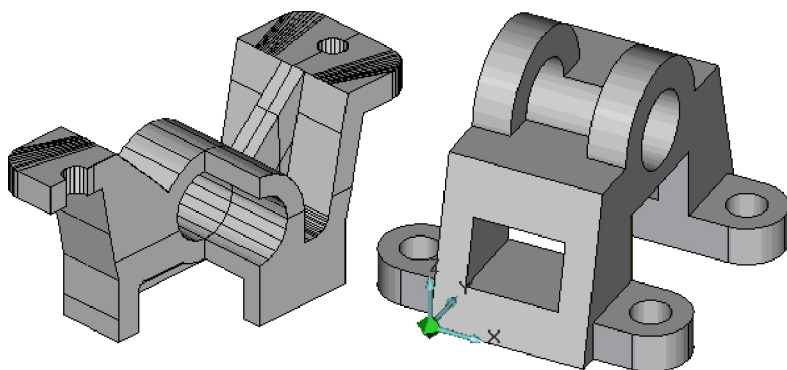


ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

В.И. ИВАЩЕНКО, Л.В. СОЛОВАЦКАЯ

ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЁМНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ ADEM 3.03 И ADEM 8.1



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

В.И. Иващенко, Л.В. Соловацкая

ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЁМНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ ADEM 3.03 И ADEM 8.1

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
Издательство СГАУ
2010

УДК СГАУ:004.92(075)
ББК 32.973202
И247

Работа выполнена в рамках аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 годы)». Проект 1120 «Разработка учебно-методического комплекса и экспериментальная обработка образовательной технологии подготовки элитного корпуса специалистов для инновационной деятельности в наукоёмких высокотехнологических отраслях машиностроения».

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Д.Л. С к у р а т о в,
д-р техн. наук, проф. С.В. Ф а л а л е е в

Ивашенко В.И.

И247 **Построение объёмных моделей деталей и их элементов в среде ADEM 3.03 и ADEM 8.1 : учеб. пособие / В.И. Ивашенко, Л.В. Соловацкая. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 68 с.: ил.**
ISBN 978-5-7883-0762-6

Рассмотрены особенности создания объёмных моделей деталей в среде ADEM 3.03 и ADEM 8.1. Представлен обзор способов формирования базовых элементов формы, а также рекомендации по выбору рационального алгоритма моделирования с применением булевых операций.

УДК СГАУ:004.92(075)
ББК 32.973202

ISBN 978-5-7883-0762-6

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2010

ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие предназначено для студентов высших технических учебных заведений, изучающих компьютерную инженерную графику на базе CAD/CAM системы ADEM 3.03 [1] и ADEM 8.1. Оно может быть полезно также учащимся старших классов общеобразовательных школ, лицеев и слушателям курсов.

Учебное пособие является компонентом учебно-методического обеспечения курса инженерной компьютерной графики, разработанного на кафедре инженерной графики СГАУ для студентов факультета двигателей летательных аппаратов. Содержание пособия ограничивается кругом вопросов, связанных с созданием объемных моделей деталей, в частности для решения задач на тему «Проекционное черчение».

На лабораторных работах по геометрическому моделированию в курсе информатики студенты познакомились с основами построения объемных (3D)-электронных моделей [2] в среде ADEM 3.03. Поэтому в данном учебном пособии основное внимание уделено формированию творческого подхода к решению проекционных задач, развитию мышления на основе объемных геометрических образов. Кроме этого, разобраны способы построения объемных моделей в более современной среде ADEM 8.1.

Очень важно помнить, что сами по себе объемные модели ещё не решают задачу построения чертежа, хотя и существенно упрощают эту работу. Создание студентами 3D-моделей обязательно должно сопровождаться глубоким изучением стандартов ЕСКД, регламентирующих выполнение изображений: видов, разрезов, сечений [3].

Возможны два варианта связи плоских и объемных моделей. По первому варианту сначала создается объемная модель, проекции которой сохраняются в файлах и служат основой для составления чертежа. По второму варианту объемная модель формируется одновременно с чертежом и выполняет проверочную функцию.

Конечной целью работы, изложенной в настоящем методическом пособии, является создание 3D-моделей деталей к задачам по теме «Проекционное черчение».

I. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ADEM 3.03

Напомним, что в системе ADEM твёрдотельная 3D-модель называется объёмным элементом. Объёмный элемент (ОЭ) может состоять из одного базового элемента формы (БЭФ) или из множества БЭФ. Простейшие и широко распространённые БЭФ формируются как в модуле Adem2D, так и в модуле Adem3D. Причём в последнем случае работа упрощается благодаря наличию кнопок параметрических моделей для спирали, тора, конуса, сферы, цилиндра и параллелепипеда.

В окне параметров спирали её размеры обозначены следующим образом:

- «Радиус C1» – радиус начального сечения проволоки;
- «Радиус C2» – радиус конечного сечения проволоки;
- «Радиус 1» – радиус центров сечений начального витка;
- «Радиус 2» – радиус центров сечений конечного витка;
- «Высота» – шаг навивки.

В окне параметров конуса:

- «Радиус 1» – радиус верхнего основания;
- «Радиус 2» – радиус нижнего основания.

Оригинальные БЭФ создаются в модуле Adem2D. Для этого необходимо построить плоские контуры и выполнить одну из операций:

- «Лифт» – с контурами «Сечение XY» и «Лифт-линия»;
- «Труба» – с контурами «Сечение XY» и «Путь XZ»;
- «Сечения» – с контурами, являющимися сечениями БЭФ.

Если БЭФ построен правильно, то он обладает свойствами замкнутости, ограниченности и невырожденности [4].

Полученный БЭФ сохраняется в файле типа *.bsf.

1. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ БЭФ

1.1. Создание БЭФ способом «Лифт»

Для создания БЭФ способом «Лифт» необходимо построить два контура: сечение XY и лифт-линию, а также задать начало координат. Общие правила построения представлены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1

Сечение ХУ должно быть замкнутым	
Нельзя использовать графический элемент	Можно использовать графический элемент
 - дуга по трем точкам;	 - сплайн-контур;
 - сплайн-линия;	 - многоугольник;
 - ломаная;	 - круг;
 - дуга по двум точкам и центру;	 - прямоугольник.
 - отрезок прямой.	

Примечание. Формально можно считать замкнутым контур, составленный из отрезков или полученный соединением первого и последнего узла сплайн-линии (ломаной), однако этого следует избегать.

Сечение ХУ и лифт-линия не должны иметь самопересечений и наложений отрезков (дуг). На рис. 1 стрелками показано направление движения при построении дефектного контура с самопересечением и наложением, причем первый узел располагается в начале координат.

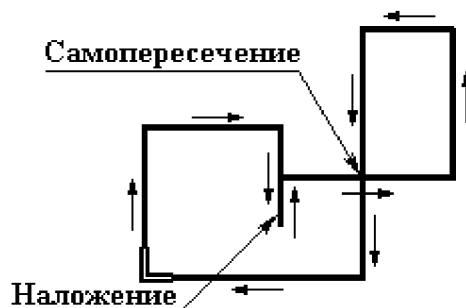


Рис. 1. Дефекты контура: самопересечение и наложение

Начало координат необходимо поместить внутри контура сечения ХУ или на нем. При этом воображаемый отрезок прямой, соединяющий любой узел контура с началом координат, должен находиться в пределах контура. Различные варианты расположения начала координат показаны в табл. 2.

Таблица 2

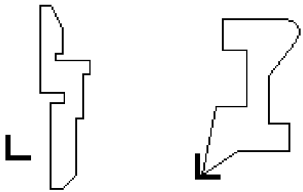
Ошибочное положение начала координат	
Допустимое положение начала координат. Формально объемная модель будет создана, но вероятно нарушение пропорций	
Правильное положение начала координат: в геометрическом центре сечения XY	

Примечание. Желательно, чтобы сечение было выпуклым, то есть располагалось по одну сторону от любой касательной.

Лифт-линия может быть как замкнутым, так и разомкнутым контуром, но все ее узлы должны иметь неотрицательную абсциссу ($X \geq 0$). Примеры расположения лифт-линии показаны в табл. 3.

Таблица 3

Если лифт-линия – разомкнутый контур, то первый и последний узел должны иметь координату $X = 0$.	
Ошибочное решение	Правильное решение

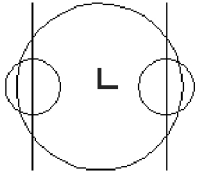
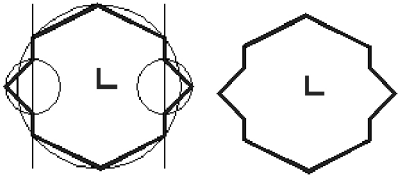
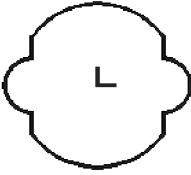
Если <i>лифт-линия</i> – замкнутый контур, то первый и последний узел могут иметь любую неотрицательную координату X.	
--	---

Перед построением контуров полезно повторить редактирование контуров в модуле Adem2D. Наиболее важными действиями являются следующие:

- привязка к узлу (клавиша <C>) и к линии (<Alt>+<C>);
- создание вспомогательных прямых (<L>);
- создание вспомогательных узлов, в частности узла в месте пересечения линий (<F10>) и узла, расположенного посередине между двумя заданными (<F9>);
- удаление и вставка (добавление) узлов в контуре (<-XY>, <+XY>);
- перенос одного узла или группы узлов (<Коррект> или <ГРУ>);
- выполнение скругления и фаски (<XY+R>, <Фаск>).

Если контур должен содержать отрезки прямых и дуги окружностей, то сначала строится многоугольник, в котором далее две смежные стороны преобразуются в дугу. Для этого к их общей вершине применяется команда [XY+O]. Этапы подобного построения показаны в табл. 4.

Таблица 4

1. Разметка	2. Построение замкнутого контура (графический элемент )	3. Формирование дуг (команда XY+O)
		

Завершив построение сечения XY и лифт-линии и установку начала координат, выполните следующие действия:

1. Включите экранную кнопку «3D БЭФ» и выберите в меню способ «БЭФ Лифт».
2. Укажите (включите) на чертеже контур сечения XY и подтвердите свой выбор в ответ на запрос системы.
3. Укажите (включите) на чертеже лифт-линию и подтвердите свой выбор в ответ на запрос системы.
4. Сохраните модель в BSF-файле.

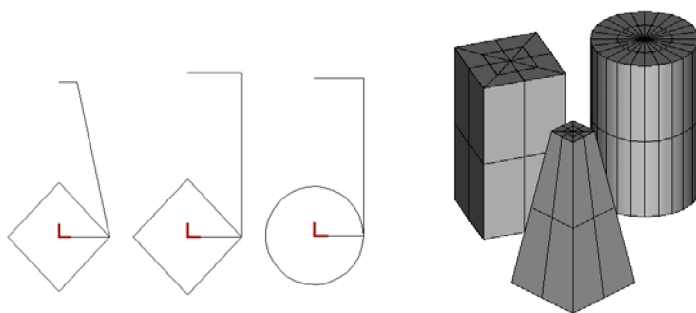


Рис. 2. Примеры БЭФ, построенных способом «Лифт»

Кроме общего способа «Лифт», в модуле Adem2D имеются его модификации, отличающиеся особенностями лифт-линий.

Для операции «БЭФ Лифт X» характерно то, что сечение изменяет свои размеры по закону, заданному лифт-линией, только в направлении оси X. В поперечном направлении (вдоль Y) размеры сечения не изменяются.

Операция «БЭФ Лифт Y» отличается тем, что сечение масштабируется только в направлении оси Y.

В операции «БЭФ Лифт XY» участвуют не одна, а две лифт-линии. Они определяют законы изменения сечения XY отдельно вдоль осей X и Y. Обе лифт-линии должны иметь одинаковое количество узлов и одинаковые координаты Z (или Y на чертеже) у первого и последнего узла.

1.2. Создание БЭФ способом «Труба»

Для создания БЭФ способом «Труба» необходимо построить два контура: *сечение XY* и *путь XZ*. Замкнутость БЭФ обеспечивается заданием одной или двух точек сжатия (см. рис. 3 и 4).

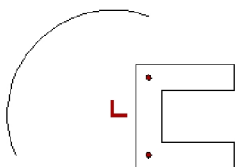


Рис. 3. Сечение XY с двумя точками сжатия, путь XZ (дуга) и начало координат

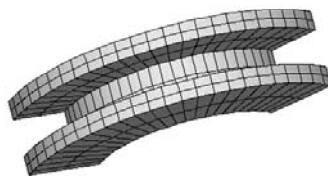


Рис. 4. БЭФ, полученный способом «Труба»

В целом построение *сечения XY* и *пути XZ* выполняется по правилам, описанным для контуров способа «Лифт». Однако наличие двух точек сжатия расширяет возможности использования невыпуклых контуров в качестве сечения XY. Кроме того, путь XZ может занимать любое положение относительно сечения XY.

Начало координат желательно располагать внутри сечения XY. Положение пути XZ относительно начала координат определяет положение готового БЭФ в пространстве.

После завершения подготовительных процедур выполните следующие действия:

1. Проверьте положение начала координат и при необходимости внесите изменения.
2. Включите экранную кнопку «3D БЭФ» и выберите в меню способ «БЭФ Труба».
3. Укажите (включите) на чертеже сечение XY и подтвердите свой выбор в ответ на запрос системы.
4. Задайте точку сжатия. Для этого выберите место внутри сечения XY, установите курсор и нажмите клавишу <Insert>. При необходимости задайте вторую точку сжатия. Завершите этап нажатием клавиши <Esc>.
5. Укажите (включите) на чертеже путь XZ и подтвердите свой выбор в ответ на запрос системы.
6. Сохраните полученный БЭФ в BSF-файле.

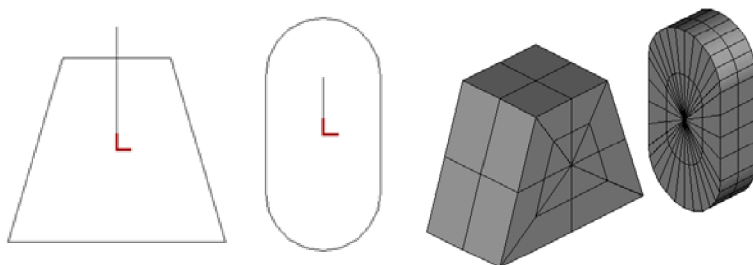


Рис. 5. Примеры БЭФ, построенных способом «Труба»

1.3. Создание БЭФ способом «Сечения»

Для создания БЭФ способом «Сечения» необходимо построить контуры, каждый из которых – это сечение БЭФ плоскостью, параллельной плоскости проекций XU . Замкнутость БЭФ здесь, как и в способе «Труба», обеспечивается заданием одной или двух точек сжатия. Положение начала координат относительно сечений может быть произвольным. Устанавливая начало координат, предопределяют первоначальное положение БЭФ в пространстве.

