

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ име-
ни академика С.П. КОРОЛЁВА»

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В САЕ-СИСТЕМАХ

САМАРА 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени
академика С.П. КОРОЛЁВА»

АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В САЕ-СИСТЕМАХ

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» в качестве в качестве методических указаний к лабораторной работе для студентов, обучающихся по программам высшего образования укрупненных групп специальностей и направлений: 24.00.00 – Авиационная и ракетно-космическая техника и 15.00.00 – Машиностроение.

САМАРА
Издательство Самарского университета
2017

УДК: 621.9.62
ББК:

Авторы: *М.В. Нехорошев, А.П. Шулепов, А.В. Мещеряков, К.А. Безсонов*

Рецензент:

Н **Анализ деформаций станочных приспособлений в САЕ-системах:** метод. указания / [М.В. Нехорошев и др.] - Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. - 47 с.: 69 ил.

В методических указаниях к лабораторной работе представлена методика инженерного расчёта и анализа деформации элементов станочных приспособлений в САЕ-модуле Siemens NX для последующей оптимизации.

Лабораторная работа предназначена для магистров механических факультетов, обучающихся по направлению 24.04.05, 15.04.05, изучающих дисциплины «Технологическое оснащение автоматизированных производств», «Технологическая подготовка современного производства», «Основы технологии машиностроения».

Подготовлено на кафедре технологий производства двигателей.

УДК: 621.9.62
ББК:

© Самарский университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Общие положения.....	5
2 Создание 3D-модели сборки приспособления	11
3 Создание параметрических связей между элементами приспособления	25
4 Расчёт деформации упругой технологической системы при фрезеровании паза	30
5 Оптимизация конструкции приспособления	40
6 Порядок выполнения работы.....	44
Вопросы для самоконтроля.....	45
Список литературы.....	46

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучение методики инженерного расчёта и анализа деформации элементов станочных приспособлений в CAE-модуле Siemens NX для последующей оптимизации.
2. Изучение методики оптимизации элементов конструкции приспособления и режимов обработки.

1 Общие положения

Применение информационных технологий при подготовке производства приводят к кардинальному изменению среды создания и формы представления технической информации. Конструкторско-технологическая документация во многих отраслях промышленности, в том числе авиационной, всё в большей степени создаётся в среде интегрированных систем автоматизированного конструирования и производства (систем CAD/CAM), что резко повышает производительности труда конструктора и технолога.

Применительно к проектированию станочной оснастки это связано, прежде всего, с ускорением поиска прототипов конструкций при использовании электронных архивов, с сокращением времени проектирования приспособлений при использовании баз данных стандартных и унифицированных элементов конструкции, библиотек параметрических (геометрических) моделей основных деталей приспособлений. Дополнительные возможности открывает применение совместно с системами CAD/CAM электронного документооборота с автоматизацией составления спецификаций конструкций и обеспечения совместной работы нескольких конструкторов над одним (сложным) приспособлением.

Создание параметрических моделей - одна из важнейших возможностей систем CAD/CAM, повышающая производительность труда конструктора за счёт того, что новые варианты объекта проектирова-

ния могут быть получены модификацией (изменением) лишь ограниченного круга его параметров.

Параметрическая модель представляет собой прикладную программу, управляющую построением изображения объекта после ввода значений его параметров. Детали станочных приспособлений как объекты проектирования обладают рядом особенностей, делающих целесообразным разработку их параметрических моделей как приложений пользователя.

Как правило процесс проектирования любого механизма - в том числе и станочного приспособления - состоит **в последовательной разработке** различных текстовых и графических конструкторских документов. Стандартами (ГОСТ 2.103-68). Единой системы конструкторской документации регламентировано несколько стадий разработки таких документов.

1. Разработка, согласование и утверждение в установленном порядке технического задания (заказа) на проектирование. Такое задание конструктор приспособления получает от технолога, проектирующего технологический процесс. В техническом задании технолог устанавливает назначение, технические, технико-экономические и специальные требования к конструкции приспособления, а также конкретные сведения необходимые для проектирования: базирование и закрепление заготовки, последовательность обработки поверхностей (переходы), точность выполняемых геометрических параметров, применяемый станок, массу и материал заготовки, режимы резания и другие сведения. Все эти данные позволяют определить принципиальную схему предполагаемого приспособления.

2. Разработка технического предложения, в котором по результатам анализа технического задания и подбора необходимых материалов, конструктор в максимальной степени удовлетворяет требования и указания, содержащиеся в техническом задании.

3. После рассмотрения и утверждения технического предложения конструктор с технологом разрабатывает **эскизный проект.**

Эскизный проект должен содержать принципиальные конструктивные решения, позволяющие составить общее представление об устройстве и принципе действия приспособления, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры. При необходимости на этой стадии изготавливается макет кон-

струкции. Эскизный проект служит основанием для разработки технического проекта.

4. Технический проект должен содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разработанной конструкции, и исходные данные для разработки **рабочей документации**. К рабочей документации относятся: сборочные чертежи, рабочие чертежи деталей, пояснительная записка и др.

В общем случае проектирование приспособлений условно можно разделить на следующие этапы:

1. Изучение исходных данных - заказ на проектирование; операционная карта; чертежи заготовки и детали; годовая программа выпуска (позволяет ориентировочно определить производительность и наметить уровень механизации и автоматизации проектируемого приспособления); паспортные данные станка; альбомы типовых приспособлений; нормали и ГОСТы; методики расчёта на точность, экономическую эффективность, усилия закрепления, прочность и др.

2. Разработка нескольких вариантов конструктивных схем приспособлений.

3. Расчёт вариантов приспособлений на точность и экономическую эффективность их применения.

По результатам расчётов выбирается **оптимальный вариант приспособления**.

4. Расчёт на надёжность закрепления и выполнение необходимых прочностных расчётов элементов приспособлений.

5. Разработка сборочного чертежа в соответствии с требованиями ЕСКД. Общий вид приспособления изображается в рабочем положении, на нём даются все необходимые проекции, сечения и разрезы, позволяющие полностью представить конструкцию всех элементов приспособления и их взаимосвязь. Масштаб 1:1. На чертеже проставляются габаритные и координирующие размеры, посадки, размеры предельных износов элементов, технические требования по взаимному расположению элементов приспособления, требования по балансировке, сроки контроля, условия хранения и др. Составляется спецификация. При необходимости разрабатывается **3D** модель приспособления (станки с ЧПУ, при верификации управляющих программ).

6. Выполняется детализировка специальных деталей.

В лабораторной работе рассмотрена методика создания параметрических моделей технологической оснастки на примере станочного

Сборочный чертёж станочного приспособления для фрезерования паза в детали «Качалка» представлен на рис. 3.

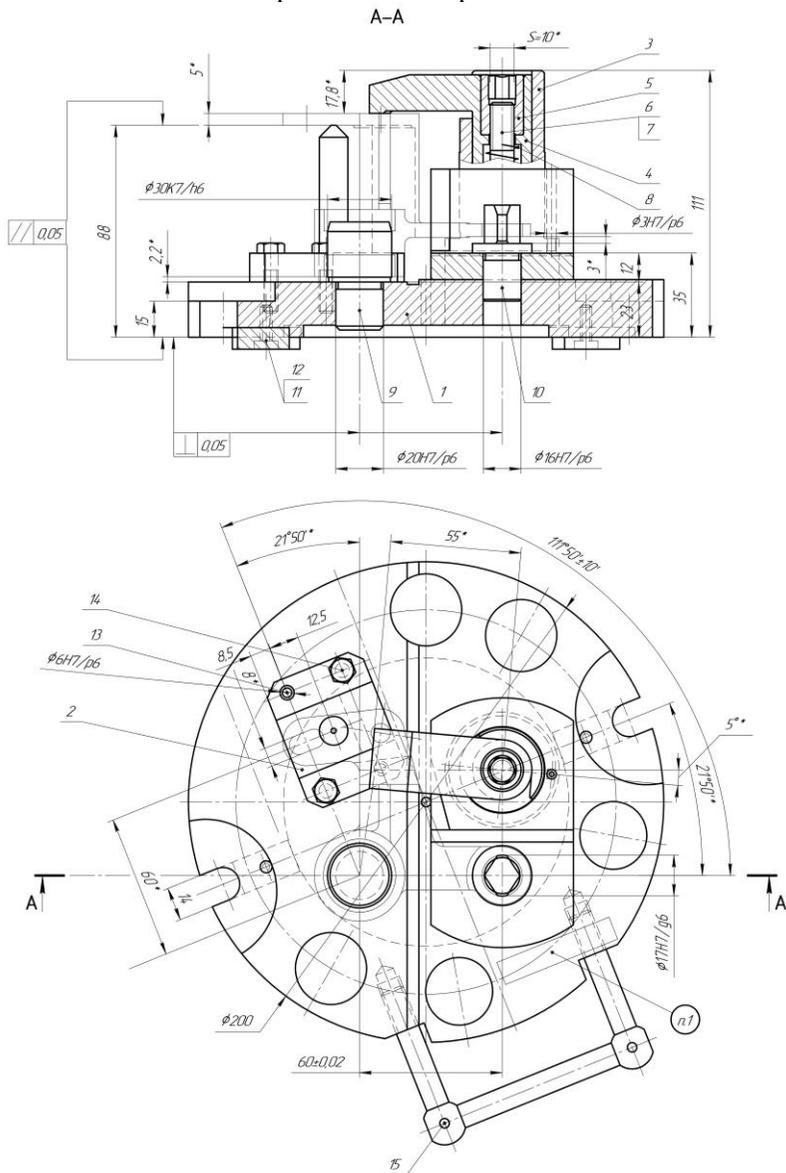


Рис. 3. Сборочный чертёж приспособления для фрезерования паза

Базирование заготовки осуществляется по типовой схеме - на один цилиндрический палец поз.9 и один срезанный палец поз.10. Закрепление заготовки выполняется с использованием Г-образного прихвата поз.3. Для исключения деформации детали в процессе фрезерования и повышения жёсткости технологической системы используется специальная вспомогательная опора поз.2.

Рассмотрим более подробно приспособление, в состав которого входит пятнадцать основных деталей:

1. Плита (сборочная единица). Данная конструкция служит основой приспособления и состоит из самой плиты и устанавливаемой на неё бобышки. Данные детали проектировались специально для данного приспособления.
2. Опора. Данная деталь служит опорой при фрезеровании паза и не дает «Качалке» прогнуться под влиянием сил резания. Также проектировалась специально для данного приспособления.
3. Втулка (ГОСТ 9059-69). Служит для установки прижима.
4. Прижим (ГОСТ 14733-69). Фиксирует деталь при обработке.
5. Гайка (ГОСТ 14729-69).
6. Шпилька.
7. Штифт (ГОСТ 3128-70).
8. Пружина (ОСТ 1.76593-77). Все детали с 4 по 8 входят в механизм прижима.
9. Палец (ГОСТ 12209-66). По данной детали происходит базирование.
10. Срезанный палец. Данная деталь лишает деталь возможности проворота вокруг оси.
11. Винт М5х16 (ГОСТ 1491-80).
12. Кулачок (ГОСТ 14737-69)
13. Штифт 6х30 (ГОСТ 3128-70).
14. Болт М6х30 (ГОСТ 7805-70). Детали 13 и 14 служат для закрепления стойки.
15. Ручка.

Для создания параметрической модели приспособления нужно иметь 3D модели входящих в него элементов, а также 3D модель детали «Качалка». 3D модели элементов приспособления были созданы ранее, а модель детали представлена на рисунке 4. Создавая между этими моделями параметрическую взаимосвязь с помощью модуля CAD Siemens NX, проведём сборку приспособления.



