте стержень в соответствии с рис. 1.1. Переименовывать нужно элемент Part_... Повторите эту операцию для всех девяти стержней в модели.


4.5 Измените цвет стержней. Сделайте все стержни, относящиеся к одной детали одного цвета. Изменить цвет можно с помощью инструмента . Один цвет должны иметь стержни:

- P1, P2 и P3;
- P6, P7, P8 и P9;
- P4;
- P5.

1.5 Задание шарниров в MSC.ADAMS

5.1 Раскройте панель инструментов Joints. Для этого на Main Toolbox нажмите правой кнопкой мыши на инструменте . В открывшемся меню нажмите левой кнопкой мыши на фиксирующий шарнир . Чтобы раскрыть панель Joints в отдельном окне можете нажать . Фиксирующий шарнир  должен иметь следующие настройки:


- 2 Bod-1Loc означает, что шарнир связывает два тела, но расположен в одном месте;
- Normal To Grid означает, что шарнир будет ориентирован по нормали к рабочей плоскости;
- First Body: Pick Body и Second Body: Body означает, что шарнир связывает твёрдые тела, а не кривые.

5.2 Соедините фиксирующими шарнирами  следующие детали: P9 и Ground; P7 и P9; P8 и P9; P6 и P7; P1 и P3; P2 и P3. Порядок создания шарнира следующий:

- кликните левой кнопкой мыши на первое тело;
- кликните левой кнопкой мыши на второе тело;
- кликните левой кнопкой мыши на точку, где будет размещён шарнир.


Если нужный объект сложно найти, нажмите правой кнопкой мыши вблизи предполагаемой области нахождения искомого объекта.

Откроется вспомогательное окно, где в виде списка показаны все рядом лежащие объекты. Выберите из списка нужный объект.

Размещайте фиксирующие шарниры JF  в маркерах центров масс стержней.

Часть Ground - это глобальная инерционная система координат модели, она занимает всё рабочее поле модели за пределами других тел. Поэтому, когда нужно выбрать Ground просто кликайте в любом свободном месте рабочей области.

5.3 Соедините части вращательными шарнирами JR (Revolute)

, как показано на рис. 1.3. Ориентацию шарниров оставьте по умолчанию Normal To Grid. Соедините P3 и P4 в точке 7, P5 и P6 в точке 3, P2 и P6 в точке 1.

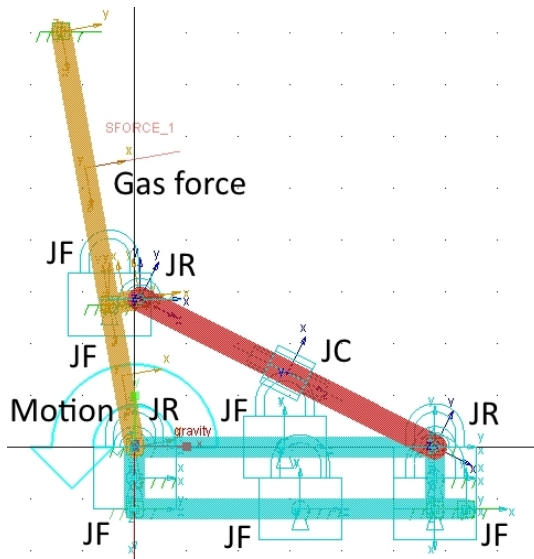





Рис. 1.3. Шарниры и нагрузки на модель в MSC.ADAMS

5.4 Соедините тела P4 и P5 цилиндрическим шарниром JC  в центре масс P4. Для этого шарнира ориентация по умолчанию выставлена в значение Pick Feature, чтобы была возможность самостоятельно выбрать направление оси перемещения шарнира.

Направьте шарнир вдоль стержней P4 и P5. Для этого, например, можно выбрать ось Z маркера центра масс P4.


1.6 Приложение газовой силы


6.1 На Main Tollbox нажмите правой кнопкой мыши на инструмент  и в открывшейся панели сил Create Forces найдите инструмент Single component force , который позволяет создать вектор силы. На панели свойств силы переключите свойство Run-Time Direction (направление силы) с Space Fixed (фиксировано в пространстве) на Body Moving (движется вместе с телом). В поле Characteristic (характеристика) оставьте значение Constant Force (постоянная сила). Поставьте галочку напротив Force Value (величина силы) и введите значение (1000.0Ne).