Сечения XU должны удовлетворять следующим требованиям.

1. Каждое сечение XU является замкнутым контуром и содержит одно и то же количество узлов.

2. При построении всех сечений XU выдерживается одинаковая последовательность ввода узлов: или по ходу часовой стрелки, или против хода. Поэтому рациональнее выбрать одно сечение – многоугольник с наибольшим количеством узлов в качестве прототипа, а все другие сечения получать копированием и редактированием прототипа.

Пусть, например, требуется создать БЭФ, у которого нижним сечением служит правильный восьмиугольник, а верхнее сечение – круг (см. рис. 6).

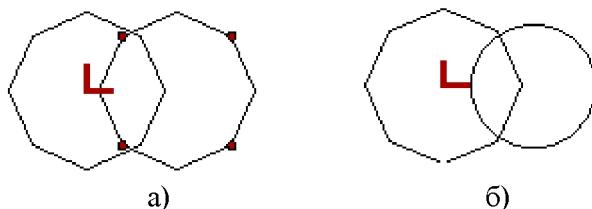


Рис. 6. Преобразование сечения – многоугольника в круг

Сначала строится нижнее сечение – восьмиугольник с центром в начале координат (рис. 6 а). Для этого применяется элемент «Многоугольник» (кнопка ) из меню «М2». Затем копированием получается второй контур – заготовка для верхнего сечения. В нем выполняются скругления (см. выделенные узлы) с помощью команды [XY+O]. По двум сечениям (рис. 6 б) формируется БЭФ (рис. 7).

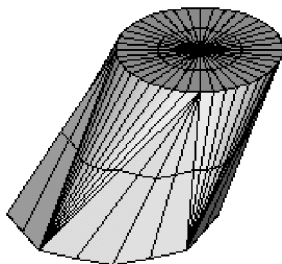


Рис. 7. БЭФ, у которого торцовыми сечениями служат многоугольник и круг

Приготовьте контуры и выполните следующие действия.

1. Проверьте положение начала координат и при необходимости отредактируйте его.
2. Включите экранную кнопку «3D БЭФ» и выберите в меню способ «Сечения».
3. Выберите в меню режим (для учебных задач рекомендуется режим «Линейная аппр.[оксимация]»).
4. Укажите (включите) на чертеже первое сечение и подтвердите свой выбор.
5. Введите значение высоты сечения – координату Z, нажмите <Enter>.
6. Задайте одну или две точки сжатия для первого сечения.
7. Укажите следующее сечение и задайте его высоту.
8. После ввода данных о последнем сечении нажмите <Esc>. Задайте одну или две точки сжатия для последнего сечения.
9. Сохраните полученный БЭФ в BSF-файле.



Рис. 8. Модель пера лопатки, полученная способом «Сечения»

1.4. Построение сложных объёмных элементов с помощью булевых операций

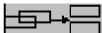
Формирование сложного ОЭ (объёмного элемента) из двух и более БЭФ производится в модуле Adem3D. Для чтения модели из BSF-файла используется экранная кнопка . Сложный ОЭ получается в результате выполнения булевых операций. Наиболее часто применяются операции «Объединение» () и «Вычитание БЭФ из ОЭ» (). При выполнении операции «Объединение» один ОЭ соединяется с одним БЭФ или группой БЭФ.

При выполнении операции «Вычитание БЭФ из ОЭ» из одного ОЭ удаляется один БЭФ или группа БЭФ.

Перед выполнением булевых операций элементы должны занять правильное взаимное положение. Для позиционирования элементов используются команды «Поворот» и «Перенос». Напомним, что положение готового БЭФ в пространстве можно задать в процессе формирования модели в модуле Adem2D. Смещение БЭФ относительно начала координат на плоскости XOY устанавливается с помощью кнопки «Центр модели» (команда «3D БЭФ»). Высотное положение будущего БЭФ «регулируется» в редакторе Adem2D переносом лифт-линии или пути XZ относительно отметки начала координат вдоль оси Y, а также значениями высот сечений.

В модуле Adem3D, как и в Adem2D, привязка курсора к узлу БЭФ или ОЭ производится нажатием клавиши <C>. Перемещение курсора в начало координат – клавиша <Home>. Задание шага перемещения курсора – <D>. Точное задание узла – <Space> (<Пробел>).

Если в булевой операции участвуют только два БЭФ, то любой из них может рассматриваться как ОЭ. Для записи 3D-модели

детали используется кнопка . Для отмены всех булевых операций и повторного их выполнения (после редактирования БЭФ) применяется кнопка .

1.5. Общие правила моделирования деталей

Начинать моделирование заданной детали необходимо с анализа ее формы. Внимательно изучите чертёж и найдите контуры, являющиеся характерными очертаниями (проекциями) простейших геометрических фигур. В результате такого анализа деталь мысленно разделяется на части. Составной частью сложной геометрической формы может быть призма (в частности, параллелепипед), цилиндр, пирамида, конус, сфера, тор. Очень часто ступенчатые вырезы на цилиндре получаются при его пересечении с призмой. Роль призмы в реальной механической обработке играет инструмент, например, строгальный резец или фреза (естественно, в процессе движения, во всем множестве своих положений).

Здесь важны не технологические аспекты, а то, что из одной простейшей фигуры удаляется объём другой простейшей фигуры. При этом облик готовой детали может стать настолько причудливым, что выделить исходные компоненты довольно трудно. Поэтому необходимо научиться определять и реконструировать в своём воображении не только первоначальную форму основного геометрического тела, но и той объёмной фигуры, которая его изменила.

Далее представьте себе последовательность присоединения составных частей и вычитания объёмов, имитирующих режущий инструмент. Здесь следует придерживаться следующих правил:

- сначала выполняются все операции присоединения (булева процедура «Объединение»);
- после того как заготовка приобрела наибольший объём, выполняются все операции вычитания (в частности, «Вычитание БЭФ из ОЭ»);
- в любой булевой процедуре могут участвовать только один ОЭ и любое (разумное) количество БЭФ; другими словами, нельзя соединить в одно целое два ОЭ или вычесть один ОЭ из другого ОЭ.

Итак, при моделировании детали для любой задачи будем придерживаться следующего алгоритма.

1. Выделите на заданном чертеже контуры, являющиеся очерками простейших геометрических фигур (тел). Для начала попробуйте мысленно удалить отверстия, ступени, вырезы, скосы (фаски) и т.п. Представьте себе исходный ОЭ без срезов и уступов, с отверстиями и пазами, заполненными материалом. Далее такой ОЭ будем называть заготовкой 3D-модели, а составляющие его – БЭФ-компонентами заготовки. Определите геометрическую форму каждого БЭФ-компонента.

2. Продумайте и изобразите в модуле Adem2D контуры, необходимые для создания каждого БЭФ-компонента заготовки. Старайтесь уменьшить количество БЭФ-компонентов. Из трех известных способов: «Лифт», «Труба» или «Сечения» – выбирайте тот, при котором БЭФ представляет собой возможно большую часть ОЭ-заготовки.

3. Изучите взаимное расположение БЭФ в пространстве. Подумайте, как нужно изменить координаты контуров (положение начала координат), чтобы в модуле Adem3D свести к минимуму перенос и поворот БЭФ.

4. В некоторых ранних версиях системы ADEM (до версии 3.03) при выполнении булевых процедур иногда возникал дефект наружной поверхности ОЭ, выражающийся в исчезновении ее фрагментов («срыв оболочки»). Причиной такого дефекта являлось касание поверхностей элементов, участвующих в объединении или вычитании. Если подобная проблема все же возникла, то перед выполнением булевых процедур необходимо обеспечить некоторое перекрытие (взаимное «заглубление») обрабатываемых элементов. Высоту БЭФ достаточно увеличить на $0,1 \div 1$ мм, внося соответствующие поправки в лифт-линию, путь XZ или высоты крайних сечений.

5. Создайте БЭФ-компоненты и сохраните их в отдельных BSF-файлах.

6. Загрузите БЭФ-компоненты в модуль Adem3D. С помощью команд «Поворот» и «Перенос» добейтесь их правильного взаимного расположения.

7. Создайте ОЭ посредством объединения БЭФ-компонентов.

8. Мысленно реконструируйте форму БЭФ, вычитание которых может привести ОЭ-заготовку к виду, заданному на чертеже. Далее каждый такой БЭФ будем называть инструментом.

9. Постройте контуры для создания БЭФ-инструментов способом «Лифт», «Труба» или «Сечения». Создайте БЭФ-инструменты и сохраните их в отдельных BSF-файлах.

10. Загрузите ОЭ-заготовку и первый БЭФ-инструмент в модуль Adem3D. С помощью команд «Поворот» и «Перенос» добейтесь их правильного взаимного расположения. Выполните вычитание БЭФ-инструмента из ОЭ-заготовки.

11. Действуя аналогично, выполните вычитание всех других БЭФ-инструментов. Сохраните готовую модель детали.

Плавность поверхности можно при необходимости повысить, установив более высокую точность аппроксимации. Для этого в меню команды «3D БЭФ» включите экранную кнопку «Точность (XY)=X» или «Точность (XZ)=X» и выберите степень точности (высшая степень 6). Кроме того, при создании БЭФ способом «Сечения» предусмотрены два варианта формообразования: Линейная аппр. [оксимация] и Сплайновая аппр. [оксимация]. Варианты отличаются в первую очередь тем, что с помощью сплайновой аппроксимации можно построить более плавные переходы между заданными сечениями за счёт большего количества промежуточных сечений, создаваемых программой.

2. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

2.1. Моделирование при решении задач на построение третьего вида

В качестве примера рассмотрим одну из задач раздела №7. Деталь задана чертежом, представленным на рис. 9. Она имеет две четко выраженные части: нижнюю и верхнюю.

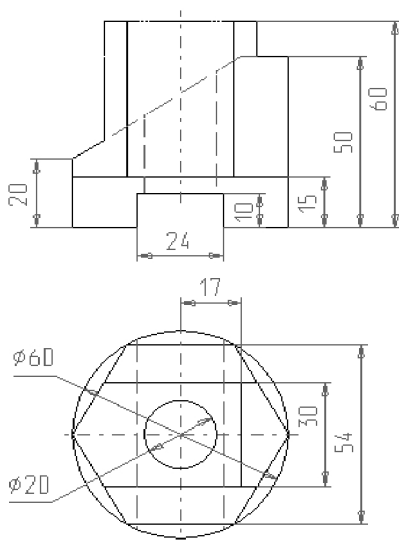


Рис. 9. Графическое условие задачи о построении третьего вида

Проекции нижнего компонента – круг на горизонтальной плоскости проекций и прямоугольник на фронтальной – характерны для прямого кругового цилиндра. Верхний компонент заготовки – это прямая призма с шестиугольником в основании. Для создания БЭФ-цилиндра можно использовать соответствующую кнопку в модуле Adem3D или команду «3D БЭФ» в модуле Adem2D. Сохраните БЭФ-компоненты заготовки в файлах.

Еще раз повторим правила построения контуров для разных способов создания БЭФ в модуле Adem2D. Для способа «Лифт» подготовьте сечения ХУ и лифт-линии, показанные на рис. 10. Слева отдельно изображена лифт-линия и начало координат для БЭФ-цилиндра.

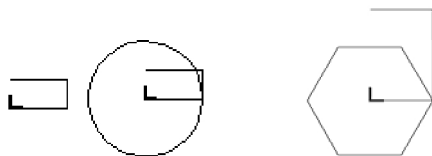


Рис. 10. Контуры для построения БЭФ способом «Лифт»

На рис. 11 представлены контуры для построения тех же БЭФ способом «Труба». Для лучшего восприятия и контроля операций полезно выделить каждый БЭФ и установить ему индивидуальный цвет каркаса. С помощью команд «Перенос» и «Поворот» расположите БЭФ-цилиндр и параллелепипед в соответствии с чертежом. Объедините компоненты заготовки. Модель-заготовка показана на рис. 12.

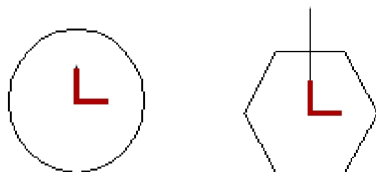


Рис. 11. Контуры для построения БЭФ способом «Труба»

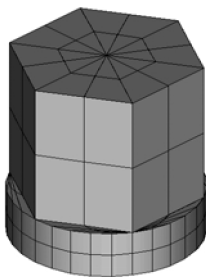


Рис. 12. Модель-заготовка

Рассмотрим наиболее рациональный способ создания БЭФ, позволяющий получить заготовку без выполнения булевой операции объединения, – способ «Сечения».

Постройте правильный шестиугольник и круг по образцу на рис. 13. Напомним, что для построения круга используется копия шестиугольника, у которого три узла обрабатываются командой [XY+O]. В ответ на запрос программы укажите:

сечение №1 – круг, его высота $Z=0\text{мм}$,

точка сжатия – в центре;

сечение №3 – круг, $Z=15\text{мм}$;

сечение №4 – шестиугольник, $Z=15\text{мм}$;

сечение №5 – шестиугольник, $Z=65\text{мм}$,

точка сжатия – в центре.

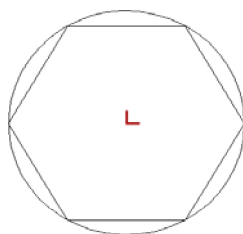


Рис. 13. Контуры для построения БЭФ способом «Сечения»

Приступим к созданию БЭФ-инструментов. Будем исходить из того, что центр нижнего сечения ОЭ-заготовки располагается в начале координат ($X=0$, $Y=0$, $Z=0$).

Сформируйте БЭФ-инструмент, вырезающий в призме фигурное ребро (см. рис. 14). Подготовьте контуры для создания БЭФ-инструмента способом «Сечения». В качестве верхнего и нижнего сечений этого БЭФ выступает один и тот же многоугольник, причем его профиль повторяет контур выреза. Положение точки сжатия показано на рис. 15.

Проекция инструмента на плоскость XOY должна обеспечивать перекрытие «обрабатываемой» части заготовки. Размер W , R , Q (рис. 14) могут быть любыми, главное, чтобы контур инструмента выходил за границы детали.

