

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные  
процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка методики моделирования сварных соединений в САПР  
NX 9.0

Студент	<u>Р.Д. Мухамбетрахимов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>П.А. Путеев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение качества подготовки бакалавров направления 15.03.01 Машиностроение.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) изучен инструментарий модуля сварки;
- 2) освоена работа по моделированию сварных соединений;
- 3) освоен анализ трехмерных моделей сварных соединений средствами метода конечных элементов;
- 4) произведен экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и персонала компьютерного зала;
- 4) произведена экономическая оценка предлагаемых технических решений на предмет определения затрат на исследования.

Пояснительная записка содержит 58 стр., 10 рисунков, 5 таблиц.

Для повышения эффективности расчетов сварных соединений добавлен модуль сварки – модуль разработки сварных швов. Разработаны методические указания по работе в данном модуле. Выполнен расчет по методу конечных элементов кронштейна, сварные швы которого разработаны в модуле сварки.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена оценка затрат на разработку методических указаний.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	6
1.1 Общие сведения о сварных соединениях .....	6
1.2 Основы работы в программной среде NX. ....	10
1.3 Задачи работы. ....	27
2 Моделирование сварных швов специализированным .....	28
программным модулем .....	28
2.1 Возможности модуля сварки .....	28
2.2 Работа в модуле над стыковыми соединениями .....	31
2.3. Угловое соединение .....	44
3 Разработка сварной конструкции .....	53
4 Безопасность и экологичность проекта. ....	58
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта. .....	58
4.2 Риски, сопровождающие работу на компьютере.....	58
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков .....	59
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности компьютерного зала. ....	59
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	61
4.6 Заключение по разделу .....	62
5 Экономическая эффективность проекта.....	63
5.1 Наименование стадий и содержание этапов разработки методики. ....	63
5.2 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ. ....	64
5. 3 Определение предпроизводственных (текущих), капитальных и ....	67
приведенных (полных) затрат на разработку пособия. ....	67
5. 4 Капитальные затраты на создание учебного пособия. ....	70
5.5 Определение приведенных, т. е. общих затрат на проведение .....	70

НИР .....	70
5.6 Выводы .....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	73

## **ВВЕДЕНИЕ**

К настоящему времени т.н. тяжелые системы автоматизированного проектирования оснащены в модуле САМ достаточным инструментарием для подготовки процессов производства, основанных на обработке материала резанием и давлением. Причем, по трехмерной модели детали модули САМ синтезируют управляющие программы для станков с ЧПУ, позволяющие данную деталь изготовить на программно-управляемом металлообрабатывающем оборудовании. Вместе с тем, процессы соединения заготовок в монолит технологиями сварки, пайки, склеивания нашли широкое применение в производстве, однако модули САПР, позволяющие моделировать перечисленные соединения и оперировать с ними, нашли ограниченное применение. Вообще, моделировать сварные соединения можно применяя традиционные методы построения трехмерных моделей [2]. Однако в настоящее время практика предъявляет повышенные требования к методам проектирования сварных изделий, поэтому в ряде САПР добавлены специализированные модули проектирования сварных соединений.

Например, модуль Мастер сварки (Weld Assistant) в программной среде NX. В нем сварные изделия могут быть представлены как сборками, так и деталями. Это открывает дополнительные возможности перед проектировщиками, однако требует разработки методических рекомендаций, обеспечивающих освоение модуля Мастер сварки (Weld Assistant), в том числе и при подготовке бакалавров направления Машиностроение по профилю Оборудование и технология сварочного производства.

Отсюда цель работы – повышение качества подготовки бакалавров направления 15.03.01 Машиностроение.

# **1 Анализ исходных данных и известных технических решений**

## **1.1 Общие сведения о сварных соединениях**

Термины и определения основных понятий в области сварки и пайки устанавливаются ГОСТ 2601-84 «Сварка металлов. Термины и понятия основных понятий» и ГОСТ 17325-79 «Пайка и лужение. Основные термины и определения». Согласно указанным стандартам: Сварное соединение – неразъемное соединение, выполненное сваркой; Паяное соединение – соединение, образованное пайкой.

Тип шва определяется типом соединения, формой поперечного сечения кромок свариваемых деталей и технологическими особенностями его выполнения.

Выбор тех или иных типов соединений зависит от назначения конструкции, условий работы, технологических возможностей и металлоемкости сварных соединений.

Конструктивная форма, размеры и качество соединений являются основными признаками, определяющими работоспособность сварной конструкции.

Основными типами сварных соединений являются стыковые, угловые, нахлесточные и тавровые; конструктивные элементы этих соединений и их размеры определяются соответствующими ГОСТами.

Стыковые соединения наиболее просты, надежны и работоспособны при всех видах нагружения, поэтому они применяются в наиболее нагруженных и ответственных узлах сварной конструкции. Стыковые соединения- это сварные соединения двух элементов, расположенных в одной плоскости или на одной поверхности, рисунок 1.1.

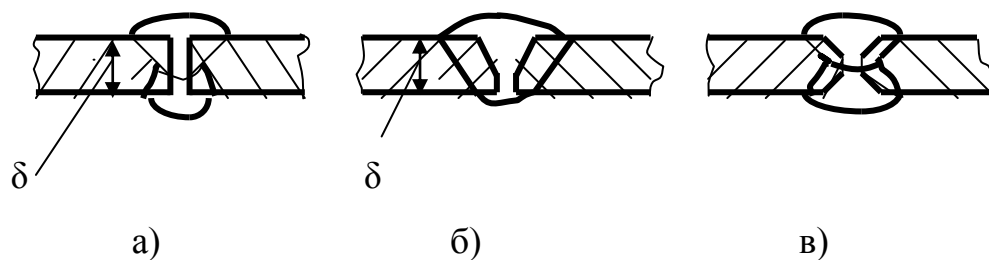


Рисунок 1.1 - Стыковые соединения: а – двусторонние без разделки кромок; б, в – с разделкой кромок

Обозначаются в ГОСТах стыковые соединения буквой С.

В зависимости от толщины соединяемых элементов и способа сварки различают соединения без обработки и с обработкой кромок. Форма швов соединений встык примерно одинакова как при ручной, так и при механизированной сварке.

Стыковые соединения применяют в балках, колоннах, но особенно целесообразно их использование в листовых конструкциях (резервуарах, газгольдерах, трубопроводах и т.п.); эти соединения обеспечивают надлежащую герметичность, удобны для физических методов контроля качества, экономичны и характеризуются менее значительной концентрацией напряжений по сравнению с другими типами сварных соединений.

Угловые соединения, рисунок 1.6, в основном выполняют дуговыми способами.

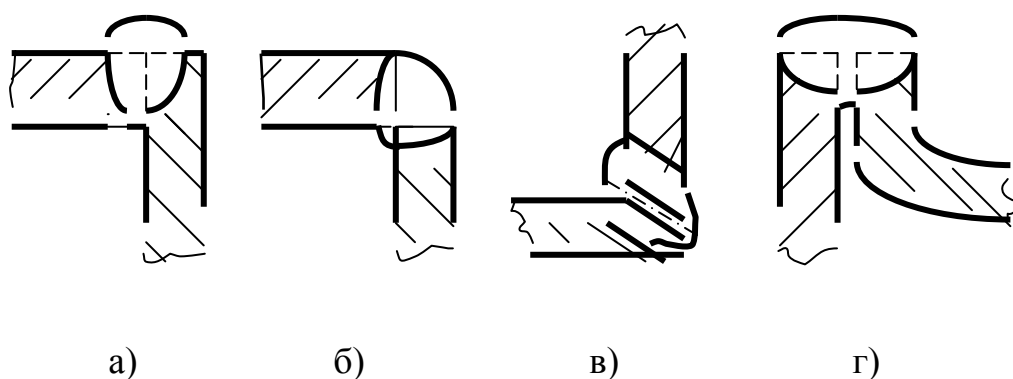


Рисунок 1.2 - Конструктивное оформление угловых соединений

В зависимости от свариваемых толщин и требований к швам детали угловых соединений могут соединять с разделкой и без разделки кромок, непрерывными одно – и двусторонними швами. Угловые швы, воспринимающие нагрузку (рабочие угловые швы) должны быть непрерывными, а связующие (соединительные) – как непрерывными, так и прерывистыми или точечными.

Соединения внахлестку, заимствованные у клепаных конструкций, широко распространены в сварных конструкциях (рис.1.3). Их применяют при изготовлении балок с накладками, элементов шарнирных соединений и т.д. Они менее прочные по сравнению со стыковыми соединениями и иногда неэкономичны из-за перерасхода металла. Преимущества нахлесточных соединений – небольшая трудоемкость их сборки и сварки, отсутствие необходимости в разделке свариваемых кромок.

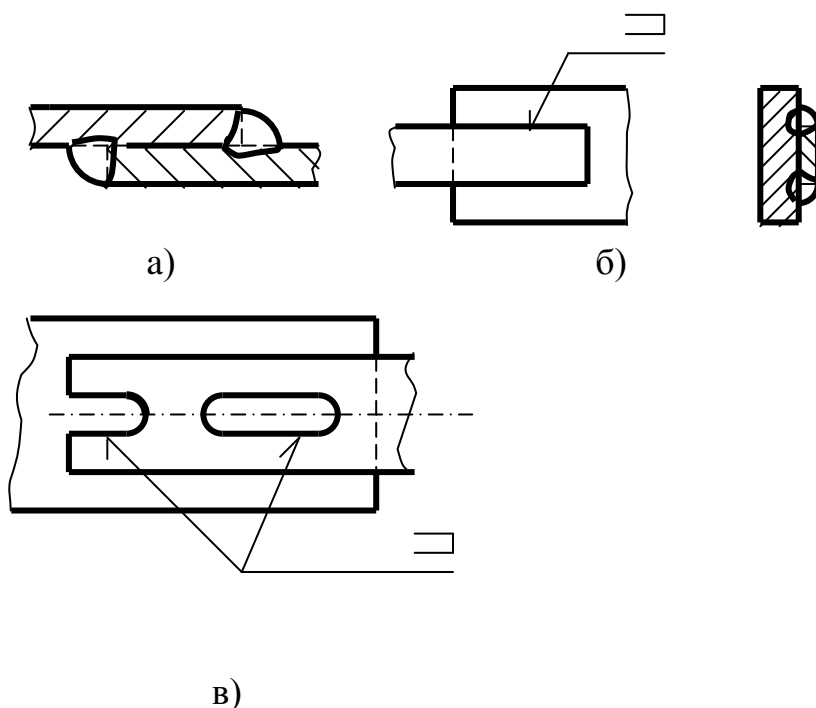


Рисунок 1.3 – Соединения внахлестку

Нахлесточные соединения отличаются большим многообразием конструктивных форм в зависимости от применяемых способов сварки. Угловые швы располагают по кромкам нахлестки или по контуру отверстий (круглых или продолговатых) в одном из листов (см. рис.1.3). Соединения, в которых швы накладывают по поверхности элемента, могут иметь



прерывистые или непрерывные швы, выполненные дуговой или контактной сваркой.

Разновидностью соединений внахлестку являются соединения с накладками (рис.1.4 ), они не характерны для сварных узлов, но в некоторых случаях их применяют для соединения двух листов (например, для исключения эксцентриситета приложения усилий используют двойные накладки, для усиления стыкового соединения – односторонние накладки). Однако в больш шинстве случаев накладки не повышают, а понижают

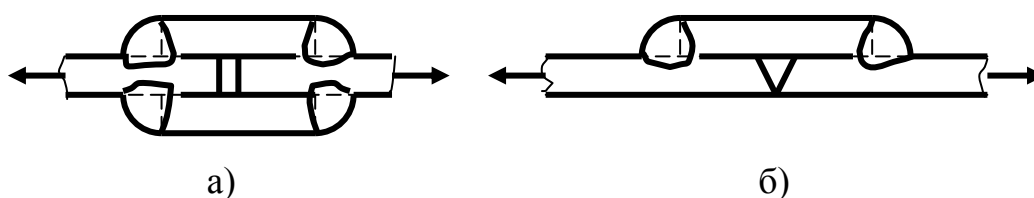


Рисунок 1.4 - Соединения с накладками

работоспособность сварных стыковых соединений.

Втавр соединяют элементы, расположенные во взаимно перпендикулярных плоскостях, и работающие преимущественно на изгиб (рис.1.5).

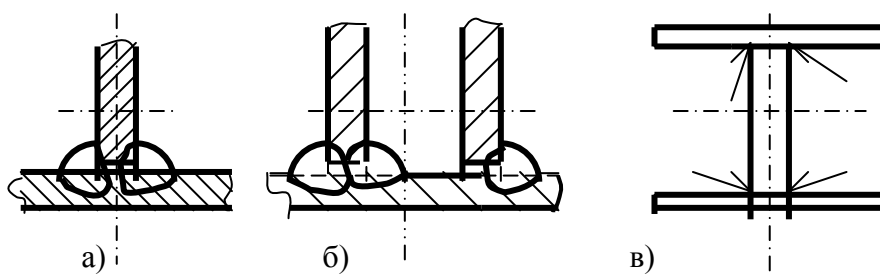


Рисунок 1.5 - Сварные соединения втавр

Эти соединения применяют при производстве различных балок, установке усиливающих элементов (диафрагм, ребер жесткости,

кронштейнов), изготовлении рамных конструкций и др. Следует помнить, что тавровые соединения элементов толщиной более 10 мм, выполненные без разделки кромок, плохо работают при переменных и ударных нагрузках из-за возможного непровара корня шва.

## 1.2 Основы работы в программной среде NX.

Программная среда NX – представляет из себя систему трехмерного твердотельного моделирования.

После запуска программы традиционно, как и в других программах, необходимо создать новый документ, рисунок 1.6.

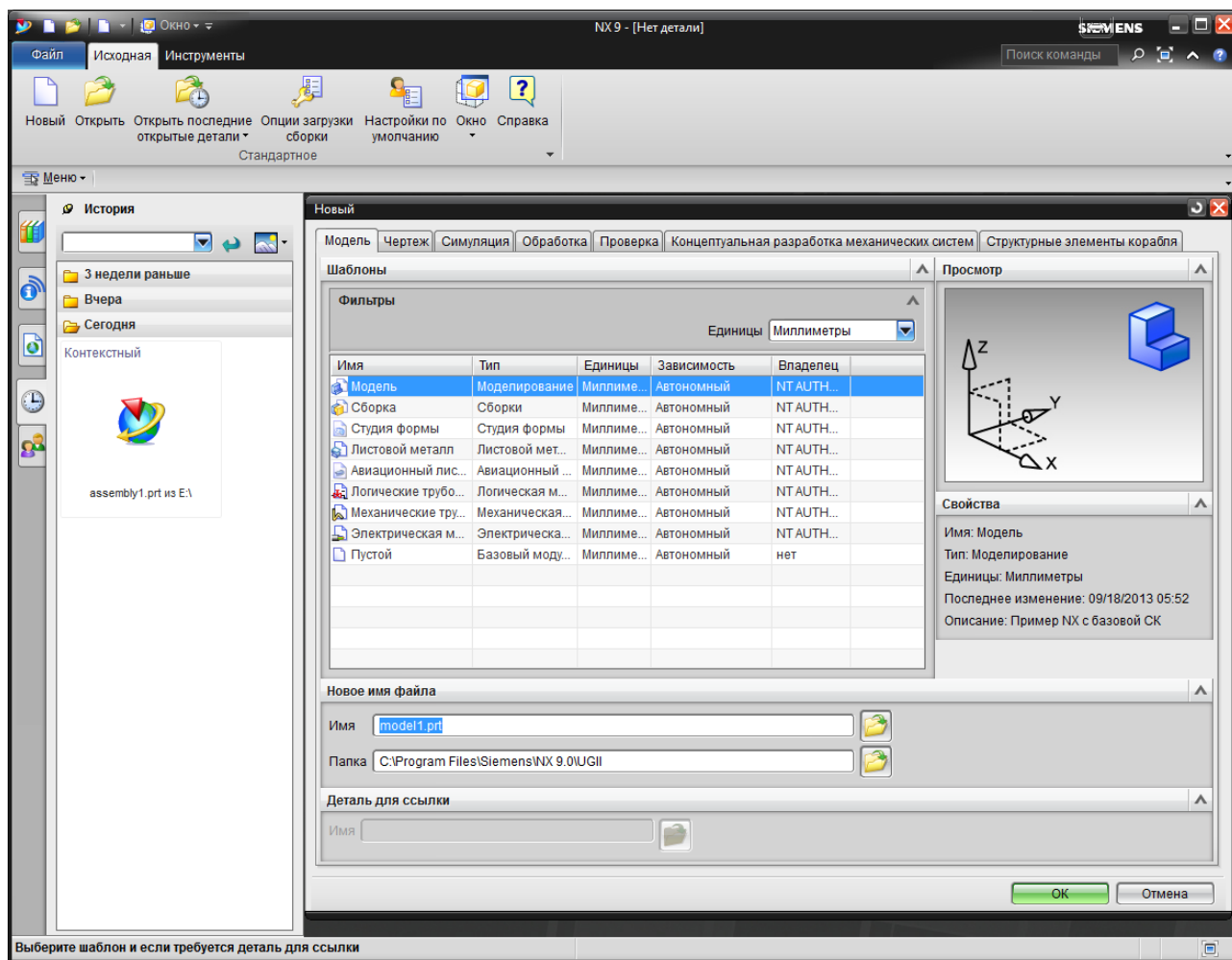


Рисунок 1.6 – Окно создания нового документа

Затем работа продолжается в главном окне программы. *Главное окно* содержит весь инструментарий, необходимый пользователю, но основные элементы его на данном этапе работы с программой: *Ленточная панель*, *Верхняя панель инструментов*, *Панель ресурсов*, *Курсорное меню*, *Графическое окно* (рис. 17).

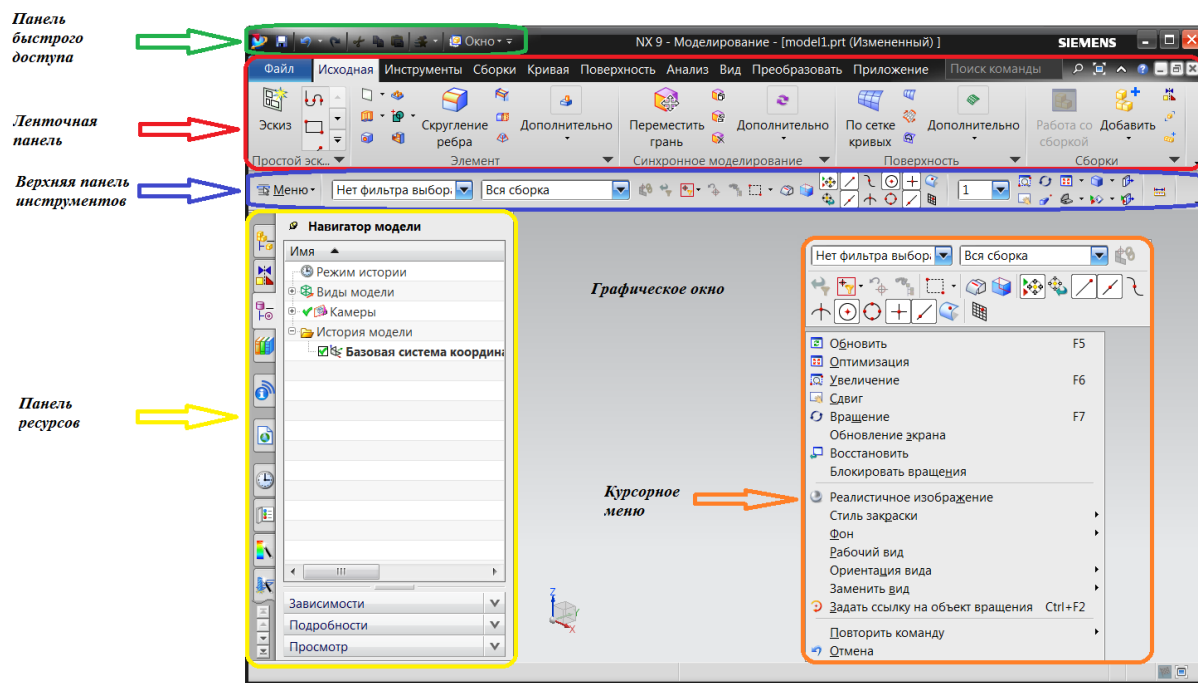



Рисунок 1.7 – Главное окно программы

Работа над создаваемой трехмерной моделью выполняется в графическом окне. *Графическое окно* содержит все нужные функции для работы над трехмерной твердотельной моделью. Работа ведется в декартовой системе координат X, Y, Z.

Теперь рассмотрим возможности создания трехмерных моделей. Во первых трехмерные модели в практике компьютерного моделирования создаются двумя путями – комбинацией уже готовых простых трехмерных моделей и за счет перемещения в пространстве двумерных объектов. Работа во втором варианте предусматривает создание т.н. эскиза, представляющего из себя двумерное тело, после чего заложенные разработчиками инструменты предусматривают такие операции как выдавливание или вращение вокруг указанной пользователем оси. Результатом указанных трансформаций является трехмерный объект.

Работа при построении любой трехмерной модели ведется в модуле «Модель», для этого при входе в окне *Новый*, должна быть активна вкладка *Модель*.

В дальнейшем вся работа по созданию трехмерных объектов будет вестись путем комбинации готовых трехмерных объектов. Рассмотрим подробнее работу с ними Уже готовые объекты следующие: параллелепипед, сфера, конус, цилиндр. Выбор нужного выполняем последовательно активируя: *Меню* → *Вставить*, → *Элементы проектирования* после чего, например *Цилиндр* , рисунок 1.8. Разворачивается окно *Цилиндр*. В нем вводим все необходимые геометрические параметры будущего цилиндра.

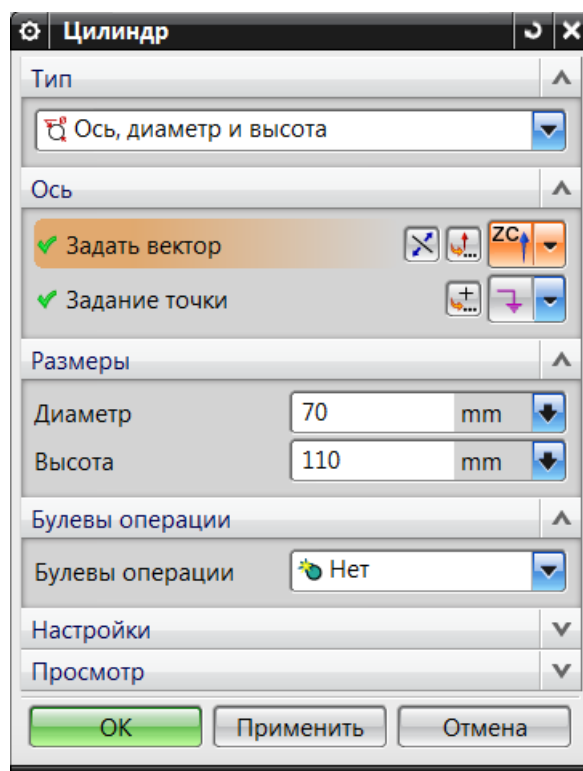





Рисунок 1.8 – Окно Цилиндра

Например, ось цилиндра задается в поле *Задать вектор*, координаты центра окружности базы цилиндра задаются в поле *Задайте точку*. Если построены какие то трехмерные объекты, то в окне *Булевы* создаваемый

цилиндр можно объединить с ними, нажав кнопку *Объединение* . Или нажав кнопку *Вычитание*  вычесть, при вычитании цилиндра получим пустоту - круглое отверстие. После ввода необходимой информации, характеризующей цилиндр активируем *Ок* и получаем цилиндр.

Параллелепипед можно построить нажав *Блок* . Разворачивается окно *Блок* (параллелепипед), рисунок 1.8.