6.2 Выберите левым щелчком мыши тело P1 для приложения силы. Затем выберите центр масс P1 в качестве точки действия силы. Направьте силу перпендикулярно створке, как показано на рис. 1.3. Удобнее всего это сделать, направив вектор силы вдоль оси X центра масс P1.

1.7 Приложение генератора движения

В данной модели существует две возможности задать движение на разные входные звенья. Можно задать вращательное движение на створку (P2), а можно задать поступательное на шток гидропривода (P4). Выберем для плоской задачи первый способ, для объёмной задачи – второй способ, который соответствует реальной работе механизма.

7.1 Раскройте панель инструментов Joints (см. п. 5.1). Найдите в разделе Motion Generators (генераторы движения) Rotational Joint Motion  (шарнирный генератор вращения).

Приложите его к вращательному шарниру  в точке 1 (см. рис. 1.3).

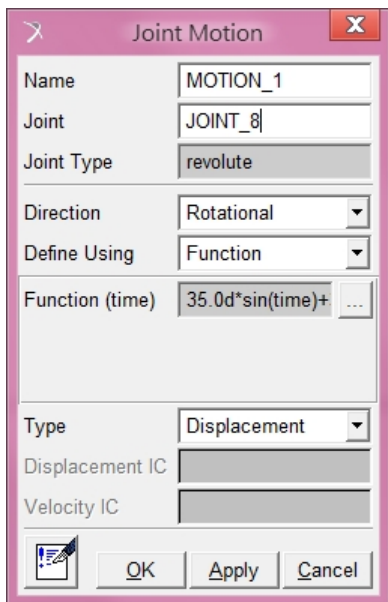



Рис. 1.4. Окно Joint Motion


7.2 Нажмите правой кнопкой мыши на пиктограмму Motion на рабочем поле и в выпадающем списке выберите команду Modify (изменить). Откроется окно Joint Motion. Здесь Name – название генератора движения; Joint – шарнир, к которому он приложен; Joint Type – тип шарнира; Direction – тип генератора (вращательный или поступательный); Function – закон действия генератора; Type – что определяет закон генератора: перемещение, скорость или ускорение.


Введите в поле Function уравнение $35.0d \cdot \sin(\text{time}) + 35d$, где time – текущий момент расчёта, а 35d – это амплитуда колебаний в градусах.

7.3 Нажмите ОК.

1.8 Запуск на расчёт

8.1 Найдите на Main Toolbox инструмент Interactive Simulation Controls  и кликните на него левой кнопкой мыши. В свойствах расчёта укажите время расчёта End Time равное 6.28 (2π). Количество шагов Steps 987.

8.2 Нажмите кнопку начала расчёта . Просмотрите работу модели, исправьте модель, если это требуется.

8.3 После расчёта можно просматривать работу модели, не проводя повторных расчётов. Для этого существует инструмент Animation  на Main Toolbox.

1.9 Создание датчиков

9.1 Датчики позволяют измерять значения параметров модели во время расчёта. Создайте датчик, измеряющий угол открытия створки сопла. Для этого зайдите в меню Build – Measure – Function – New. Откроется окно создания датчика с использованием функции (см. рис. 1.5).

- а) Введите название датчика Degrees_of_nozzle.
- б) Задайте Units (размерность) – angle (градусы).
- в) Сотрите всё в поле функции и напишите там «PI/2-».
- г) Выберите функцию Displacement – Angle about Z.
- д) Нажмите Assist... (помощник). Откроется новое окно.
- е) В поле To Marker нажмите правой кнопкой мыши.
- ж) Выберите в выпавшем меню Marker – Pick.
- з) Кликните левой кнопкой мыши на центр масс P1.
- и) Нажмите ОК в окне Angle about Z.