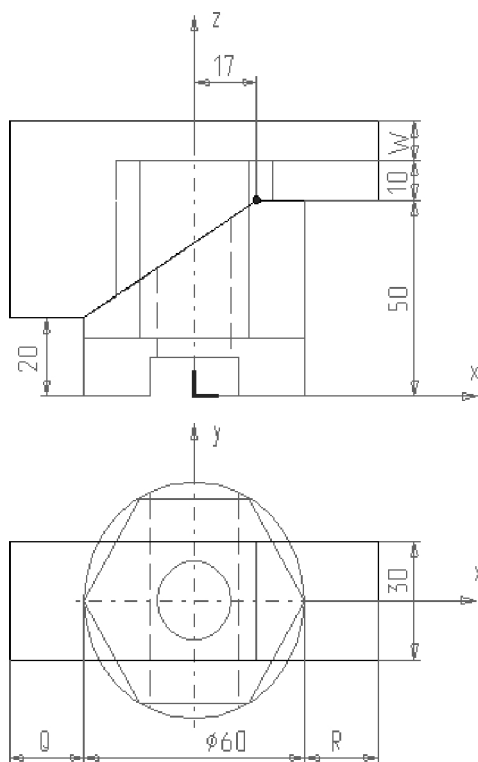


Рис. 14. Формирование контура инструмента

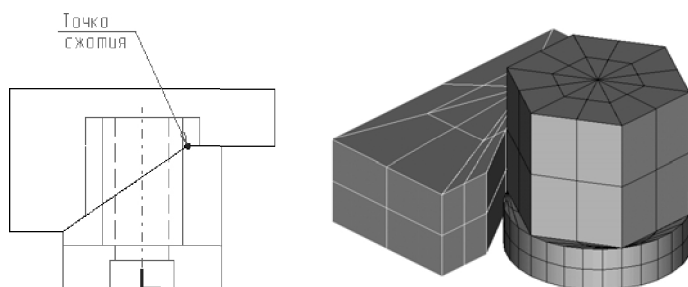


Рис. 15. Создание инструмента для выполнения центрального выреза

Отметим, что при создании БЭФ его высота (правильнее называть «толщина») отсчитывается вдоль оси Z , в то время как реальное удаление материала призмы происходит вдоль оси Y . Поэтому перед вычитанием модели инструмента в модуле Adem3D ее придется развернуть в правильное положение.

Откройте в модуле Adem3D документы (файлы) с ОЭ-заготовкой и первым БЭФ-инструментом. Включите проекцию YZ . Выделите БЭФ и поверните его на угол -90° (команда «Поворот»).

Последовательно включите проекции XY и XZ и перенесите БЭФ (команда «Перенос») согласно рис. 14.

Выполните вычитание БЭФ из ОЭ (см. рис. 16).

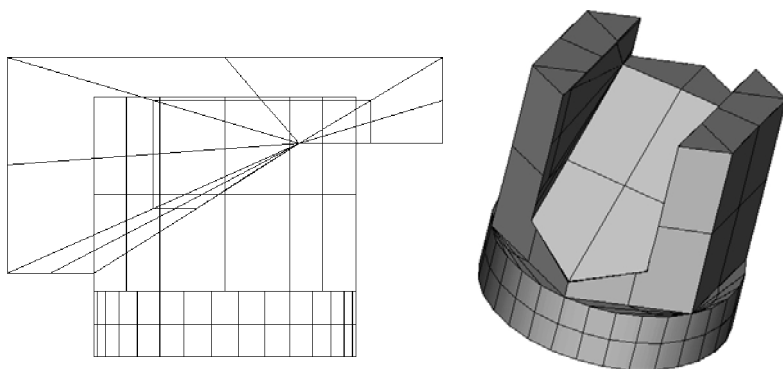


Рис. 16. Выполнение центрального выреза

Сохраните обработанную заготовку в файле.

Для выполнения центрального отверстия в модуле Adem3D создайте БЭФ-цилиндр с помощью параметрической кнопки с диаметром 20 мм и высотой 140 мм. Выполните вычитание БЭФ из ОЭ (см. рис. 17).

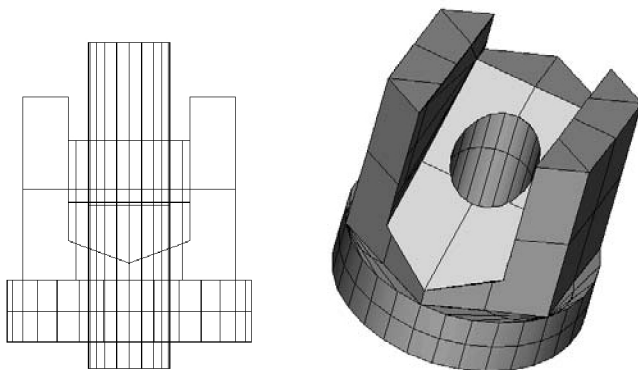


Рис. 17. Выполнение центрального отверстия в детали

Паз в цилиндрическом основании обработанной заготовки можно получить при вычитании БЭФ-параллелепипеда (см. рис. 18). Его размеры и положение определите самостоятельно по чертежу на рис. 14.

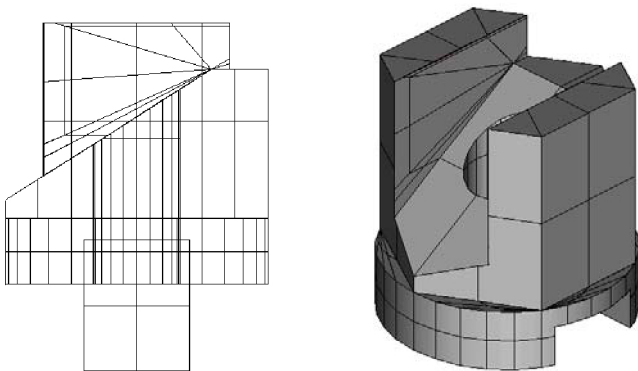


Рис. 18. Формирование паза в основании детали

Проекция готовой 3D-модели можно использовать при составлении чертежа детали. Для этого каждая проекция: "XY", "YZ", "XZ" или «Изом» – записывается в файл типа *.sat с помощью команды Файл – Сохранить как... . Чертеж составляется из готовых проекций в модуле Adem2D. Проекция детали показаны на рис. 19.

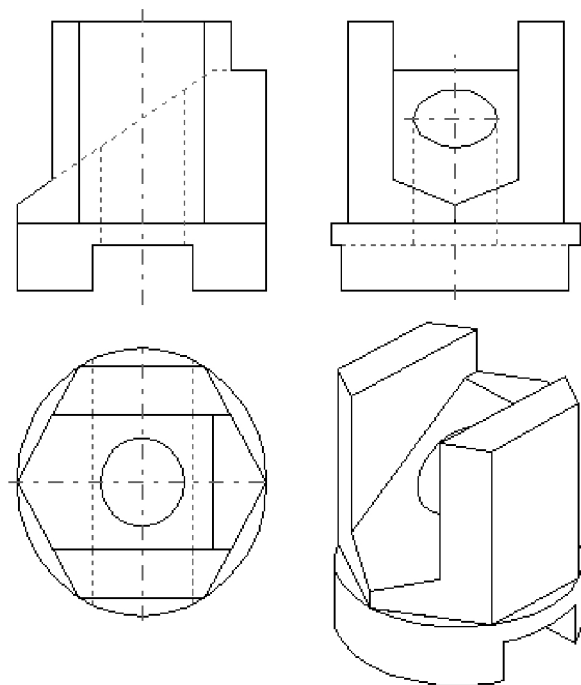


Рис. 19. Проекции готовой модели

Рассмотрим еще несколько приёмов формирования 3D-модели с помощью БЭФ-инструментов. На рис. 20 представлен чертеж многогранника. Горизонтальная проекция может быть как правильным, так и неправильным многоугольником (здесь шестиугольник). Заготовкой модели будет служить призма (см. рис. 21). Желательно, чтобы первый БЭФ наибольшим образом соответствовал форме готовой модели. Из объёма заготовки необходимо удалить фрагменты, определяемые формой БЭФ-инструментов.

Для создания БЭФ-заготовки (он же и ОЭ) в модуле Adem2D примените способ «Сечения», а в качестве сечения используйте горизонтальную проекцию детали (рис. 21).

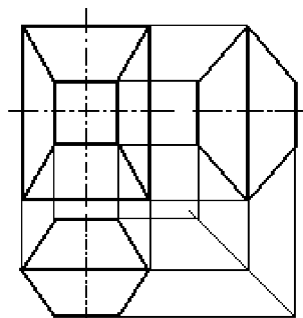


Рис. 20. Чертеж многогранника

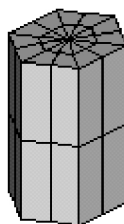


Рис. 21. Модель БЭФ-заготовки

Для получения конечной формы на заготовке необходимо срезать наклонные грани. Используя в качестве вспомогательного (разметочного) эскиза профильную проекцию, постройте замкнутый контур – сечение БЭФ-инструмента. С помощью способа «Сечения» создайте БЭФ-инструмент (рис. 22).

Точки сжатия

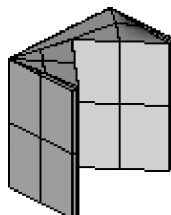
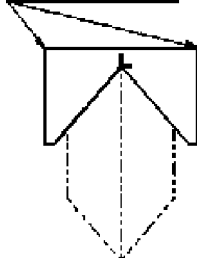


Рис. 22. Контур и готовая модель БЭФ-инструмента

В модуле Adem3D поверните и перенесите БЭФ-инструмент, затем создайте его копию. Для создания скосов на заготовке выполните вычитание группы, содержащей два БЭФ-инструмента.

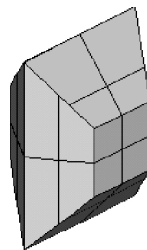
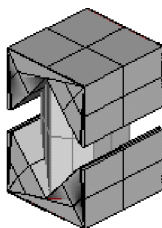
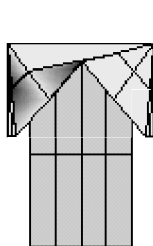


Рис. 23. Выполнение верхнего и нижнего скосов

Рассмотрим ещё один пример. Пусть необходимо смоделировать деталь, чертеж которой задан на рис. 24. Размеры принципиального значения не имеют.

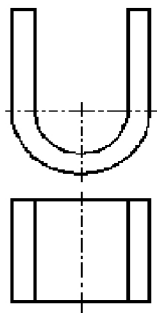


Рис. 24. Чертеж детали типа «подкова»

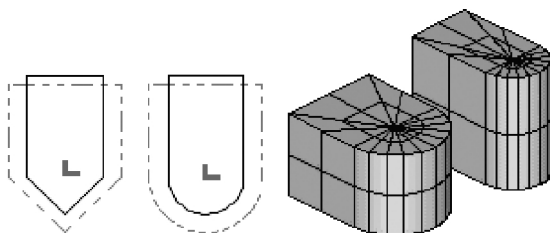


Рис. 25. Контуры и внешний вид ОЭ (БЭФ)-заготовки и БЭФ-инструмента

Сначала подготовьте ОЭ-заготовку и БЭФ-инструмент. Это тела, ограниченные цилиндрическими поверхностями, которые сочетают в себе элементы параллелепипеда и цилиндра (рис. 25). Сначала для каждой модели постройте свой замкнутый контур – многоугольник (см. рис. 25, слева). Исходные контуры отличаются стилем (типом) линии: для ОЭ-заготовки выбрана штрихпунктирная с двумя точками, а для БЭФ-инструмента – сплошная основная.

Далее в каждом контуре преобразуйте в дугу два отрезка. Взаимное расположение БЭФ-заготовки и БЭФ-инструмента перед выполнением булевой операции вычитания, а также готовая 3D-модель детали показаны на рис. 26.

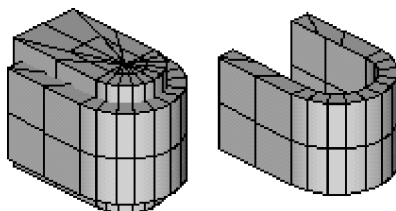


Рис. 26. Взаимное положение инструмента и заготовки и внешний вид готовой модели

А теперь для той же задачи попробуем подыскать более эффективное решение. Постройте замкнутый контур по образцу на рис. 27.

Для обеспечения замкнутости параллелепипедов, входящих в состав модели, необходимо одну точку сжатия задать в пределах фи-

гуры $ABCDMN$, а другую – в пределах $FGHIJK$. С другой стороны, модель содержит цилиндрический фрагмент («полуцилиндр»), и для обеспечения его замкнутости точка сжатия должна находиться внутри фигуры $CDEFG$. Оба условия выполняются, если применить способ «Сечения» и задать две точки сжатия, одна из которых – C или D , а другая – F или G . Такая технология позволяет получить заданную форму сразу в одном БЭФ.

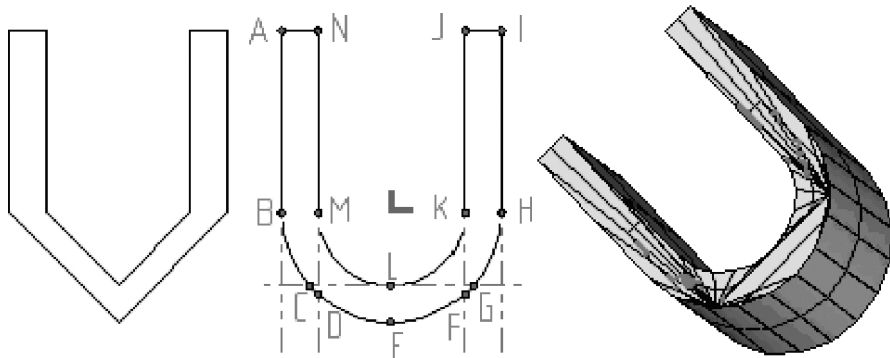


Рис. 27. Формирование готовой модели из одного БЭФ

Завершая обзор приёмов моделирования для задачи о построении третьего вида, приведём без описания и подписей рисунки, на которых показаны исходный чертеж (рис. 28) и этапы формирования объёмной модели детали (рис. 29-32).