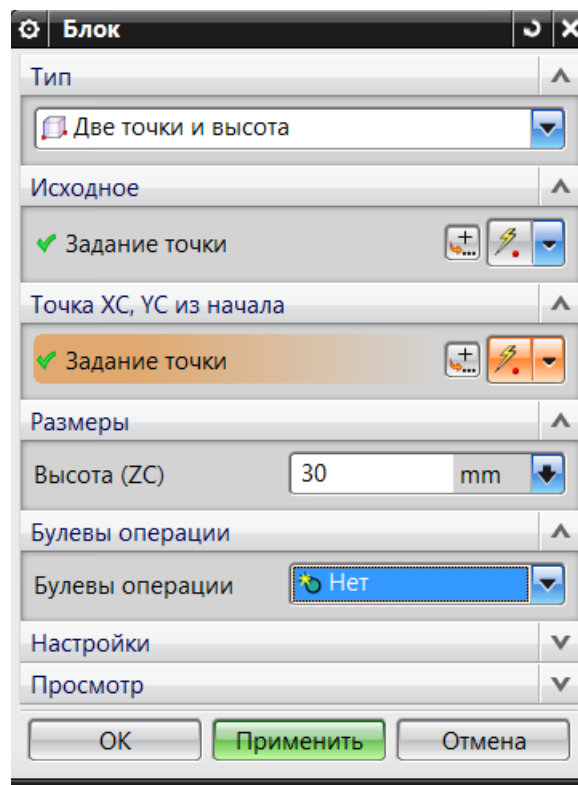








Рисунок 1.8 – Окно *Блок*

Работа в данном окне выполняется как и при построении цилиндра. Следует указать длины сторон, сориентировать создаваемый трехмерный объект в пространстве, при необходимости выполнить булевы операции.

Если есть нужда в построении трехмерной модели конуса нажимаем кнопку *Конус* . Разворачивается окно *Конус*, рисунок 1.9. Варианты создания конуса следующие: *Диаметр и высота*  и *Диаметр и*

половинный угол , Диаметр базы, высота и половинный угол ;  
 Верхний диаметр, высота и половинный угол , Две соосные дуги .

Такое разнообразие обусловлено тем, что конус может быть усеченным и не усеченным.

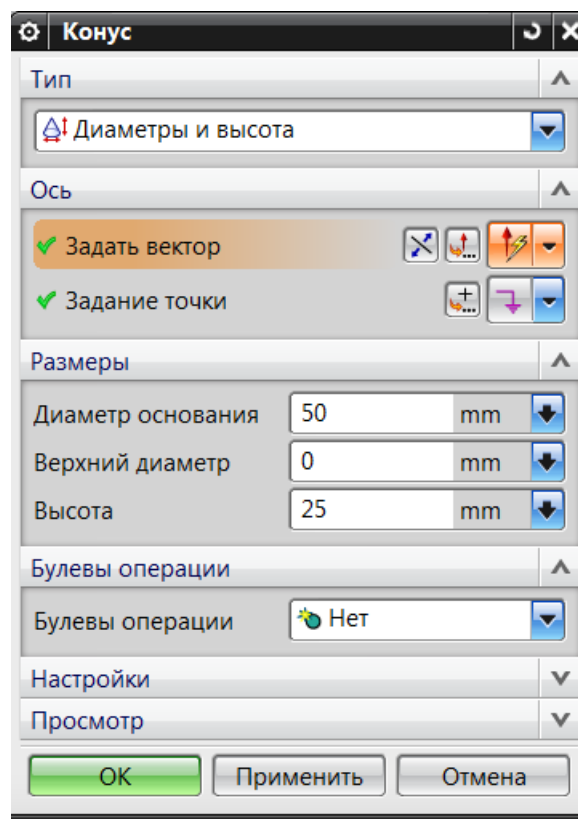





Рисунок 1.9 – Окно *Конус*

В целом, принципы работы в окне *Конус* аналогичны уже рассмотренным.

Поскольку геометрические характеристики сферы, в сравнении с уже рассмотренными трехмерными моделями минимальны, Необходимо задать положение ее центра в пространстве и только лишь один геометрический параметр – диаметр – то информационная часть окна по созданию сферы меньше. Чем других объектов. Нажимаем кнопку *Сфера* . И появляется окно *Сфера* (рис. 1.9). Возможны два варианта создания сферы: *Точка центра и диаметр*  и *Дуга* .

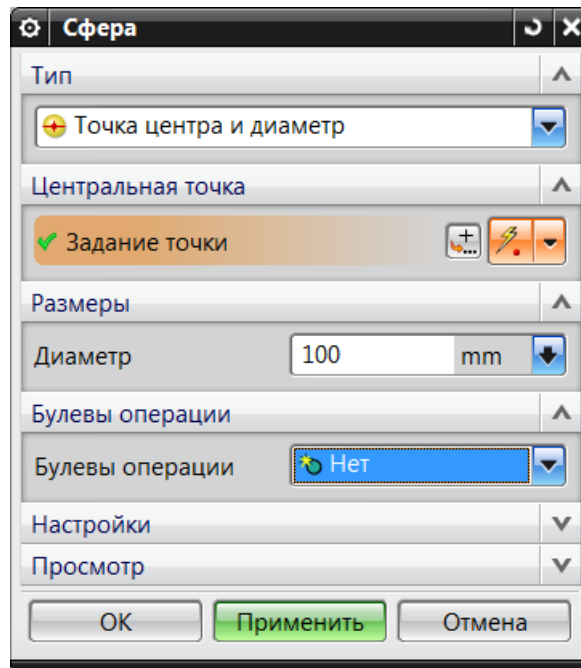








Рисунок 1.9 – Окно *Сфера*

После активации нужного дальнейшая работа выполняется по уже рассмотренным принципам, как при работе над созданием цилиндра, параллелепипеда, конуса.









После того, как нужная или нужные модели созданы, необходимо выполнить их анализ, проще говоря - рассмотреть. Функции отображения созданных трехмерных объектов активируются в панели инструментов пиктограммами : *Масштаб, Сдвиг, Вращение, Перспектива, Оптимизация, Ориентация вида, Стиль закрашки, Показать и скрыть*.

Увеличение – уменьшение размеров модели осуществляется после активации пиктограммы (иконки)  (масштаб +/-). Если после активации перемещать курсор по экрану дисплея вверх, трехмерный объект уменьшается, если вниз - увеличивается.




Если нажать иконку  (сдвиг), модель можно перемещать по рабочей области экрана дисплея. Поворот (вращение) моделей можно осуществить, если нажать пиктограмму  (вращение).

Другие пиктограммы обеспечивают вспомогательные функции при работе с моделями. Например *Перспектива*  изменяет вид модели с параллельной проекции на перспективную проекцию. Активируя иконку *Оптимизация*  можно увидеть всю модель, даже если ранее ее часть была за областью рабочего окна дисплея.



Функция *Ориентация вида* обеспечивает следующие виды созданной модели на рабочем поле:

 трехмерный,	 слева,
 сзади,	 сверху,
 спереди,	 снизу,
 изометрия,	 справа.

Иногда для работы с моделью необходимо «заглянуть» внутрь ее. Это можно сделать отобразив трехмерный объект в виде каркаса. Также иногда возникает необходимость закрасить какие то плоскости или грани в модели. Это возможно выделив требуемую плоскость (грань) и нажав правую кнопку мыши. Разворачивается меню в котором активируем функцию *Стиль закрашки*, наводим курсор на требуемый пункт и нажимаем левую кнопку мыши:

-  закрашка с ребрами,
-  закрашка,
-  каркасное с затененными ребрами,



-  каркасное со скрытыми ребрами,
-  статический каркасный.

После анализа – то построено, что нужно или нет – возможно потребуется изменение построенной модели.

Чтобы объединить два и более геометрических тела активируем в главном меню *Вставить* → *Комбинировать* → *Объединение*. Дальнейшая работа ведется в окне *Объединение* (рис. 1.10).

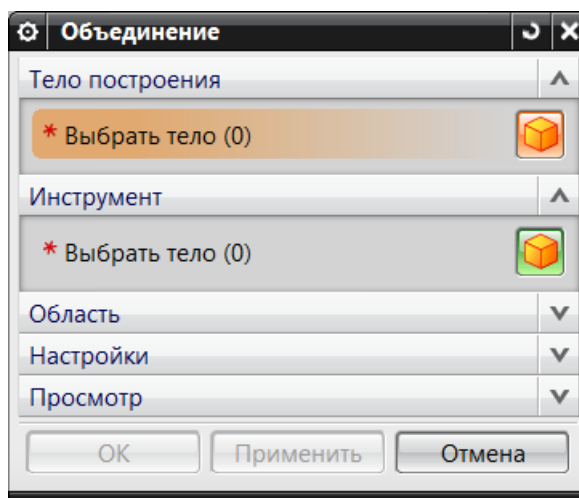


Рисунок 1.10 – Окно *Объединения*

Работа ведется в следующей последовательности наводим курсор на первое тело, оно закрасится другим цветом, наводим на второе и завершаем работу нажав кнопки *Применить* или *ОК*. При этом два самостоятельных тела объединятся в одно.

Чтобы из одного тела вычесть другое активируем *Вставить*, → *Комбинировать* → *Вычитание*, или в ленточной панели вкладка *Исходная* → раздел *Элемент*. Дальнейшая работа ведется в окне *Вычитание* (рис. 1.11).

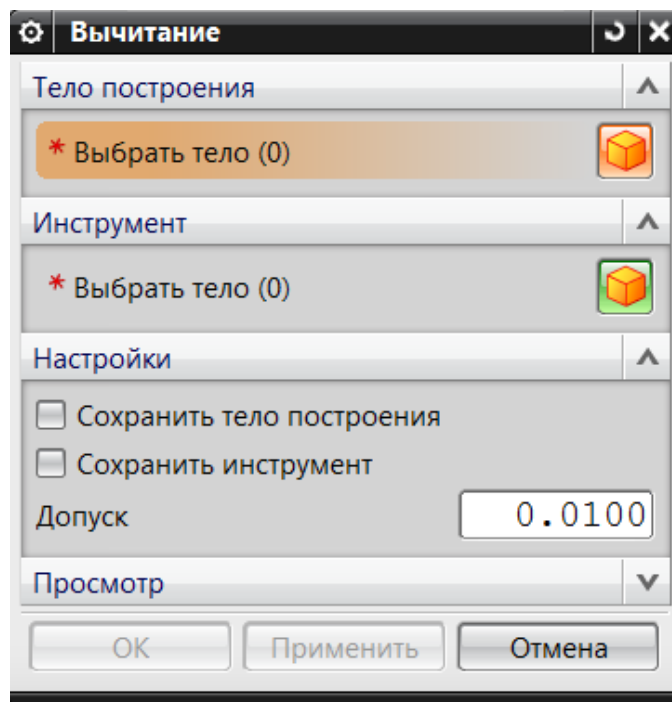


Рисунок 1.11 – Окно *Вычитания*

Работа ведется в следующей последовательности наводим курсор на тело, из которого вычитаем другое, затем наводим курсор на вычитаемое тело и завершается работа после нажатием кнопки *Применить* или *ОК*. Из одного тела вычитается второе.

Рассмотрим, как создается с помощью рассмотренной функции обечайка – как элемент колонны, реактора или сосуда. Зададим условно ее параметры - наружный диаметр 1020 мм, высота 2000 мм и толщина стенки 10 мм. Один из возможных вариантов создания такой обечайки создать цилиндр диаметром 1020 мм, высотой 2000 мм, затем с теми же координатами базы (основания цилиндра) создается второй цилиндр диаметром 1000 мм и высотой несколько больше, чем 2000 мм, чтобы было легче манипулировать в дальнейшем, рисунок 1.12.

Теперь из внешнего цилиндра активируя булеву операцию вычитания вычитаем внутренний. Результатом такого вычитания будет обечайка длиной 2000 мм, наружным диаметром 1020 мм и толщиной стенки 10 мм, рисунок 1.13.

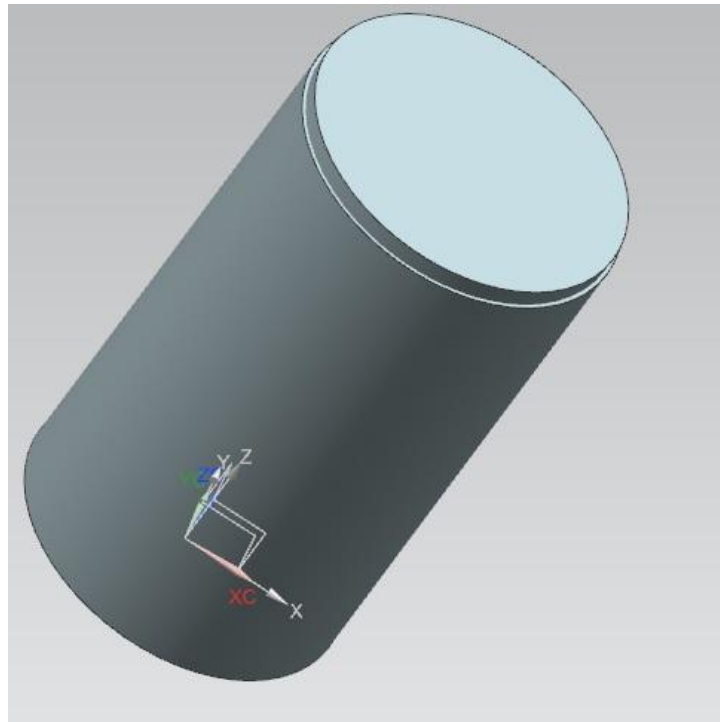


Рисунок 1.12 – Цилиндры диаметром 1020 мм и высотой 2000 и 1000 мм и высотой 2050 мм.

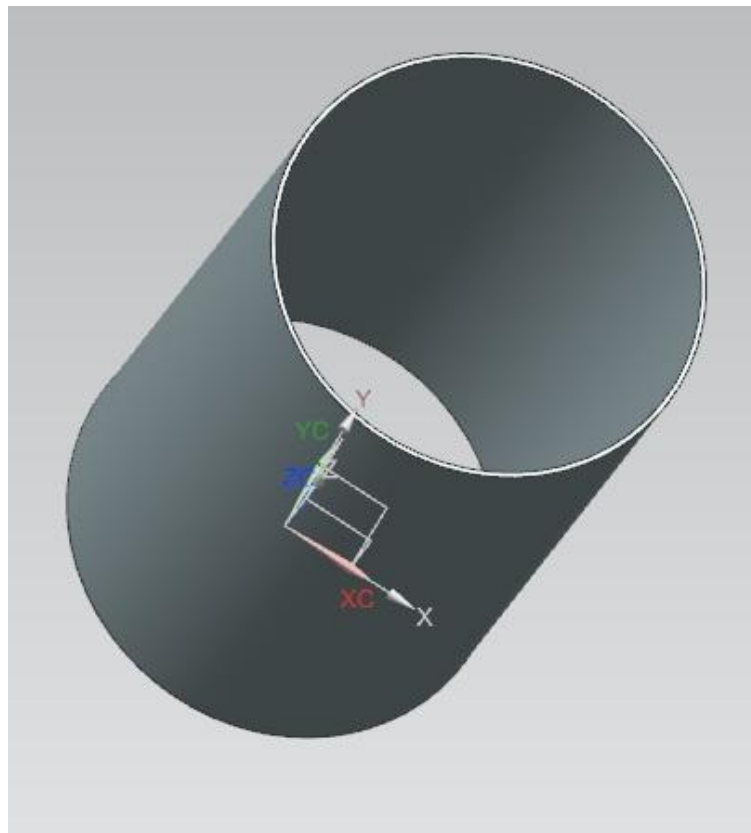



Рисунок 1.13 – Обечайка наружным диаметром 1020 мм, высотой 2000 мм и толщиной стенки 10 мм.

Скругление ребра  между выполнить активирова *Вставить*→ *Конструктивный элемент*→ *Скругление ребра*. В окне *Скругление ребра* (рис. 1.14). В поле *Радиус 1* указываем величину радиуса скругления. Завершение работы в окне - *Применить* или *ОК*.

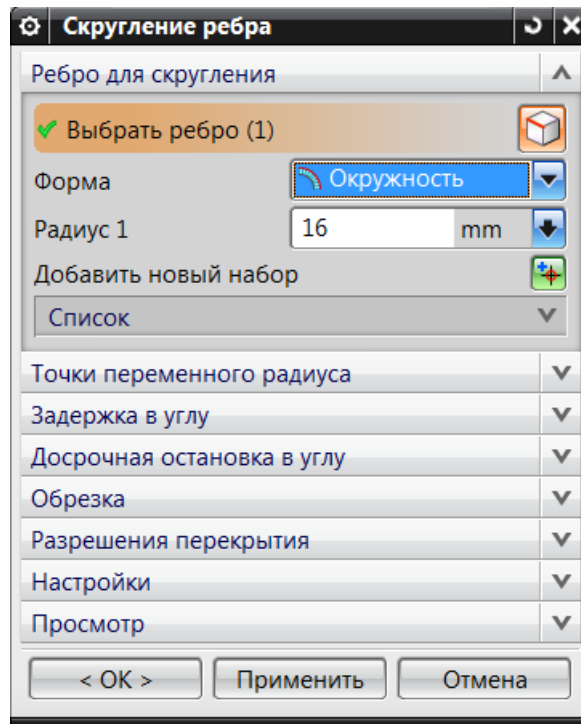



Рисунок 1.14 – Окно скругления ребра

Фаска на ребре - *Вставить*→ *Конструктивный элемент*→ *Фаска*. Появляется окно *Фаска* (рис. 1.15, 1.16). В поле *Сечение* возможна работа по следующим вариантам:

– *Симметрично* , в окне *Расстояние* необходимо указать величину катета фаски (рис. 1.15).

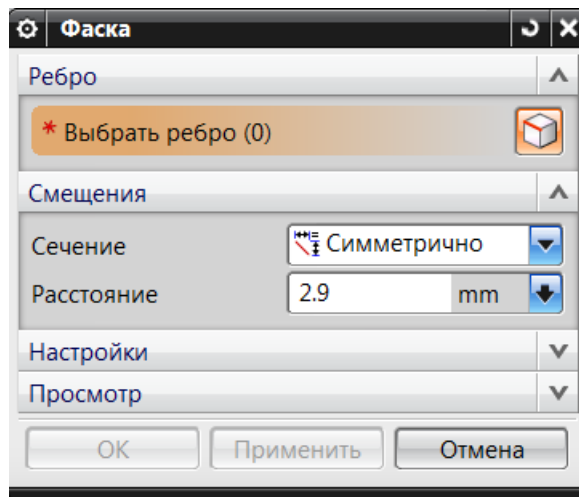



Рисунок 1.15 – Окно симметричной фаски

- *Асимметрично*  для случаев, если у фаски разные катеты (рис. 1.16).

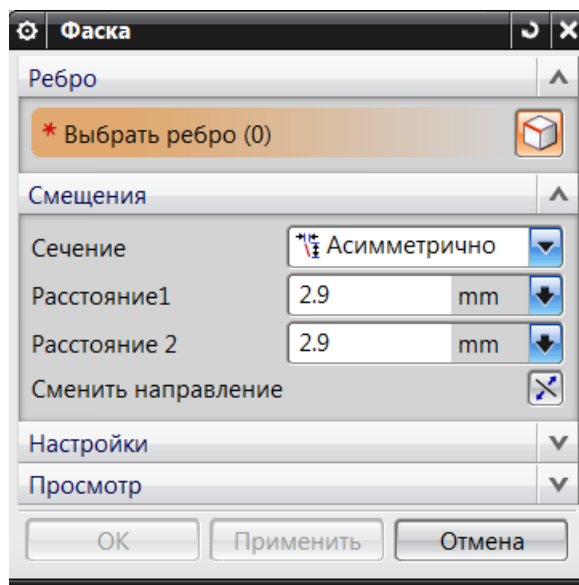



Рисунок 1.16 – Окно асимметричной фаски

- *Смещение и угол* , позволяет получить фаску, зная один из катетов и угол между ним и гипотенузой (рис. 1.17).

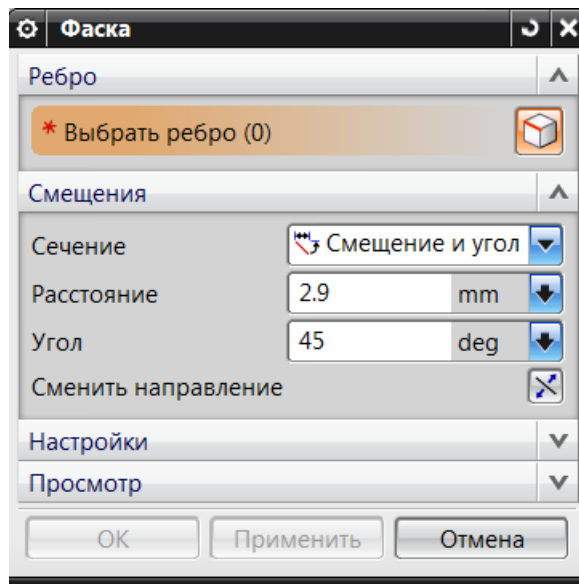



Рисунок 1.17 – Окно фаски по смещению и углу

*Смещение грани*  *Вставить* → *Смещение/масштаб* → *Смещение грани*, (вкладка *Исходная* → раздел *Элемент* или вкладка *Поверхность* → раздел *Операции по работе с поверхностями*) (рис. 1.18).

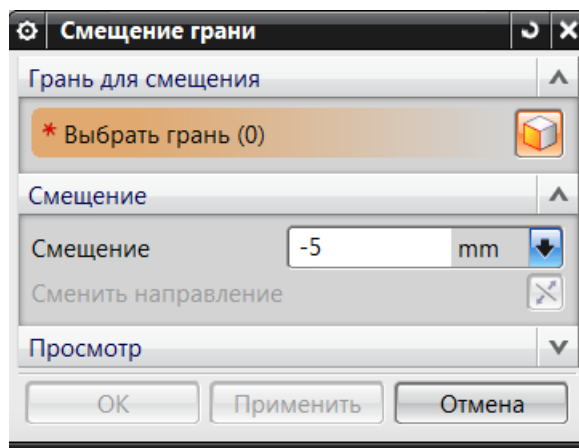


Рисунок 1.18 – Окно Смещение грани

*Обрезка*: *Вставить* → *Обрезка* → *Обрезка тела* (вкладка *Исходная* → раздел *Элемент*). Работа ведется в окне *Обрезка тела* (рис. 1.19).

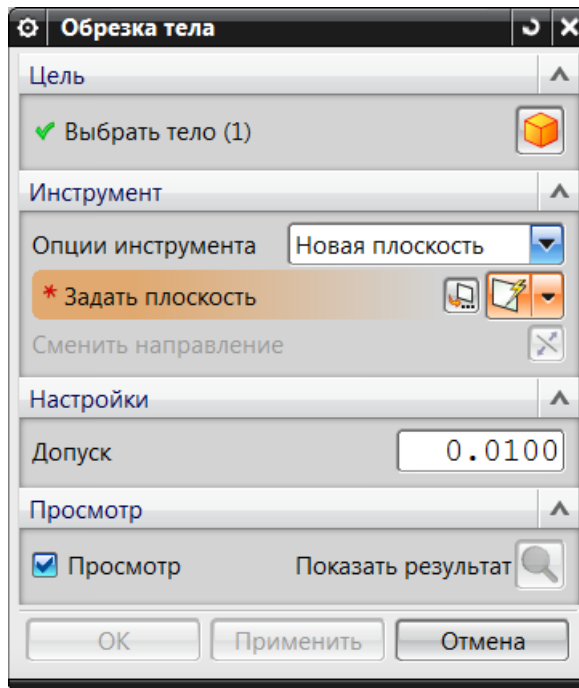


Рисунок 1.19 – Окно Обрезка тела

Если выбираем *Новая плоскость*, разворачивается диалоговое окно *Плоскость* (рис. 1.20).

