

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

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки)

Технология автоматизированного машиностроения  
(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Разработка штампа обрезки детали «балка крыши передняя» с использованием  
программного обеспечения «Siemens NX» по стандарту Renault-Nissan

Обучающаяся

В. И. Полякова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., доцент, Д.А. Расторгуев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Содержание

Введение.....	3
1 Изучение и систематизирование данных о видах холодной штамповки и необходимом оборудовании.....	5
1.1 Общие понятия о видах холодной штамповки.....	5
1.2 Виды оборудования на операциях холодной листовой штамповки..	7
1.3 Альтернативные методы холодной листовой штамповки.....	13
2 Штампы. Классификация и кинематика.....	15
2.1 Классификация штампов.....	15
2.2 Составляющие части штампов.....	23
3 Проектирование 3D-модели штампа обрезки при помощи программного обеспечения SIEMENS «NX».....	29
3.1 Кинематика и инструменты «NX».....	29
3.2 Проектирование штампа обрезки в «NX».....	30
3.2.1 Проектирование основных частей штампа.....	30
3.2.2 Проектирование плит.....	49
3.2.3 Добавление стандартных элементов.....	54
4 Проведение эксперимента для оценки прочности детали в программной среде «ANSYS».....	65
4.1 Анализ продуктов и возможностей среды «ANSYS».....	65
4.2 Выполнение оценки прочности детали с помощью статического анализа.....	67
Заключение.....	72
Список источников.....	73
Приложение А Сертификат.....	77

## Введение

Актуальность работы. В настоящее время процесс штамповки – это один из наиболее передовых процессов в машиностроении, который позволяет получить не только заготовку, но и уже готовую деталь. Штамповка так же является не только экономически выгодным процессом, но ещё и таким процессом, где трудозатраты можно свести к минимуму (например, используя автоматические линии). Поэтому, направление, в котором штамповка (в частности холодная листовая штамповка) получила наибольшее применение и развитие – это автомобильная отрасль машиностроения. В современном мире выпуск автомобилей поставлен на поток, а модельный ряд поражает не только разнообразием, но и плавностью форм. В этих реалиях наибольшую значимость приобретает метод холодной листовой штамповки, который позволяет, в среднем, за 3-5 переходов получить готовую деталь любых размеров и конфигурации. Оснастка, применяемая на операциях холодной листовой штамповки, называется штампами. Для изготовления одной полноценной детали обычно используется поток, состоящий из 3-5 уникальных штампов. Стоит отметить, что в условиях повышения качества, но уменьшение экономических затрат на изготовление и ремонт оснастки, каждый штамп стараются проектировать таким образом, чтобы он выполнял сразу несколько технологических операций, например, обрезку и пробивку отверстий. Для проектирования штампов используются программы области так называемых «тяжёлых» САПР. Наиболее подходящими считают такие программы как «NX» и «CATIA». Огромную популярность имеет в основном программный продукт компании Siemens – «NX», в основном из-за более современного интерфейса и большого количества специальных инструментов. Каждый штамп представляет собой уникальную сборку, предназначенную исключительно для выполнения одного определённого технологического перехода получения детали. Каждая 3D-модель сборки штампа проектируется и

оформляется согласно нормам и стандартам завода-изготовителя. В данной работе были использованы нормы и стандарты не только внутрипроизводственные, но стандарты альянса «Renault-Nissan». После проектирования и оформления каждый штамп проходит проверку на соответствие указанным нормам.

Цель работы. Разработка сборочной модели штампа, предназначенного для обрезки детали «балка крыши передняя» в программной среде «Siemens NX» при использовании стандартов «Renault-Nissan».

Объект исследования. штамп обрезки

Предмет исследования: алгоритм проектирования штампа обрезки в программной среде «Siemens NX» при использовании стандартов «Renault-Nissan».

Методы исследования включают в себя как аналитический метод описания процесса проектирования, так и само 3D проектирование. Дополнительно включён экспериментальный метод – проверка рабочих частей штампа в программе ANSYS.

Практическая новизна данной работы состоит в том, что в процессе её написания был изложен один из возможных алгоритмов проектирования штампов, а так же спроектирован уникальный штамп для потока изготовления детали «балка крыши передняя», который будет использован в производстве.

Объём и содержание работы. Данная диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Объём данной работы составляет 77 листов. Список использованных источников включает в себя 30 позиций, включая 9 позиций – иностранные источники. В диссертацию включены рисунки общим объёмом – 51 штука.

По теме диссертации написана и опубликована статья, сертификат, подтверждающий публикацию, представлен в приложении А.

# **1 Изучение и систематизирование данных о видах холодной штамповки и необходимом оборудовании**

## **1.1 Общие понятия о видах холодной штамповки**

Холодная штамповка – один из способов получения заготовок и готовых деталей в машиностроении. Холодная штамповка, хотя имеет ряд технологических сложностей, считается наиболее экономически выгодной в металлообрабатывающей отрасли, а так же имеет ряд преимуществ. Так, например, при помощи холодной штамповки становится возможным получение не только заготовок, но и готовых деталей, имеющих различные формы и размеры. Так же получают детали любой толщины, массы, а прочность этих деталей будет на высоком уровне. Не малое значение имеет и оборудование, применяемое на операциях холодной штамповки – так, используя автоматическую прессовую линию, можно повысить процесс производства и уменьшить человеческие трудозатраты. Эти факторы становятся решающими для применения холодной штамповки на крупносерийном и массовом производстве.

В общем, всю холодную штамповку можно разделить на две группы: объёмную холодную штамповку и листовую штамповку. Это классическое теоретическое разделение, в котором к операциям объёмной штамповки относят такие операции как, например, гибка или калибровка, или чеканка. В условиях же производства данные операции встроены в поток технологических переходов. Поэтому далее будет рассматриваться в целом холодная листовая штамповка [13].

Холодная листовая штамповка подразумевает проведение нескольких видов операций для получения готовой детали. Все эти операции можно разделить на две большие группы: разделительные и формообразующие. В ходе написания данной магистерской диссертации, наибольшее внимание

уделяется самым применяемым операциям. Другой вид классификации операций для холодной штамповки приведён в таблице 1.

Разделительные операции подразумевают, что в процессе их выполнения будет нарушена целостность листа материала. Такими операциями являются резка, вырубка и пробивка. Операция резки чаще всего применяется для так называемого раскроя детали, но с её помощью можно так же получить готовое изделие. Процесс резки может происходить как по прямой, так и по кривой линии, с использованием различных инструментов, таких как, например, гильотинные ножницы. Вырубка подразумевает получение замкнутого контура в детали. Внутри контура так же может быть вырублена часть металла. Пробивка – это операция получения в заготовке или детали отверстий различной формы.

Вторая группа операций холодной штамповки – это формоизменяющие операции. В ходе их выполнения пространственная форма листа заготовки изменяется, но не нарушается его целостность. В данную группу входят несколько видов операций. Первый вид – вытяжка, операция, на которой заготовке из плоского листа придаётся какая-либо изогнутая форма вдоль продольной оси [23]. Основными формами, получаемыми на этой операции, считаются V-образная и U-образная, однако можно встретить и более сложные формы. Операция вытяжки представляет собой объёмную штамповку, в ходе которой из плоского листа заготовки получается полая пространственная форма. Именно при помощи этой операции можно получить заготовку или деталь цилиндрической, конической и полусферической формы. Операция отбортовки вводится в том случае, если по контуру листа или, например, вокруг отверстий необходимо получить буртик. В противоположность отбортовке существует операция обжима, когда материал заготовки обжимают в конической матрице для уменьшения размеров концевой части. Эту операцию применяют либо на концах труб, либо на краях полостей. И, наконец, операция формовки, с помощью которой

изменяют форму отдельных элементов детали, сохраняя при этом конфигурацию линий наружного контура.

Отмечается так же немаловажный факт, что в процессе составления технологии технолог может комбинировать различные операции [6].

Таблица 1 – альтернативная классификация операций холодной листовой штамповки

Разделочные операции	Комбинированные операции	Операции изменяющие форму
Отрезка	Гибка	Растяжка
Вырубка	Заливка	Рельефная формовка
Пробивка	Скручивание	Отбортовка отверстий
Надрезка	Вытяжка	Отбортовка контура
Зачистка	Протяжка	Обжатие
Просечка	Обтяжка	Исправление
-	Закачивание	Выдавливание

Кроме представленных выше операций, в процессе холодной штамповки могут применяться такие операции, как заготовительные, давяльно-накатные, вспомогательные, термические, отделочные.

При выполнении холодной штамповки используется специальная оснастка – штампы, и специальное оборудование для штампов – прессы.

## **1.2 Виды оборудования на операциях холодной листовой штамповки**

При выпуске деталей и заготовок используется специальное оборудование – автоматы и прессы. Ручные прессы могут ставить в линию, с ленточным транспортёром между ними. При данном методе активно используется ручной труд, такой метод не только трудоёмкий, но и травмоопасный. Гораздо более экономически эффективным методом

считается штамповка на автоматических линиях. Пресса стоят в закрытом пространстве, а перемещение заготовок в линии обеспечивается роботизированными приспособлениями [19].

Все пресса можно классифицировать по типу на следующие группы:

- Кривошипно-шатунные;
- Гидравлические;
- Радиально-ковочные;
- Электромагнитные.

Первая группа включает в себя пресса с кривошипно-шатунным приводом, пример представлен на рисунке 1. Они также делятся на две группы: механические и автоматические.

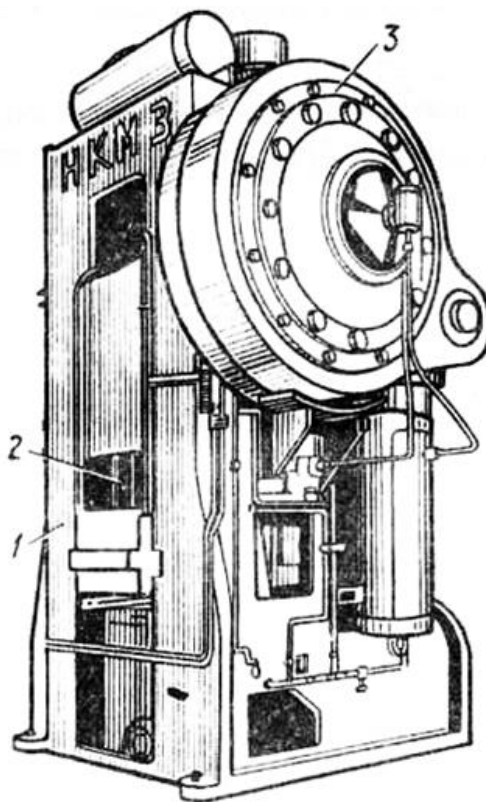


Рисунок 1 – Кривошипно-шатунный пресс

Принцип работы данного пресса состоит в выполнении движений возвратно-поступательного характера, а основным элементов является



ползун с помощью которого выполняются такие операции как вырубка, обрезание, продавливание, пробивка и другие. Движения выполняются ползуном за счёт преобразования поступательных движений во вращательные. Благодаря этим движениям ползуна приходит в движение штамп. Верхняя часть штампа является подвижной и часто носит название «пуансон» или просто рабочие части верха. Они закрепляются на ползуне. Нижняя часть штампа неподвижна и закрепляется на столе. Обычно она называется «матрица» или просто части низа.