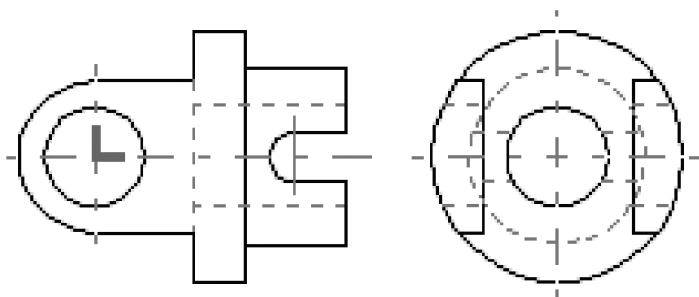


Рис. 28

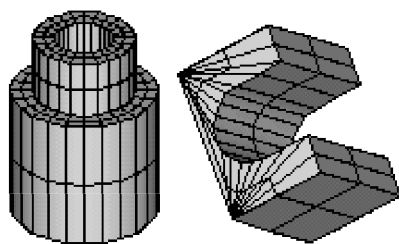


Рис. 29

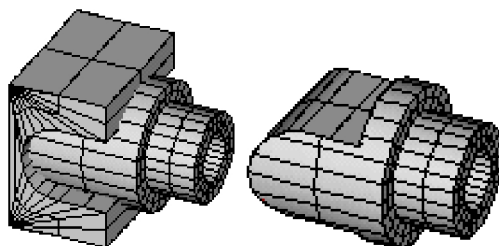


Рис. 30

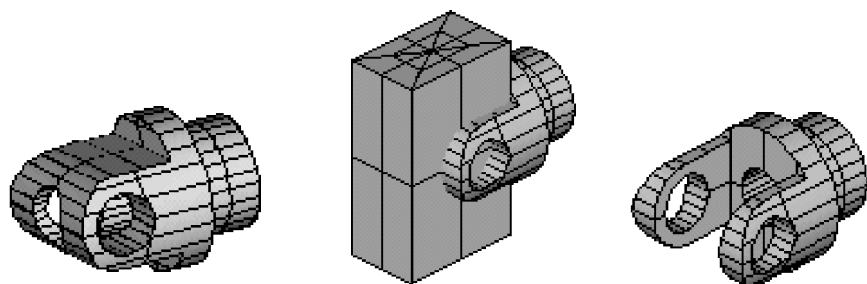


Рис. 31

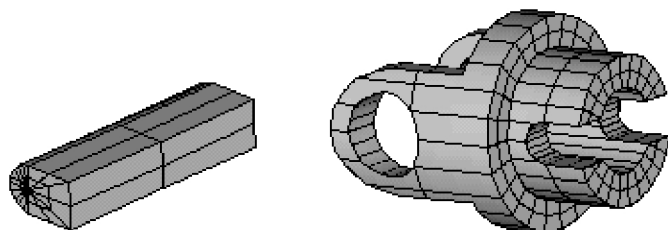


Рис. 32

2.2. Моделирование при решении задач на построение чертежа по аксонометрии

В предыдущем разделе предметом исследования были в основном простейшие геометрические формы и их сочетания. Текущая и последующая задачи относятся к реальным деталям механизмов и машин, которые имеют, как правило, сложную конфигурацию. Поэтому в качестве первого задания по моделированию машиностроительной детали целесообразно использовать её аксонометрическую проекцию, обладающую большей наглядностью, чем проекции комплексного чертежа. В то же время в текущем разделе найдут применение все правила и технологические приемы, изученные ранее. Рассмотрим технологию создания объёмной модели детали, представленной на рис. 33.

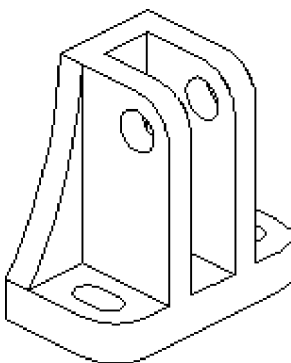


Рис. 33. Задание детали аксонометрической проекцией

Анализ формы детали позволяет выделить следующие элементы будущей модели:

- ОЭ-заготовку, состоящую из БЭФ-компонентов (основания, стенки и ребер);
- отверстия, которые можно получить с помощью БЭФ-инструментов (кругового цилиндра и цилиндрического стержня).

Для создания БЭФ-основания постройте в модуле Adem2d его проекцию (прямоугольник с двумя скругленными углами) по размерам, указанным в задании. Здесь важно понять принципиальные подходы к решению задачи, поэтому конкретные размеры в нашем примере не существенны и на рис. 33 отсутствуют. Используя проекцию в качестве сечения, сформируйте БЭФ способом «Сечения».

Напомним, что для учебных задач рекомендуется применять «Линейную аппр. [оксимацию]». Точку сжатия привяжите к началу координат.

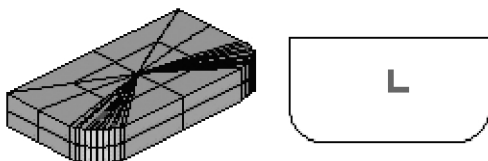


Рис. 34. Моделирование основания

Следующий компонент заготовки – это БЭФ-стенка. Последовательность построения ее проекции представлена на рис. 35.

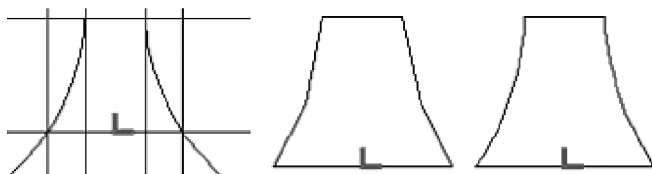


Рис. 35. Подготовка контуров стенки

Включите «Слой 2» (слои переключаются клавишей <Tab>) и выполните необходимую разметку. По заданным размерам постройте вспомогательные линии: вертикальные, горизонтальные и две окружности (слева на рис. 35 показаны только их дуги). Далее на «Слое 1» изобразите замкнутый контур (рис. 35, в центре). Каждую пару прямолинейных отрезков, лежащих слева и справа от воображаемой оси симметрии, преобразуйте в дугу (команда [XY=O]). Точка сжатия для каждого крайнего сечения располагается в начале координат. Готовая БЭФ-стенка показана на рис. 36.

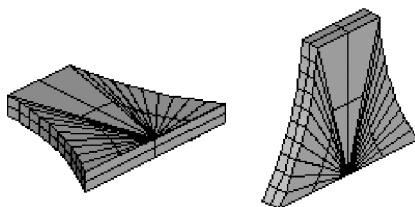


Рис. 36. Объемная модель задней стенки

В модуле Adem3D БЭФ-стенке придётся придать вертикальное положение с помощью команды «Поворот».

Внешний вид БЭФ-ребра, а также его сечение, положение начала координат и точка сжатия показаны на рис. 37. Откройте в модуле Adem3D файлы с компонентами БЭФ-заготовки. Применяя команды «Поворот» и «Перенос», отредактируйте положение БЭФ в соответствии с рис. 33. Подскажем, что YZ-проекцию стенки необходимо повернуть на -90° , а ребро придётся поворачивать дважды: на угол -90° в плоскости YZ и ещё на -90° в плоскости XY.

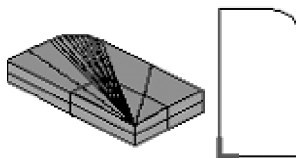


Рис. 37. Моделирование ребра жесткости

Создайте копию ребра. Выделите стенку и оба ребра в группу. Объедините ОЭ/БЭФ-основание и группу БЭФ. Сохраните полученную заготовку.

На следующем этапе построений необходимо создать БЭФ-инструменты и вычесть их объёмы из заготовки. Форма БЭФ-инструментов показана на рис. 38.

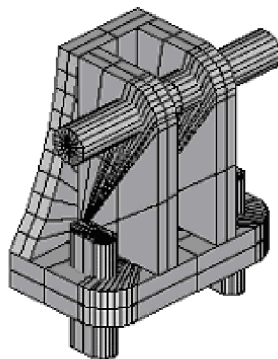


Рис. 38. Выполнение отверстий с помощью БЭФ-инструментов

Круговой цилиндр для формирования горизонтальных отверстий в ребрах получите из параметрической модели (кнопка «Цилиндр»). Для создания цилиндрического стержня подготовьте в модуле Adem2D замкнутый контур (см. рис. 39). С помощью команды [XY+O] выполните его скругление. Применяя способ «Сечения», задайте точку сжатия в начале координат.

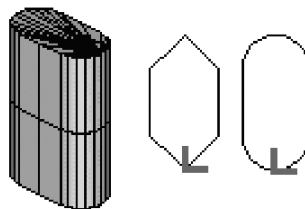


Рис. 39. Моделирование инструмента для получения отверстий в основании

В модуле Adem3D расположите БЭФ-инструменты относительно ОЭ-заготовки в соответствии с заданными размерами и выполните булевую операцию «Вычитание БЭФ из ОЭ». Результат работы представлен на рис. 40.

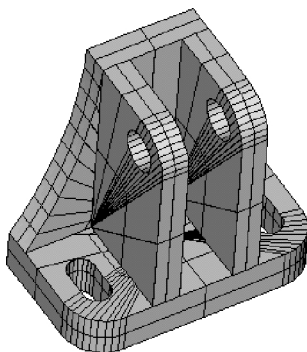


Рис. 40. Объёмная модель, сформированная по аксонометрии

Рассмотрим некоторые возможности повышения эффективности моделирования. Планируя создание 3D-модели детали, пользователь может выбрать один из двух вариантов технологии.

По первому варианту надо стремиться к тому, чтобы вся форма предмета была получена сразу и в одном БЭФ. Такой путь идеален, но вряд ли осуществим. Чем меньшее количество БЭФ участвует в создании модели детали, тем сложнее форма каждого из них. А это означает, что больше времени будет затрачено на анализ и расчёты, разметку и вычерчивание контуров, задание параметров сечений (в способе «Сечения»), проверку добротности полученного БЭФ (наличие замкнутости, ограниченности, невырожденности).

С другой стороны, формирование модели детали из простых БЭФ-компонентов и БЭФ-инструментов не представляет трудности на каждом отдельном шаге, но в итоге приводит к существенному увеличению общего времени работы.

Попробуем продемонстрировать выбор технологических приёмов на примере одной детали. Рассмотрим в качестве задания прямоугольную изометрию предмета, представленную на рис. 41. Анализ формы показывает, что в конструкции детали логично выделить верхнюю и нижнюю части. Верхняя часть состоит из полого цилиндра, лежащего на H-образной планке.

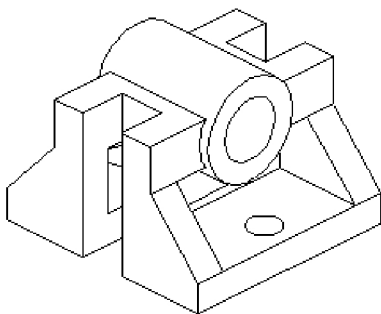


Рис. 41. Аксонометрия детали

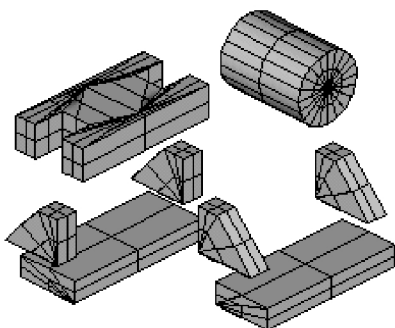


Рис. 42. Элементы заготовки детали

Нижняя часть представляет собой две стойки, причем каждая стойка состоит из основания (с отверстием) и двух ребер. Описанные элементы конструкции детали, за исключением отверстий, представлены на рис. 42.

Начнем с верхней части детали, которую будем считать основным объемным элементом. Для создания ОЭ-планки воспользуемся способом «Сечения». Внешний вид БЭФ, профиль сечения, положение начала координат и двух точек сжатия показаны на рис. 43.

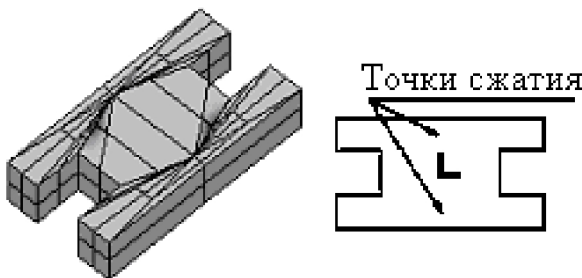


Рис. 43. Формирование модели планки

Полый цилиндр может быть получен способом «Лифт» (см. рис. 44), однако в данной задаче не стоит торопиться. Из анализа предстоящих булевых процедур ясно, что при объединении полого цилиндра и Н-образной планки сквозное отверстие в цилиндре будет перекрыто. Можно, конечно, разделить Н-образную планку на два П-образных плеча. Недостатком такого решения станет лишняя трата времени на копирование, позиционирование и объединение элементов.

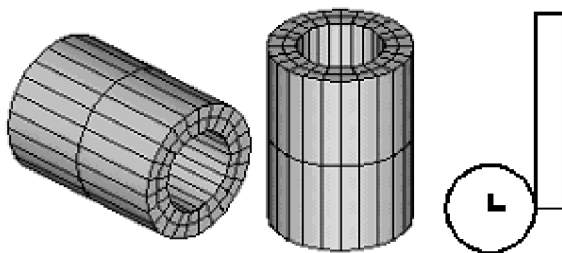


Рис. 44. Моделирование полого цилиндра

Проще и удобнее сформировать верхнюю часть модели детали из Н-образной планки и сплошного цилиндра (см. кнопка параметрической модели «Цилиндр» в модуле Adem3D). Все отверстия будут выполнены на заключительном этапе обработки ОЭ-заготовки.

Завершая создание верхней части модели, войдите в модуль Adem3D и объедините сплошной цилиндр и Н-образную планку.

Рассмотрим варианты создания стойки. На рис. 45 показаны ее составные части: основание – плита и два ребра, причем длинная сторона плиты расположена вдоль вертикальной оси Z .

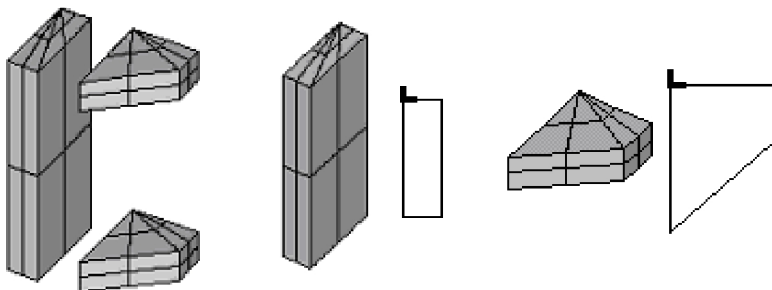


Рис. 45. Моделирование стойки

Для создания БЭФ-основания и БЭФ-ребра воспользуйтесь способом «Сечения». Точку сжатия можно задать в любом узле контура, например, там, где на рис. 45 отмечено начало координат.

При создании модели детали в модуле Adem3D сначала объедините существующий ОЭ (верхнюю часть) и 4 БЭФ (ребра), а затем к полученной заготовке присоедините 2 плиты.

Поскольку выполнение поворота, переноса и копирования ребер, как показывает практика, занимает достаточно много времени, более рациональным является вариант построения такого БЭФ, который сразу содержал бы и основание, и ребра.

Пусть нижнее (на рис. 46) ребро опирается на плоскость XOY . Проследим по рис. 46, как меняется сечение стойки с увеличением координаты Z .

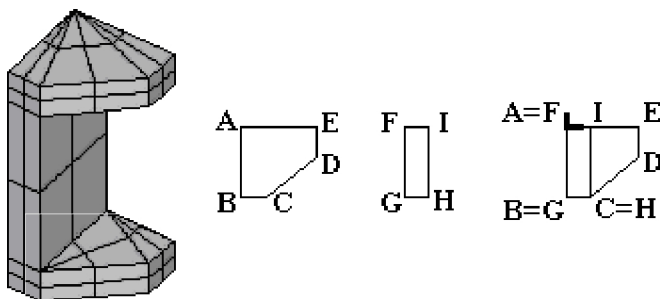


Рис. 46. Моделирование стойки способом «Сечения»

На высоте $Z=0$ сечением является многоугольник $ABCDE$. На высоте, равной толщине ребра, необходимо сначала задать сечение $ABCDE$, затем сечение $FGHI$. На следующем уровне также располагаются два сечения: $FGHI$ и $ABCDE$. И, наконец, верхняя плоскость – это сечение $ABCDE$.