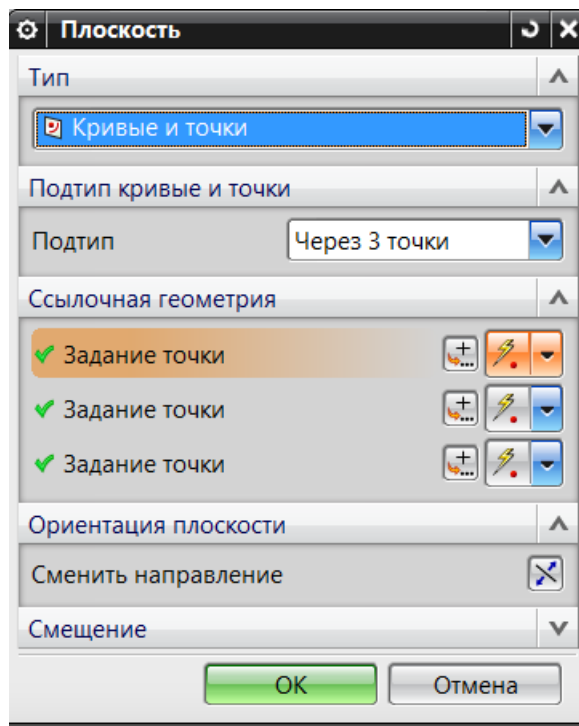





Рисунок 1.20 – Окно задания плоскости обрезки

Массив элементов: Вставить→ Ассоциативная копия→ Массив элементов  (вкладка Исходная→ раздел Элемент). (рис. 1.21). Возможны варианты массива *Линейный*  и *Круговой* . Варианты выбираются в поле *Компоновка*.

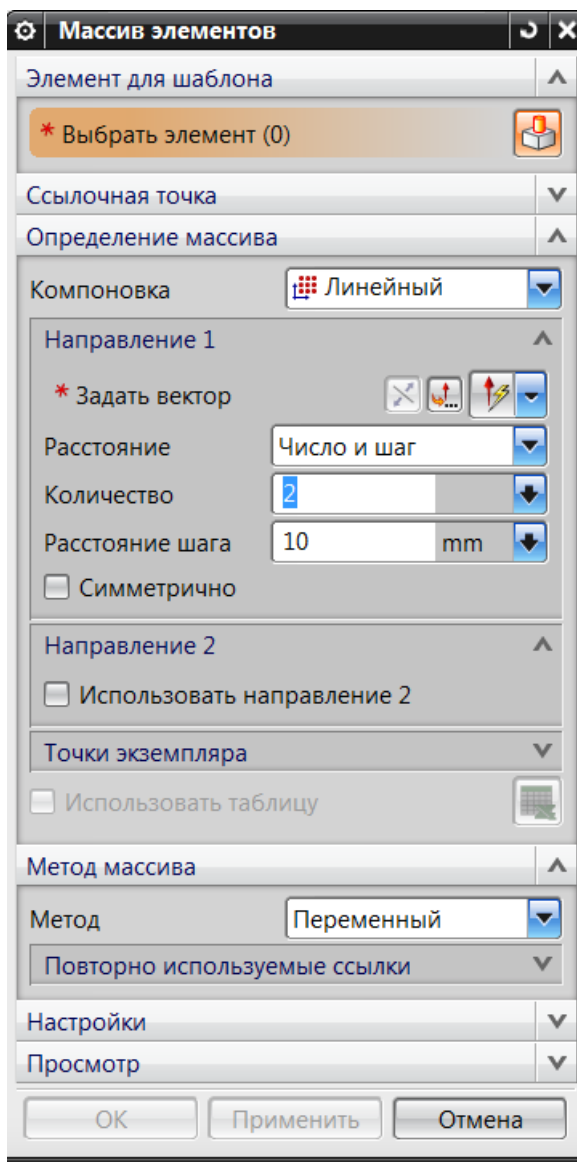


Рисунок 1.21 – Окно Массив элементов

Предположим в прямоугольной пластине размером  $80 \times 80 \times 10$  необходимо «просверлить» ряд из пяти отверстий по середине пластины. Создаем трехмерную модель пластины, создаем отверстие диаметром 10 мм, рисунок 1.22. Теперь вызываем функцию *Массив элементов* выбираем



вариант – *Линейный*. Устанавливаем расстояние 15 мм и количество 5. Заканчиваем ввод нажатием кнопки *OK*.

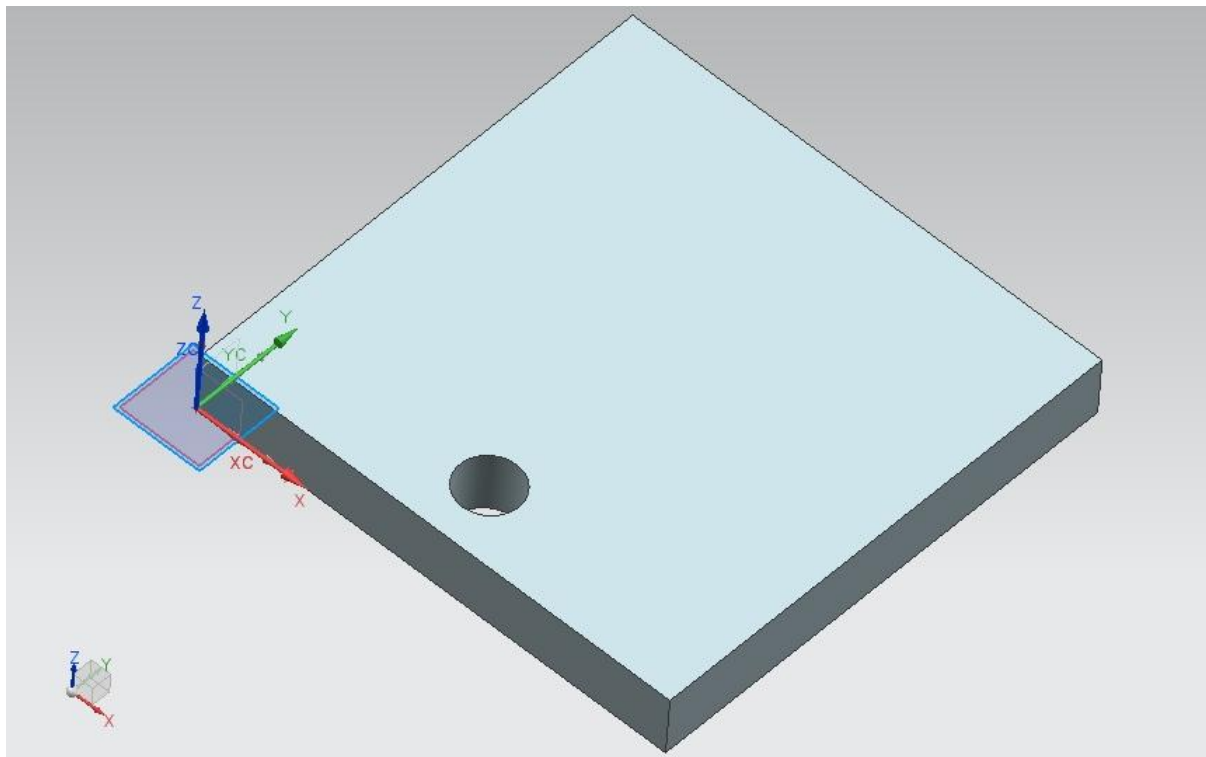


Рисунок 1.22 – Первое отверстие диаметром 10 мм

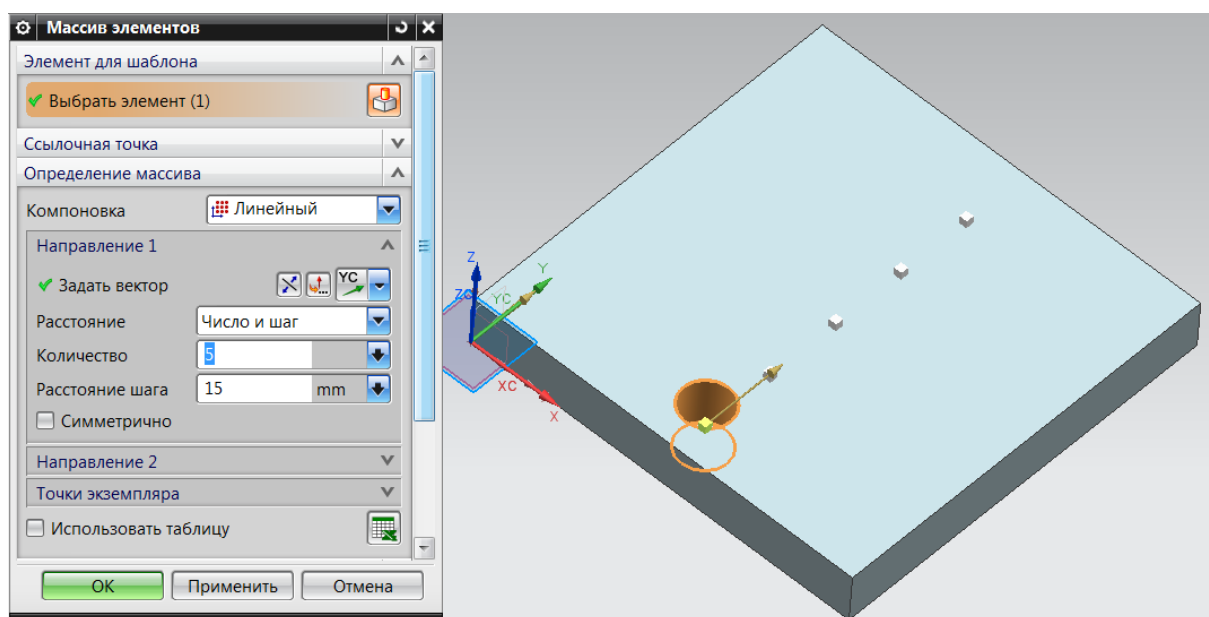


Рисунок 1.23 – Окно линейного массива элементов

Результат проделанной работы ряд из пяти отверстий в пластине (рис. 1.24).

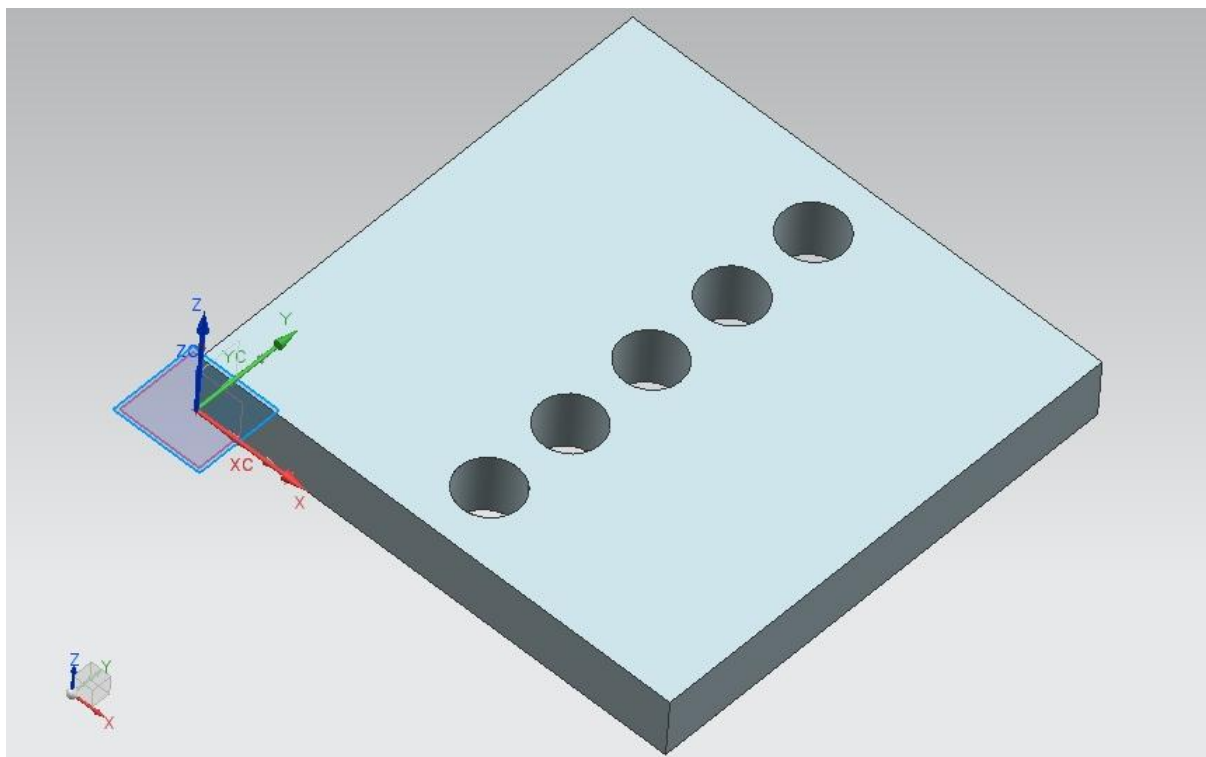


Рисунок 1.24 – Линейный массив отверстий

Аналогично ведется работа и при получении кругового массива элементов, рис. 1.25.

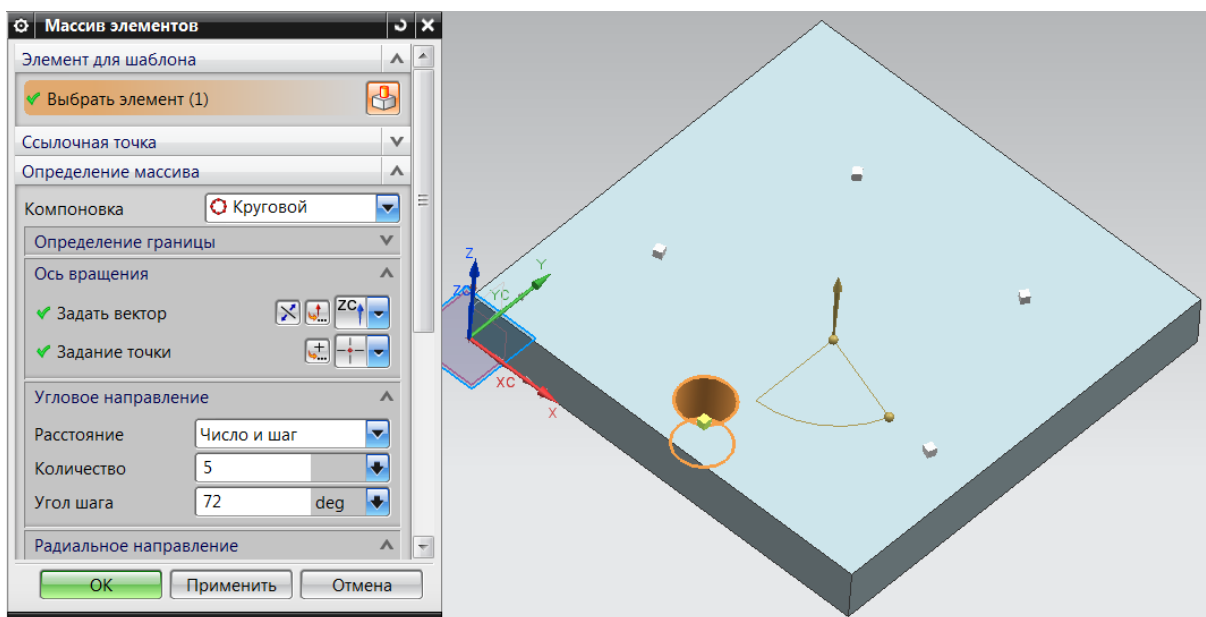


Рисунок 1.25 – Окно кругового массива элементов

В пластине получился массив из пяти отверстий, расположенных по окружности (рис. 1.26).

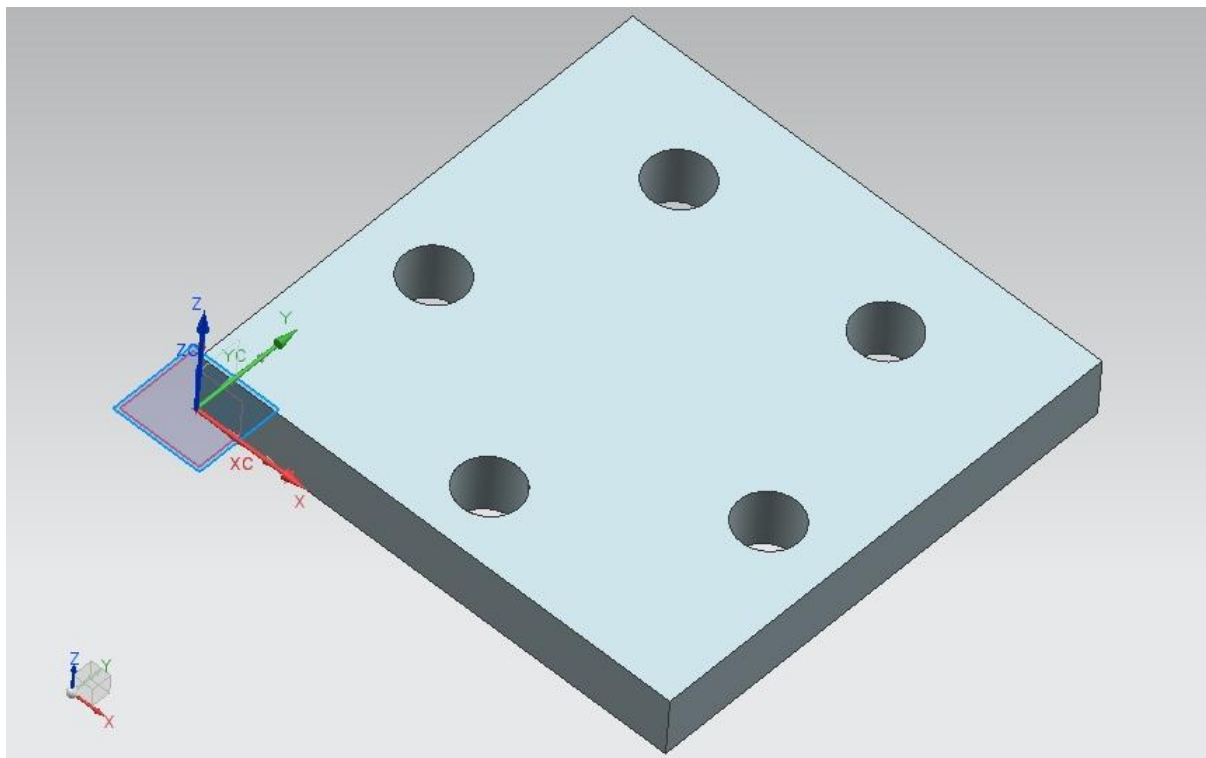


Рисунок 1.26 – Круговой массив отверстий

### 1.3 Задачи работы.

Анализ инструментария показывает, что применение стандартных процедур создания трехмерных объектов дает проектировщику возможность моделировать сварные соединения.

## **2 Моделирование сварных швов специализированным программным модулем**

### **2.1 Возможности модуля сварки**

Рассмотренные выше возможности инструментария программы NX показывают, что геометрия сварного шва может быть смоделирована стандартными способами создания трехмерных моделей.

Однако в NX есть дополнительный модуль Мастер сварки. Рассмотрим его возможности.

Приложение предназначено для моделирования сварных соединений. Приложение обеспечивает проектировщика информацией о сварных швах и соединениях для выполнения анализа методом конечных элементов. В приложении автоматически создается 2D документация и аннотации на основе 3D элементов сварки.

Сварные изделия (две и более детали, сваренные между собой) представляют собой особый случай, так как могут являться и сборками, и деталями.

Возможны два варианта запуска приложения:

1. Меню (*Menu*) – Вставить (*Insert*) – Мастер сварки (*Weld Assistant*), рисунок 2.1
2. Вкладка *Приложение (Applications)* – Дополнительно (*More*) – Мастер сварки (*Weld Assistant*) – Появляется одноименная вкладка на ленточной панели, рисунок 2.2.

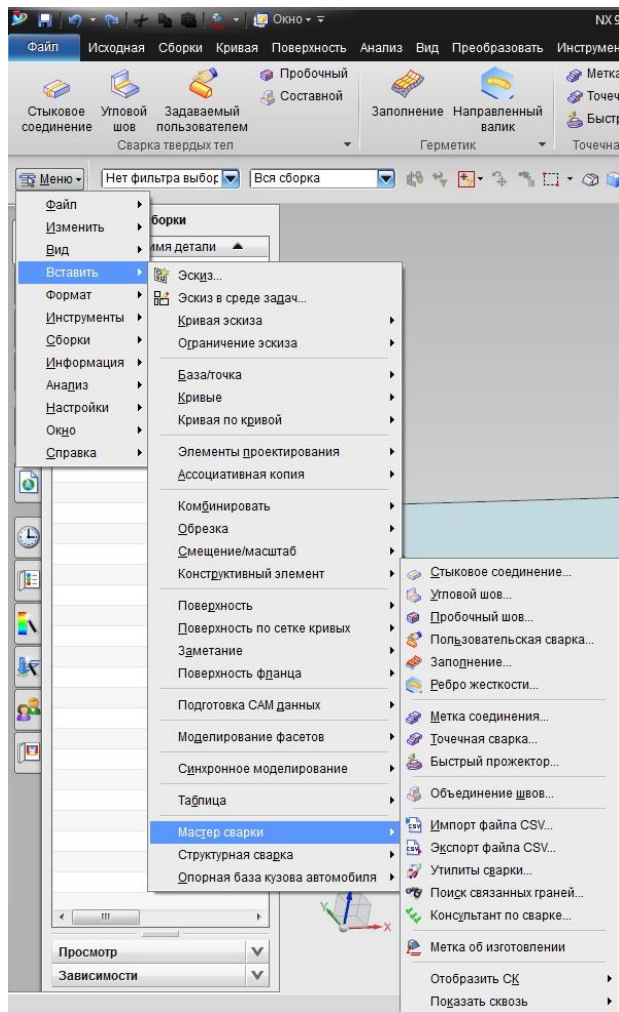


Рисунок 2.1 – Запуск приложения в работу.

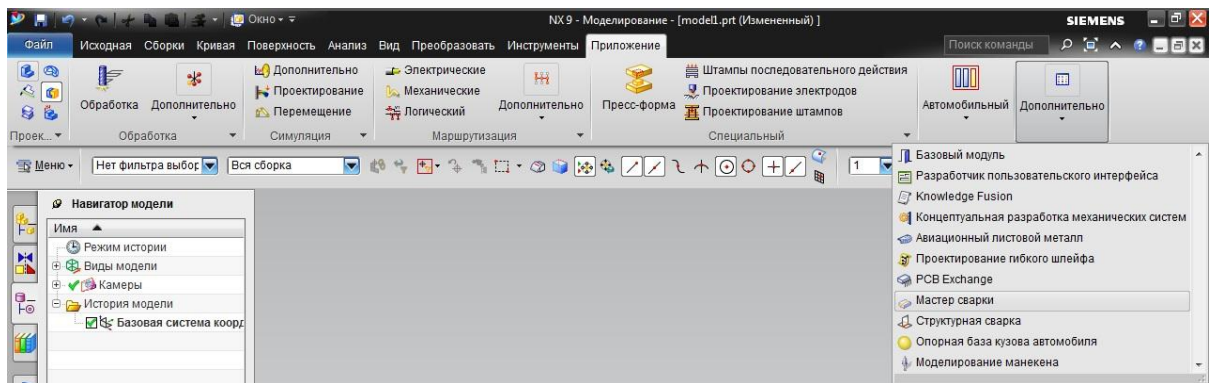


Рисунок 2.2 – Запуск приложения в работу.