Кривошипно-шатунные пресса так же можно разделить на группы, так как они могут быть использованы для объёмной штамповки и штамповки листового железа.

Так как данная магистерская работа сосредоточена на проектирование штампа для холодной листовой штамповки, далее будет рассматриваться только вторая группа. Таким образом, кривошипно-шатунные пресса для листового железа делятся на следующие подгруппы:

- Пресса простого действия. Они оснащены одним ползуном и выполняют простые операции, такие как вырубка или гибка;
- Пресса двойного действия, которые оснащены уже двумя ползунами. На таких прессах уже можно выполнять сложные работы, например гнуть материал одновременно с его вытягиванием;
- Пресса тройного действия. Имеют три ползуна и могут выполнять самые сложные работы.

Что касается материалов для изготовления кривошипно-шатунных механизмов, то здесь всегда используется закалённая сталь наивысшего качества, а рабочие поверхности подвергаются дополнительной закалке и роликовой накатке.

Вторая группа – это гидравлические пресса. Данные пресса используются, в основном, в мелкосерийном производстве. Такие пресса представляют собой достаточно простое устройство, которое в основном используется для очень сильного сжатия материала. Поэтому гидравлические

пресса используют там, где нужно провести деформацию деталей. Пресса хорошо переносят большие нагрузки и в них доступна регулировка усилия и скорости движения ползуна. Пример данного пресса показан ниже (рисунок 2).



Рисунок 2 – Гидравлический пресс

Гидравлический пресс состоит из двух цилиндров разного размера, которые сообщаются между собой. Ёмкость заполнена жидкостью. В процессе работы давление передаётся по всей поверхности и направлению через жидкость, которая служит объектом, передающим усилие. Цилиндры, в свою очередь, осуществляют это усилие. В качестве жидкости может быть использована как вода, так и другая специальная маслянистая жидкость. И конечно же, пресс состоит не только из цилиндров и жидкости. Так в состав пресса входят баки, в которых находится жидкость; насосы, через которые жидкость непрерывно подаётся в цилиндры. Все элементы гидравлического

пресса соединены между собой при помощи специального трубопровода. Вся установка гидравлического пресса работает от электрического привода.

В настоящее время гидравлические пресса получают всё большее и большее распространение. Принята основная классификация этих прессов, которая включает в себя:

- Прессы для штамповки иковки материала;
- Прессы для выдавливания материала;
- Прессы для листовой штамповки;
- Прессы для выполнения сборочных работ;
- Прессы, которые выполняют работу по обработке металлических отходов.

Так же отмечается, что для выполнения работ на гидравлическом оборудовании не требуется ручной труд.

Далее будет рассматриваться группа так называемых радиально-ковочных прессов, пример которых приведён на рисунке 3. Такие пресса используют для горячей штамповки обычно в открытых штампах. В результате такой штамповки получаются заготовки круглой и квадратной формы, многоступенчатые валы, шпиндели и прочее. Радиально-ковочные пресса используют в массовом производстве. Только при таком типе производства использование этих машин оправдано, так как такие агрегаты имеют высокую стоимость, а также весьма сложны в настройке.



Рисунок 3 – Радиально-ковочный пресс

Так как данная группа агрегатов не используется при холодной листовой штамповке, здесь она представлена только в качестве ознакомления.

Последняя группа прессов – это электромагнитные прессы. Это новый тип оборудования, который ещё не получил особенно широкого применения. Суть работы электромагнитного прессы заключается в следующем: давление на заготовку происходит за счёт массы электромагнитного сердечника, который направляется к пуансону электромагнитным импульсом. Импульс противоположной полярности возвращает сердечник в исходное положение. Такой привод достаточно прост в изготовлении, а также обслуживании, в отличие от гидравлического. Но, тем не менее, ему не хватает мощности. Пример устройства данного типа прессы приведён ниже (рисунок 4).



Рисунок 4 – Электромагнитный пресс

Как уже было описано выше, прессы ставят на автоматические линии. Конечно, ручная штамповка всё ещё занимает значительную долю в производстве, но автоматизированные линии значительно повышают производительность. Обычно автоматические линии состоят из 4-7 прессов. Все они поставлены в один ряд и ограждены так, чтобы во время штамповки внутрь, к прессам, не было доступа человека. Лента заготовки подаётся на первый штамп. При этом подачу заготовки может контролировать человек. После лента заходит в штамп и начинается автоматический процесс штамповки. Между штампами заготовка перемещается при помощи роботоманипуляторов. Отходы сыпаются на склизы и лотки и выводятся из зоны штамповки. На выходе готовую деталь принимают рабочие, в зависимости от размеров отштампованной детали рабочих может быть два.

### **1.3 Альтернативные методы холодной листовой штамповки**

Развитие технологий не стоит на месте, поэтому помимо описанных выше четырёх групп оборудования для холодной листовой штамповки

существует ещё несколько инновационных методов. Далее приведена краткая информация о работе данных методов.

Обработка жидкостью. Деформация металла происходит вследствие высокого давления и жидкости. В итоге металл принимает форму матрицы. Этот способ подходит для получения полых продолговатых деталей.

Штамповка взрывом. Для изменения формы металла используются взрывчатые газы, такие как гексоген или метан. Из-за взрыва создаётся высокое давление, а из-за этого заготовка принимает форму заранее подготовленного штампа. Давление, создаваемое такими газами, позволяет производить детали большого размера и сложной геометрической формы. Основные плюсы такой обработки – это отпад в необходимости покупки дорогостоящего оборудования, а также снижение затрат на заготовку обработок – они будут минимальными.

Обработка резиной. Данной способ применяется очень редко. Он подходит только для обработки очень тонкого листа металла.

Электрогидравлическая обработка. Суть метода заключается в том, что электрический заряд большого напряжения становится энергоносителем. Он проходит по жидкости вызывая ударную волну. Под действием давления изменяется форма заготовки. Высокая точность и малые затраты энергии являются основными преимуществами этого метода.

Современные технологии развиваются стремительными темпами и каждый год появляются новые прогрессивные методы обработки. Однако в крупносерийном и массовом производстве ведущую позицию всё ещё занимают классические методы холодной листовой штамповки – использование потока штампов на автоматической линии – наиболее популярный и технологичный метод среди всех представленных.

## **2 Штампы. Классификация и кинематика**

После того как было рассмотрено оборудование для штамповки, рассматривают технологическую оснастку для штамповки. Технологической оснасткой являются специальные устройства – штампы.

### **2.1 Классификация штампов**

Все штампы можно условно разделить на три большие группы, которые, в свою очередь, будут делиться на мелкие группы. Далее будут подробно рассмотрены большие группы, а ниже приведены три основных признака, по которым происходило это разделение:

- Технологический;
- Конструктивный;
- Эксплуатационный.

Данные признаки будут рассмотрены в полном объеме. Группа технологических признаков делится на следующие группы:

- Характер операции;
- Принцип действия;
- Количество штампуемых деталей;
- Сложность конструктивного исполнения;
- Универсальность.

Теперь будет рассмотрена первая группа технологических признаков – характер операции. Она подразделяется на следующие подгруппы:

- Разделительные операции;
- Формообразующие операции;
- Сборочные операции.

Так как магистерская диссертация сосредоточена на проектировании штампа обрезки, который входит в группу разделительных операций, подробно будет рассмотрена первая группа. Вторая группа так же будет

рассмотрена, так как формообразующие операции составляют важную часть технологии штамповки.

Итак, группа разделительных операций включает в себя следующие операции и штампы для их выполнения:

- Операция отрезки – полного отделения части материала по незамкнутому контуру в результате сдвига; отрезной штамп;
- Операция отрубки – это полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру путём внедрения в материал деформирующего инструмента. Штамп, используемый на этой операции, называется отрубным;
- Операция разрезки осуществляется путём разделения заготовки на части по незамкнутому контуру в результате сдвига. На данной операции применяется штамп разрезной;
- Операция вырубки. Её сущность состоит в следующем: происходит полное отделение заготовки или детали от листа заготовки по замкнутому контуру в результате сдвига. Для этой операции используется вырубной штамп;
- Операция пробивки. На этой операции в заготовке происходит образование сквозных отверстий или пазов в результате сдвига. Весь отход удаляется из зоны пробивки. Штамп, который применяется для этих действий, называется пробивным;
- Операция проколки. Её сущность состоит в том же в чём и операция пробивки с одним отличием – материал не удаляется в отход. На операции используют проколочные штампы;
- Операция обрезки. В ходе этой операции, в результате сдвига, с заготовки удаляются припуски, напуски, облой и заусенцы. Для исполнения применяется штамп обрезки. Именно такого типа штамп предполагается конструировать в выпускной работе;



– На операции надрезки происходит неполное отделение части заготовки по незамкнутому контуру в результате сдвига. Операция производится на надрезном штампе;

– Операция зачистки. Здесь происходит удаление припусков или остатков облоя снятием стружки. Это делается для повышения точности детали и повышения её шероховатости обработанных поверхностей. Операция осуществляется на зачистном штампе.

Теперь, после того как была изучена первая группа, переходят к рассмотрению второй группы штампы для формообразующих операций.

– Операция гибки. На данной операции происходит образование или изменение углов между частями заготовки или придание ей заданной криволинейной формы. Штамп, который используется на этой операции называется гибочным;

– Операция скручивания. Скручивание – это поворот части заготовки вокруг продольной оси. Скручивание проводят на специальном скручивающем штампе;

– Операция закатка – это образование закруглённых бортов на краях плоской или полый заготовки из листового материала. Штамп, который выполняет данную операцию называется закатным штампом;

– Операции завивки и навивки. Эти операции применяются для заготовок из проволоки. Завивкой образуют закругления на концах заготовки, а навивкой – заготовке придают форму спирали. Штампы, которые совершают эти операции называются завивочными и навивочными соответственно;

– Операция вытяжки. При помощи этой операции получают полую заготовку или деталь из плоской или предварительно отштампованной листовой заготовки. Штамп, на котором проводится данная операция, называется вытяжным. Так же на вытяжном штампе можно проводить операцию вытяжки с заданным уплотнением стенок;

- Операция отбортовки проводится на при помощи отбортовочного штампа. В ходе операции образовывается борт по внутреннему или наружному контуру листовой заготовки;
- Операция раздача. На данной операции происходит увеличение периметра поперечного сечения полой заготовки на раздаточном штампе;
- Операция обжима. Данная операция по своему действию противоположна операции раздачи. Во время проведения обжима периметр поперечного сечения полой заготовки уменьшается. Операцию проводят на обжимном штампе;
- Операция рельефной формовки – это операция, на которой образуется заданный рельеф в листовой заготовке с её местным деформированием. Штамп для данной операции – рельефно-штамповочный;
- Рельефная чеканка. Сущность операции состоит в образовании рельефных изображений на деформируемом материале при помощи местного изменения толщины заготовки. Операция происходит на рельефно-чеканочном или просто чеканочном штампах;
- На операции керновки происходит нанесение точечных углублений поверхности заготовки. Операцию проводят на керновочном штампе;
- В штампе выдавливания происходит одноимённая операция. Заготовка образовывается путём пластического течения материала в полости штампа;
- Объёмная штамповка происходит в штампе для объёмной штамповки. На операции происходит придание заготовке заданной формы и размеров путём заполнения материалом рабочей полости штампа;
- Операция правка. При помощи этой операции происходит устранение искажения формы отштампованной заготовки в результате

пластического деформирования. Это происходит на правочном штампе;

– Операция калибровки. Эта операция требуется для повышения точности формы и размеров детали, а также для повышения класса шероховатости поверхности. Всё это происходит в результате дополнительного пластического деформирования на калибровочном штампе;

– Операция высадки – это операция, в ходе которой получается осадка части заготовки, например для создания местного утолщения. Операцию производят на высадочном штампе.