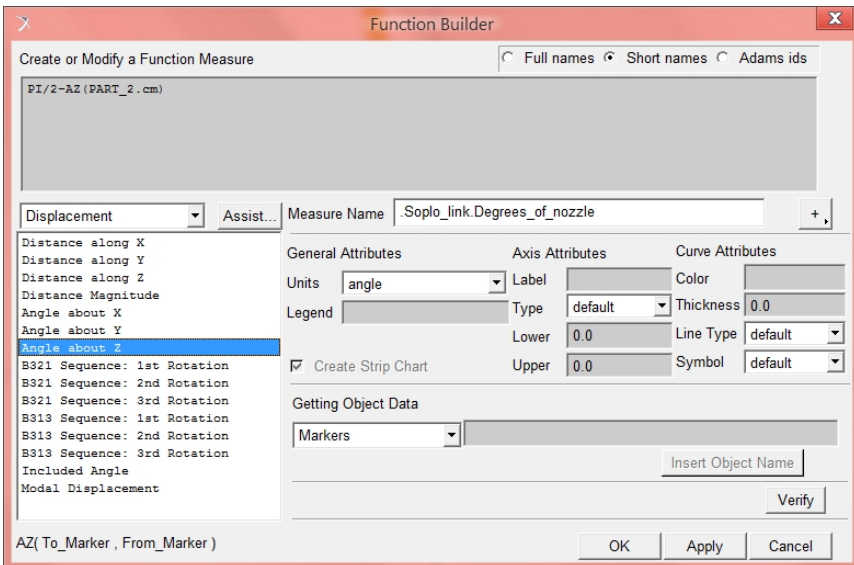



Рис. 1.5. Окно создания датчика с использованием функции

к) Нажмите Verify в окне Function Builder, чтобы проверить синтаксис функции. Если «Function syntax is correct», нажмите ОК, а затем ОК в окне Function Builder.

л) Появится окно датчика. Изначально оно пустое, график появится в датчике после расчёта.

9.2 Аналогично создайте датчик «Piston_disp», измеряющий ход штока в гидроцилиндре. В модели это смещение P4 относительно P5. От предыдущего датчика этот отличается названием. В графе Units указывается length. Используется функция Distance Magnitude. В качестве To Marker указывается центр масс P4, а в качестве From Marker центр масс P5.

1.10 Анализ результатов

В ADAMS/View предусмотрено не только создание анимации работы механической системы, но и числовой вывод результатов (в виде графиков и таблиц). Для запуска *PostProcessor* (Редактора графиков и анимаций) нажмите клавишу F8 или воспользуйтесь иконкой  (или



) на Main Toolbox.

Откроется отдельное окно, показанное на рис. 1.6.

1 – это поле, на котором будут отображаться ваши графики. По умолчанию имеет две оси – горизонтальная ось (*time*) и вертикальная (*измеряемая величина*). На рисунке это *Length* (перемещение). Если кликнуть в этом поле правой кнопкой мыши, можно выбрать режим работы: графики или анимация.

2 – поле для выбора части модели, о которой необходимы сведения. *Objects* – вывод данных о силах, деталях и шарнирах; *Measurers* – вывод данных от отдельно созданных в модели датчиков, *Result Sets* – специальные данные. В данном случае вам потребуется функция *Objects*.

3 – дальнейшая конкретизация: выбор тел (*Body*), сил (*Force*) или соединений (*Constraint*). В данном случае вам потребуется *Body*.

4 – в этом поле выбирается конкретный объект. Например, *PI*.

5 – здесь выбираются дальнейшие характеристики объекта. Например, *CM_Position* (перемещение центра масс).

6 – выбор оси, вдоль которой измеряется параметр. В данном случае ось Y.

7 – Surf. Установите флажок для отображения выбранного графика.

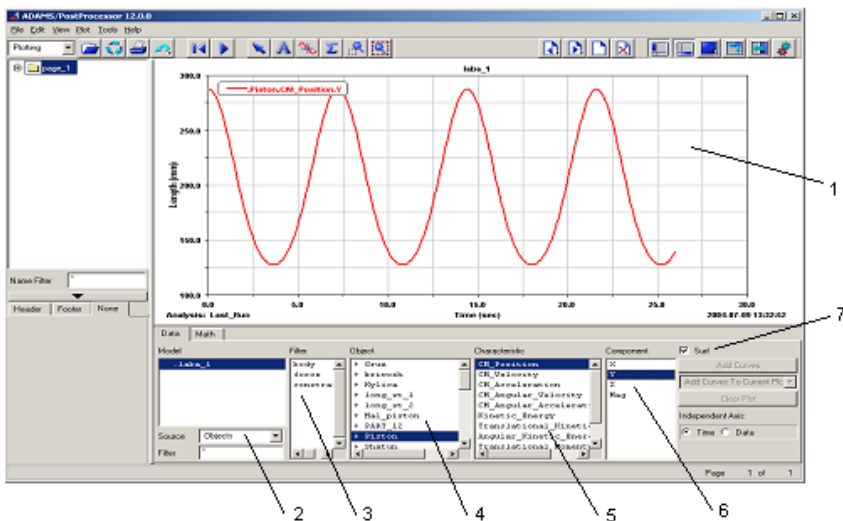





Рис. 1.6. Панель редактирования графиков и анимаций

10.1 После проведения полного расчёта (все 6,28 секунды или 100%) нажмите на инструмент Plotting  на Main Toolbox. Используя ADAMS/PostProcessor, получите следующие графики, отражающие кинематику вашего механизма.