Рис. 4. 3D-модель детали «Качалка»

2 Создание 3D-модели сборки приспособления

Для сборки всех деталей в приспособление создается новый файл типа «Сборка» (рис. 5).

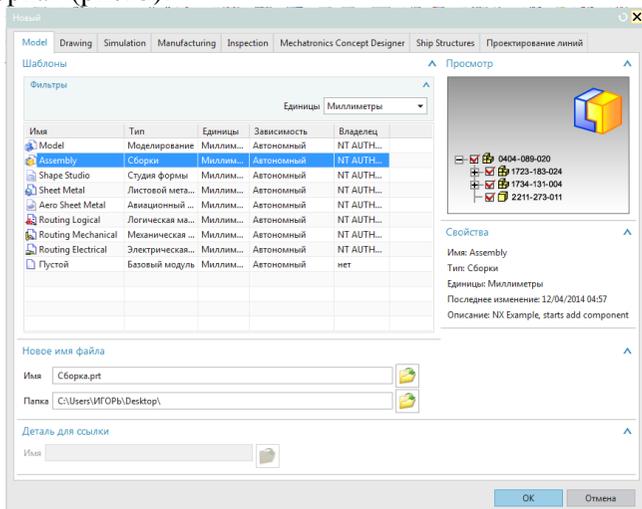


Рис. 5. Создание файла сборки.

В появившемся окне нажимаем «открыть»  и загружаем файл «Плита». Далее в окне «сопряжение сборки», в строке «тип», выбирается «фиксация» , в строке «геометрия для ограничения», выбирается деталь, как показано на рис. 6.

Следует обратить внимание на «навигатор сборки» - где напротив названия детали появился значок фиксации. Это означает, что плита ограничена от перемещений во всех направлениях.

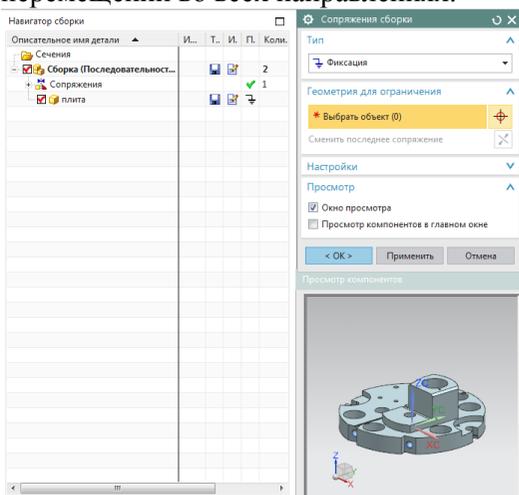


Рис. 6. Добавление в файл сборки детали «Плита»

Добавляем в сборку деталь «Опора», открывая по аналогии с предыдущей деталью нужный файл. Затем в «сопряжение сборки», в строке «тип», находится «выравнивание по касанию», в строке «ориентация» активизируется «касание», далее в окне «Просмотр компонентов» выбирается нижняя поверхность детали «Опора», а в основном окне выбирается верхняя поверхность детали «Плита», как показано на рис. 7.

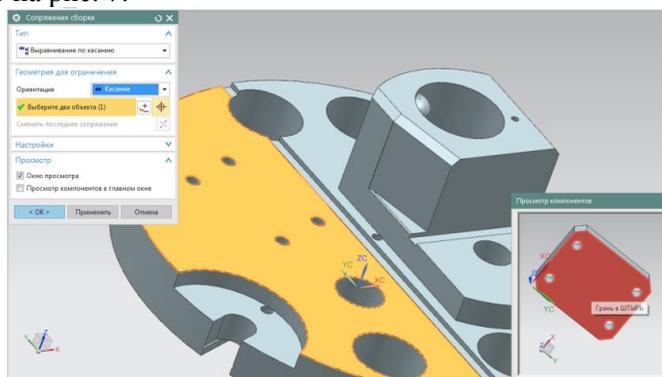


Рис. 7. Сопрежение нижней поверхности детали «опора» с верхней поверхностью детали «плита»

Теперь необходимо совместить оси отверстий в стойке и плите. Для этого в строке «ориентация» активизируется «вывод оси/центра» и последовательно выбираются отверстия в стойке и соответствующее ему отверстие на плите, как показано на рис. 8.

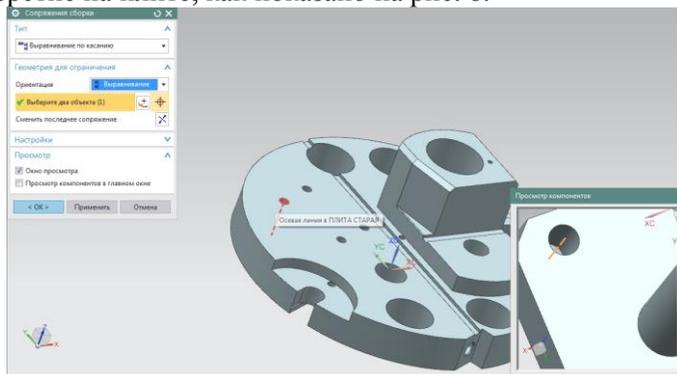


Рис. 8. Совмещение отверстий в деталях «Опора» и «Плита»

Аналогично предыдущей операции совмещается еще одна пара отверстий (рис. 9). После совмещения следует обратить внимание на «навигатор сборки». Напротив, названия детали появился черный круг. Этот значок говорит о том, что деталь имеет ограничение по всем степеням свободы (рис. 10).

Далее в отверстие вставляется деталь «Болт». Для этого открывается нужный файл в сборке. В окне «сопряжение сборки», в строке «тип», выбирается «выравнивание по касанию», а в строке «ориентация» активизируется «вывод центра/оси». Затем последовательно выбираются оси отверстий и болта (рис. 11).

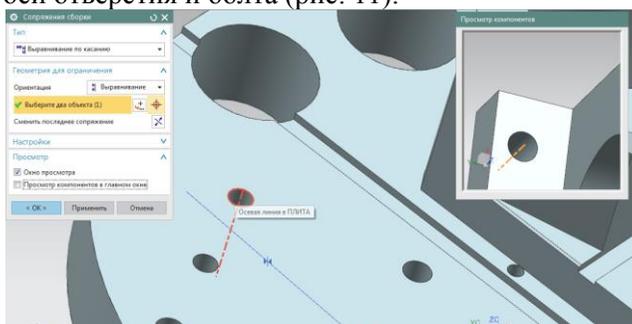


Рис. 9. Совмещение следующей пары отверстий в деталях «Опора» и «Плита»

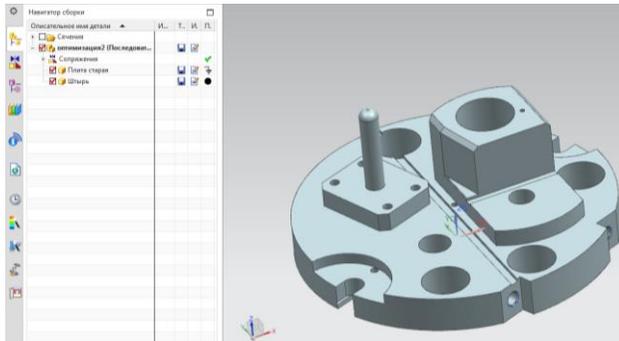


Рис. 10. Окончательное совмещение двух деталей

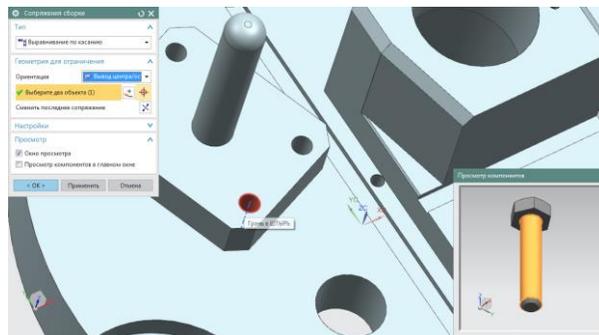


Рис. 11. Совмещение осей отверстия и болта

Далее в строке «ориентация» активизируется «касание». Последовательно выбираются: нижний торец головки болта и верхняя поверхность основания детали (рис. 12).

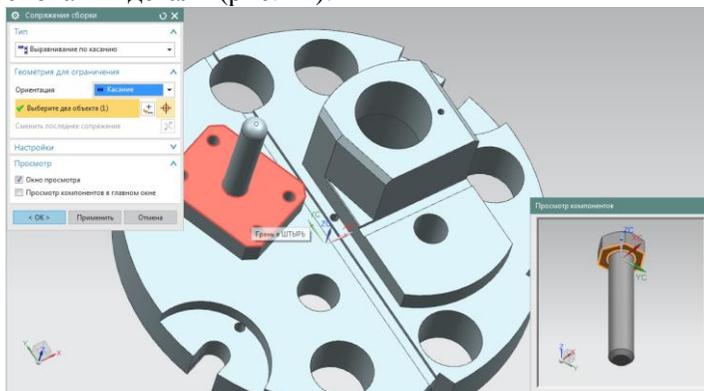


Рис. 12. Ограничения перемещения болта вдоль оси Z

Теперь необходимо ограничить вращение болта вокруг оси. Для этого в трюке «тип» активизируется «параллельный» и последовательно выбираются грань болта и передняя поверхность стойки (рис. 13).

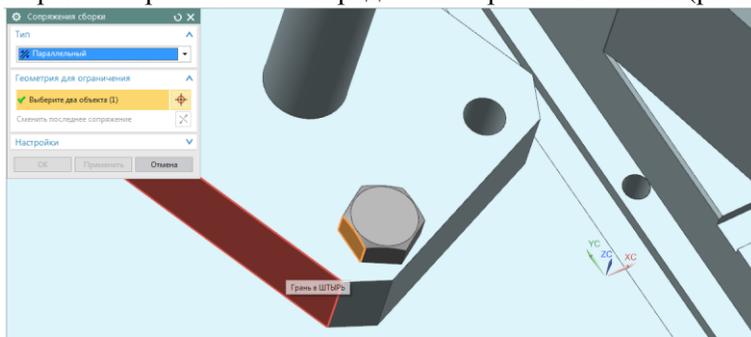


Рис. 13. Ограничение вращения болта вокруг оси

Аналогично размещается еще один болт в соседнем отверстии (в данном случае сборочный массив деталей не целесообразен) (рис. 14).

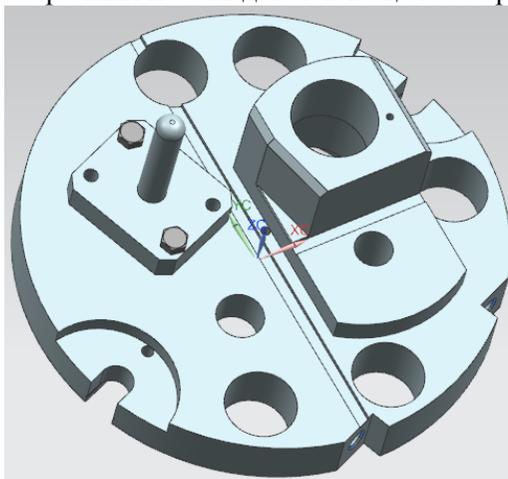


Рис. 14. Размещение болтов в сборке

В двух оставшихся отверстиях размещаем штифты. Для этого в сборке открываем файл «Штифт_1» и совмещаем оси отверстия и штифта (рис. 15).