В ходе работы было изучено большое количество штампов, классифицируемых по характеру операции. Однако, в условиях современного мира, когда технический процесс не стоит на месте, а одним из важнейших условий модификации производства является уменьшение экономических затрат и трудоёмкости, многие операции стараются комбинировать в одном штампе. Это делается для уменьшения потока штампов на линии, уменьшения затрат на проектирование, изготовление и сборку штампа. На сегодняшний день наиболее часто применяемые операции в штамповке для автомобилестроения – это правка, вытяжка, гибка, отрезка, вырубка и пробивка. Все они комбинируются в разные сочетания в одном штампе, как уже говорилось выше, это требуется, в основном, для уменьшения экономических затрат.

Далее перейдёт к рассмотрению классификации по второй группе – принцип действия штампов. Тут всё довольно просто – по принципу действия штампы подразделяются на простые – однопереходные, и комбинированные – многопереходные.

В простых штампах за один ход ползуна осуществляется одна операция, например, гибка. Эти штампы имеют простую конструкцию, что влияет на их стоимость – они значительно дешевле многопереходных. Однако их зона использования – серийное и мелкосерийное производство.

Тем не менее, если в массовой штамповке используются многопозиционные пресс-автоматы, то на них довольно часто используют простые штампы, отдельные для каждой позиции.

Комбинированные штампы делятся на две группы – совмещённого действия и последовательного действия. Принцип работы штампов совмещённого действия заключается в том, что вся серия переходов штамповки осуществляется при одинаковом положении штампа. В штампах последовательного действия происходит следующее: штамп будет менять своё положение при каждом переходе, а стальная лента или заготовка будет двигаться из предыдущего положения в последующее при каждом ходе ползуна прессы. Несмотря на разделение на две группы, что является скорее условным, комбинированные штампы могут быть и последовательно совмещённого действия, выполняющие функции, которые касаются обеих этих групп.

Третья группа общей классификации – это количество штампуемых деталей. Тут тоже всё довольно просто: в крупносерийном и массовом производстве штамповка начинается от 100 тыс. штук и выше; в среднесерийном – до 5000 штук; в мелкосерийном до 1000 штук; и в опытном производстве – до 10 штук.

Далее будет рассмотрена четвёртая группа – сложность конструктивного исполнения или просто конструктивные признаки. В четвёртой группе деление штампов происходит следующим образом: штампы могут быть с так называемыми направляющими устройствами, которые обеспечивают повышенную точность совмещения верхней и нижней частей штампа, так и без этих устройств. Обычно в качестве направляющих устройств могут выступать направляющие колонки, но также используются направляющие плиты и направляющие плунжера.

Отмечается, что есть штампы с открытым доступом в зону штамповки – к пуансонам и матрицам, а есть закрытые штампы, без этого доступа. И те,

и те могут быть оснащены направляющими устройствами. Огромный минус открытых штампов – это повышенная травмоопасность рабочего.

И последняя группа в классификации штампов – это универсальность применения. В этой группе различают штампы специальные и универсальные. К первой группе относятся штампы, предназначенные для изготовления деталей и заготовок одной и той же геометрической конфигурации. В универсальных штампах можно произвести замену некоторых деталей штампа, что позволит изготавливать различные детали на одном штампе.

Классификация штампов по технологическому признаку была рассмотрена выше, следующий признак, по которому можно провести классификацию штампов – конструктивный. По конструктивному признаку штампы разделяются на три группы:

- Степень стандартизации;
- Весовая характеристика;
- Частные признаки.

Ниже последовательно рассмотрены все три группы.

По степени стандартизации штампы делятся на две группы – унифицированные и оригинальные. Тут всё довольно просто: унифицированные штампы имеют в своём составе унифицированные детали или, чаще, так называемые пакеты деталей одинакового типоразмера. В унифицированных штампах заготовки всех деталей заложены таким образом, что после незначительной доработки их можно использовать в работе. Тут же максимально сокращается число типов, например высоты пуансонов. На примере пуансонов рассмотрим кратко суть унификации в штампах. Например, круглые пуансоны стандартизированы и поставляются окончательно обработанными. Однако во всех них есть либо центровое отверстие, либо наружный центр. Поэтому, если есть такая необходимость, наружный диаметр пуансона может быть доработан. Шифр заготовки

пуансона для доработки так же указывается в спецификации. Подобным образом происходит унификация деталей или пакетов деталей в штампах.

Что касается штампов оригинальной группы, то такие штампы имеют полностью оригинальный состав рабочих частей. Стандартизированными деталями в них может быть крепёж.

Следуя современным тенденциям, стоит понимать, что многие штампы сейчас будут относиться скорее к унифицированным, так как в их составе довольно много стандартизированных частей. Может сложиться такая ситуация, что оригинальными частями в штампе будут только секции верха, прижим и секции низа.

Теперь рассмотрим группу под названием «весовая характеристика». Штампы бывают крупные, средние и мелкие. Конечно, это скорее не столько чисто весовая характеристика, сколько комплексная – вес плюс размер, так как, очевидно, вес штампа может увеличиваться с его размерами, несмотря на все меры по снижению веса.

В группу частные признаки могут быть классифицированы все другие признаки, не рассмотренные ни в каком пункте выше.

Эксплуатационный признак, по которому можно классифицировать штампы по способу подачи заготовок – это может быть ручная подача и автоматическая подача при помощи специальных устройств, которые будут подавать ленту материала в зону штамповки. Штампы с ручной подачей различаются конструкцией упора или, чаще, фиксатора, которые применяются в их конструкции. А в штампах с автоматической подачей, подающие устройства могут подавать как ленту заготовки, так и штучную заготовку. По способу удаления детали можно различить следующие штампы:

- Штампы, где отход падает в специально предусмотренные для этого отверстия под отход;
- Штампы, где готовая деталь вставляется обратно в ленту и удаляется вместе с ней;

– Штампы, где деталь выталкивается изнутри на поверхность и удаляется вручную. Такое выталкивание чаще всего происходит при помощи специальных узлов, состоящих из отлипателей и пружин;

– Штампы, где удаление детали, вытолкнутой на поверхность, происходит автоматически.

Данные эксплуатационные признаки частично пересекаются с конструктивными признаками. Поэтому, первые две группы классификации штампов – по технологическому и конструктивному признакам – являются наиболее значимыми.

## **2.2 Составляющие части штампа**

Штамп – это одна большая сборка, которая включает в себя некоторое количество деталей и других сборочных узлов. Часть этих деталей и узлов может быть оригинальной, а часть – нормализованной, то есть сходной по назначению и конструкции вне зависимости от того в какой виде штампов может использоваться. Так же часть деталей может быть изготовлена на заводе-изготовителе штампов, а часть – куплена у сторонних поставщиков (в основном это детали крепежа, пневмоузлы со всеми составляющими и другие) [8]-[9]. Описанную выше информацию демонстрирует рисунок 5.

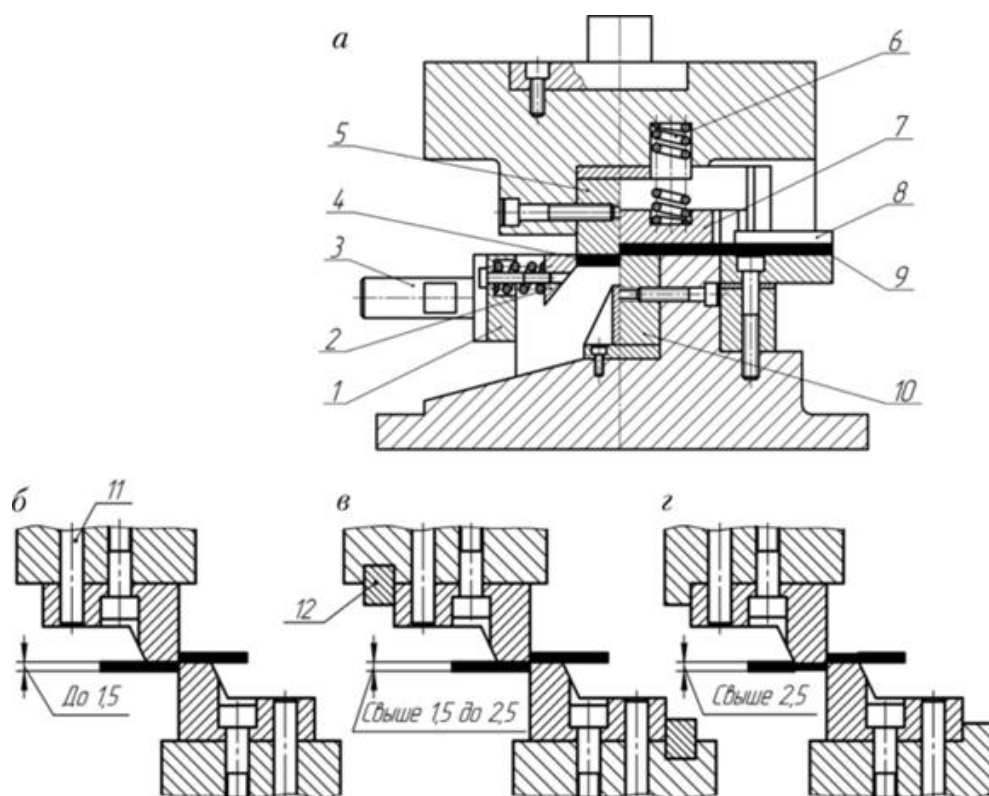


Рисунок 5 – Пример составляющих частей штампа

Условно можно разделить штамп на два так называемых пакета – комплекта – деталей, верхний и нижний [21]. Пакеты деталей обычно включают в себя пуансоны, матрица и некоторые детали. Помимо пакетов деталей в штампе присутствуют плиты – верхняя и нижняя соответственно. В данные плиты устанавливаются пакеты деталей. Для установки штампа на прессовую линию используют плиты быстрого крепления (сокращённо их так и называют – плиты бк) [10]. Рассмотрим теперь составляющие части штампов по порядку.