10.2 График угла открытия створки от времени. Убедитесь, что в поле Simulation стоит Last_Run. В поле Source выберите Measures. Выберите

датчик Degrees_of_nozzle. Поставьте галочку Surf. Из PostProcessor всегда можно вернуться во View, используя пиктограмму .

10.3 График хода штока в зависимости от угла открытия створки. Создайте новую страницу, используя пиктограмму . В правом нижнем углу окна поставьте переключатель в позиции Data (по умолчанию он стоит в позиции Time). Это позволит выбрать параметр, который будет отложен вдоль оси X графика. Укажите Degrees_of_nozzle. Затем кликните на датчик Piston_disp. Поставьте галочку Surf. Далее все графики также создаются на отдельных страницах с использованием Surf.

10.4 График скорости на конце створки. В поле Source выставите Objects, в следующей колонке найдите тело P2. Кликните на нём два раза левой кнопкой мыши. Откроется список маркеров тела. Найдите маркер на верхнем конце створки. В поле Characteristic выберите Translational Velocity. В поле Component выставите Mag.

10.5 График ускорения на конце створки получается так же, как в п. 10.4, только в поле Characteristic выбирается Translational Acceleration.

10.6 График мощности генератора движения. В поле Object найдите генератор Motion. В поле Characteristic выберите Power_Consumption. В поле Component выставите Mag.

2 СОЗДАНИЕ ОБЪЁМНОЙ МОДЕЛИ СОПЛА

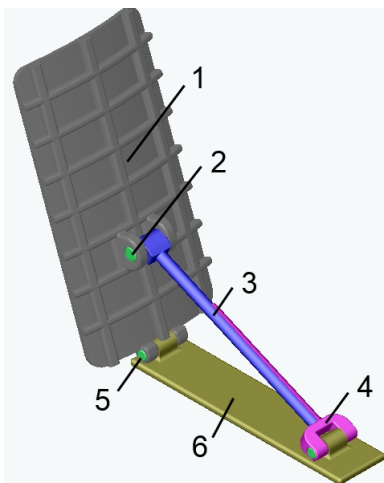


Рис. 2.1. 3D-модель механизма

Объёмная модель механизма, показанная на рис. 2.1, состоит из шести деталей: 1 – отклоняемая створка, 2 – верхний крепёжный стержень, 3 – шток гидропривода, 4 – корпус гидропривода, 5 – нижний крепёжный стержень (2 штуки), 6 – основание модели.

Возьмите готовую 3D-модель механизма у преподавателя либо постройте сами по размерам из первой части работы и изложенным ниже рекомендациям.

Все размеры даны для варианта 1, для других вариантов размеры можно изменять пропорционально. Первым элементом следует построить основание модели (см. рис. 2.2).

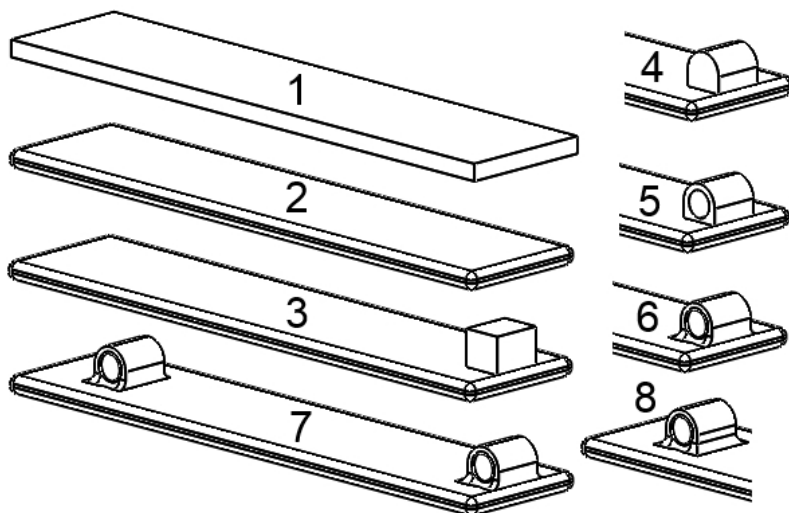


Рис. 2.2. Порядок построения основания модели

Операция 1 – вытягивание прямоугольника длиной 180 мм, шириной 40 мм и толщиной 5 мм. Операция 2 – скругление прямоугольника. Операция 3 – создание прямоугольника длиной 12 мм, шириной 15 мм и высотой 11 мм. Операция 4 – скругление прямоугольника. Операция 5 – создание сквозного отверстия диаметром 8 мм. Операция 6 – скругление. Операция 7 – линейный массив со сдвигом на а мм (см. табл. 1.2). Операция 8 – скругление.