Напоминаем, что оба контура должны иметь одинаковое количество узлов и одно направление движения при построении. Поэтому прямоугольник $FGHI$ целесообразно получить редактированием копии многоугольника $ABCDE$. Узлы D и E необходимо совместить и перенести как группу узлов. Точку сжатия для первого и последнего сечений установите в начале координат. Обратите внимание на то, что многоугольник $ABCDE$ отличается от сечения ребра на рис. 45.

Положение БЭФ-инструментов перед формированием отверстий показано на рис. 47, а готовая 3D-модель детали представлена на рис. 48.

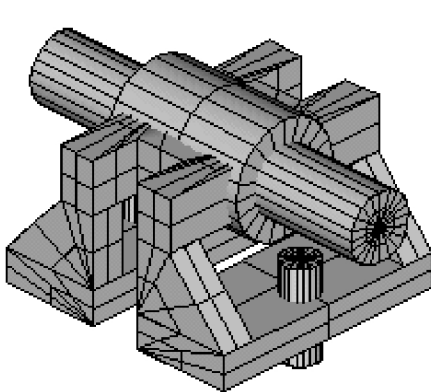


Рис. 47. Формирование отверстий

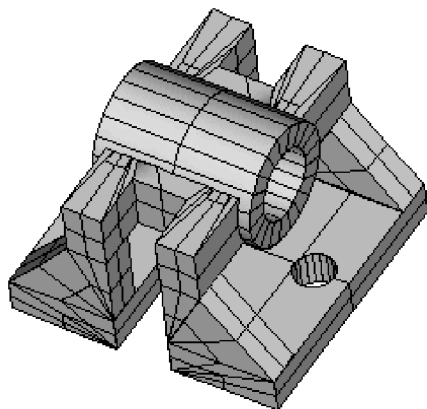


Рис. 48. Готовая 3D-модель

2.3. Моделирование при решении задач на построение чертежа детали по двум видам

В задачах, образующих раздел №9, необходимо дополнить (или заменить) заданные виды разрезами и сечениями. Как правило, форма детали здесь не отличается особой сложностью.

В задачах, входящих в раздел №10, сначала требуется построить третий вид детали, а уже потом – необходимые разрезы, сечения и выносные элементы. При этом следует стремиться к тому, чтобы количество изображений на чертеже было минимальным, но достаточным для удобного и однозначного восприятия геометрии детали.

Вследствие того, что детали раздела №10 имеют более сложные формы, рассмотрим подробнее именно эту задачу. Сформируем 3D-модель детали, заданной на рис. 49 двумя видами.

На основе анализа заданных изображений можно составить следующее описание формы детали. На основании, которым служит параллелепипед со скругленными ребрами, лежит полуцилиндр (арка) с фигурной полостью. Над полуцилиндром возвышается вертикальный цилиндр со сквозным отверстием. Вдоль плиты вытянуты ребра жесткости с треугольным очертанием. На эти ребра опирается горизонтальный цилиндр, в котором выполнены два отверстия со взаимно перпендикулярными осями. Основание имеет три отверстия для монтажа детали.

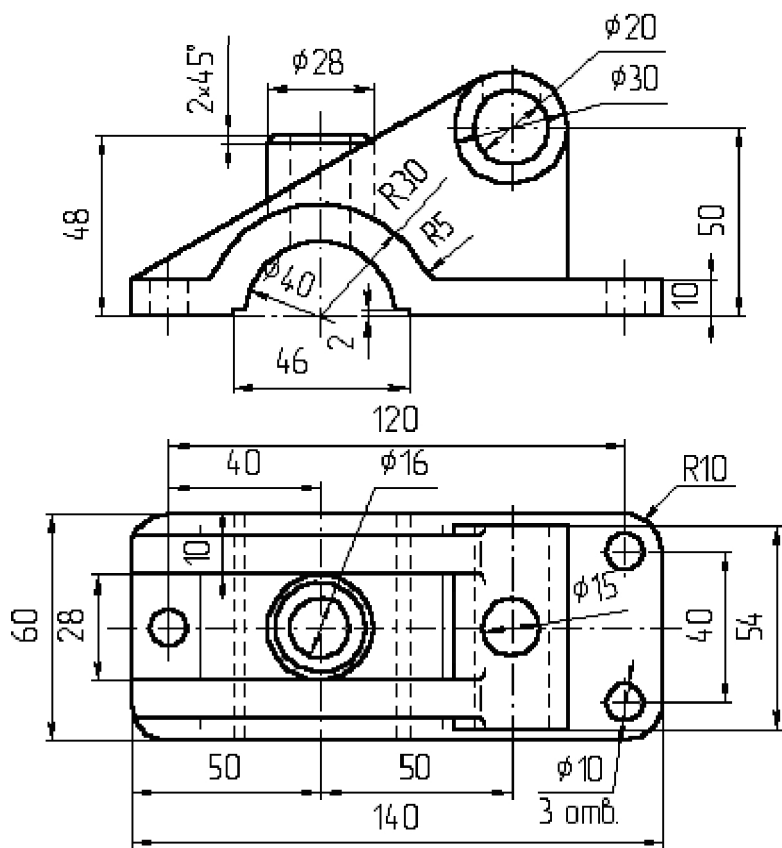


Рис. 49. Чертеж детали

Будем следовать описанной выше технологии. Сначала создадим БЭФ-компоненты и объединим их в ОЭ-заготовку. Затем подготовим БЭФ-инструменты, необходимые для получения уступов, отверстий, полостей. Окончательную форму модели мы получим в результате вычитания БЭФ-инструментов из ОЭ-заготовки.

В модуле Adem2D создайте БЭФ-основание способом «Сечения» (см. рис. 50) и сохраните его в файле.

Таким же способом постройте БЭФ-получилиндр, дополненный призматическими выступами. Их присутствие вызвано необходимостью обеспечить плавный переход радиусом 5 мм к основанию.

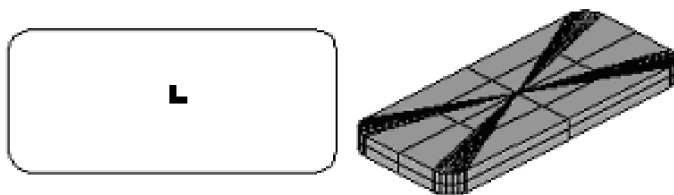


Рис. 50. Моделирование основания

Контур, состоящий из прямолинейных отрезков и дуг окружностей, получается из многоугольника. Положение его узлов определяется с помощью вспомогательных линий после построения сопряжений. На рис. 51 показано, что при вычерчивании контура в каждую вспомогательную дугу вписываются два отрезка ломаной, которые затем преобразуются в кривую с помощью команды $[XY+O]$.

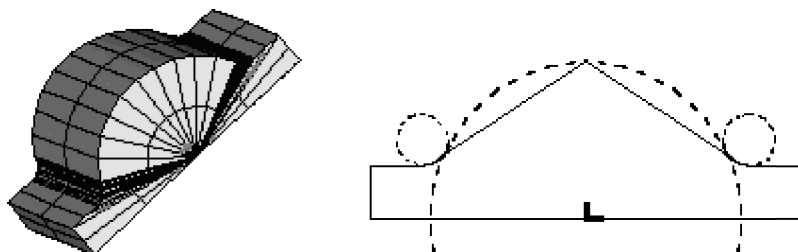


Рис. 51. Моделирование полуцилиндра с выступами

Как следует из задания, радиус большей вспомогательной окружности равен 30 мм, а ее сопряжение с горизонтальными прямыми определяется окружностями с радиусом 5 мм. Толщина призматических выступов должна быть равной высоте (толщине) основания.

После построения контура проверьте положение начала координат и сформируйте БЭФ способом «Сечения». Сохраните полученную модель.

Далее в модуле Adem3D откройте документы с БЭФ-компонентами и объедините основание с полуцилиндром. В полученной заготовке (ОЭ) не должно быть ступенек и других дефектов в местах соединения компонентов (см. рис. 52).

Для моделирования следующих элементов – рёбер жёсткости – включите модуль Adem2D и выполните вспомогательные построения.

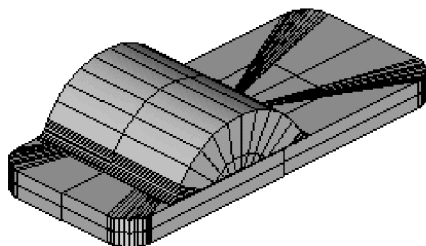


Рис. 52. Модель заготовки после объединения основания и полуцилиндра

По разметке, пример которой приведён на рис. 53, изобразите замкнутый контур (многоугольник) и преобразуйте два прямолинейных отрезка контура в дугу окружности (команда $[XY+O]$). Далее на основе полученного сечения создайте ребро. Это еще один БЭФ-компонент заготовки. Сохраните полученную модель.

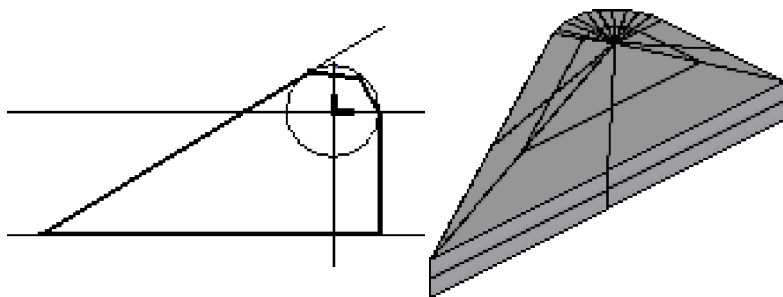


Рис. 53. Моделирование ребра жёсткости

На следующем этапе подготовьте БЭФ-цилиндры. Вертикальный цилиндр $\varnothing 28$ целесообразно сформировать способом «Лифт» в модуле Adem2D. При этом фаска на цилиндре обеспечивается наличием фаски на лифт-линии (см. рис. 54). Сохраните компонент заготовки в файле.



Рис. 54. Моделирование цилиндра с фаской

Горизонтальный цилиндр, лежащий на рёбрах жесткости, первоначально является сплошным. Поэтому для создания этого БЭФ удобнее воспользоваться кнопкой параметрической модели «Цилиндр» в модуле Adem3D.

Добавьте к предыдущему ОЭ новые БЭФ-компоненты: рёбра жесткости и цилиндры. Для этого откройте документы с моделями. Выделив каждый БЭФ в группу, выполните его позиционирование в соответствии с размерами, заданными на рис. 48 (команды «Поворот» и «Перенос»). Создайте копию ребра жесткости (команда «Копия»). Перед выполнением булевой операции «Объединение» проверьте правильность взаимного расположения элементов на всех плоскостях проекций. Результат объединения показан на рис. 55.

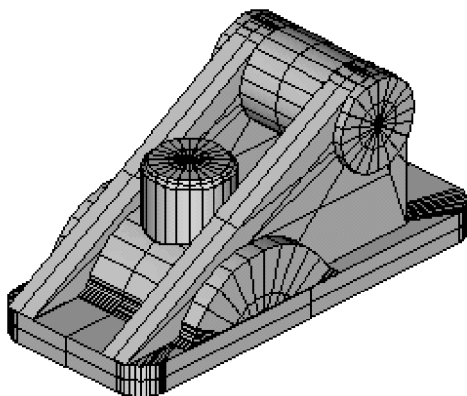


Рис. 55. Промежуточный результат моделирования

Далее сформируем пять БЭФ-инструментов:

- цилиндрический стержень, аналогичный полуцилиндру с выступами, для выполнения фигурного выреза в основании;
- цилиндр для выполнения трех отверстий $\varnothing 10$ в основании;
- цилиндр для выполнения отверстия $\varnothing 16$ в вертикальном цилиндре;
- цилиндр $\varnothing 15$ для выполнения поперечного отверстия в горизонтальном цилиндре;
- цилиндр для выполнения продольного отверстия $\varnothing 20$ в горизонтальном цилиндре.

Для создания цилиндрического стержня способом «Сечения» постройте контур, показанный на рис. 56. Для его вычерчивания в модуле Adem2D применяется графический элемент «Замкнутый контур».

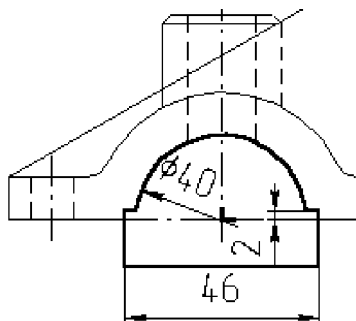


Рис. 56. Контур для моделирования стержня

Дуга радиусом 20мм ($\varnothing 40$) образуется из двух прямолинейных отрезков многоугольника (команда [XY+O]). Начало координат располагается в центре дуги, а точка сжатия совпадает с началом координат. На рис. 57 ОЭ-заготовка и БЭФ-инструмент показаны в положении перед выполнением булевой операции «Вычитание».

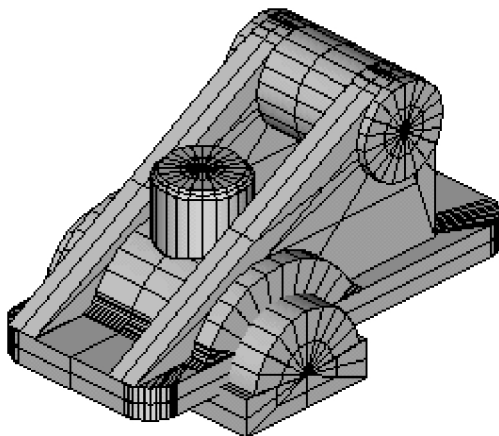


Рис. 57. Формирование ступенчатого выреза

Для подготовки инструментов – цилиндров с диаметрами 10, 15, 16 и 20 мм используйте кнопку параметрической модели «Цилиндр» в модуле Adem3D.

Внешний вид 3D-модели, полученной после вычитания БЭФ-цилиндров из ОЭ-заготовки, представлен на рис. 58.