Обзор частей штампа начинается с разбора любого из пакетов деталей, к примеру, пакета низа.

В нижнем пакете деталей основными рабочими частями штампа будут секции низа и матрицы (если это не штамп гибки, в штампах гибки матрицы могут отсутствовать). Секции низа могут быть изготовлены как одна целая деталь, так и состоять из нескольких деталей. Это делается для облегчения



механической обработки секций, а так же во избежание брака на этапе обработки.

Матрицы, используемые в штампах, можно разделить на несколько группы. Во-первых, они могут быть цельными или составными. Во-вторых, матрицы можно поделить по их форме. В основном они бывают трёх видов: круглые, прямоугольные и профильные. Профильный вид подразумевает, например, матрицы прямоугольные с нестандартным скруглением граней или матрицы с фигурным контуром. Так же матрицы различаются по способу крепления – неразборные и быстросменные. Неразборные матрицы обычно запрессовывают в плиту или секцию низа, а быстросменные крепят винтами или шариком.

Элементы профиля рабочего отверстия матрицы выбирают в зависимости от толщины штампуемого материала. Размер матриц выбирается с тем расчётом, что согласно стандарту предприятия между соседними матрицами должно быть расстояние не менее 4 мм.

Матрицы обычно закрепляются в секциях низа, а секции низа крепятся к плите низа при помощи штифтов и винтов с расчётом что на каждые 2-4 винта приходится 1-2 штифта. Расположение винтов и штифтов регламентируется ГОСТом или стандартом предприятия.

На плите низа так же устанавливаются так называемые стандартные элементы к которым можно отнести плитки скольжения, по котором происходит движение верхней части штампа относительно нижней; втулки и колонки направляющие, с таким же назначением что и плитки. Колонки и втулки располагают на плите таким образом, чтобы они не мешали укладке и/или снятию детали (или заготовки). На плиту низа так же устанавливают фиксаторы, которые помогают заготовке ровно упасть на секции низа и матрицы. На плите низа так же устанавливается механизация сброса совместно с пневмоаппаратурой для осуществления этого самого сброса. Узел механизации – это колонки и планки выталкивающие деталь из штампа после осуществления операции. Механизация прострагивается согласно

стандарту предприятия, а пневмоаппаратура, включающая в себя пневмоцилиндр и комплекс деталей, с помощью которых он располагается на плите и осуществляет работу, обычно выбирается по разнообразным каталогам. Бывают случаи нестандартного расположения пневмоцилиндра, например под определённым углом относительно центра штампа. В этих случаях на плите низа располагают узел держателя пневмоцилиндра. Но это редкие случаи, пневмоцилиндры обычно стараются расположить горизонтально. И последнее что может быть добавлено на плиту низа – это так называемы склизы. Склизы представляют собой лоточки куда падает деталь после того как узел сброса выталкивает её из рабочей зоны штампа. Склизы обычно съёмные и могут быть различной формы и размеров.

Отмечается так же, что в пакет деталей низа входят газовые пружины, пружины для хранения, планки и сюда же завод изготовитель обычно добавляет таблички с номером штампа, указанием направления действия и, например, весом штампа.

Далее переходят к рассмотрению деталей и узлов входящих в состав пакета деталей верха. В пакете деталей верха основными рабочими частями штампа будут секции верха, пуансоны и прижим.

Секции верха, так же как и секции низа, могут представлять собой одну цельную деталь (что актуально в случае штампов гибки), но чаще всего это набор деталей, который обрабатывается соответствующим образом и прикрепляется к плите верха при помощи винтов и штифтов, абсолютно так же как и секции низа.

Пуансоны, так же как и матрицы, можно разделить на несколько групп: по форме, по устройству и по способу крепления. По форме пуансоны бывают круглые или профильные; по устройству они делятся на цельные и составные, а по способу крепления могут быть неразборными и быстросменными. Чаще всего используются быстросменные пуансоны, которые сначала вставляются в пакет «державка+плитка», а потом этот узел крепится к плите верха при помощи винтов и штифтов. Таким образом

можно быстро заменить вышедший из строя пуансон. В настоящее время в производстве чаще используются покупные пуансоны и державки, так же как и матрицы, которые завод-изготовитель штампа закупает на сторонних специализированных предприятиях. Если же, к моменту сборки штампа, заказанные детали ещё не доставлены, то обычно предприятие может изготовить временные детали, сделанные по внутризаводским стандартам, которые так же соответствуют всем необходимым нормам.

Последняя важная деталь основных деталей верха штампа – это прижим. Прижим в составе штампа входит в состав пакета деталей верха. Его движение происходит на специальных направляющих колонках. На прижиме расположены площадки под газовые прижимы. Отмечается, что прижим никаким образом не крепится к плите верха, он лишь движется по направляющим. Усилие прижима высчитывается по стандартам предприятия.

В состав пакета деталей верха так же входят направляющие плитки, колонки и втулки, а так же газовые пружины [18].

Таким образом, пакеты деталей верха и низа считаются рассмотренными. После этого отмечают ещё несколько важных моментов.

При работе вырезных/отрезных штампов важно иметь влияние на усилие вырезки/обрезки. Большое значение тут имеют радиусы скругления режущей кромки и угол наклона режущих граней. Эти величины должны быть минимальными. Угол скоса режущих граней назначается так, чтобы уменьшить усилие вырубки, если мощности пресса недостаточно. Особое место в конструкции рабочих частей штампа занимает величина зазора между пуансоном и матрицей  $d$ . Если зазор слишком велик, пуансон обминает края детали и образует заусеницы. Если же он слишком мал, стойкость штампа снижается, увеличивается усилие вырезки и ухудшается поверхность среза. Величина зазора между пуансоном и матрицей зависит от толщины и механических свойств материала детали. Предельные нормы зазоров обычно указываются в рабочих чертежах штампов. Чтобы облегчить процесс вырубки и удаления деталей и отходов из матрицы, упростить

изготовление и уменьшить износ матрицы, ее рабочий контур выполняется в виде не одной, а двух поверхностей; рабочей ленточки, перпендикулярной рабочему контуру, с шириной, равной 2-5 мм, и затылочной поверхности, направленной под углом  $\alpha = 3-5^\circ$  к поверхности ленточки [15]-[16].

Отметим последнее: главное требование, которому должна отвечать конструкция штампов – это их технологичность.

В данном разделе магистерской диссертации была проведена работа над сбором, изучением и анализом информации, касающейся темы классификации штампов. Было выявлено три основных признака, по которым, в последствие, была проведена сама классификация. Разделение штампов на группы по трём основным признакам и последующее их разделение на малые подгруппы помогает понять структуру штампа и принцип его работы, а так же даёт представление о том, какие детали и где именно должны находиться. Последующее подробное изучение составляющих частей штампа позволяет скомбинировать детали в пакеты верха и низа, а так же даёт представление об основных частях штампа. Всё это необходимо для последующей работы над электронной моделью изделия.

### **3 Проектирование 3D модели штампа обрезки при помощи программного обеспечения SIEMENS «NX»**

#### **3.1 Кинематика и инструменты «NX»**

Nx – система автоматизированного проектирования (САПР) является разработкой компании siemens plm. Nx – один из представителей так называемых «тяжёлых САПР» [17].

Тяжёлые САПР или САПР высшего класса – системы применяемые для наиболее трудоёмких задач, таких как моделирование сложной систем в реальном масштабе, проведение оптимизирующих расчётов, в том числе расчётов температурных полей и теплообмена, а так же проведения различных симуляций и краш-тестов. Такие программы обычно имеют множество модулей как для работы в 3D и 2D среде, так и для проведения различных расчётов и написания программ для станков с ЧПУ [25].

NX – одна из флагманских программ сектора тяжёлых САПР, которая используется для разработки сложных изделий, включающих элементы сложной формы и плотной компоновкой большого количества составных частей. NX имеет множество рабочих модулей, например, модуль «обработка», модуль «аддитивное производство», модуль «управление производственными линиями» и другие. При проектировании штамповой оснастки на заводе АВТОВАЗ конструкторами используется модуль «модель», а технологи и программисты работают в модуле «обработка» и других САПР [1].

NX имеет множество особенностей которые значительно сокращают трудоёмкость проектирования. Ключевые особенности NX:

- Поддержка различных операционных систем что позволяет обеспечить программой любой рабочий компьютер;
- Одновременная работа большого числа пользователей в рамках одного проекта. Эта особенность является важнейшей в NX так как

благодаря ей над одним штампом может работать несколько конструкторов одновременно, что приводит к уменьшению времени на проектирование;

– Продвинутое инструменты промышленного дизайна, такие как свободные формы, параметрические поверхности, динамический рендеринг и другое. В случае проектирования штамповой оснастки важным является возможность работать с листовыми телами [3].

Так же немаловажным является возможность так называемой «трансляции». Дело в том что АО «АВТОВАЗ», являясь частью мирового альянса, имеет возможность оснащения работников различными САПР. Так часть работников работает в программе CATIA. Довольно часто происходит ситуация, когда в одном проекте заняты работой люди работающие в разных программах. NX позволяет сохранять файлы в различных форматах, в том числе и в формате step. Данный формат позволяет открывать в программе CATIA модели, сделанные в программе NX [11]-[12].

Таким образом, NX является одной из самых удобных программ тяжёлого САПР для проектирования штамповой оснастки [4].

## **3.2 Проектирование штампа обрезки в «NX»**

### **3.2.1 Проектирование основных частей штампа**

Проектирование штампа начинается с того момента, когда технолог передаёт конструктору схему перехода на операцию. Конструктор внимательно изучает схему (рисунок 6).

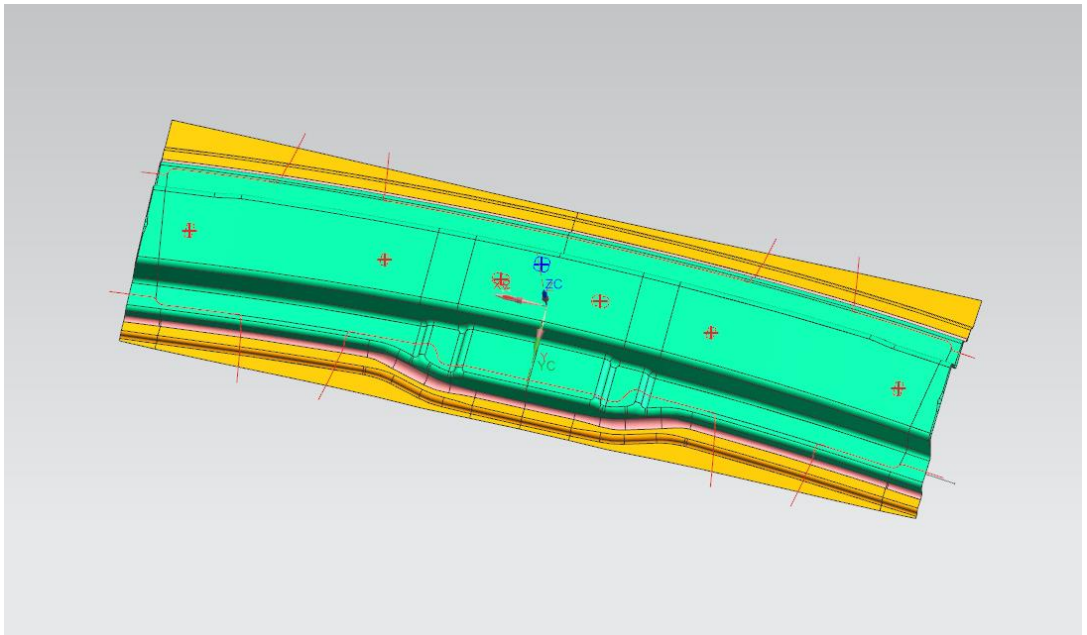


Рисунок 6 – Схема перехода

Красными линиями выделены места обрезки. Красными крестиками обозначены центры отверстий, которые должны быть пробиты пуансонами. Информация представлена на рисунке 7.