Операции по созданию отклоняемой створки показаны на рис. 2.3.

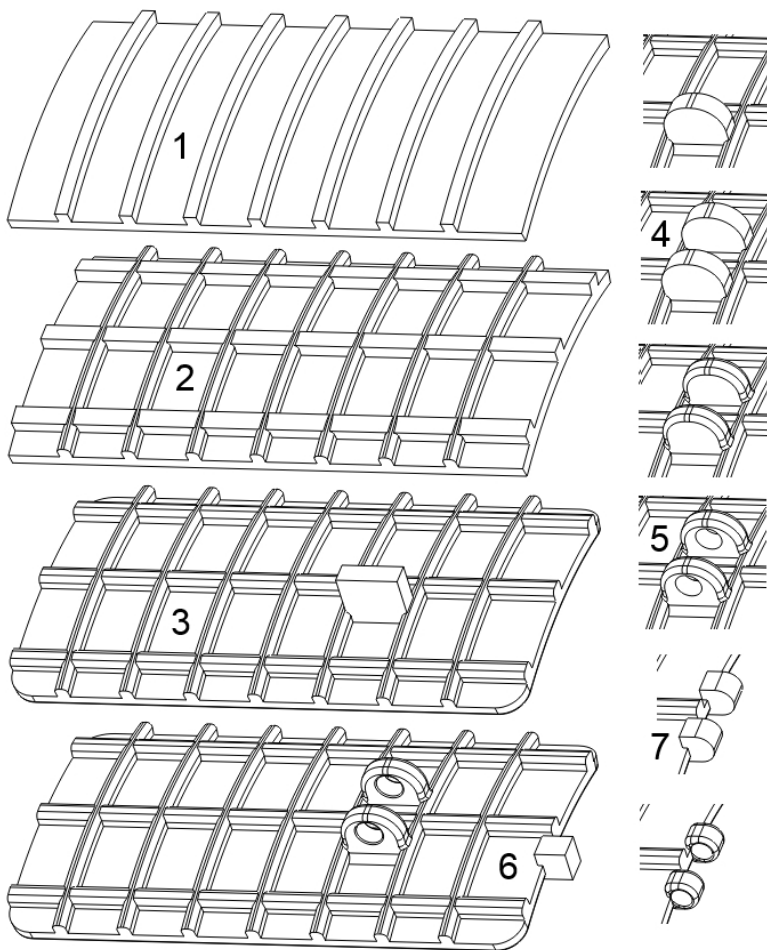


Рис. 2.3. Порядок построения отклоняемой створки

Операции скругления не пронумерованы. Операция 1 – создание основной части операцией вращения. Радиус вращения 200 мм, длина элемента также 200 мм, толщина части 5 мм, высота ребра также 5 мм, расстояние между рёбрами 20 мм, поворот производится на 15 градусов в каждую сторону от средней поверхности (всего 30 градусов). Операция 2 – создание продольных рёбер операцией вытяжки. Внутренний радиус 205 мм, наружный радиус 210 мм, ширина ребра 2 градуса, между рёбрами 9 градусов. Операция 3 – прямоугольник, полученный вытягиванием от средней поверхности на 4 мм в каждую сторону эскиза с квадратом со стороной 20 мм. Эскиз строится на вспомогательной плоскости. Операция 4 – линейный массив с шагом 25 мм. Операция 5 – сквозные отверстия диаметром 10 мм. Операция 6 – прямоугольник 12 x 12 x 10 мм, полученный вытяжкой. Операция 7 – линейный массив с шагом 25 мм.

Построение прочих деталей (см. рис. 2.4) сложности не представляет.

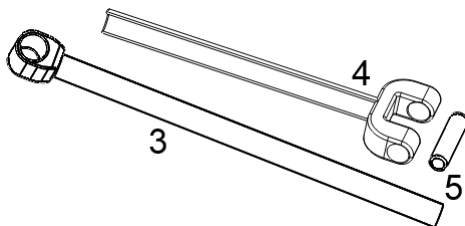


Рис. 2.4. Прочие детали

После построения деталей создаётся файл сборки. При этом используются необходимые сопряжения. Отклоняемая створка ставится под углом α . Затем модель экспортируется в формате Parasolid. Для MSC.ADAMS 2012 лучше всего подходит версия Parasolid 12.1. Название файла не должно содержать кириллических символов.

3. СОЗДАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

3.1 Создайте в MSC.ADAMS/View новую модель «Soplo_3D». Систему единиц и гравитацию оставьте по умолчанию. Укажите Вашу рабочую папку для сохранения модели. Через меню File – Import импортируйте 3D-модель сопла в формате Parasolid (см. рис. 3.1) в среду ADAMS/View.

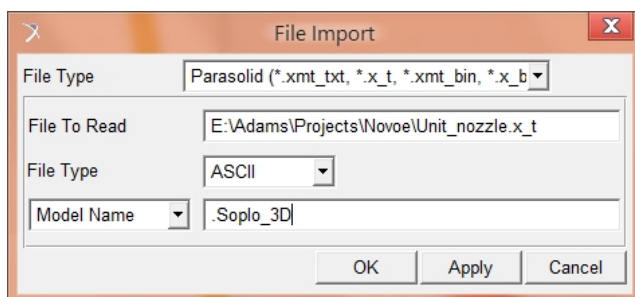


Рис. 3.1. Окно импорта 3D-модели в формате Parasolid

Обязательно укажите в поле Model Name название модели, иначе в базе данных будет создана другая модель, куда импортируется геометрия. Это усложнит дальнейшую работу. Чтобы указать название модели щёлкните правой кнопкой мыши в текстовом поле, выберите Model – Guesses – Soplo_3D (название модели).

Настройте под себя интерфейс ADAMS/View.

3.2 Объёмные модели, поступающие из CAD-пакетов, как правило, имеют большое количество деталей, что усложняет создание модели, увеличивает время расчёта и ухудшает сходимость решения. Для борьбы с этими недостатками используется упрощение модели на основе кинематической схемы механизма. Кинематическая схема показывает, какими шарнирами связаны кинематические группы модели. Кинематическая группа – это совокупность деталей, которые движутся как единое целое. Кинематическая схема позволяет обобщить процесс создания похожих механизмов. Т.е. кинематическая схема, полученная в процессе создания кинематической модели одного сопла, может быть,

после некоторых доработок, использоваться для создания кинематических моделей других сопел схожей конструкции. Если на кинематическую схему добавить действующие в механизме нагрузки, генераторы движения и деформируемые элементы, то получится динамическая схема. Динамическая схема данной конструкции показана на рис. 3.2. Она создана в пакете Excel.

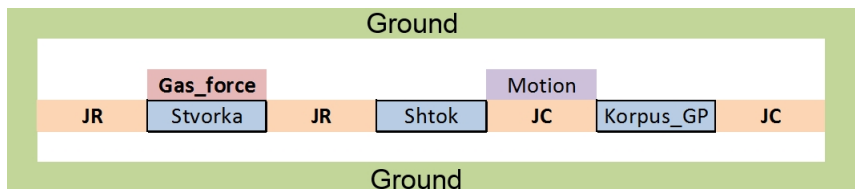


Рис. 3.2. Динамическая схема механизма

Для формирования кинематических групп геометрии отдельных деталей объединяются друг с другом с помощью операции Rename. В MSC.ADAMS название элемента отражает его принадлежность. Обычное название геометрии «Soplo_3D.Part1.Solid1» означает, что геометрия «Solid1» принадлежит детали «Part1», которая является частью модели «Soplo_3D». Разделителями являются точки. Если заменить «Part1» на название другой части, например, «Soplo_3D.Ground.Solid1», то «Solid1» будет принадлежать другой части. Пустую часть «Part1», не содержащую геометрии, после этого нужно удалить.

3.2.1 Переименуйте отклоняемую створку как «Stvorka». Для этого кликните на ней правой кнопкой мыши, выберите в списке Part..., затем выберите Rename. Введите новое название.

3.2.2 Затем выберите в списке Modify. Откроется окно «Modify Body». Выберите в поле Define Mass By опцию Geometry and Material Type. В поле Material Type кликните правой кнопкой мыши, выберите Material – Guesses – Stainless (нержавеющая сталь). Нажмите Ок.

3.2.3 Переименуйте шток гидропривода в «Shtok». Назначьте для него материал Steel (сталь).