Приложение обеспечивает проектировщика следующим инструментарием, таблица 2.1

Таблица 2.1 – Основные команды приложения сварки

Команда	Иконка	Описание
Сварка твердых тел ( <i>Solid Weld</i> )		
Стыковое соединение ( <i>Groove</i> )	 Стыковое соединение	Подготовка кромок и сварка двух состыкованных плит, используя указанную форму сечения
Угловой шов ( <i>Fillet</i> )	 Угловой шов	Сварка двух плит вместе по тавровому, нахлесточному или угловому соединению
Пробочный ( <i>Plug/Slot</i> )	 Пробочный	Сварка двух перекрывающихся плит вместе, используя существующее отверстие или паз для сварки
Задаваемый пользователем ( <i>User Defined</i> )	 Задаваемый пользователем	Определяет твердое тело как пользовательскую сварку
Составной ( <i>Compound Weld</i> )	 Составной	Комбинация нескольких сварных швов или точек в один элемент
Герметик ( <i>Sealer</i> )		
Заполнение ( <i>Fill</i> )	 Заполнение	Создает область заполнения герметиком
Направленный валик ( <i>Bead</i> )	 Направленный валик	Создает твердое тело, используя форму и траекторию сечения
Точечная сварка ( <i>Point Weld</i> )		
Метка соединения ( <i>Joint Mark</i> )	 Метка соединения	Соединяет материалы и отмечает точкой и кривой место соединения
Точечная сварка ( <i>Weld Point</i> )	 Точечная сварка	Соединяет материалы и отмечает точкой место соединения
Быстрая точечная ( <i>Easy Spot</i> )	 Быстрая точечная	Создает сварные точки только между компонентами сборки, автоматически расставляя их

Команда	Иконка	Описание
Утилиты ( <i>Utilities</i> )		
Поиск соединенных граней ( <i>Connected Face Finder</i> )	 Поиск соединенных граней	Обнаружение недостающих граней соединенных деталей для сварных точек, конструкторских или измерительных баз
Помощник сварки ( <i>Weld Advisor</i> )	 Помощник сварки	Проверяет сварные точки, конструкторские или измерительные базы на соответствие установленным правилам
Метка об изготовлении ( <i>Fabrication Label</i> )	 Метка об изготовлении	Добавляет метки на соединения, на конструкторские или измерительные базы
Импорт файла CSV ( <i>Import CSV File</i> )	 Импорт файла CSV	Загрузка CSV-файла, содержащего информацию о сварных соединениях, определительных или измерительных базах
Экспорт файла CSV ( <i>Export CSV File</i> )	 Экспорт файла CSV	Сохранение или просмотр CSV-файла, содержащего информацию о сварных соединениях, определительных или измерительных базах
Утилиты сварки ( <i>Weld Utilities</i> )	 Утилиты сварки	Утилиты сварки, такие как группировка точек сварки, основанные на связанных комбинациях деталей, и идентифицирует сварочные точки, которые потеряли их связанные детали

## 2.2 Работа в модуле над стыковыми соединениями

*Стыковое соединение (Groove Weld)* используется для создания соединений между двумя поверхностями, находящимися в одной или параллельных плоскостях, а также для стыковых соединений труб.

Стыковые сварные соединения выполняются по ГОСТ 5264-80 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные», ГОСТ 14771-76 «Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные», ГОСТ 16037-80 «Соединения сварные стальных трубопроводов», ГОСТ 8713-79 «Сварка под флюсом. Соединения сварные» паяные соединения – по ГОСТ 19249-73 «Соединения паяные. Основные типы и параметры».

ГОСТ 5264–80 предусматривает 32 конструктивных варианта стыковых соединений. Они имеют условные обозначения С1, С2, ... С28 и т.д.

ГОСТ 14771-76 предусматривает 28 конструктивных вариантов стыковых соединений. У них аналогичные обозначения.

ГОСТ 8713- 79 предусматривает 37 конструктивных вариантов стыковых соединений. Принципиальным отличием от двух предыдущих являются применение т.н. флюсовой подушки в соединениях С4, С9, С18, С29, С30, С31, С32, С33, С36, С38.

ГОСТ 16037-80 предусматривает выполнение соединений дуговой сваркой в защитном газе плавящимся электродом, дуговой сваркой в защитном газе неплавящимся электродом, ручной дуговой сваркой, дуговой сваркой под флюсом и газовой сваркой. В данном ГОСТ 19 вариантов стыковых соединений.

Расположение команды: вкладка *Мастер сварки (Weld Assistant)* – группа *Сварка твердых тел (Solid Weld)* – команда *Стыковое соединение (Groove)*, рисунок 2.3.

Все параметры стыкового соединения задаются в открывшемся окне *Стыковое соединение*, некоторые параметры могут задаваться с помощью маркеров на модели в графическом окне, рисунок 2.4.



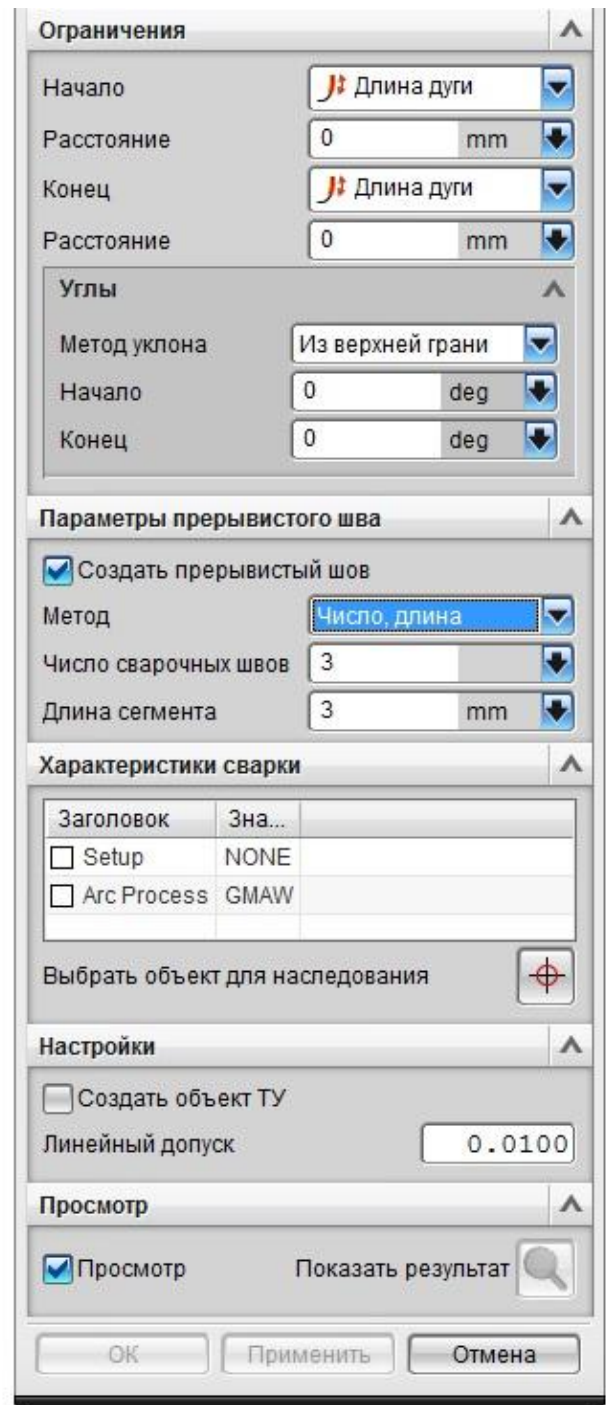
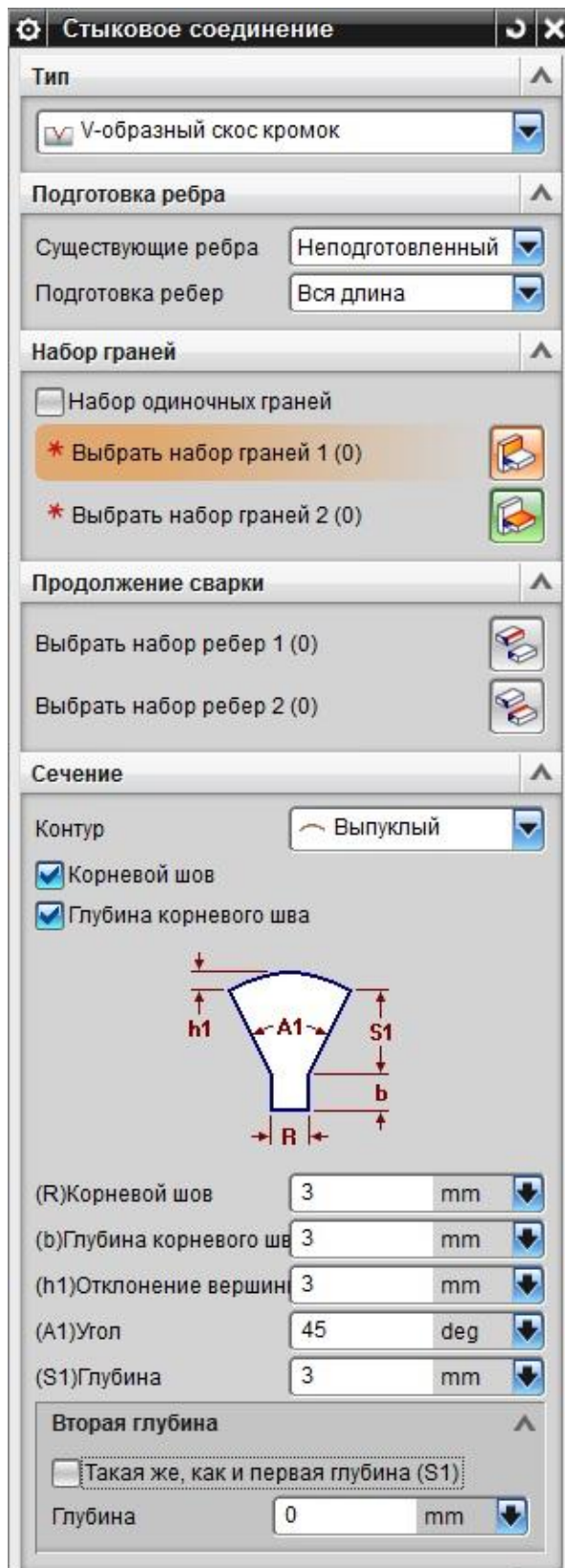


Рисунок 2.3 - Окно «Стыковое соединение»

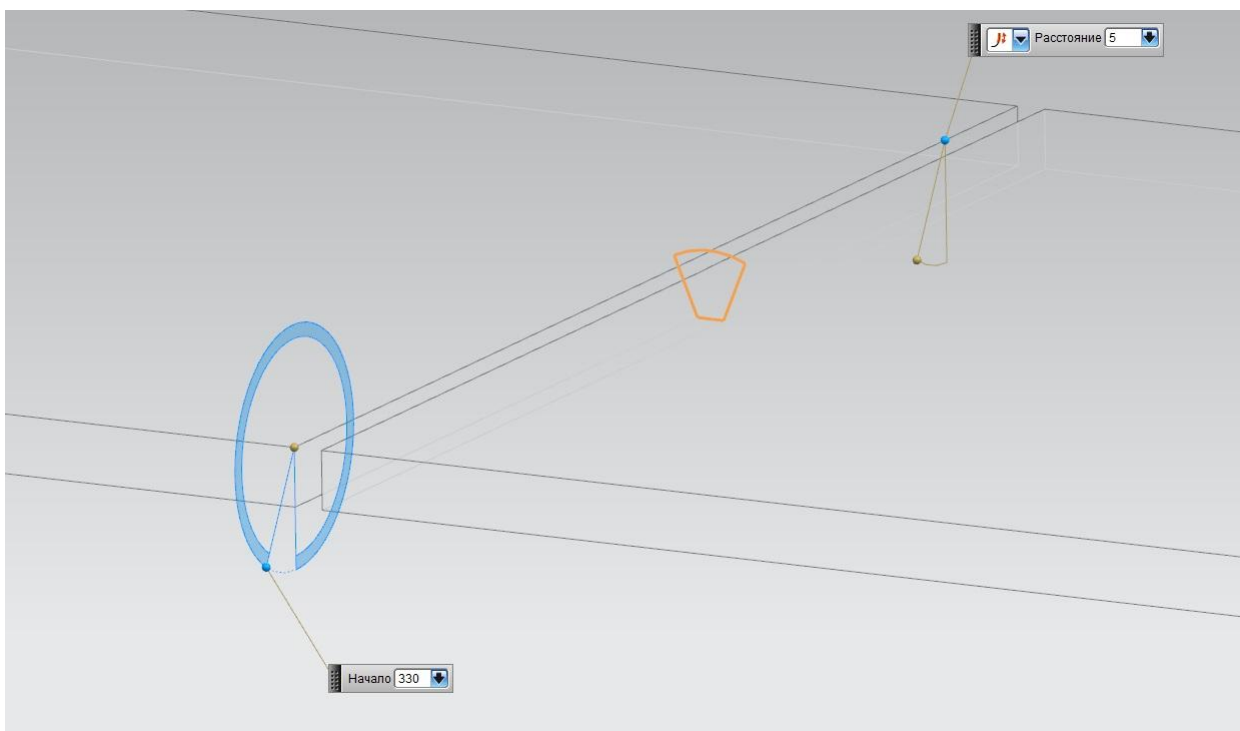

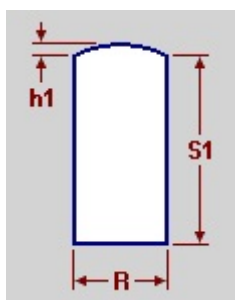



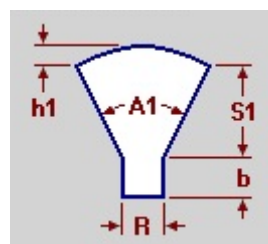
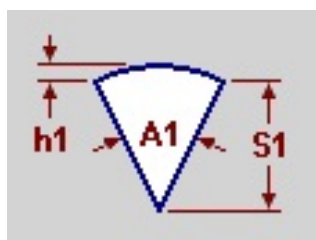
Рисунок 2.4 - Маркеры стыкового соединения в графическом окне

В NX предлагается на выбор несколько *типов* обработки кромок (*Type*) стыкового соединения, от которых зависят характеристики сечения сварного шва:

-  без скоса кромок (*Square Butt*), соединения типа C2, C4;



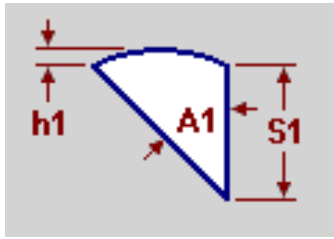
-  V-образный скос кромок (*V Groove*) – со скосом обеих кромок, соединения типа C17, C18;



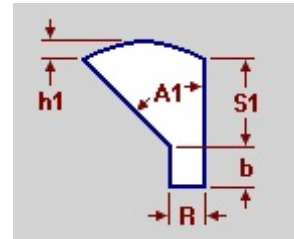
без корневого шва

с корневым швом


-  со скосом одной кромки (*Bevel Groove*), соединения типа C8, C9;

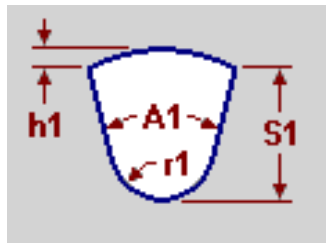


без корневого шва

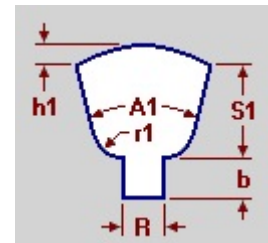


с корневым швом


-  U-образный скос кромок (*U Groove*) – с криволинейным скосом кромок, соединения типа C23;

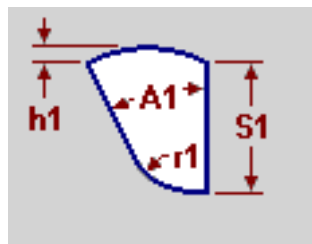


без корневого шва

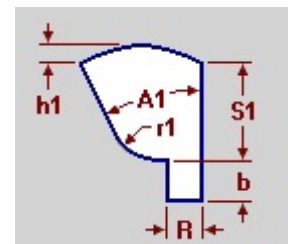


с корневым швом


-  J-образный скос кромок (*J Groove*) – с криволинейным скосом одной кромки, соединения типа C13;

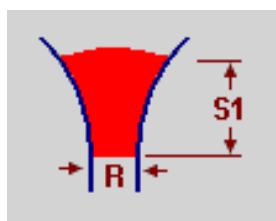


без корневого шва

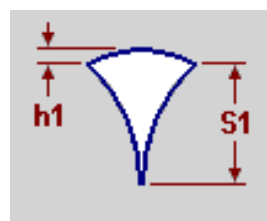


с корневым швом

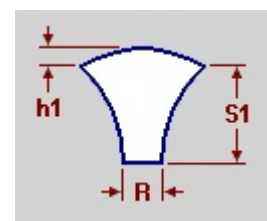
-  с отбортовкой кромок (*Flares V Groove*), соединения типа C28;



заполнение конструкции

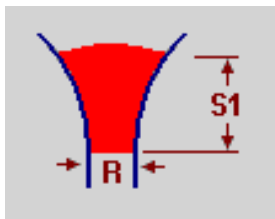


без корневого шва

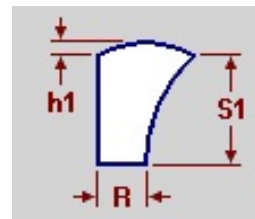


с корневым швом

-  со скосами кромок (*Flares Bevel Groove*) – со отбортовкой одной кромки, соединения типа У2.



заполнение конструкции



с корневым швом

Создание сварного шва возможно как по заранее подготовленным пользователем кромкам, так и по неподготовленным. В втором случае программа сама сделает все необходимые операции по подготовке кромок, для этого необходимо в разделе *Подготовка ребра (Edge Preparation)* в графе *Существующие ребра (Existing Edges)* выбрать:

- *неподготовленные (Not Prepared)* – для неподготовленных ребер, создается построение и выделяется сварка из тела:

*подготовка ребер (Prepare Edges):*

- *нет (None)* – не подготавливает ребра перед созданием соединения;

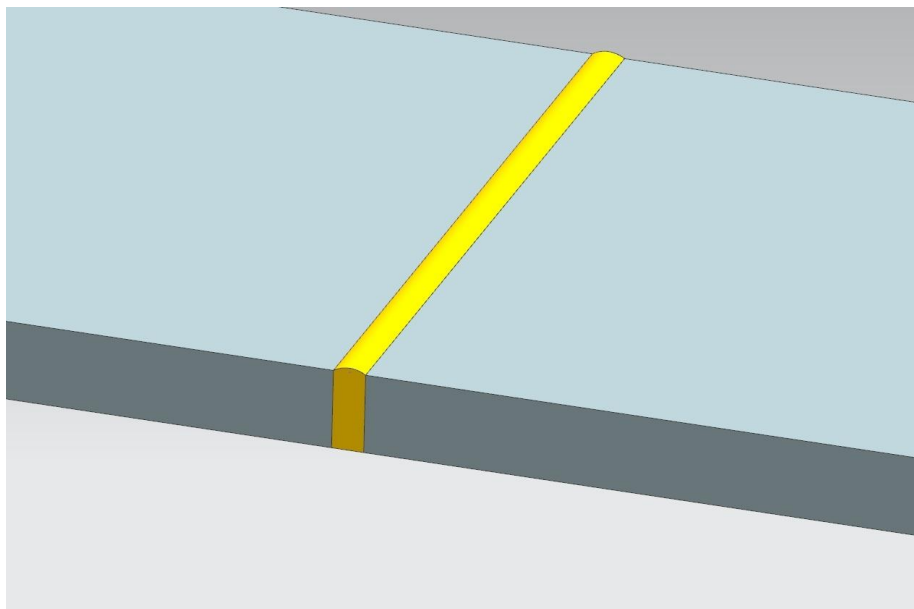


Рисунок 2.4 - Шов выполнен по всей длине

- *вся длина (Entire Length)* – выполняет подготовку по всей длине соединения, рисунок 2.4;

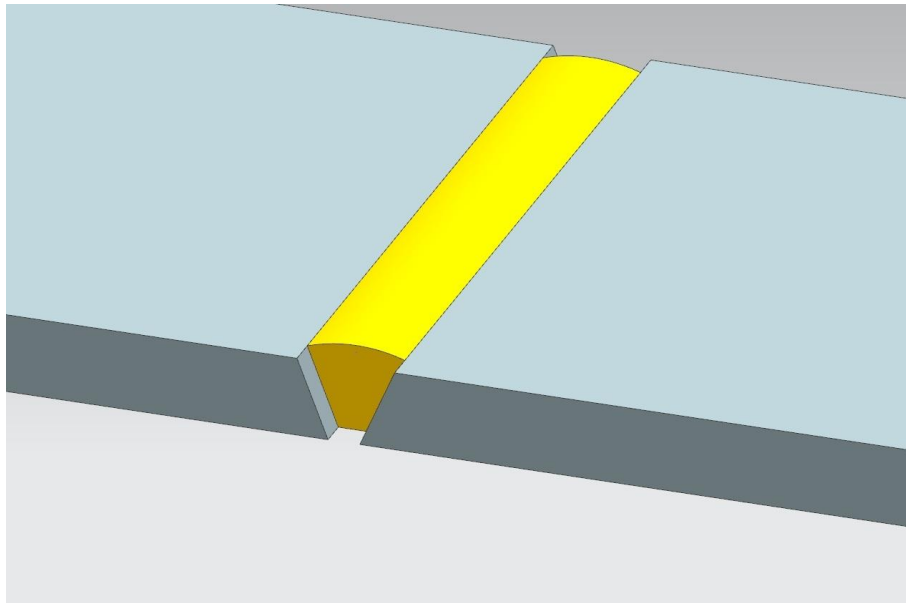
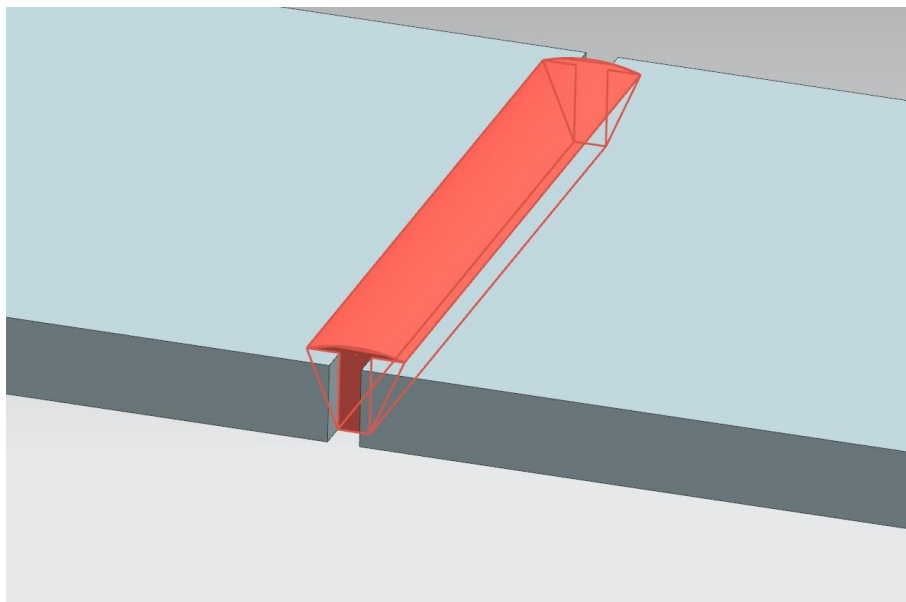
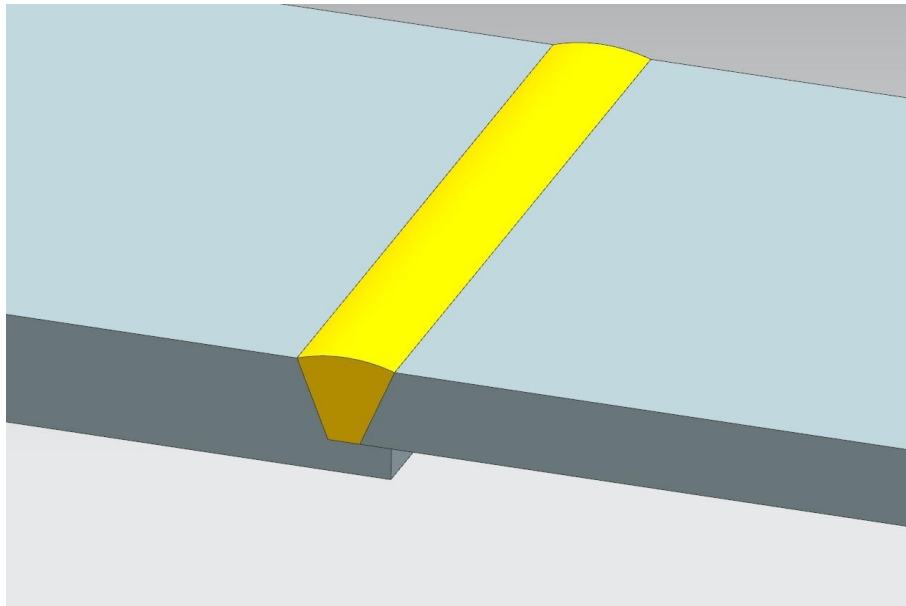


Рисунок 2.5 – Шов выполнен в заданных пределах

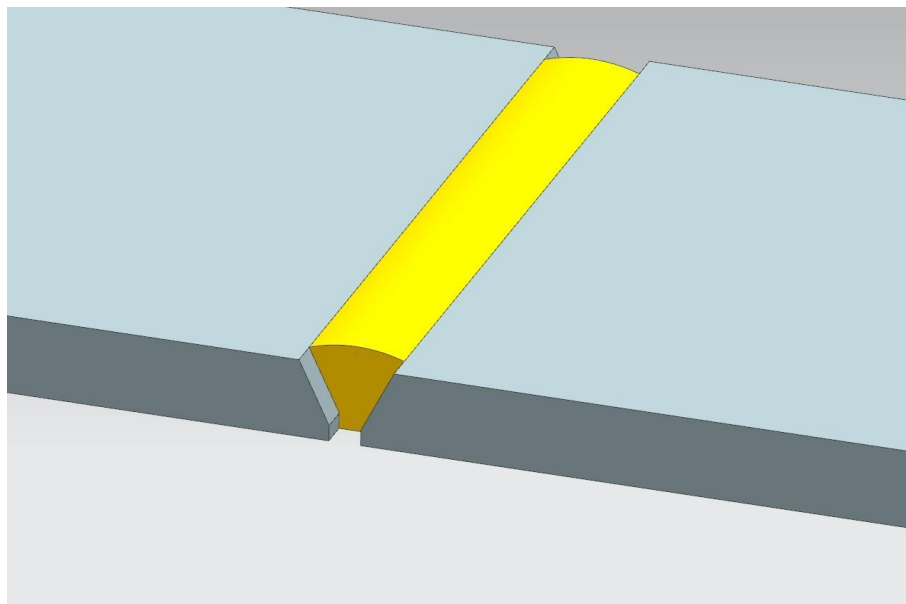
- *пределы сварки (Weld Limits)* – выполняет подготовку только в тех местах, где существует сварка, рисунок 2.5;



- *комплексное (Complex)* – выполняет подготовку по всей длине, твердое тело под корневым швом не изменяется.
- *подготовленные (Prepared)* – для подготовленных ребер, стыковое соединение наследует форму подготовленных ребер, заполняя расстояние между ними.