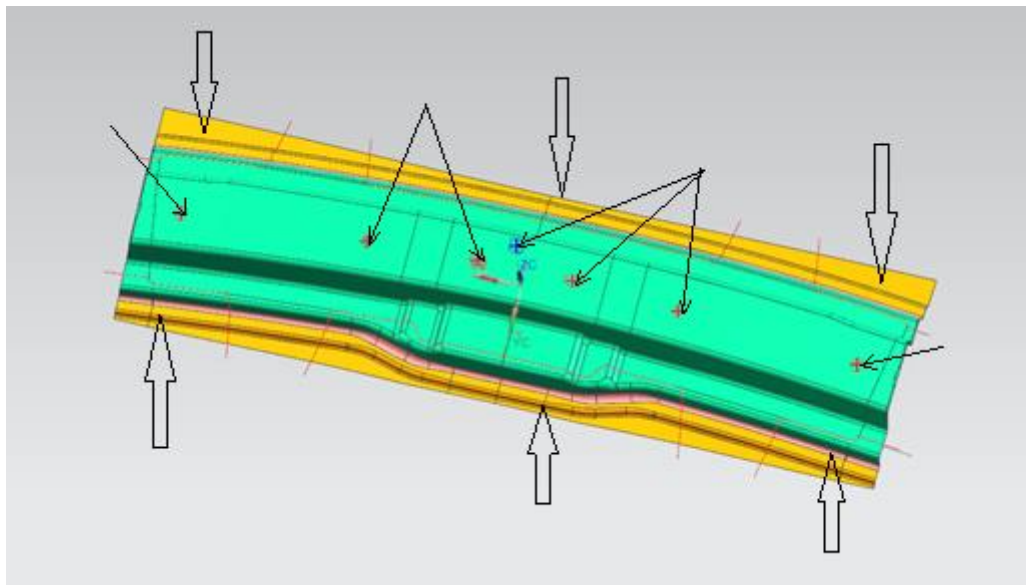


Рисунок 7 – Части заготовки удаляемые на операции обрезки

На рисунке 7 один из контуров для будущих отверстий выделен синей линией. Скорее всего это обозначает что модель претерпела изменения после её утверждения. То есть, было введено ещё одно отверстие пробивки дополнительно. На рисунке 8 представлено изображение предполагаемого вида детали, после совершения операции обрезки (и пробивки отверстий).

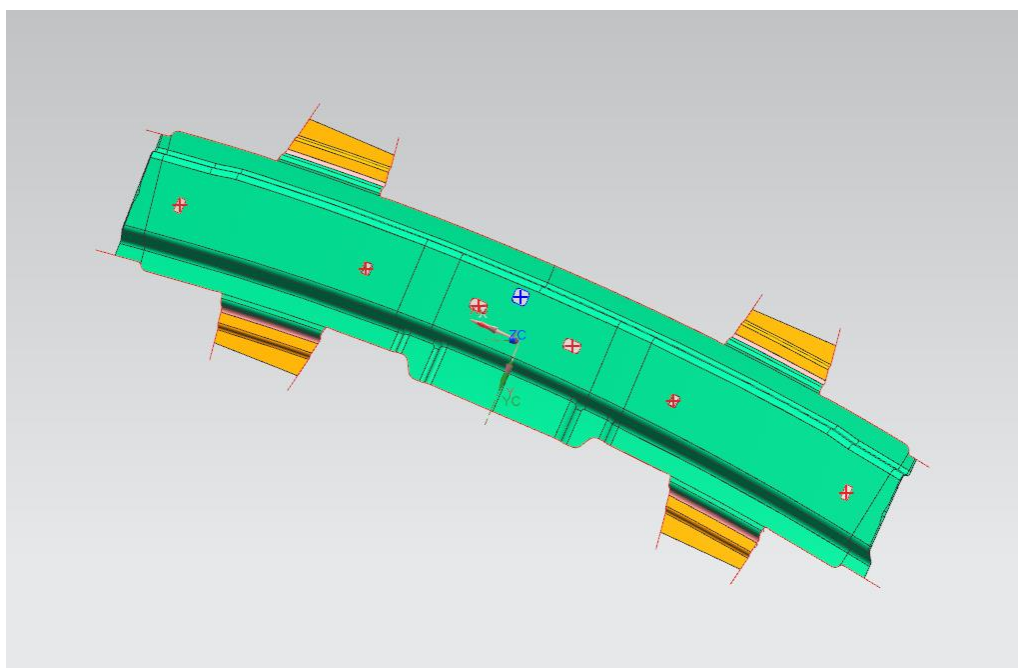
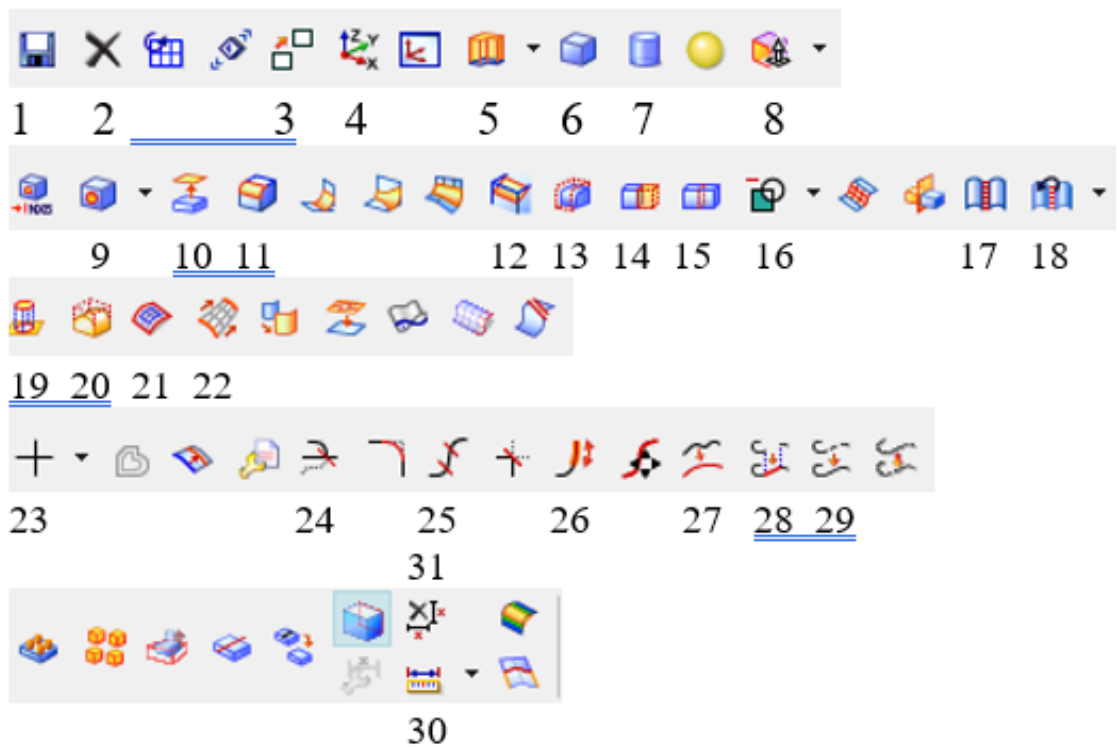


Рисунок 8 – Предполагаемый вид детали после операции обрезки

Перед тем, как перейти непосредственно к моделированию стоит кратко ознакомиться с основными инструментами ленточной панели (рисунок 9). Все представленные на рисунке инструменты так или иначе задействованы в работе над проектированием штампа [14].

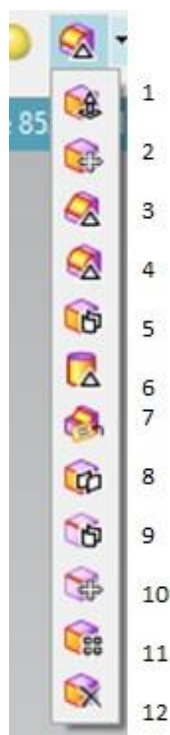




1 – сохранить; 2 – удалить; 3 – переместить/вращать объект; 4 – задать вид по рабочей системе координат; 5 – вытягивание вдоль вектора; 6 – куб; 7 – цилиндр; 8 – меню инструментов синхронного моделирования; 9 – отверстие; 10 – выделить геометрию (создаётся ассоциативная зеркальная копия в пределах той же детали); 11 – скругление; 12 – фаска; 13 – смещение грани; 14 – обрезка тела; 15 – разделить тело; 16 – меню вычитания/объединения объектов; 17 – сшить (листовые тела); 18 – расшить (листовые тела); 19 – зашивка отверстий; 20 – заплатка; 21 – расширить (поверхность или грань); 22 – заметание (создаёт тело заметанием вдоль сечения); 23 – меню геометрических элементов (точка, линия, сплайн и др.); 24 – обрезка кривых; 25 – разделение кривой; 26 – длина кривой; 27 – сглаживание сплайнов; 28 – мостик; 29 – объединение кривой; 30 – меню измерений; 31 – удаление параметров.

Рисунок 9 – Основные инструменты необходимые для моделирования штампа

Позиция 8 – меню инструментов синхронного моделирования (рисунок 10) заслуживает отдельного упоминания, так как содержит в себе важные инструменты, которые значительно облегчают процесс моделирования.



1 – вытянуть грань; 2 – переместить грань; 3 – изменить размер фаски; 4 – изменить размер скругления; 5 – смещение области; 6 – изменить размер грани; 7 – отметить скругление с неполным радиусом; 8 – зеркальная поверхность; 9 – смещение ребра; 10 – переместить ребро; 11 – массив граней; 12 – удалить грань

Рисунок 10 – Развёрнутое меню синхронного моделирования

Инструмент «синхронное моделирование» имеет раскрывающиеся меню в котором собраны такие инструменты как «вытягивание грани», «перемещение грани», «удаление грани», «изменение размера грани» и другие. Все они значительно упрощают процесс моделирования, так как работа происходит напрямую с телами и гранями, что позволяет свести работу в среде «эскиз» к минимуму или вообще обойтись без неё.