3.2.4 Присоедините к детали Shtok геометрию верхнего крепёжного стержня, заменив в названии его геометрии «Part...» на «Stok». Присоединившись к детали Shtok, геометрия автоматически получит её материал Steel.

3.2.5 Присоедините геометрии основания модели и обоих нижних крепёжных стержней к детали Ground. Геометрия на Ground неподвижна и не имеет массы.

3.2.6 Переименуйте корпус гидропривода в «Kорпус_GP» и назначьте ему материал Steel.

3.2.7 Когда для детали задан материал, появляется маркер её центра масс. Удалите пустые тела, не имеющие геометрии. Запустите расчёт, если всё сделано правильно, все тела упадут вниз под действием силы тяжести.

3.3 Создайте шарниры для взаимодействия кинематических групп механизма согласно рис. 3.2. и рис. 3.3.

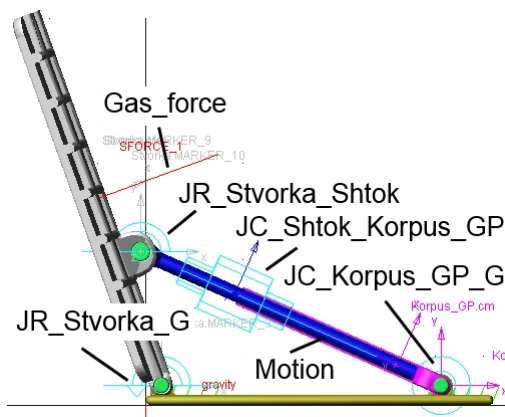


Рис. 3.3. Расположение граничных условий на модели сопла

3.3.1 Свяжите Stvorka и Shtok вращательным шарниром Revolute



в одном из центров окружности верхнего крепёжного стержня. Порядок приложения шарниров смотрите в первой части данной работы. Скорее всего шарнир будет создан не в плоскости симметрии соединения. Это вызовет искажение результатов расчёта за счёт возникновения момента в шарнире. Для данной модели это легко исправить, подвинув шарнир вдоль оси Z так, чтобы он оказался в плоскости симметрии, как показано на рис. 3.4. Удобно видеть сдвиг шарнира на виде справа. Сделайте это для данного шарнира и всех последующих.

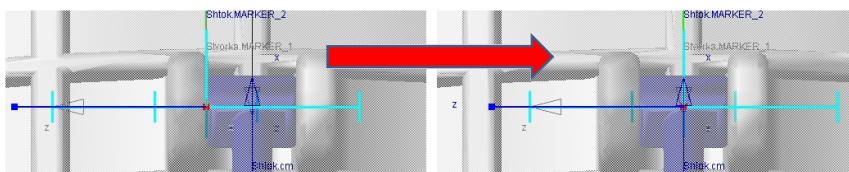


Рис. 3.4. Сдвиг шарнира в плоскость симметрии операцией Move


Для более сложных моделей. Если шарнир расположен так, что его нельзя сдвинуть вдоль определённой оси, используется следующий метод:


а) На проушинах с обеих сторон создаётся по маркеру, принадлежащих детали. Они образуют ось шарнира.


б) В одном из маркеров создаётся шарнир. При этом выбирается опция Pick Feature и в качестве направления шарнира указывается направление от одного маркера до другого.



в) При этом в шарнире автоматически создаётся маркер, ось Z которого направлена вдоль оси шарнира.

г) Шарнир сдвигается вдоль этой оси. Для этого при использовании операции Move... после слов «Relative to the» (сместить относительно) замените систему координат «model» на «marker» и в текстовом поле справа укажите нужный маркер.

3.3.2 Свяжите Stvorka и Ground вращательным шарниром  в одном из центров окружности нижнего крепёжного стержня.

3.3.3 Свяжите Korpus_GP и Ground цилиндрическим шарниром  в одном из центров окружности второго нижнего крепёжного стержня. Для направления выберите Normal To Grid.

3.3.4 Свяжите Shtok и Korpus_GP цилиндрическим шарниром  в центре масс Shtok. Направьте ось шарнира в сторону центра масс Korpus_GP. Переименуйте шарниры как показано на рис. 3.3.

3.4 Приложите газовую силу  в 1000 Н, движущуюся вместе со створкой, к центру масс Stvorka. Затем приложите поступательный генератор движения  к шарниру JC_Shtok_Korpus_GP. Щёлкнув на генератор движения правой кнопкой мыши, выберите Modify и задайте закон движения $A*\sin(\text{time})-A$, где A – амплитуда колебаний. Амплитуду следует подобрать так, чтобы створка полностью закрывалась. Для первого варианта $A=21\dots22$ мм.