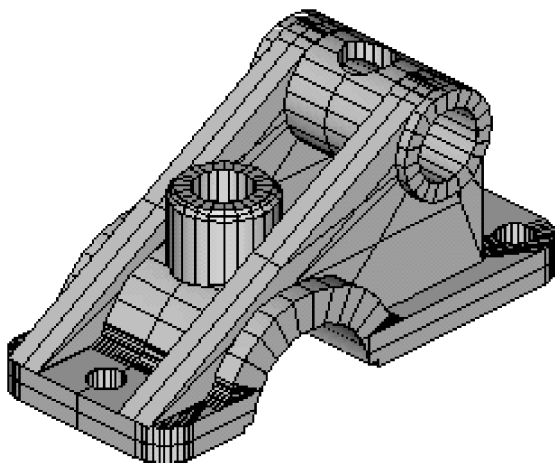


Рис. 58. Объёмная модель детали, построенная по чертежу

Все примеры, рассмотренные выше, предусматривали такую технологию создания первого ОЭ, при которой заготовка наиболее полно отражает форму заданной детали.

Рассмотрим иной подход, предусматривающий формирование модели детали в основном за счет специальных БЭФ-инструментов. Отметим, что выбор технологических приемов зависит, конечно же, от конкретной задачи, и следующий пример тоже не является универсальным.

Пусть деталь задана двумя видами, показанными на рис. 59. Размеры никакого принципиального значения не имеют и поэтому опущены.

В модуле Adem2D постройте прямоугольник, имеющий произвольные размеры и выполните скругление его углов. Создайте БЭФ любым способом, например «Сечения». Полученная модель (см. рис. 60) уже является ОЭ-заготовкой.

Сохраните её в файле. Последующее формообразование модели будет определяться только профилем БЭФ-инструментов.

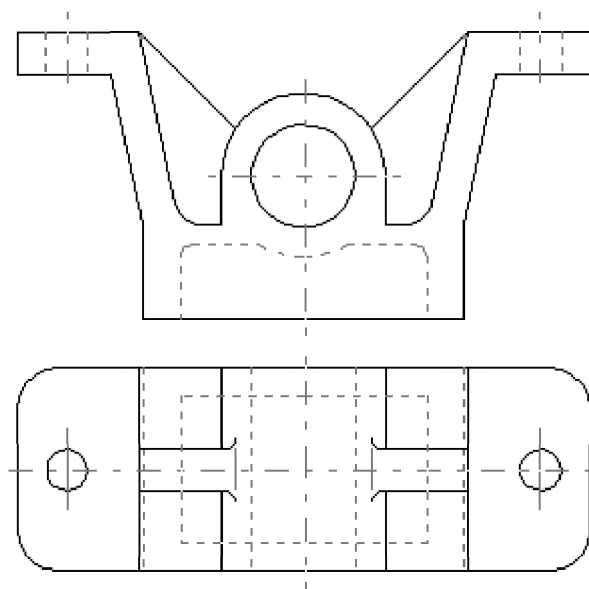


Рис. 59. Чертеж детали, имеющей криволинейные уступы и полости

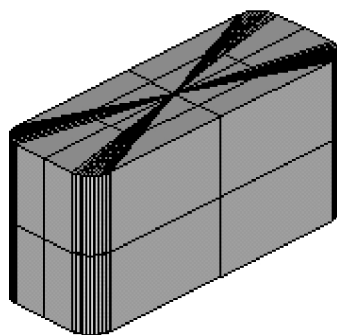


Рис. 60. Объемный элемент – заготовка

Для создания первого БЭФ-инструмента постройте контур, используя фронтальную проекцию чертежа на рис. 59. Многоугольник, первоначально состоящий только из прямолинейных отрезков, приобретает дугу окружности и две дуги сопряжения после применения команды [XY+O] (см. рис. 61). Выбирая способ «Сечения», задайте две точки сжатия в верхних углах контура. Высота БЭФ (размер вдоль оси Z) должна быть больше, чем ширина ОЭ-заготовки.

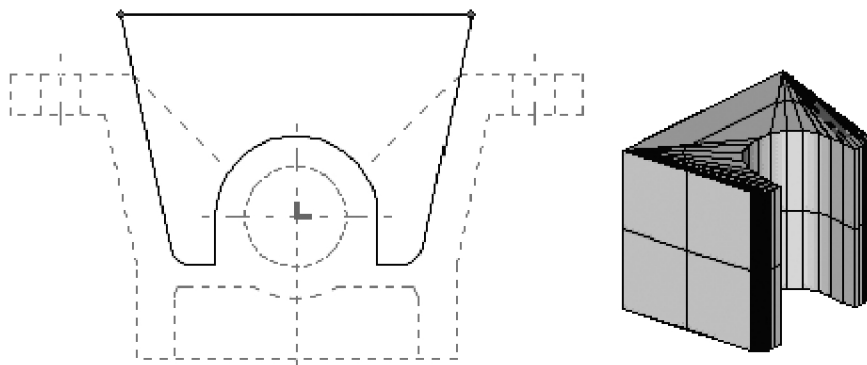


Рис. 61. Моделирование первого инструмента

В модуле Adem3D откройте файлы с ОЭ-заготовкой и БЭФ-инструментом №1. Выделите БЭФ-инструмент. С помощью команд «Поворот» и «Перенос» расположите его относительно заготовки в соответствии с заданием. Выполните булевую операцию «Вычитание БЭФ из ОЭ». Сохраните текущий ОЭ. Этот этап показан на рис. 62.

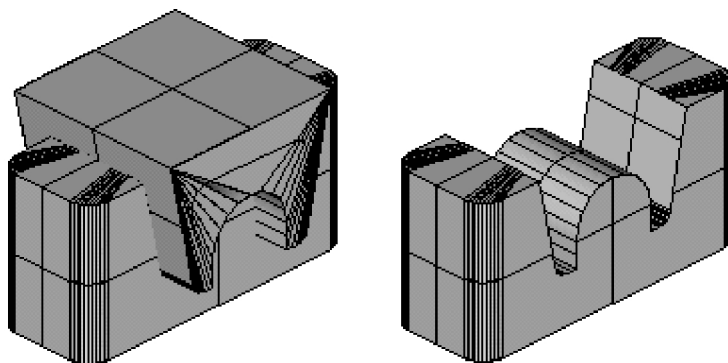


Рис. 62. Формирование верхнего выреза

Создайте второй инструмент (рис. 63). В модуле Adem2D постройте замкнутый контур, который на виде спереди расположен справа от оси симметрии (см. рис. 62). Используйте линии чертежа как вспомогательные. Точка сжатия для способа «Сечения» находится в правом верхнем углу контура.

Создайте БЭФ-инструмент №2 и сохраните его в файле.

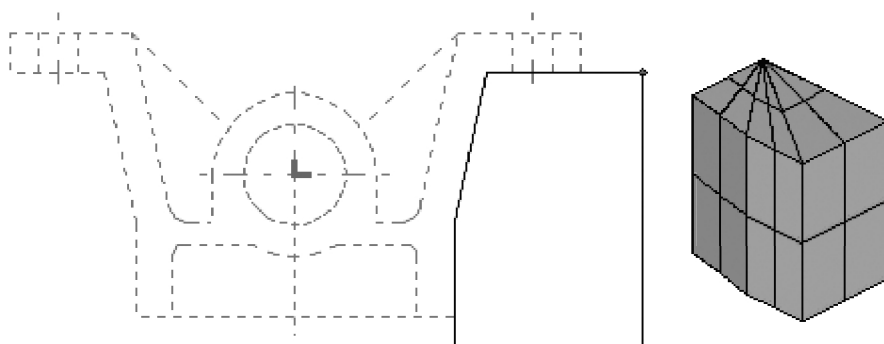


Рис. 63. Формирование второго инструмента

В модуле Adem3D откройте файлы с текущей ОЭ-заготовкой и БЭФ-инструментом №2. Выполните поворот, перенос и копирование БЭФ. Произведите вычитание двух БЭФ из ОЭ. Текущий этап работы представлен на рис. 64.

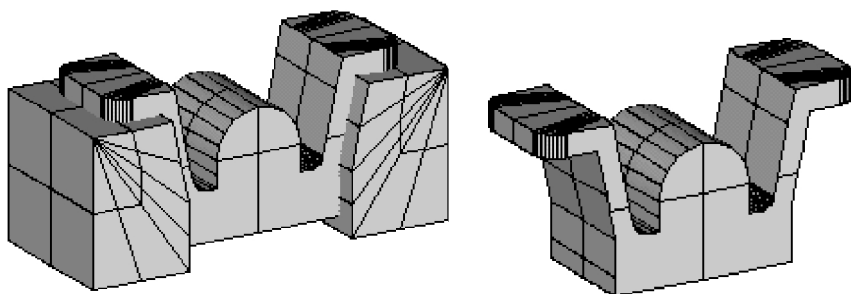


Рис. 64. Выполнение боковых вырезов

Подготовьте третий инструмент. В модуле Adem2D постройте замкнутый контур – многоугольник с привязкой к линиям, изображающим вид спереди (см. рис. 65). Выполните скругление двух верхних углов и сформируйте дугу редактированием двух прямолинейных отрезков. Создайте БЭФ-инструмент №3 способом «Сечения». Обратите внимание на то, что высота БЭФ должна быть равна ширине внутренней полости детали, расположенной под цилиндром.

Для данного сечения используются две точки сжатия, выделенные на рисунке.

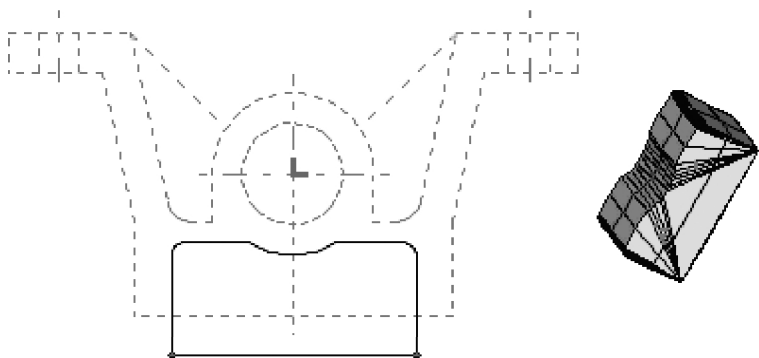


Рис. 65. Моделирование третьего инструмента

Положение заготовки и инструмента №3 перед выполнением операции «Вычитание» представлено на рис. 66.

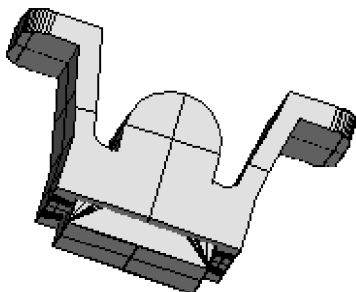


Рис. 66. Формирование нижнего выреза

Добавим в модель такой распространенный конструктивный элемент, как ребро жёсткости. Его сечение и внешний вид показаны на рис. 67. Для создания ребра также используется способ «Сечения». Построение сечения производится по линиям вида спереди. Скругления в углах отсутствуют. Контур имеет две точки сжатия.

В модуле Adem3D установите ребро в заданное положение и присоедините его к текущей ОЭ-заготовке с помощью булевой операции «Объединение». Следует отметить, что операция объединения здесь производится между операциями вычитания. Сохраните модель.

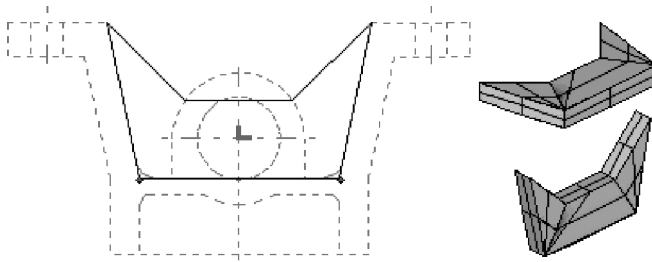


Рис. 67. Моделирование ребра жёсткости

Отверстия выполните посредством вычитания БЭФ-цилиндров. На рис. 68 представлена готовая 3D-модель детали в разных ракурсах, а на рис. 69 – модель с четвертным вырезом.

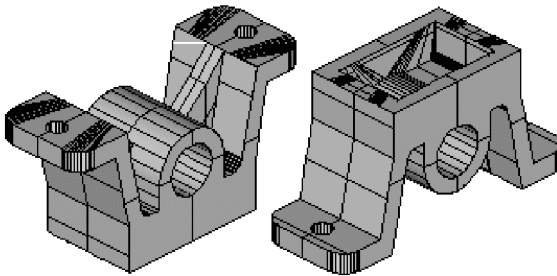


Рис. 68. Модель детали, ориентированная по чертежу и с поворотом на 180°

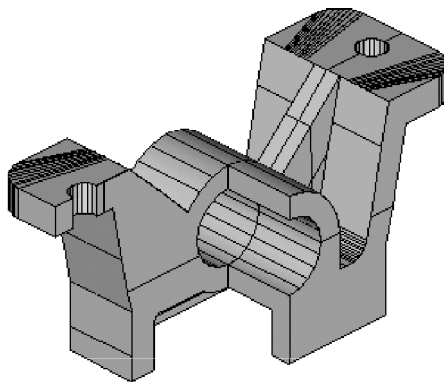


Рис. 69. Готовая 3D-модель с четвертным вырезом

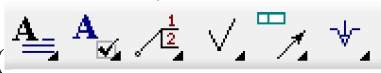
II. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ADEM 8.1

В отличие от ADEM 3.03 в среде ADEM 8.1 нет разделения на модули 2D- и 3D-моделирования, рабочее поле одно для всех построений – и для плоского чертежа, и для объёмной модели.

1. НАСТРОЙКА РАБОЧЕГО ПОЛЯ ЭКРАНА

Перед началом работы необходимо настроить панели инструментов на экране. Это связано с тем, что в ADEM 8.1 большое количество функциональных кнопок, а на практике применяется только малая часть из них. Для этого нужно зайти в меню <Сервис>, выбрать <Настройка> и поставить галочки около нужных панелей инструментов.

Рекомендуемые панели инструментов:

- стандартная ();
- 3D-объекты 1 () – моделирование объёмных фигур;
- камера () – переключение изображения с объёмного на плоское и наоборот;
- возврат ();
- 2D-объекты () – построение плоских объектов;
- символы ();
- размеры ();
- редактирование 2D ();
- типы линий и штриховки () – изменение типа линий и штриховки;

- редактирование 3D ();

- операции с группами объектов

() – выделение, удаление, масштаб, перенос, поворот, копия, зеркальное отображение, булевы операции;

- группа узлов и вершин () – выделение узлов;

- рабочая плоскость () – плоскости проекций;

- удаление узлов ();

- черчение по 3D () – создание чертежа и изометрической проекции детали.

2. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

Основные способы получения простых объёмных элементов следующие:

-  проволока (задаётся направляющей и диаметром);

-  труба, вариант проволоки (задаётся направляющей, диаметром и толщиной стенки);

-  движение (задаётся профилем, направляющей и точкой привязки);

-  профиль, вариант движения;

-  сфера (задаётся окружностью);

-  вращение (задаётся профилем и направлением оси вращения);

-  спираль, вариант вращения;
-  смещение (задаётся контуром, высотой или глубиной);
-  пирамида, вариант смещения.