Инструмент «удаление параметров» играет важную роль в моделировании. Дело в том, что при использовании инструментов ленточный панели все они оставляют свои «параметры», которые можно посмотреть на панели «навигатор модели» во вкладке «история модели». При проектировании несложных деталей выбор сохранять или удалять параметры не играет особой роли. При проектировании деталей сложной формы, с

применением листовых тел или крупных сборок, все параметры из истории модели необходимо удалять. Сохранение параметров в таком случае приводит к разнообразным ошибкам, а в некоторых случаях – к невозможности воспользоваться каким-либо инструментом. Поэтому в процессе проектирования периодически необходимо удалять параметры, так чтобы в «истории модели» оставались только объекты под именем «тело» [7].

После анализа схемы переходов приступают непосредственно к проектированию основных частей штампа. Проектирование будет вестись при использовании инструментов модуля «модель», которые уже были рассмотрены выше. Проектная среда «эскиз» использоваться не будет. Все необходимые геометрические построения, если в таковых возникнет необходимость, можно построить используя инструменты среды «модель», и этого будет достаточно [27]. В ходе работы будут применены стандарты альянса «Renault-Nissan»[28]-[30]

В первую очередь проектируют секцию низа. Секция низа выполняет «поддерживающую» функцию – деталь, поступающая в штамп, ложится на неё своей задней поверхностью, так чтобы соприкасаться с внешней поверхностью секции. Это значит, что внешний контур должен точно копировать форму детали и после изготовления иметь шероховатость Ra0,8 - Ra 0,4.

Начинают проектирование с создания кубика произвольных размеров инструментом «блок», причём так, чтобы листовое тело детали слегка выходило за пределы созданного блока. Для расширения листового тела можно воспользоваться такими инструментами как «расширить» или «вытягивание» (рисунок 11).

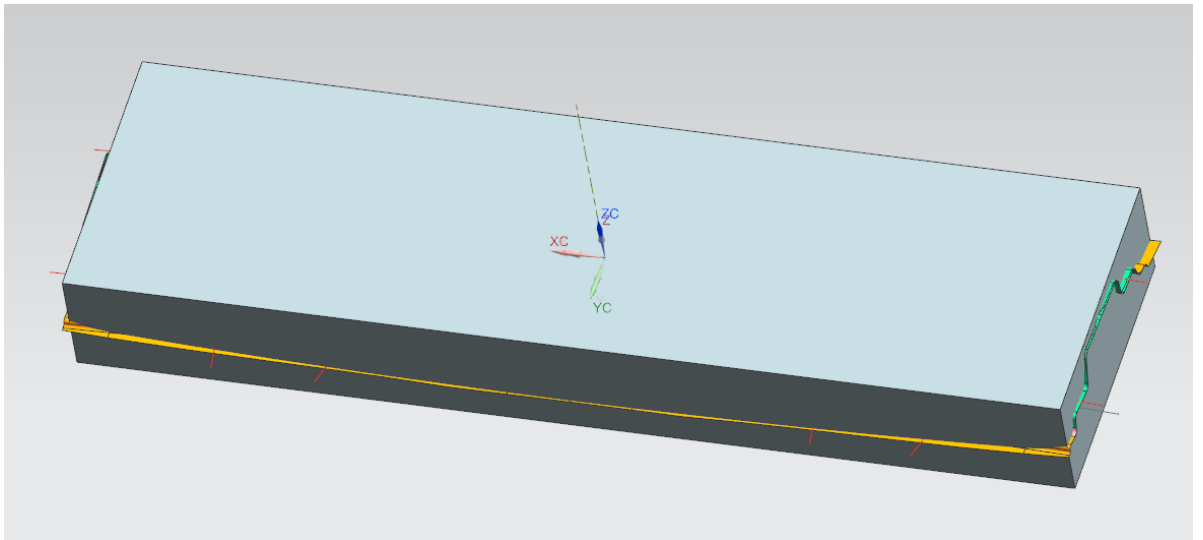


Рисунок 11 – Первый промежуточный этап проектирования секции  
низа

После применяют инструмент «обрезка тела», чтобы удалить верхнюю часть блока по поверхности детали (рисунок 12).

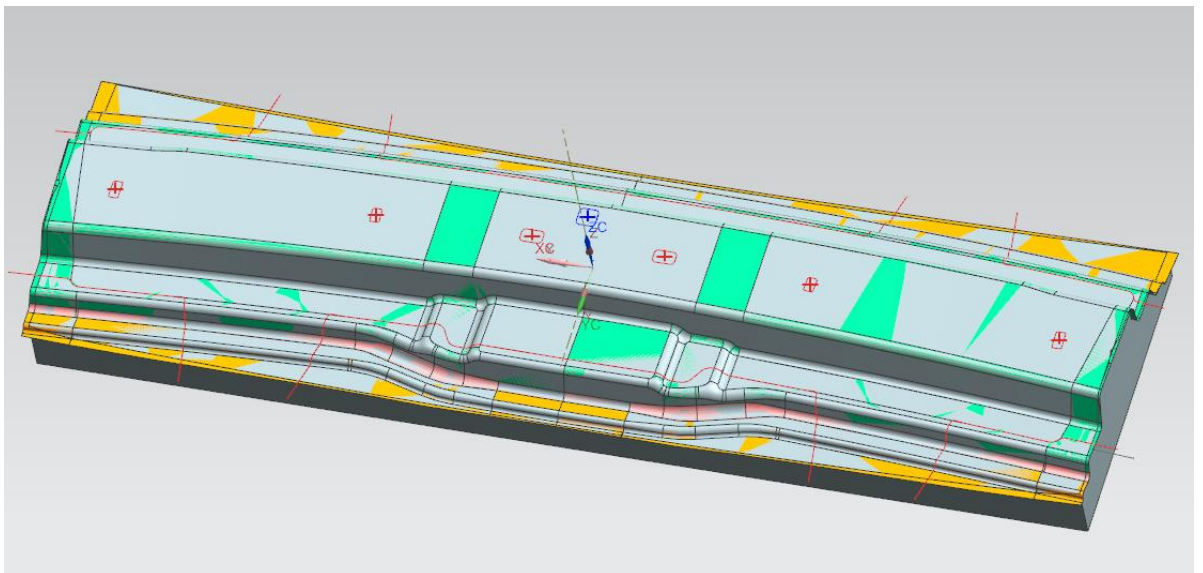


Рисунок 12 – Второй промежуточный этап проектирования секции низа

Благодаря этой функции поверхность детали как бы копируется на секцию низа.

Далее применяют инструмент «вытягивание» и создают листовые тела по контуру красной линии. Эти листовые тела необходимы для того, чтобы в последствие, при помощи операции «обрезка тела» вырезать ненужные кусочки из тела детали (рисунок 13).

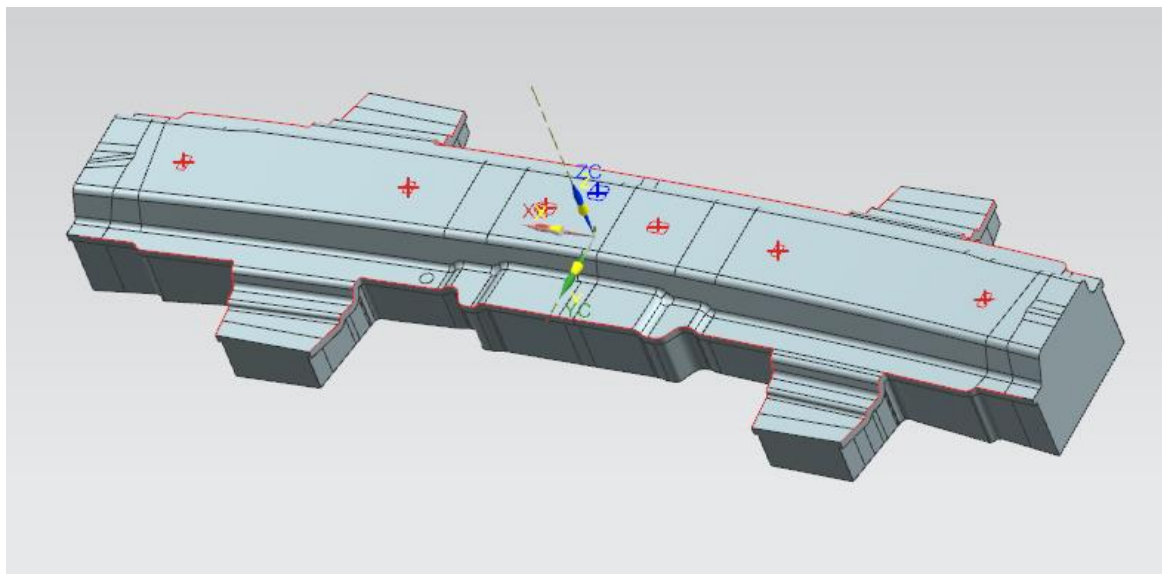


Рисунок 13 – Третий промежуточный этап проектирования секции низа

Так как красной линией технолог выделил места резания, принимают во внимание, что по этим линиям будут так же проектироваться секции верха. Резание будет происходить в момент «падения» верхней части штампа, следовательно, верхние и нижняя секции будут соприкасаться поверхностями по линиям обрезки. Это значит, что данные места нужно обрабатывать с высокой точностью. Однако это довольно трудоёмко. Поэтому делают так называемый «рабочий пояс» высотой 5-8 мм и шириной 3-5 мм. Такой пояс делают и на секции низа, и на секциях верха. Именно по поверхности этого пояса будут соприкасаться друг с другом рабочие части штампа, а главное, что обрабатывать придётся совсем небольшую зону.

Проанализировав секцию низа на данном этапе проектирования можно прийти к выводу, что секция довольно длинная и громоздкая. Для облегчения

её обработки и последующей установки в штамп, делят её на две части ровно по середине. Результат продемонстрирован на рисунке 14.

