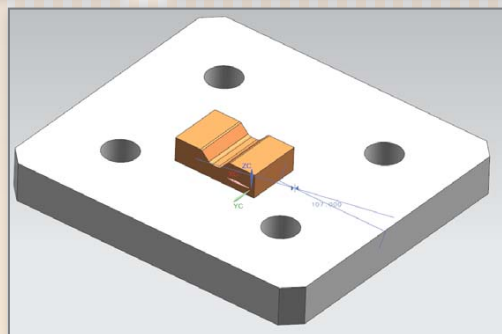
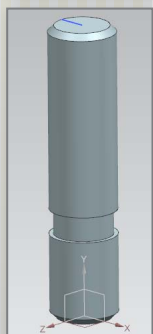
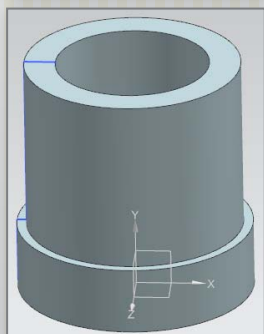
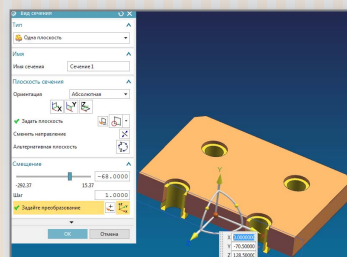
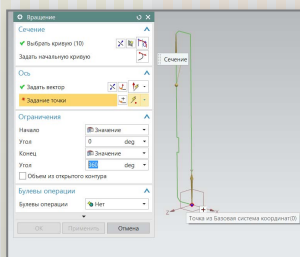
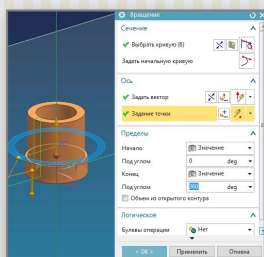


П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер

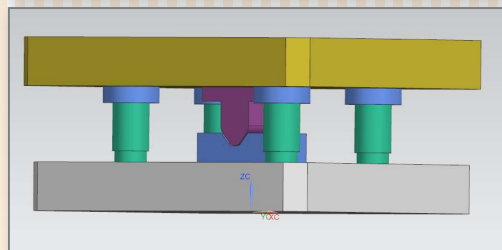
ОСНОВЫ САПР

Лабораторный практикум



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2020

ISBN 978-5-8259-1500-5



УДК 004.896 : 629.33(075.8)

ББК 30.2-5-05я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры «Прикладная информатика
в экономике» Поволжского государственного университета

сервиса *Н.В. Хрипунов*;

канд. техн. наук, доцент, доцент Тольяттинского
государственного университета *А.В. Скрипачев*.

Путеев, П.А. Основы САПР : лабораторный практикум / П.А. Путеев,
П.Н. Шенбергер. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2020. – 1 оптический диск. –
ISBN 978-5-8259-1500-5.

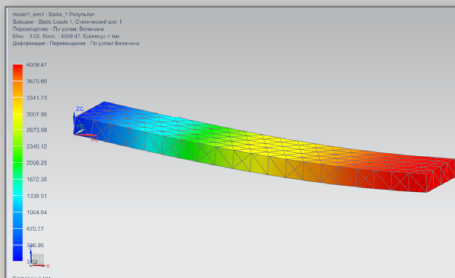
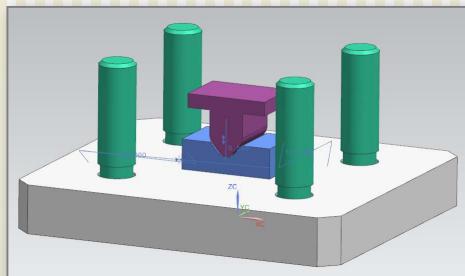
Лабораторный практикум содержит сведения о порядке проведе-
ния лабораторных работ по дисциплине «Основы САПР».

Предназначен для студентов очной формы обучения по техниче-
ским направлениям подготовки бакалавров, а также для обучающихся
по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические
средства».

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый
компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент;
128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.



Редактор *О.И. Елисева*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *Г.В. Карасева*

Дата подписания к использованию 19.09.2020.

Объем издания 10 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-22-18.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
Лабораторная работа 1. Создание эскизов в САПР	7
Лабораторная работа 2. Формирование деталей на основе тел-примитивов	45
Лабораторная работа 3. Формирование деталей с применением конструктивных элементов	63
Лабораторная работа 4. Формирование параметризованной модели сборки штампа	81
Лабораторная работа 5. Разработка чертежно-графической документации	117
Лабораторная работа 6. Конечно-элементный анализ конструкции	127
Приложение	139

ВВЕДЕНИЕ

Современные предприятия, занимающиеся выпуском разнообразной продукции, оснащаются комплексом программных продуктов, которые осуществляют управление системами предприятия, автоматизацией и автоматикой проектных и производственных работ, поддерживают связь с поставщиками и клиентами, организуют процессы логистики полуфабрикатов и изделий, а также выполняют ряд других задач. В целом с помощью комплекса систем автоматизации реализуется управление всеми этапами жизненного цикла изделий.

На этапе проектирования изделий основные задачи решаются с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР).

САПР в практическом смысле – это комплекс программных продуктов, облегчающих процесс создания элементов цифрового макета изделия и управления его категориями: трехмерными электронными моделями изделий, их сборками [7], чертежами, спецификациями, отчетами и графиками результатов численного анализа и другой технической документацией. САПР не только облегчают работу специалистов за счет снижения трудоемкости проектирования, но и предоставляют интеллектуальные средства работы на основе взаимодействия с базами данных и обучающими системами, что позволяет организовать хранение информации и доступ к ней.

Существует большое количество САПР – как узкоспециализированных, так и обладающих широким функционалом решения разнообразных задач. Предлагаемые в пособии методики реализованы на примере системы, входящей в число мировых лидеров в области проектирования – NX от немецкого концерна Siemens PLM Software.

Особенностью лабораторного практикума является широкий охват базовых проектно-конструкторских работ, которые решаются в программе NX.

Обучающиеся смогут изучить основные этапы автоматизированного проектирования цифрового макета изделия, а именно развить навык создания трехмерных моделей разной степени сложности, параметризованных сборок конструкций, сформировать на основе моделей чертежно-графическую документацию, а также вы-

полнить численный анализ мастер-модели с использованием метода конечных элементов.

При выполнении лабораторного практикума рекомендуется использовать образовательные технологии дифференцированного и интерактивного обучения. Допускается выполнять лабораторные работы в группах.

Лабораторный практикум предназначен для обучающихся по техническим направлениям бакалавриата (13.03.03 «Энергетическое машиностроение», 15.03.01 «Машиностроение», 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 20.03.01 «Техносферная безопасность», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и др.), по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства», а также для всех, кто собирается развить навыки работы в системах автоматизированного проектирования.

Лабораторная работа 1

Создание эскизов в САПР

Цель работы – приобретение навыков манипуляции с объектами в NX и построения эскизов.

Задачи работы:

- 1) создать тело-примитив;
- 2) провести манипуляции с видом объекта;
- 3) скрыть и удалить объект;
- 4) создать эскиз в указанной плоскости;
- 5) нанести ограничения в эскизе.

Теоретическая основа выполнения лабораторной работы

Основная геометрия в эскизе – совокупность кривых и точек, которые используются для формирования контура будущего тела и при построении тел.

Вспомогательная геометрия в эскизе – кривые и точки, которые созданы в эскизе, но не могут использоваться для трехмерного моделирования.

Ограничения в эскизе – набор инструментов управления размерами или формой геометрии в эскизе.

Порядок выполнения работы

При моделировании используются размеры из табл. 1.1.

Часть 1. Манипуляция с объектами

1. Запустите NX и создайте файл типа «Модель» (рис. 1.1).

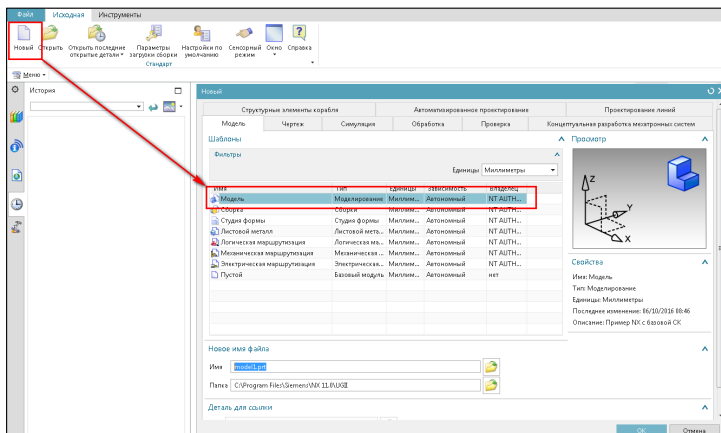


Рис. 1.1. Создание нового файла

В верхней части экрана располагаются вкладки инструментов. Вкладка «Исходная» (рис. 1.2, 1) содержит основные инструменты построения эскизов и трёхмерных твердотельных объектов. Вкладки «Поверхность» и «Кривая» (рис. 1.2, 2) предназначены в первую очередь для построения сложных пространственных форм. Во вкладке «Вид» (рис. 1.2, 3) располагаются средства управления видами. Вкладка «Анализ» (рис. 1.2, 4) содержит инструменты измерения.

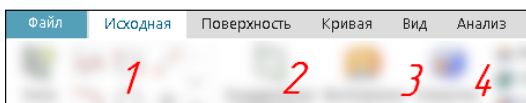


Рис. 1.2. Панели инструментов

Вкладки «Навигатор сборки» (рис. 1.3, 1) и «Навигатор ограничений» (рис. 1.3, 2) необходимы при работе с многокомпонентными объектами. Вкладка «Навигатор детали» (рис. 1.3, 3) нужна для отображения всех элементов. Во вкладке «История» 4 находится информация об открытых за конкретный промежуток времени деталях. Вкладка 5 «Роли» позволит установить список выводимых инструментов.

2. Переключитесь во вкладку «Роли».

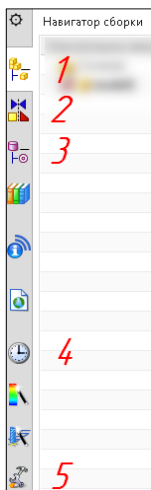


Рис 1.3. Дополнительные вкладки инструментов

3. Во вкладке «Роли» включите режим «Расширенные роли с полным меню» (рис. 1.4).

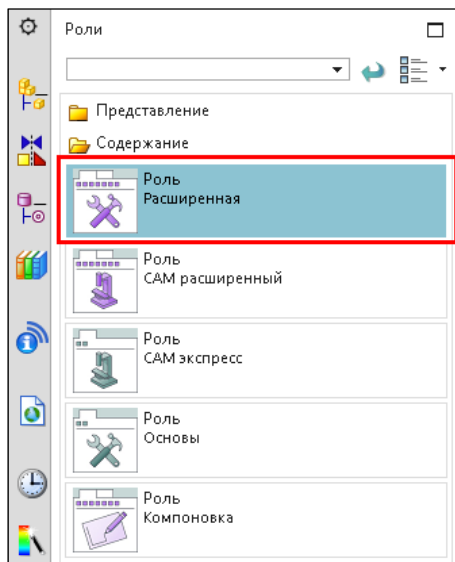


Рис. 1.4. Выбор расширенной роли

4. В левой части экрана вновь переключитесь на вкладку «Навигатор детали» (рис. 1.5).

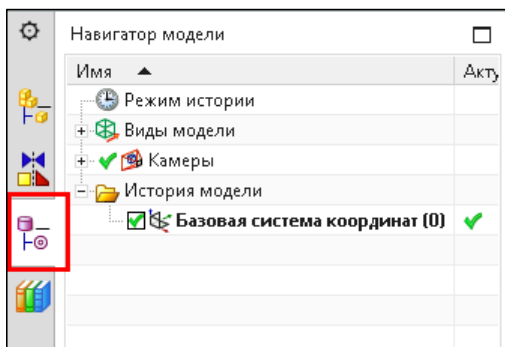


Рис. 1.5. Навигатор детали

Кроме инструментальных вкладок и панелей к элементам интерфейса в NX относятся главное меню, дополнительная панель инструментов в верхней части экрана, а также контекстные меню (рис. 1.6).

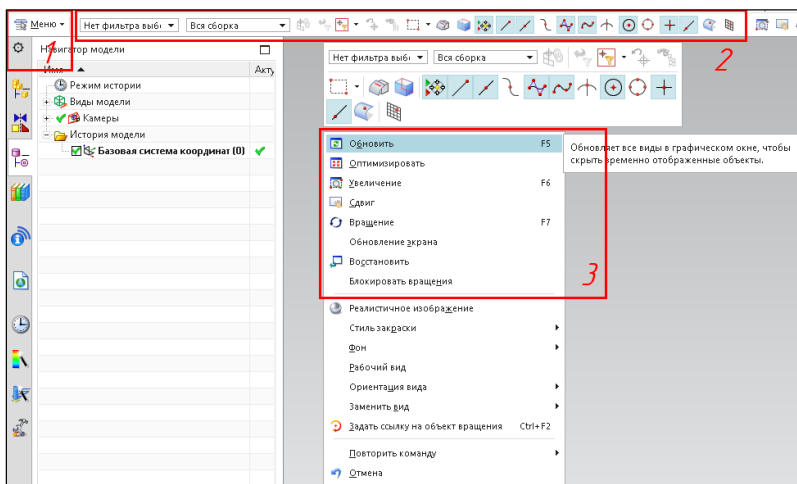


Рис. 1.6. Дополнительные элементы интерфейса

5. На вкладке «Исходная» вызовите инструмент «Блок», расположенный на панели, вызываемой при нажатии на кнопку «Дополнительно» (рис. 1.7).

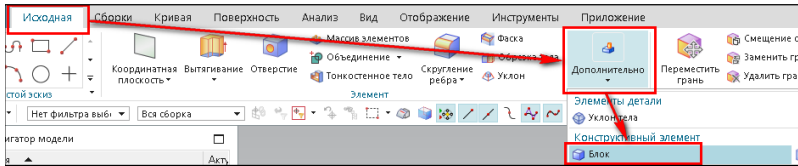


Рис. 1.7. Создание блока

6. В окне диалога построения блока введите значения длины (200 мм), ширины (300 мм) и высоты (150 мм) так, как показано на рис. 1.8.

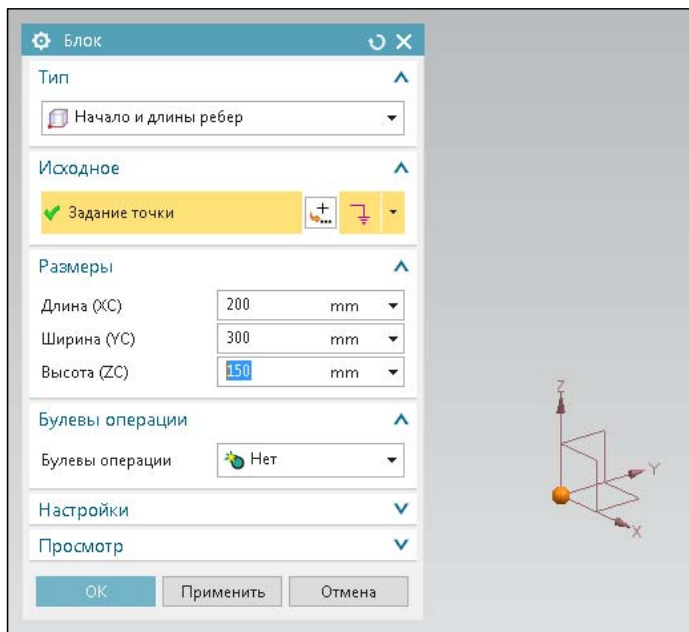


Рис. 1.8. Ввод размеров блока

Обратите внимание, что точка построения блока (в виде оранжевого шарика) указана в центре системы координат (СК) модели (рис. 1.9).

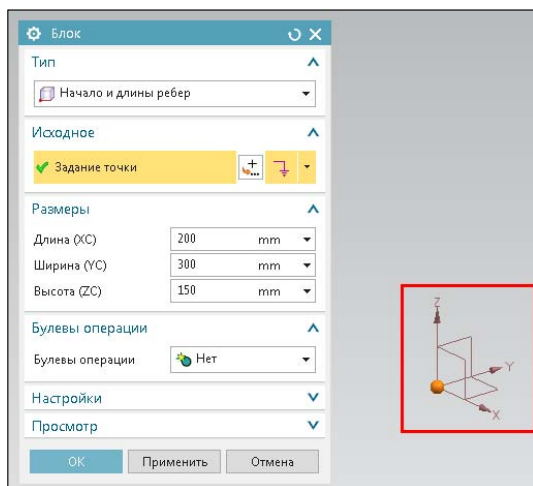


Рис. 1.9. Точка построения блока, заданная по умолчанию

7. Чтобы изменить положение точки построения блока, нажмите на кнопку расположения точки, как показано на рис. 1.10.

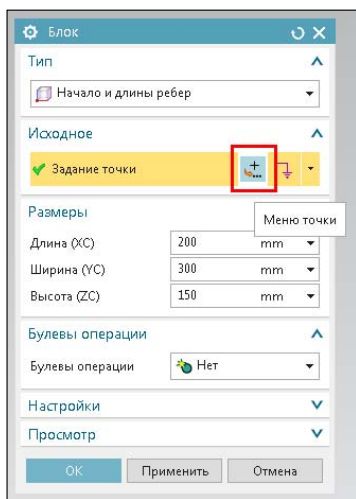


Рис. 1.10. Кнопка создания точки

8. В открывшемся окне определения точки вы можете ее указать разными способами. Введите значения координат $XС$ (-50), $УС$ (200), $ZС$ (120) (рис. 1.11). Нажмите ОК.

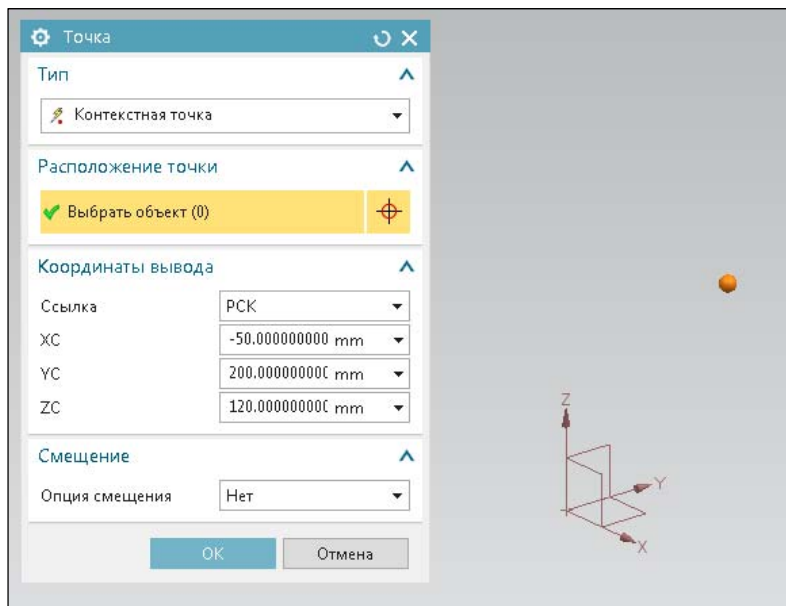


Рис. 1.11. Координаты точки создания блока

9. В окне диалога определения параметров блока также нажмите ОК. Тело будет построено.

10. Чтобы приблизить камеру к трехмерной геометрии в окне или отдалить от нее, необходимо покрутить колесико мыши.

11. Чтобы переместить точку обзора видового экрана, необходимо зажать и удерживать одновременно колесо и правую кнопку мыши (ПКМ) и переместить мышь по столу.

12. Чтобы повернуть камеру вокруг объекта, необходимо зажать колесо мыши и переместить мышь по столу.

13. Совершите несколько манипуляций до тех пор, пока не станете уверенно управлять видовым экраном приложения (рис. 1.12).

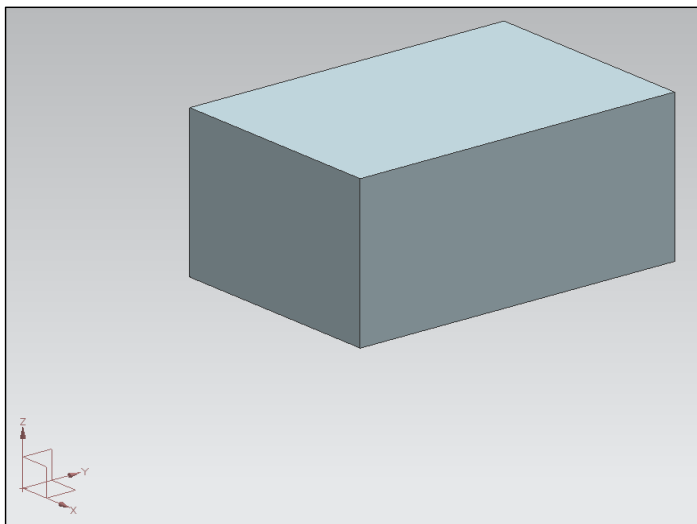


Рис. 1.12. Манипуляция с объектом

На дополнительной панели инструментов (рис. 1.13) располагаются кнопки с изображением стандартных видов.

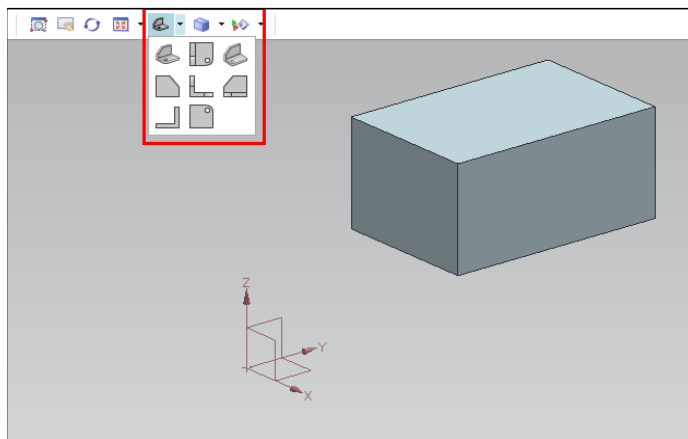


Рис. 1.13. Стандартные виды

Рядом с кнопкой выбора стандартных видов располагаются режимы закраски (рис. 1.14).

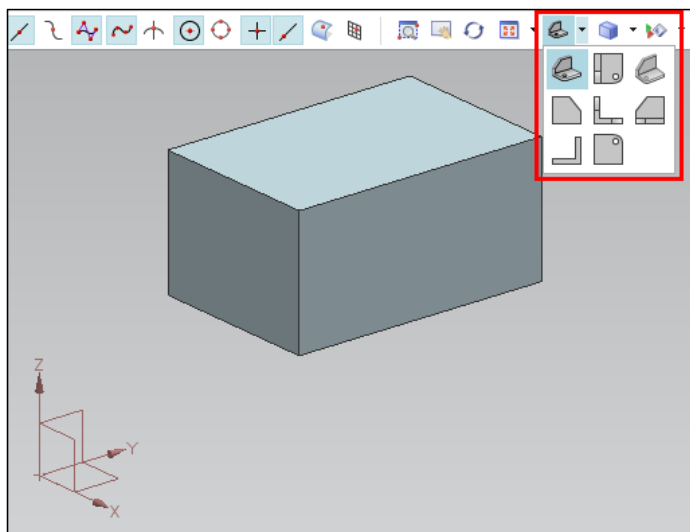


Рис. 1.14. Режимы закраски

В навигаторе в данный момент присутствует блок (рис. 1.15).

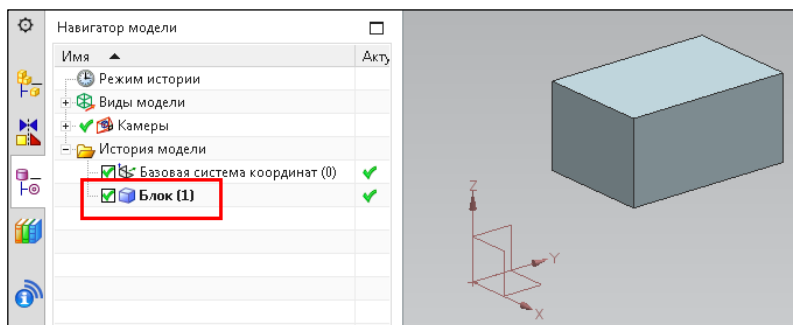


Рис. 1.15. Навигатор детали с геометрией блока

14. Для того чтобы выбрать объект, необходимо по нему один раз щелкнуть левой кнопкой мыши (ЛКМ) (рис. 1.16).

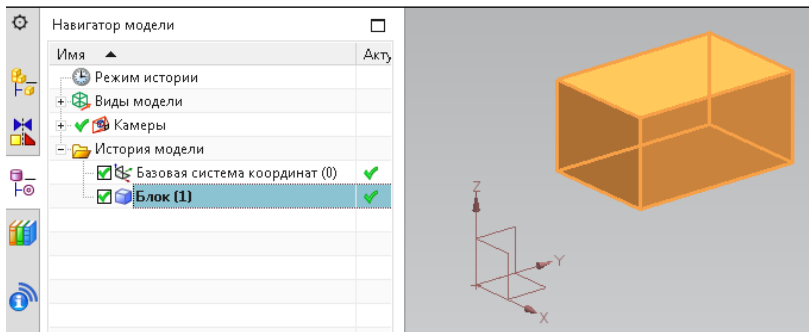


Рис. 1.16. Выбор объекта

15. Чтобы снять выделение с объекта, достаточно зажать на клавиатуре Shift и щелкнуть еще раз по выделенному объекту.

16. Чтобы выбрать несколько объектов подряд, необходимо последовательно щелкать ЛКМ по объектам (рис. 1.17).

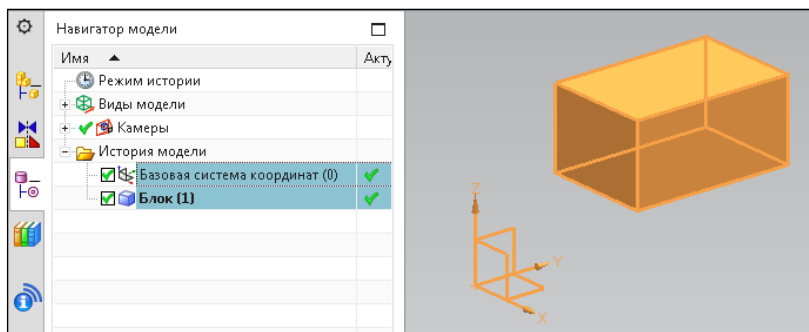


Рис. 1.17. Выбор нескольких объектов

17. Снимите выделение со всех объектов, нажав Esc.

Выделенные объекты в навигаторе подсвечиваются (рис. 1.18).

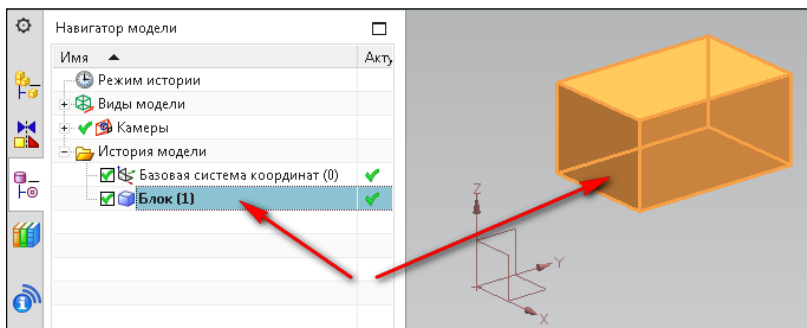


Рис. 1.18. Статус выбранного объекта в навигаторе детали

18. Чтобы скрыть объект, можно щелкнуть по нему правой кнопкой мыши в рабочем окне или в навигаторе модели и выбрать строку «Скрыть» (рис. 1.19).

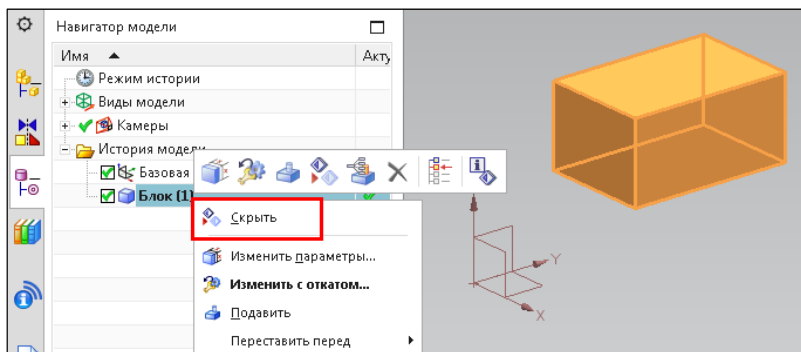


Рис. 1.19. Скрытие объекта

19. Скройте блок.

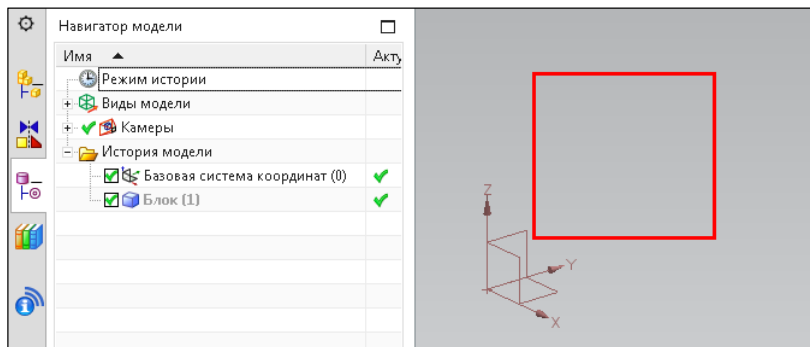


Рис. 1.20. Результат скрытия блока

20. Чтобы показать объект, в дереве построения вновь щелкните по блоку правой кнопкой мыши и выберите «Показать» (рис. 1.21).

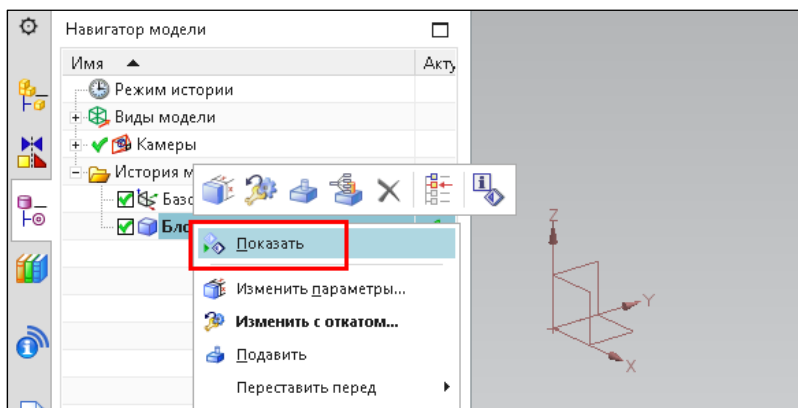


Рис. 1.21. Показ объекта

Блок опять появится на экране (рис. 1.22).

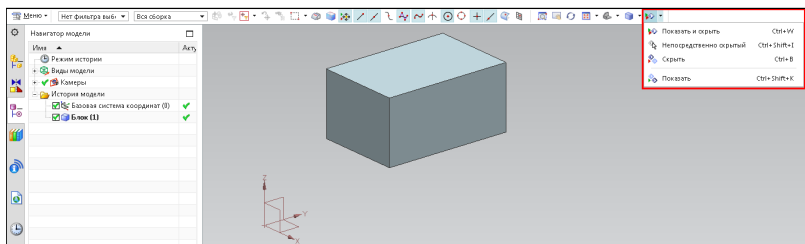


Рис. 1.22. Режимы скрытия и показа

21. Чтобы удалить объект, необходимо выбрать его в рабочем окне или навигаторе модели и нажать на кнопку Del (рис. 1.23).

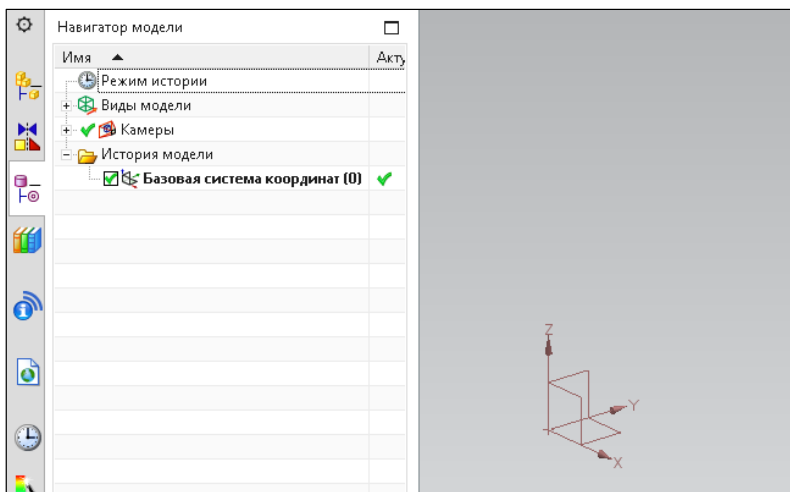


Рис. 1.23. Результат удаления объекта

Часть 2. Построение эскизов

1. На панели «Исходная» выберите инструмент «Эскиз» (рис. 1.24).

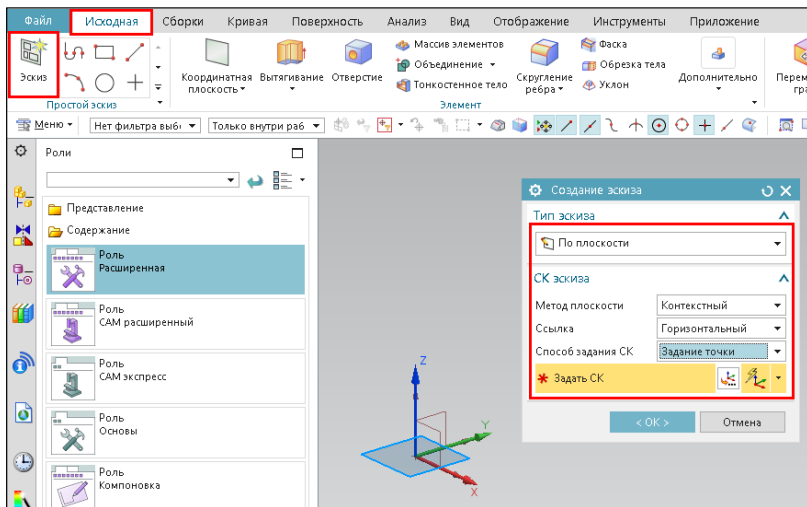


Рис. 1.24. Создание эскиза

2. Наведите курсор на плоскость XU в центре системы координат (рис. 1.25). Щелкните один раз ЛКМ. После этого нажмите кнопку ОК.