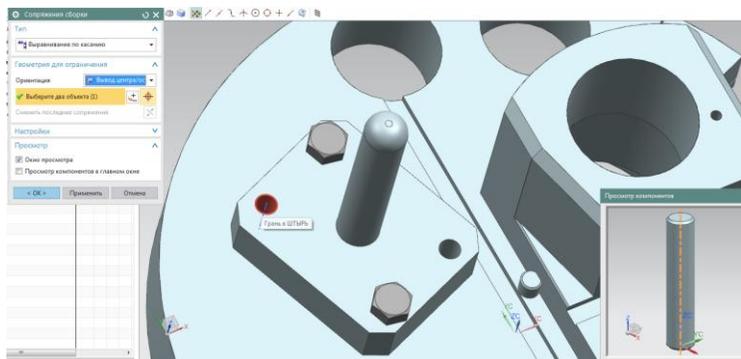


Рис. 15. Совмещение осей отверстия и штифта

Далее необходимо ограничить перемещение вдоль оси Z, для этого в окне «сопряжение сборки» в строке «ориентация» активизируется «выравнивание» и последовательно выбираются верхний торец штифта и верхняя поверхность основания опоры (рис. 16).

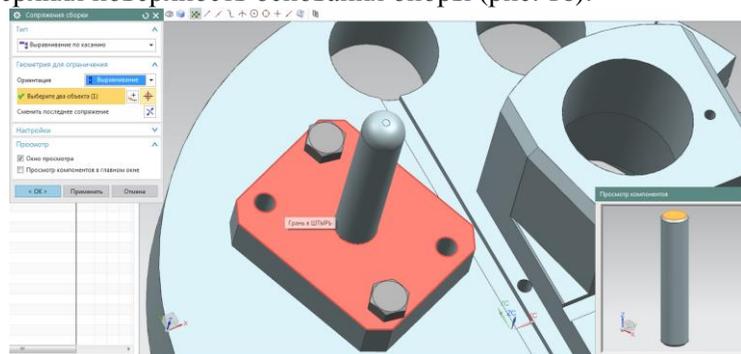


Рис. 16. Ограничение перемещения штифта вдоль оси Z

На следующем этапе сборки необходимо ограничить вращение штифта вокруг своей оси, в связи с этим нужно совместить координатные плоскости штифта и плиты. Для этой операции потребуется «заменить ссылочный набор». В «навигаторе сборки» сначала выбирается деталь, затем нажимается правая кнопка мыши и в появившемся окне выбирается «вся деталь» (рис. 17).

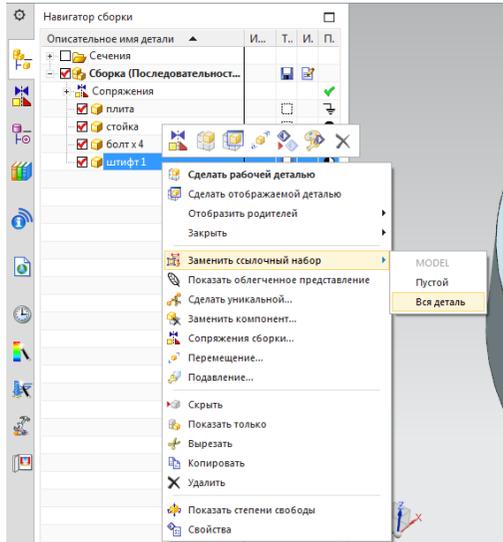


Рис. 17. Замена ссылочного набора

Фиксируем координатные плоскости деталей, как показано на рис.18.

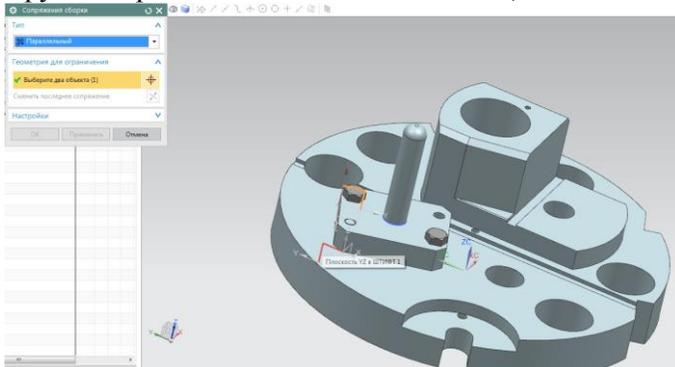


Рис. 18. Ограничение вращения штифта вдоль своей оси

Аналогичные операции производятся и со вторым штифтом. Окончательный результат показан на рис. 19.

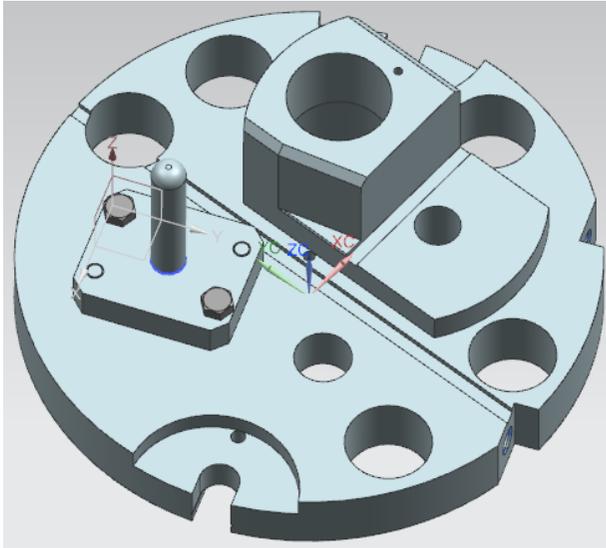


Рис. 19. Окончательный вид деталей «Штифт_1» в сборке

В плиту устанавливается деталь «Палец», путём совмещения оси отверстия с осью плиты, как показано на рис. 20.

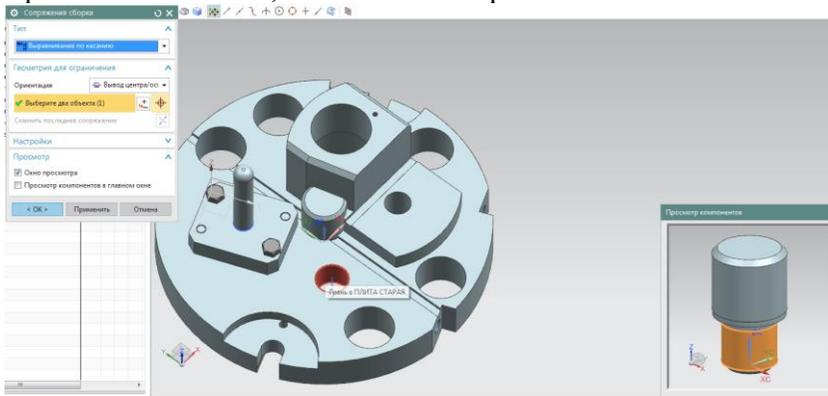


Рис. 20. Совмещение осей отверстия и пальца

Затем задается касание нижней поверхности пальца и верхней поверхности плиты (рис. 21).

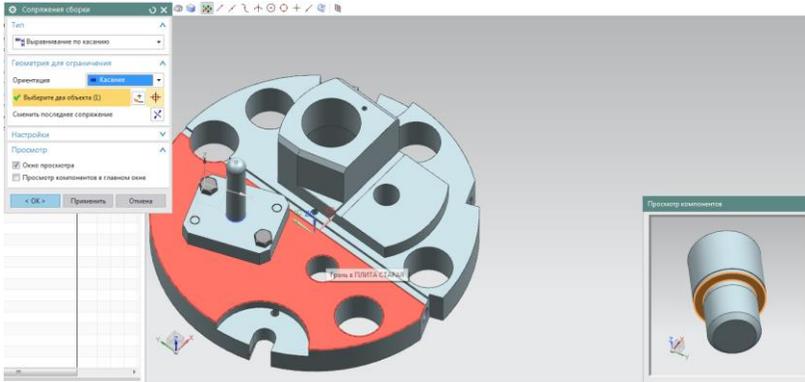


Рис. 21. Касание нижней поверхности пальца и верхней поверхности плиты

Теперь необходимо ограничить вращение детали вокруг своей оси, для этого на неё накладываются ограничения, показанные на рис. 22. По аналогии устанавливается деталь «срезанный палец (рис. 23).

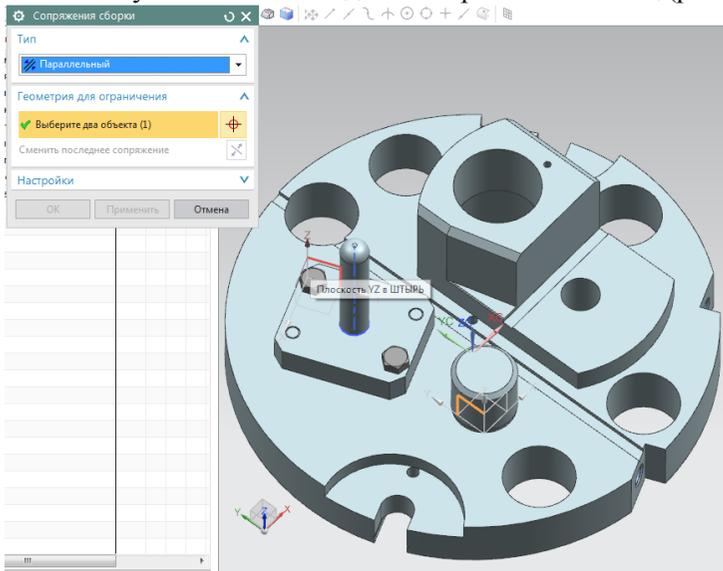


Рис. 22. Ограничение вращение детали «палец» вокруг своей оси

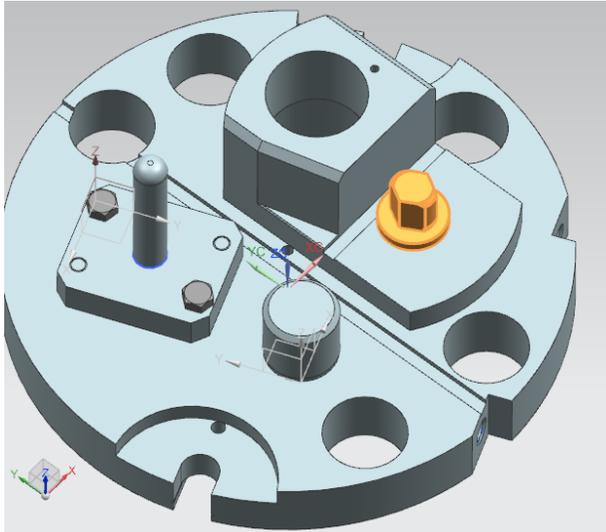


Рис. 23. Установка детали «срезанный палец» в плиту

Далее устанавливается втулка, для этого необходимо открыть деталь в сборке и совместить оси детали и плиты (рис. 24).

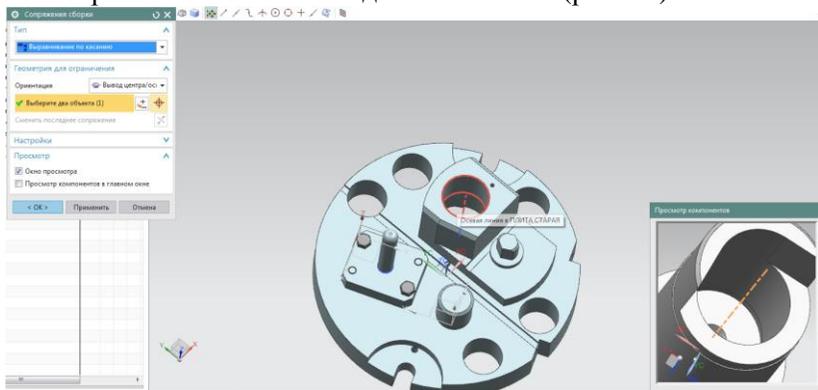


Рис. 24. Совмещение осей втулки и отверстия в плите

На следующем шаге ограничивается перемещение втулки вдоль оси Z (рис. 25).