Комплексная подготовка кромок на примере соединения С6



Опция *Набор одиночных граней (Single Face Set)* сваривает вместе два конца одной грани. Данная опция позволяет создать стыковое соединение в цилиндре, рисунок 2.9.

В поле *Набор граней (Face Sets)* функция *Выбрать набор граней 1 (Select Face Set 1)* позволяет выбрать одну или несколько граней для первой стороны стыкового соединения, функция *Выбрать набор граней 2 (Select*

*Face Set 2*) позволяет выбрать одну или несколько граней для второй стороны стыкового соединения при снятой галочке *Набор одиночных граней*.

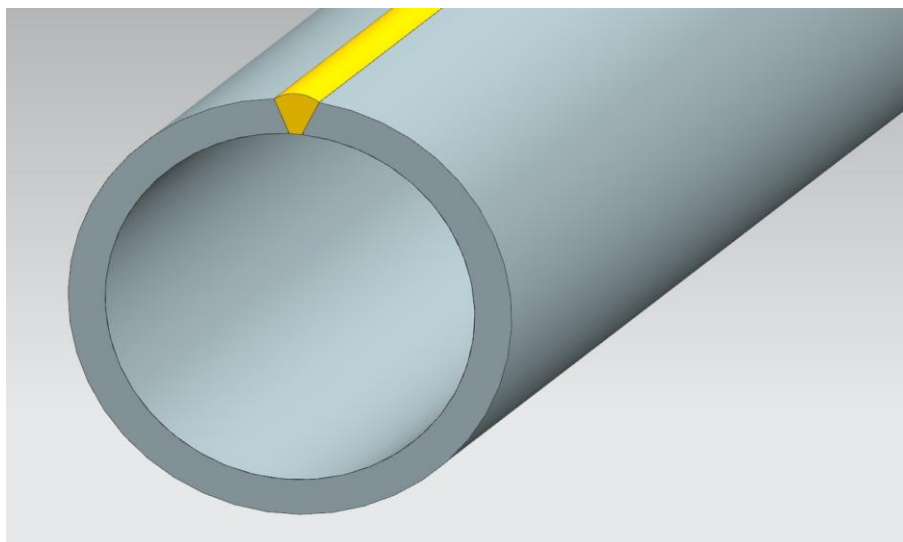






Рисунок 2.9 - Сварка одиночных граней на примере продольного шва трубы

Поле *Продолжение сварки (Weld Extent)* используется, когда есть зазор между деталями. Здесь ограничивается направление сварки до выбранных ребер в случаях, когда контекстное увеличение является неуместным. Ребра задаются функциями *Выбрать набор ребер (Select Edge Set)* аналогично функциям *Выбрать набор граней*.

Для сварных соединений представлено несколько типов *Контура шва (Contour)*:

-  *нет* – оставляет контур сварки необозначенным,
-  *выпуклый (Convex)*,
-  *плоский (Flush)*,
-  *вогнутый (Concave)*.

От вида выбранной формы шва зависит количество параметров сварного шва. Основными параметрами *сечения (Cross Section)* сварного шва стыкового соединения в NX являются:

- *(S1) глубина провара (Depth)*,

- ( $h1$ ) отклонение вершины (*Contour Height*) – высота усиления шва,
- ( $A1$ ) угол (*Angle*) разделки кромок.

При включенных опциях *Корневой шов (Root Opening)* и *Глубина корневого шва (Root Depth)* добавляются дополнительные параметры:

- ( $R$ ) корневой шов (*Root Opening*) – ширина корня шва;
- ( $b$ ) глубина корневого шва (*Root Depth*) – высота усиления корневого шва.

Для типов *C отбортовкой кромок* и *Co скосами кромок* присутствует опция *Заполнение конструкции (Use Fill In Construction)* – заполнение до приблизительной точки пересечения, если выбранные грани не касаются.

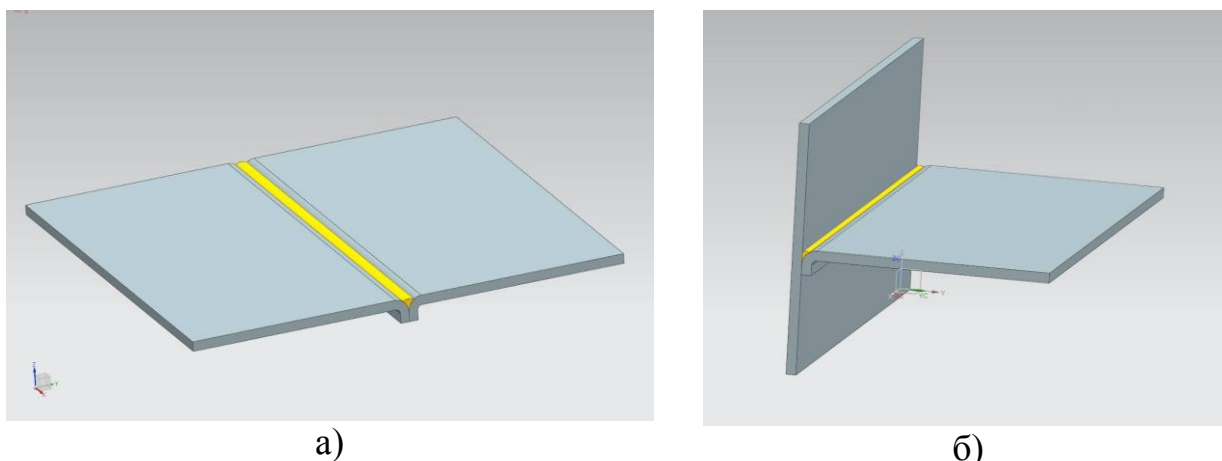


Рисунок 2.10 - Стыковое соединение с отбортовкой кромок C28 (а) и соединение с отбортовкой одной кромки У2 (б)

Опция *Вторая глубина (Second Depth)* сохраняет одну и ту же глубину провара по обоим сторонам стыкового соединения. Отсутствует для типов *C отбортовкой кромок* и *co скосами кромок*.



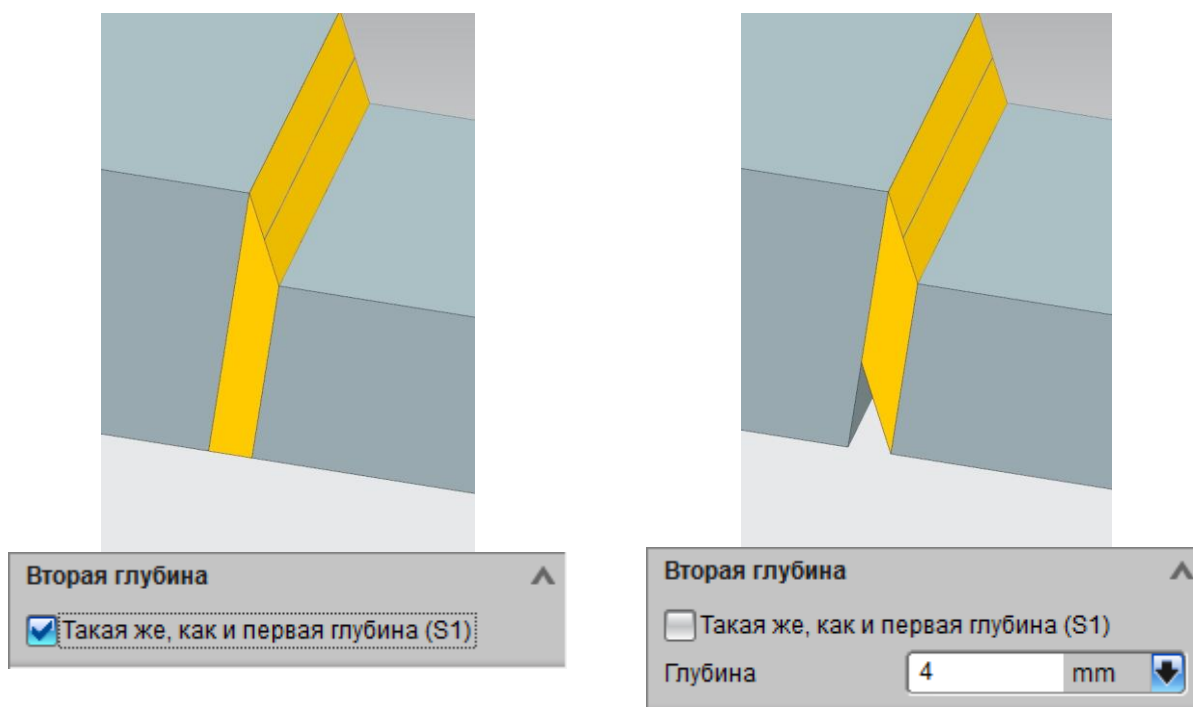


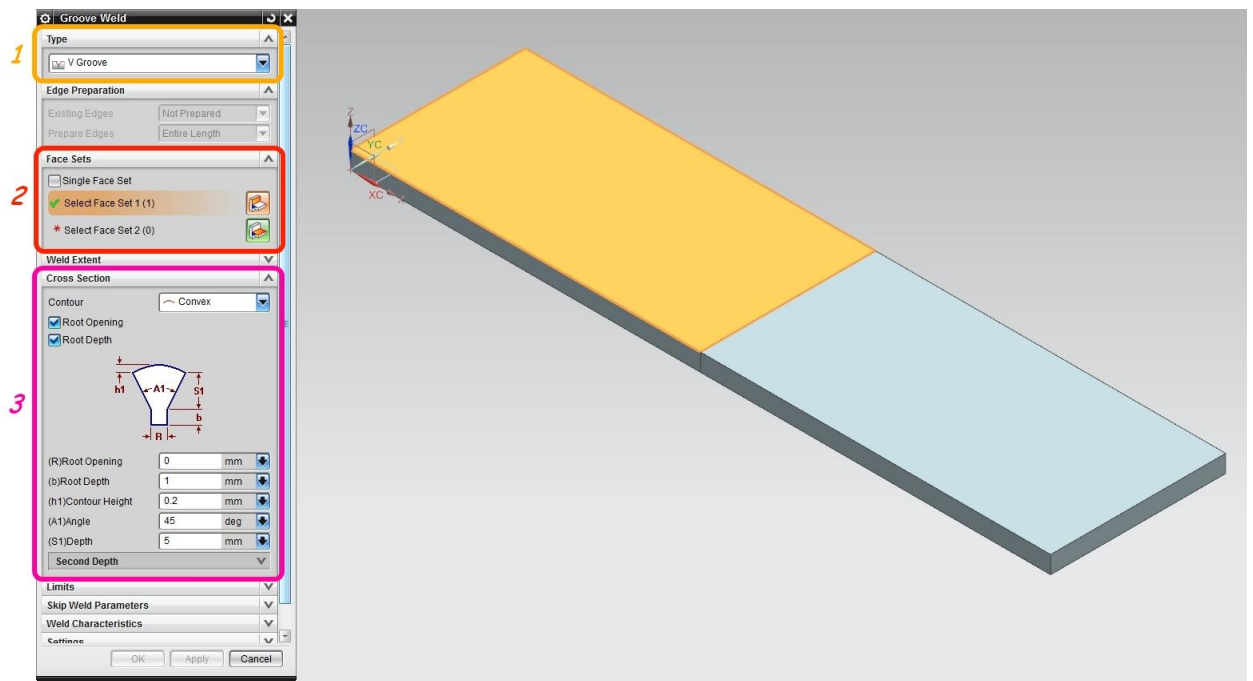
Рисунок 2.11 - Вторая глубина

*Характеристики сварки (Weld Characteristics)* – список дополнительных атрибутов, которые можно назначить сварному шву.

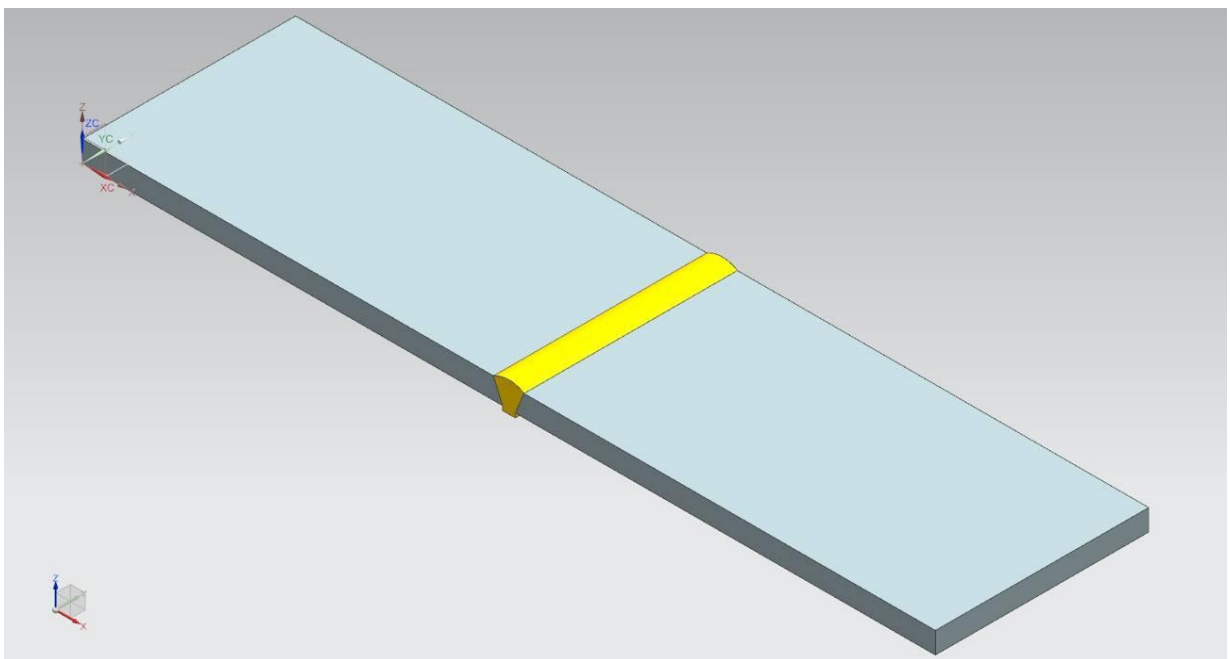
*Выбрать объект для наследования (Select Inherit Object)* – позволяет выбрать объект, от которого будут наследоваться атрибуты проточки под сварку.

*Настройки (Settings):*

- *создать объект TV (Assign Weld PMI)* – открытие диалогового окна *Символ сварки*, в котором можно создать комментарии для сварки (см. раздел «**Ошибка! Источник ссылки не найден.**»),
- *линейный допуск (Distance Tolerance)* – допуск моделирования элемента сварки.



Выбор места сварки и задание параметров сечения шва



Стыковое соединение (C2)

Соединение с двумя скосами кромок всех типов (C25, C26, C27 и др.) делается последовательным созданием сварных швов с обеих сторон соединения, рисунок 2.14.

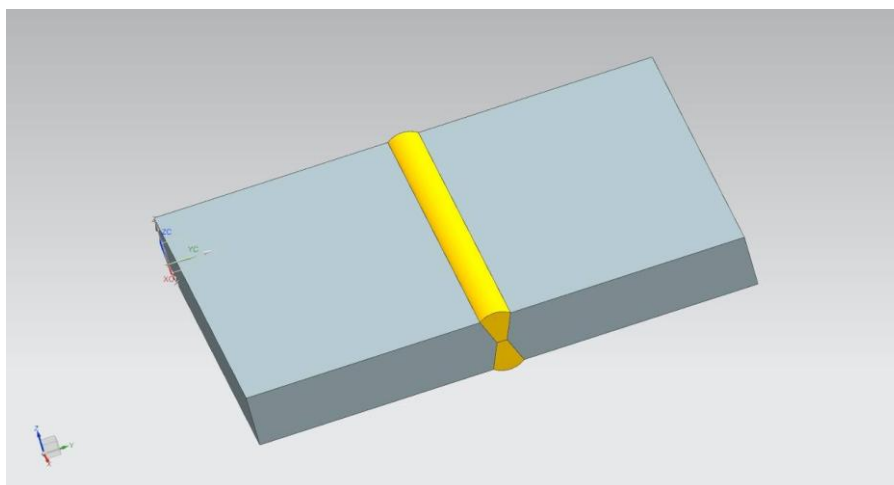


Рисунок 2.14 - Стыковое соединение с двумя симметричными скосами кромок С27

В случае соединения цилиндра с листом или другим цилиндром (соединения типа ПС-1, ПС-2 и ПС-3), можно воспользоваться как стыковым соединением со скосом одной кромки, но останется зазор, так и угловым соединением, тогда зазора не будет, рисунок 2.15.

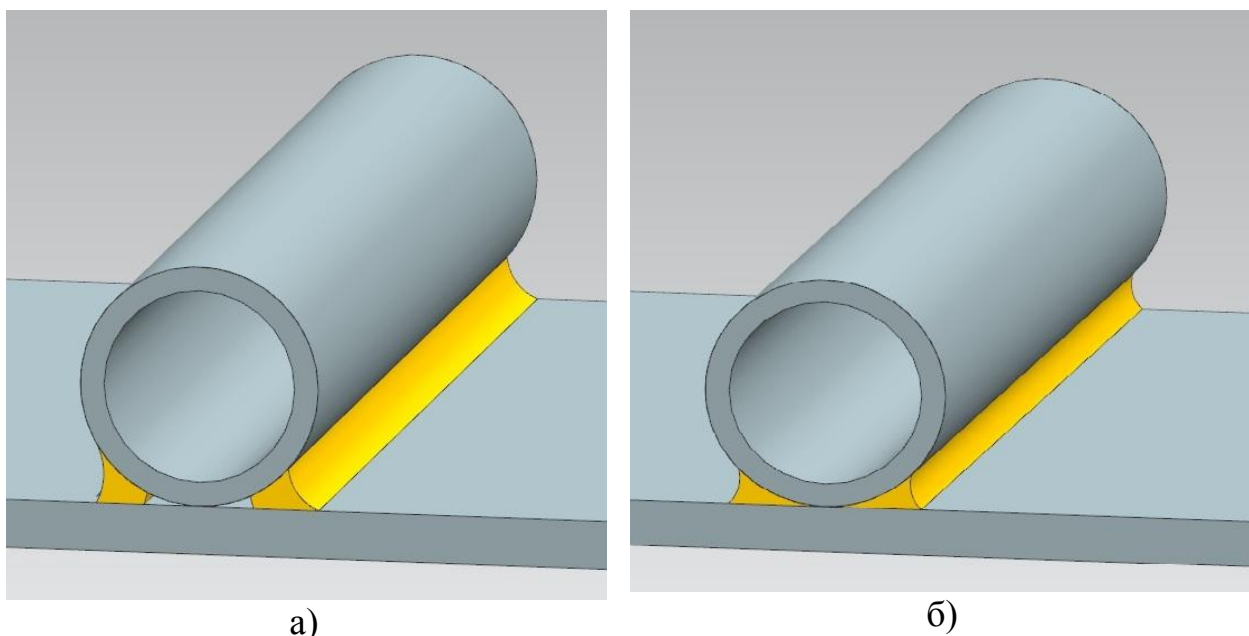


Рисунок 2.15 - Паяное соединение ПС-3, выполненное командами *Стыковое соединение* (а) и *Угловой шов* (б)

### 2.3. Угловое соединение

Команда *Угловой шов (Fillet Weld)* в NX используется для создания соединений двух поверхностей, находящихся под углом друг к другу, и объединяет угловые, тавровые и нахлесточные соединения.

Угловое соединение – соединение двух элементов, расположенных под углом и сваренных в месте примыкания их краев, рисунок 2.16.

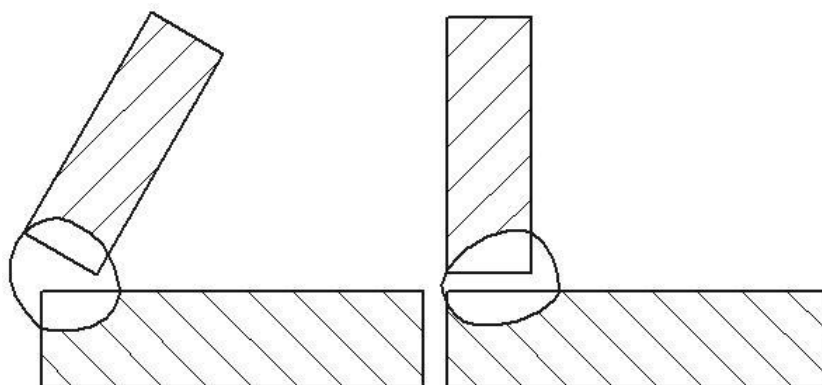


Рисунок 2.16 - Угловые соединения

ГОСТ 5264–80 предусматривает 10 конструктивных вариантов угловых соединений. Они имеют условные обозначения У1, У2 и т.д. В зависимости от толщины свариваемых деталей может выполняться разделка кромок. Односторонняя, У6, У7, У9, У10. Максимальная толщина свариваемых деталей может достигать 60 мм. И двухсторонняя, У8. Максимальная толщина 100 мм.