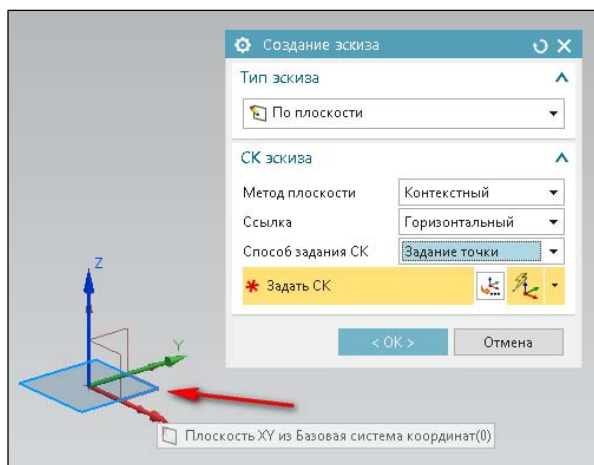


Рис. 1.25. Выбор плоскости эскиза

В режиме эскиза на панели «Исходная» появляются новые инструменты (рис. 1.26, 1), а видовой экран расположен вдоль нормали к плоскости эскиза 2.

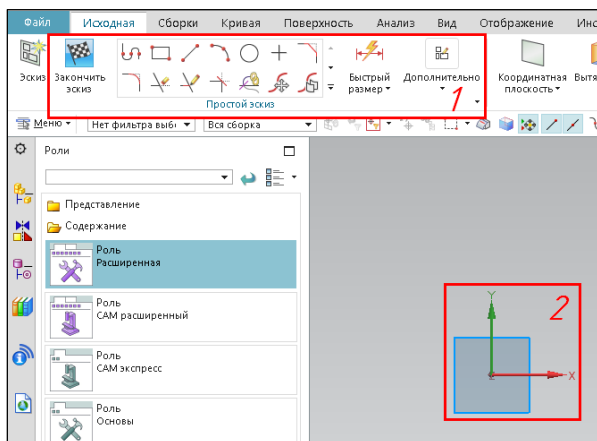


Рис. 1.26. Панель инструментов эскиза

Среди инструментов построения эскизов выделяются основные для создания объектов (рис. 1.27, 1) (отрезки, прямоугольники, окружности и дуги, кривые высоких порядков), а также инструменты для редактирования объектов (рис. 1.27, 2) (обрезка, кривые смещения и зеркальная и др.).

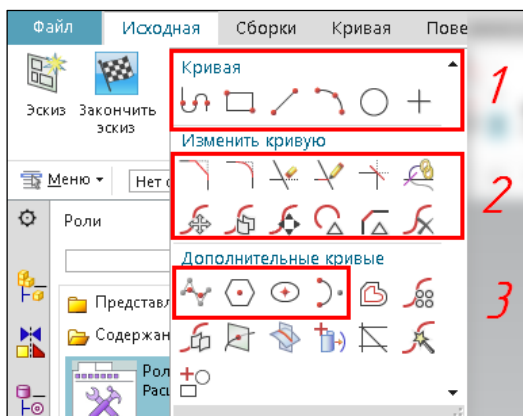


Рис. 1.27. Инструменты создания геометрии

3. С помощью инструмента создания отрезка постройте отрезок (рис. 1.28).

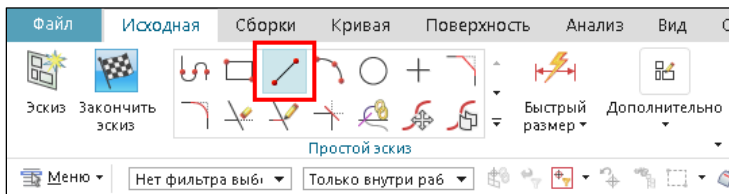


Рис. 1.28. Создание отрезка

После простановки двух точек на экране появится отрезок (рис. 1.29), а также размерные линии светло-серого цвета 2.

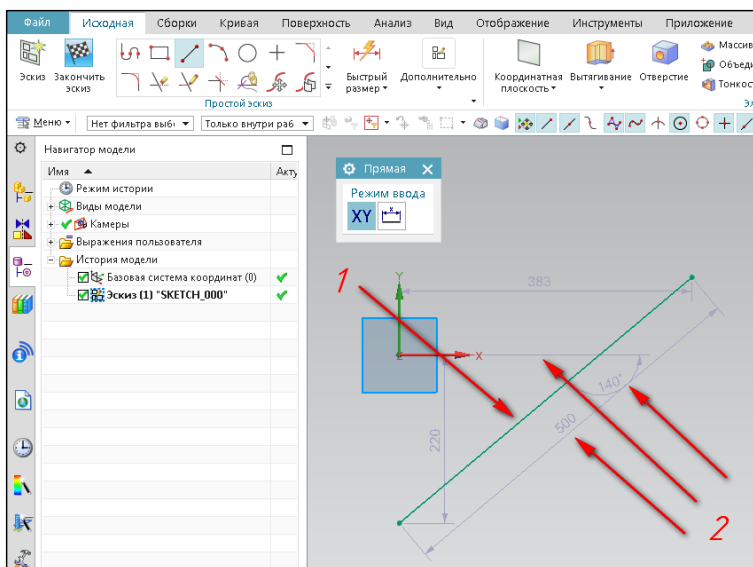


Рис. 1.29. Отрезок и его размеры

4. Наведите курсор на один из концов отрезка, зажмите ЛКМ и перетащите точку в другое место (рис. 1.30).

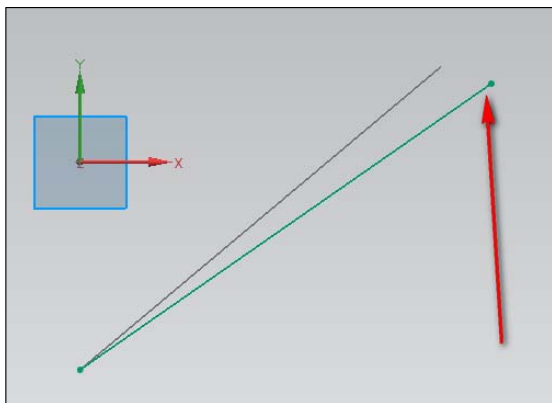


Рис. 1.30. Перемещение точки отрезка

5. Найдите размер, описывающий длину объекта (рис. 1.31, 1) и дважды щелкните ЛКМ по значению размера. В открывшемся окне введите собственное значение размера 2, после чего нажмите ОК.

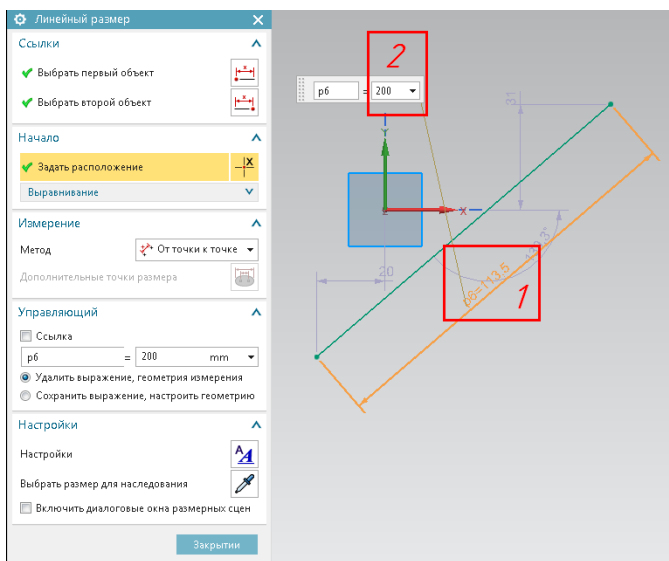


Рис. 1.31. Редактирование размера отрезка

6. Задайте значения всем размерам так, как показано на рис. 1.32.

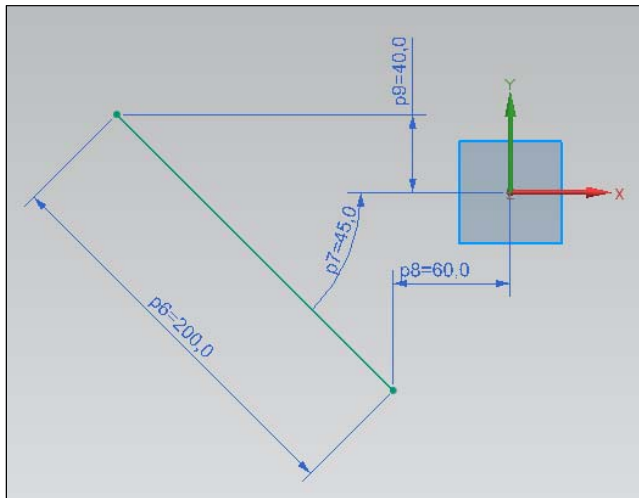


Рис. 1.32. Размерные ограничения на отрезке

7. Вызовите еще раз инструмент построения отрезка и в качестве первой точки щелкните по вершине уже существующего отрезка (рис. 1.33). Поставьте вторую точку в любом другом месте.

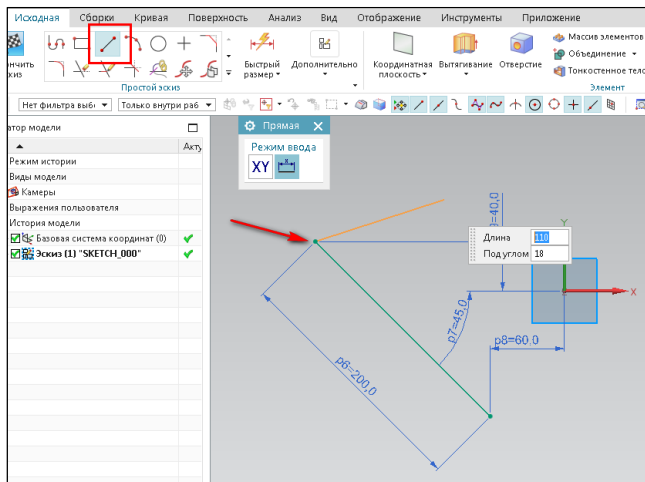


Рис. 1.33. Создание второго отрезка

Вторую точку второго отрезка еще можно перетаскивать свободно, в то время как начальная точка привязана к вершине первого отрезка (рис. 1.34).

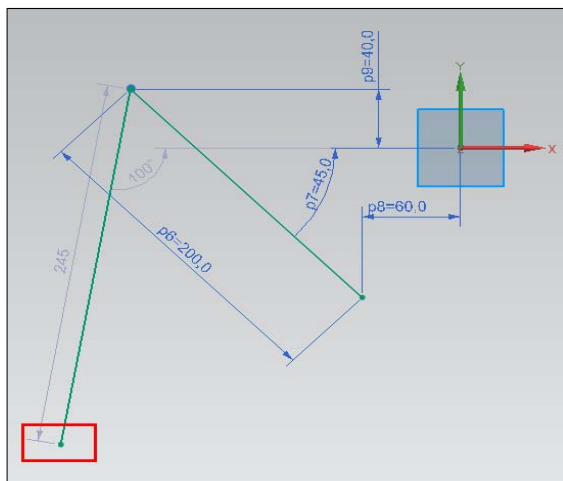


Рис. 1.34. Свободная точка второго отрезка

8. Постройте еще один отрезок так, чтобы образовался треугольник (рис. 1.35).

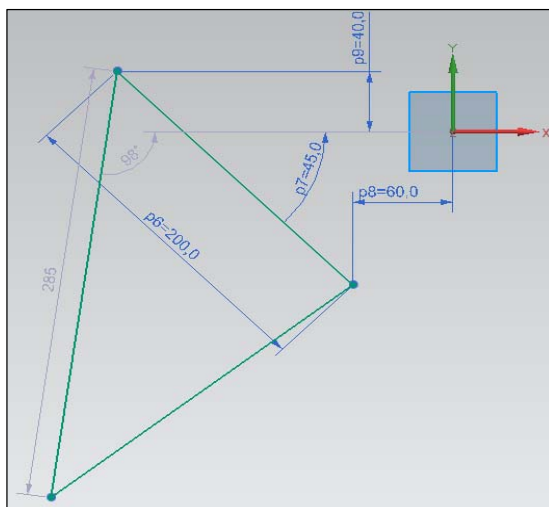


Рис. 1.35. Создание треугольника

9. Задайте его размеры так, как показано на рис. 1.36.

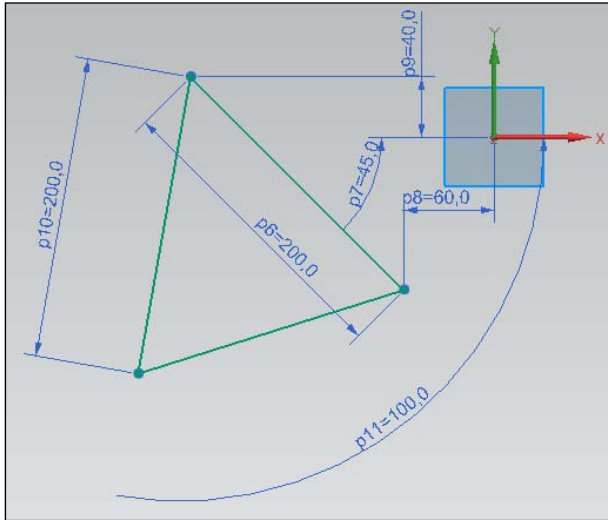


Рис. 1.36. Треугольник с нанесенными размерными ограничениями

10. Выберите все размеры синего цвета и нажмите Del (рис. 1.37).

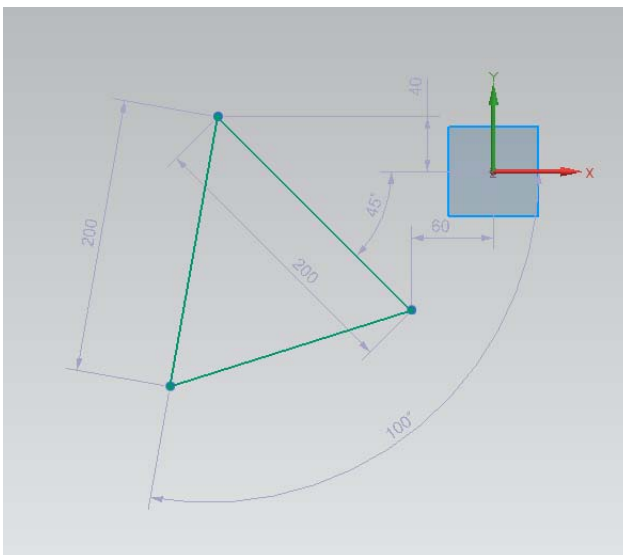


Рис. 1.37. Треугольник без размерных ограничений

11. Чтобы создать собственные размеры, необходимо выбрать инструмент «Быстрый размер» (рис. 1.38, 1) и выбрать один из отрезков 2. Отведите курсор в сторону и поставьте размер в любом месте 3. Поставьте размер длины.

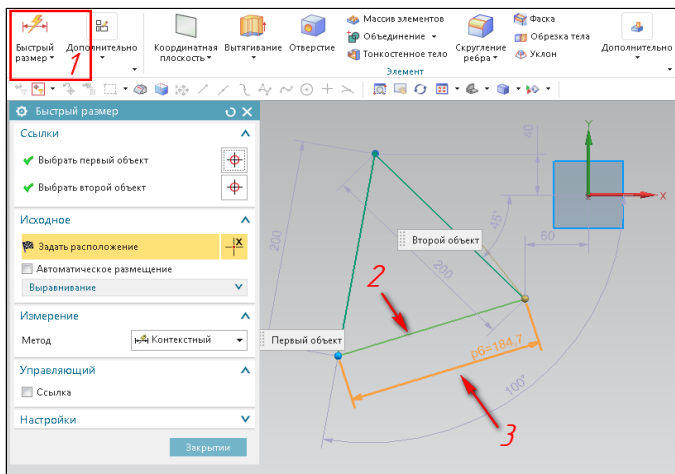


Рис. 1.38. Создание пользовательского размера

12. После этого поставьте два размера на длины оставшихся отрезков (рис. 1.39).

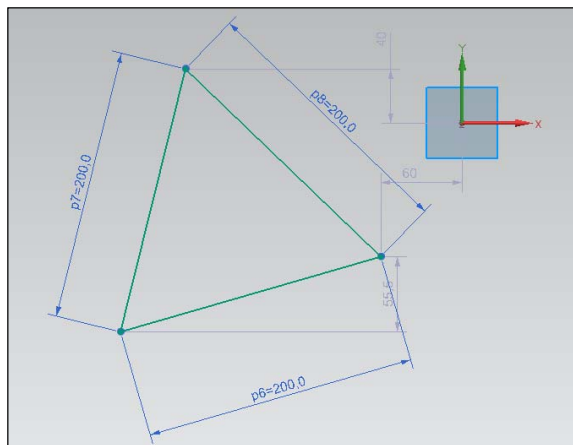


Рис. 1.39. Треугольник с нанесенными длинами

13. Чтобы построить угловой размер (рис. 1.40), необходимо опять вызвать инструмент построения «Быстрый размер» 1, после этого последовательно выбрать ось системы координат 2, затем сторону прямоугольника (кнопку Shift зажимать не надо). Далее необходимо отвести курсор в сторону и поставить изображение размера 3.

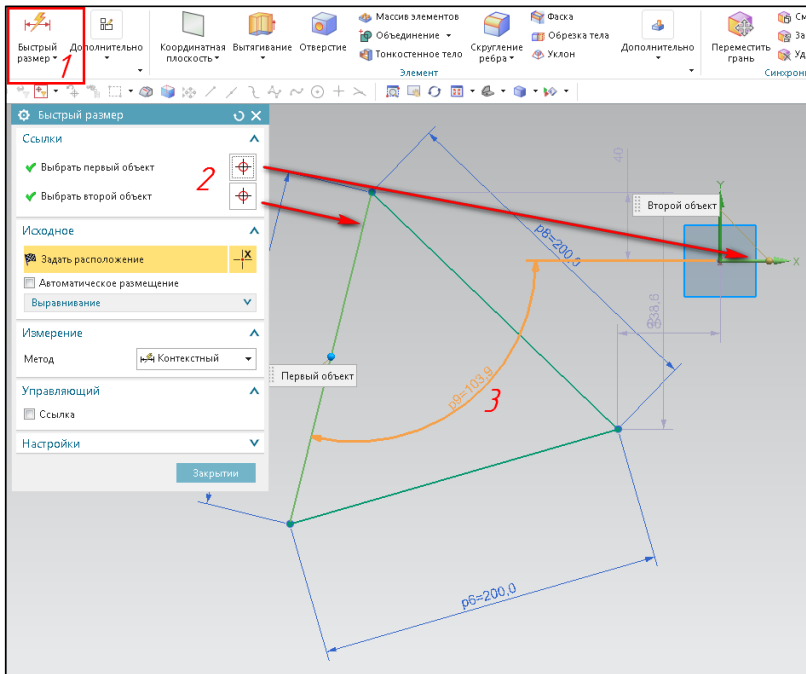


Рис. 1.40. Создание углового ограничения

14. Выберите все отрезки ЛКМ и удалите их, нажав кнопку Del.

15. Постройте окружность в любом месте экрана с любым радиусом (рис. 1.41).

16. Постройте вокруг три свободных отрезка (рис. 1.42).

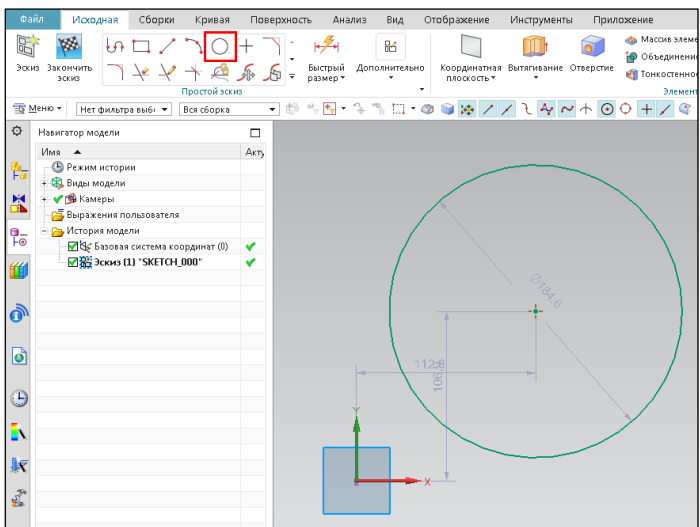


Рис. 1.41. Построение окружности

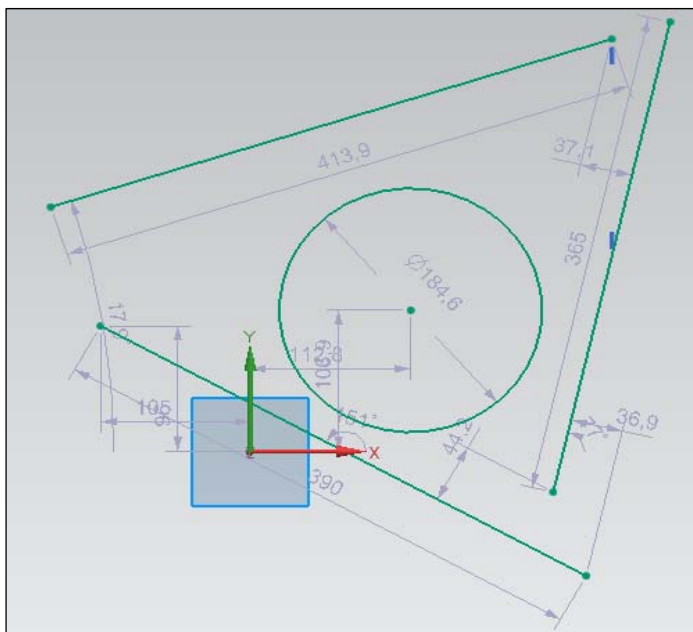


Рис. 1.42. Построенные отрезки

17. Вызовите окно диалога, нажав на кнопку «Геометрические ограничения» (рис. 1.43).

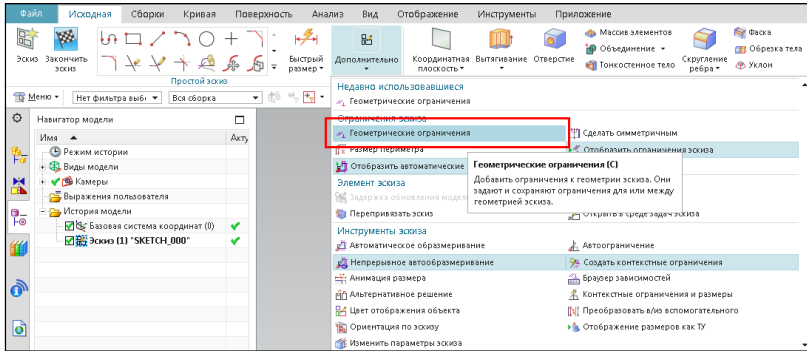


Рис. 1.43. Окно геометрических ограничений

18. Нажмите на кнопку «Совпадение» и в рабочем окне выберите вершину первого отрезка (рис. 1.44).

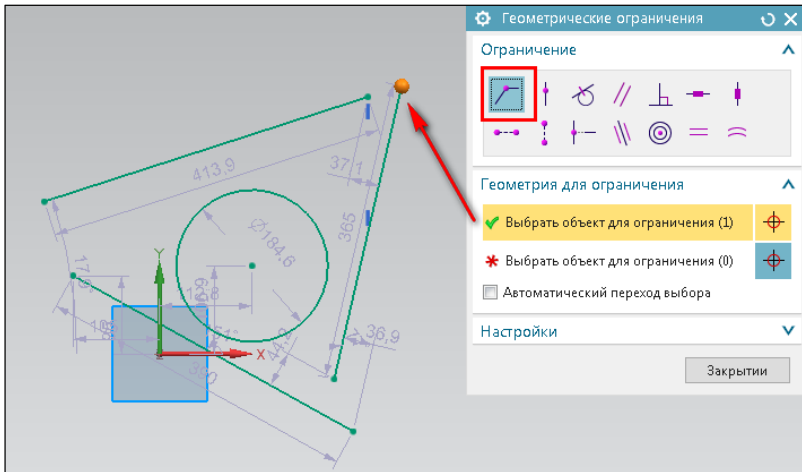


Рис. 1.44. Выбор первого объекта ограничения на совпадение

19. Вручную нажмите на вторую строку выбора объекта ЛКМ (рис. 1.45).

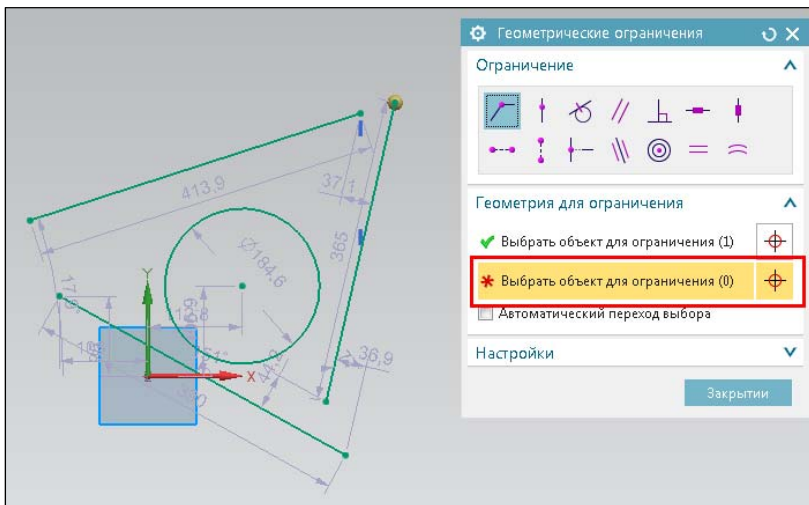


Рис. 1.45. Переключение к выбору второго объекта ограничения на совпадение

20. Щелкните по начальной точке другого отрезка (рис. 1.46).

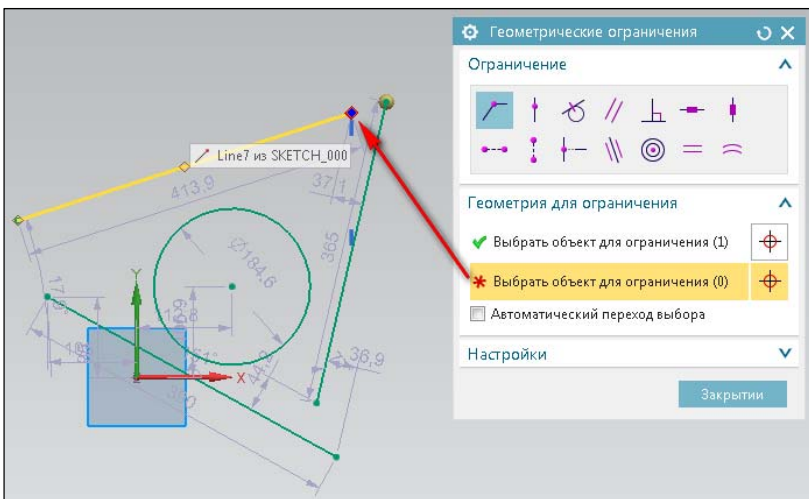


Рис. 1.46. Выбор второго объекта ограничения на совпадение

21. Аналогично свяжите попарно другие точки отрезков, чтобы получился треугольник, как показано на рис. 1.47.

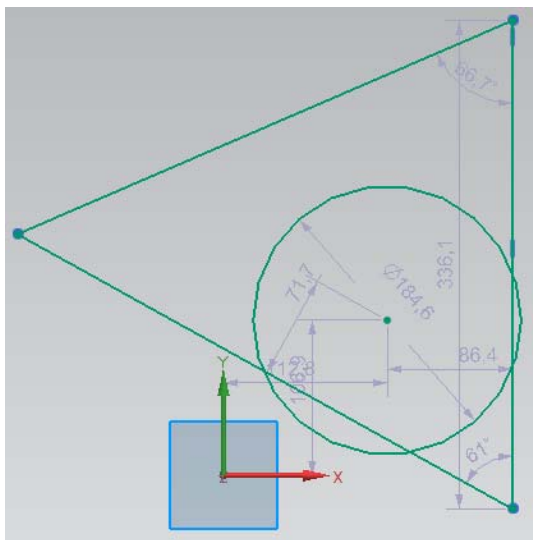


Рис. 1.47. Созданный треугольник

22. В окне геометрических ограничений вызовите инструмент «Касательность» (рис. 1.48).

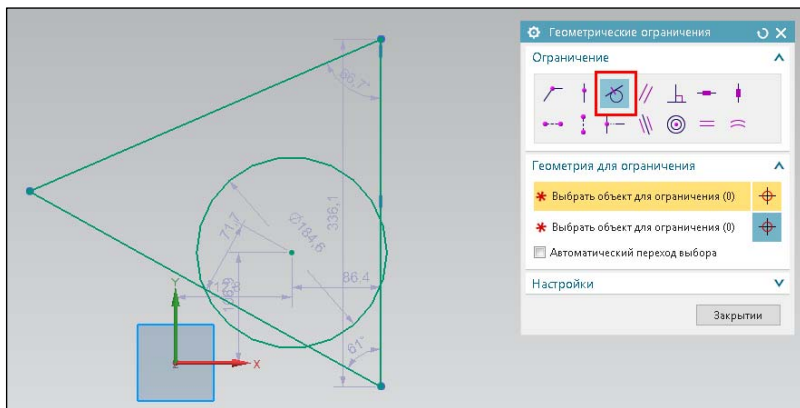


Рис. 1.48. Ограничение касательности

23. В рабочем окне в качестве первого объекта щелкните по одному из отрезков, в качестве второго – по окружности в том месте, где она ближе подходит к выбранному отрезку (рис. 1.49).

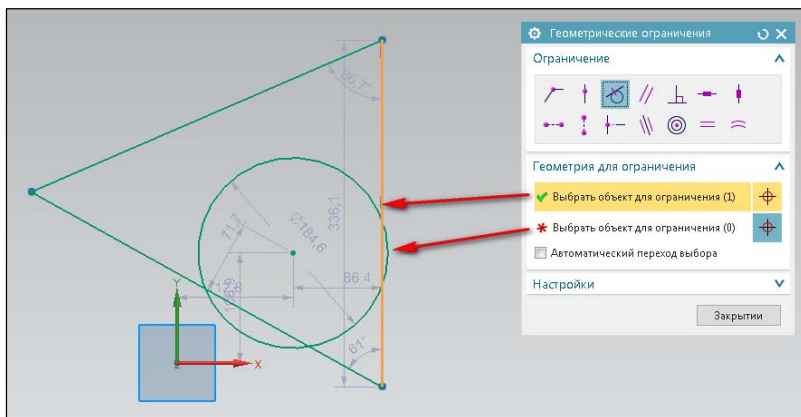


Рис. 1.49. Выбор объектов для создания ограничения касательности

Получившийся эскиз показан на рис. 1.50.

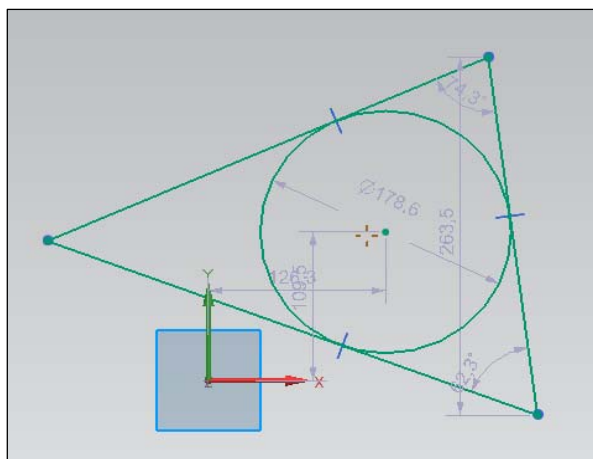


Рис. 1.50. Созданный треугольник

24. Постройте еще одну окружность вокруг треугольника так, как показано на рис. 1.51.

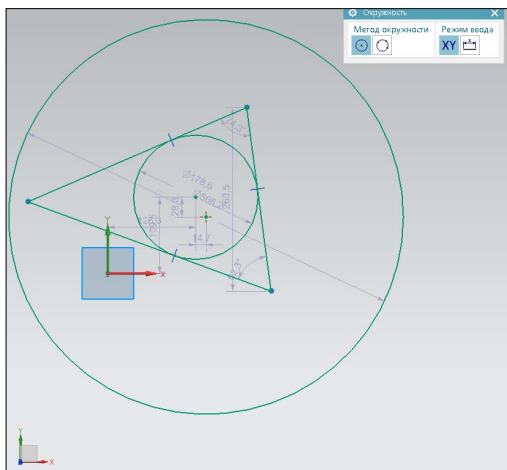


Рис. 1.51. Построение дополнительной окружности

25. Вызовите окно геометрических ограничений и укажите ограничение «Точка на кривой». В качестве первого объекта укажите построенную на предыдущем шаге окружность (рис. 1.52).

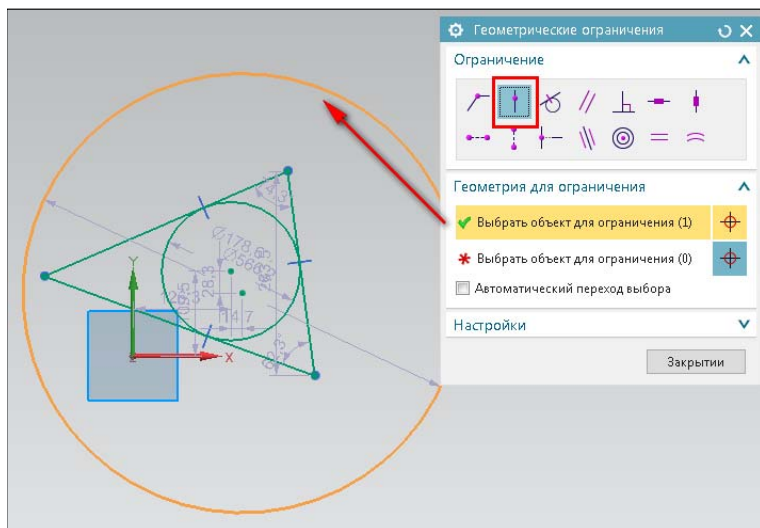


Рис. 1.52. Ограничение точки на кривой и выбор окружности

27. Аналогично разместите две другие точки треугольника на окружности. Полученная фигура изображена на рис. 1.55.

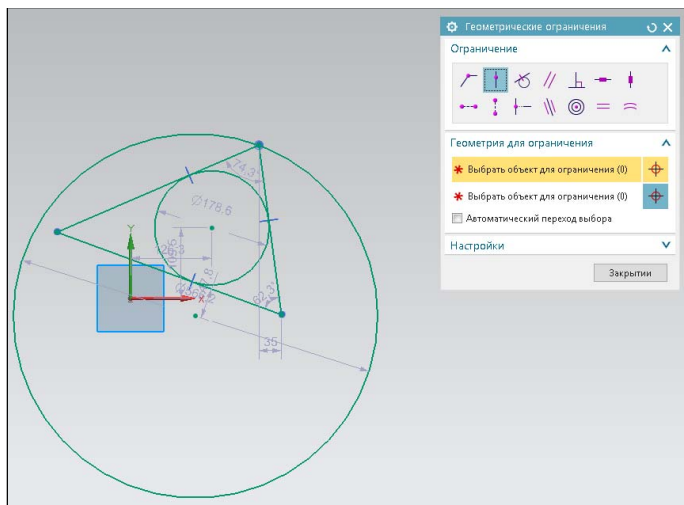


Рис. 1.55. Результат применения ограничений ко всем вершинам

28. Вызовите окно геометрических ограничений и выберите инструмент «Концентричность», выберите окружность (рис. 1.56).