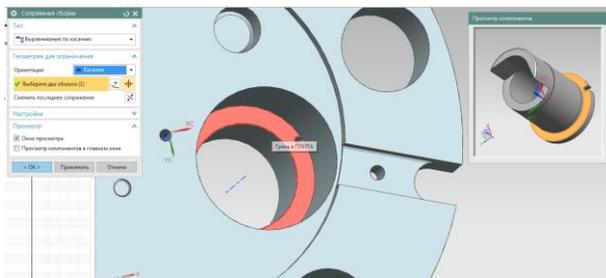


Рис. 25. Ограничение перемещения втулки вдоль оси Z

Зафиксируем деталь от поворота вокруг оси Z, как показано на рис. 26. По аналогии с рассмотренными деталями добавляются другие элементы приспособления: «Штифт_2» (рис. 27), «Кулачок» (рис. 28) и «Винт» (рис. 29).



Рис. 26. Ограничение вращения детали вдоль оси Z

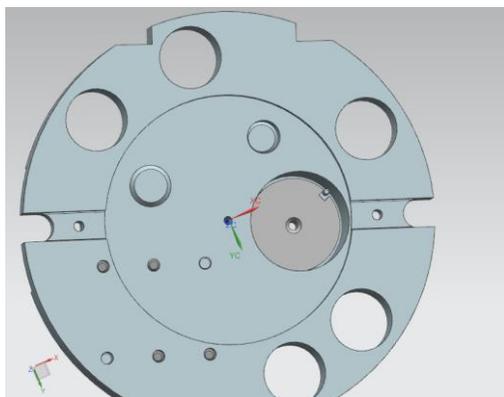


Рис. 27. Добавление детали «Штифт_2» в сборку

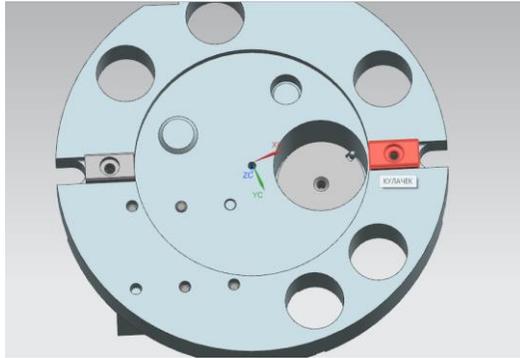


Рис. 28. Добавление в сборку деталей «Кулачок»

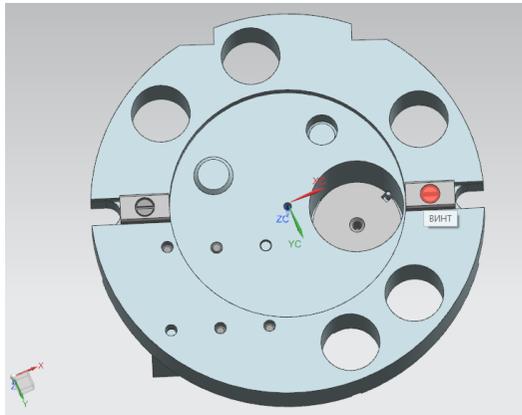


Рис. 29. Добавление в сборку деталей «Винт»

На заключительном этапе в сборку устанавливается обрабатываемая деталь «Качалка». Для этого совмещаются оси базового отверстия и пальца (рис. 30), а затем, аналогичным образом, совмещаются отверстия на ушке детали «качалка» со срезанным пальцем (рис. 31).

Далее ограничивается перемещение детали вдоль оси Z, согласно рис. 32.

Для закрепления установленной в приспособление заготовки к сборке добавляются детали «Прижим» (рис. 33), «Гайка» (рис. 34) и «Ручка» (рис. 35).

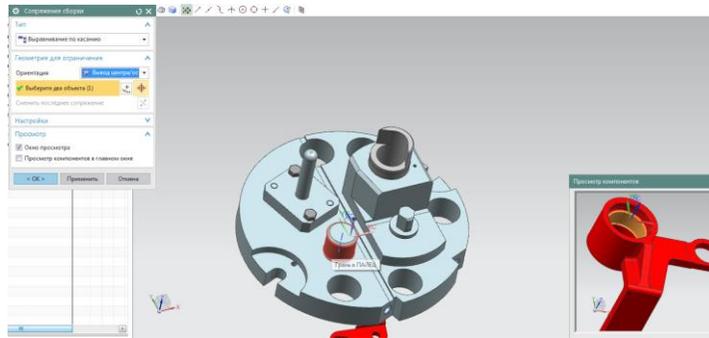


Рис. 30. Совмещение осей базового отверстия детали «Качалка» и детали «Палец»

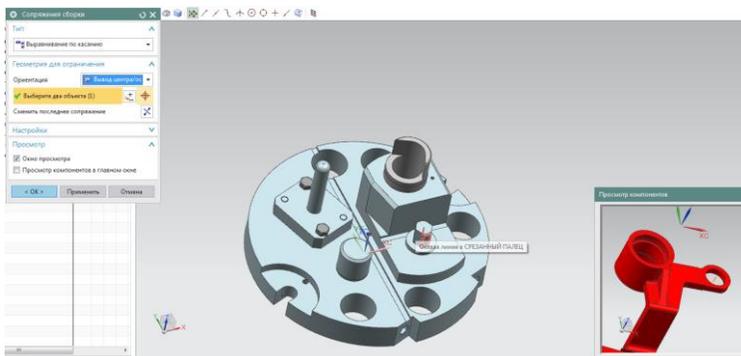


Рис. 31. Совмещение оси отверстия в ушке детали с осью срезанного пальца

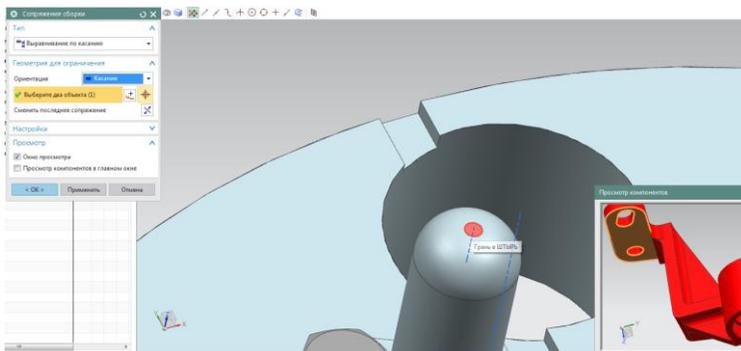


Рис. 32. Ограничение перемещения детали «Качалка» вдоль оси Z

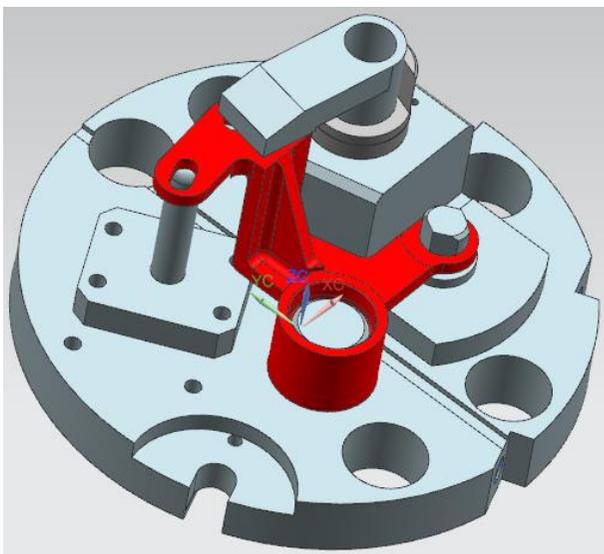


Рис. 33. Добавление в сборку детали «Прижим»

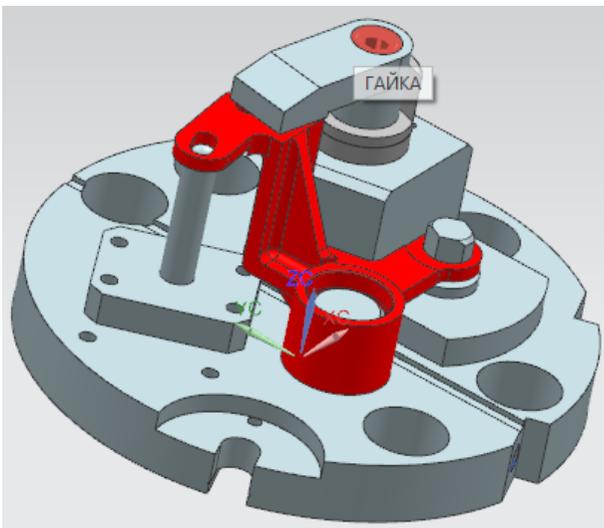


Рис. 34. Добавление в сборку детали «Гайка»

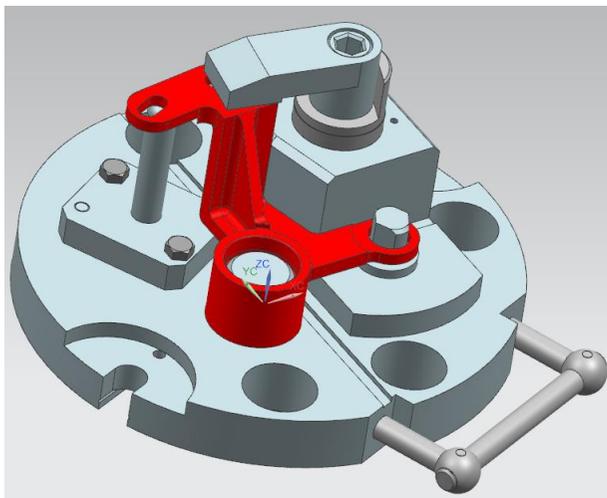


Рис. 35. Добавление в сборку детали «Ручка»

3 Создание параметрических связей между элементами приспособления

На начальном этапе необходимо параметризовать некоторые размеры «Качалки», для этого её нужно выбрать в «навигаторе сборки» и щёлкнуть правой кнопкой мыши, в появившемся окне выбирается пункт «сделать отображаемой деталью». Далее в меню «Инструменты» активизируется функция «Выражения». В появившемся окне, в строке «имя», вводится переменная ***B***, а в строке формулы вносится значение ***44 мм***. По аналогии вводятся остальные переменные со своими значениями (рис. 36).

Теперь необходимо связать заданные параметры с соответствующими размерами. Для этого в навигаторе модели открывается «Эскиз 3», активизируется межосевой размер со значением ***60 мм***, в появившемся окне в строке со значением размера выбирается пункт «Формула» (рис. 37).

Затем в появившемся окне вместо значения ***60*** вносится переменная ***L*** (рис. 38). Следует обратить внимание на то что после замены размера на эскизе вместо ***60*** появилась буква ***L***.