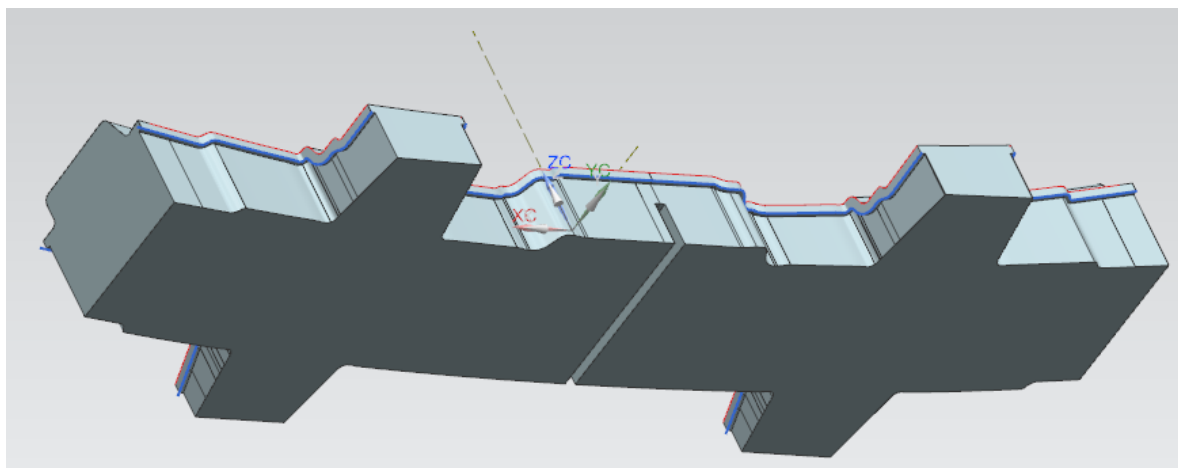


Рисунок 14 – Четвёртый промежуточный этап проектирования секций  
низа

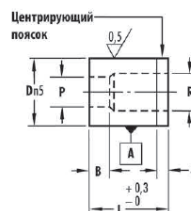
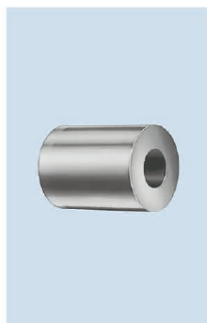
Далее обращаются к контурам отверстий для пробивки. Для их получения конструктору необходимо смоделировать пару деталей: матрицу и пуансон. Матрицы будут вставлены в секции низа и будут принадлежать к деталям низа; пуансоны будут принадлежать к деталям верха.

В современном мире складывается такая тенденция, что многие части штампов выгоднее заказывать на предприятиях, специализирующихся на изготовлении определённых деталей, чем изготавливать все детали в одном месте на заводе-изготовителе штампов. Поэтому при сборке штампов, для добавления в них составных частей, часто обращаются к каталогам разнообразных специализированных фирм.

Для добавления матриц в данный штамп воспользуемся каталогом фирмы Dayton. Проанализировав тип отверстия, который необходимо получить после пробивки, выбор останавливается на матрице типа ADK (рисунок 15).

МАТРИЦЫ БЕЗ БУРТИКА, ТИПА AD

Материал	HRC
A2 (HWS)	60-63
M2 (HSS)	60-63



Без буртика, ISO 8977  
Вырубные матрицы AD изготовлены в соответствии со стандартом NAAMS\*

Материал: A2 (Стандарт) и M2 – указать при заказе

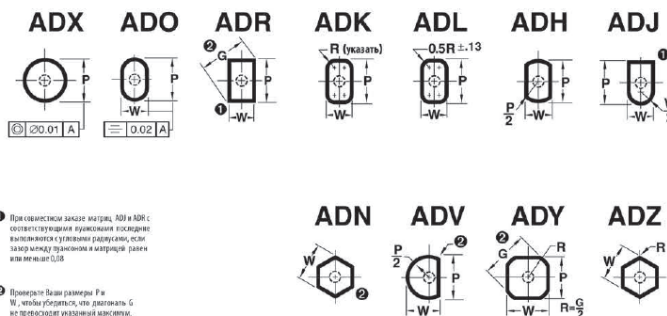


Рисунок 15 – Выбор типа матрицы, пример типового каталога

Проектирование ведётся таким образом, что в одном и том же файле моделируют матрицу и одновременно с этим делают отверстие для неё в секциях низа. Несмотря на то, что была выбрана матрица, которую изготовит стороннее предприятие, она нуждается в доработке. Во-первых, в каждую матрицу и в каждое отверстие под матрицу следует добавить отверстие под штифт. Так как в данном штампе производится пробивка отверстий определённой формы, то наличие штифта – это необходимость, ведь он закрепляет матрицу в определённом положении, не давая ей совершить проворот вокруг оси. Отверстие под штифт располагаем таким образом, чтобы оно находилось параллельно наибольшей стенке пробиваемого отверстия.

После того, как матрицы заняли своё положение в секциях низа, можно увидеть, что из-за неплоской формы верхней поверхности секций, матрицы немного возвышаются над ней. Такого быть не должно. При помощи

инструмента «обрезка тела» верхушки матриц отрезают ровно по поверхности секций низа [26].

Следует обратить внимание: если в сборке присутствуют матрицы, значит необходимо сделать отверстия под отходы под ними. Данные отверстия делаются учитывая, что их размер должен быть чуть больше, чем отверстия в матрицах. Это нужно для свободного падения отхода.

После того как были сделаны форма секций низа и отверстия под матрицы и сами матрицы, следует произвести окраску детали. Окраска детали производится в соответствии с принятым на заводе-изготовителе штампов документом. Окраска производится в зависимости от шероховатости изготавливаемых поверхностей и необходима для последующей корректной работы технологов, программистов и работников цеха. В данной ситуации была использована справочная литература, которую завод-изготовитель штампа промаркировал как конфиденциальную, поэтому ссылка на источник не может быть представлена без согласования с владельцем документа.

Для начала окрасим всю деталь в случайный цвет. После, опираясь на принятую инструкцию, присваивается цвет «130» рабочему пояску и нижней поверхности секций. Данный цвет указывает, что шероховатость данных поверхностей Ra1,6 – Ra0,8. Всей верхней поверхности присваивается цвет «147», который указывает на шероховатость Ra0,8 и обозначает, что данная поверхность является поверхностью рабочих частей штампа, обрабатываемых за вычетом толщины изделия.

Далее снова анализируется деталь, принимая во внимания требования стандартов предприятия к отливкам. Некоторые элементы скруглений удаляются, так как они не важны для корректной работы штампа. Выполняются прямоугольные отверстия в секциях низа, учитывая, что матрица должна находиться в металле не менее 4 мм по контуру. Данные отверстия нужны для уменьшения затрат на литьё и последующую



обработку. Опять же, на корректную работу штампа удалённые части секций низа не влияют, зато происходит уменьшение трудоёмкости на обработку.

Так же намечают отверстия под систему сброса детали, которая будет располагаться в середине «ушек» секций. Этим отверстиям присваивается цвет «102», обозначающий шероховатость Ra6,3 – Ra3,2. Результат всех вышеперечисленных действий приведён на рисунке 16.

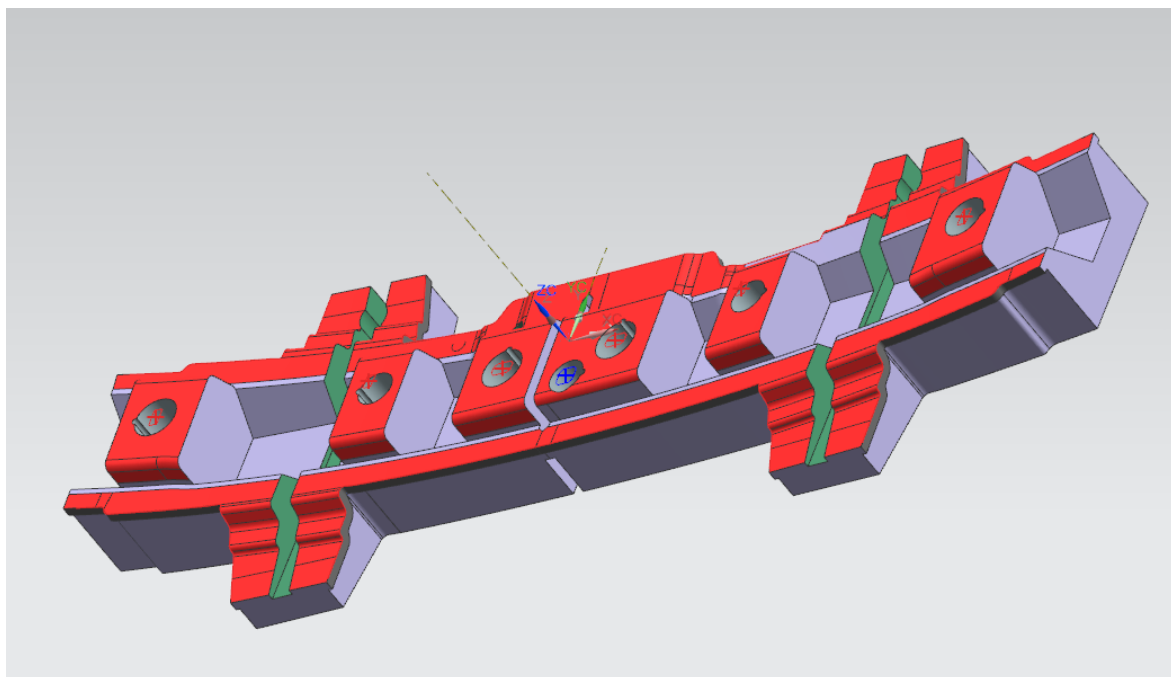


Рисунок 16 – Пятый промежуточный этап проектирования секций низа

На этом этапе важно проверить две вещи. Во-первых, конструктор должен удостовериться, что твёрдое тело деталей выходит за пределы линий обрезки, но не более чем на 3-5 мм. Во-вторых, необходимо проверить, чтобы координаты вершин частей секций имели в своём составе хотя бы одну круглую координату, без знаков после запятой. Это значительно упростит последующую обработку и измерение детали. Так же на данном этапе можно произвести анализ поверхностей деталей, чтобы удалить ненужные грани. Это делается для облегчения работы программистов.

Последнее, что необходимо сделать при проектировании секций низа – это расположить крепёжные отверстия. Секции низа будут крепиться к плите низа при помощи винтов, и закрепляться в данном положении при помощи штифтов. Опираясь на стандарт о минимальных расстояниях до крепёжных отверстий, моделируются отверстия в секциях низа, и присваивается им цвет «102», а штифтовым отверстиям цвет «б», который обозначает посадочные отверстия по H7 с шероховатостью Ra1,6 – Ra0,8. Отверстия располагают в шахматном порядке.

Примерно так же располагают канавки под рычаги сброса детали, но само проектирование сброса подробно рассматривается в данной работе в последнюю очередь.

На этом проектирование секций низа можно считать законченным. Все последующие изменения, если они потребуются, будут производить в сборке инструментами синхронного моделирования. Результат проектирования показан на рисунке 17.