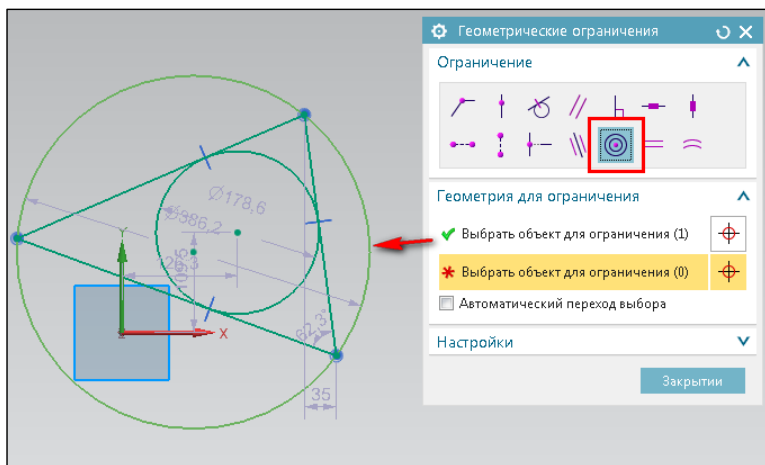


Рис. 1.56. Ограничение на концентричность и выбор первой окружности

29. Вручную переключитесь в режим выбора второго объекта и укажите вписанную окружность (рис. 1.57).

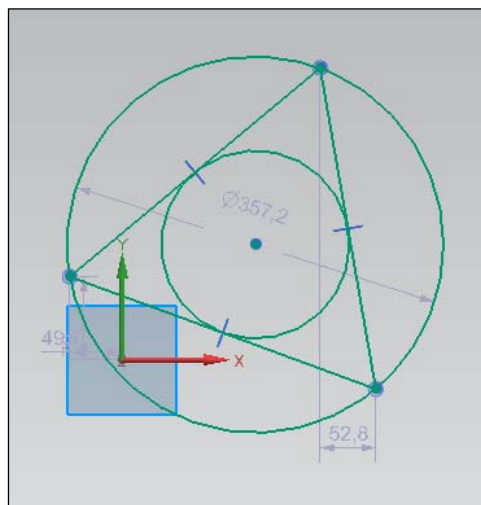


Рис. 1.57. Результат применения ограничения на concentricity

30. Вызовите окно геометрических ограничений и укажите ограничение горизонтальности (рис. 1.58).

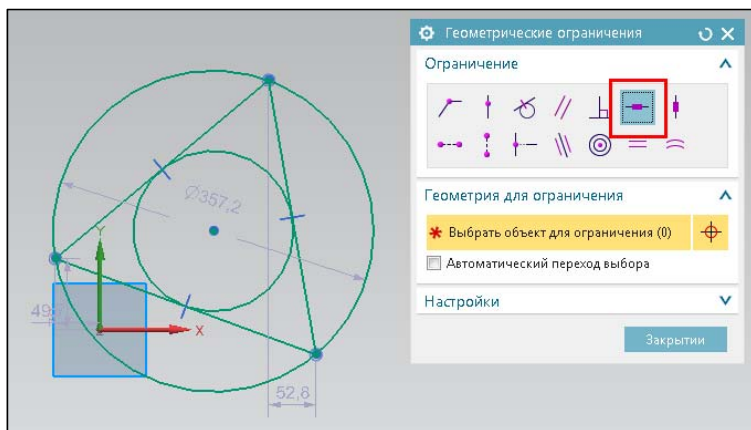


Рис. 1.58. Ограничение горизонтальности

31. Щелкните ЛКМ по любому отрезку контура. Он станет горизонтальным (рис. 1.59).

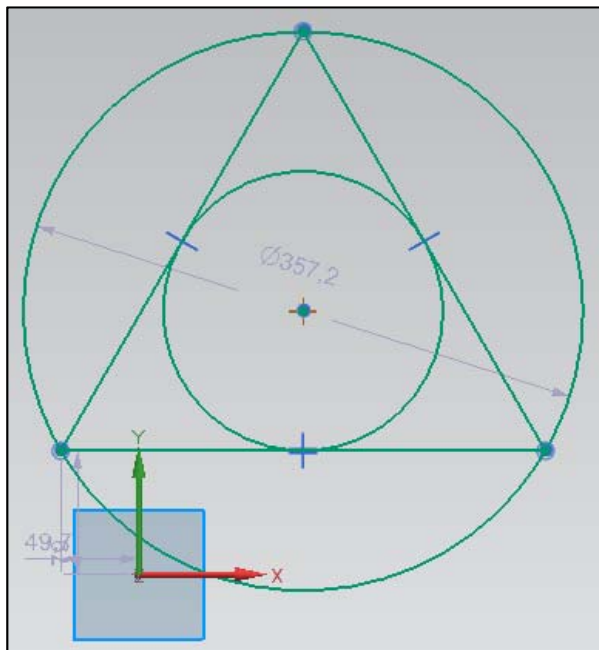


Рис. 1.59. Результат построения

32. Сохраните модель в собственную директорию на компьютере под именем (ваша фамилия латиницей)_Zadanie_1.

33. Оформите отчет о лабораторной работе в соответствии с требованиями (прил.).

Варианты заданий

Задание 1.1. Постройте правильный n -угольник, задавая минимальное число размерных ограничений (желательно оставить только ограничение на длину стороны n -угольника). Фигура должна быть спозиционирована центральной точкой относительно центра системы координат в эскизе. Координаты центра фигуры заданы параметрами X и Y .

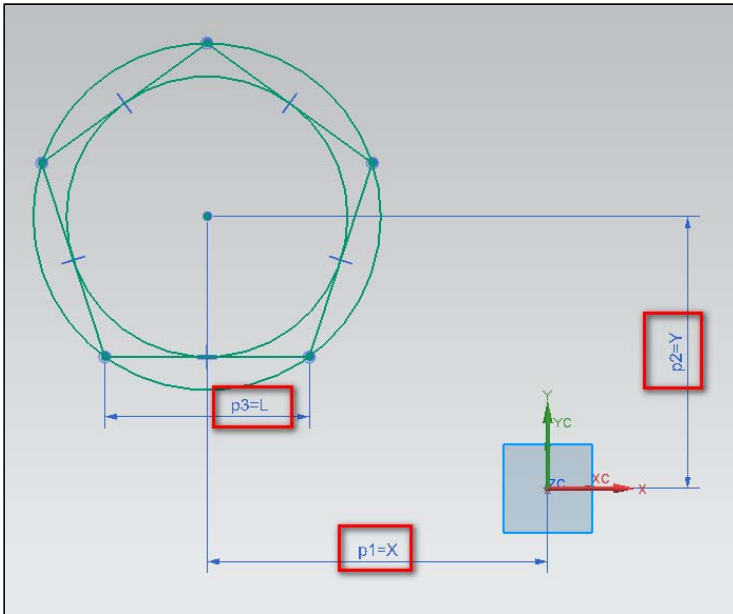


Рис. 1.60. Пример задания для $n = 5$

Таблица 1.1

Варианты параметров к заданию 1.1

Номер	n , количество сторон	L , длина стороны	X , координата центра фигуры	Y , координата центра фигуры	Номер	n , количество сторон	L , длина стороны	X , координата центра фигуры	Y , координата центра фигуры
1	3	40	50	20	2	4	50	90	80
3	4	40	40	0	4	5	120	100	40
5	5	50	60	50	6	7	50	40	90
7	4	50	100	0	8	4	110	50	140
9	6	60	120	30	10	4	70	30	130
11	4	60	40	40	12	5	80	40	70
13	7	40	20	20	14	7	130	70	80
15	7	50	10	60	16	7	80	30	90
17	5	55	0	10	18	4	90	80	60
19	5	60	50	70	20	4	60	20	70
21	4	20	100	60	22	6	100	90	50
23	7	100	70	110	24	5	100	100	60
25	5	120	70	60	26	5	110	60	80
27	7	40	90	100	28	6	90	20	100
29	5	50	60	50	30	5	80	40	70

Задание 1.2. Постройте модель по параметрам и размерам, показанным на рис. 1.61. Значения параметров приведены в табл. 1.2 в соответствии с вариантом.

Таблица 1.2

Варианты размеров к заданию 1.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
a1	26,14	13,07	52,28	39,21	65,35	78,42	91,49	104,56	5,228	7,842	10,456	57,508	62,736	15,684	20,912
a2	163,5	81,75	327	245,2	408,7	490,5	572,25	654	32,7	49,05	65,4	359,7	392,4	98,1	130,8
a3	216,5	108,2	433	324,7	541,2	649,5	757,75	866	43,3	64,95	86,6	476,3	519,6	129,9	173,2
a4	353,86	176,93	707,72	530,79	884,65	1061,58	1238,51	1415,44	70,772	106,158	141,544	778,492	849,264	212,32	283,0
a5	379	189,5	758	568,5	947,5	1137	1326,5	1516	75,8	113,7	151,6	833,8	909,6	227,4	303,2
a6	38,5	19,25	77	57,75	96,25	115,5	134,75	154	7,7	11,55	15,4	84,7	92,4	23,1	30,8
a7	130	65	260	195	325	390	455	520	26	39	52	286	312	78	104
a8	190	95	380	285	475	570	665	760	38	57	76	418	456	114	152
a9	250	125	500	375	625	750	875	1000	50	75	100	550	600	150	200
a10	341,5	170,75	683	512,25	853,75	1024,5	1195,25	1366	68,3	102,45	136,6	751,3	819,6	204,9	273,2
b1	19	9,5	38	28,5	47,5	57	66,5	76	3,8	5,7	7,6	41,8	45,6	11,4	15,2
b2	50,5	25,25	101	75,75	126,25	151,5	176,75	202	10,1	15,15	20,2	111,1	121,2	30,3	40,4
b3	19	9,5	38	28,5	47,5	57	66,5	76	3,8	5,7	7,6	41,8	45,6	11,4	15,2
b4	16	8	32	24	40	48	56	64	3,2	4,8	6,4	35,2	38,4	9,6	12,8
b5	25	12,5	50	37,5	62,5	75	87,5	100	5	7,5	10	55	60	15	20
b6	35	17,5	70	52,5	87,5	105	122,5	140	7	10,5	14	77	84	21	28
b7	15	7,5	30	22,5	37,5	45	52,5	60	3	4,5	6	33	36	9	12
b8	1	0,5	2	1,5	2,5	3	3,5	4	0,2	0,3	0,4	2,2	2,4	0,6	0,8
b9	25	12,5	50	37,5	62,5	75	87,5	100	5	7,5	10	55	60	15	20
b10	8,5	4,25	17	12,75	21,25	25,5	29,75	34	1,7	2,55	3,4	18,7	20,4	5,1	6,8
d1	8,5	4,25	17	12,75	21,25	25,5	29,75	34	1,7	2,55	3,4	18,7	20,4	5,1	6,8
d2	20	10	40	30	50	60	70	80	4	6	8	44	48	12	16
d3	9,5	4,75	19	14,25	23,75	28,5	33,25	38	1,9	2,85	3,8	20,9	22,8	5,7	7,6
d4	33,2	16,6	66,4	49,8	83	99,6	116,2	132,8	6,64	9,96	13,28	73,04	79,68	19,92	26,56
d5	48	24	96	72	120	144	168	192	9,6	14,4	19,2	105,6	115,2	28,8	38,4
d6	48	24	96	72	120	144	168	192	9,6	14,4	19,2	105,6	115,2	28,8	38,4
c1	9	4,5	18	13,5	22,5	27	31,5	36	1,8	2,7	3,6	19,8	21,6	5,4	7,2
c2	4,25	2,125	8,5	6,375	10,625	12,75	14,875	17	0,85	1,275	1,7	9,35	10,2	2,55	3,4
g	1	0,5	2	1,5	2,5	3	3,5	4	0,2	0,3	0,4	2,2	2,4	0,6	0,8
f	2	1	4	3	5	6	7	8	0,4	0,6	0,8	4,4	4,8	1,2	1,6

Окончание табл. 1.2

№	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
a1	31,3	36,59	67,96	73,19	83,648	88,876	94,104	99,332	109,78	115,01	117,6	120,24	125,47	130	135
a2	196	228,9	425,1	457,8	523,2	555,9	588,6	621,3	686,7	719,4	735,7	752,1	784,8	817	850,2
a3	259	303,1	562,9	606,2	692,8	736,1	779,4	822,7	909,3	952,6	974,2	995,9	1039,2	1082	1125
a4	424	495,40	920	990,8	1132,3	1203,1	1273,8	1344,6	1486,2	1556,9	1592	1627,7	1698,5	1769	1840
a5	454	530,6	985,4	1061	1212,8	1288,6	1364,4	1440,2	1591,8	1667,6	1705	1743,4	1819,2	1895	1970
a6	46,2	53,9	100,1	107,8	123,2	130,9	138,6	146,3	161,7	169,4	173,2	177,1	184,8	192	200,2
a7	156	182	338	364	416	442	468	494	546	572	585	598	624	650	676
a8	228	266	494	532	608	646	684	722	798	836	855	874	912	950	988
a9	300	350	650	700	800	850	900	950	1050	1100	1125	1150	1200	1250	1300
a10	409	478,1	887,9	956,2	1092,8	1161,1	1229,4	1297,7	1434,3	1502,6	1536	1570,9	1639,2	1707	1775
b1	22,8	26,6	49,4	53,2	60,8	64,6	68,4	72,2	79,8	83,6	85,5	87,4	91,2	95	98,8
b2	60,6	70,7	131,3	141,4	161,6	171,7	181,8	191,9	212,1	222,2	227,2	232,3	242,4	252	262,6
b3	22,8	26,6	49,4	53,2	60,8	64,6	68,4	72,2	79,8	83,6	85,5	87,4	91,2	95	98,8
b4	19,2	22,4	41,6	44,8	51,2	54,4	57,6	60,8	67,2	70,4	72	73,6	76,8	80	83,2
b5	30	35	65	70	80	85	90	95	105	110	112,5	115	120	125	130
b6	42	49	91	98	112	119	126	133	147	154	157,5	161	168	175	182
b7	18	21	39	42	48	51	54	57	63	66	67,5	69	72	75	78
b8	1,2	1,4	2,6	2,8	3,2	3,4	3,6	3,8	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	5	5,2
b9	30	35	65	70	80	85	90	95	105	110	112,5	115	120	125	130
b10	10,2	11,9	22,1	23,8	27,2	28,9	30,6	32,3	35,7	37,4	38,25	39,1	40,8	42,5	44,2
d1	10,2	11,9	22,1	23,8	27,2	28,9	30,6	32,3	35,7	37,4	38,25	39,1	40,8	42,5	44,2
d2	24	28	52	56	64	68	72	76	84	88	90	92	96	100	104
d3	11,4	13,3	24,7	26,6	30,4	32,3	34,2	36,1	39,9	41,8	42,75	43,7	45,6	47,5	49,4
d4	39,8	46,48	86,32	92,96	106,24	112,88	119,52	126,16	139,44	146,08	149,4	152,72	159,36	166	172,6
d5	57,6	67,2	124,8	134,4	153,6	163,2	172,8	182,4	201,6	211,2	216	220,8	230,4	240	249,6
d6	57,6	67,2	124,8	134,4	153,6	163,2	172,8	182,4	201,6	211,2	216	220,8	230,4	240	249,6
c1	10,8	12,6	23,4	25,2	28,8	30,6	32,4	34,2	37,8	39,6	40,5	41,4	43,2	45	46,8
c2	5,1	5,95	11,05	11,9	13,6	14,45	15,3	16,15	17,85	18,7	19,12	19,55	20,4	21,2	22,1
g	1,2	1,4	2,6	2,8	3,2	3,4	3,6	3,8	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	5	5,2
f	2,4	2,8	5,2	5,6	6,4	6,8	7,2	7,6	8,4	8,8	9	9,2	9,6	10	10,4

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется манипуляцией с видами? Назовите типы манипуляций.
2. В чем разница между скрытием объекта и его удалением?
3. Что такое эскиз? Как вы понимаете определение замкнутости эскиза? Чем эскиз отличается от чертежа?
4. Какие два типа ограничений существуют? Назовите их подтипы.
5. Назовите ограничения формы, которые вы примените, чтобы построить правильный шестиугольник на основе шести свободных отрезков с использованием дополнительных построений.

Рекомендуемая литература

1. Берлинер, Э.М. САПР конструктора-машиностроителя : учеб. для студентов вузов / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – Москва : Форум, 2015. – 287 с.
2. Данилов, Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
3. Почекуев, Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 1 опт. диск (CD-ROM).
4. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 501 с.
5. Почекуев, Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 331 с.
6. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 504 с.

Лабораторная работа 2

Формирование деталей на основе тел-примитивов

Цель работы – приобретение навыков построения простых деталей на основе комбинации тел-примитивов в модуле «Моделирование».

Задачи работы:

- 1) провести мысленное разбиение тела на составляющие его тела-примитивы;
- 2) определить количество и расположение эскизов для построения каждого тела;
- 3) создать тело вытягивания основной части детали;
- 4) создать дополнительное тело вытягивания и применить к нему операцию сложения с ранее созданным телом;
- 5) создать карманы в теле, создав еще два тела и применив к нему операцию вычитания.

Теоретическая основа выполнения лабораторной работы

Тело-примитив – тело, полученное за одну операцию, например за операцию трансляции (тело вращения, тело вытягивания). Как правило, одно тело-примитив требует для своего построения одного замкнутого контура в эскизе. Форма такого тела может быть достаточно сложной.

Сложное тело – тело, состоящее из тел-примитивов, скомбинированных с помощью булевых операций. Обычно каждый примитив, входящий в состав сложного тела, строится на основе собственного эскиза, поэтому число эскизов в сложном теле равно числу тел-примитивов.

Булевы операции в САПР – набор инструментов для комбинации нескольких тел-примитивов. В основном выделяются булевы операции сложения, вычитания и пересечения тел. При формировании геометрии новые тела-примитивы должны складываться с уже существующими телами. Для формирования отверстий, проточек, пазов, впадин различного профиля необходимо задавать операцию вычитания.

Порядок выполнения работы

1. Запустите NX и создайте файл типа модели.
2. На панели «Исходная» вызовите инструмент «Эскиз» и нажмите на кнопку сброса настройки окна диалога, нажав на изображение стрелки в строке имени окна (рис. 2.1). В рабочем окне укажите плоскость YZ в качестве целевой плоскости построения эскиза. После этого нажмите на кнопку ОК.

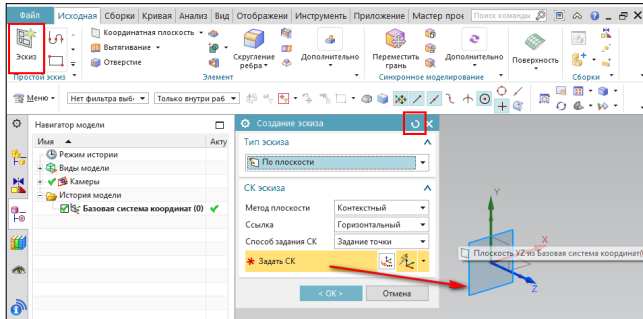


Рис. 2.1. Выбор плоскости эскиза

3. Постройте эскиз так, как показано на рис. 2.2; помните, что размеры в вашей модели могут отличаться от представленных. Обратите внимание, что линия 1 должна быть наклонной, а парные точки эскиза 2 — связаны. Учтите, что остальные отрезки, кроме наклонного, должны быть вертикальными и горизонтальными. Это обеспечивается геометрическими ограничениями 3 и 4 .

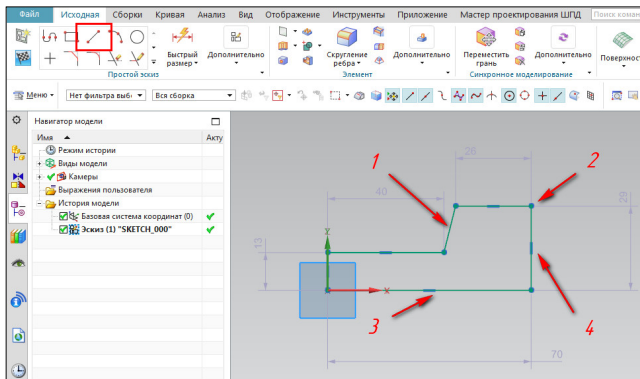


Рис. 2.2. Построение контура будущего тела вытягивания

4. Задайте размеры (рис. 2.3).

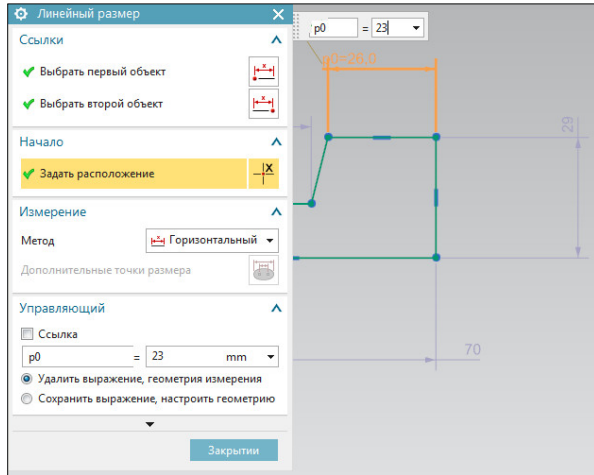


Рис. 2.3. Редактирование размеров контура

5. Вызовите инструмент «Быстрый размер» (рис. 2.4), после чего необходимо щелкнуть один раз левой кнопкой мыши по наклонному отрезку и отвести курсор вертикально вверх так, чтобы полученный размер был горизонтальным. После этого щёлкнуть по экрану левой кнопкой мыши и ввести значение согласно заданию.

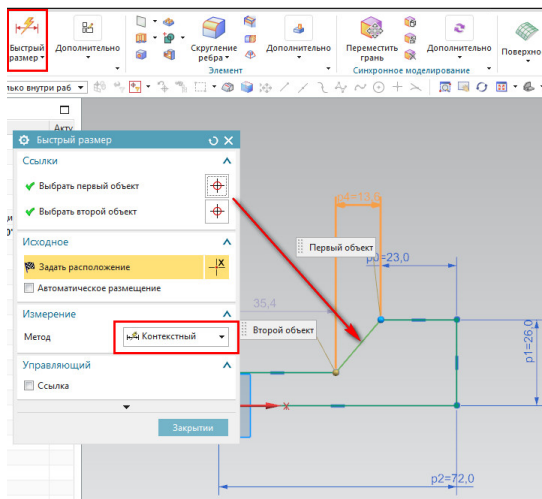


Рис. 2.4. Создание горизонтального размера наклонного отрезка

Полученный эскиз показан на рис. 2.5.

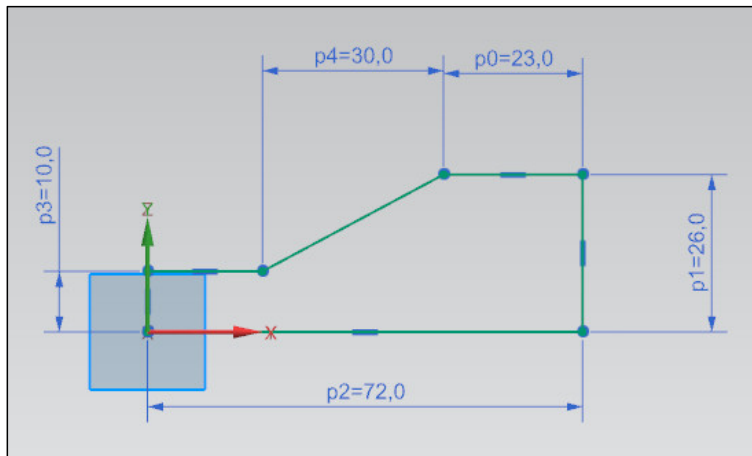


Рис. 2.5. Результат построения контура

6. Теперь эскиз готов и следует выйти из режима его редактирования (рис. 2.6).

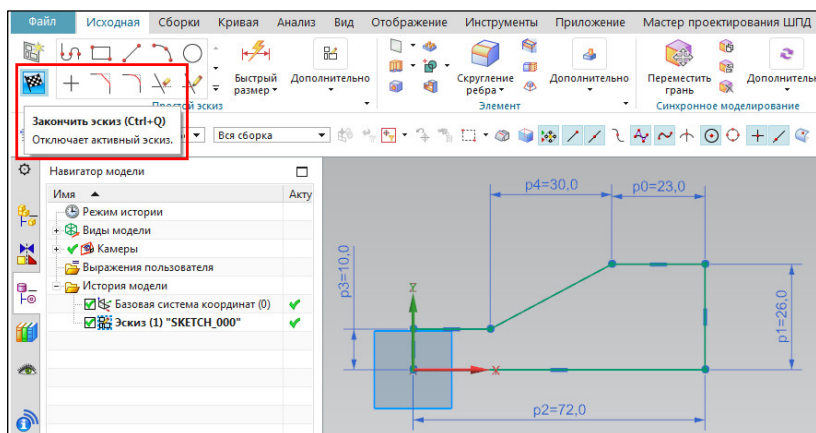


Рис. 2.6. Инструмент выхода из эскиза

7. На вкладке «Исходная» (рис. 2.7) вызовите инструмент «Вытягивание» 1. В фильтре кривых 2 должна быть установлена настройка «Связанные кривые». В рабочем окне щёлкните по одной любой кривой эскиза, чтобы она добавилась в область «Сечение» 3. Пределы вытягивания задаются в области, указанной на рисунке. Нажмите на кнопку ОК.

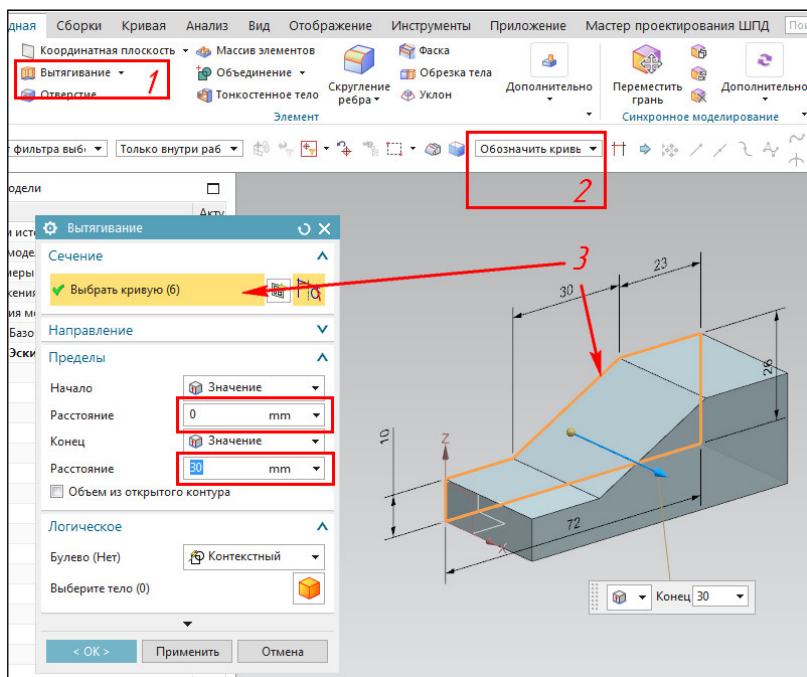


Рис. 2.7. Построение тела вытягивания

8. Вызовите инструмент построения эскиза с панели «Исходная» и в области выбора плоскости укажите нижнюю грань тела так, как показано на рис. 2.8.

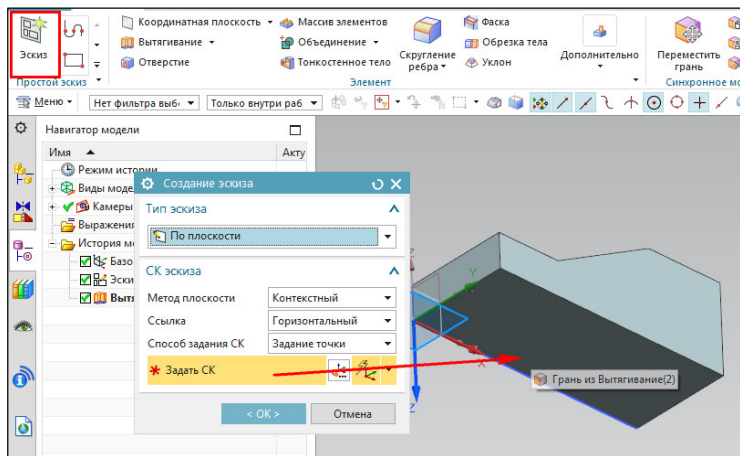


Рис. 2.8. Выбор плоскости построения эскиза тела будущей полости

9. Постройте эскиз (рис. 2.9).

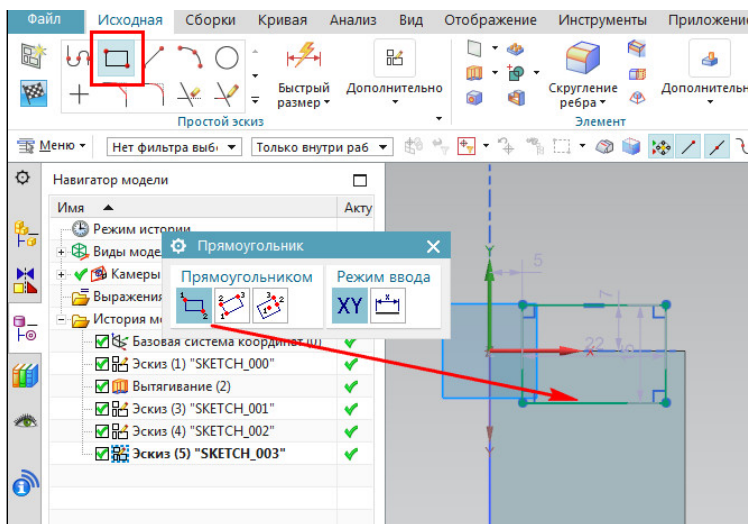


Рис. 2.9. Создание предварительного контура первой полости

10. Вызовите инструмент «Геометрические ограничения» (рис. 2.10). Выберите коллинеарность, после чего последовательно щелчком левой кнопки мыши в рабочем окне укажите проекцию нижнего ребра тела, затем переключитесь во вторую строку выбора объекта и выберите нижнюю кривую прямоугольника.

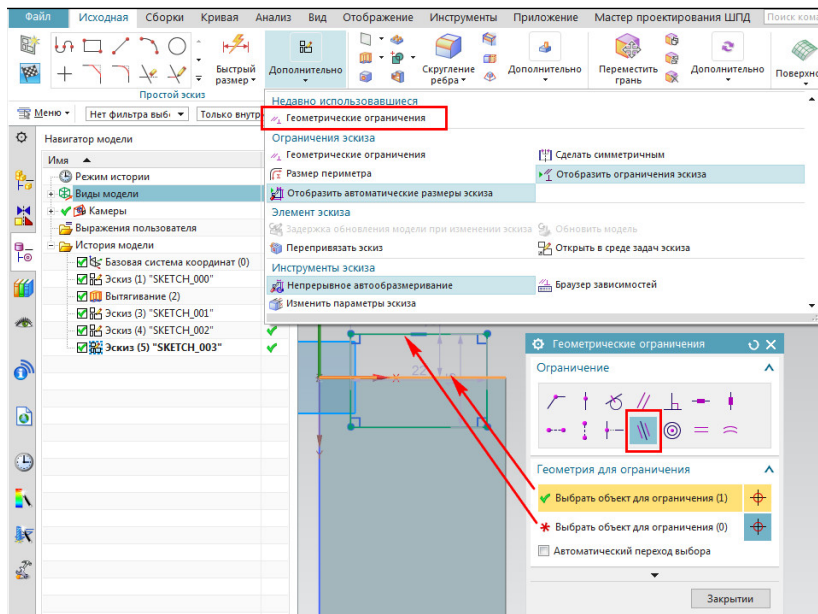


Рис. 2.10. Задание коллинеарности двух прямолинейных объектов

11. Вызовите инструмент размерных ограничений (рис. 2.11). В рабочем окне выберите проекцию бокового ребра модели, после чего укажите левую сторону прямоугольника и в окне ввода задайте численное значение согласно заданию.

12. Нанесите размеры на длину и высоту прямоугольника с помощью инструмента «Быстрый размер» (рис. 2.12). После этого выйдите из режима создания эскиза.

13. Вид модели разверните таким образом, чтобы видеть нижнюю ее грань (рис. 2.13). После этого вызовите инструмент «Вытягивание».

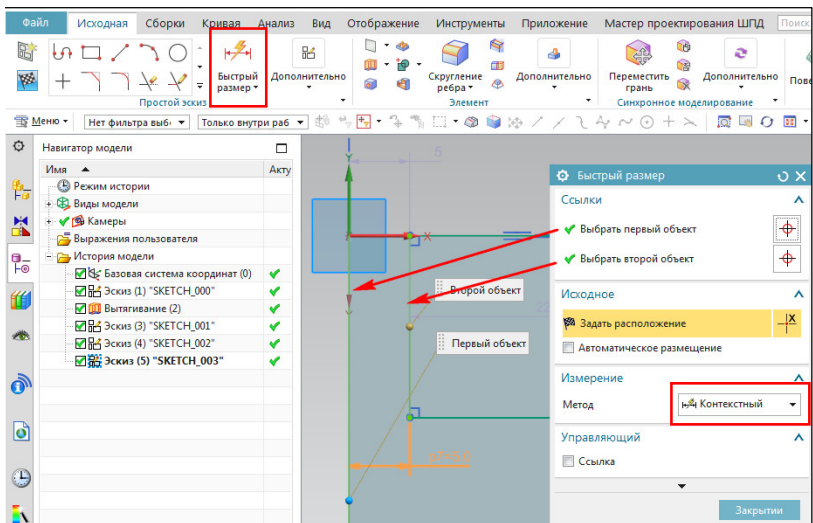


Рис. 2.11. Задание размерных ограничений геометрией эскиза первой полости

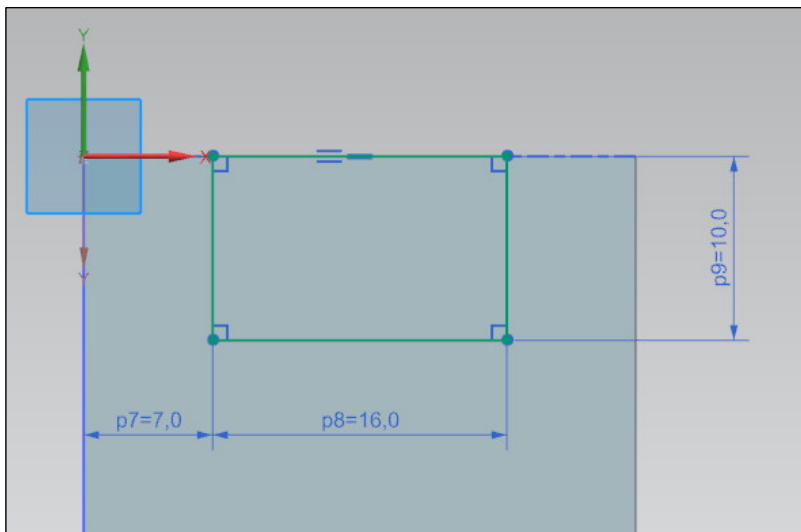


Рис. 2.12. Результат нанесения ограничений в эскизе первой полости

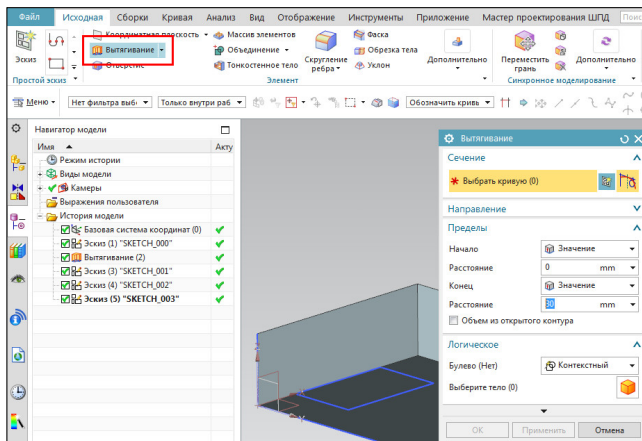


Рис. 2.13. Вызов инструмента построения «Вытягивание» первой полости

14. В качестве контура вытягивания (рис. 2.14) выберите созданный эскиз 1. Предел вытягивания 2 задайте «До ближайшего». В списке булевых операций 3 выберите «Вычитание».