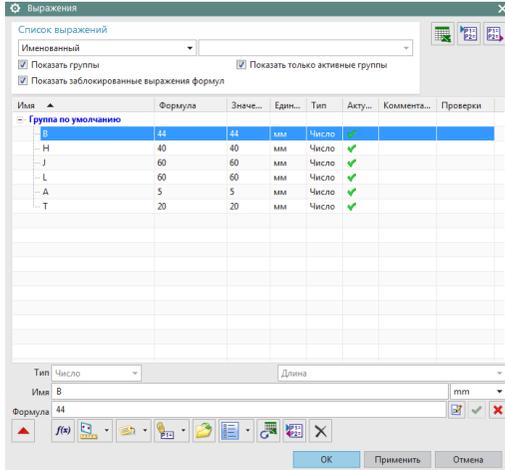


Рис. 36. Задание параметров параметризации

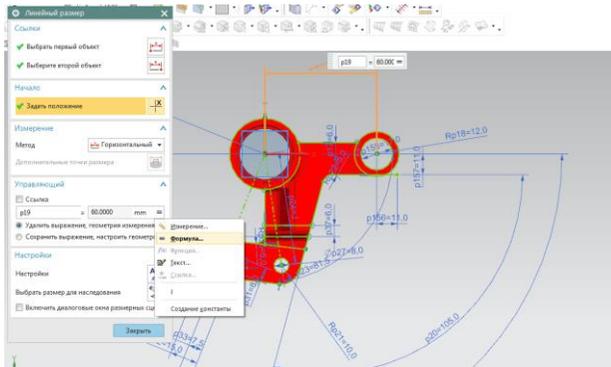


Рис. 37. Выбор размера для параметризации

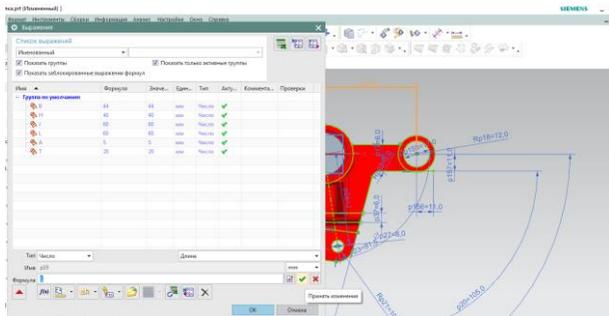


Рис. 38. Замена размера на переменную

Аналогично производится замена остальных размеров: размерам $p34$ и $p30$ придается значение J , $p36 - B$ и $p247 - T$ (рис. 39).

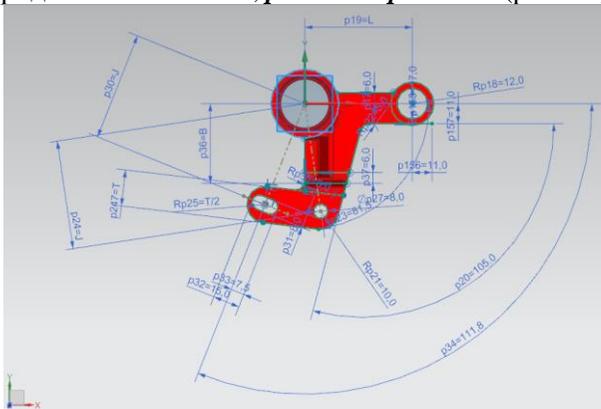


Рис. 39. Замера размеров

Далее в навигаторе модели выбирается «Координатная плоскость 5» и значение размера 40 мм заменяется на переменную H . По аналогии в «Координатной плоскости 6» 5 мм заменяется на переменную A .

Теперь необходимо перейти в меню «Инструменты» и выбрать функцию «Семейство деталей», далее пункт «Создать таблицу», в появившемся окне Excel необходимо внести такие же значения переменных как на рис. 40.

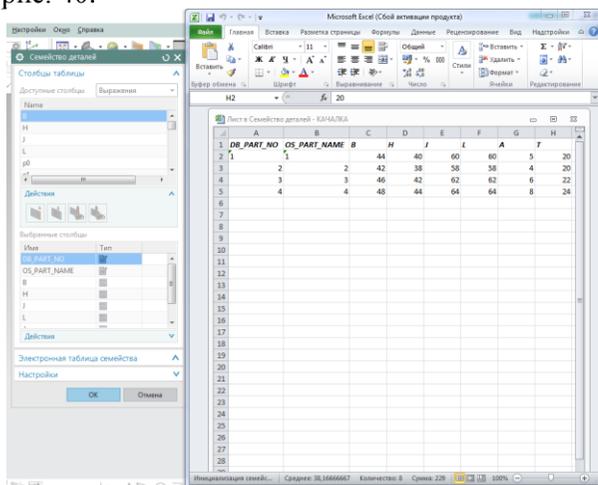


Рис. 40. Задание таблицы параметров

Таким образом при выборе строки из этой таблицы размеры детали будут принимать значения из этой строки.

Теперь необходимо установить параметрические связи между деталями приспособления, т.е. связать размеры элементов приспособления с размерами заготовки. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

В отдельном окне открываем деталь «Плита». В навигаторе модели открывается «Эскиз 33», далее активизируется межосевой размер и в строке со значением **60** выбирается «Формула», в появившемся окне «Выражения», нажимается кнопка «Создать одиночное выражение между деталями», затем из списка выбирается деталь «Качалка» и переменная L (рис. 41).

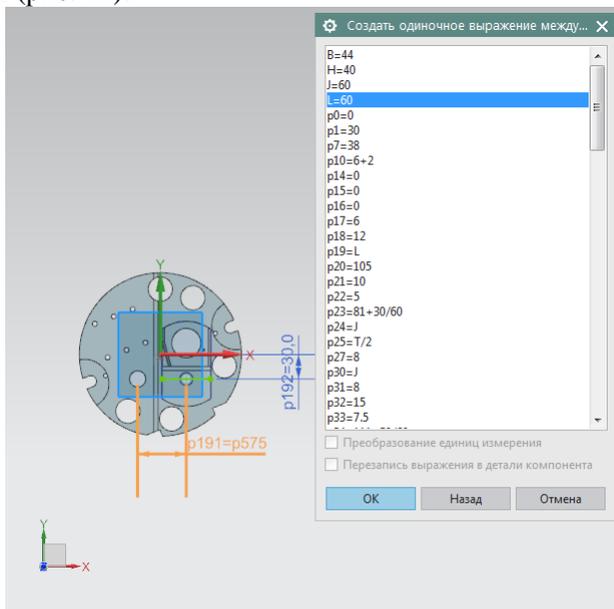


Рис. 41. Создание связи между двумя деталями

По аналогии размер плиты $p571$ связывается с переменной B , однако в данном случае нужно получить зависимость $B-6$ (рис. 42).

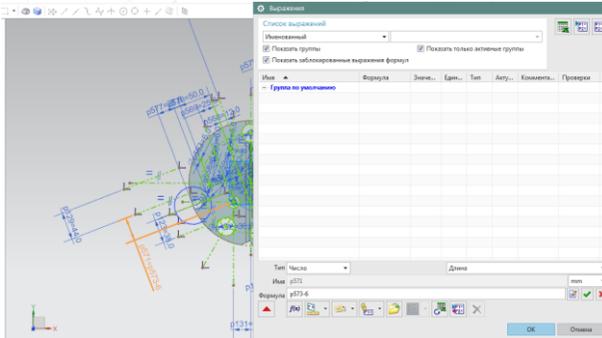


Рис. 42. Создание связи соотношения между размерами

Таким же образом связывается еще одно соотношение (рис. 43), для этого активизируется габаритный размер приспособления равный **200 мм** и создается одиночное выражение с переменной **L** детали «Качалка», далее к нему суммируется **140 мм**.

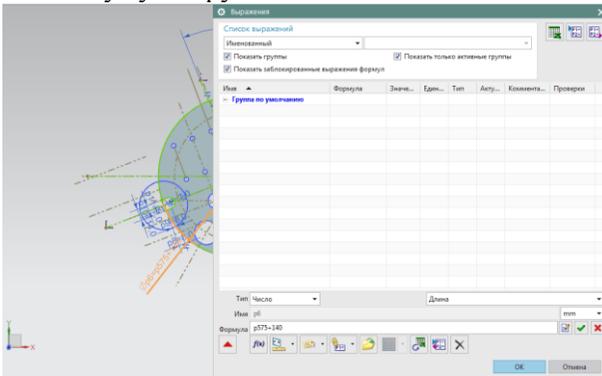


Рис. 43. Создание связи соотношения между размерами

В заключении необходимо проверить правильность параметризованной сборки, в связи с этим в файле сборки рабочей деталью делается «Качалка», далее в инструменте «Семейство деталей» необходимо открыть «Изменить таблицу», в появившейся таблице выбирается любая строка и применяются ее значения (рис. 44). Внешний вид приспособления после параметрического изменения размеров показан на рис. 45.

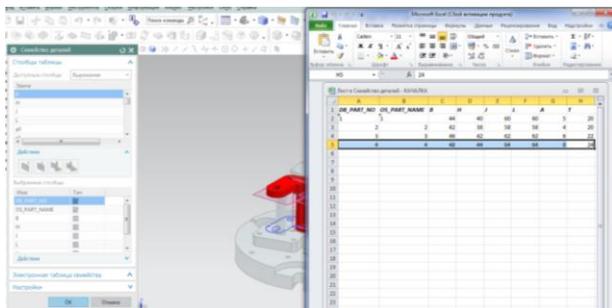


Рис. 44. Задание новых размеров для детали

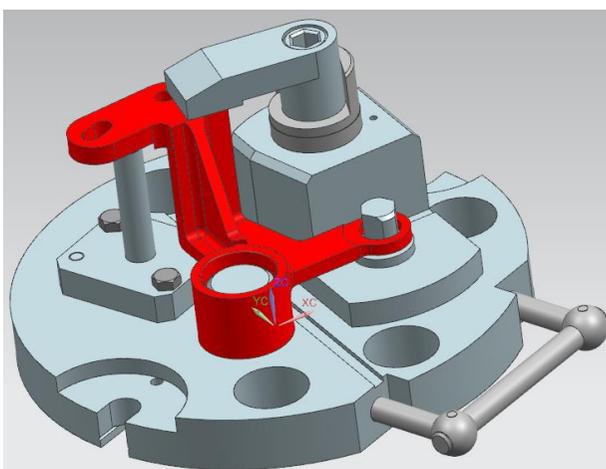


Рис. 45. Вид приспособления после параметрического изменения размеров

4 Расчёт деформации упругой технологической системы при фрезеровании паза

Для проведения расчёта и анализа деформации технологической системы при фрезеровании сначала необходимо рассчитать усилия резания. Для вычисления значений составляющих сил резания (рис. 46) будет использоваться эмпирическая формула из справочника [8]. Следует отметить, что направление осей при инженерном расчете необходимо строго соблюдать.

$$\text{Формула имеет вид: } P_Z = \frac{10C_P \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

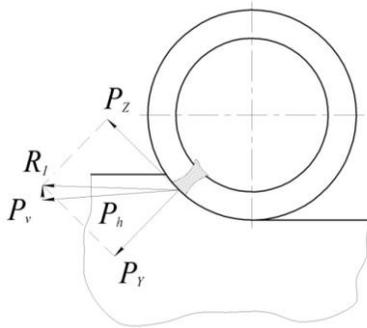


Рис. 46. Схема сил резания при фрезеровании

Принимаются следующие данные для расчета:

глубина резания $t = 5 \text{ мм}$;

диаметр фрезы $D = 8 \text{ мм}$;

ширина резания $B = 8 \text{ мм}$;

число зубьев фрезы $z = 4$;

частота вращения фрезы $n = 400 \text{ об / мин}$;

поправочный коэффициент $K_{MP} = 0,76$

Коэффициенты пропорциональности и показатели степени также берутся из справочника:

$$C_p = 22,6; \quad x = 0,86; \quad y = 0,72; \quad u = 1; \quad q = 0,86; \quad w = 0;$$

Далее производится расчёт основной составляющей силы резания для подачи $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$:

$$P_z = \frac{10 \cdot 22,6 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 4}{8^{0,86} \cdot 400^0} \cdot 0,76 = 524,31 \text{ Н};$$

Из справочника известно, что составляющая силы по оси Y вдвое меньше основной:

$$P_y = 0,5 \cdot P_z = 524,31 \cdot 0,5 = 262,15 \text{ Н}.$$

Для облегчения расчёта и оптимизации режимов резания, был создан файл электронной таблицы Excel, в котором автоматизировано считается сила резания (рис. 47).