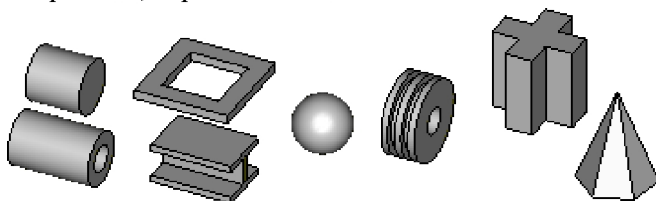


Рис. 70. Примеры моделей простых элементов (проволока, труба, движение, профиль, сфера, вращение, смещение, пирамида)

Сложные объёмные элементы можно получить, воспользовавшись булевыми операциями (объединения, вычитания, пересечения). При вычитании указывается сначала тот элемент, из которого вычитаем, затем тот, который вычитается. При объединении и пересечении не имеет значения, какой из элементов выделяется первым. Булевы операции также применимы и для построения плоских элементов и контуров.

Кроме этого, в ADEM 8.1 есть команды редактирования 3D-объектов. Они заключаются в снятии фаски и скруглении углов уже готовой объёмной модели.

Для просмотра 3D-модели нужно зажать <Shift> и мышкой вращать деталь.

3. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. Моделирование при решении задач на построение третьего вида

В качестве примера рассмотрим одну из задач раздела №7. Деталь задана чертежом, представленным на рис. 71.

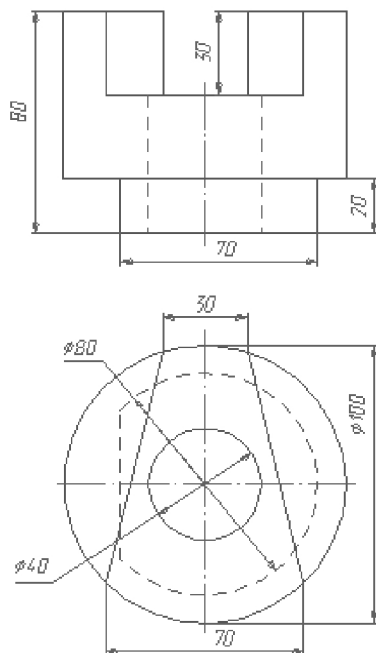


Рис. 71. Графическое условие задачи о построении третьего вида



Нажмите кнопку , тем самым переходя к плоскому изображению. В плоскости проекций XU строим контуры будущих объёмных элементов. При построении контуров можно использовать разметку на вспомогательном слое. Вводим значение $Z=0$ и строим контур нижнего усечённого цилиндра и инструмента для вырезания центрального отверстия, после чего вводим значение $Z=20$ и строим контур верхнего цилиндра, затем – значение $Z=50$ и строим контур инструмента для вырезания паза в верхнем цилиндре (см. рис. 72, слева).



Нажмите кнопку  и посмотрите, как выглядят контуры в пространственном отображении. Они все должны находиться на разной высоте, так как мы изначально задавали разные координаты Z (см. рис. 72, справа).

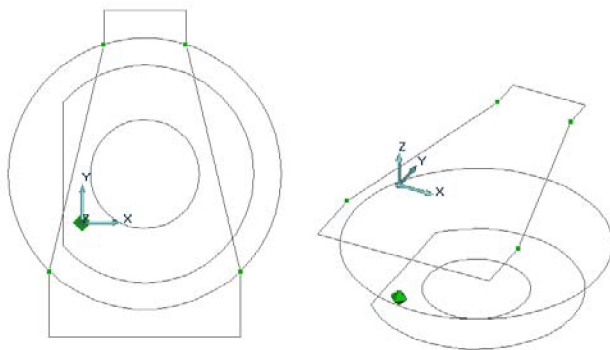


Рис. 72. Контуры заготовок детали и инструментов

Вернитесь к работе в плоскости, нажав кнопку . Нажми-

те кнопку «смещение» . На запрос системы <контур?> укажите усечённую окружность, в окне <высота> введите значение 20, <глубина> – 0, нажмите <Esc>. Далее укажите контур верхнего цилиндра, высота=60, глубина=0, <Esc>, контур инструмента для выреза центрального отверстия, высота=100, глубина=10, <Esc>, и наконец, контур инструмента для выреза паза в верхнем цилиндре, высота=40, глубина=0, <Esc>. Включите режим объёмного изображения и оцените результат (см. рис. 73).

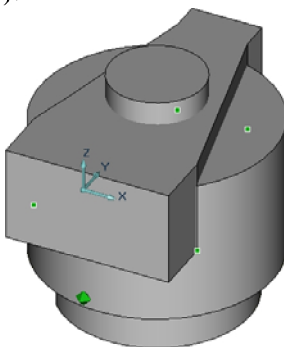


Рис. 73. Готовые заготовки для элементов детали и инструментов

Воспользуйтесь кнопкой булевых операций  на панели операций с группами объектов. Сначала объедините нижний усечён-

ный цилиндр с верхним цилиндром (), затем с помощью кнопки вычитания () удалите заготовки инструментов для выреза паза и центрального отверстия. Готовая модель представлена на рис. 74.

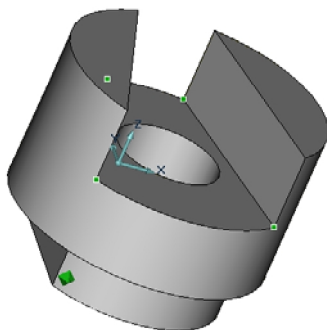


Рис. 74. Готовая модель детали

Для построения чертежа детали по 3D-модели нажмите кнопку (), в появившемся окне поставьте галочки около необходимых видов (главного, сверху, слева и изометрического), задайте расстояние между видами, нажмите <OK> (рис. 75) и определите положение видов на чертеже (рис. 76).

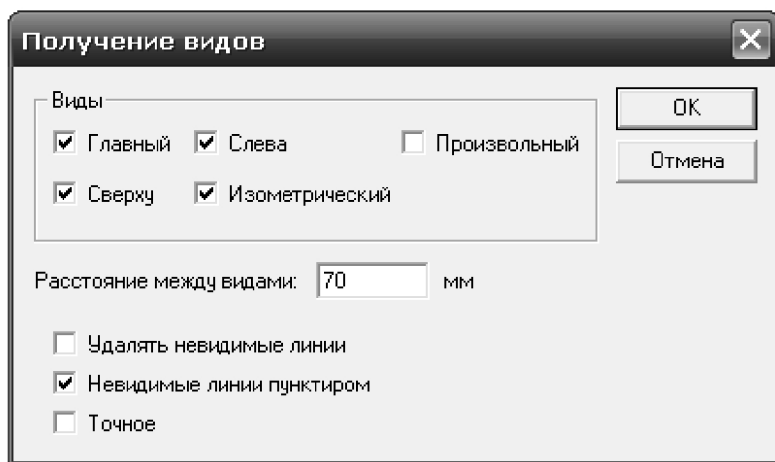


Рис. 75. Окно выбора изображений на чертеже

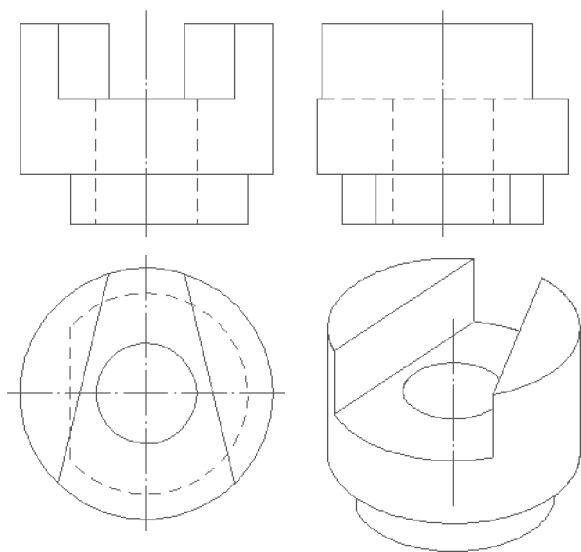


Рис. 76. Проекции готовой модели

3.2. Моделирование при решении задач на построение чертежа по аксонометрии

Рассмотрим технологию создания объёмной модели детали, представленной на рис. 77.

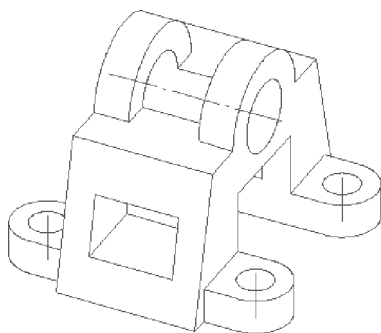


Рис. 77. Задание детали аксонометрической проекцией

В плоскости проекций XY строим контур корпуса детали. Включите вспомогательный слой (<Tab>). Выполните необходимую разметку. По заданным размерам постройте вспомогательные линии: вертикальные, горизонтальные и две окружности. Далее на первом слое введите значение $Z=0$ и изобразите замкнутые контуры корпуса и будущего отверстия (рис. 78)

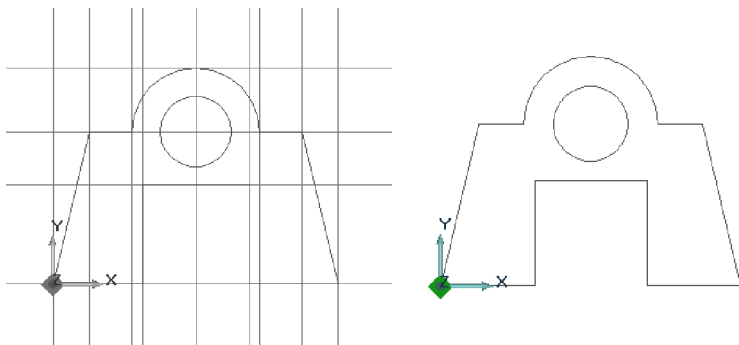


Рис. 78. Контуры корпуса детали и отверстия

Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур корпуса, в окне <высота> введите значение 0, <глубина> – 40, нажмите <Esc>. Далее укажите контур отверстия, высота=10, глубина=50, <Esc>. Удалите цилиндр из корпуса с помощью булевой операции вычитания . Включите режим объёмного изображения и проверьте результат (см. рис. 79).

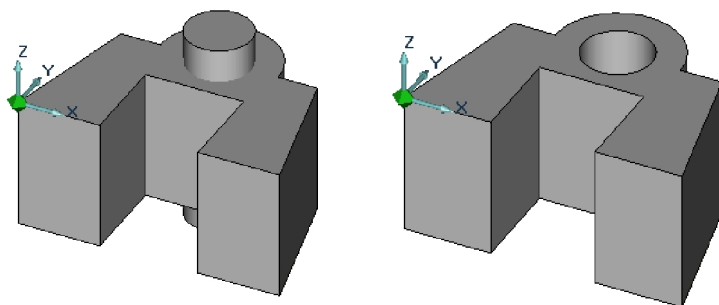


Рис. 79. Формирование корпуса и отверстия

Вернитесь в режим плоского изображения . Нажмите кнопку . Воспользуйтесь для разметки вспомогательным слоем. Затем на первом слое введите значение $Z=0$ и постройте контур нижней планки детали с отверстиями (рис. 80, слева). Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур планки, высота=0, глубина=10, <Esc>, контуры отверстий, высота=10, глубина=20, <Esc> (рис. 80, в центре). Удалите цилиндры отверстий из планки с помощью булевой операции вычитания . Включите режим объёмного изображения и посмотрите результат (см. рис. 80, справа).

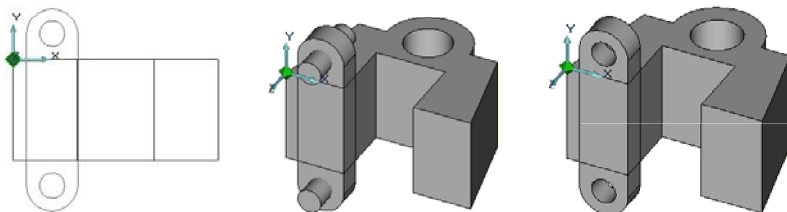


Рис. 80. Формирование заготовок планки и отверстий в ней

С помощью команды копия  создайте вторую планку и объедините обе планки с корпусом с помощью булевой операции . Посмотрите результат в режиме объёмного изображения (рис. 81).

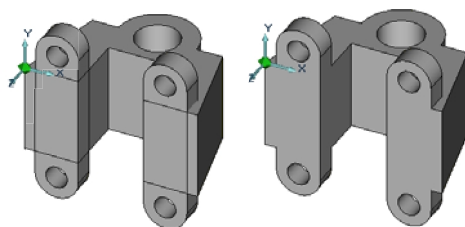


Рис. 81. Формирование планок

В режиме плоского изображения () нажмите кнопку . Введите значение $Z=0$ и постройте контур прямоугольного отверстия и паза в корпусе (рис. 82, слева). Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур прямоугольного отверстия, высота=20, глубина=100, <Esc>, контуры паза, высота=20, глубина=100, <Esc> (рис. 82, в центре). Удалите цилиндры отверстий из планки с помощью булевой операции вычитания . Включите режим объёмного изображения и посмотрите результат (см. рис. 82, справа).

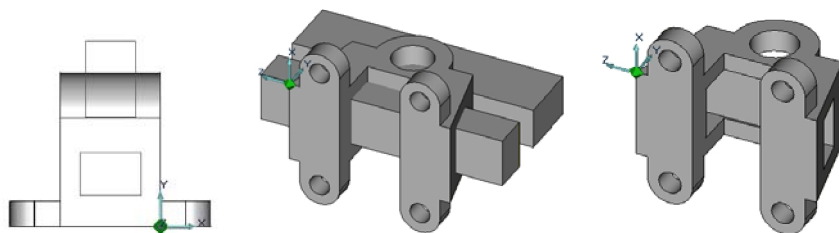


Рис. 82. Формирование пазов

В режиме плоского изображения () нажмите кнопку  и поверните модель на 90° , затем нажмите кнопку  и поверните модель на -90° . Готовая модель представлена на рис. 83.

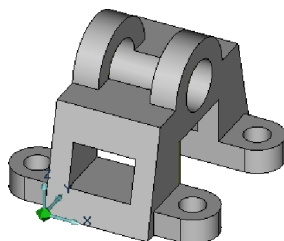


Рис. 83. Готовая модель

Вернитесь в режим плоского изображения . Нажмите кнопку . Введите значение $Z=0$ и постройте контур шпоночного паза (рис. 86, слева). Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур паза, высота=10, глубина=50, <Esc> (рис. 86, справа). Удалите параллелепипед из детали с помощью булевой операции вычитания .