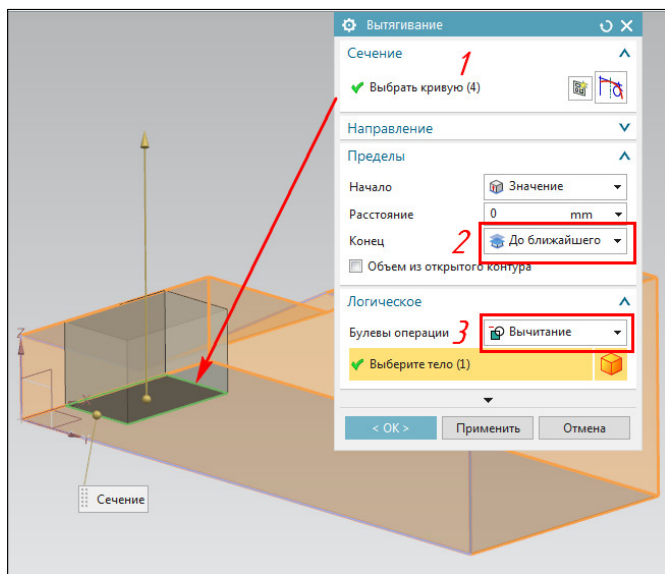


Рис. 2.14. Задание пределов вытягивания и вычитания полости в геометрии тела детали

Результат представлен на рис. 2.15.

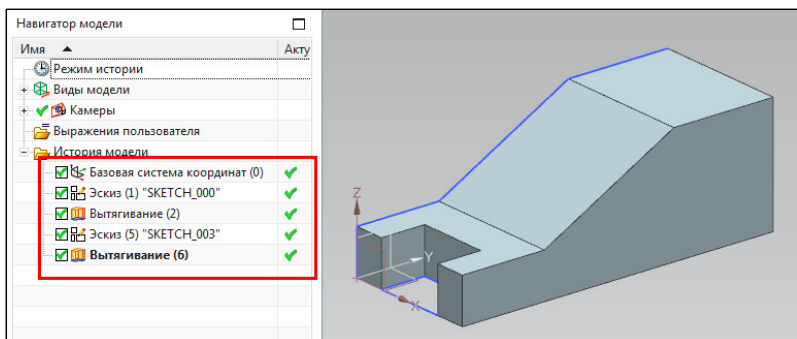


Рис. 2.15. Навигатор детали для текущего этапа работы

15. Для построения контура вызовите операцию построения эскиза и укажите грань так, как показано на рис. 2.16.

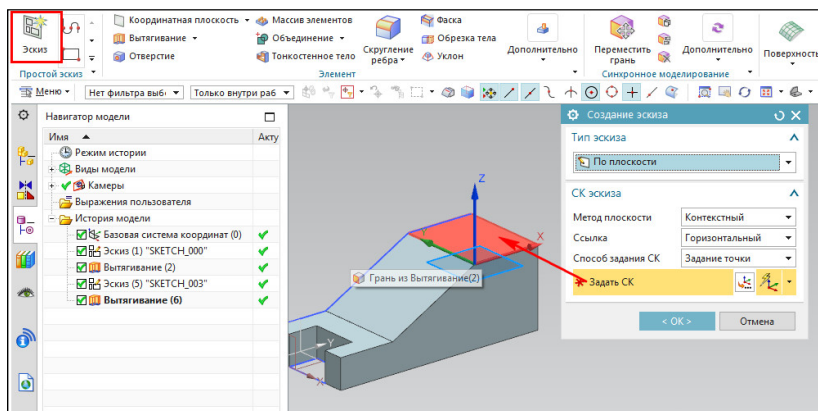


Рис. 2.16. Выбор плоскости построения эскиза для второй полости

16. В среде создания эскиза постройте прямоугольник со свободными размерами (рис. 2.17).

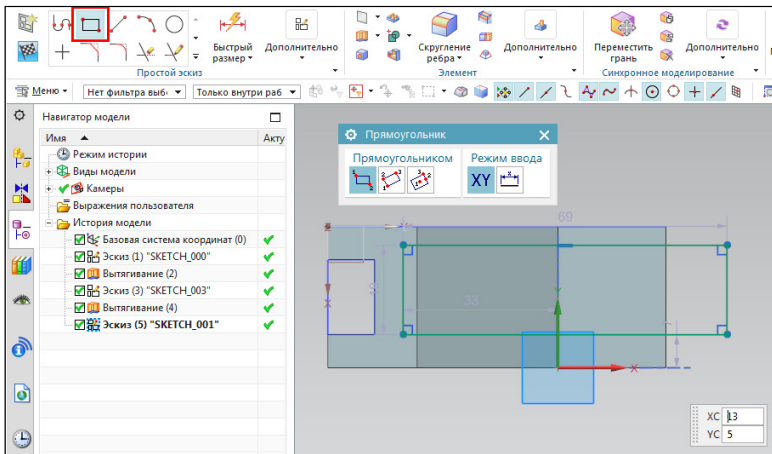


Рис. 2.17. Построение предварительного контура второй полости

17. Используйте геометрическое ограничение коллинеарности (рис. 2.18) для привязки нижней стороны прямоугольника *1* к проекции ребра тела *2*.

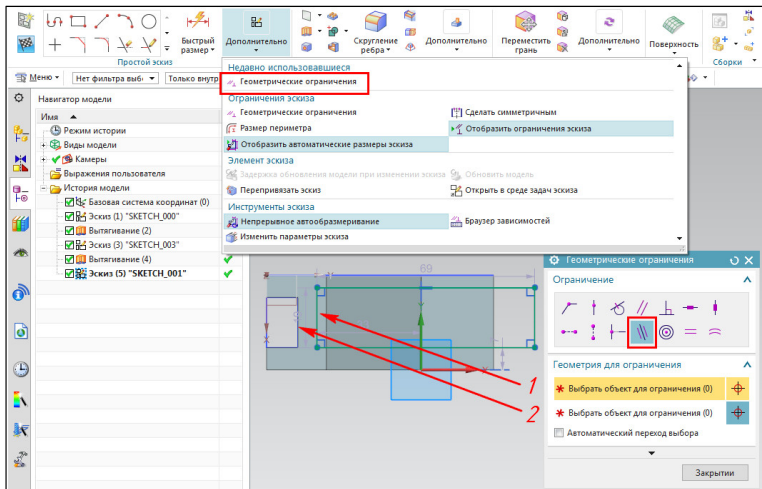


Рис. 2.18. Задание коллинеарности нижней стороны прямоугольника и проекции ребра тела

18. С помощью того же инструмента (рис. 2.19) привяжите верхнюю сторону прямоугольника *1* к проекции верхнего ребра 2.

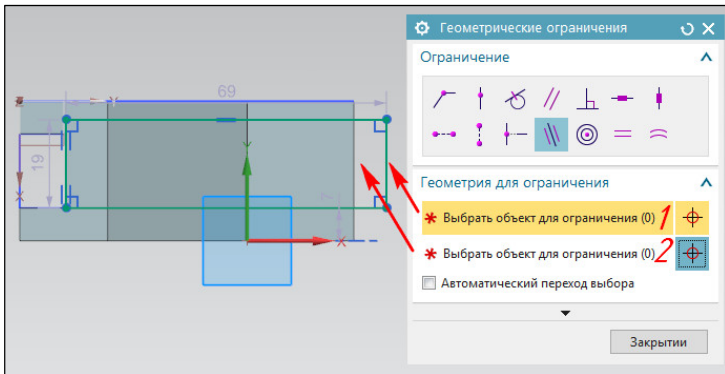


Рис. 2.19. Задание коллинеарности верхней стороны прямоугольника и проекции ребра тела

19. Нанесите значение длины прямоугольника и позиционируйте его с помощью размерных ограничений (инструмент «Быстрый размер») относительно одной из проекций сторон (рис. 2.20). Выйдите из режима создания эскиза.

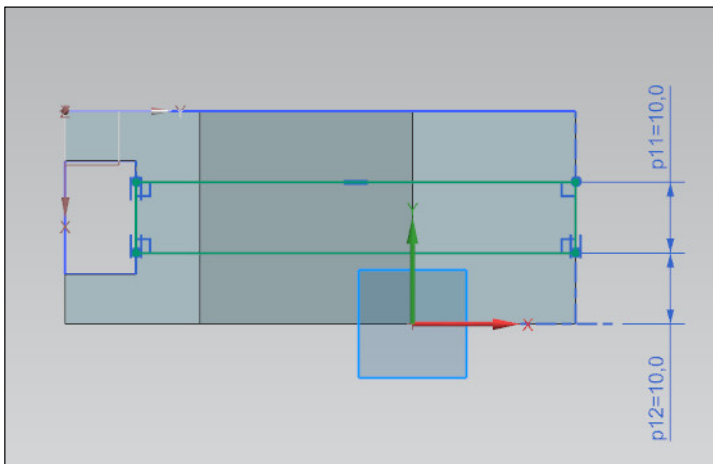


Рис. 2.20. Размерные ограничения на контуре второй полости

20. На панели «Исходная» (рис. 2.21) вызовите инструмент создания тела вытягивания 1. В качестве сечения укажите любую кривую нового эскиза 2. В пределах вытягивания укажите вытягивание «До расширенной грани», после чего, переключившись в строку 3 в рабочем окне, щелкните по грани 4. В списке булевых операций 5 должна быть обозначена операция вычитания нового тела из уже существующей геометрии. После этого нажмите ОК.

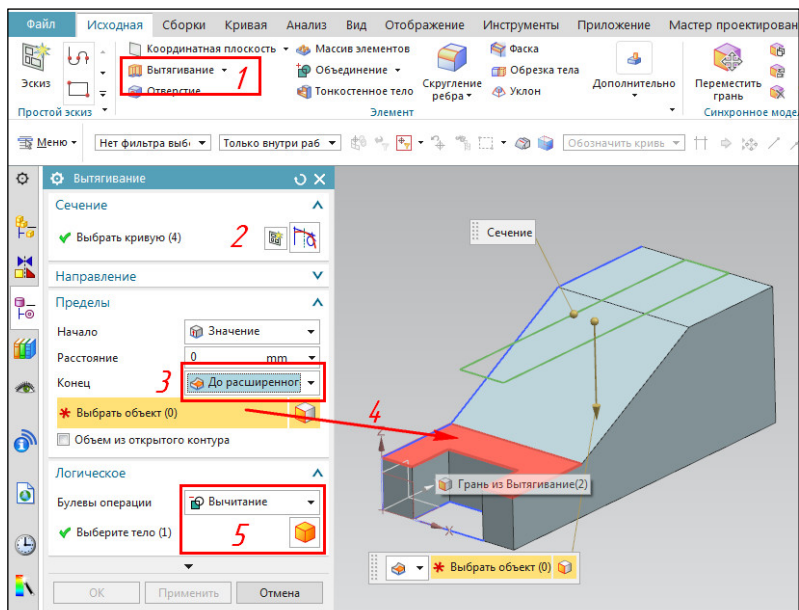


Рис. 2.21. Определение параметров тела вытягивания

Результат построения представлен на рис. 2.22.

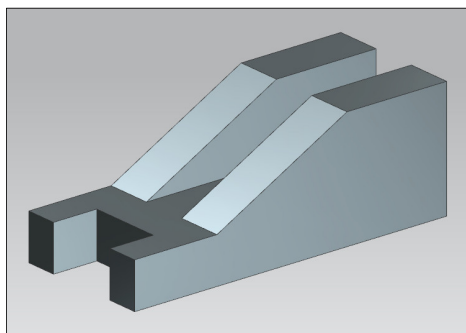


Рис. 2.22. Результат построения тела

21. Сохраните модель в собственную директорию на компьютере под именем (ваша фамилия латиницей) `_Zadanie_2`.

22. Оформите отчет о лабораторной работе в соответствии с требованиями (прил.).

Варианты заданий

Задание 2.1. Выполните построение модели по параметрам и размерам, показанным на рис. 2.23. Значения параметров приведены в табл. 2.1 в соответствии с номером варианта.

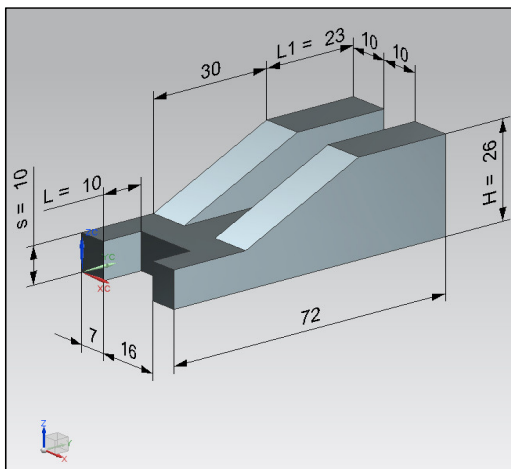


Рис. 2.23. Электронная модель

Варианты задания 2.1

Номер	L	$L1$	H	s	Номер	L	$L1$	H	s
1	10	25	30	12	2	8	20	34	10
3	12	28	26	10	4	7	24	30	12
5	15	20	20	5	6	14	22	32	15
7	10	25	40	14	8	12	16	36	14
9	11	23	30	20	10	9	18	34	10
11	5	22	35	16	12	10	20	36	8
13	8	21	36	15	14	10	18	32	15
15	10	20	28	10	16	15	16	30	14
17	12	15	25	12	18	6	19	35	12
19	15	25	20	10	20	12	22	28	16
21	16	20	30	14	22	14	20	30	10
23	10	26	34	12	24	6	15	34	12
25	14	24	30	16	26	7	22	32	14
27	12	20	32	14	28	8	16	36	8
29	10	22	28	10	30	9	18	34	16

Задание 2.2. Постройте модель по чертежу (рис. 2.23). Значения параметров приведены в табл. 2.2 в соответствии с вариантом.

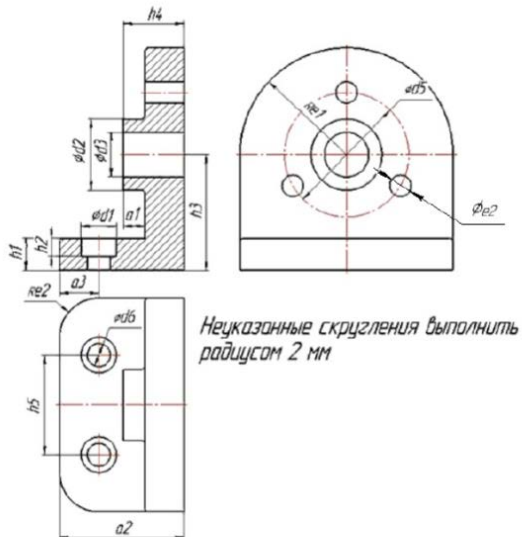


Рис. 2.23. Чертеж модели

Таблица 2.2

Варианты параметров к заданию 2.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d1	46	9,2	18,4	27,6	36,8	55,2	64,4	73,6	82,8	92	101,2	110,4	119,6	128,8	138
d2	42,4	8,48	16,96	25,44	33,92	50,88	59,36	67,84	76,32	84,8	93,28	101,76	110,24	118,72	127,2
d3	33	6,6	13,2	19,8	26,4	39,6	46,2	52,8	59,4	66	72,6	79,2	85,8	92,4	99
d4	36,76	7,352	14,704	22,056	29,408	44,112	51,464	58,816	66,168	73,52	80,872	88,224	95,576	102,928	110,28
d5	12	2,4	4,8	7,2	9,6	14,4	16,8	19,2	21,6	24	26,4	28,8	31,2	33,6	36
d6	10	2	4	6	8	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
d7	15	3	6	9	12	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
h1	3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,8	8,4	9
h2	46,05	9,21	18,42	27,63	36,84	55,26	64,47	73,68	82,89	92,1	101,31	110,52	119,73	128,94	138,15
h3	50	10	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
h4	42	8,4	16,8	25,2	33,6	50,4	58,8	67,2	75,6	84	92,4	100,8	109,2	117,6	126
h5	32	6,4	12,8	19,2	25,6	38,4	44,8	51,2	57,6	64	70,4	76,8	83,2	89,6	96
h6	3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,8	8,4	9
e1	1,8	0,36	0,72	1,08	1,44	2,16	2,52	2,88	3,24	3,6	3,96	4,32	4,68	5,04	5,4
e2	2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6
e3	247	49,4	98,8	148,2	197,6	296,4	345,8	395,2	444,6	494	543,4	592,8	642,2	691,6	741
e4	244	48,8	97,6	146,4	195,2	292,8	341,6	390,4	439,2	488	536,8	585,6	634,4	683,2	732
e5	2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6
e6	24	4,8	9,6	14,4	19,2	28,8	33,6	38,4	43,2	48	52,8	57,6	62,4	67,2	72
e7	27	5,4	10,8	16,2	21,6	32,4	37,8	43,2	48,6	54	59,4	64,8	70,2	75,6	81

Окончание табл. 2.2

№	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
d1	147,2	156,4	165,6	174,8	184	193,2	202,4	211,6	220,8	230	239,2	248,4	257,6	266,8	276
d2	135,6	144,16	152,64	161,12	169,6	178,08	186,56	195,04	203,52	212	220,48	228,96	237,44	245,92	254,4
d3	105,6	112,2	118,8	125,4	132	138,6	145,2	151,8	158,4	165	171,6	178,2	184,8	191,4	198
d4	117,6	124,98	132,33	139,68	147	154,39	161,74	169,09	176,44	183,8	191,15	198,5	205,85	213,2	220,5
d5	38,4	40,8	43,2	45,6	48	50,4	52,8	55,2	57,6	60	62,4	64,8	67,2	69,6	72
d6	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
d7	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90
h1	9,6	10,2	10,8	11,4	12	12,6	13,2	13,8	14,4	15	15,6	16,2	16,8	17,4	18
h2	147,3	156,57	165,78	174,99	184,2	193,41	202,62	211,83	221,04	230,2	239,46	248,67	257,88	267,09	276,3
h3	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
h4	134,4	142,8	151,2	159,6	168	176,4	184,8	193,2	201,6	210	218,4	226,8	235,2	243,6	252
h5	102,4	108,8	115,2	121,6	128	134,4	140,8	147,2	153,6	160	166,4	172,8	179,2	185,6	192
h6	9,6	10,2	10,8	11,4	12	12,6	13,2	13,8	14,4	15	15,6	16,2	16,8	17,4	18
e1	5,76	6,12	6,48	6,84	7,2	7,56	7,92	8,28	8,64	9	9,36	9,72	10,08	10,44	10,8
e2	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10	10,4	10,8	11,2	11,6	12
e3	790,4	839,8	889,2	938,6	988	1037,4	1086,8	1136,2	1185,6	1235	1284,4	1333,8	1383,2	1432,6	1482
e4	780,8	829,6	878,4	927,2	976	1024,8	1073,6	1122,4	1171,2	1220	1268,8	1317,6	1366,4	1415,2	1464
e5	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10	10,4	10,8	11,2	11,6	12
e6	76,8	81,6	86,4	91,2	96	100,8	105,6	110,4	115,2	120	124,8	129,6	134,4	139,2	144
e7	86,4	91,8	97,2	102,6	108	113,4	118,8	124,2	129,6	135	140,4	145,8	151,2	156,6	162

Вопросы для самоконтроля

1. Можно ли заменить любые ограничения формы на ограничения размеров? Приведите примеры.
2. Как вы понимаете фразу «Эскиз – это плоский замкнутый контур»?
3. Что такое ограничение коллинеарности? К каким объектам в эскизе оно может быть применено?
4. Назовите булевы операции. В чём разница между булевым вычитанием и булевым пересечением?
5. Опишите в нескольких пунктах алгоритм создания сложного тела типа коробки.

Рекомендуемая литература

1. Берлинер, Э.М. САПР конструктора-машиностроителя : учеб. для студентов вузов / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – Москва : Форум, 2015. – 287 с.
2. Данилов, Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
3. Почекуев, Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 501 с.
5. Почекуев, Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 331 с.

Лабораторная работа 3

Формирование деталей с применением конструктивных элементов

Цель работы – приобретение навыков применения конструктивных элементов при разработке сложных моделей в модуле «Моделирование».

Задачи работы:

- 1) разработать модель стаканчика с фланцем (тело вращения);
- 2) построить отверстия с цековками с помощью операции «Отверстие»;
- 3) построить скругления различного радиуса на модели стаканчика;
- 4) задать уклон для грани отверстия.

Теоретическая основа выполнения лабораторной работы

Конструктивные операции – инструменты, позволяющие отредактировать твердотельную геометрию тел-примитивов. Конструктивные операции требуют наличия в модели хотя бы одного тела. К таким операциям относятся уклоны, круглые отверстия, оболочки, рёбра жесткости, скругления, фаски и ряд других [2; 4].

Порядок выполнения работы

При моделировании размеры берутся из табл. 3.1.

1. Создайте новый файл модели.
2. Необходимо построить эскиз. В файле модели вызовите инструмент построения эскиза на вкладке «Исходная» (рис. 3.1). В качестве плоскости построения укажите плоскость $XС-УС$ в рабочем окне или навигаторе модели.
3. В режиме создания эскиза постройте горизонтальный отрезок из начала системы координат. Длина отрезка должна составлять 100 мм (рис. 3.2).

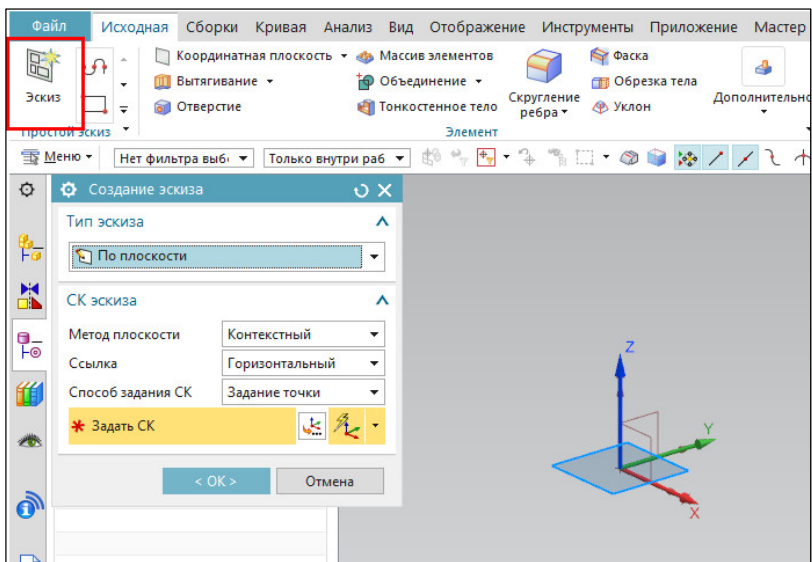


Рис. 3.1. Выбор плоскости эскиза

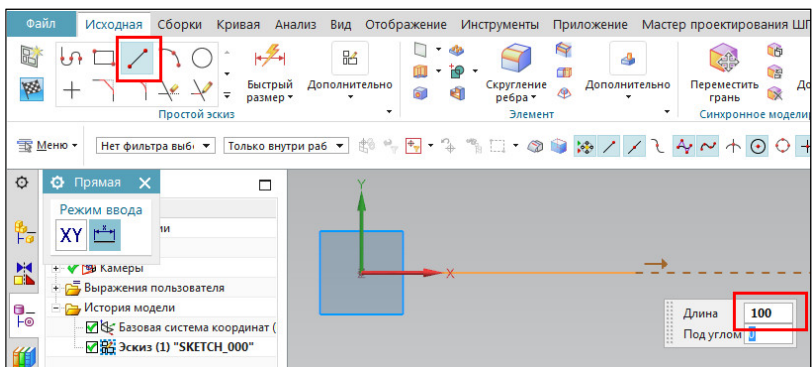


Рис. 3.2. Создание осевой линии в эскизе

4. Длины отрезков p_{11} и p_9 на рис. 3.3 возьмите из табл. 3.1 (H и $H1$).

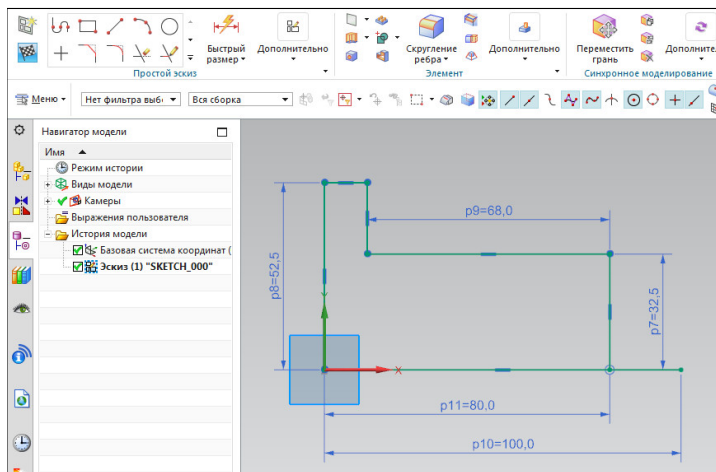


Рис. 3.3. Создание геометрии эскиза

5. Щелкните ПКМ по нижнему горизонтальному отрезку и из выпадающего списка выберите строку «Преобразовать во вспомогательный» (рис. 3.4).

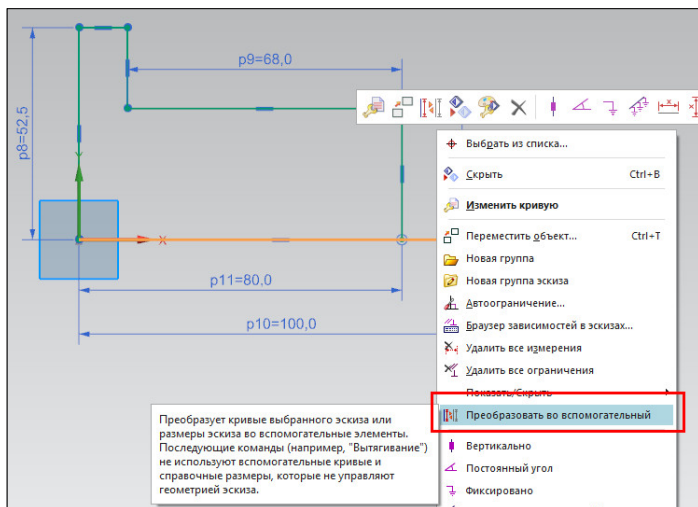


Рис. 3.4. Преобразование осевой во вспомогательную геометрию

6. Выйдите из эскиза. На панели «Исходная» вызовите инструмент построения тел вращения (рис. 3.5).

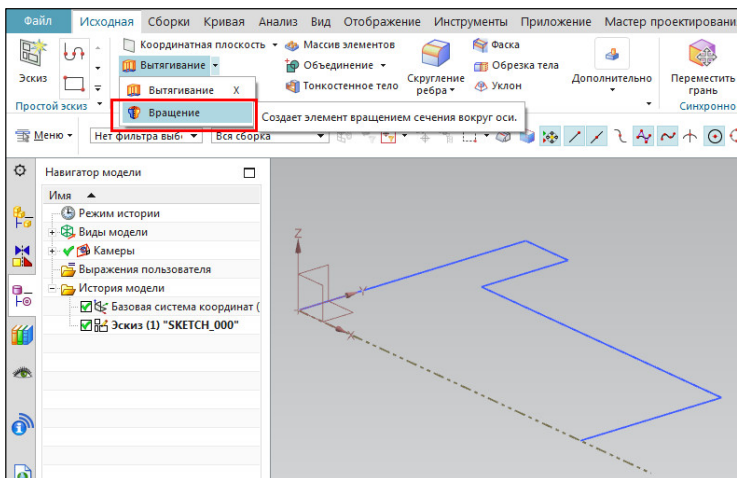


Рис. 3.5. Вызов опции построения тела вращения

7. Установите настройки построения тела вращения так, как показано на рис. 3.6. Значения начального и конечного углов поворота контура укажите 0° и 360° соответственно.

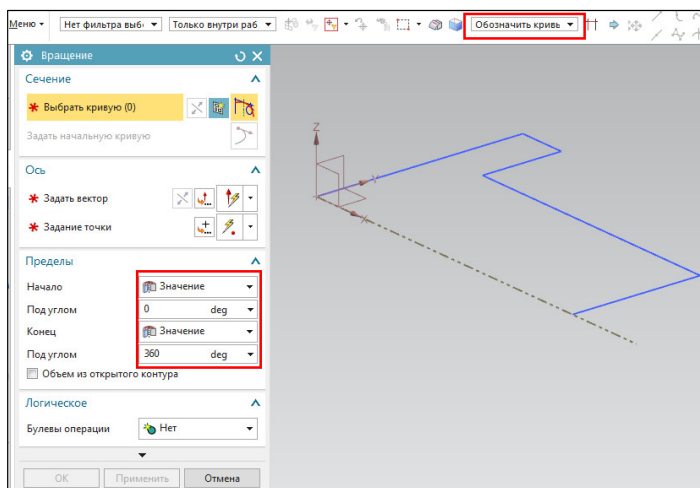


Рис. 3.6. Настройки построения тела вращения

8. В качестве сечения выберите любую основную кривую эскиза (рис. 3.8). Вручную переключитесь в опцию задания осевой линии и в рабочем окне щелкните по вспомогательному отрезку в эскизе так, как показано на рисунке. После этого в окне диалога построения тела вращения нажмите кнопку ОК.

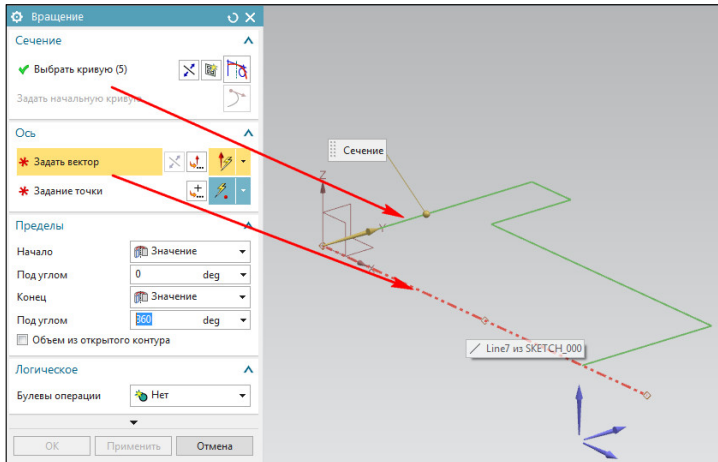


Рис. 3.7. Выбор осевой линии тела вращения

9. На вкладке «Исходная» (рис. 3.8) вызовите инструмент построения отверстий 1. Проверьте в фильтре привязку включенную привязку к центрам окружностей и дуг 2. Укажите построение центрального отверстия диаметром D (табл. 3.1) с цековкой (размеры заданы в области 3 рис. 3.8). После этого вручную переключитесь в строку задания центра отверстия 4 и наведите курсор мыши на внешнее ребро фланца так, как показано на рисунке, пока в центре плоской грани стаканчика не подсветится точка 5. Нажмите ОК.

10. Теперь будет произведено построение четырех одинаковых отверстий диаметром $d1$ (табл. 3.1) с цековками на задней стороне фланца. Вызовите инструмент построения отверстия и щелкните левой кнопкой мыши по задней стороне фланца стаканчика (рис. 3.9).

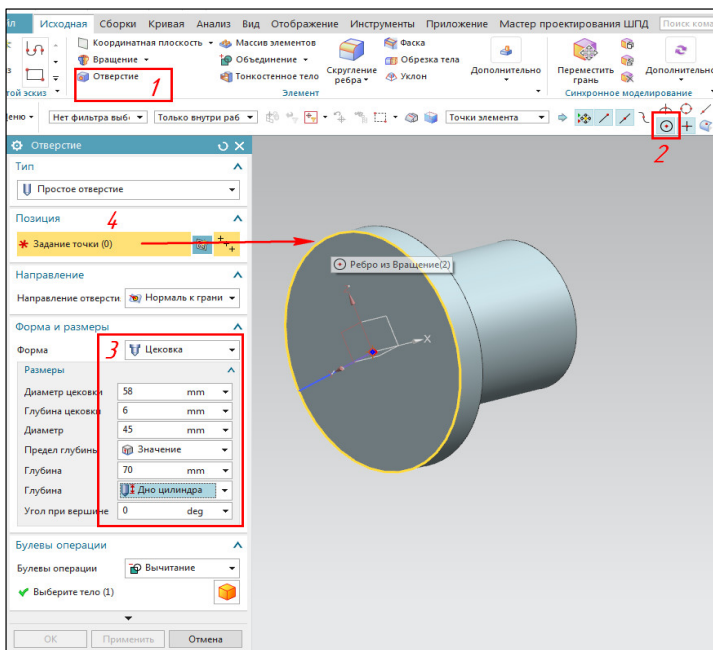


Рис. 3.8. Опции построения центрального отверстия с цевковкой

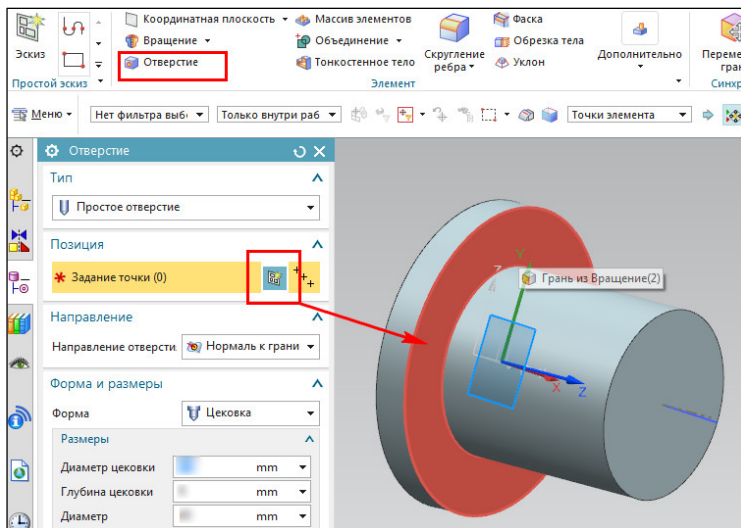


Рис. 3.9. Выбор плоскости построения центров четырех отверстий с цевками на фланце

Откроется окно определения плоскости, в которой необходимо построить центры будущих отверстий (рис. 3.10).