ГОСТ 14771-76 также предусматривает 10 конструктивных вариантов угловых соединений. У них аналогичные обозначения. Диапазон свариваемых толщин совпадает.

ГОСТ 8713- 79 предусматривает 4 конструктивных варианта угловых соединений – У1, У3, У5, У7. Следует отметить, что свариваемые толщины здесь меньше, чем при ручной дуговой сварке и дуговой сварке в защитном газе.

ГОСТ 16037-80 предусматривает выполнение 10 конструктивных вариантов угловых соединений. Это приварка двух труб под углом. Конструктивные соединения У5, У7, У15, У16 выполняются ручной дуговой

сваркой и дуговой сваркой в защитном газе плавящимся электродом. Соединение У8 выполняется дуговой сваркой в защитном газе плавящимся электродом. Соединения У17, У 18 при толщинах от 1 до 7 мм могут выполняться газовой сваркой. При толщинах от 2 до 25 мм могут выполняться дуговой сваркой в защитном газе плавящимся электродом, дуговой сваркой в защитном газе неплавящимся электродом, ручной дуговой сваркой. Соединения У19 и У20 могут выполняться дуговой сваркой в защитном газе плавящимся электродом, дуговой сваркой в защитном газе неплавящимся электродом, ручной дуговой сваркой.

Кроме того, угловые соединения выполняются по ГОСТ 11534-75 «Ручная дуговая сварка. Соединения сварные под острыми и тупыми углами». Данный ГОСТ предусматривает 8 конструктивных вариантов угловых соединений. Их обозначения У1, У2 и т.д. Варианты У4, У5 предусматривают одностороннюю разделку кромок. Варианты У6, У7, У8 - двухстороннюю.

Тавровое соединение – соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента, рисунок 2.17.

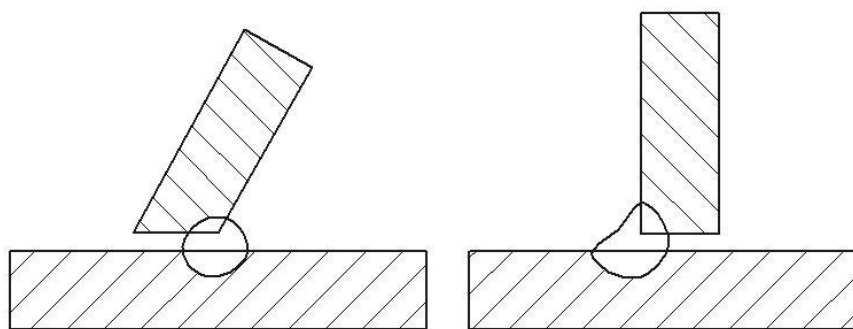


Рисунок 2.17 - Тавровое соединение

ГОСТ 5264–80 предусматривает 8 конструктивных вариантов тавровых соединений. Они имеют условные обозначения Т1, Т2, Т3 и т.д. В зависимости от толщины свариваемых деталей может выполняться разделка кромок. Односторонняя, Т2, Т6, Т7. Максимальная толщина свариваемых деталей может достигать 60 мм для соединений Т6 и Т7. И для соединения Т2 максимальная толщина 100 мм. Двусторонняя разделка у соединений Т8,

T9, T5. Свариваемые максимальные толщины у соединений T8 и T9 100 мм.  
У соединения T5 – 120 мм.

ГОСТ 14771-76 предусматривает 6 конструктивных вариантов тавровых соединений. У них аналогичные обозначения. Диапазон свариваемых толщин соединений с односторонней разделкой (T6, T7) 60 мм. С двусторонней разделкой: T8 – 80 мм; T9 – 100 мм.

ГОСТ 8713- 79 предусматривает 8 конструктивных вариантов тавровых соединений – T1, T2, T3, У5, У7. Следует отметить, что свариваемые толщины здесь меньше, чем при ручной дуговой сварке и дуговой сварке в защитном газе.

Кроме того, тавровые соединения выполняются по ГОСТ 11534-75. Данный ГОСТ предусматривает 8 конструктивных вариантов тавровых соединений. Их обозначения T1, T2 и т.д. Варианты T3, T4, T5, T6 предусматривают одностороннюю разделку кромок. Варианты T7, T8 - двухстороннюю..

Нахлесточное соединение – соединение, в котором сваренные элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга, рисунок 2.18.

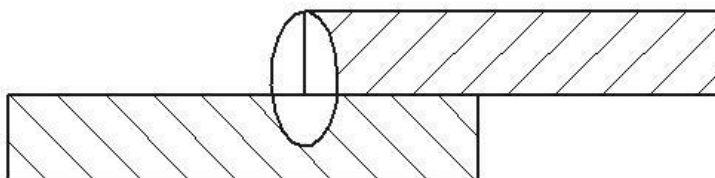


Рисунок 2.18 - Нахлесточное соединение

Нахлесточные сварные соединения выполняются по ГОСТ 5264-80, ГОСТ 14771-76, ГОСТ 16037-80, ГОСТ 8713-79.

ГОСТ 5264-80, ГОСТ 14771-76 и ГОСТ 8713-79 предусматривают 2 конструктивных варианта нахлесточных соединений, Н1 и Н2.

ГОСТ 16037-80 предусматривает нахлесточные соединения Н1, Н3, Н4. Максимальная толщина до 7 мм.

В NX при создании угловых соединений не показывается провар основного материала, а только заполнение присадочным материалом между свариваемыми поверхностями.

Расположение команды: вкладка *Мастер сварки (Weld Assistant)* – группа *Сварка твердых тел (Solid Weld)* – команда *Угловой шов (Fillet)*.

Все параметры углового шва задаются в открывшемся окне *Угловой шов*, рисунок 2.19. некоторые параметры могут задаваться с помощью маркеров на модели в графическом окне, рисунок 2.20.

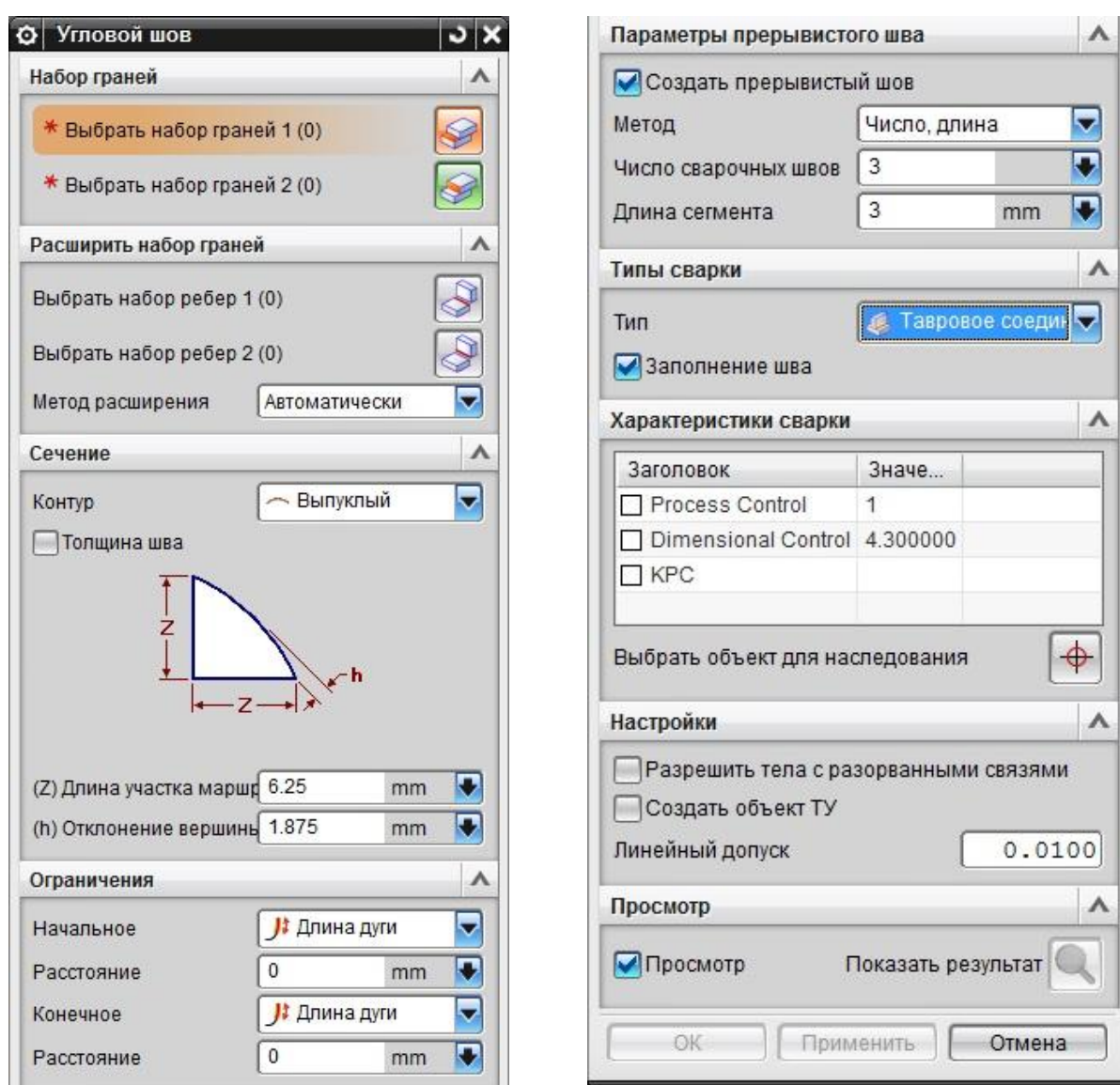


Рисунок 2.19 -Окно «Угловой шов»

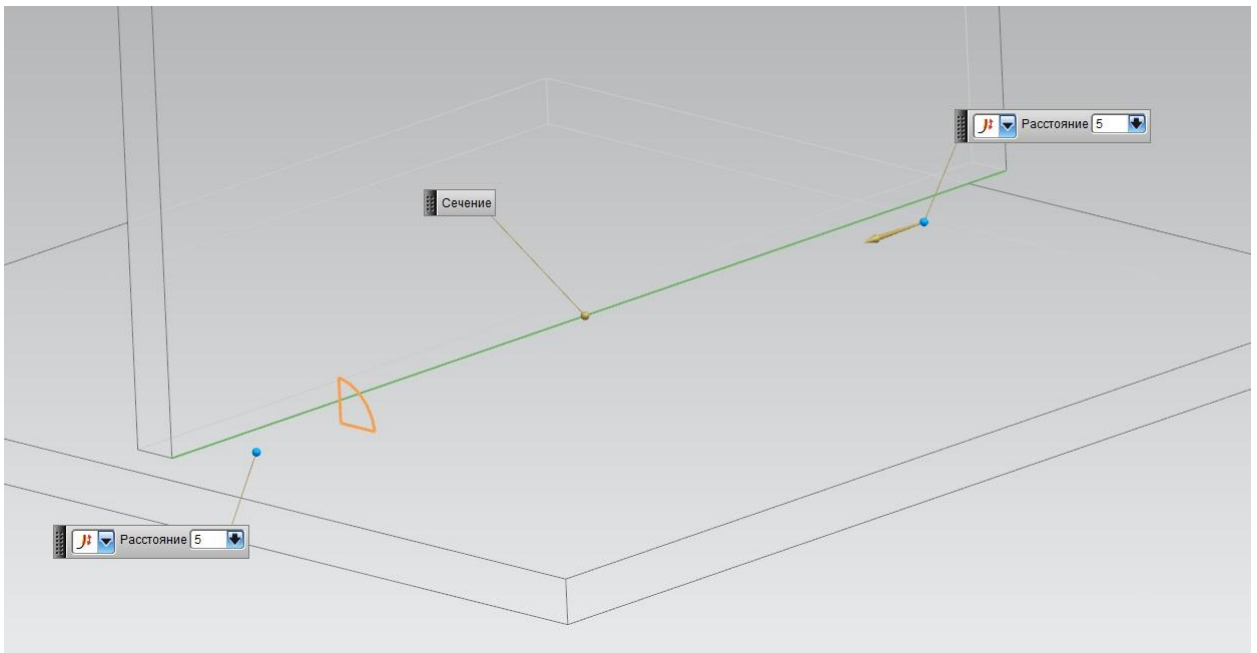


Рисунок 2.20 - Маркеры углового шва в графическом окне



В поле *Набор граней (Face Sets)*, см. рис. 2.19, функция *Выбрать набор граней 1 (Select Face Set 1)* позволяет выбрать одну или несколько граней для первой стороны углового шва, от выбора первой грани зависит определение решения построения углового шва при наличии нескольких вариантов. Функция *Выбрать набор граней 2 (Select Face Set 2)* позволяет выбрать одну или несколько граней для второй стороны углового шва.

Поле *Расширить набор граней (Extend Face Set)*, см. рис. 2.19, используется, когда есть зазор между деталями. Здесь продлевается набор граней по выбранным ребрам, чтобы найти пересечение со вторым набором граней. Функции *Выбрать набор ребер (Select Edge Set)* позволяет выбрать ребра аналогично функциям *Выбрать набор граней*. Выбор ребра является необязательным шагом.



Предлагается два *Метода расширения ребер (Extension Distance)*:

- *автоматически (Automatic)* – сварной шов автоматически продлевается в соответствии с существующей геометрией;
- *по значению (By Value)* – сварной шов продлевается вдоль ребра на заданное пользователем значение.

Для углового соединения предлагается на выбор несколько типов *Контура шва (Contour)*, см. рис. 2.19:

-  *нет*,
-  *выпуклый (Convex)*,



-  плоский (*Flush*),
-  вогнутый (*Concave*).

Параметры сварного шва также зависят от выбранной формы шва.

Сечение углового шва (*Cross Section*) можно определить по одному из двух наборов параметров, рисунок 2.21:

- ( $Z$ ) длина участка маршрута (*Leg Length*) и ( $h$ ) отклонение вершины (*Contour Height*) – по катету шва и высоте усиления;
- толщина шва (*Throat Thickness*) и ( $h$ ) отклонение вершины (*Contour Height*) при включенной опции *Толщина шва* (*Throat Thickness*).

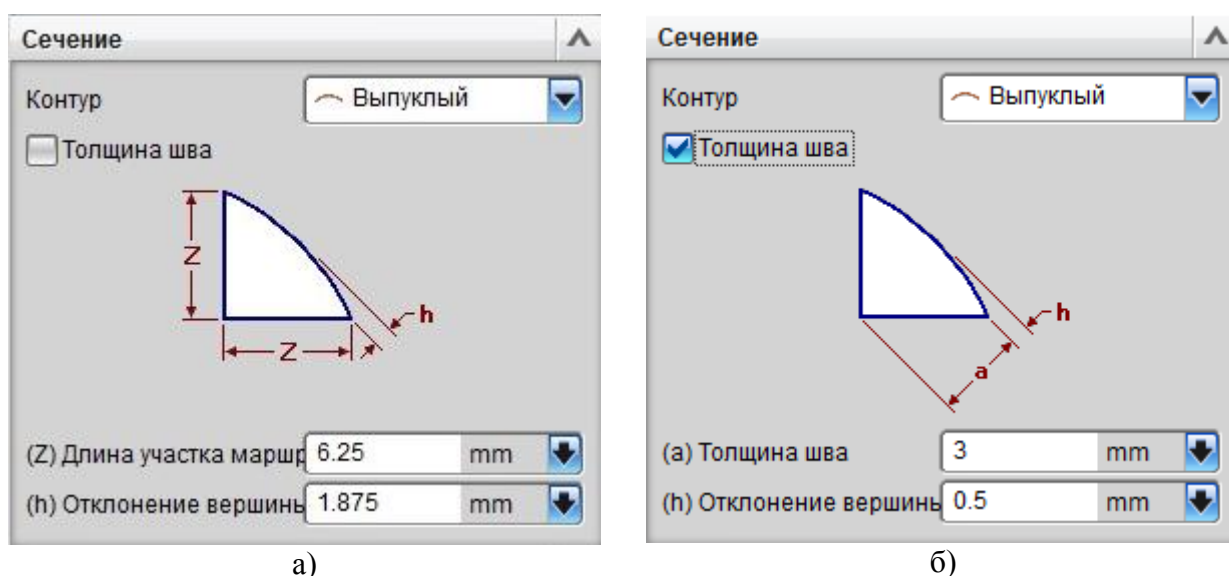





Рисунок 2.21 - Задание параметров углового шва по размерам катета (а) и по толщине шва (б)

Тип соединения деталей при сварке угловых швов задается в графе *Тип сварки* (*Welding Types*):

-  тавровое соединение (*T Joint*);
-  соединение внахлест (*Lap Joint*);
-  угловое соединение (*Corner Joint*).

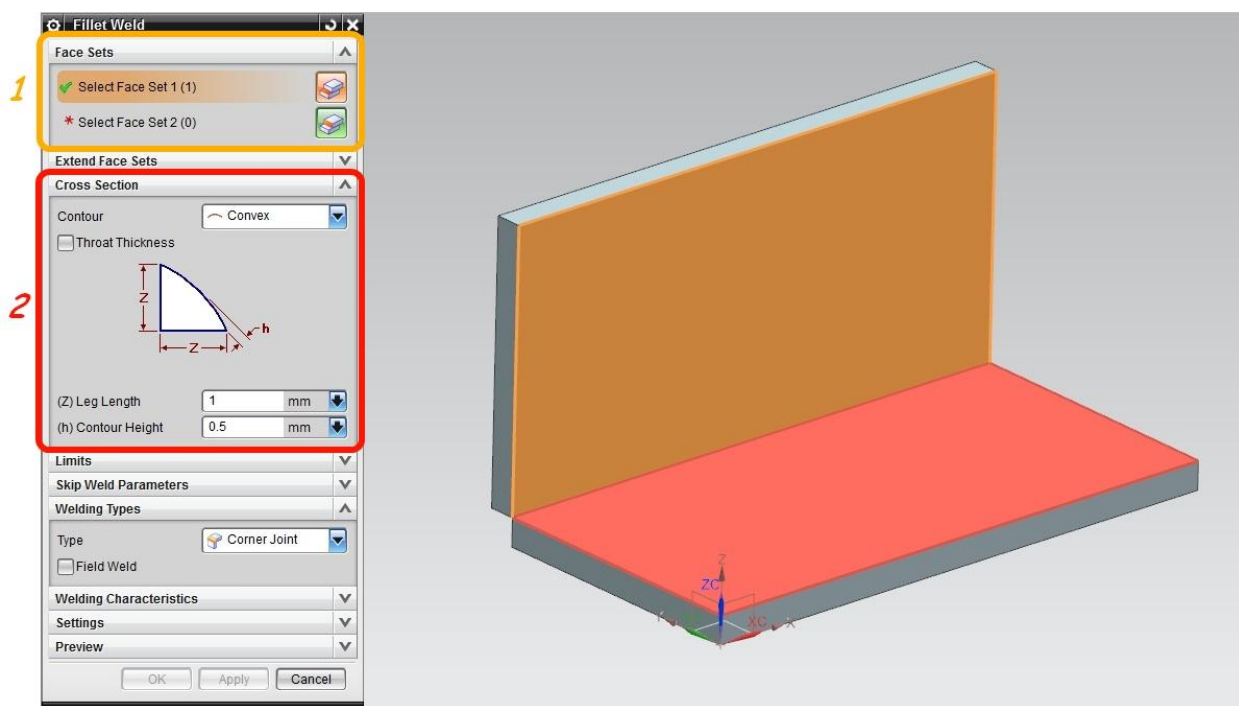
*Заполнение шва* (*Field Weld*) – назначает атрибут заполнения шва для параметра *Заполнение шва*.

*Характеристики сварки (Weld Characteristics)* – список дополнительных атрибутов, которые можно назначить сварочному скруглению.

*Выбрать объект для наследования (Select Inherit Object)* – позволяет выбрать объект, от которого будут наследоваться атрибуты проточки под сварку.

*Настройки (Settings):*

- *разрешить тела с разорванными связями (Allow Broken Link Bodies)* – управляет возможностью выбора граней связанных тел; является особенно полезным при редактировании элемента Угловой шов, если требуется заменить грани тела с разорванными связями на грани тела с новыми связями,
- *создать объект ТУ (Assign Weld PMI)* – открытие диалогового окна *Символ сварки*, в котором можно создать комментарии для сварки,
- *линейный допуск (Distance Tolerance)* – допуск моделирования элемента сварки.



Выбор места сварки и задание параметров углового шва

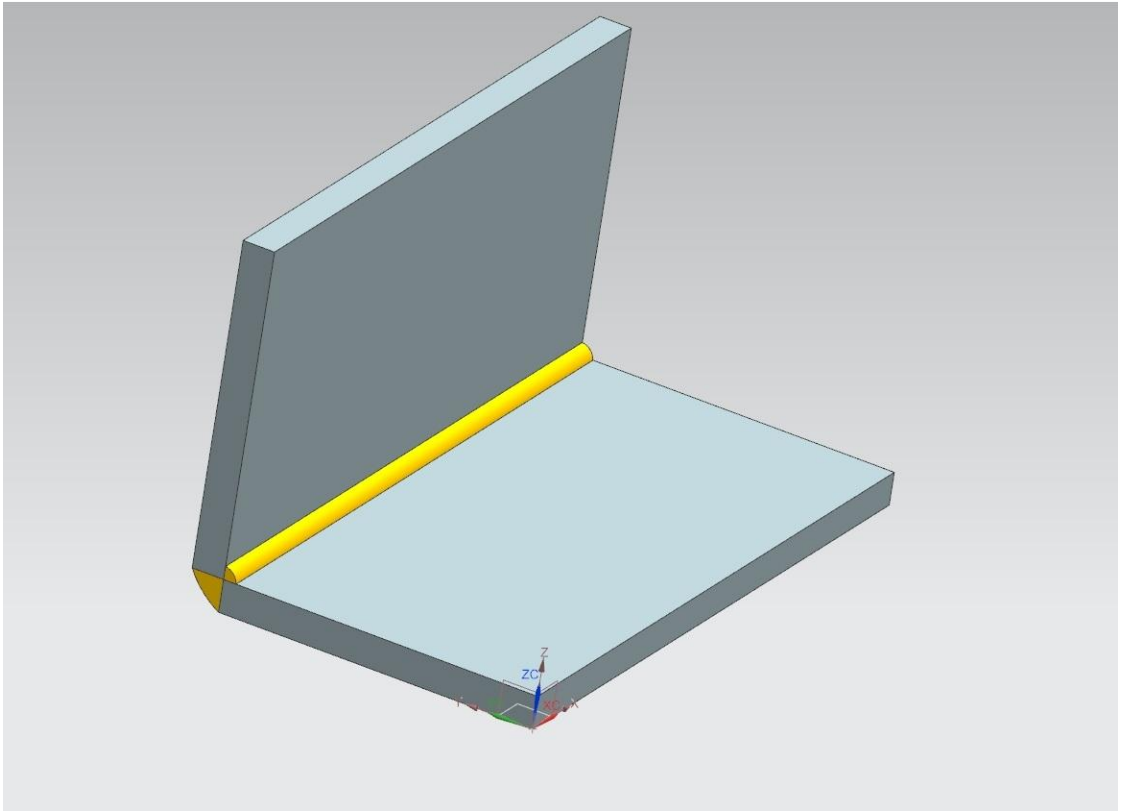


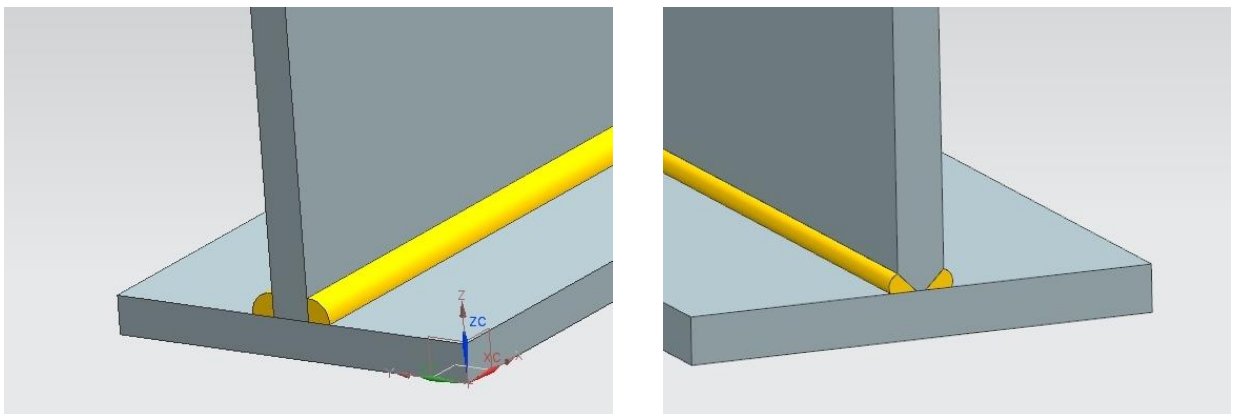
Рисунок 2.26 - Угловое соединение (У5)

Примечания:

1) соединения типа У2, У6 и У9 делаются с помощью создания **Ошибка!**  
**Источник ссылки не найден.**;

2) обработка кромок для соединений типа У8, Т2 и Т6 – Т9 делается созданием фаски на торце привариваемой детали.