Далее необходимо создать конечно-элементную (КЭ) модель сборки приспособления. При этом нужно максимально упростить модель, это делается для уменьшения времени расчёта и увеличения производительности компьютера в целом.

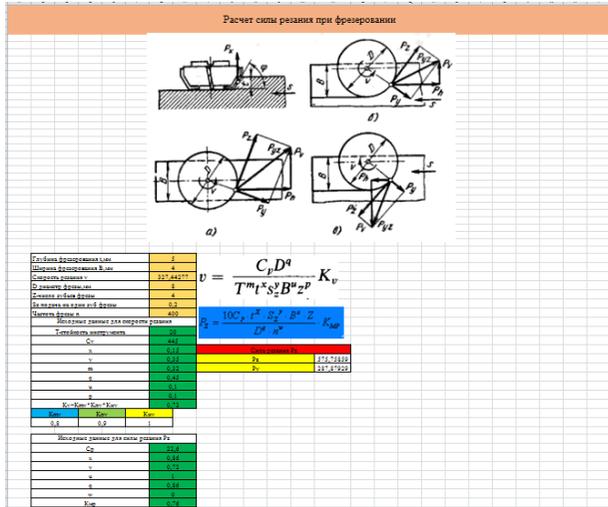


Рис. 47. Электронная таблица для расчета силы резания

Для этого из файла сборки исключаются детали: «Болт», «Винт», «Кулачек», «Штифт_1», «Штифт_2», «Гайка», «Ручка» (рис. 48). Данные элементы сборки будут заменены на соответствующие межэлементные связи.

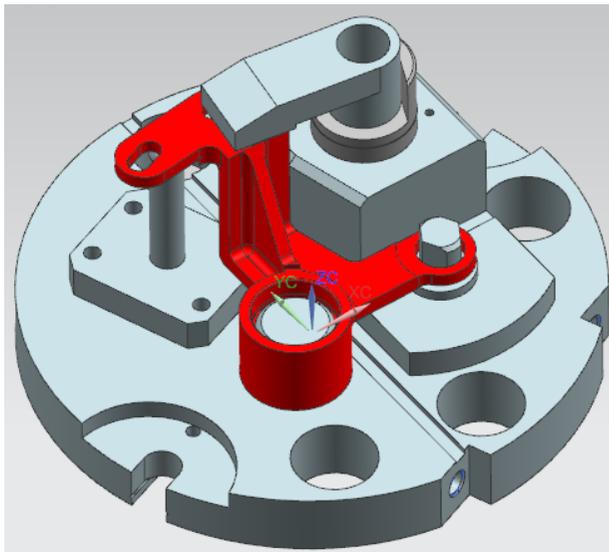


Рис. 48. Упрощенный вид сборки приспособления

Затем необходимо перейти в модуль Siemens NX «Расширенная симуляция» (рис. 49).

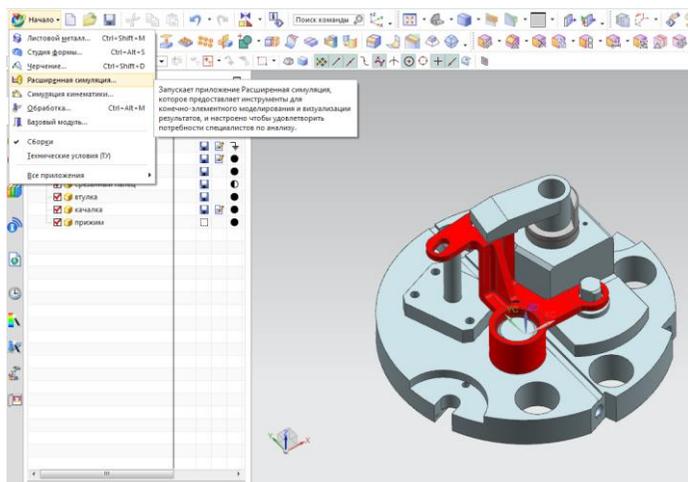


Рис. 49. Запуск модуля «Расширенная симуляция»

Далее необходимо создать файл новой КЭ модели (рис. 50).

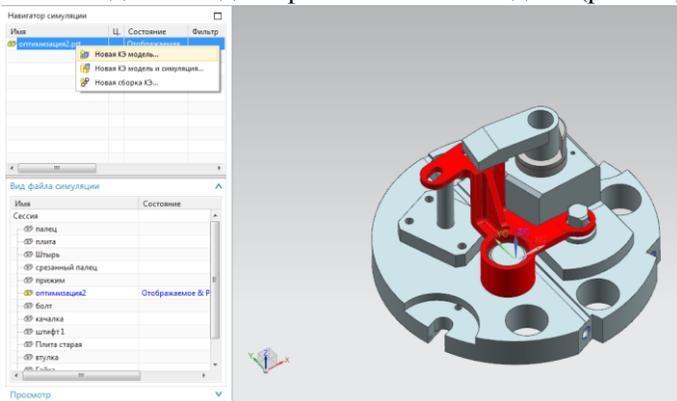


Рис. 50. Создание файла конечно элементной модели

В появившемся окне выбирается место сохранения. Далее в появившемся окне «новая КЭ модель» убирается галочка напротив строки «Создать идеализируемую деталь» и нажимается ОК. При создании файла КЭ модели все связи между деталями сбрасываются, для их

восстановления необходимо воспользоваться командой «Условия сопряжения сетки» (рис. 51).

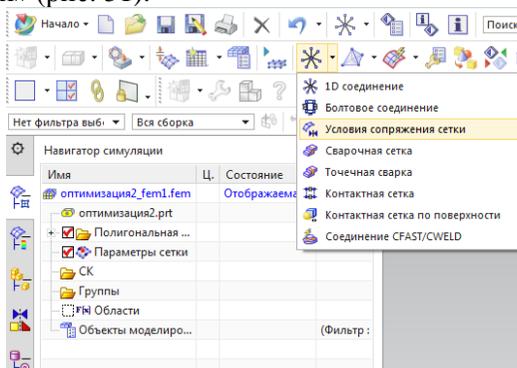


Рис. 51. Активизация команды «Условия сопряжения сетки»

В появившемся окне в строке Тип выбирается пункт «Автоматическое создание», далее в строке «выбор» выбираются все элементы приспособления (рис. 52).

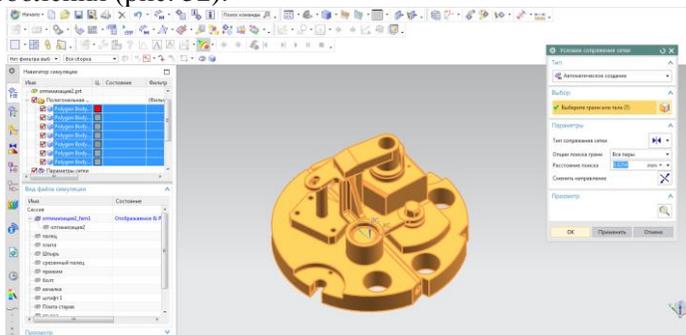


Рис. 52. Сопряжения сборки

Теперь необходимо для каждого элемента сборки задать материал и разбить его на конечные элементы. С помощью команды «Физические свойства», вызывается окно «Менеджер таблицы физических свойств» и там выбирается «Создать». В появившемся окне в строке «Материал» активизируется кнопка «Выбрать материал», как показано на рис. 53.

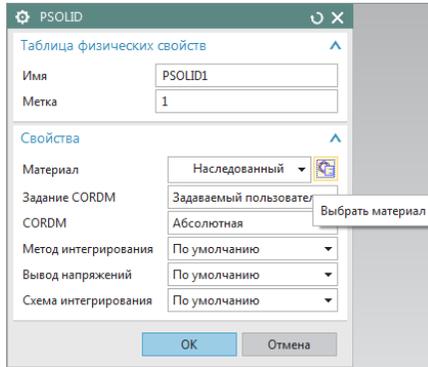


Рис. 53. Переход в библиотеку материалов

Далее в окне «Список материалов» выбирается «Steel» (рис. 54).

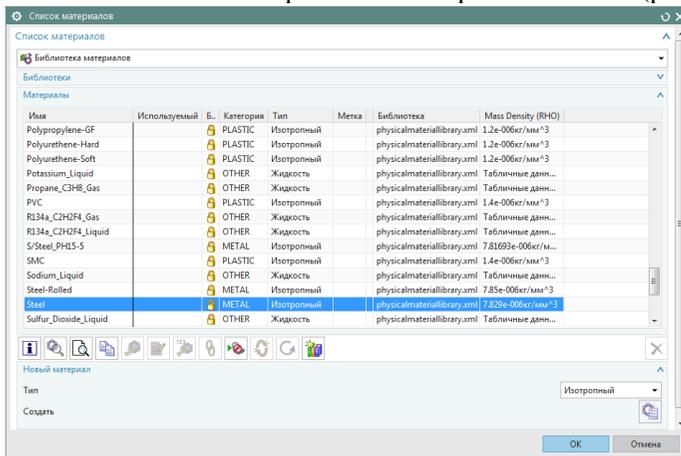


Рис. 54. Окно выбора материала

Затем с помощью команды «Коллектор сеток»  сетка КЭ связывается со свойствами выбранного ранее материала (рис. 55).

Теперь непосредственно с помощью команды «3D тетраэдральная сетка» первая деталь «Опора» разбивается на КЭ сетку (рис. 56).

Также по аналогии необходимо задать материал и разбить на КЭ сетку другие составляющие приспособления (рис. 57). При задании материалов для остальных элементов приспособления выбирается материал «Steel», для детали «Качалка» – «Titanium_Alloy».