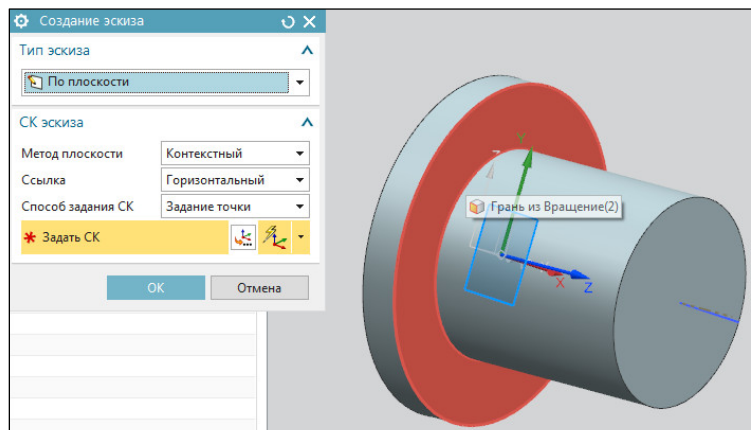


Рис. 3.10. Определение плоскости построения

11. В эскизе постройте четыре точки приблизительно в местах будущего обозначения центров (рис. 3.11).

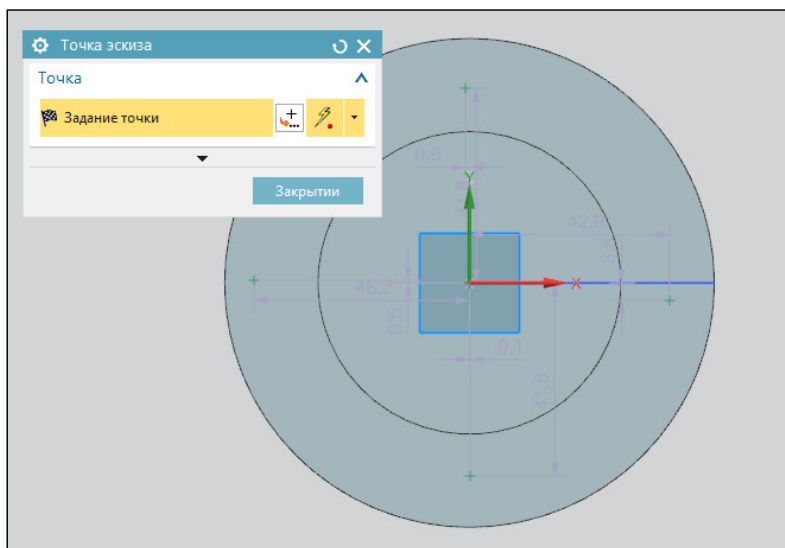


Рис. 3.11. Построение центров отверстий в эскизе

12. Из центра проекции фланца на плоскость модели (скорее всего, он также совпадет с центром локальной системы координат эскиза) постройте окружность диаметром 85 мм (значение $D2$ в табл. 3.1) так, как показано на рис. 3.12. Центры можно получить, создав из центра системы координат два горизонтальных и два вертикальных отрезка так, как показано на рисунке. Концы отрезка можно усечь или применить к ним ограничение расположения точки на кривой. Преобразуйте кривые во вспомогательные.

Получившиеся точки пересечения окружности и отрезков и будут искомыми центрами круглых отверстий с цековкой. Выберите ограничение на совпадение точек (рис. 3.13).

13.левой кнопкой мыши выберите точку, построенную в начале создания эскиза (рис. 3.14), затем необходимо вручную левой кнопкой мыши щелкнуть во вторую строку «Выбрать объект для ограничения», после чего в рабочем окне в эскизе выбрать точку пересечения окружности и вертикального отрезка.

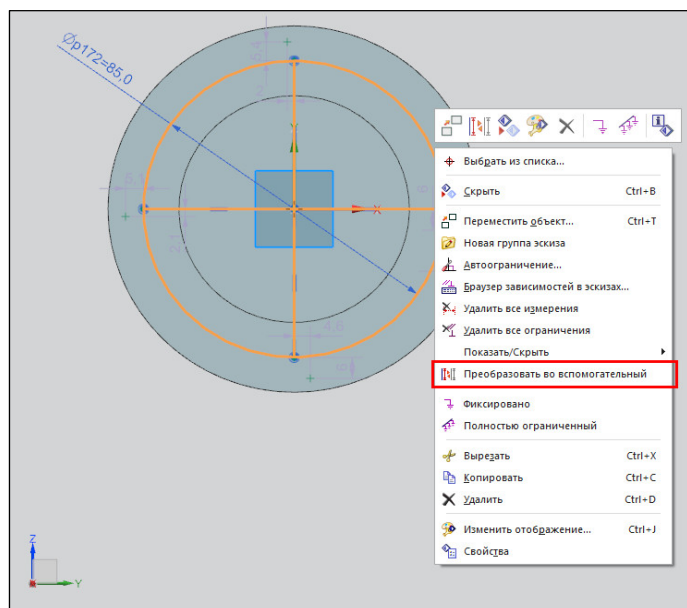


Рис. 3.12. Определение параметров вспомогательной геометрии для привязки центров окружностей

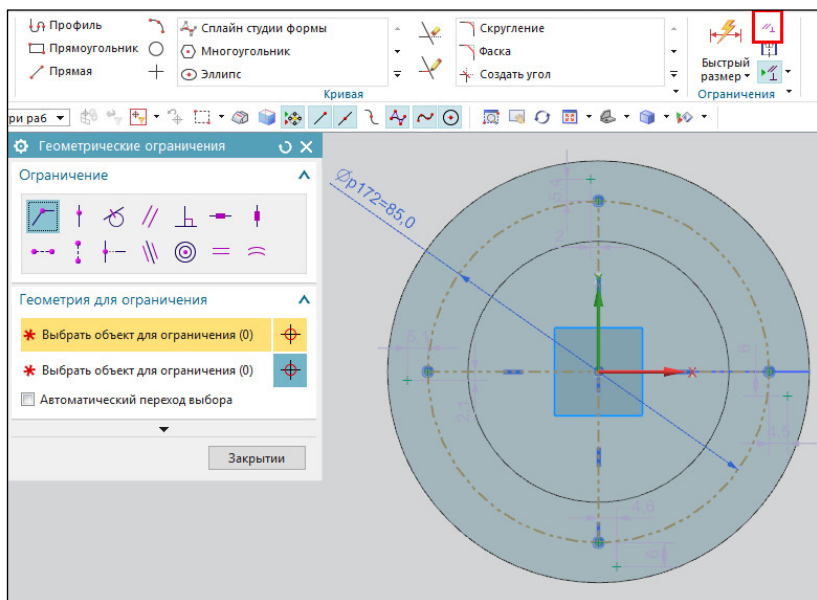


Рис. 3.13. Вызов окна определения геометрических ограничений

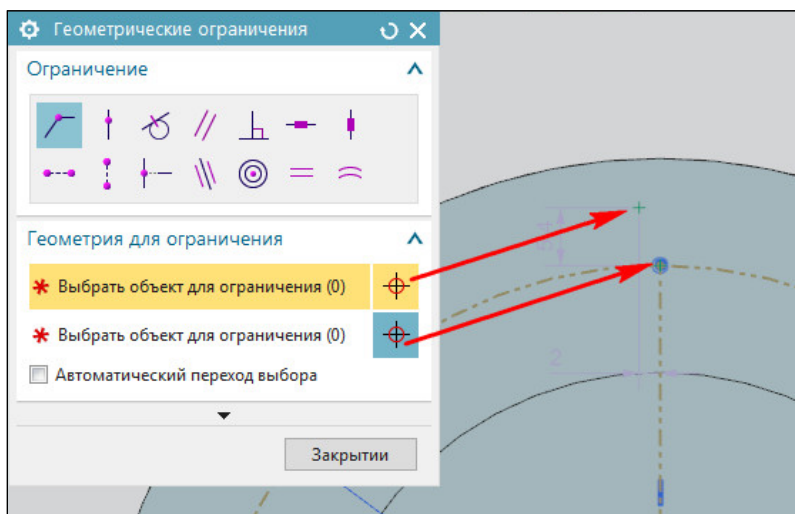


Рис. 3.14. Указание совпадения точек

14. Примените п. 13 к оставшимся точкам в эскизе так, чтобы получился эскиз, соответствующий рис. 3.15.

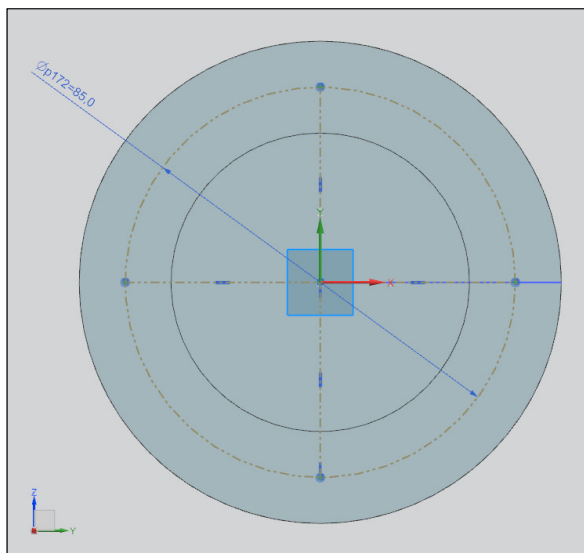


Рис. 3.15. Результат построения эскиза для определения центров отверстий на фланце

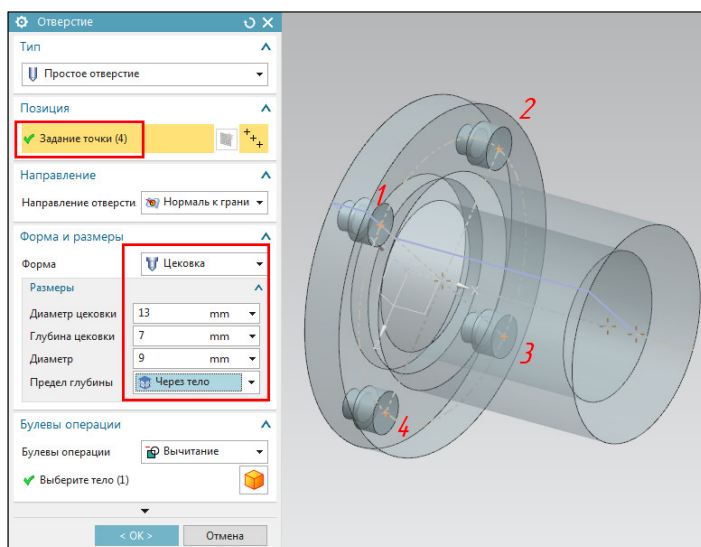


Рис. 3.16. Настройка размеров отверстий на фланце

15. Выйдите из режима создания эскиза. В окне определения параметров отверстия укажите следующие опции: диаметр цековки 13 мм, глубина цековки 7 мм ($h2$ в таблице вариантов), диаметр отверстия 9 мм, предел глубины – через тело. После этого нажмите кнопку ОК.

16. На вкладке «Исходная» вызовите инструмент построения скругления ребер (рис. 3.17). В окне определения скруглений задайте радиус 10 мм, в рабочем окне укажите ребро так, как показано на рисунке. Нажмите ОК.

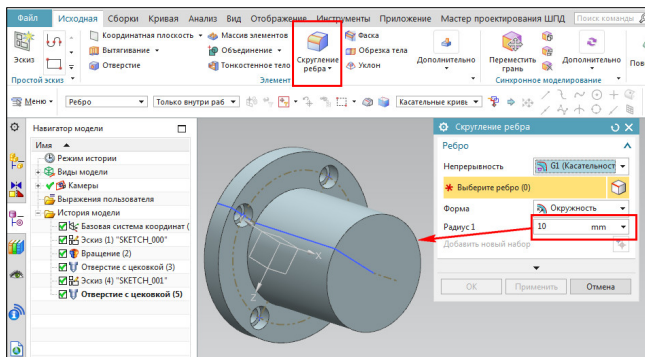


Рис. 3.17. Задание скругления ребра на стаканчике

17. Еще раз вызовите инструмент построения скруглений и, задав радиус 2,5 мм, выберите два ребра стаканчика так, как показано на рис. 3.18.

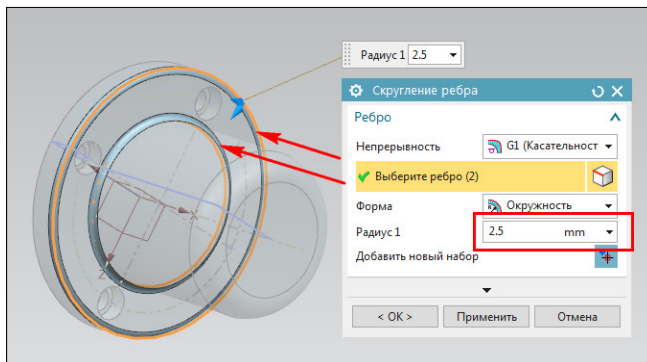


Рис. 3.18. Задание скругления ребер на фланце

18. Внутри большого отверстия сформируйте уклон. Для этого на вкладке «Исходная» (рис. 3.19) вызовите инструмент «Уклон» 1. В данном примере необходимо выбрать вектор X (рис. 3.19, 2). В качестве неизменяемой грани укажите плоскую грань цековки большого отверстия 3. Наклоняемой гранью 4 в данном примере будет цилиндрическая грань отверстия. Значение угла уклона α (рис. 3.19, 5) берется из табл. 3.1. После этого нажмите кнопку ОК.

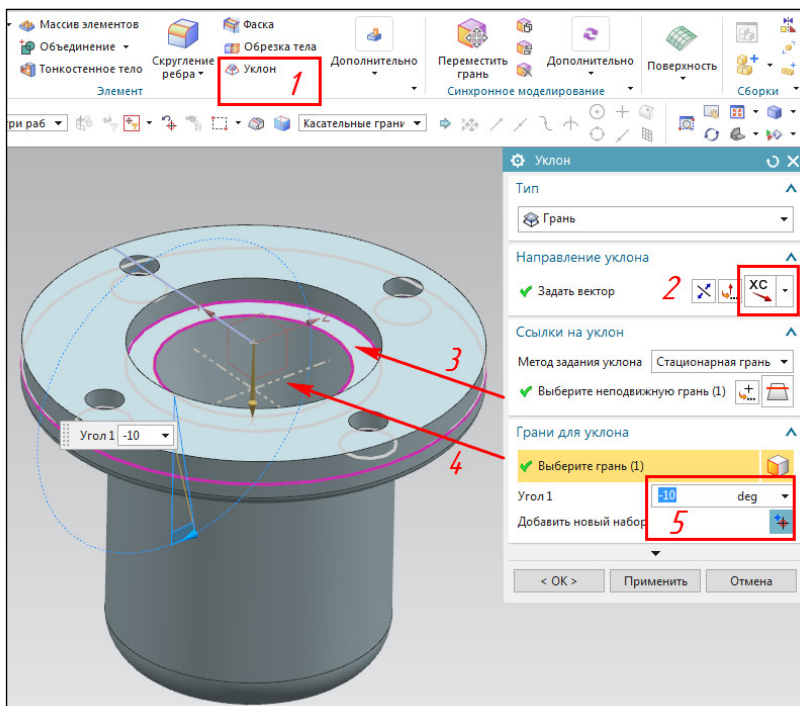


Рис. 3.19. Задание уклона стенки отверстия

Результат построения модели показан на рис. 3.20.

19. Сохраните модель в собственную директорию на компьютере под именем (ваша фамилия латиницей)_Zadanie_3.

20. Результаты лабораторной работы оформите в виде отчета в соответствии с требованиями (прил.).

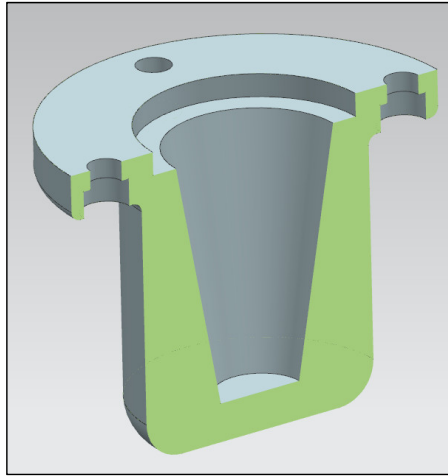


Рис. 3.20. Результат построения

Варианты заданий

Задание 3.1. Выполните построение модели стаканчика с фланцем по параметрам и размерам, указанным в табл. 3.1. Выберите значения параметров в соответствии с номером варианта.

Таблица 3.1

Варианты задания 3.1

Но- мер вари- анта	H , высота стакан- чика	$H1$, высота стакан- чика без фланца	D , ди- аметр большо- го от- верстия	$d1$, диаметр маленьких отверстий на фланце	$D2$, диа- метр рас- положения отверстий на фланце	$h2$, глу- бина цеков- ки	α , угол уклона
1	80	68	45	9	85	7	10
2	80	65	42	6	90	7	6
3	75	60	50	4	90	10	8
4	76	62	44	6	94	10	8
5	82	68	40	4	88	3	5
6	85	70	42	5	85	8	10
7	80	66	42	5	90	5	3
8	80	67	46	8	91	6	7

Окончание табл. 3.1

Но- мер вари- анта	H , высота стакан- чика	$H1$, высота стакан- чика без фланца	D , ди- аметр большо- го от- верстия	$d1$, диаметр маленьких отверстий на фланце	$D2$, диа- метр рас- положения отверстий на фланце	$h2$, глу- бина цеков- ки	α , угол уклона
9	78	65	48	8	85	6	5
10	78	64	45	7	90	7	5
11	76	68	45	7	86	7	4
12	86	73	38	9	92	6	5
13	82	69	52	9	88	5	8
14	78	70	42	5	89	4	8
15	80	67	48	5	92	4	9
16	84	75	43	5	90	8	4
17	78	65	46	6	85	3	4
18	82	70	40	7	93	7	9
19	82	60	45	7	90	8	6
20	86	68	45	9	85	5	5
21	80	70	40	5	86	7	3
22	85	75	46	6	94	3	7
23	76	65	38	6	90	4	6
24	80	64	42	9	96	9	4
25	78	67	44	7	87	6	4
26	82	67	40	8	85	10	10
27	84	60	42	5	88	9	4
28	84	72	42	8	92	6	6
29	82	62	42	6	91	5	3
30	80	70	45	5	90	8	5

Задание 3.2. Постройте модель по параметрам и размерам, показанным на рис. 3.21. Выберите значения параметров в табл. 3.2 в соответствии с вариантом.

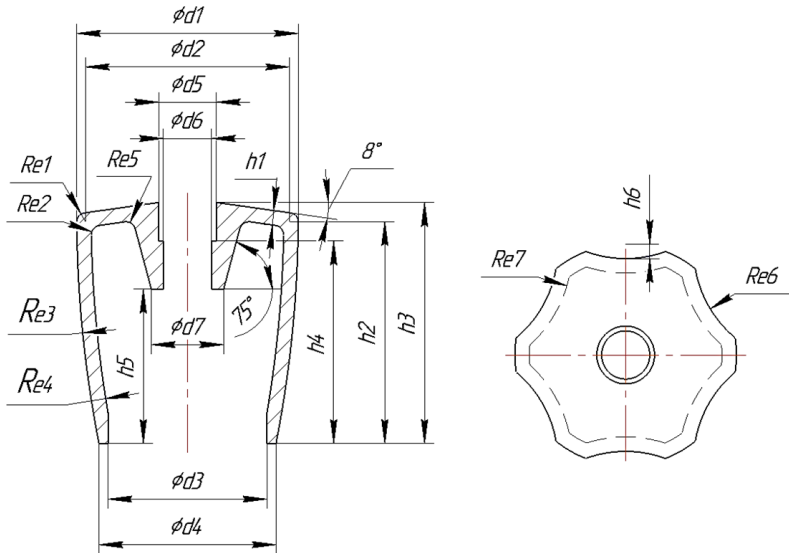


Рис. 3.21. Чертеж модели

Таблица 3.2

Варианты задания 3.2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d1	46	9,2	18,4	27,6	36,8	55,2	64,4	73,6	82,8	92	101,2	110,4	119,6	128,8	138
d2	42,4	8,48	16,96	25,44	33,92	50,88	59,36	67,84	76,32	84,8	93,28	101,76	110,24	118,72	127,2
d3	33	6,6	13,2	19,8	26,4	39,6	46,2	52,8	59,4	66	72,6	79,2	85,8	92,4	99
d4	36,76	7,352	14,704	22,056	29,408	44,112	51,464	58,816	66,168	73,52	80,872	88,224	95,576	102,928	110,28
d5	12	2,4	4,8	7,2	9,6	14,4	16,8	19,2	21,6	24	26,4	28,8	31,2	33,6	36
d6	10	2	4	6	8	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
d7	15	3	6	9	12	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
h1	3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,8	8,4	9
h2	46,05	9,21	18,42	27,63	36,84	55,26	64,47	73,68	82,89	92,1	101,31	110,52	119,73	128,94	138,15
h3	50	10	20	30	40	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
h4	42	8,4	16,8	25,2	33,6	50,4	58,8	67,2	75,6	84	92,4	100,8	109,2	117,6	126
h5	32	6,4	12,8	19,2	25,6	38,4	44,8	51,2	57,6	64	70,4	76,8	83,2	89,6	96
h6	3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,6	4,2	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,8	8,4	9
e1	1,8	0,36	0,72	1,08	1,44	2,16	2,52	2,88	3,24	3,6	3,96	4,32	4,68	5,04	5,4
e2	2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6
e3	247	49,4	98,8	148,2	197,6	296,4	345,8	395,2	444,6	494	543,4	592,8	642,2	691,6	741
e4	244	48,8	97,6	146,4	195,2	292,8	341,6	390,4	439,2	488	536,8	585,6	634,4	683,2	732
e5	2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4	2,8	3,2	3,6	4	4,4	4,8	5,2	5,6	6
e6	24	4,8	9,6	14,4	19,2	28,8	33,6	38,4	43,2	48	52,8	57,6	62,4	67,2	72
e7	27	5,4	10,8	16,2	21,6	32,4	37,8	43,2	48,6	54	59,4	64,8	70,2	75,6	81

Окончание табл. 3.2

№	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
d1	147,2	156,4	165,6	174,8	184	193,2	202,4	211,6	220,8	230	239,2	248,4	257,6	266,8	276
d2	135,6	144,16	152,64	161,12	169,6	178,08	186,56	195,04	203,52	212	220,48	228,96	237,44	245,92	254,4
d3	105,6	112,2	118,8	125,4	132	138,6	145,2	151,8	158,4	165	171,6	178,2	184,8	191,4	198
d4	117,6	124,98	132,33	139,68	147	154,39	161,74	169,09	176,44	183,8	191,15	198,5	205,85	213,2	220,5
d5	38,4	40,8	43,2	45,6	48	50,4	52,8	55,2	57,6	60	62,4	64,8	67,2	69,6	72
d6	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
d7	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90
h1	9,6	10,2	10,8	11,4	12	12,6	13,2	13,8	14,4	15	15,6	16,2	16,8	17,4	18
h2	147,3	156,57	165,78	174,99	184,2	193,41	202,62	211,83	221,04	230,2	239,46	248,67	257,88	267,09	276,3
h3	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
h4	134,4	142,8	151,2	159,6	168	176,4	184,8	193,2	201,6	210	218,4	226,8	235,2	243,6	252
h5	102,4	108,8	115,2	121,6	128	134,4	140,8	147,2	153,6	160	166,4	172,8	179,2	185,6	192
h6	9,6	10,2	10,8	11,4	12	12,6	13,2	13,8	14,4	15	15,6	16,2	16,8	17,4	18
e1	5,76	6,12	6,48	6,84	7,2	7,56	7,92	8,28	8,64	9	9,36	9,72	10,08	10,44	10,8
e2	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10	10,4	10,8	11,2	11,6	12
e3	790,4	839,8	889,2	938,6	988	1037,4	1086,8	1136,2	1185,6	1235	1284,4	1333,8	1383,2	1432,6	1482
e4	780,8	829,6	878,4	927,2	976	1024,8	1073,6	1122,4	1171,2	1220	1268,8	1317,6	1366,4	1415,2	1464
e5	6,4	6,8	7,2	7,6	8	8,4	8,8	9,2	9,6	10	10,4	10,8	11,2	11,6	12
e6	76,8	81,6	86,4	91,2	96	100,8	105,6	110,4	115,2	120	124,8	129,6	134,4	139,2	144
e7	86,4	91,8	97,2	102,6	108	113,4	118,8	124,2	129,6	135	140,4	145,8	151,2	156,6	162

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется вспомогательной геометрией в эскизах? Какая кривая не может быть вспомогательной?
2. Опишите алгоритм и минимальный набор объектов для создания тел вращения.
3. Что называется конструктивным элементом в САПР? Приведите примеры таких элементов.
4. Назовите способы создания сквозного цилиндрического отверстия в САПР.
5. Как перенести отверстие, полученное с помощью одноименной опции, из одного места модели в другое?

Рекомендуемая литература

1. Берлинер, Э.М. САПР конструктора-машиностроителя : учеб. для студентов вузов / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – Москва : Форум, 2015. – 287 с.
2. Почекуев, Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
3. Почекуев, Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 331 с.
4. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 504 с.

Лабораторная работа 4

Формирование параметризованной модели сборки штампа

Цель работы – приобретение навыков работы в модуле NX Assembly в области формирования сборочной 3D-модели.

Задачи работы:

- 1) построить параметризованные модели деталей сборки;
- 2) выполнить сборку компонентов, используя инструменты опции «Сопряжения»;
- 3) провести проверку возможности получения новой параметризованной конструкции штампа за счет изменения параметров деталей сборки.

Теоретическая основа выполнения лабораторной работы

Моделирование сборочных изделий в NX выполняется в специальном модуле «Сборки». В NX сборка является файлом детали, который содержит компоненты. Компонент является ссылкой на соответствующий файл детали компонента, т. е. геометрия компонентов не хранится в файле сборки, что в значительной мере повышает производительность системы. Файл сборки ничем не отличается от файла компонента, в нём также может быть определена своя геометрия.

Сборка представляет собой иерархическую структуру, на разных уровнях которой находятся компоненты – под сборки или детали. При формировании сборки могут использоваться несколько подходов. В первом случае структура сборки получается путем добавления компонентов в сборку (технология «снизу вверх»); во втором – разработка начинается с моделирования структуры сборки (технология «сверху вниз»), за которым следует постепенное наполнение сборки геометрией ее компонентов; третий подход представляет собой комбинацию первых двух.

Методология «снизу вверх» чаще используется при создании моделей сборок простых изделий с малым количеством компонентов. При работе с большим числом сложно согласованной геометрии компонентов сборки рекомендуется использовать подход «сверху вниз» с постепенной детализацией формы и состава изделия [4].

Порядок выполнения работы

Чертеж упрощенной конструкции штампа для свободной гибки (рис. 4.1–4.5) является основой для создания параметризованной пространственной модели в программе NX.

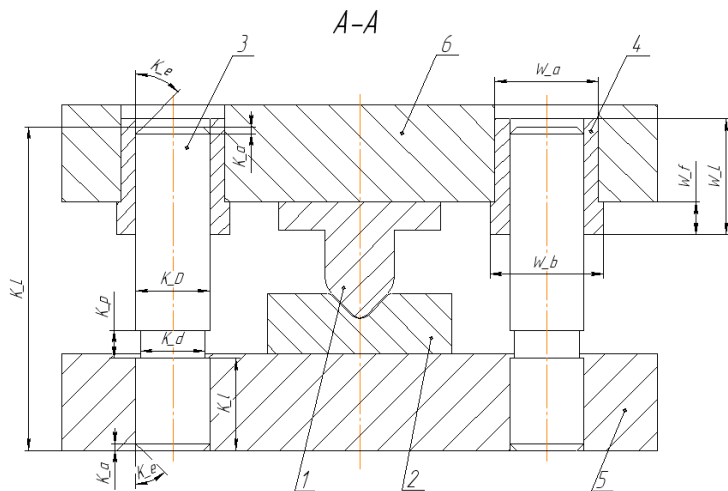


Рис. 4.1. Разрез штампа: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – колонка направляющая; 4 – втулка направляющая; 5 – плита низа; 6 – плита верх

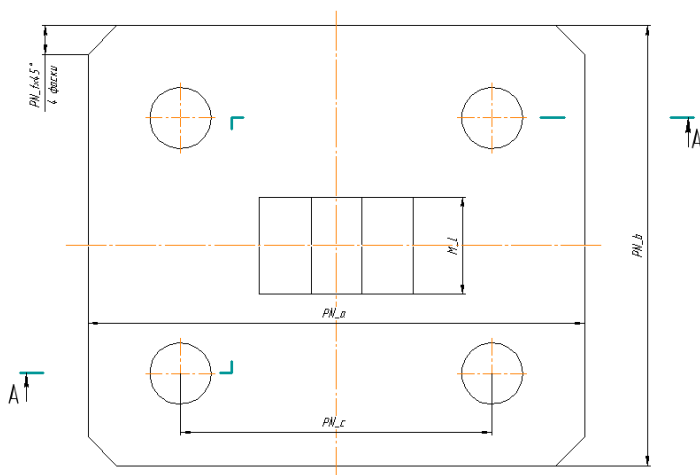


Рис. 4.2. Нижняя половина штампа

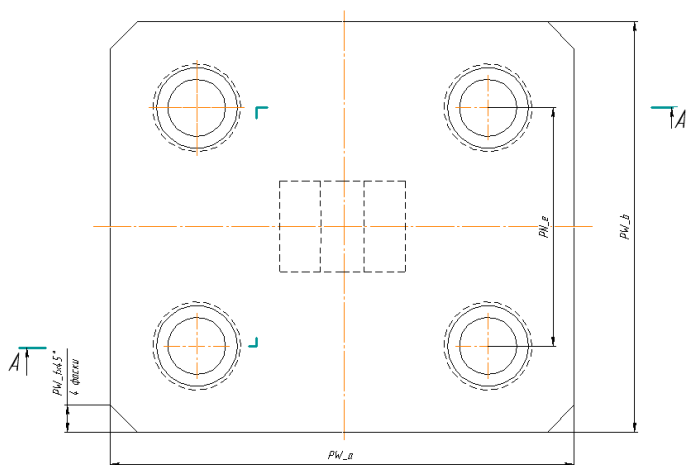


Рис. 4.3. Верхняя половина штампа

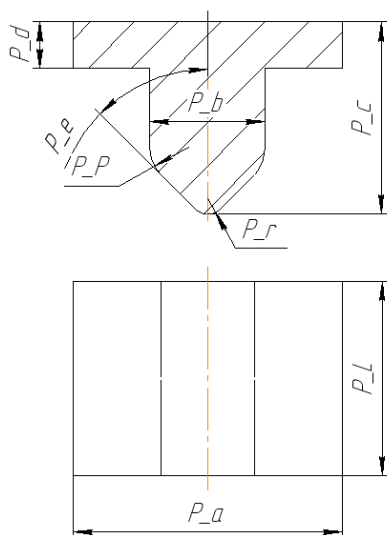


Рис. 4.4. Пуансон

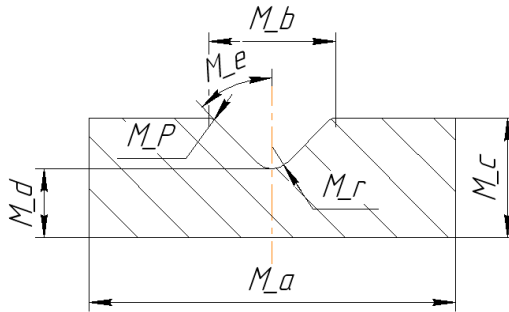


Рис. 4.5. Матрица

1. Создайте новый файл, в котором будет построена модель пуансона.

2. Во вкладке «Инструменты» активируйте опцию «Выражения». В таблицу выражений внесите параметры пуансона (рис. 4.6), а также относящиеся к ним значения или формулы, представленные ниже в разделе «Варианты заданий». Сформированные таким образом параметры представляют собой информационную базу для моделирования параметрических объектов. Необходимо отметить, что единицы параметра P_e должны быть указаны в градусах.

№	Имя	Формула	Значение	Единицы	Размерность	Тип	Источник
1	Группа по и...						
2	P_f	4	4	мм	Длина	Число	
3	P_{f2}	2	2	мм	Длина	Число	
4	P_{r1}	40	40	градусы	Угол	Число	
5	P_{r2}	12	12	мм	Длина	Число	
6	P_{r3}	50	50	мм	Длина	Число	
7	P_b	30	30	мм	Длина	Число	
8	P_a	70	70	мм	Длина	Число	
9	P_p	10	10	мм	Длина	Число	
10				мм	Длина	Число	

Рис. 4.6. Таблица выражений

3. Во вкладке «Исходная» выберите функцию «Эскиз» для получения доступа к инструментам формирования 2D-геометрии (сечения пуансона). Укажите рабочую плоскость эскиза. Выбор плоскости подтвердите нажатием клавиши ОК.

4. С помощью геометрических примитивов (рис. 4.7) создайте эскиз половины сечения пуансона по произвольным размерам (рис. 4.8).

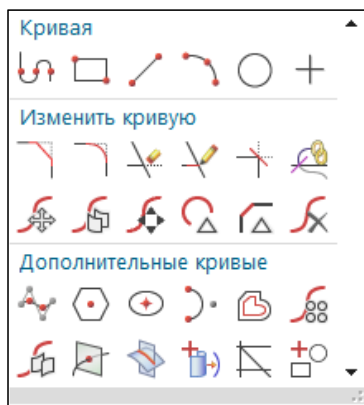


Рис. 4.7. Базовые инструменты среды «Эскиз»

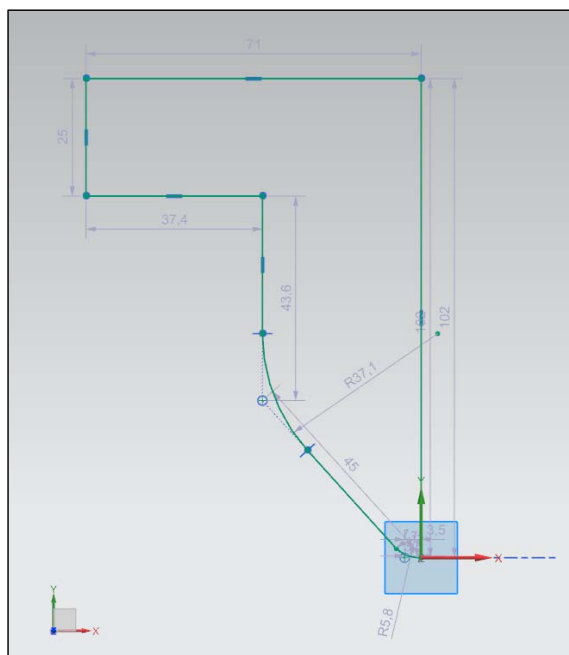


Рис. 4.8. Эскиз половины сечения пуансона

5. Выполните параметризацию эскиза. Для этого активируйте параметр размера двойным щелчком ЛКМ, вместо численного значения внесите соответствующий параметр геометрии (рис. 4.9). Результат параметризации пуансона представлен на рис. 4.10. Для удаления лишних размеров, установленных программой, отключите опцию «Непрерывное автообмеривание» (рис. 4.11), выделите ненужный размер и нажмите кнопку Delete на клавиатуре. Для установки отсутствующего размера используйте опции группы «Размеры». Установите размер, затем в активном поле укажите имя параметра. Необходимо заметить, что, изменяя значения в таблице выражений, пользователь получает возможность генерировать новую модель без непосредственного редактирования геометрии.