Примеры выполненных соединений на рисунках 2.23, 2.24, 2.25



а)

б)

Рисунок 2.25 - Тавровые соединения Т3 (а) и Т9 (б)

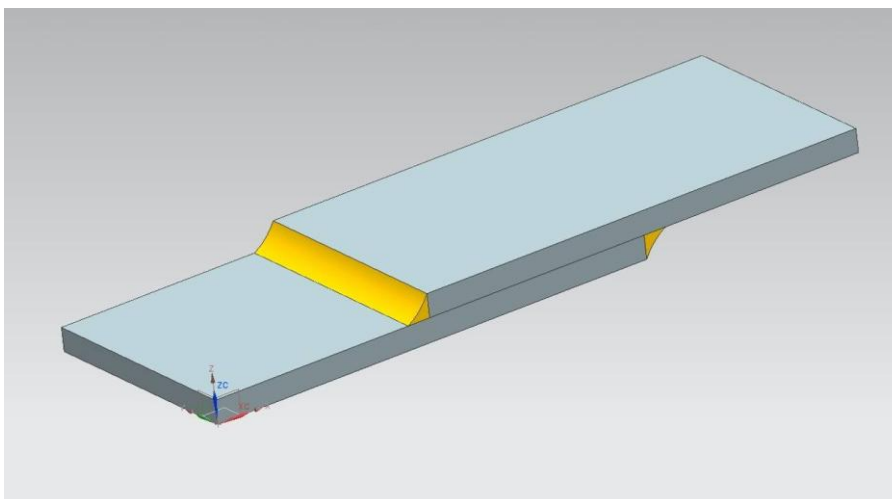


Рисунок 2.27 - Нахлесточное паяное соединение (ПН-1).

### 3 Разработка сварной конструкции

Рассмотрим в качестве примера работу в модуле Мастер сварки на примере кронштейна. После создания трехмерных моделей деталей кронштейна, пластины, усилителя и подпятника в модуле САД, переходим в модуль Сборки. Там накладывая нужные сопряжения ориентируем детали будущего кронштейна относительно друг друга, и с помощью модуля Мастер сварки моделируем сварные швы, соединяющие пластину с усилителем и пластину с подпятником, рисунок 3.1.

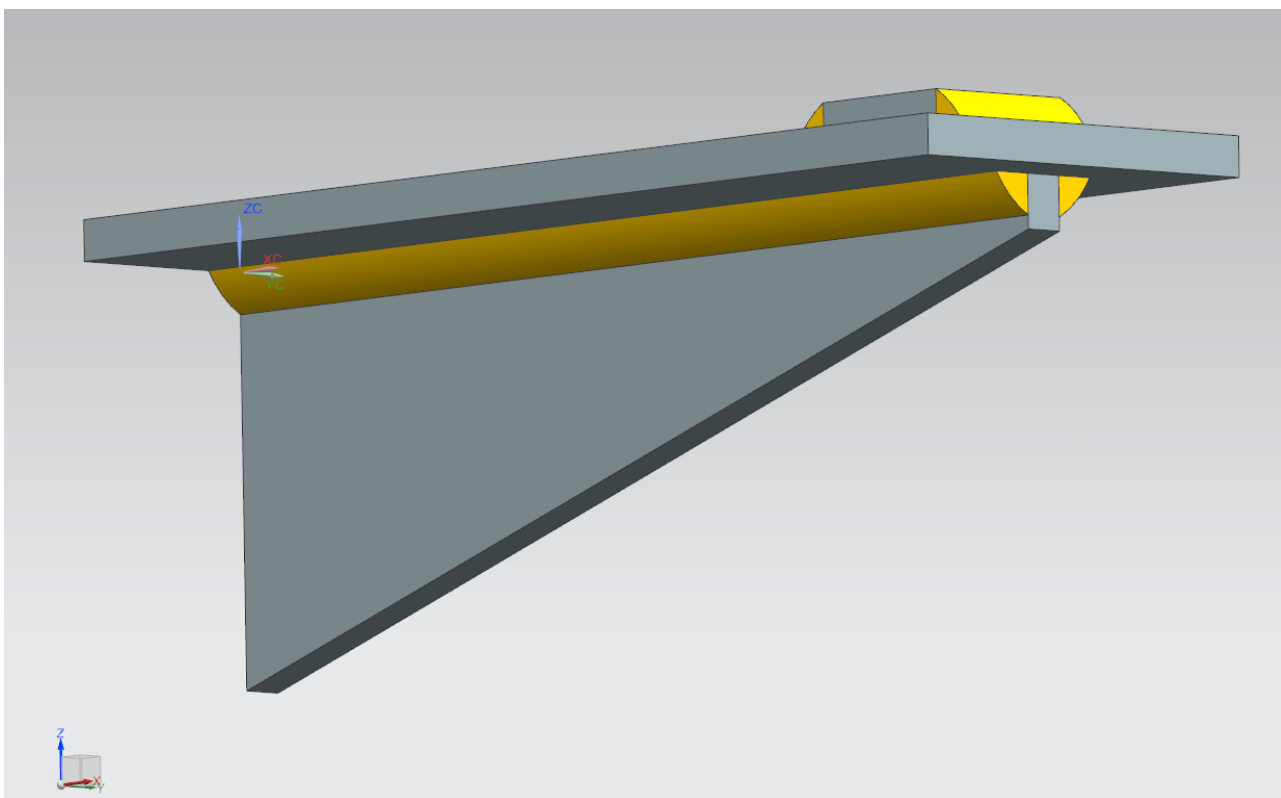


Рисунок 3.1 – Сборка со сварными швами.

Следующий этап – работа в модуле деформационно-прочностного анализа. Расчет трехмерных моделей выполняется там по методу конечных элементов, поэтому, вначале выполняем разбиение трехмерной модели на конечные элементы. Преимущества расчетов сварных швов, смоделированных в модуле Мастер сварки (Weld Assistant) наглядно видны на рисунке 3.2. При разбиении на конечные элементы программа «воспринимает» сварной шов как самостоятельную трехмерную модель - узлы сетки конечных элементов на пластине и сварном шве не совпадают.

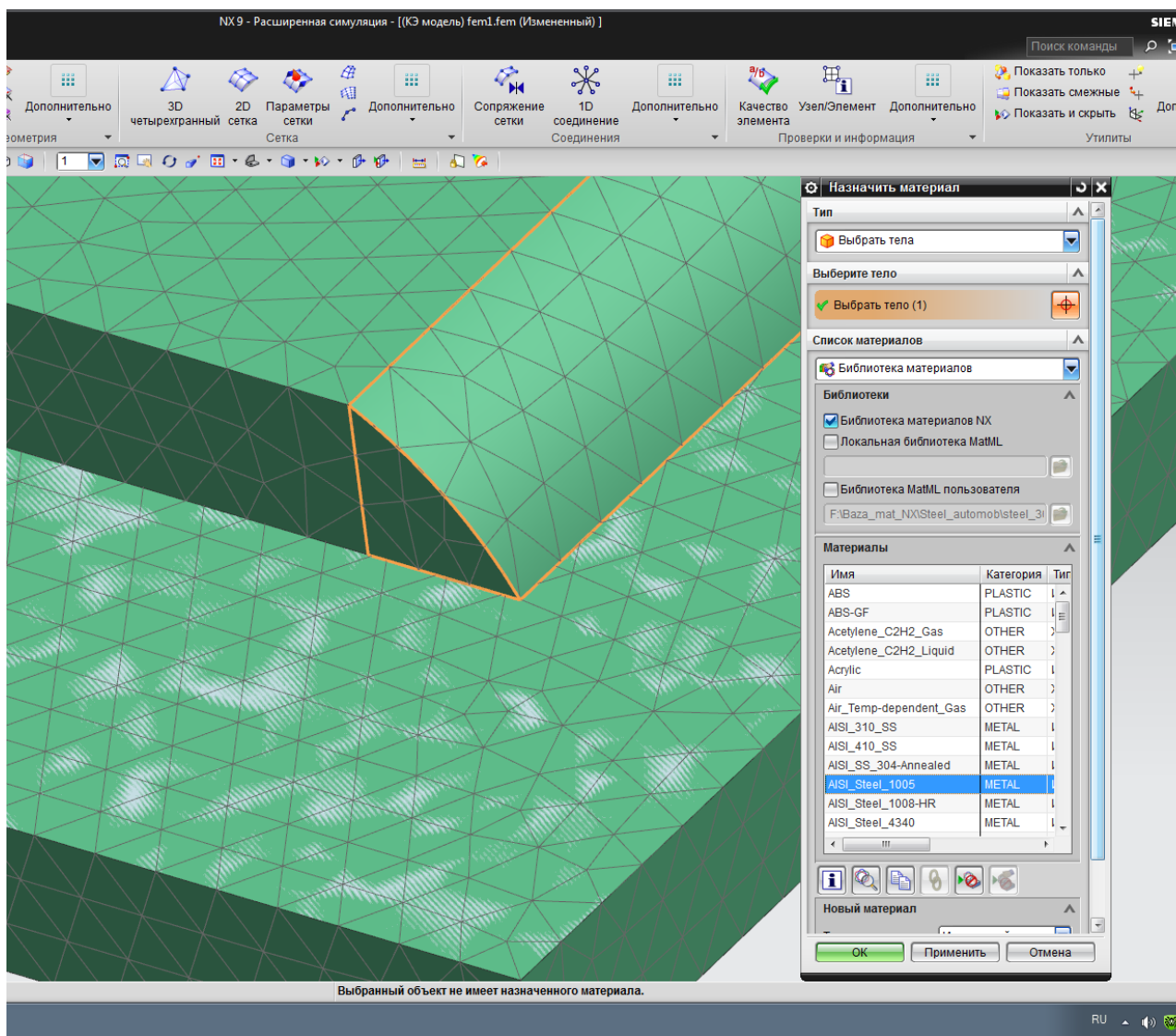


Рисунок 3.2 – Назначение материала.

Кроме того, при назначении материалов имеется возможность задать для модели сварного шва иной, чем для соединяемых деталей материал. Модель сварного шва при выборе выделяется желтыми линиями, как самостоятельный трехмерный объект, см. рис. 3.2. Это является принципиально важным, так как сварные швы по своему химическому составу, свойствам и структуре отличаются от свариваемого материала. Кроме того, в некоторых случаях для получения сварного соединения применяют присадочный материал отличный по химическому составу от свариваемого. Так при сварке сталей мартенситного класса марок 12Х5М, 12Х5МФ, 12Х6СМ возможен вариант применения присадочного материала

близкого по химическому составу к свариваемому, но требуется термообработка сварных соединений. В случае применения аустенитных присадочных материалов, например, электроды типа Э-10Х25Н13Г2Б, в термообработке нет нужды.

Очень важным данное свойство является при моделировании паяных соединений. При пайке, по определению, химический состав соединяемого материала и присадочного отличаются друг от друга.

Для выполнения корректных расчетов необходимо сопряжение сетки конечных элементов. После активации данной функции узлы сеток сварного шва и пластины совпадают, рисунок 3.3.

Следующий этап расчетов – приложение нагрузок. Для данного кронштейна нагрузка приложена к подпятнику, рисунок 3.4.

После выполнения расчетов инженер имеет возможность оценить напряженно-деформированное состояние сварного узла. Деформации конструкции показаны на рисунке 3.5. Распределение напряжений – на рисунке 3.6.

Таким образом, применение программного блока Мастер сварки для моделирования сварных швов металлоконструкции расширяет возможности ее анализа. Однако возможности синтеза управляющих программ для технологического оборудования, например, роботов-сварщиков, пока что в арсенале модуля сварки нет.



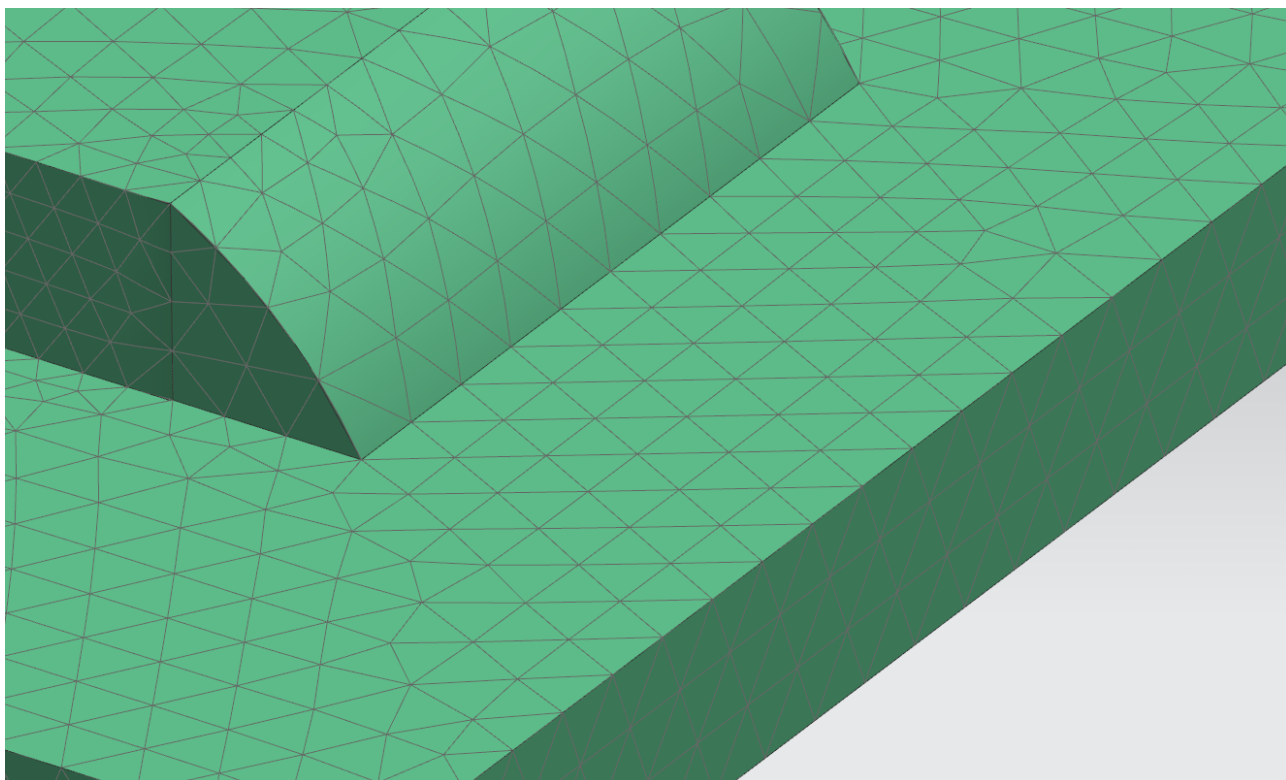


Рисунок 3.3 – Активирована функция «Сопряжение сетки».

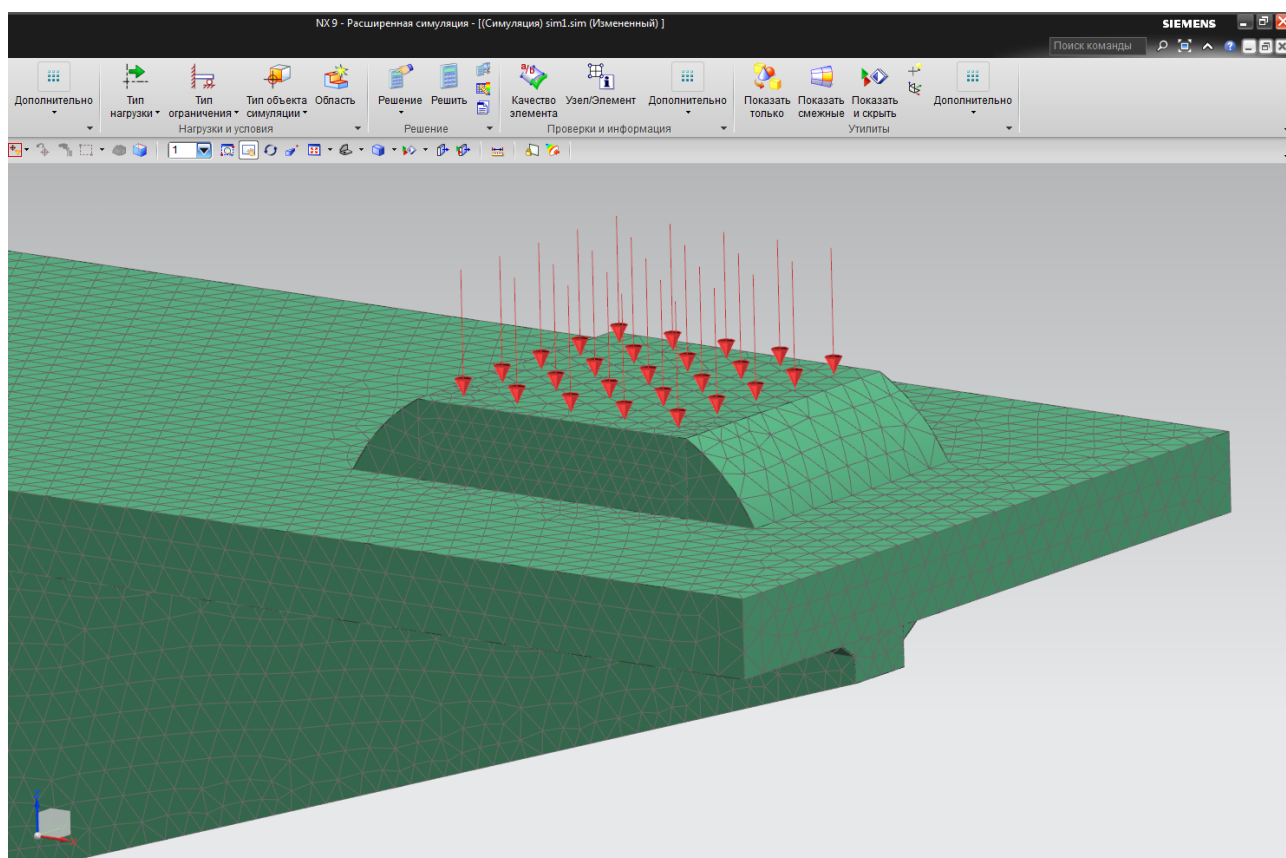


Рисунок 3.4 – Приложение нагрузки к кронштейну.



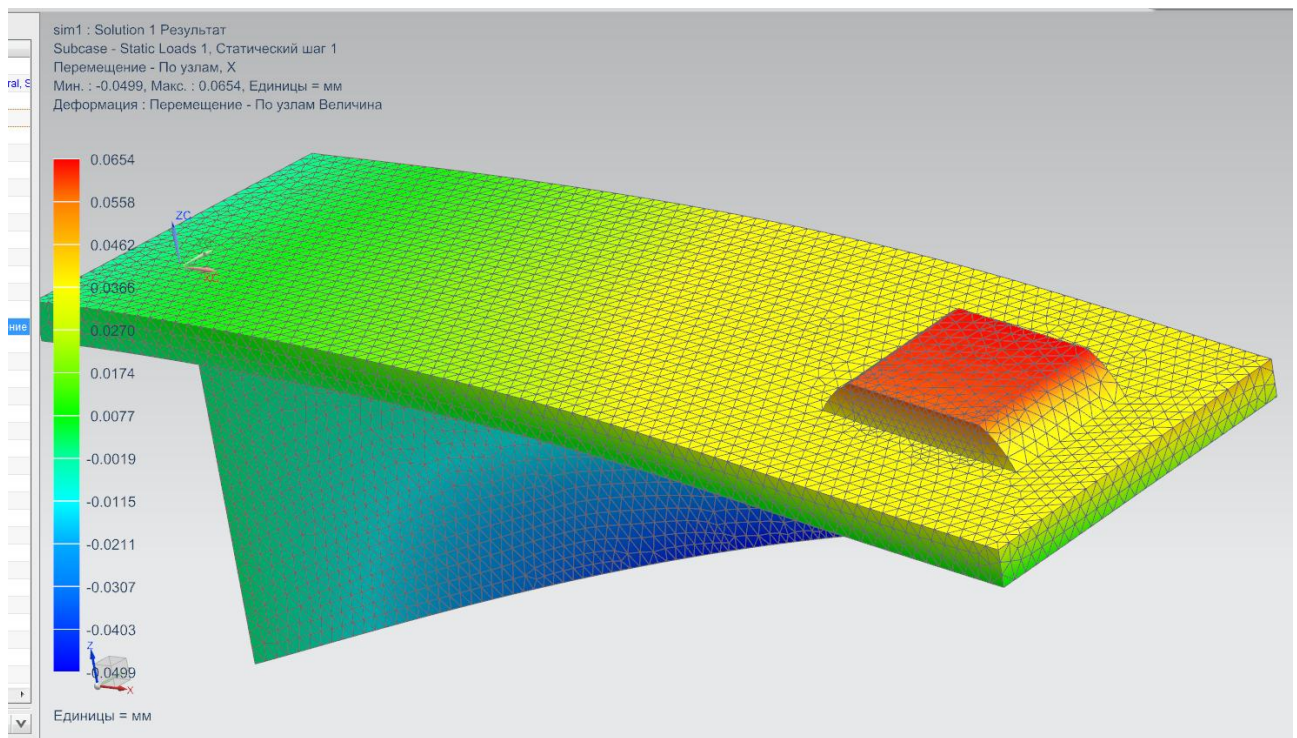


Рисунок 3.5 – Деформации кронштейна

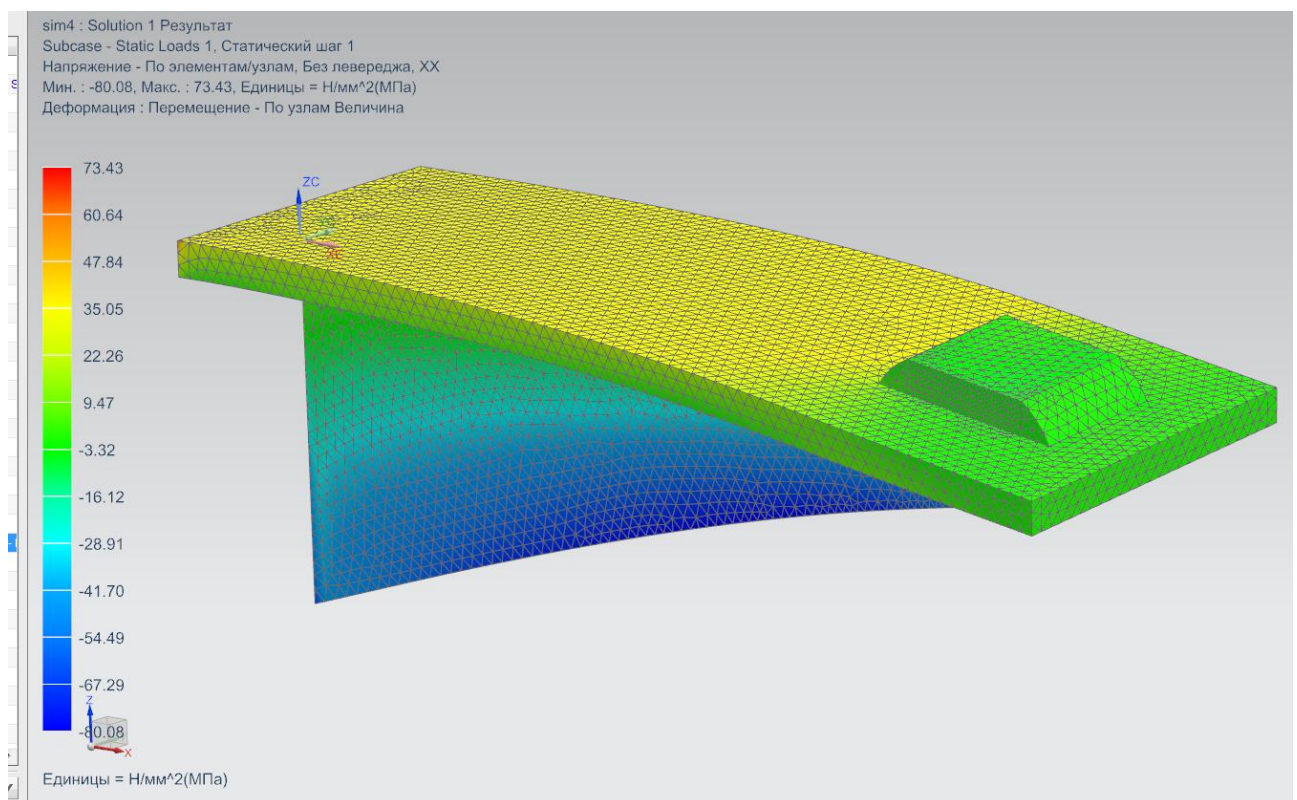


Рисунок 3.6 – Распределение напряжений

## 4 Безопасность и экологичность проекта.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Разработка методики моделирования сварных соединений в САПР NX 9.0».