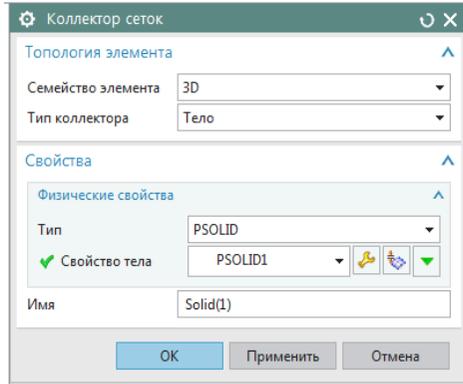


Рис. 55. Создание связи между сеткой КЭ и материалом

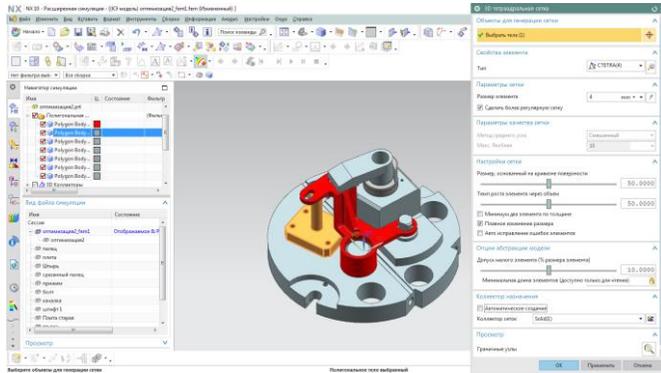


Рис. 56. Разбивка детали «Опора» на КЭ

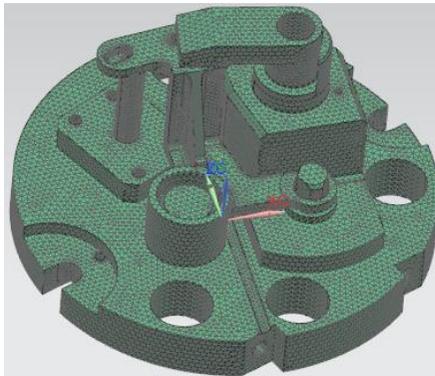


Рис. 57. Создание КЭ сборки приспособления

Далее рассмотрим влияние на точность изготовления детали деформации приспособления от сил резания при фрезеровании паза детали «Качалка». Для этого необходимо создать новый файл решения – в «Навигаторе Симуляции» курсор наводится на название файла сетки, нажимается правая кнопки мыши и выбирается пункт «Новая симуляция» (рис. 58).

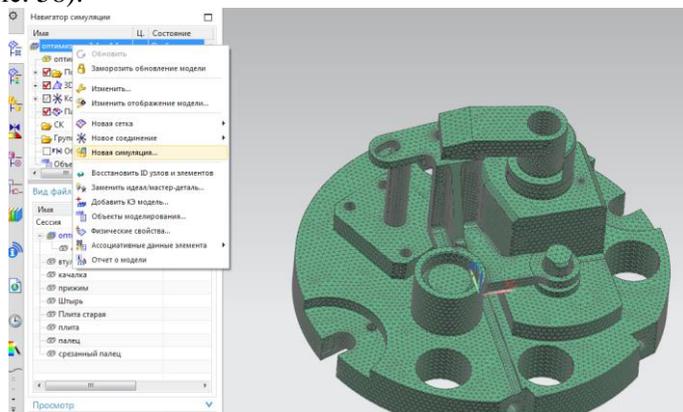


Рис. 58. Выбор пункта «Новая симуляция»

В появившемся меню выбирается шаблон NX NASTRAN, вводится название файла и указывается путь сохранения. После нажатия ОК появляется меню «Новой симуляции» в нём все оставляется без изменения и нажимается ОК.

На следующем шаге необходимо задать ограничения или иначе говоря граничные условия. Так как обработка ведётся в приспособлении, а оно жёстко закреплено на столе нужно ввести такие ограничения, которые симитируют данный тип закрепления. Для этого на панели меню нажимается кнопка «Заделка», и выбирается поверхность по которой закреплено приспособление (рис. 59).

Теперь требуется приложить усилие резания к пазу. Для этого на панели меню нажимается кнопка «Тип нагрузки», выбирается «Сила». В появившемся окне находится вкладка «Тип» и в контекстном меню выбирается «Компоненты», так как сила резания состоит из трех составляющих. Далее необходимо задать направление составляющих силы. Для этого необходимо перейти на вкладку «Направление» в контекстном меню «СК» выбрать «Декартовы», в меню «Локальные» найти «СК объекта» и ввести данные в окно согласно рис. 60.

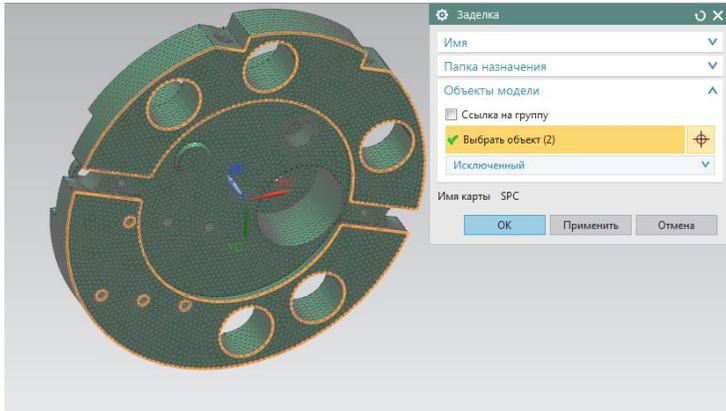


Рис. 59. Последовательность задания ограничений

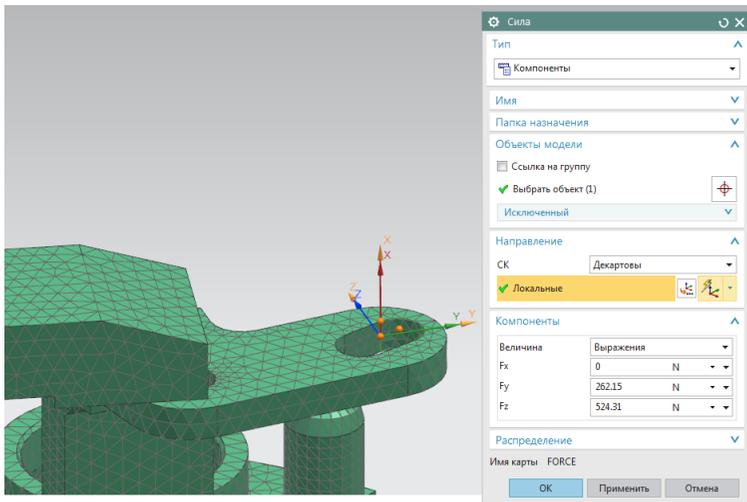


Рис. 60. Окно задания значений сил резания

Далее нажимается кнопка «Решить». После окончания расчётов необходимо перейти в «Навигатор постпроцессора», чтобы просмотреть полученные результаты (рис. 61).

Теперь нужно перейти в пункт «Перемещение по узлам» и выбрать Magnitude (общее перемещение). Максимальное значение на данной картинке не должно превышать допуска на операцию. В данном случае

максимальное значение составляет 0,0885 мм и превышает допуск на размер 0,05 мм (рис. 62).

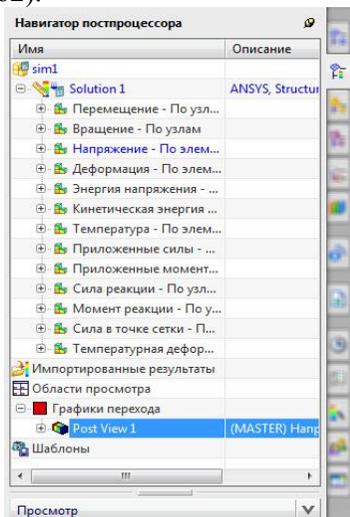


Рис. 61. Навигатор постпроцессора

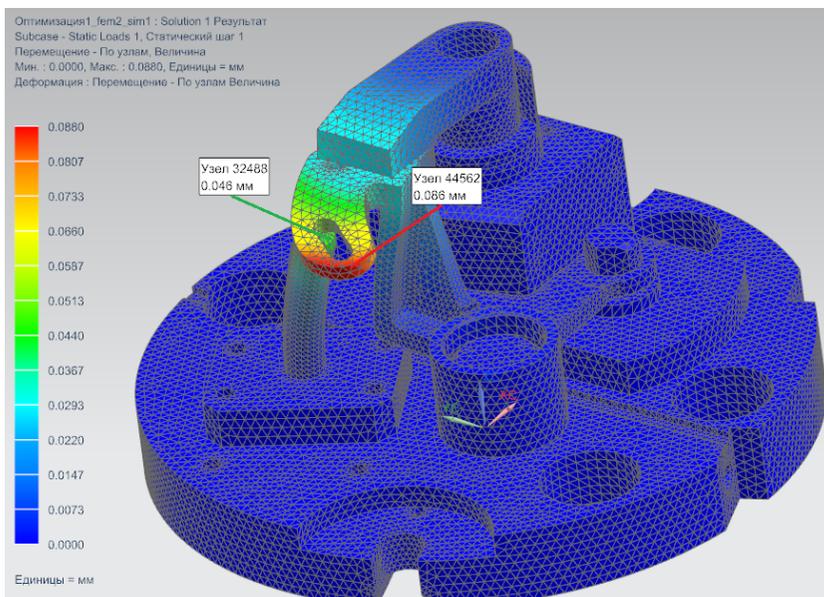


Рис. 62. Картина общих перемещений при $S_z=0,1$ мм/зуб

Затем необходимо перейти в пункт «Напряжение по элементам/узлам». Максимальное значение на данной картине не должно превышать временного предела выносливости материала. В данном случае максимальное значение составляет 409,53 МПа и не превышает предела прочности 950 МПа (рис. 63).

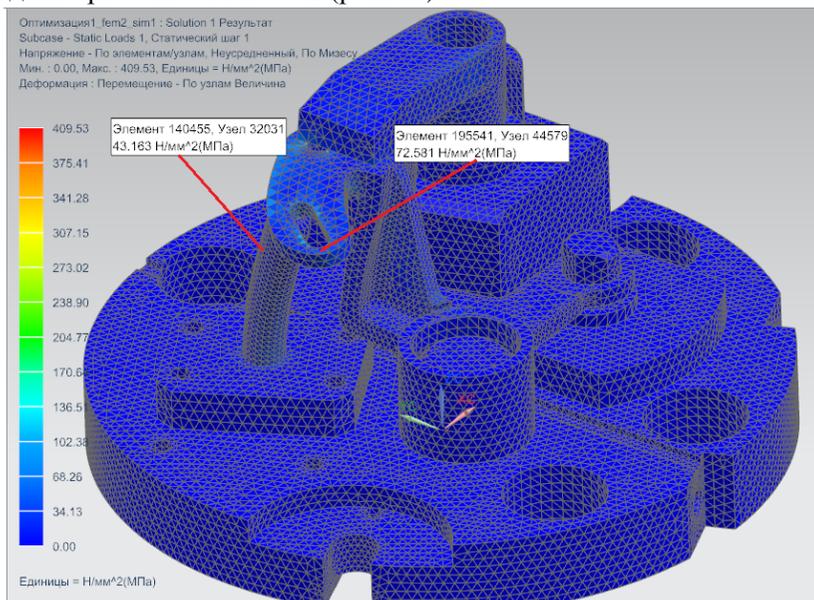


Рис. 63. Картина общих напряжений при $S_z=0,1$ мм/зуб

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что не обеспечение точности происходит из-за деформации при фрезеровании паза детали «Опора». Это связано с вибрациями создаваемыми силами резания, малой площадью соприкосновения детали с опорой и нежесткой конструкции опоры.

Для решения данной задачи необходимо оптимизировать конструкцию детали «Опора».

5 Оптимизация конструкции приспособления

Для оптимизации конструкции приспособления были спроектированы и созданы 3D-модели двух вариантов детали «Опора».

Первый вариант опоры показан на рис. 64. Данная деталь получается литьем и имеет несимметричную форму, это значительно услож-

няет её проектирование. Также на детали имеются рёбра жёсткости, которые повышают её прочность, помимо этого ещё увеличена площадь соприкосновения с деталью.