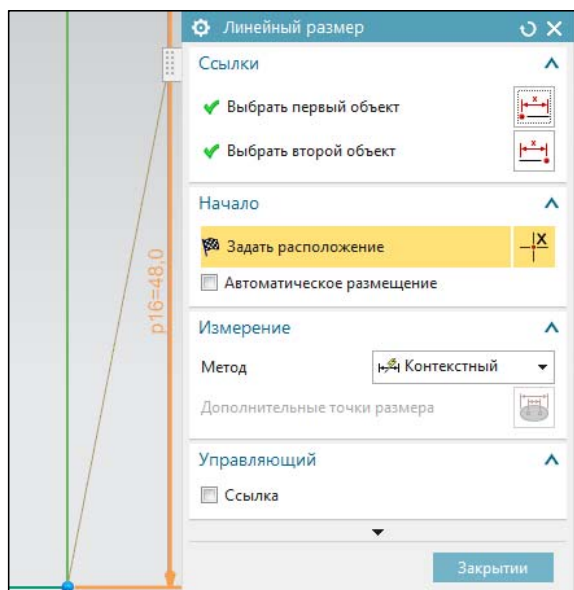


Рис. 4.9. Замена численного значения пользовательским параметром

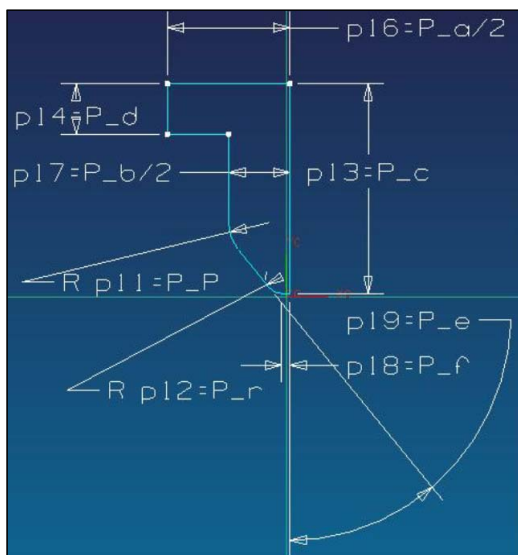


Рис. 4.10. Результат параметризации половины сечения эскиза пуансона

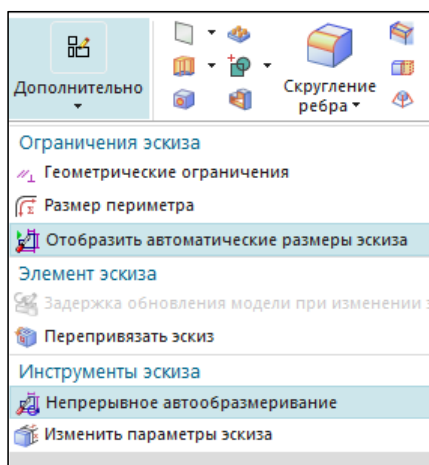


Рис. 4.11. Отмена действия опции «Непрерывное автообразмеривание»

6. Создайте вторую половину эскиза. Во вкладке «Исходная» выберите опцию «Зеркальная кривая» (рис. 4.12). В окне диалога «Зеркальная кривая» активируйте опцию «Выбрать кривую», далее курсором укажите кривую для отражения (кривые эскиза, кроме центрального отрезка). Активируйте функцию «Выберите ось», затем курсором выделите центральный отрезок эскиза. Результат построения представлен на рис. 4.13.

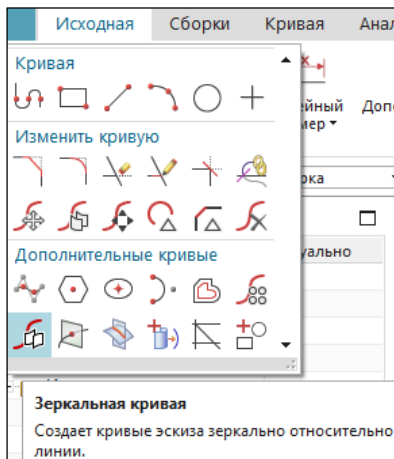


Рис. 4.12. Активация опции «Зеркальная кривая»

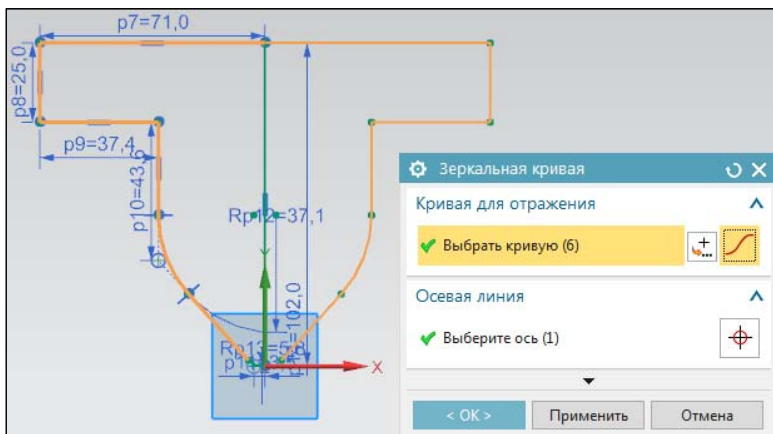


Рис. 4.13. Формирование зеркальной геометрии

7. Завершите работу в эскизе с помощью вызова опции «Готово».
8. Введите дополнительный параметр в меню «Выражения», который определит длину пуансона: $P_L = 40$ мм.
9. Создайте тело модели. Для этого вызовите опцию «Вытягивание», которая позволяет получать пространственную геометрию на основании ранее созданного контура. В окне диалога «Вытягивание» с помощью функции «Выбрать кривую» укажите внешний контур эскиза. Затем выберите вектор, вдоль которого будет происходить вытягивание тела. Укажите расстояние, на которое будет осуществлено вытягивание. Для этого в поле ввода «Расстояние» внесите параметр P_L (рис. 4.14). Результат операции вытягивания представлен на рис. 4.15.

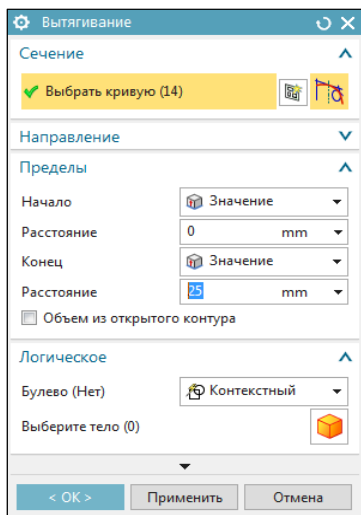


Рис. 4.14. Внесение параметров в окне диалога «Вытягивание»

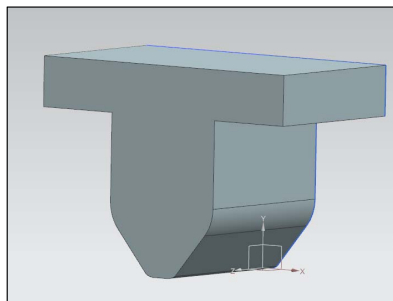


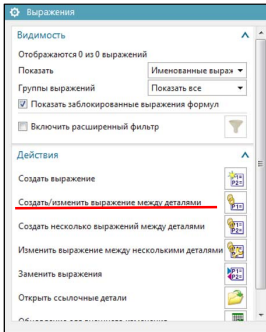
Рис. 4.15. 3D-модель пуансона

Полученная модель является параметризованной. Например, изменяя значение длины пуансона (P_L) в окне таблицы «Выражения», программа автоматически генерирует новую геометрию инструмента.

10. Файл с 3D-геометрией пуансона сохраните и закройте.

11. Создайте файл для 3D-модели матрицы. Построение матрицы выполняйте в той же последовательности, что и формирование пуансона.

12. Создайте таблицу параметров матрицы. Для улучшения качества проектных работ используйте прием, позволяющий работать с единой базой данных. Взаимосвязи между параметрами геометрии, которые сохранены в разных файлах, установите за счет использования ссылок. Например, параметр M_r матрицы равен $P_r + S$, где P_r – радиус пуансона, S – толщина металла ($S = 0,5$ мм). Значение P_r сохранено в файле, содержащем геометрию пуансона. Для возможности использования этого параметра устанавливается ссылка на эту величину. Список выражений для матрицы с учетом введенных ссылок изображен на рис. 4.16.



Имя	Формула	Значение	Един...	Тип
M_a	80	80	мм	Число
M_b	"Puanson":P_b	30	мм	Число
M_c	26	26	мм	Число
M_d	15	15	мм	Число
M_e	"Puanson":P_e	40	град	Число
M_f	"Puanson":P_f	2	мм	Число
M_L	"Puanson":P_L	40	мм	Число
M_P	2	2	мм	Число
M_r	"Puanson":P_r	4	мм	Число
S	0,5	0,5	мм	Число

Рис. 4.16. Таблица выражений матрицы

13. Сформируйте эскиз половины сечения матрицы по произвольным параметрам. Затем выполните его параметризацию (рис. 4.17).

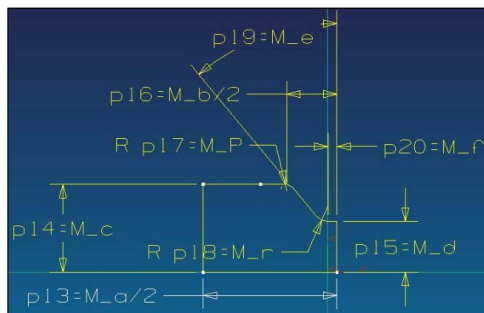


Рис. 4.17. Параметризованный эскиз половины сечения матрицы

14. Создайте зеркальную геометрию второй половины сечения матрицы (рис. 4.18).

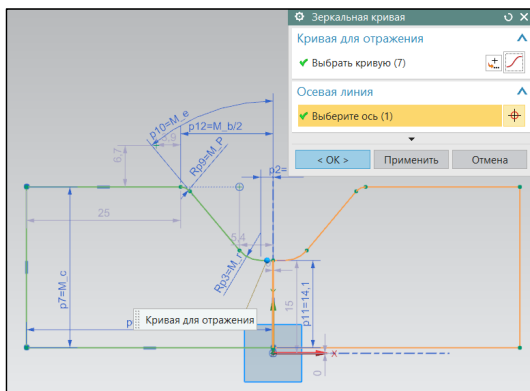


Рис. 4.18. Создание зеркальной геометрии второй половины сечения матрицы

15. Создайте твердое тело с помощью опции «Вытягивание». Величину вытягивания задайте с помощью параметра M_L . Результат построения матрицы представлен на рис. 4.19.

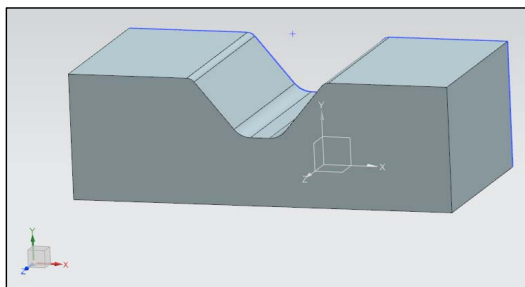


Рис. 4.19. 3D-модель матрицы

16. Создайте 3D-модель направляющей колонки в отдельном файле, следуя алгоритму построения пуансона и матрицы, за исключением типа операции, предназначенной для получения пространственной модели. Параметризованный эскиз направляющей колонки выполните с использованием параметров таблицы выражений (рис. 4.20, 4.21).

№	Имя	Формула	Значение	Единицы	Размерность	Тип	Источник
1	Группа по ун...						
2	K_д	3	3	мм	Длина	Число	
3	K_в	28	28	мм	Длина	Число	
4	K_Д	32	32	мм	Длина	Число	
5	K_е	45	45	градусы	Под углом	Число	
6	K_ж	140	140	мм	Длина	Число	
7	K_к	40	40	мм	Длина	Число	
8	K_р	12	12	мм	Длина	Число	
9							

Рис. 4.20. Таблица выражений направляющей колонки

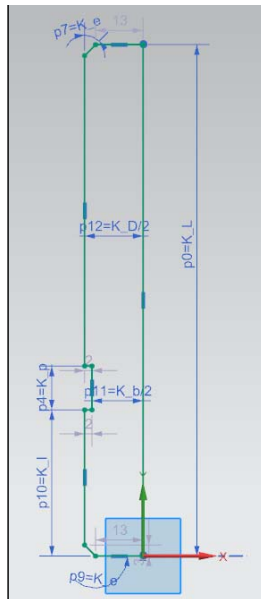


Рис. 4.21. Параметризованный эскиз половины сечения колонки

17. Выполните построение тела модели с помощью опции «Вращение». В окне диалога «Вращение» выберите контур эскиза, задайте вектор, относительно которого будет вращаться эскиз, а так-

же укажите точку центра вращения тела (рис. 4.22). Итоговый вид направляющей колонки изображен на рис. 4.23.

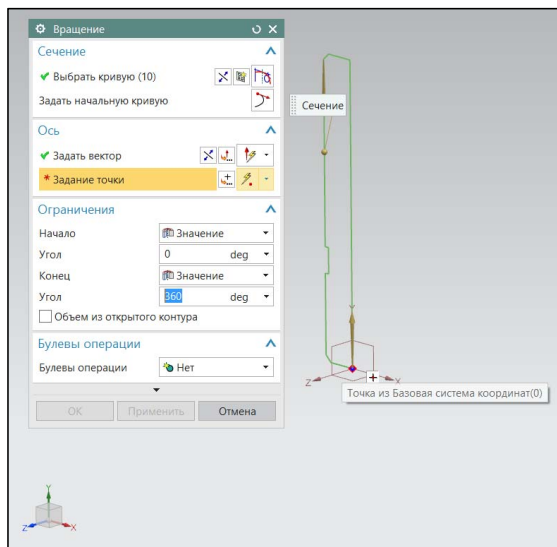


Рис. 4.22. Указание параметров в окне диалога «Вращение»

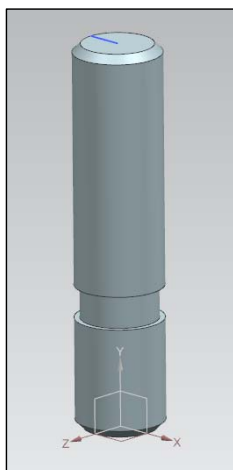


Рис. 4.23. 3D-модель направляющей колонки

18. Создайте 3D-модель направляющей втулки в отдельном файле, следуя алгоритму построения направляющей колонки, и заполните таблицу выражений (рис. 4.24). Диаметр отверстия втулки укажите по ссылке к соответствующему диаметру колонки без учета величины посадки. Параметризованный эскиз половины сечения направляющей втулки изображен на рис. 4.25. Укажите параметры в окне диалога «Вращение» (рис. 4.26). Окончательный вариант 3D-модели втулки представлен на рис. 4.27.

↑	Имя	Формула
1	Группа по ум...	
2	W_a	45
3	W_b	W_a+4
4	W_D	"Колонка"::K_D
5	W_f	14
6	W_L	50

Рис. 4.24. Таблица выражений направляющей втулки

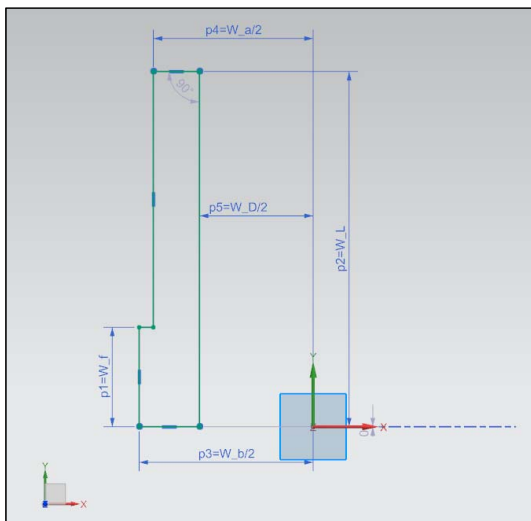


Рис. 4.25. Параметризованный эскиз половины сечения втулки

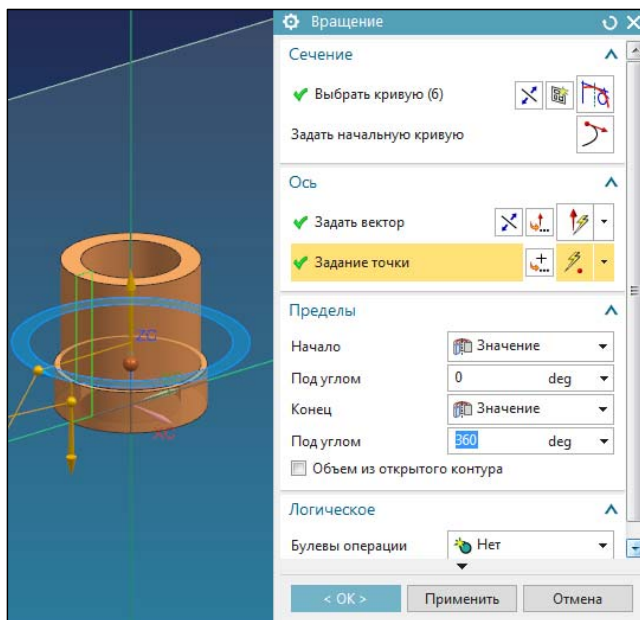


Рис. 4.26. Указание параметров в окне диалога «Вращение»

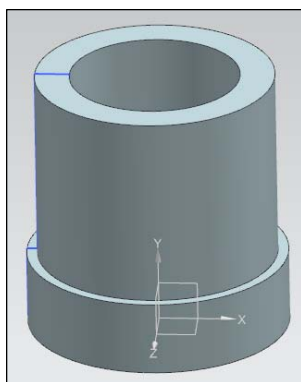


Рис. 4.27. 3D-модель направляющей втулки

19. Построение тела плиты низа выполните в отдельном файле. Формирование 3D-модели осуществите на основании эскиза внешнего контура объекта. Для этого заполните таблицу выражений (рис. 4.28). На плоскости сформируйте только 1/4 внешнего контура плиты (рис. 4.29).

↑ Имя	Формула	Значение	Единицы	Размерность	Тип	Источник
1	Группа по ум...					
2			мм	Длина	Число	
3	K_D (транзитивность)	32		Постоянная	Число	"Колонка"::K_D
4	M_a (транзитивность)	80		Постоянная	Число	"Матрица"::M_a
5	M_L (транзитивность)	50		Постоянная	Число	"Матрица"::M_L
6	PN_a PN_c+PN_D+100	294		Постоянная	Число	
7	PN_b PN_e+PN_D+100	264		Постоянная	Число	
8	PN_c K_D+M_a+50	162		Постоянная	Число	
9	PN_D K_D	32		Постоянная	Число	
10	PN_e M_L+K_D+50	132		Постоянная	Число	
11	PN_f 15	15		Постоянная	Число	
12	PN_H 42	42		Постоянная	Число	

Рис. 4.28. Таблица выражений плиты низа

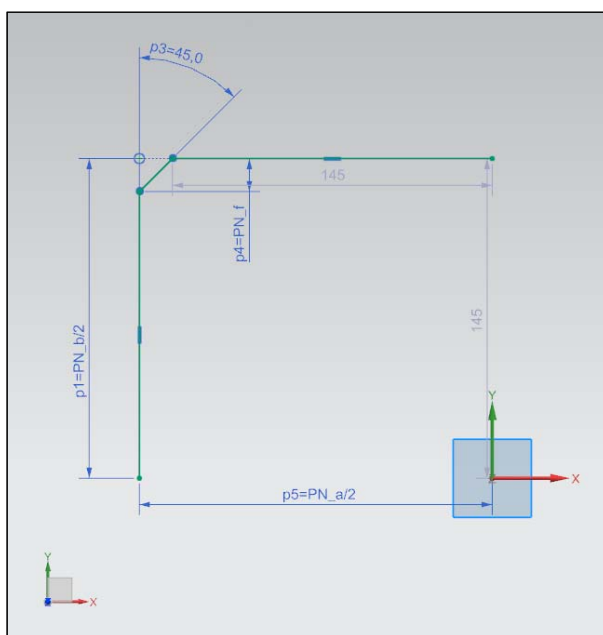


Рис. 4.29. Параметризованный эскиз 1/4 внешнего контура плиты низа

20. За счет симметричного поэтапного отражения создайте цельный контур (рис. 4.30).

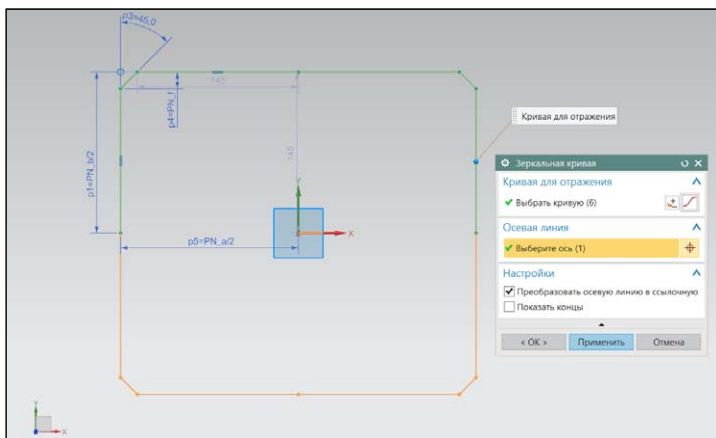


Рис. 4.30. Формирование симметричных частей внешнего контура плиты низа

21. Методом «Вытягивание» создайте объемную модель высотой, соответствующей параметру PN_H (рис. 4.31).

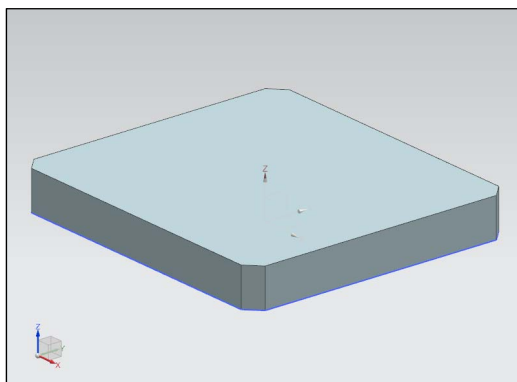


Рис. 4.31. 3D-модель плиты низа

22. Выполните установку отверстий. Для этого вызовите последовательность опций: «Меню» – «Вставить» – «Элементы проектирования» – «Отверстие». В окне диалога «Отверстие» активируйте опцию «Задание точки», выберите грань, на которой будут позиционироваться отверстия. Отметим, что первоначальное положение отверстия было выбрано программой по месту указания курсором грани. В окно

горизонтального размера введите формулу $(PN_a - PN_c)/2$, определяющую расстояние от центра отверстия до ребра (рис. 4.32). В окно вертикального размера внесите формулу $(PN_b - PN_e)/2$ (рис. 4.33). Завершите работу в среде эскиза с помощью опции «Готово».

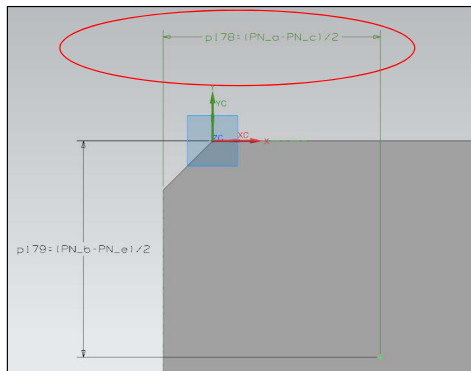


Рис. 4.32. Позиционирование отверстия вдоль горизонтальной оси

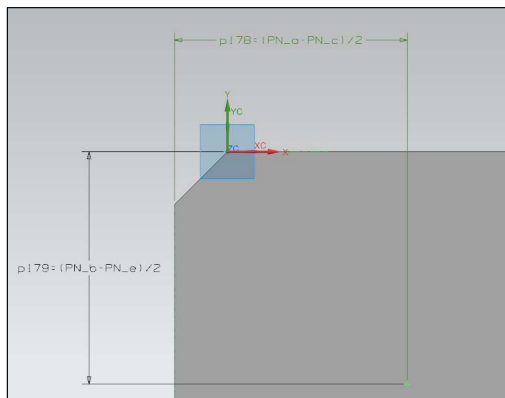


Рис. 4.33. Позиционирование отверстия вдоль вертикальной оси

23. В окне диалога «Отверстие» в поле ввода «Диаметр» укажите параметр PN_D . Глубину отверстия назначьте равной высоте плиты низа (PN_H). Угол при вершине отверстия оставьте по умолчанию равным 118° . Результат работы опции «Отверстие» представлен на рис. 4.34.

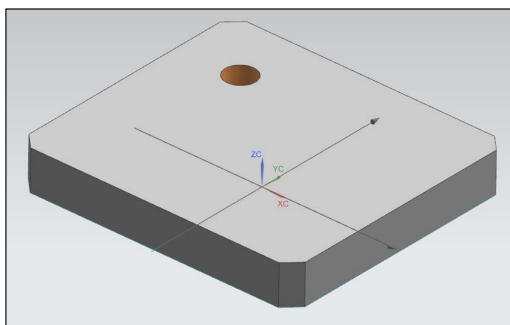


Рис. 4.34. Результат работы опции «Отверстие»

24. Формирование оставшихся трех отверстий выполните с помощью опций: «Меню» – «Вставить» – «Ассоциативная копия» – «Элемент массива». Заметим, что для данного вида массива наиболее подходящим по типу позиционирования является компоновка «Линейный». В окне диалога «Массив элементов» введите количество элементов массива вдоль осей, а также величины смещения. Смещение вдоль оси X равно параметру PN_c , вдоль оси Y – PN_e (рис. 4.35). Результат создания массива отверстий показан на рис. 4.36.

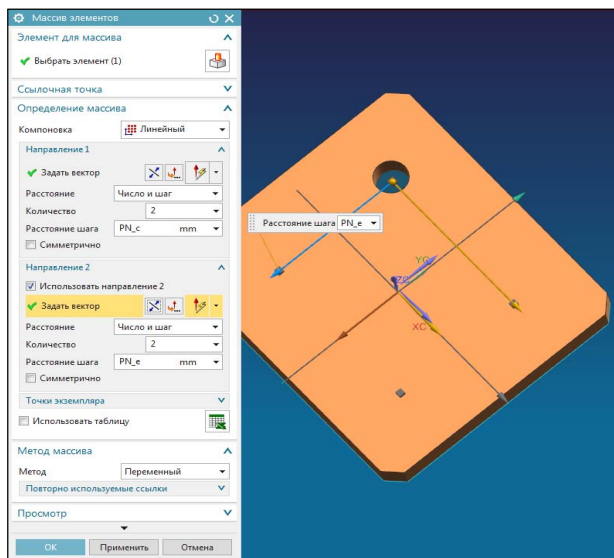


Рис. 4.35. Формирование массива отверстий

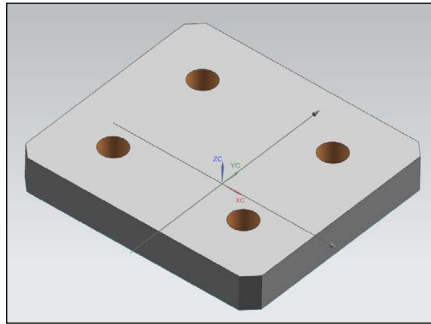


Рис. 4.36. Результат создания массива отверстий

25. Сохраните файл с геометрией плиты низа.

26. Моделирование плиты верха выполните на основании геометрии плиты низа, так как размеры, форма, положение отверстий у этих объектов в данной работе идентичны. Для решения этой задачи создается копия файла плиты низа, которой назначается индивидуальное имя (например, Plita_Verha).

27. Откройте файл Plita_Verha.prt. В плите верха предусматриваются отверстия под направляющие втулки.

28. Выполните редактирование параметра PN_D в окне «Выражения». Осуществите замену ссылки $PN_D=Kolonka::K_D$ на $PN_D=Wtulka::W_a$ (рис. 4.37). Перегенерация параметров плиты приводит к результату, представленному на рис. 4.38.

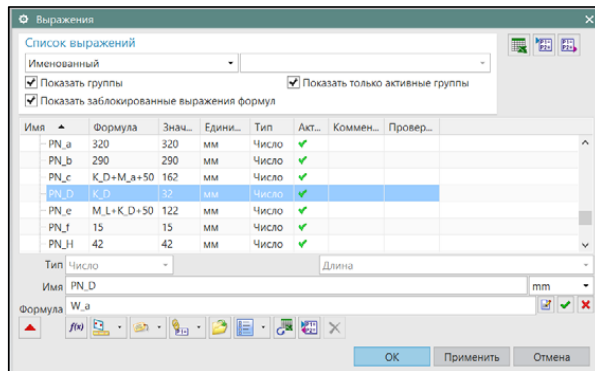


Рис. 4.37. Редактирование параметров плиты верха

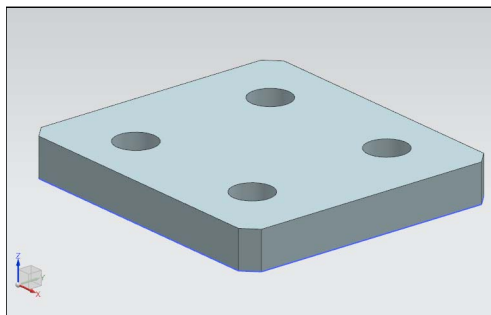


Рис. 4.38. 3D-модель плиты верха

29. Сохраните файл с геометрией плиты верха.

30. Для выполнения сборки штампа создайте новый файл, например Sborka_Stamp_NX.

31. В качестве первого объекта сборки загрузите в файл плиту низа штампа, так как эта деталь является опорной для ряда других. Для этого вызовите опцию «Добавить» (рис. 4.39). В окне диалога «Добавить компонент» запустите опцию «Открыть», выберите файл с геометрией плиты низа (рис. 4.40). Загрузите плиту в начало абсолютной системы координат (список «Позиционирование»). Добавьте из файла только геометрию твердого тела плиты, т. е. укажите ссылочный набор «Модель».

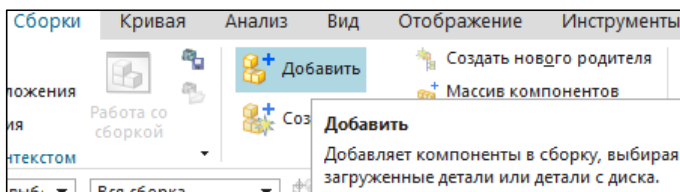


Рис. 4.39. Активация опции «Добавить»

32. В качестве второго компонента сборки загрузите матрицу. Активируйте опцию «Добавить», выберите файл с геометрией матрицы. Установите матрицу в начало абсолютной системы координат. Результат загрузки матрицы представлен на рис. 4.41. Необходимо отметить, что взаимное положение тел матрицы и пуансона может отличаться от представленного на рис. 4.41 ввиду различного

положения геометрии объектов в своих файлах относительно абсолютной системы координат.

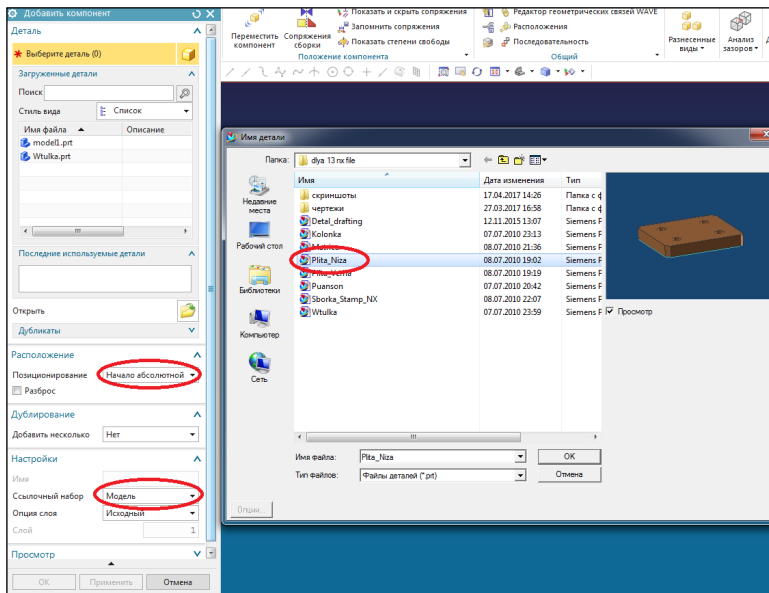


Рис. 4.40. Загрузка модели плиты низа в сборочный файл

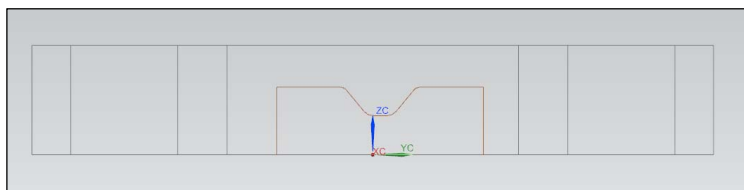


Рис. 4.41. Сборка матрицы и плиты низа

33. Выполните позиционирование матрицы и плиты низа вдоль оси Z. Вызовите опцию «Сопряжения сборки». Выберите способ позиционирования «Вываживание по касанию». Укажите первой грань матрицы (рис. 4.42), затем – верхнюю грань плиты (рис. 4.43). Результат позиционирования представлен на рис. 4.44.