3.5 Создайте те же датчики, что и в первой части работы.

3.5.1 Создайте датчик Degrees_of_nozzle, используя функцию Displacement – Angle about Z для маркера центра масс Stvorka.cm. Примерный вид функции датчика «PI/2-AZ(Stvorka.cm)».

3.5.2 Создайте датчик «Piston_disp», измеряющий ход штока в гидроцилиндре. В модели это смещение Shtok относительно Korpus_GP. Используется функция Distance Magnitude. В поле To Marker указывается маркер в шарнире JC_Shtok_Korpus_GP, принадлежащий Shtock (маркер I). В поле From Marker указывается маркер в шарнире JC_Shtok_Korpus_GP, принадлежащий Korpus_GP (маркер J). Примерный вид функции датчика

«DM(MARKER_21, MARKER_22)».

3.5.3 Запустите расчёт со временем $time = 6.28$ секунд и числом шагов $steps = 1356$.

3.5.4 Постройте следующие графики. О работе с MSC.ADAMS PostProcessor смотрите раздел 1 данной работы.

- а) График угла открытия створки от времени.
- б) График хода штока в зависимости от угла открытия створки.
- в) График скорости центра масс створки.
- г) График ускорения центра масс створки.
- д) График мощности генератора движения.
- е) График суммарной реакции в шарнире JR_Stvorka_G.

3.5.5 Сравните графики для стержневой и для объёмной модели. Подумайте, чем вызваны различия между ними?

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Используя ADAMS/Flex или ADAMS/AutoFlex, сделайте створку деформируемой. Заново проведите расчёт, постройте графики и сравните с графиками для твердотельной модели. Чем вызваны отличия? Зачем нужно учитывать деформируемость деталей в динамическом анализе?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрены алгоритмы создания стержневой и объёмной кинематических моделей на примере упрощённого сопла. Выполняя данную работу, обучающиеся должны получить следующие практические навыки:

- создание параметризированной стержневой модели;
- создание креплений и генераторов движения;
- приложения нагрузок;
- проведения расчёта, просмотра анимации;
- построения графиков от времени и от параметров;
- анализа кинематической схемы механизма;
- создание кинематических групп;
- оснащения модели датчиками;
- позиционирования элементов в модели;
- настройки внешнего вида модели и интерфейса.

Работа содержит 12 вариантов параметров, обеспечивая индивидуальность работы отдельных студентов либо небольших групп студентов.

Для более сильных студентов в работе содержится дополнительное задание.

Полученные знания и умения являются начальной базой для выполнения кинематического и динамического анализа более сложных механизмов двигателей и энергетических установок в рамках курсового и дипломного проектирования.

Список литературы

1. *Мелентьев В. С.* Исследование кинематики и нагрузок на гидроприводы сверхзвукового регулируемого сопла : электрон. методические указания / В. С. Мелентьев, А. С. Гвоздев. – Самара : Изд-во Самарского университета, 2017. – Электрон. и граф. дан. (6,5 Мбайт). – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
2. Basic ADAMS/Full Simulation (ADM 701) - М. : Московское представительство MSC.Software GmbH, 2005. – 754 с.
3. *Мелентьев В. С.* ADAMSVIEW, ADAMS/Post Processor: краткий справочник пользователя : учеб. пособие / В. С. Мелентьев, А. С. Гвоздев. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 105 с.: ил.
4. *Гвоздев А. С.* Изучение конструкции авиационных двигателей и энергетических установок с использованием 3D-моделей их элементов : электрон. учеб. пособие / А. С. Гвоздев, В. С. Мелентьев, Д. С. Лёжин. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2013. – Электрон. и граф. дан. (12,7 Мбайт). – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
5. SolidWorks 2001: документация пользователя - М. : Московское представительство SolidWorks Corporation, 2001. – 286 с.
6. *Гвоздев А. С.* Изучение конструкции авиационных двигателей и энергетических установок с совместным использованием пакетов ANSYS, ADAMS и SolidWorks : электрон. учеб. пособие / А. С. Гвоздев, В. С. Мелентьев. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2013. – Электрон. и граф. дан. (1,08 Мбайт). – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
7. *Мелентьев В. С.* Лабораторный практикум по использованию MSC.ADAMS : электрон. метод. указания / В. С. Мелентьев, А. С. Гвоздев, Д. С. Лёжин. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2013. – Электрон. и граф. дан. (1 Мбайт). – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).