Работа над разработкой методики проходила в компьютерном зале кафедры.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта – компьютерного зала

№ п/п	Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
1	Работа над методикой	Сбор и анализ информации по теме.	Инженер, техник	Компьютер Интел коре 2, монитор самсунг, принтер	Бумага писчая, порошок для принтера

### 4.2 Риски, сопровождающие работу на компьютере.

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, работающих над учебным пособием могут вызвать нетрудоспособность работника. В таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
Сбор и анализ информации по теме.	Высокий уровень шума от вычислительной техники; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; повышенное напряжение глаз.	Компьютер Интел коре 2, монитор самсунг, принтер

### **4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков**

Уже внедренные на производственном участке и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 4.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 4.3 – Мероприятия и средства уменьшения негативного действия профессиональных рисков.

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Высокий уровень шума от вычислительной техники		беруши
повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
Повышенное напряжение глаз	Паузы при работе	Гимнастика для глаз

### **4.4. Мероприятия по пожарной безопасности компьютерного зала.**

В таблице 4.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении в компьютерном зале.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Компьютерный зал	Компьютер Интел коре 2, монитор самсунг, принтер	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в кабинете зав. кафедрой, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Компьютерная обработка информации	обучение преподавателей и УВП ТГУ правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности,	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

#### 4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие объекта, технологического процесса (здания по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортного средства	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение
Компьютерная обработка информации	Поиск информации, анализ информации	-	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от бумаги и порошка для принтера, бумажная, полиэтиленовая; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Важным является соблюдение культуры производства, исключение утечек провяителя и закрепителя, которые попадая в канализацию попадают во внешние водоемы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка восстановления емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснять производственному персоналу правила сбора твердых отходов

#### 4.6 Заключение по разделу

Разработка методики работы с модулем мастер сварки проходит с использованием вычислительной техники. Работа при обработке информации с использованием вычислительной техники сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на сотрудников.

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые в ТГУ средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации разработанного при выполнении бакалаврской работы компьютерная обработка информации.

Установлено, что дополнительных мероприятий и средств для защиты от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс механизированной сварки, не нужно. .

## 5 Экономическая эффективность проекта

Работы, осуществляемые в процессе разработки методики работы в модуле «Мастер сварки», считаются по методике расчетов научно-исследовательских работ (НИР), они разбиваются на определенные стадии и этапы и сводятся в таблицу 5.1.

### 5.1 Наименование стадий и содержание этапов разработки методики.

Таблица 5.1 Стадии разработки методики

№ стадии	Наименование Стадии НИР	№ этапа	Содержание этапов работы
1	2	3	4
1.	Ознакомление с существующими методиками работы над сварными соединениями в программных средах	1.1. 1.2. 1.3. 1.4.	Изучение электронных учебных пособий Анализ их достоинств и недостатков Ознакомление с применяемым для создания пособий программным обеспечением Ознакомление с особенностями материала в электронных пособиях Формулировка задач исследования.
2.	Подготовка к разработке методики	2.1. 2.2. 2.3. 2.4. 2.5.	Подбор учебного материала для первого раздела методики Подбор материала для второго раздела методики Подбор материала для третьего раздела методики Подбор материала для четвертого раздела методики Подбор материала для тестов

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4
4.	Оформление результатов по разработанной методике в виде учебного пособия	4.1. 4.2. 4.3.	Оформление и согласование инструкции по работе с пособием. Составление фактического графика работ и анализ причин его отклонения от плана. Расчет фактически произведенных предпроизводственных (текущих) затрат.

**5.2 Определение трудоемкости и длительности выполнения каждого этапа работ.**

Назначается длительность выполнения каждого этапа работы над методикой: оптимальная (наименьшая) трудоемкость  $T_{min}$  и пессимистическая (наибольшая) трудоемкость  $T_{max}$ .

Таблица 5.2 – Длительность этапов работ, оптимальная и пессимистическая

№ этапа	Трудоемкость (в днях)		№ этапа	Трудоемкость (в днях)		№ этапа	Трудоемкость (в днях)	
	$T_{min}$	$T_{max}$		$T_{min}$	$T_{max}$		$T_{min}$	$T_{max}$
1.1	2	3	2.2	4	7	3.3	1	1
1.2	4	7	2.3	1	2	4.1	3	5
1.3	2	3	2.4	1	1	4.2	1	2
1.4	1	1	2.5	1	1	4.3	1	2
1.5	1	1	3.1	10	15			
2.1	5	8	3.2	1	2			

Определяется ожидаемая трудоемкость выполнения каждого этапа разработки методики моделирования сварных швов (в днях):

$$T_{ож} = \frac{3T_{min} + 2T_{max}}{5}, \text{ дней} \quad (5.1)$$



где  $T_{\min}$  – оптимальная (наименьшая) трудоемкость;

$T_{\max}$  – пессимистическая (наибольшая) трудоемкость;

Результаты расчета Тож сводим в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Ожидаемое время

№ этапа	Тож (в днях)	№ этапа	Тож (в днях)	№ этапа	Тож (в днях)
1.1	2,5	2.2	6	3.3	1
1.2	5	2.3	1,5	4.1	4
1.3	2,5	2.4	1	4.2	1,5
1.4	1	2.5	1	4.3	1,5
1.5	1	3.1	12		
2.1	6	3.2	1,5		

Определяется длительность каждого этапа работ (в днях):

$$T_{\text{эт}} = \frac{T_{\text{ож}}}{\text{Ч}}, \text{ дней} \quad (5.2)$$

где Ч – численность исполнителей на данном этапе.

Назначаем количество исполнителей работы на каждом этапе.

Таблица 5.4 – Численность исполнителей по этапам работ (Ч)

№ этапа	Численность исполнителей			
	Инженер	Техник	Рабочий	Всего исполнителей
1	2	3	4	5
1.1.	1	1	–	2
1.2.	1	1	–	2
1.3.	1	1	–	2
1.4.	1	1	–	2
1.5.	1			1
2.1.	1	1	–	2
2.2.	–	1	–	1
2.3.	–	1	–	1
2.4.	1	–	–	1
2.5.	1	1		2

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5
3.1.	1	1	–	2
3.2.	1	1	–	2
3.3.	1	1	–	2
4.1.	1	1	–	2

4.2.	1	1	–	2
4.3.	1	1	–	2

Результаты расчета Тэт сводим в таблицу 5.5.

Таблица 5.5

№ эта па	Тэт (в днях)	№ эта па	Тэт (в днях)	№ эта па	Тэт (в днях)
1.1	1,5	2.2	5	3.3	1
1.2	3	2.3	1,5	4.1	2
1.3	1,5	2.4	1	4.2	1
1.4	1	2.5	1	4.3	1
1.5	1	3.1	6		
2.1	3	3.2	1		

Строим линейный график разработки методики, Таблица 5.6.

Суммарная длительность разработки методики:

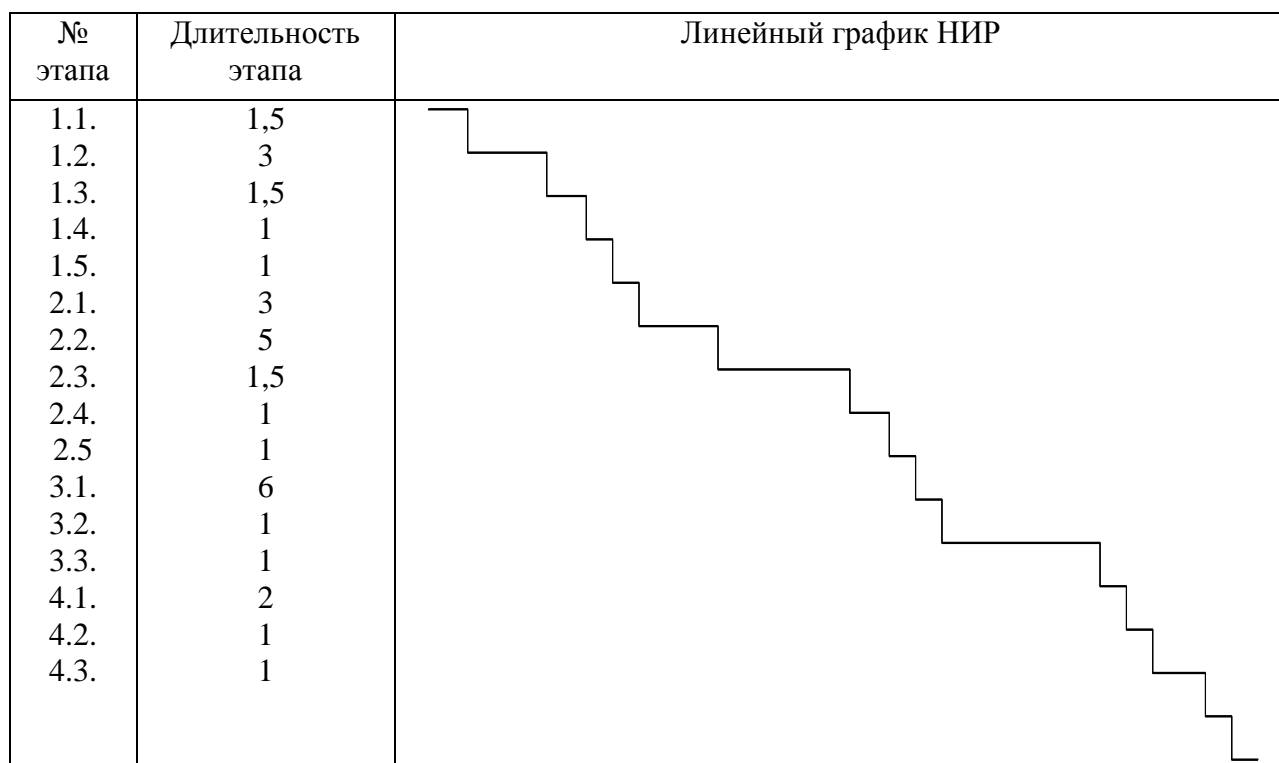
$$T_{\text{НИР}} = \sum T_{\text{ЭТ}} \text{ дней} \quad (5.3)$$

$$T_{\text{НИР}} = 31,5 \text{ дней}$$

Удельное значение каждого этапа рассчитывается по формуле:

$$U_{\text{д.эт.}} = \frac{T_{\text{ЭТ}}}{T_{\text{НИР}}} \cdot 100\% \quad (5.6)$$

Таблица 5.6 – Линейный график разработки методики



Результаты расчета Уд.эт. сводим в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Результаты расчетов

№ этапа	Уд.эт. , %	№ этапа	Уд.эт. , %	№ этапа	Уд.эт. , %
1.1	4,76	2.2	15,87	3.3	3,17
1.2	9,52	2.3	4,76	4.1	6,35
1.3	4,76	2.4	3,17	4.2	3,17
1.4	3,17	2.5	3,17	4.3	3,17
1.5	3,17	3.1	19,05		
2.1	9,52	3.2	3,17		

### 5. 3 Определение предпроизводственных (текущих), капитальных и приведенных (полных) затрат на разработку пособия.

Для научно-исследовательской организации предпроизводственные затраты являются текущими.

Расчет текущих затрат производим по следующей формуле:

$$K_{\text{ТЕК}} = \Phi\text{ОТ} + \text{О}_{\text{с.с.}} + \text{М} + \text{Э} + \text{А} + \text{Н}_{\text{р}} + \text{к} + \text{РП}_{\text{пр}} \quad (5.4)$$

$$K_{\text{ТЕК}} = 8534,61 + 3413,84 + 360 + 0 + 2,55 + 4694 + 0 + 426,7 = 17431,7 \text{ руб.}$$

где ФОТ – фонд оплаты труда:

$O_{\text{с.с.}}$  – отчисления на социальное страхование;

$M$  – стоимость основного и вспомогательного материала;

$\mathcal{E}$  – стоимость электроэнергии;

$A$  – затраты на амортизацию оборудования;

$H_p$  – общие накладные расходы;

$k$  – расходы на командировки специалистов;

$RP_{\text{пр}}$  – расходы прочие прямые, связанные со спецификой исследования.

$$\text{ФОТ} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 7758,74 + 775,87 = 8534,61 \text{ руб.}$$

Затраты на основную заработную плату вычисляем по формуле:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = \sum T_{\text{раб}} \cdot C_{\text{д}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot И \quad (5.6)$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн1}} = 25 \cdot 116,67 \cdot 1,4 = 4083,45 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн2}} = 31,5 \cdot 83,34 \cdot 1,4 = 3675,29 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = 4083,45 + 3675,29 = 7758,74 \text{ руб.}$$

где  $T_{\text{раб}}$  – суммарное время работы каждого участника НИР по всем этапам (в днях);

$C_{\text{д}}$  – средняя дневная ставка каждого участника НИР;

$K_{\text{пр}}$  – коэффициент премиальных доплат = 1,4;

$И$  – количество исполнителей на каждом этапе.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = 10\% \text{ от } \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = 775,87 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальное страхование вычисляем по формуле:

$$O_{\text{с.с.}} = 30\% \text{ ФОТ} = 3413,84 \text{ руб.}$$

Затраты на основной и вспомогательный материал:

$$M = M_{\text{осн}} + M_{\text{всп}}$$

$$M_{\text{осн}} = H_p \cdot \Pi_m \cdot U = 0,250 \cdot 20 \cdot 60 = 300 \text{ руб.}$$

где  $H_p$  – норма расхода основного металла на одно пособие;

$\Pi_m$  – оптовая цена 1 килограмма основного металла;

$U$  – количество пособий, напечатанных в процессе работы, шт.

Условно будем считать, что  $M_{всп} = 20\% M_{осн} = 60$  руб.

Затраты на амортизацию оборудования ( $A$ ) определяются по формуле:

$$A = \sum \Pi_{об} \cdot \frac{H_a \cdot T_{исп}}{\Phi_{об} \cdot 100} = 1000 \cdot \frac{18 \cdot 27}{1903 \cdot 100} = 2,55 \text{ руб.}$$

где  $H_a$  – средняя норма амортизации по применяемому технологическому оборудованию (18%);

$\sum \Pi_{об}$  – суммарная цена оборудования, необходимого для проведения механических испытаний;

$\Phi_{об}$  – режимный фонд работы применяемого технологического оборудования (1903 час);

$T_{исп}$  – время проведения испытаний (рассчитывается по длительности этапов).

Общие накладные расходы:  $H_p = 55\% \text{ ФОТ} = 4694$  руб.

Прочие прямые расходы:  $РП_{пр} = 5\% \text{ ФОТ} = 426,7$  руб.

Таблица 5.8 - Калькуляция себестоимости проведения НИР

Наименование затрат	Ус л. обозн.	Величина затрат (руб.)
Фонд оплаты труда	Ф ОТ	8534,61
Отчисления на социальные нужды	Ос с	3413,84
Стоимость расходуемых материалов, бумага	М	360
А – затраты на амортизацию оборудования (компьютеров)	А	2,55
$H_p$ – общие накладные расходы	$H_p$	4694
$РП_{пр}$ – расходы прочие прямые, связаны со спецификой исследования.	РП пр	428,7

Итого:		17431,7

#### 5.4 Капитальные затраты на создание учебного пособия.

Капитальные затраты рассчитываются по формуле:

$$K_{\text{кап}} = \sum C_{\text{пр. об}} + C_{\text{изг. об}} + P_{\text{тм}}$$

Т. к. оборудование для НИР не закупается ( $C_{\text{пр. об}} = 0$ ), то затраты на транспортировку и монтаж оборудования  $P_{\text{тм}} = 0$ . Тогда  $K_{\text{кап}} = C_{\text{изг. об}} = 700$  руб.

где  $C_{\text{пр. об}}$  – цена приобретенного оборудования;

$C_{\text{изг. об}}$  – цена изготовленного оборудования;

$P_{\text{тм}}$  – затраты на транспортировку и монтаж оборудования.

В качестве расходных элементов примем кронштейн, трехмерную модель которого исследовали методами САЕ, и, затем собрали кронштейн в металле для определения соответствия результатов расчетов реальным параметрам.

Таблица 5.9 - Стоимость расходных элементов

Наименование деталей изготавливаемого оборудования	Цена деталей (руб.)
Основание	≈ 400
Подпятник	≈ 100
Ребро	≈ 100

#### 5.5 Определение приведенных, т. е. общих затрат на проведение НИР.

$$K_{\text{прив.}} = K_{\text{тек.}} + K_{\text{кап.}} = 17431,7 + 700 = 18131,7 \text{ руб.}$$

## **5.6 Выводы.**

Проведен расчет затрат на НИР, которые составили 18131,7 рублей.  
Составлен линейный график проведения исследований. Время разработки сценария электронного учебного пособия составило 31,5 дней.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе обучения на бакалавра по профилю «оборудование и технология сварочного производства» в дисциплине САПР в сварке изучается программная среда NX. Ее отличительной особенностью является то, что там есть модуль Мастер сварки (Weld Assistant). В нем сварные изделия могут быть представлены как сборками, так и деталями. Это открывает дополнительные возможности перед проектировщиками, однако требует разработки методических рекомендаций, обеспечивающих освоение модуля Мастер сварки (Weld Assistant), в том числе и при подготовке бакалавров направления Машиностроение по профилю Оборудование и технология сварочного производства.

В рамках выполнения бакалаврской работы изучен модуль сварки и разработано учебное пособие.

Учитывая, что работа над созданием электронного учебного пособия проходит на персональной электронно-вычислительной машине, проанализированные имеющие место здесь опасные и вредные факторы, разработаны мероприятия по их устранению.

Общие затраты на создание учебного пособия составили 18100 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воройский, Ф. С. Информатика : новый систематизированный толковый слов.-справочник : вводный курс по информатике и вычислит. технике в терминах / Ф. С. Воройский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Либерия, 2001. - 535 с.
2. Могилев, А. В. Информатика : учеб. пособие для студентов пед. вузов / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер ; под ред. Е. К. Хеннера. - 2-е изд., стер. - Москва : Академия, 2001. - 810 с.
3. Макарова Н. В. Информатика : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки бакалавров "Системный анализ и управление" и "Экономика и управление" / Н. В. Макарова, В. Б. Волков. - Гриф УМО. - Санкт-Петербург : Питер, 2015. - 576 с.
4. Куркин, С.А. Компьютерное проектирование и подготовка производства сварных конструкций: Учеб. пособие для вузов / С.А. Куркин, В.М. Ховов, Ю.Н. Аксенов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 464 с.
5. Ляхович, В.Ф. Основы информатики / В.Ф. Ляхович. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2000. – 608 с.
6. Бабаева Ю.Д., Войскунский А. Е. Психологические последствия информатизации // Психологический журнал. - 1998. - № 1.
7. Бабошин А.Е. Методические указания по составлению тестового материала для проведения компьютерного тестирования / А.Е. Бабошин. - Тольятти: ТГУ, 2004. — 34с.
8. Шебеко, Л. П. Экономика, организация и планирование сварочного производства : учебник для техникумов / Л. П. Шебеко, А. Д. Гитлевич. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 261, [2] с. :
9. Грачева, Э. К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства : [учеб. пособие для вузов] / К. А. Грачева. - Москва : Машиностроение, 1984. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 364. -

10. Брейтман, М. М. Экономика, организация и планирование сварочного производства : [учеб. пособие для машиностроит. техникумов] / М. М. Брейтман, Л. П. Шебеко. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1970. - 256 с. :
11. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
12. Прыкин, Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
13. Острейковский, В.А. Информатика: Учебник для вузов / В.А. Острейковский. - М: Высшая школа, 2000. –511 с.
14. Бабаева, Ю.Д. Психологические последствия информатизации / Ю.Д. Бабаева // Психологический журнал. - 1998. - № 1.
15. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
16. Фридланд А. Я. Информатика и компьютерные технологии : основные термины : толковый словарь : более 1000 базовых понятий и терминов / А. Я. Фридланд, Л. С. Ханамирова, И. А. Фридланд. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Москва : Астрель : АСТ, 2003. - 271 с.
17. Пейсахов, А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
18. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
19. Пупков, К.А. Комплексование робастного, нейронечеткого и адаптивного управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности // Интеллектуальные системы: Тр. IX Межд. симп. / Под. ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2010. С. 9—17.

20. Гладков, Э.А. Интеллектуальная система мониторинга технологического процесса сварки кольцевых труб большого диаметра / Э.А. Гладков, А.И. Гаврилов, Р.А. Перковский, А.А. Коновод // Интеллектуальные системы: Тр. IX Межд. симп. / Под. ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2010. С. 641—645.
21. Гладков, Э.А. Автоматизированный комплекс для многослойной сварки кольцевых стыков труб магистральных трубопроводов со средствами адаптации и прогнозирования качества сварки / Э.А. Гладков, Р.А. Перковский, А.И. Гаврилов и др. // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 4. С. 77—92.
22. Зорин, Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением: учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.
23. Золотоносков Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки: учеб. пособие / Я. Д. Золотоносков, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
24. Баженов, Р. И. Интеллектуальные информационные технологии в управлении: учеб. пособие / Р. И. Баженов. - Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. - 117 с.
25. Акулов, О. А. Информатика : базовый курс : учеб. для вузов / О. А. Акулов, Н. В. Медведев. - Гриф УМО. - Москва : Омега-Л, 2004. - 551 с.
26. Сурина, Н. В. САПР технологических процессов: учеб. пособие / Н. В. Сурина. - Москва : МИСИС, 2016. - 104 с.
27. Головицына, М. В. Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов: [курс лекций] / М. В. Головицына. - 2-е изд., испр. - Москва : ИНТУИТ, 2016. - 250 с.
28. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.

29. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций: учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта для студентов спец. 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2008. – 77 с.
30. Акулович, Л. М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении: учеб. пособие / Л. М. Акулович, В. К. Шелег. Москва : ИНФРА-М, 2016. - 488 с.
31. Рыжиков Ю. И. Информатика : лекции и практикум : учеб. пособие для высш. и сред. учеб. заведений / Ю. И. Рыжиков. - Санкт-Петербург : Корона принт, 2000. - 255 с.