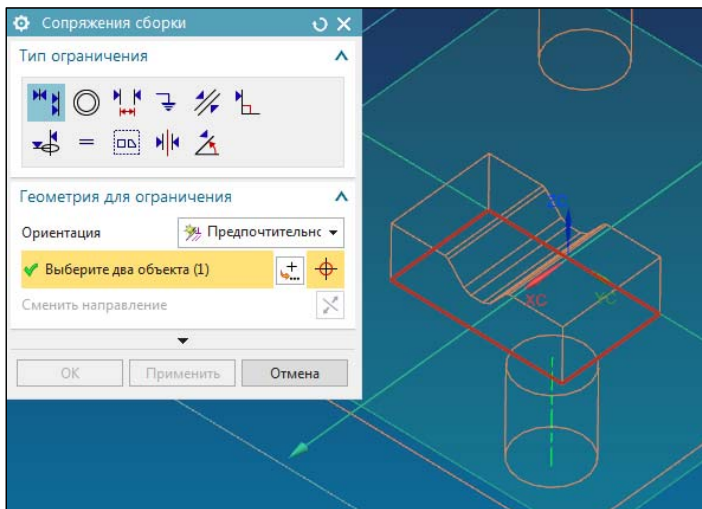


Рис. 4.42. Выделение грани матрицы для позиционирования объектов вдоль оси Z

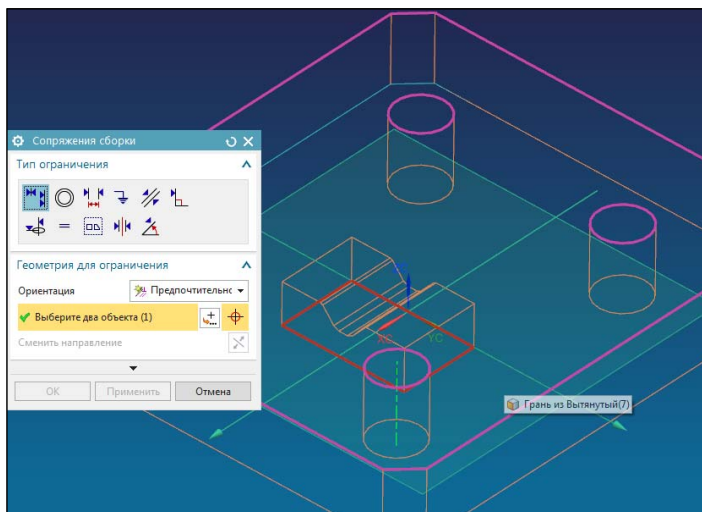


Рис. 4.43. Выделение верхней грани плиты низа для позиционирования объектов вдоль оси Z

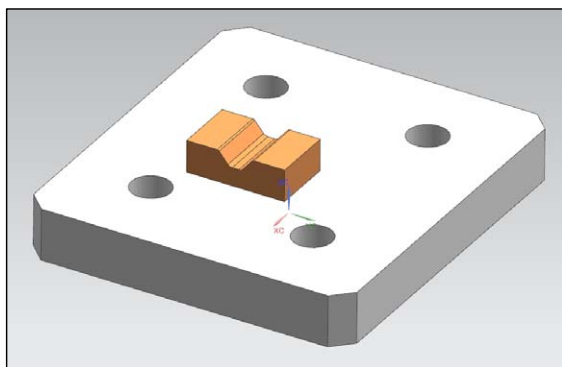


Рис. 4.44. Результат позиционирования матрицы и плиты низа вдоль оси Z

34. Выполните позиционирование объектов вдоль оси Y . Выберите способ позиционирования «Расстояние». Укажите первую грань матрицы (рис. 4.45), далее – грань плиты (рис. 4.46). Внесите значение расстояния между гранями, равное половине разницы длин плиты низа и матрицы (рис. 4.47): («Plita_Niza»::PN_a – «Matrica»::M_a)/2. При необходимости измените направление сопряжения с помощью опции «Цикл последнего сопряжения». Результат позиционирования вдоль оси Y показан на рис. 4.48, вдоль оси X – на рис. 4.49 и 4.50. Итоговое взаимное положение моделей матрицы и плиты низа представлено на рис. 4.51.

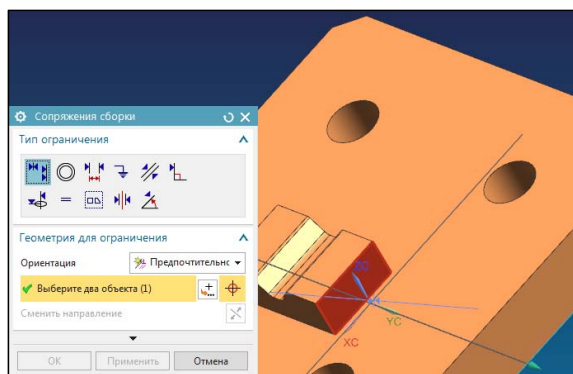


Рис. 4.45. Выделение грани матрицы для позиционирования объектов вдоль оси Y

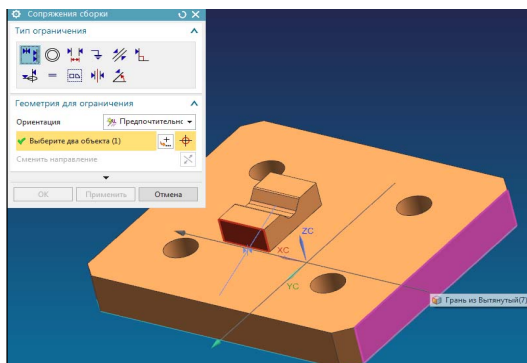


Рис. 4.46. Выделение боковой грани плиты низа для позиционирования объектов вдоль оси Y

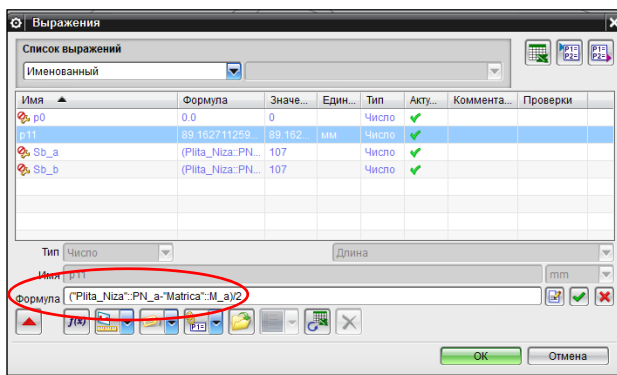


Рис. 4.47. Выражение для задания расстояния между гранями матрицы и плиты низа вдоль оси Y

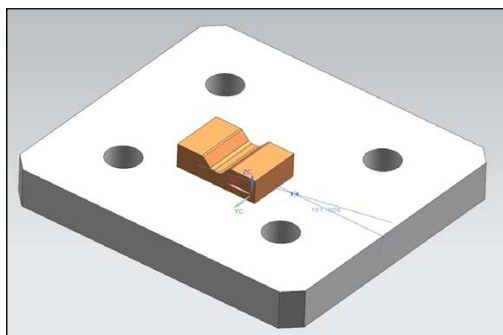


Рис. 4.48. Результат позиционирования матрицы и плиты низа вдоль оси Y

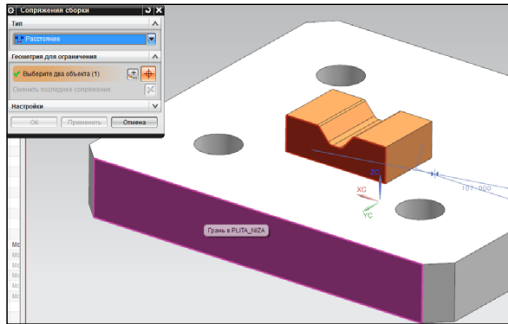


Рис. 4.49. Выделение граней плиты низа и матрицы для позиционирования объектов вдоль оси X

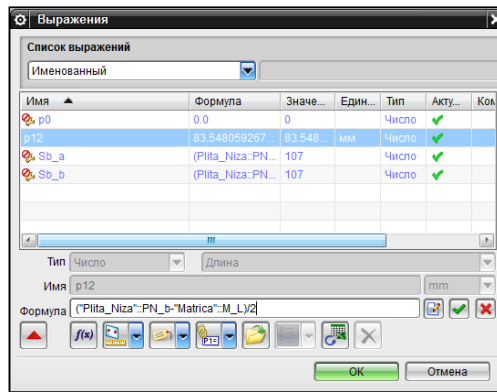


Рис. 4.50. Выражение для задания расстояния между гранями матрицы и плиты низа вдоль оси X

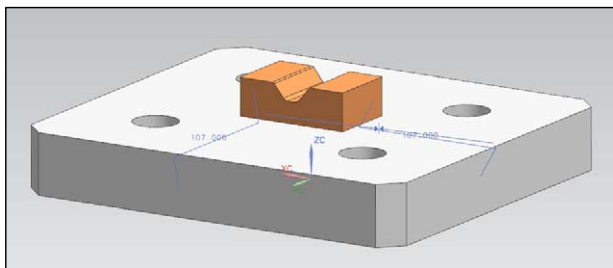


Рис. 4.51. Итоговое положение матрицы и плиты низа

35. Загрузите в сборку пуансон. Выполните его позиционирование. Результат привязки пуансона показан на рис. 4.52.

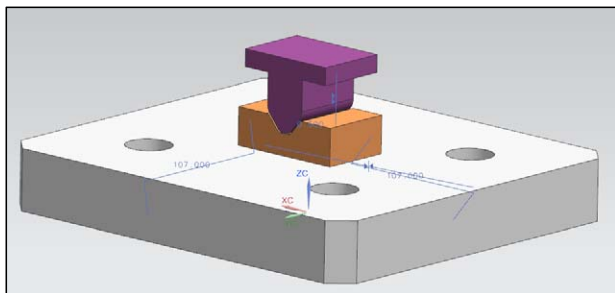


Рис. 4.52. Результат позиционирования пуансона

36. Добавьте в сборку геометрию направляющей колонки. Для удобства работы отключите геометрию матрицы и пуансона в навигаторе сборки. Выполните позиционирование колонки по осям X и Y . Для этого выберите способ позиционирования «Выравнивание по касанию». В списке «Ориентация» укажите тип выбираемых элементов «Вывод центра/оси». Выделите курсором ось колонки, затем – отверстия (рис. 4.53). Промежуточный результат позиционирования колонки по осям X и Y представлен на рис. 4.54.

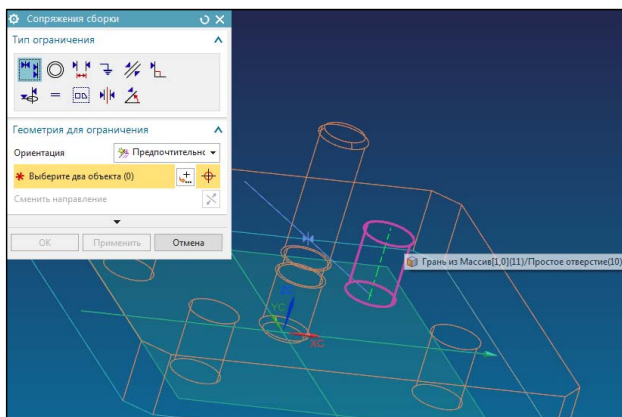


Рис. 4.53. Позиционирование направляющей колонки по осям X и Y

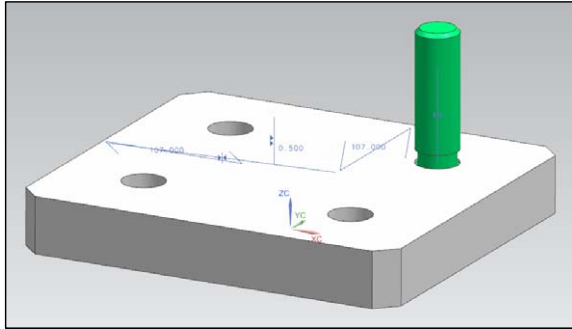


Рис. 4.54. Промежуточный результат позиционирования колонки по осям X и Y

37. Выполните позиционирование колонки по оси Z . Согласно чертежу детали (см. рис. 4.1) нижняя грань колонки должна совпадать с нижней гранью плиты. Выберите способ позиционирования «Выравнивание по касанию». Укажите курсором нижнюю грань колонки и нижнюю грань плиты (рис. 4.55).

38. Аналогичным образом загрузите и спозиционируйте еще три колонки (рис. 4.56).

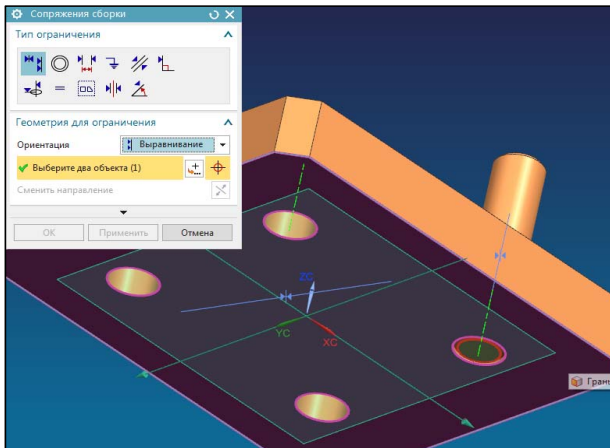


Рис. 4.55. Выделение граней плиты низа и колонки для позиционирования вдоль оси Z

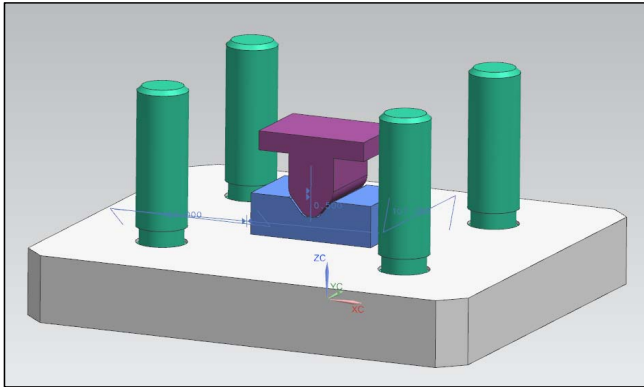


Рис. 4.56. Результат позиционирования направляющих колонок

39. Загрузите в файл сборки плиту верх штампа, затем спозиционируйте её (рис. 4.57).

40. Загрузите направляющие втулки. Спозиционируйте их в отверстиях верхней плиты (рис. 4.58).

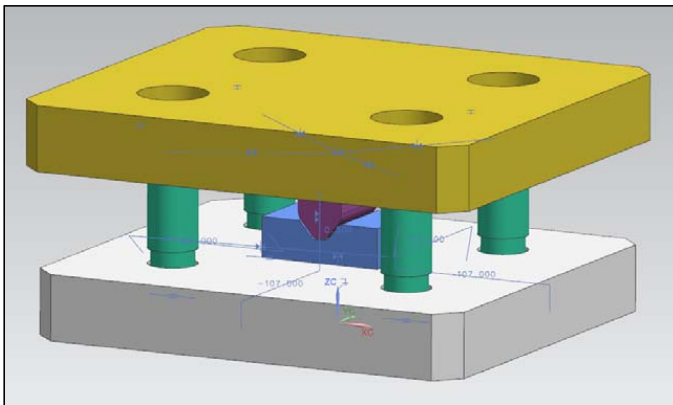


Рис. 4.57. Результат позиционирования плиты верх

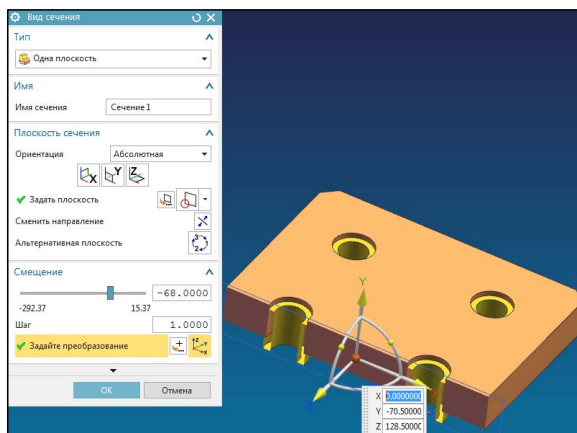


Рис. 4.58. Результат позиционирования направляющих втулок

Итоговый результат сборки штампа показан на рис. 4.59 и 4.60.

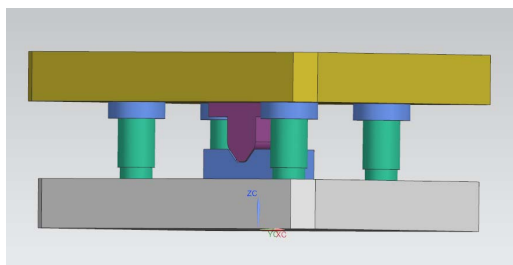


Рис. 4.59. Итоговый результат сборки штампа

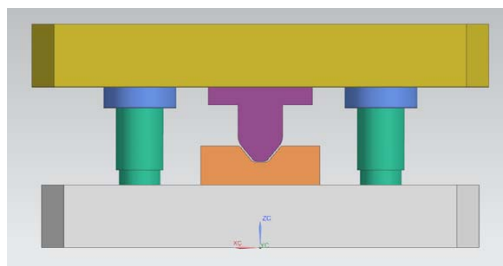


Рис. 4.60. Итоговый результат сборки штампа. Фронтальный вид

41. Оформите отчет о лабораторной работе, руководствуясь требованиями, содержащимися в приложении.

Варианты заданий

Варианты заданий для выполнения лабораторной работы представлены в табл. 4.1–4.5. Варианту задания соответствуют параметры компонентов сборки штампа.

Таблица 4.1

Параметры пуансона

Номер варианта	P_r, мм	P_f, мм	P_e, град	P_d, мм	P_c, мм	P_b, мм	P_a, мм	P_P, мм	P_L, мм
1	4	2	40	12	50	30	70	10	40
2	1	0,5	40	3	12,5	7,5	17,5	2,5	10
3	4,8	2,4	40	14,4	60	36	84	12	48
4	6	3	40	18	75	45	105	15	60
5	7,2	3,6	40	21,6	90	54	126	18	72
6	1,8	0,9	40	5,4	22,5	13,5	31,5	4,5	18
7	8,64	4,32	40	25,92	108	64,8	151,2	21,6	86,4
8	10,8	5,4	40	32,4	135	81	189	27	108
9	12,96	6,48	40	38,88	162	97,2	226,8	32,4	129,6
10	3,24	1,62	40	9,72	40,5	24,3	56,7	8,1	32,4
11	5,76	2,88	40	17,28	72	43,2	100,8	14,4	57,6
12	7,2	3,6	40	21,6	90	54	126	18	72
13	8,64	4,32	40	25,92	108	64,8	151,2	21,6	86,4
14	2,16	1,08	40	6,48	27	16,2	37,8	5,4	21,6
15	10,36	5,18	40	31,10	129,5	77,76	181,4	25,9	103,6
16	12,96	6,48	40	38,88	162	97,2	226,8	32,4	129,6
17	15,54	7,77	40	46,65	194,4	116,6	272,16	38,88	155,52
18	3,88	1,94	40	11,66	48,6	29,16	68,04	9,72	38,88
19	6,912	3,456	40	20,736	86,4	51,84	120,96	17,28	69,12
20	8,64	4,32	40	25,92	108	64,8	151,2	21,6	86,4
21	10,36	5,18	40	31,10	129,6	77,76	181,44	25,92	103,68
22	2,592	1,3	40	7,776	32,4	19,44	45,36	6,48	25,92
23	4,4	2,2	40	13,2	55	33	77	11	44
24	1,1	0,55	40	3,3	13,75	8,25	19,25	2,75	11
25	5,28	2,64	40	15,84	66	39,6	92,4	13,2	52,8
26	6,6	3,3	40	19,8	82,5	49,5	115,5	16,5	66
27	7,92	3,96	40	23,76	99	59,4	138,6	19,8	79,2
28	1,98	0,99	40	5,94	24,75	14,85	34,65	4,95	19,8
29	9,50	4,75	40	28,51	118,8	71,28	166,32	23,76	95,04
30	11,88	5,94	40	35,64	148,5	89,1	207,9	29,7	118,8

Таблица 4.2

Параметры матрицы

Номер вари- анта	M_a, мм	M_b, мм	M_c, мм	M_d, мм	M_e, град	M_f, мм	M_L, мм	M_P, мм	M_r, мм
1	80	P_b	26	15	P_e	P_f	P_L	2	P_r
2	20	P_b	6,5	3,75	P_e	P_f	P_L	0,5	P_r
3	96	P_b	31,2	18	P_e	P_f	P_L	2,4	P_r
4	120	P_b	39	22,5	P_e	P_f	P_L	3	P_r
5	144	P_b	46,8	27	P_e	P_f	P_L	3,6	P_r
6	36	P_b	11,7	6,75	P_e	P_f	P_L	0,9	P_r
7	172,8	P_b	56,16	32,4	P_e	P_f	P_L	4,32	P_r
8	216	P_b	70,2	40,5	P_e	P_f	P_L	5,4	P_r
9	259,2	P_b	84,24	48,6	P_e	P_f	P_L	6,48	P_r
10	64,8	P_b	21,06	12,15	P_e	P_f	P_L	1,62	P_r
11	115,2	P_b	37,44	21,6	P_e	P_f	P_L	2,88	P_r
12	144	P_b	46,8	27	P_e	P_f	P_L	3,6	P_r
13	172,8	P_b	56,16	32,4	P_e	P_f	P_L	4,32	P_r
14	43,2	P_b	14,04	8,1	P_e	P_f	P_L	1,08	P_r
15	207,36	P_b	67,392	38,88	P_e	P_f	P_L	5,184	P_r
16	259,2	P_b	84,24	48,6	P_e	P_f	P_L	6,48	P_r
17	311,04	P_b	101,088	58,32	P_e	P_f	P_L	7,776	P_r
18	77,76	P_b	25,272	14,58	P_e	P_f	P_L	1,944	P_r
19	138,24	P_b	44,928	25,92	P_e	P_f	P_L	3,456	P_r
20	172,8	P_b	56,16	32,4	P_e	P_f	P_L	4,32	P_r
21	207,36	P_b	67,392	38,88	P_e	P_f	P_L	5,184	P_r
22	51,84	P_b	16,848	9,72	P_e	P_f	P_L	1,296	P_r
23	88	P_b	28,6	16,5	P_e	P_f	P_L	2,2	P_r
24	22	P_b	7,15	4,125	P_e	P_f	P_L	0,55	P_r
25	105,6	P_b	34,32	19,8	P_e	P_f	P_L	2,64	P_r
26	132	P_b	42,9	24,75	P_e	P_f	P_L	3,3	P_r
27	158,4	P_b	51,48	29,7	P_e	P_f	P_L	3,96	P_r
28	39,6	P_b	12,87	7,425	P_e	P_f	P_L	0,99	P_r
29	190,08	P_b	61,776	35,64	P_e	P_f	P_L	4,752	P_r
30	237,6	P_b	77,22	44,55	P_e	P_f	P_L	5,94	P_r

Таблица 4.3

Параметры направляющей колонки

Номер вари- анта	K_a, мм	K_b, мм	K_D, мм	K_e, град	K_l, мм	K_L, мм	K_p, мм
1	3	28	32	45	40	140	12
2	0,75	7,00	8,00	45	10,00	35,00	3,00
3	3,60	33,60	38,40	45	48,00	168,00	14,40
4	4,50	42,00	48,00	45	60,00	210,00	18,00
5	5,40	50,40	57,60	45	72,00	252,00	21,60
6	1,35	12,60	14,40	45	18,00	63,00	5,40
7	6,48	60,48	69,12	45	86,40	302,40	25,92
8	8,10	75,60	86,40	45	108,00	378,00	32,40
9	9,72	90,72	103,68	45	129,60	453,60	38,88
10	2,43	22,68	25,92	45	32,40	113,40	9,72
11	4,32	40,32	46,08	45	57,60	201,60	17,28
12	5,40	50,40	57,60	45	72,00	252,00	21,60
13	6,48	60,48	69,12	45	86,40	302,40	25,92
14	1,62	15,12	17,28	45	21,60	75,60	6,48
15	7,78	72,58	82,94	45	103,68	362,88	31,10
16	9,72	90,72	103,68	45	129,60	453,60	38,88
17	11,66	108,86	124,42	45	155,52	544,32	46,66
18	2,92	27,22	31,10	45	38,88	136,08	11,66
19	5,18	48,38	55,30	45	69,12	241,92	20,74
20	6,48	60,48	69,12	45	86,40	302,40	25,92
21	7,78	72,58	82,94	45	103,68	362,88	31,10
22	1,94	18,14	20,74	45	25,92	90,72	7,78
23	3,30	30,80	35,20	45	44,00	154,00	13,20
24	0,83	7,70	8,80	45	11,00	38,50	3,30
25	3,96	36,96	42,24	45	52,80	184,80	15,84
26	4,95	46,20	52,80	45	66,00	231,00	19,80
27	5,94	55,44	63,36	45	79,20	277,20	23,76
28	1,49	13,86	15,84	45	19,80	69,30	5,94
29	7,13	66,53	76,03	45	95,04	332,64	28,51
30	8,91	83,16	95,04	45	118,80	415,80	35,64

Таблица 4.4

Параметры направляющей втулки

Номер варианта	W_a, мм	W_b, мм	W_D, мм	W_f, град	W_l, мм
1	45	W_a+4	K_D	14	50
2	11,25	W_a+4	K_D	3,50	12,50
3	54,00	W_a+4	K_D	16,80	60,00
4	67,50	W_a+4	K_D	21,00	75,00
5	81,00	W_a+4	K_D	25,20	90,00
6	20,25	W_a+4	K_D	6,30	22,50
7	97,20	W_a+4	K_D	30,24	108,00
8	121,50	W_a+4	K_D	37,80	135,00
9	145,80	W_a+4	K_D	45,36	162,00
10	36,45	W_a+4	K_D	11,34	40,50
11	64,80	W_a+4	K_D	20,16	72,00
12	81,00	W_a+4	K_D	25,20	90,00
13	97,20	W_a+4	K_D	30,24	108,00
14	24,30	W_a+4	K_D	7,56	27,00
15	116,64	W_a+4	K_D	36,29	129,60
16	145,80	W_a+4	K_D	45,36	162,00
17	174,96	W_a+4	K_D	54,43	194,40
18	43,74	W_a+4	K_D	13,61	48,60
19	77,76	W_a+4	K_D	24,19	86,40
20	97,20	W_a+4	K_D	30,24	108,00
21	116,64	W_a+4	K_D	36,29	129,60
22	29,16	W_a+4	K_D	9,07	32,40
23	49,50	W_a+4	K_D	15,40	55,00
24	12,38	W_a+4	K_D	3,85	13,75
25	59,40	W_a+4	K_D	18,48	66,00
26	74,25	W_a+4	K_D	23,10	82,50
27	89,10	W_a+4	K_D	27,72	99,00
28	22,28	W_a+4	K_D	6,93	24,75
29	106,92	W_a+4	K_D	33,26	118,80
30	133,65	W_a+4	K_D	41,58	148,50

Таблица 4.5

Параметры плит штампа

Номер вари- анта	PN_a, мм	PN_b, мм	PN_c, мм	PN_D, мм	PN_e, мм	PN_f, мм	PN_H, мм	PV_D, мм
1	320	290	K_D + M_a + 50	K_D	M_L + K_D + 50	15	42	W_a
2	80,00	72,50		K_D		3,75	10,50	W_a
3	384,00	348,00		K_D		18,00	50,40	W_a
4	480,00	435,00		K_D		22,50	63,00	W_a
5	576,00	522,00		K_D		27,00	75,60	W_a
6	144,00	130,50		K_D		6,75	18,90	W_a
7	691,20	626,40		K_D		32,40	90,72	W_a
8	864,00	783,00		K_D		40,50	113,40	W_a
9	1036,80	939,60		K_D		48,60	136,08	W_a
10	259,20	234,90		K_D		12,15	34,02	W_a
11	460,80	417,60		K_D		21,60	60,48	W_a
12	576,00	522,00		K_D		27,00	75,60	W_a
13	691,20	626,40		K_D		32,40	90,72	W_a
14	172,80	156,60		K_D		8,10	22,68	W_a
15	829,44	751,68		K_D		38,88	108,86	W_a
16	1036,80	939,60		K_D		48,60	136,08	W_a
17	1244,16	1127,52		K_D		58,32	163,30	W_a
18	311,04	281,88		K_D		14,58	40,82	W_a
19	552,96	501,12		K_D		25,92	72,58	W_a
20	691,20	626,40		K_D		32,40	90,72	W_a
21	829,44	751,68		K_D		38,88	108,86	W_a
22	207,36	187,92		K_D		9,72	27,22	W_a
23	352,00	319,00		K_D		16,50	46,20	W_a
24	88,00	79,75		K_D		4,13	11,55	W_a
25	422,40	382,80		K_D		19,80	55,44	W_a
26	528,00	478,50		K_D		24,75	69,30	W_a
27	633,60	574,20		K_D		29,70	83,16	W_a
28	158,40	143,55		K_D		7,43	20,79	W_a
29	760,32	689,04		K_D		35,64	99,79	W_a
30	950,40	861,30		K_D		44,55	124,74	W_a

Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит отличие файлов сборки и детали?
2. В чем смысл технологии формирования сборки по принципу «сверху вниз»?
3. В каких случаях используется технология создания сборочной модели по принципу «снизу вверх»?
4. Как выполняется параметризация моделей в NX?
5. Для каких целей применяется параметризация конструкций в NX?

Рекомендуемая литература

1. Берлинер, Э.М. САПР конструктора-машиностроителя : учеб. для студентов вузов / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – Москва : Форум, 2015. – 287 с.
2. Данилов, Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
3. Почекуев, Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 501 с.
5. Почекуев, Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 331 с.

Лабораторная работа 5

Разработка чертежно-графической документации

Цель работы – приобретение навыков работы в модуле NX Drafting в области формирования чертежно-графической документации.

Задачи работы:

- 1) сформировать основные виды модели;
- 2) выполнить ступенчатый разрез;
- 3) создать необходимые обозначения на листе чертежа;
- 4) нанести размеры на деталь.

Теоретическая основа выполнения лабораторной работы

Разработка чертежно-графической документации выполняется в NX инструментами приложения «Черчение». Опции приложения «Черчение» позволяют автоматизировать процесс создания и редактирования конструкторской документации. Данные инструменты предоставляют возможность создавать сборочные чертежи, импортировать шаблоны рамки и основной надписи, создавать виды, скрывать компоненты, формировать разрезы, спецификации, отчеты и т. д.

Работе по созданию конструкторской документации должна предшествовать установка параметров настроек по умолчанию. В сеансе установки необходимых стандартов черчения выполняется команда меню «Файл» – «Утилиты» – «Настройки по умолчанию». Во вкладке «Стандарт» в списке «Стандарты черчения» пользователем выбирается необходимый комплекс стандартов (ISO, ESKD, DIN, AISI и т. д.) [4; 5].

Порядок выполнения работы

1. Откройте в NX файл Detal_Drawing_номер варианта (см. раздел «Варианты заданий»). Запустите приложение «Черчение» (рис. 5.1).
2. Создайте лист формата А3, используя шаблон NX (рис. 5.2).
3. При необходимости заполните ячейки штампа (рис. 5.3).

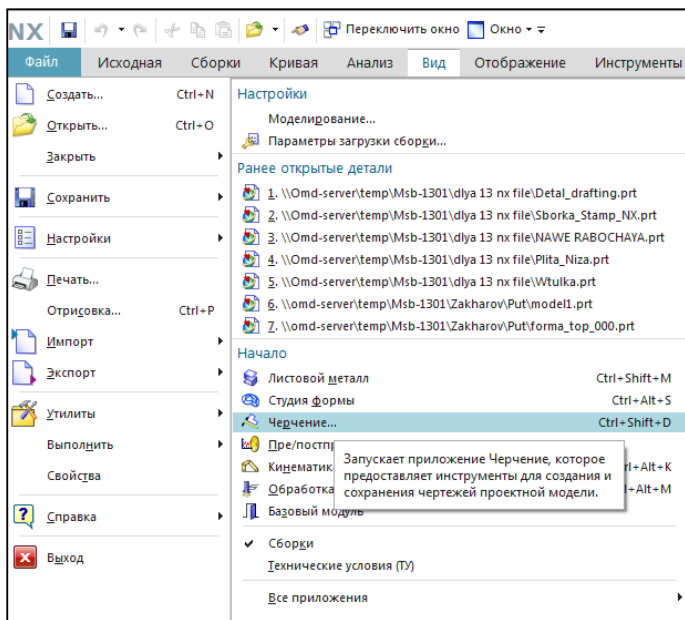


Рис. 5.1. Запуск приложения «Черчение»

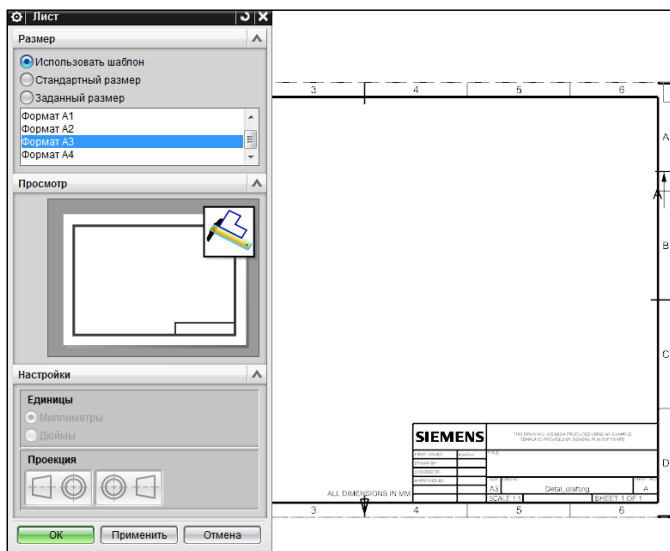


Рис. 5.2. Выбор формата листа

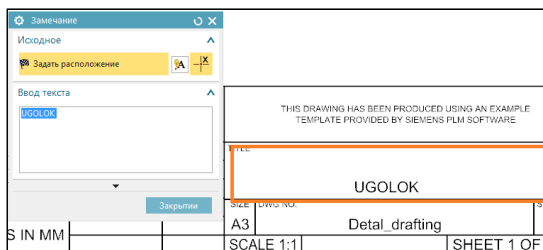


Рис. 5.3. Заполнение основной надписи

4. Создайте вид детали с помощью опции «Базовый вид» (рис. 5.4).
 5. Создайте второй вид для детали (рис. 5.5).
 6. Создайте разрез с помощью опции «Вид сечения» (рис. 5.6).
- Выделите вид, на котором будет выполнен разрез. Укажите базовую точку разреза (рис. 5.7). Предварительный результат по созданию разреза представлен на рис. 5.8.