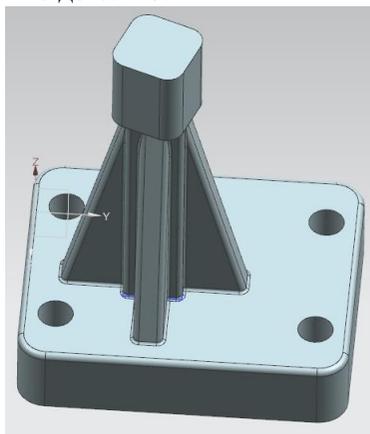


Рис. 64. Вариант опоры «Литая стойка»

Проведенные с литой стойкой расчёты показали следующие картины общих перемещений (рис. 65) и напряжений (рис. 66).

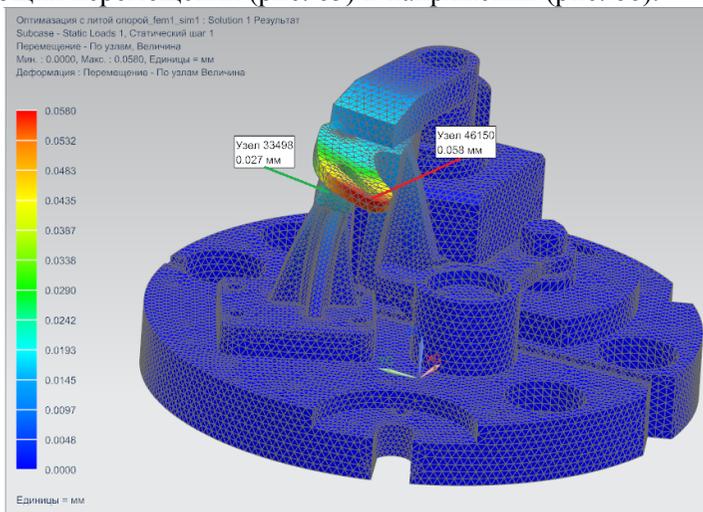


Рис. 65. Картина общих перемещений с литой стойкой при $S=0,1$ мм/зуб

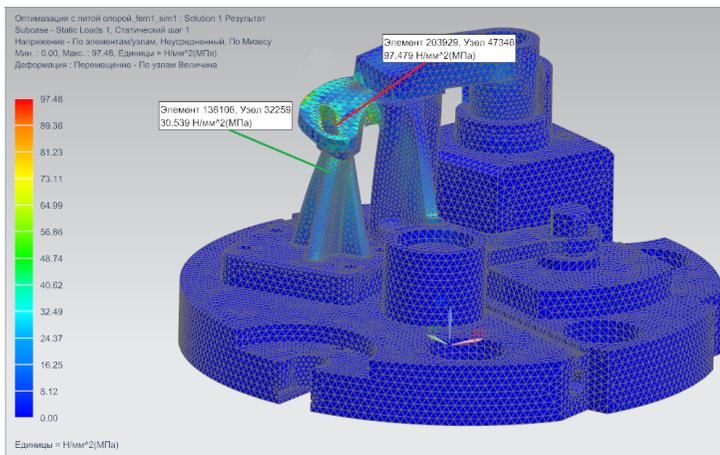


Рис. 66. Картина общих напряжений с литой стойкой при $Sz=0,1$ мм/зуб

Максимальное значение перемещений составило 0,058 мм и превышает допуск на размер 0,05 мм, а максимальное значение напряжений составило 97,48 МПа и не превышает предела прочности 950 МПа. По сравнению с начальной деталью «Опора», деталь «стойка литая» лучше справилась с приложенными нагрузками, но также не обеспечила допуск на операцию.

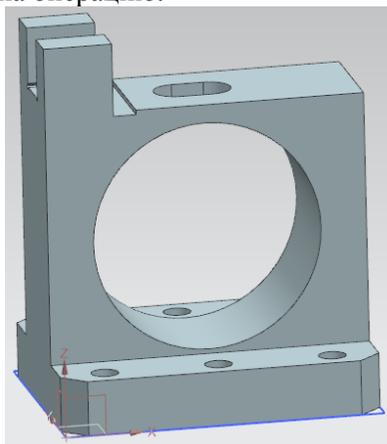


Рис. 67. Деталь «Стойка универсальная»

Второй вариант опоры показан на рис. 67. Конструкция данной детали позволяет использовать приспособление как на станке с ЧПУ, так

и на универсальном фрезерном станке. Деталь создаётся механической обработкой, и имеет большие габариты по сравнению с другими, рассмотренными выше, деталями.

По аналогии производится расчёт деформации при фрезеровании паза и сравнивается с предыдущими.

Максимальное значение перемещений составило 0,006 мм и не превышает допуск на размер 0,05 мм (рис. 68), а максимальное значение напряжений составило 18,55 МПа и не превышает предела прочности 950 Мпа (рис. 69).

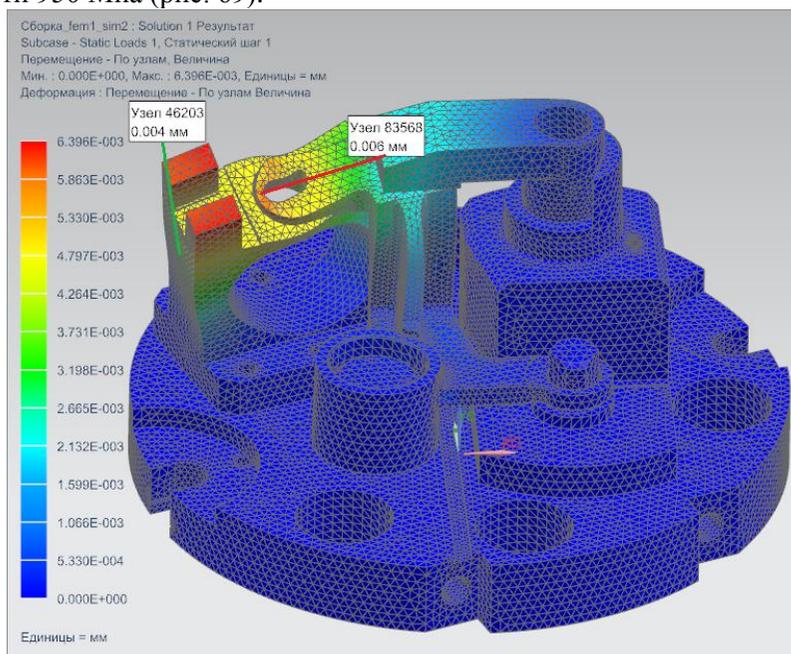


Рис. 68. Картина общих перемещений с универсальной стойкой при $S=0,1$ мм/зуб

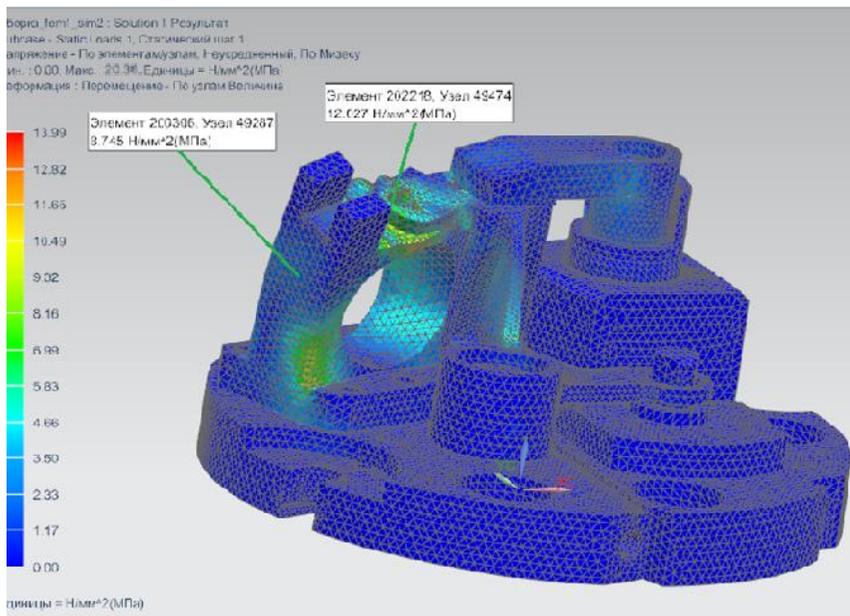


Рис. 69. Картина общих напряжений с универсальной стойкой при $S_z=0,1$ мм/зуб

Из полученных результатов следует, что деталь «стойка универсальная» позволяет получать детали в требуемом допуске и тем самым обеспечивает точность.

6 Порядок выполнения работы

1. Изучить методику создания **3D** моделей станочных приспособлений в системе Siemens NX.
2. Изучить методику сборки приспособления и последующей параметризации.
3. Получить у преподавателя индивидуальное задание в виде эскиза обработки заготовки.
4. Разработать конструктивную схему приспособления для установки заготовки и утвердить её у преподавателя.
5. Разработать 3D модели деталей приспособления.
6. Разработать 3D модель приспособления.
7. Установить параметрические связи между элементами сборки.
8. Рассчитать усилия резания.

9. Произвести инженерный расчёт деформации приспособления и провести анализ полученных результатов.

10. Выполнить оптимизацию конструкции приспособления и подобрать оптимальные режимы резания из условий «высокая производительность» и «получение требуемой точности».

11. Предъявить полученные результаты преподавателю.

7 Вопросы для самоконтроля

1. Что называют приспособлением для механической обработки?

2. Назовите этапы проектирования приспособлений.

3. В какой последовательности создаётся 3D-модель сборки приспособления?

4. В чём заключается метод вариационной (размерной) параметризации?

5. Для каких целей используется массив геометрии при построении деталей?

6. Каким образом устанавливаются параметрические связи между элементами приспособления?

7. С какой целью проводят оптимизацию конструкции приспособления?

Список литературы

1. Шулепов, А.П. Проектирование технологической оснастки [Текст]: учебник / А.П. Шулепов, В. А. Шманев, И. Л. Шитарев ; под ред. А. П. Шулепова ; Самар. гос.аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. - Самара: [б. и.], 1996. - 374 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя: 2 т. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 1 /под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М., 2003.- 656с.
3. Справочник технолога-машиностроителя: 2 т. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 2 / под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М., 2003.- 456 с.
4. Данилов, Ю.В., Артамонов, И.А. Практическое использование NX [Текст] / Ю.В. Данилов, И.А. Артамонов – М.: ДМК Пресс, 2011. – 332 с.
5. Гончаров, П.С. NX для конструктора машиностроителя [Текст] / П.С. Гончаров, М.Ю. Ельцов, С.Б. Коршиков и др. М.: ДМК Пресс, 2010. – 504 с.
6. Ельцов, М.Ю. Проектирование в NX под управлением Teamcenter учеб. пособие / М.Ю. Ельцов, А.А. Козлов, А.В. Седойкин, Л.Ю. Широкова. – Белгород, 2010.– 344 с.
7. Рязанов, А.И. Твердотельное параметрическое САД моделирование в Siemens NX: электрон. учеб. пособие / А.И. Рязанов, Е.С. Горячкин. Самара, Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та. – Электрон текстовые и граф. дан. (5,67 Мбайт). – 2014. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
8. Краснов, М.В. Unigraphics для профессионалов [Текст] / М.В. Краснов, Ю.В. Чигишев – М.: ЛОРИ, 2004. – 320 с.

Учебное издание

*Нехорошев Максим Владимирович
Шулепов Александр Павлович
Мещеряков Александр Викторович
Безсонов Кирилл Андреевич*

**АНАЛИЗ ДЕФОРМАЦИЙ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ
В САЕ-СИСТЕМАХ**

Методические указания

Редактор
Доверстка

Подписано в печать . Формат
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ.л.
Тираж экз. Заказ . Арт.-

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЁВА»
(Самарский университет)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

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