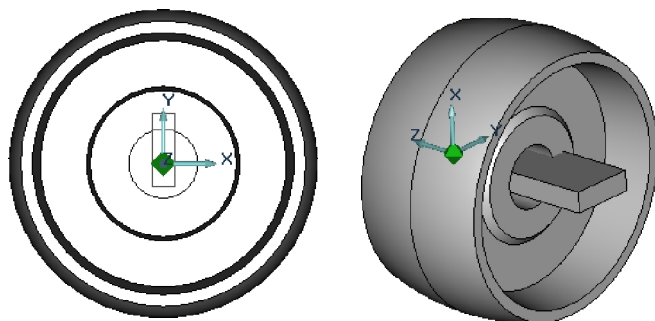


Рис. 86. Построение шпоночного паза

Включите режим объёмного изображения и посмотрите готовую модель детали (см. рис. 87).

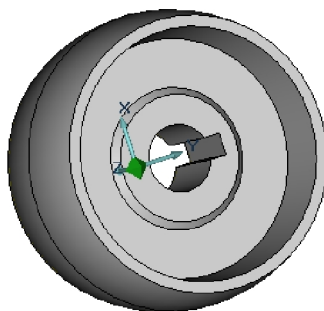


Рис. 87. Готовая модель детали

Рассмотрим построение еще одной модели детали, чертеж которой представлен на рис. 88.

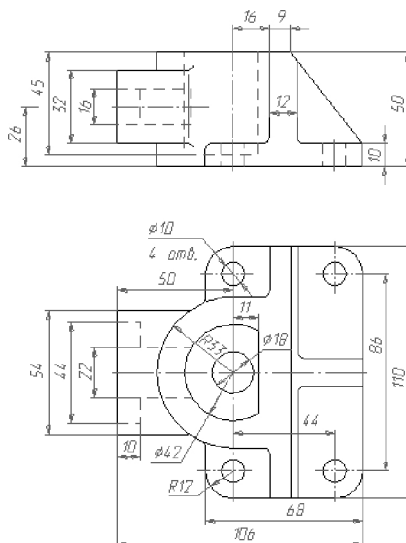


Рис. 88. Чертеж детали

В плоскости проекций XY строим контур плиты, фигурного корпуса, четырёх отверстий в основании и центрального отверстия. Включите вспомогательный слой (<Tab>). Выполните необходимую разметку. На первом слое введите значение Z=0 и изобразите замкнутые контуры элементов согласно чертежу (рис. 89, слева)



Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур плиты (основания), в окне <высота> введите значение 10, <глубина>-0, нажмите <Esc>. Далее укажите контур фигурного корпуса, высота=50, глубина=0, <Esc>, контуры малых отверстий, высота=20, глубина=10, <Esc>, контур центрального отверстия, высота=60, глубина=10, <Esc>. Включите режим объёмного изображения и посмотрите результат (рис. 89, в центре). Объедините плиту и фигурный корпус с



помощью булевой операции . Удалите цилиндры-инструменты

из корпуса с помощью булевой операции вычитания . Включите режим объёмного изображения и посмотрите результат (см. рис. 89, справа).

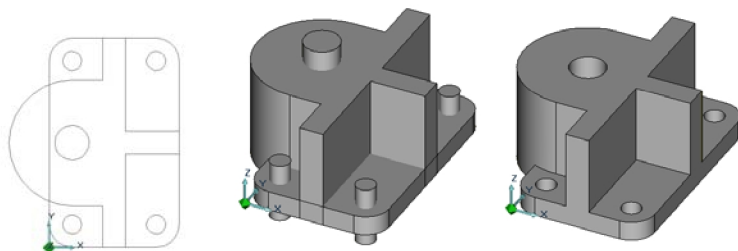


Рис. 89. Формирование элементов корпуса детали

В режиме плоского изображения () нажмите кнопку , введите значение $Z=0$ и постройте контур инструмента для бокового среза (рис. 90, слева). Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур инструмента, высота=10, глубина=120, <Esc> (рис. 90, в центре). С помощью булевой операции вычитания  удалите инструмент. Посмотрите результат (см. рис. 90, справа).

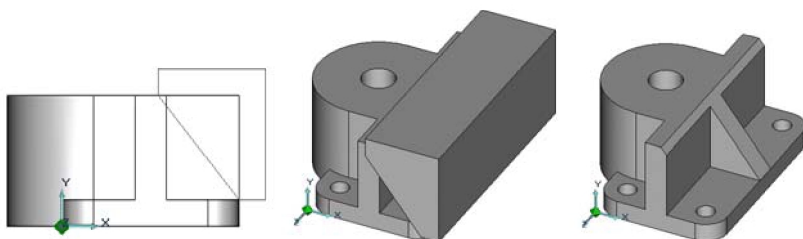


Рис. 90. Формирование бокового среза

Вернитесь в режим плоского изображения . Нажмите кнопку . Введите значение $Z=38$ и постройте контуры прямоугольных пазов и выступа (рис. 91, слева). Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур выступа, высота=0, глубина=50, <Esc>, контур большого паза, высота=10, глубина=10, <Esc>, контур малого

паза, высота=20, глубина=50, <Esc> (рис. 91, в центре). Объедините корпус и выступ с помощью булевой операции . Удалите пазы-инструменты из корпуса с помощью булевой операции вычитания . Включите режим объёмного изображения и посмотрите модель (см. рис. 91, справа).

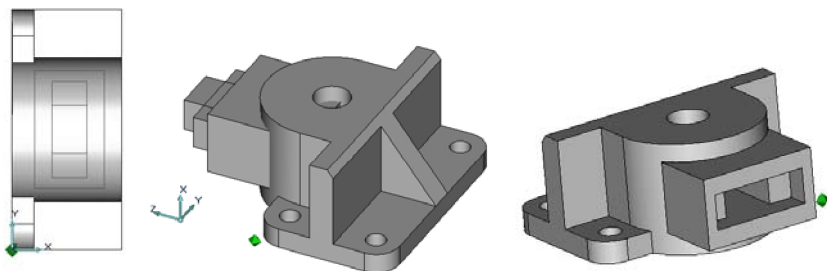


Рис. 91. Формирование выступа и пазов

В режиме плоского изображения  нажмите кнопку . Введите значение Z=5 и постройте контуры центрального выреза (рис. 92, слева). Нажмите кнопку «смещение» . Укажите контур выреза, высота=50, глубина=0, <Esc> (рис. 92, в центре). Удалите вырез-инструмент из корпуса с помощью булевой операции вычитания . Посмотрите модель в режиме объёмного изображения (см. рис. 92, справа).

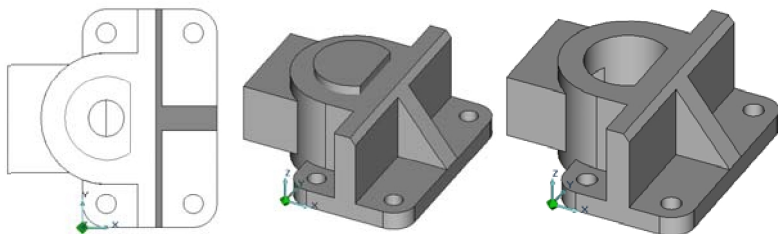


Рис. 92. Формирование центрального выреза

С помощью кнопок скругление  выполните радиусные переходы на детали, указав ребра и радиус скругления. Готовая модель представлена на рис. 93.

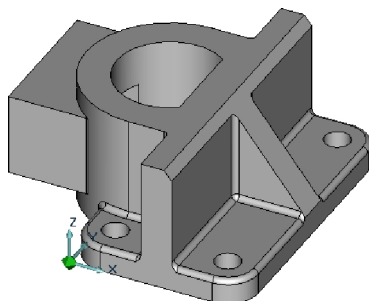


Рис. 93. Готовая модель детали

Завершая обзор приёмов моделирования в среде ADEM 8.1, приведём без описания и подписей рисунки, на которых показаны исходный чертёж (рис. 94) и этапы формирования объёмной модели детали (рис. 94 ÷ 102).

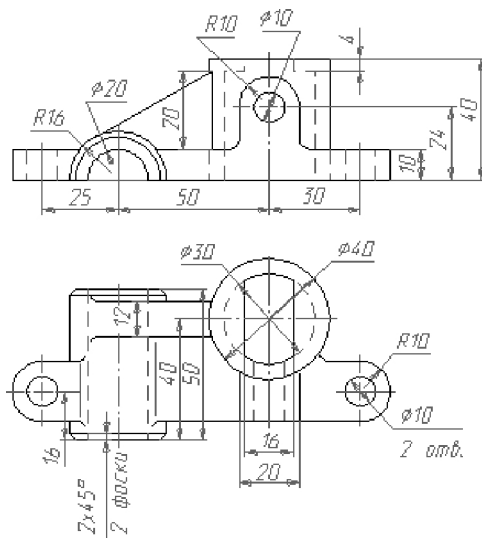


Рис. 94. Чертеж детали

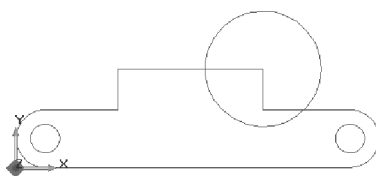


Рис. 95

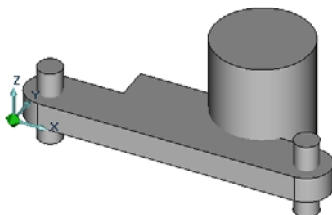


Рис. 96

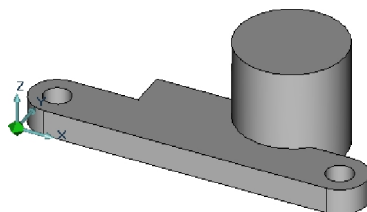


Рис. 97

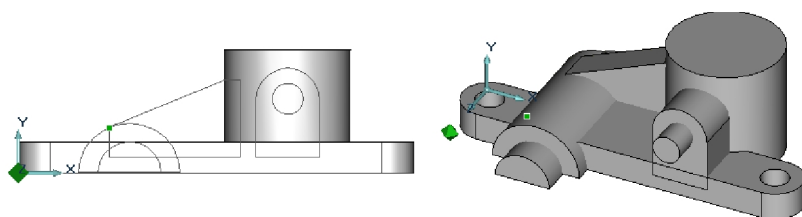


Рис. 98

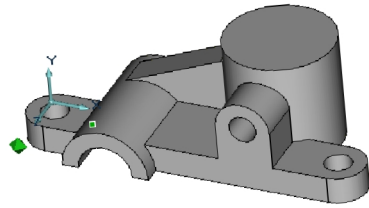


Рис. 99

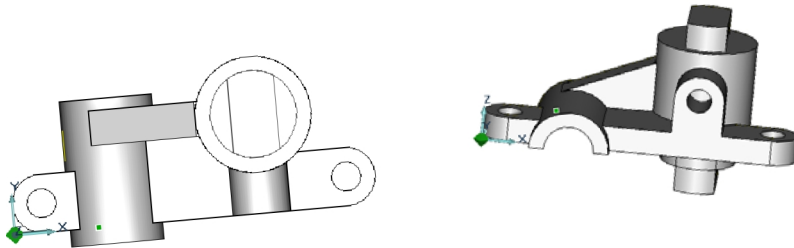


Рис. 100

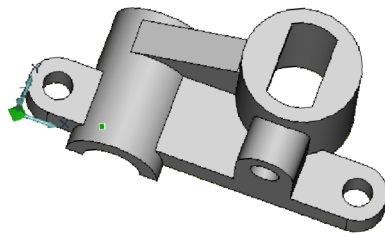


Рис. 101

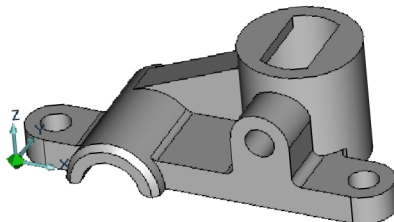


Рис. 102

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Завершая обзор технологических приёмов, направленных на повышение эффективности объёмного моделирования, выделим наиболее важные моменты этой работы.

1. Начинайте создание объёмной модели с анализа формы детали, завершающегося ясным представлением о форме простейших компонентов, из которых состоит деталь.

2. Изучая отверстия, уступы и полости, имеющиеся у детали, представьте себе форму объёмных фигур, которые могут заполнить эти пустоты и являются прототипами соответствующих инструментов.

3. При выборе способа создания БЭФ-компонентов и БЭФ-инструментов предпочтение отдавайте тому, которым владеете наиболее уверенно.

4. Перед выполнением булевых операций объединения или вычитания внимательно изучите взаимное расположение элементов. Проверьте правильность позиционирования на всех плоскостях проекций (команды [XY], [YZ], [XZ]). Ошибки заметить легче, если каркас каждого элемент имеет индивидуальный цвет.

5. На каждом этапе моделирования следите за качеством поверхности. При появлении дефектов своевременно принимайте решение о внесении изменений в контуры или взаимное расположение компонентов. Чтобы не начинать всю работу с начала, записывайте промежуточные состояния заготовки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инструкция пользователя CAD/CAM системы ADEM 3.03.
2. Операции объёмного моделирования в среде ADEM 3.03 : метод. указания / сост. *В.И. Иващенко*. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2002. – 24 с.
3. Проекционное черчение : метод. указания / сост. *С.С. Комаровская, Л.М. Рыжкова*. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2003. – 36 с.
4. Объёмное моделирование в системе ADEM : метод. указания / сост. *В.Н. Гаврилов*. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 1998. – 38 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
I. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ADEM 3.03.....	4
1. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ БЭФ.....	4
1.1. Создание БЭФ способом «Лифт».....	4
1.2. Создание БЭФ способом «Труба».....	8
1.3. Создание БЭФ способом «Сечения».....	10
1.4. Построение сложных объёмных элементов с применением булевых операций.....	12
1.5. Общие правила моделирования деталей.....	13
2. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	16
2.1. Моделирование при решении задач на построение третьего вида.....	16
2.2. Моделирование при решении задач на построение чертежа по аксонометрии.....	27
2.3. Моделирование при решении задач на построение чертежа детали по двум видам.....	34
II. ПОСТРОЕНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ В СРЕДЕ ADEM 8.1.....	46
1. НАСТРОЙКА РАБОЧЕГО ПОЛЯ ЭКРАНА.....	46
2. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ 3D-МОДЕЛЕЙ.....	47
3. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	48
3.1. Моделирование при решении задач на построение третьего вида.....	48
3.2. Моделирование при решении задач на построение чертежа по аксонометрии.....	52
3.3. Моделирование при решении задач на построение чертежа детали по двум видам.....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	64
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	65

Учебное издание

*Иващенко Владимир Иванович,
Соловацкая Людмила Владимировна*

**ПОСТРОЕНИЕ ОБЪЁМНЫХ МОДЕЛЕЙ
ДЕТАЛЕЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ
В СРЕДЕ ADEM 3.03 И ADEM 8.1**

Учебное пособие

Редакторская обработка Н.В. Прядильникова
Доверстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 12.07.2010 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 4,25.
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. С – 6/2010.

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