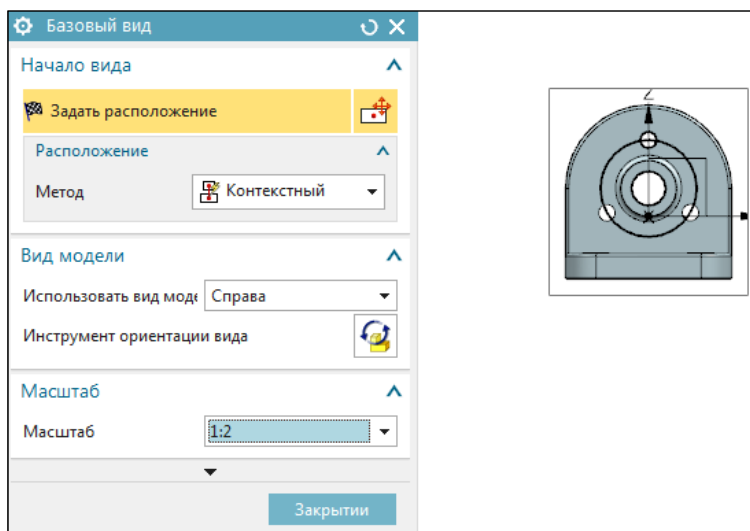


Рис. 5.4. Формирование базового вида

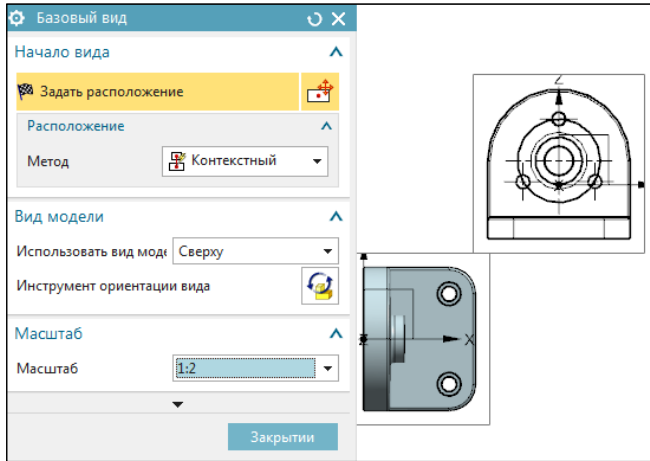


Рис. 5.5. Создание вида «Сверху»

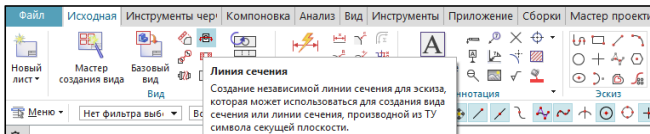


Рис. 5.6. Запуск опции «Вид сечения»

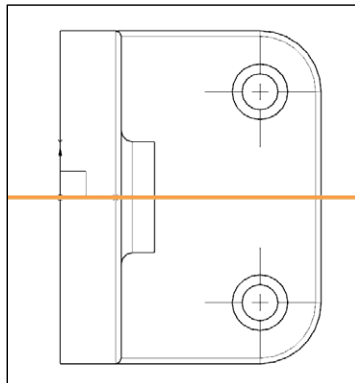


Рис. 5.7. Указание базовой точки разреза

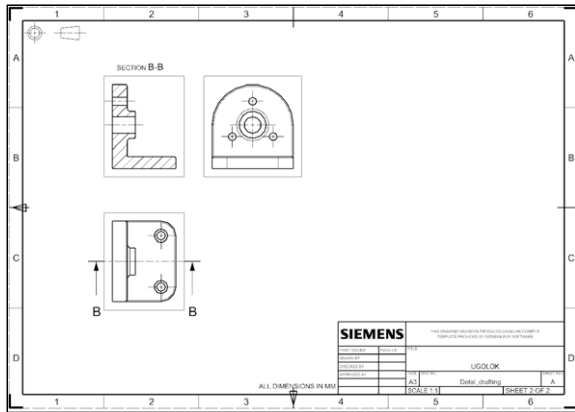


Рис. 5.8. Предварительный результат по созданию разреза

7. Добавьте сегменты разреза. Вызовите контекстное меню для линии разреза: «Изменить» – «Добавить сегмент». Далее укажите дополнительную точку, через которую пройдет разрез (рис. 5.9), затем в меню выберите «Применить». Обновите вид с разрезом. Окончательный результат создания разреза показан на рис. 5.10.

8. Отредактируйте обозначение разреза. Активируйте и отредактируйте надпись (рис. 5.11). Результат изменений показан на рис. 5.12.

9. Создайте осевые линии с помощью опции «2D осевая линия» (рис. 5.13). Результат установки осевых линий представлен на рис. 5.14. Включите необходимые привязки. Создайте круговую осевую линию с помощью опции «Круговая осевая линия» для трех малых отверстий (рис. 5.15).

10. Установите размеры с помощью группы опций «Размеры». При установке диаметральных размеров на виде разреза выберите метод «Цилиндрический». Результат установки размеров показан на рис. 5.16.

11. Если на чертеже отражается ненужная на видах геометрия, то вызовите приложение «Моделирование». Удалите или скройте ненужные элементы (оси, плоскости, точки и т. д.). Затем запустите приложение «Черчение». Виды чертежа обновляются с помощью контекстного меню и опции «Обновить».

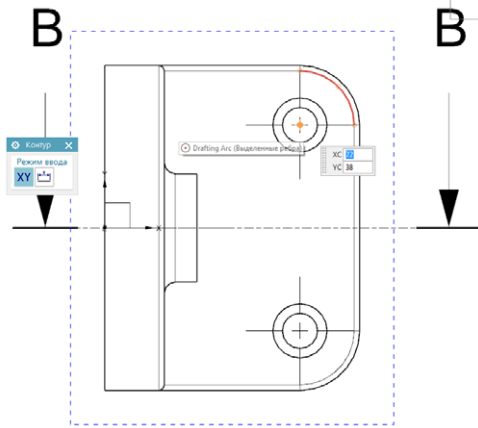


Рис. 5.9. Указание дополнительной точки разреза

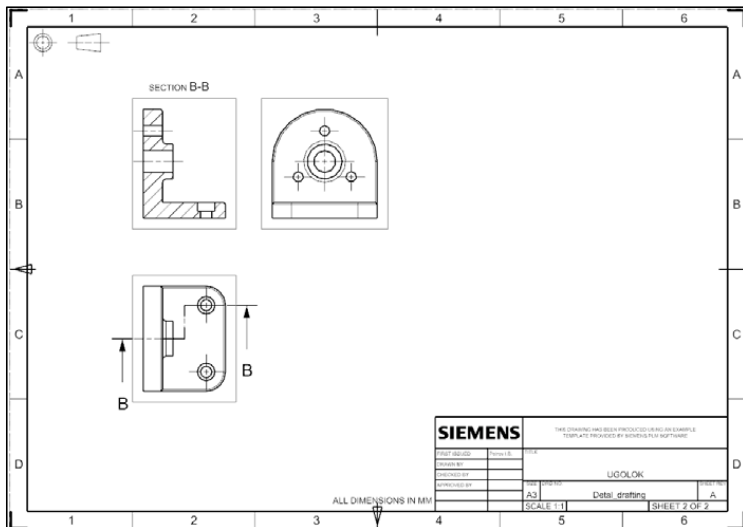


Рис. 5.10. Окончательный результат создания разреза

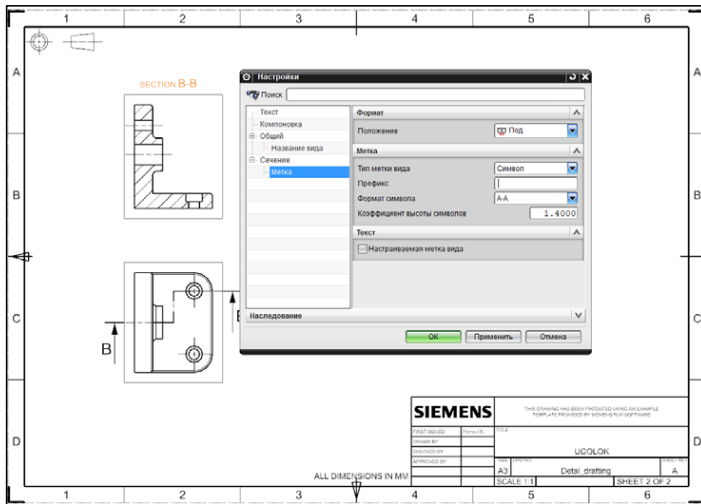


Рис. 5.11. Редактирование обозначения вида разреза

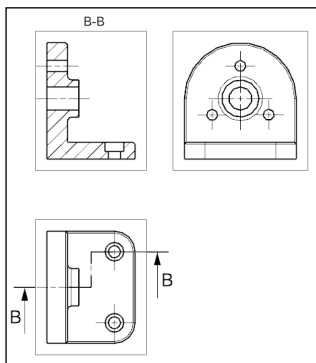


Рис. 5.12. Результат изменений обозначения разреза

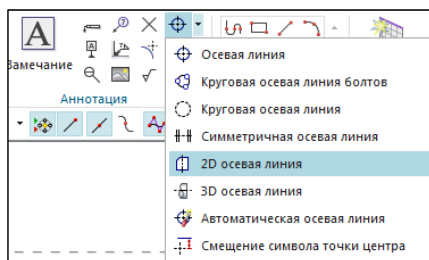


Рис. 5.13. Вызов опции «2D осевая линия»

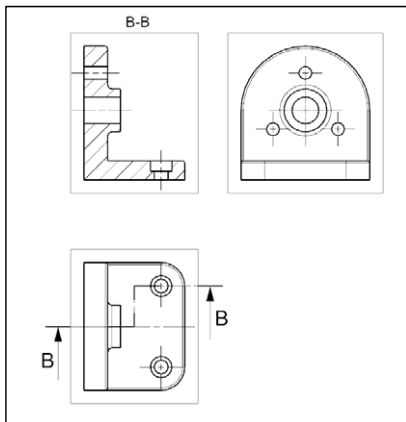


Рис. 5.14. Результат установки осевых линий с помощью опции «2D осевая линия»

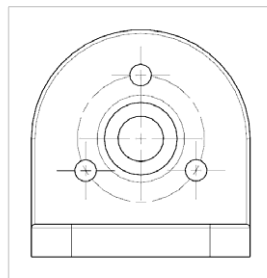


Рис. 5.15. Круговая осевая линия

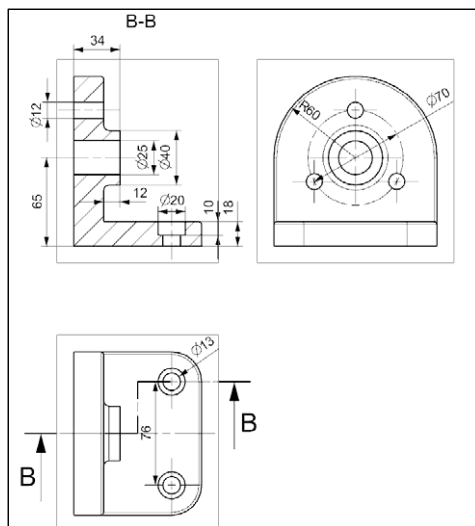


Рис. 5.16. Формирование размеров

12. Оформите результаты лабораторной работы в виде отчета в соответствии с требованиями, изложенными в приложении.

Варианты заданий

Варианты заданий для выполнения лабораторной работы представлены в табл. 5.1. Варианту задания соответствует имя файла, который содержит 3D-модель детали, необходимую для формирования чертежа.

Таблица 5.1

Варианты заданий

Номер варианта	Имя файла для загрузки	Номер варианта	Имя файла для загрузки
1	Detail_Drawing_1	16	Detail_Drawing_16
2	Detail_Drawing_2	17	Detail_Drawing_17
3	Detail_Drawing_3	18	Detail_Drawing_18
4	Detail_Drawing_4	19	Detail_Drawing_19
5	Detail_Drawing_5	20	Detail_Drawing_20
6	Detail_Drawing_6	21	Detail_Drawing_21
7	Detail_Drawing_7	22	Detail_Drawing_22
8	Detail_Drawing_8	23	Detail_Drawing_23
9	Detail_Drawing_9	24	Detail_Drawing_24
10	Detail_Drawing_10	25	Detail_Drawing_25
11	Detail_Drawing_11	26	Detail_Drawing_26
12	Detail_Drawing_12	27	Detail_Drawing_27
13	Detail_Drawing_13	28	Detail_Drawing_28
14	Detail_Drawing_14	29	Detail_Drawing_29
15	Detail_Drawing_15	30	Detail_Drawing_30

Вопросы для самоконтроля

1. В каком приложении NX выполняется формирование чертежно-графической документации?
2. Существует ли в NX возможность выбора различных стандартов оформления документации?
3. Назовите инструменты формирования осевых линий в NX.
4. Каким образом пользователь в NX выполняет редактирование основной надписи чертежа?
5. Опишите алгоритм формирования ломаных сечений в NX.

Рекомендуемая литература

1. Берлинер, Э.М. САПР конструктора-машиностроителя : учеб. для студентов вузов / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – Москва : Форум, 2015. – 287 с.
2. Данилов, Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
3. Почекуев, Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электронное учебно-методическое пособие / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
4. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 501 с.
5. Почекуев, Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 331 с.

Лабораторная работа 6

Конечно-элементный анализ конструкции

Цель работы – приобретение навыков работы в модуле NX Advanced Simulation (расширенная симуляция) в области конечно-элементного анализа.

Задачи работы:

- 1) выполнить построение 3D-модели образца;
- 2) указать параметры симуляции;
- 3) создать конечно-элементную модель образца;
- 4) выполнить назначение материала образца;
- 5) ввести ограничения степеней свободы конечно-элементной модели;
- 6) приложить нагрузку к верхней грани образца;
- 7) запустить расчет с помощью решателя NX Nastran;
- 8) выполнить анализ полученных результатов расчета.

Теоретическая основа выполнения лабораторной работы

NX Advanced Simulation (расширенная симуляция) – это многофункциональный модуль конечно-элементного моделирования с широкими возможностями визуализации результатов моделирования конструкции в тех или иных условиях.

NX Advanced Simulation обеспечивает полную ассоциативность расчетных моделей с CAD-геометрией, что позволяет специалисту быстро вносить изменения в конструкцию и соответственно в расчетную модель. Отличительной особенностью NX Advanced Simulation является возможность, оставаясь в одной и той же среде моделирования NX, использовать для решения различные ведущие программные решатели, такие как NX Nastran, MSC Nastran, ANSYS, LS-Dyna, ABAQUS.

Модуль NX Advanced Simulation позволяет решать как простые, так и самые сложные задачи из различных областей механики деформируемого твердого тела, механики жидкостей и газов, механики теплопереноса и т. д.

Порядок выполнения работы

1. Создайте в приложении «Моделирование» образец с размерами, представленными ниже в подразделе «Варианты заданий». 3D-модель образца представлена на рис. 6.1. Сохраните файл.

2. Для проведения CAE-расчета запустите приложение «Расширенная симуляция».

3. В навигаторе симуляции для строки с именем файла вызовите контекстное меню, в списке которого выберите строку «Новая КЭ модель и симуляция» (рис. 6.2).

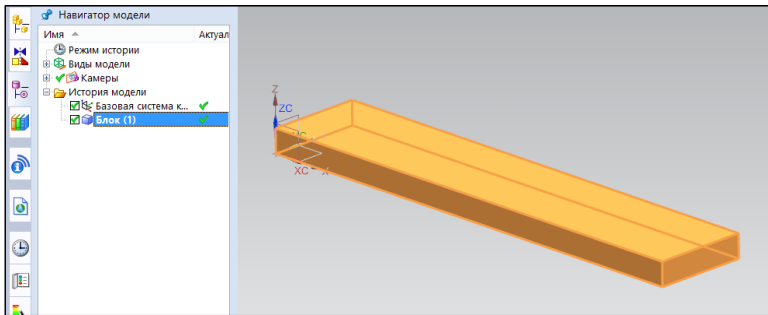


Рис. 6.1. 3D-модель образца

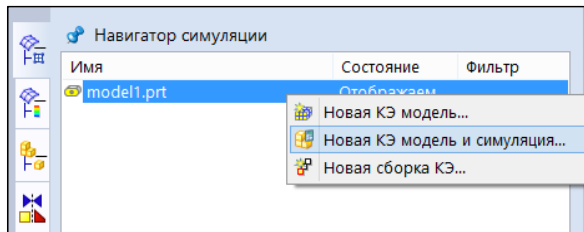


Рис. 6.2. Активация опции «Новая КЭ модель и симуляция»

4. В открывшемся окне диалога «Новая КЭ модель и симуляция» в списке «Тела» активируйте строку «Выбрать». Выделите опцию «Выбрать тела», затем левой кнопкой мыши укажите на созданный ранее блок. Нажмите клавишу ОК.

5. Выполните задание типа решения. В запущившемся окне диалога в поле «Имя» внесите имя симуляции (например, *Валка_1*).

Тип решения выберите «SQL 106 Нелинейная статика – Общие ограничения».

6. Откройте вкладку «Настройки расчета», вызовите опцию «Изменить» напротив строки «Запросы вывода». В обновленном окне диалога (рис. 6.3) укажите параметры, которые будут получены в качестве результатов. Установите галочку во вкладках «Перемещение», «Деформация», «Нелинейные напряжения», «Сила».

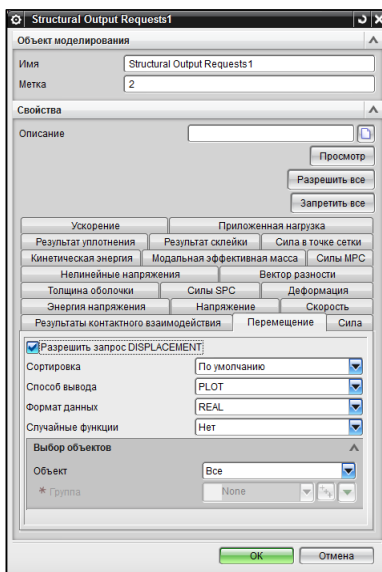


Рис. 6.3. Выбор параметров результата расчета

7. Во вкладке «Настройки расчета» вызовите опцию «Изменить» напротив строки «Нелинейные параметры». В обновленном окне диалога укажите «Число приращений» 10 (количество шагов симуляции), «Максимум итераций на приращение нагрузки» 25, «Флаг промежуточного вывода» – «Да».

8. Откройте вкладку «Параметры». Установите галочку напротив опции «Большие перемещения».

9. Выполните разбиение образца на конечные элементы. На панели инструментов выберите опцию «3D четырехгранный» (рис. 6.4).

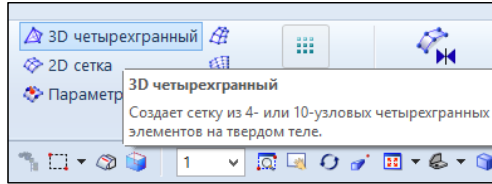


Рис. 6.4. Активация опции «3D четырехгранный»

10. В открывшемся окне диалога «3D тетраэдральная сетка» выберите опцию «Выбрать тела», затем левой кнопкой мыши выделите созданный ранее блок. В поле «Размер элемента» введите величину размера ребра тетраэдра, равную высоте блока. Нажмите клавишу ОК (рис. 6.5).

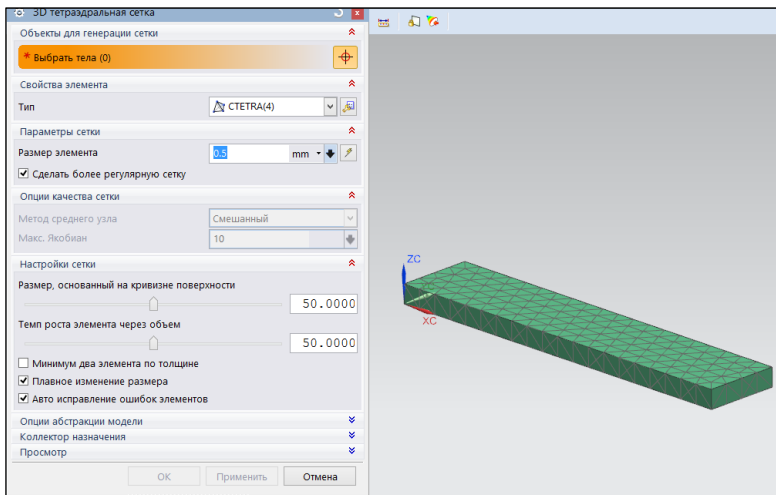


Рис. 6.5. Создание конечно-элементной сетки

11. Выполните задание материала. В навигаторе симуляции вызовите контекстное меню для строки «Solid(1)» – «Изменить» (рис. 6.6). В появившемся окне диалога «Коллектор сеток» (рис. 6.7) вызовите опцию «Изменить» – «Выбрать материал». В открывшемся списке выберите материал в соответствии с вариантом задания. Нажмите клавишу ОК.

12. Активируйте файл симуляции. Для этого в навигаторе симуляции дважды щелкните по строке «model1_sim1.sim».

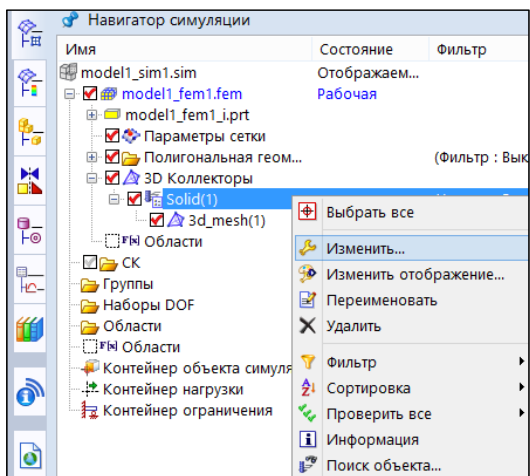


Рис. 6.6. Вызов контекстного меню для строки «Solid(1)» в навигаторе симуляции

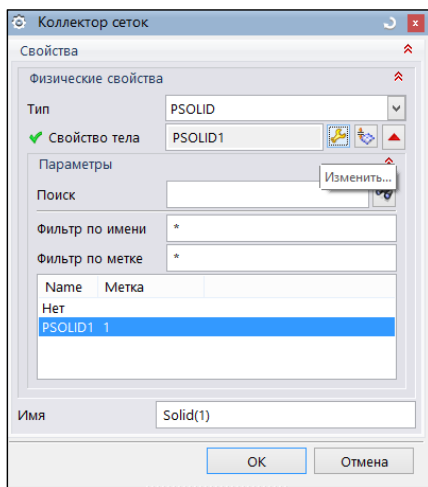


Рис. 6.7. Вызов опции «Изменить»

13. Выполните задание ограничений. На панели инструментов вызовите опцию «Тип ограничения» – «Ограничение, задаваемое пользователем» (рис. 6.8).

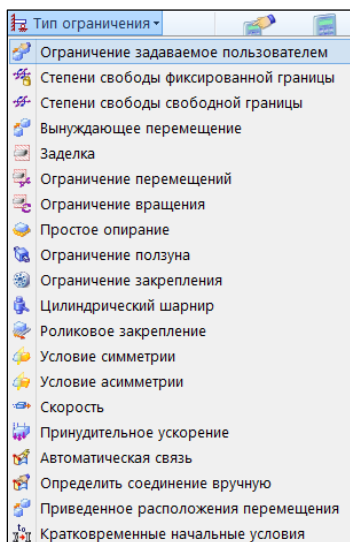


Рис. 6.8. Вызов опции «Ограничение, задаваемое пользователем»

14. В открывшемся окне диалога укажите опцию «Выберите объект» – курсором выделите ребро образца, расположенное вдоль оси Y и проходящее через начало координат. Выполните ограничение (зафиксируйте) перемещение ребра вдоль оси Z (рис. 6.9). Нажмите клавишу «Применить».

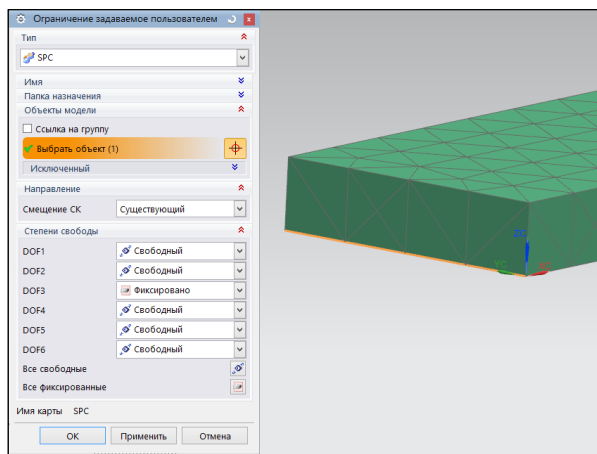


Рис. 6.9. Ограничение движения образца по ребру вдоль оси Z

15. Выделите противоположное ребро образца. Выполните ограничение (зафиксируйте) перемещения ребра вдоль оси Y (рис. 6.10). Нажмите клавишу «Применить».

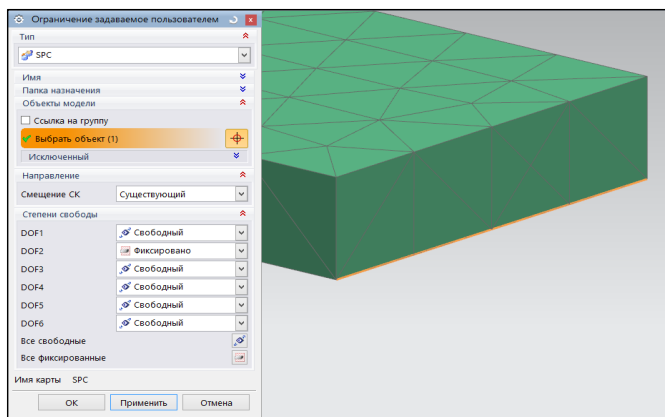


Рис. 6.10. Ограничение движения образца по ребру вдоль оси Y

16. Выделите грань блока, расположенную параллельно плоскости $YC-ZC$. Выполните ограничение (зафиксируйте) перемещения грани вдоль оси X (рис. 6.11). Нажмите клавишу ОК.

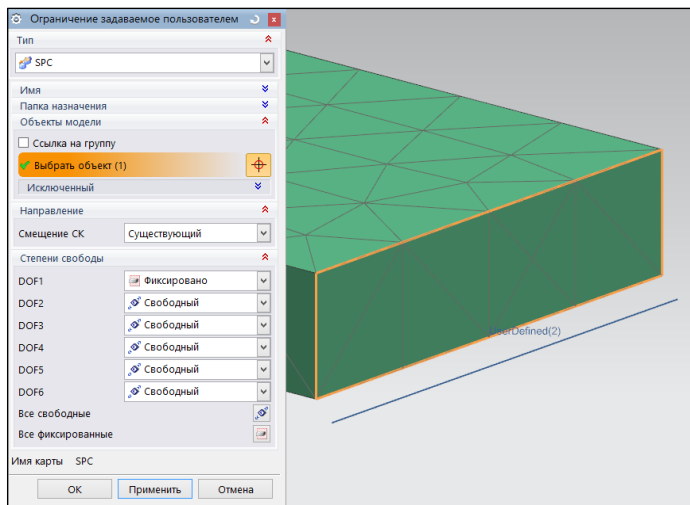


Рис. 6.11. Ограничение перемещения грани образца вдоль оси X

17. Выполните задание давления на образец. На панели инструментов вызовите опции «Тип нагрузки» – «Давление». В открывшемся окне диалога выделите строку «Укажите объект», затем курсором выделите верхнюю грань образца. В поле «Усилие» внесите величину 10000 МПа (рис. 6.12). Нажмите клавишу ОК.

18. Запустите решение задачи. В навигаторе симуляции вызовите контекстное меню для строки «Balka_1», в списке которого вызовите опцию «Решить» (рис. 6.13). В появившемся окне оставьте все значения по умолчанию. Нажмите клавишу ОК, запускающую решатель NX Nastran. Ожидайте окончания расчета до момента появления строки «Задача выполнена» в окне «Монитор решения».

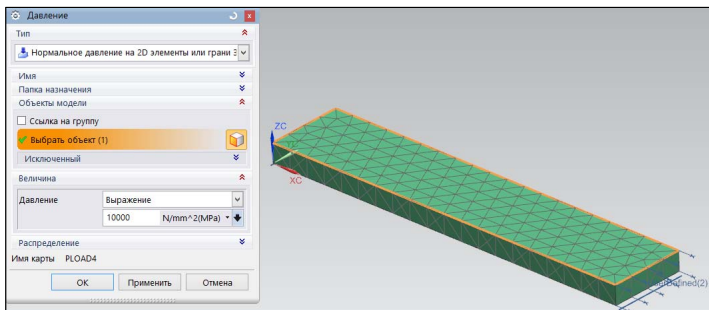


Рис. 6.12. Задание давления на образец

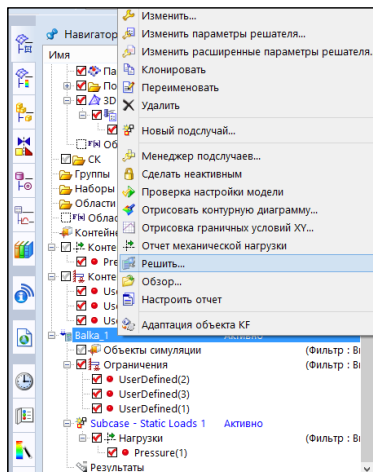


Рис. 6.13. Запуск расчета

19. В навигаторе симуляции вызовите опцию «Результаты» (рис. 6.14) для активации приложения «Постпроцессирование».

20. Выберите параметр «Перемещение – По узлам», запустите воспроизведение симуляции (рис. 6.15).

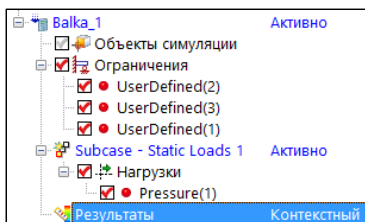


Рис. 6.14. Активация приложения «Постпроцессирование»

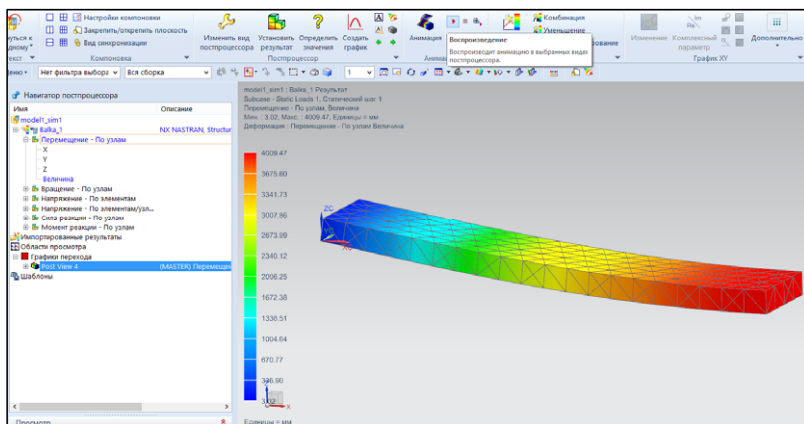


Рис. 6.15. Запуск симуляции

21. Для отображения начального положения геометрии образца на панели инструментов вызовите опцию «Изменить вид постпроцессора». В появившемся окне откройте вкладку «Ребра и грани», выберите в списке «Грани» строку «Прозрачный» (рис. 6.16). Откройте вкладку «Отобразить» и установите галочку напротив опции «Показать недеформируемую модель». Нажмите клавишу ОК и запустите симуляцию (рис. 6.17).

22. В навигаторе постпроцессора выберите строку «Перемещение – По узлам». Определите максимальную величину смещения образца. Активируйте строку «Напряжения – По элементам/узлам».

Определите максимальное напряжение, которое испытывает образец в процессе деформирования.

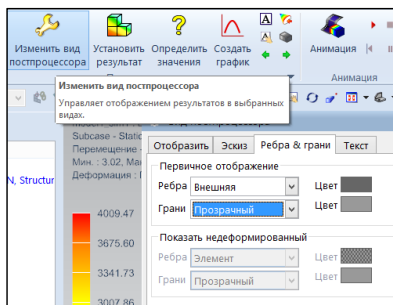


Рис. 6.16. Настройка отображения начального положения геометрии образца

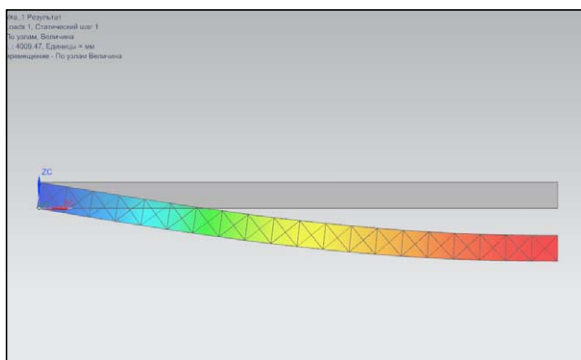


Рис. 6.17. Отображение геометрии образца до и после деформирования

23. Оформите отчет о результатах лабораторной работы в соответствии с требованиями, содержащимися в приложении.

Варианты заданий

Варианты заданий для выполнения лабораторной работы представлены в табл. 6.1. Варианту задания соответствуют габаритные размеры образца (блока), а также его материал.

Варианты заданий

Номер варианта	Длина образца, мм	Ширина образца, мм	Высота образца, мм	Материал образца
1	20	4	0,6	AISI Steel 1005
2	18	2	0,5	AISI Steel 1005
3	10	2,6	0,4	AISI Steel 1005
4	26	4,5	1,0	AISI Steel 1005
5	12	2	0,5	AISI Steel 1005
6	30	2	0,6	AISI Steel 1005
7	16	1,5	0,2	AISI Steel 1005
8	36	6	0,6	AISI Steel 1005
9	22	8	0,8	AISI Steel 1005
10	26	1	0,6	AISI Steel 1005
11	20	4	0,5	Steel Rolled
12	18	2	0,4	Steel Rolled
13	10	2,6	1,0	Steel Rolled
14	26	4,5	0,5	Steel Rolled
15	12	2	0,6	Steel Rolled
16	30	2	0,2	Steel Rolled
17	16	1,5	0,6	Steel Rolled
18	36	6	0,8	Steel Rolled
19	22	8	0,2	Steel Rolled
20	26	1	1,0	Steel Rolled
21	10	1,6	1,0	Aluminum_2014
22	26	1,8	0,5	Aluminum_2014
23	12	1,2	0,6	Aluminum_2014
24	30	1,8	0,2	Aluminum_2014
25	16	1,2	0,6	Aluminum_2014
26	25	5	1,0	Steel
27	16	8	0,2	Steel
28	26	4	0,2	Steel
29	22	8	0,2	Steel
30	26	1	1,0	Steel

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные типы конечных элементов, используемых в NX.
2. Для каких целей используется приложение NX Advanced Simulation (расширенная симуляция)?
3. Какой решатель использовался в процессе выполнения лабораторной работы?
4. Какими способами можно выполнить ограничение степеней свободы образца в NX Advanced Simulation (расширенная симуляция)?
5. Типы нагрузки, моделирование которых можно реализовать в NX Advanced Simulation (расширенная симуляция).

Рекомендуемая литература

1. Берлинер, Э.М. САПР конструктора-машиностроителя : учеб. для студентов вузов / Э.М. Берлинер, О.В. Таратынов. – Москва : Форум, 2015. – 287 с.
2. Данилов, Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
3. NX для конструктора-машиностроителя / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2010. – 501 с.
4. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ / П.С. Гончаров [и др.]. – Москва : ДМК Пресс, 2012. – 504 с.

Оформление отчета о лабораторной работе

- Отчет о лабораторной работе должен содержать электронную модель изделия, сохраненную в папке студента или группы студентов с именем, которое определено правилом для каждой лабораторной работы.
- В дополнение к модели студент формирует в текстовом редакторе отчет, в котором указывается номер и название лабораторной работы, цель работы, номер варианта, фамилия студента, номер группы, а также скриншоты ключевых этапов создания модели.
- Допускается сдача лабораторной работы без создания отчёта при наличии электронной модели изделия, сборки, чертежа или конечно-элементной модели расчета, а также верных ответов на вопросы преподавателя (см. вопросы для самоконтроля в конце каждой лабораторной работы).
- Модели изделий и отчёты должны храниться в папке студента до конца периода обучения курсу «Основы САПР».