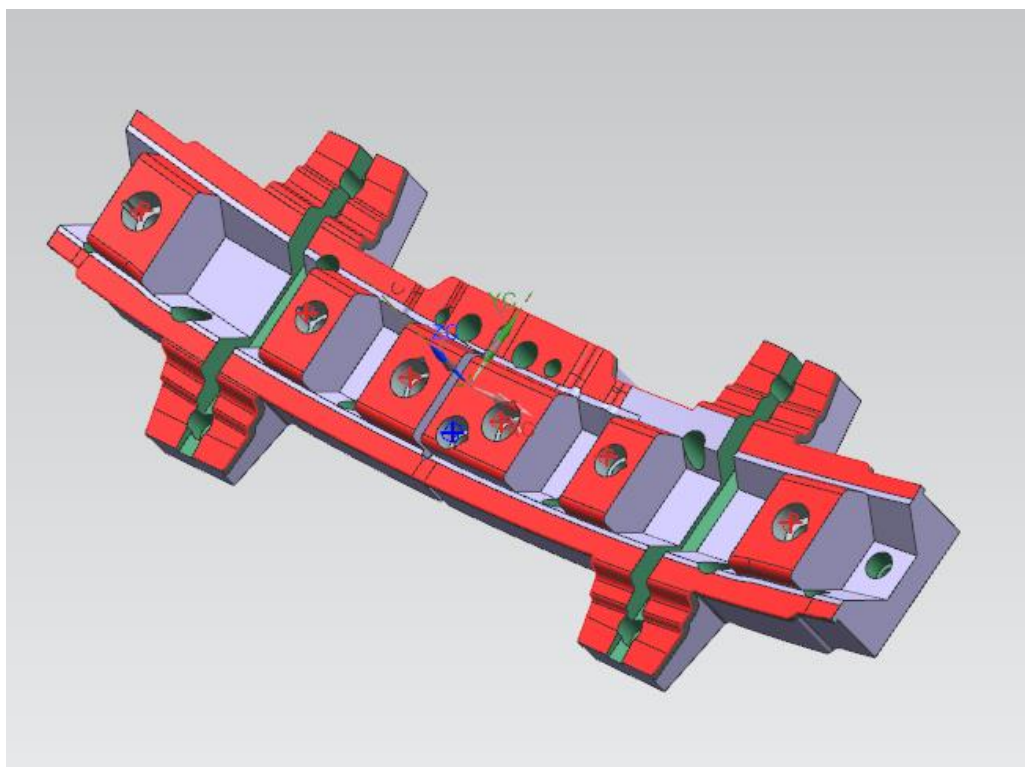


Рисунок 17 – Готовые секции низа

Построение секций верха ведётся точно таким же образом как и построение секций низа (рисунки 18, 19).

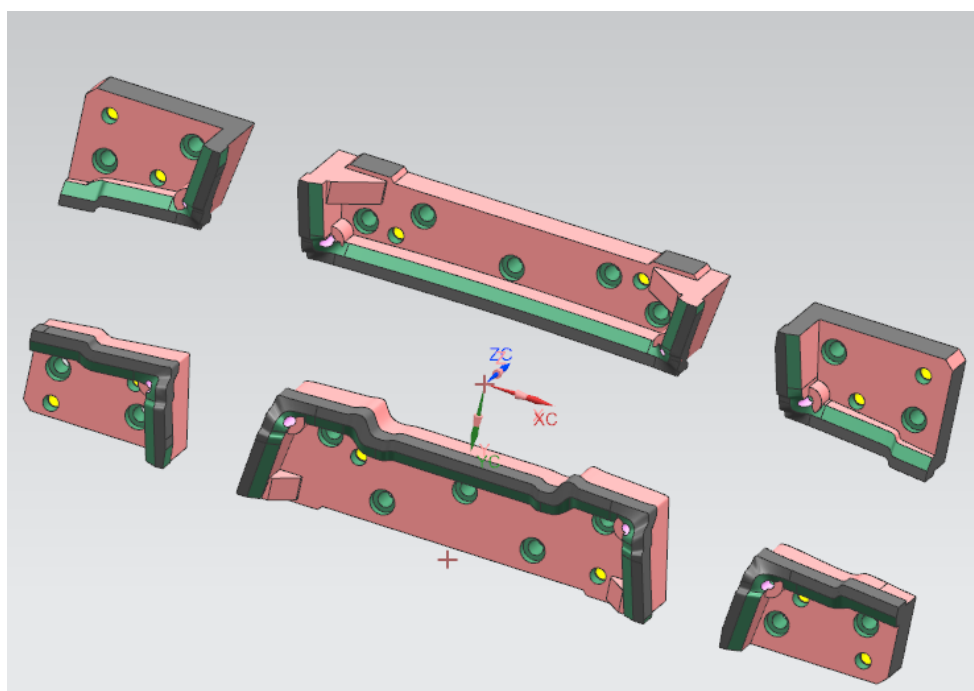


Рисунок 18 – Секции верха (положение А)

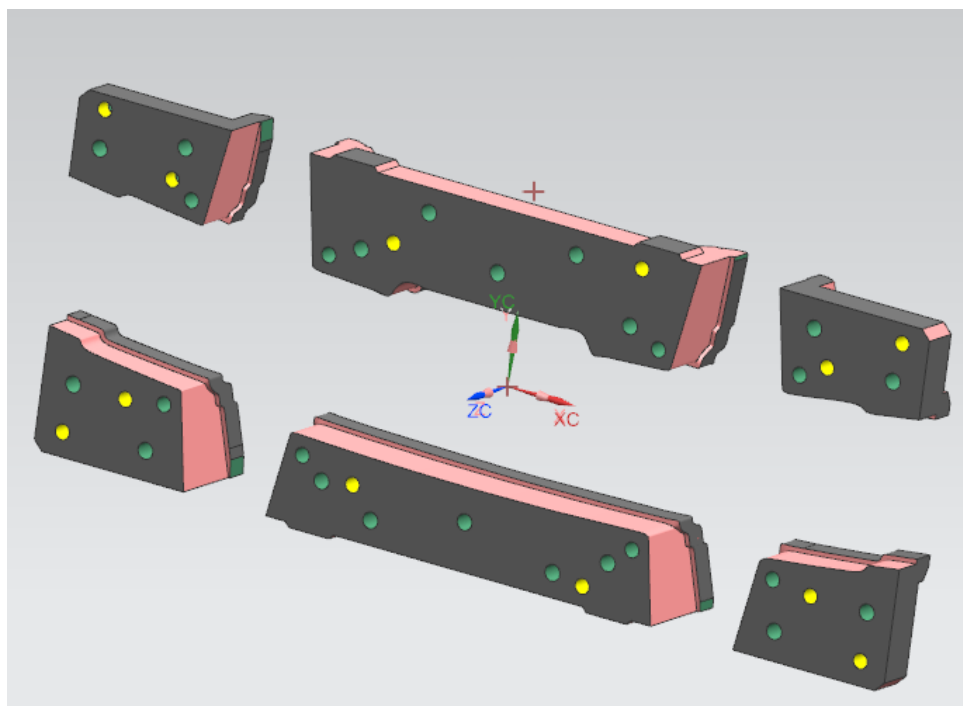


Рисунок 19 – Секции верха (положение Б)

В секциях верха есть несколько ключевых моментов, которые отличают их конструкцию от конструкции секций низа. Для наглядности понимания ниже представлен рисунок 20, где цифрами отмечены ключевые моменты различий.

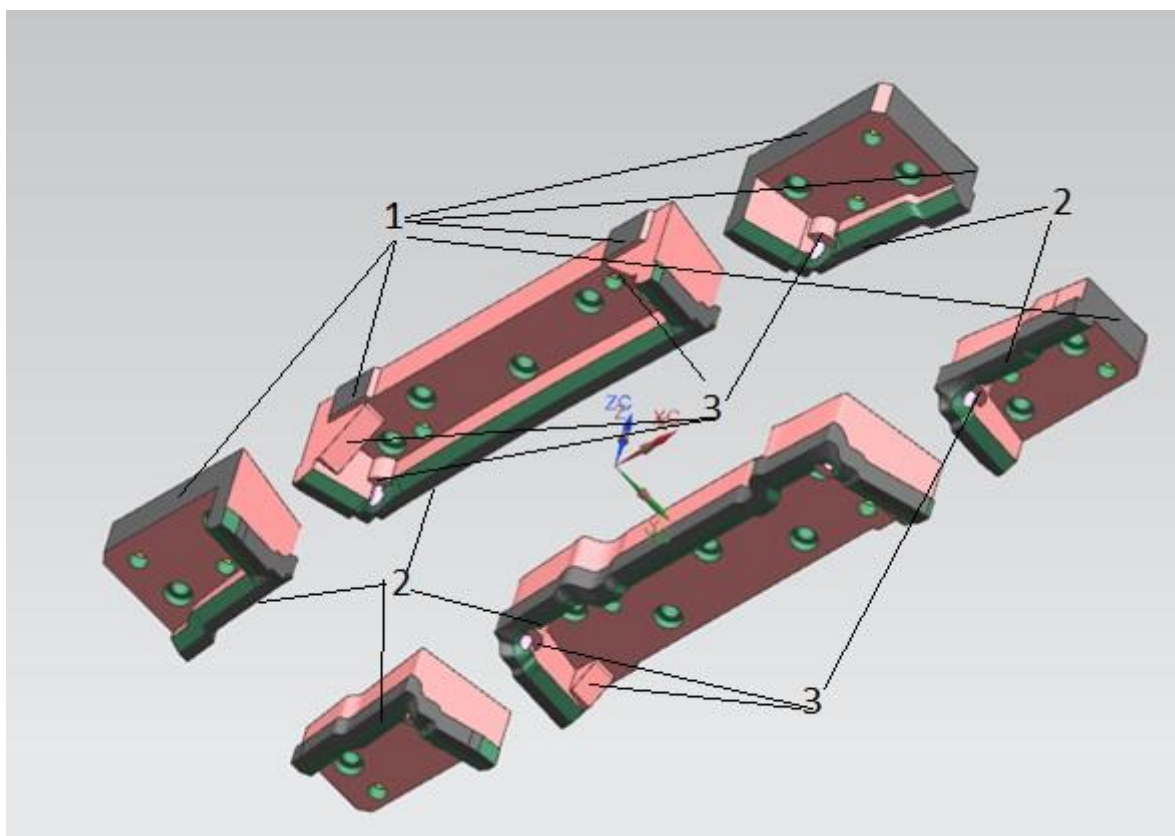


Рисунок 20 – Отличительные моменты построения секций верха

Цифрой «1» обозначены точные поверхности, которые будут обрабатываться с шероховатостью Ra1,6. Данные поверхности нужны для ориентирования деталей в штампе. Так же они служат точкой начала измерения.

Цифрой «2» на рисунке обозначены рабочие зоны поверхностей резания. Они так же обрабатываются с высокой точностью и имеют шероховатость Ra1,6 после обработки. Однако резание происходит в небольшой зоне, а обрезаемая деталь имеет небольшую толщину. Поэтому

нет необходимости делать широкой зону обрезки. Её делают в пределах 10-15 мм, а остальную часть обрезают под 30 градусов. Части рабочего пояска, находящиеся под 30 градусов после обработки, должны иметь шероховатость Ra6,3.

Цифрой «3» обозначены элементы упрочнения. Они необходимы для предотвращения скопления напряжений, которые приводят к тому, что деталь может лопнуть в данном месте. Отмечается так же и то, что в упрочнениях, расположенных в уголках секций, сделаны резьбовые отверстия. Они нужны для установки небольших газовых пружин [22].

Перед тем как перейти к построению последней основной части штампа – прижиму, моделируют с нуля или подгружают из каталогов пуансоны и державки к ним, так как для них требуется сделать отверстия в прижиме, а также обозначить поверхности, с чистовой обработкой под них.

В данном случае, и пуансоны, и державки подбираются из каталогов фирмы Dayton и подгружаются в штамп. Правильное расположение тел задаётся инструментом «переместить объект». Заход пуансонов в матрицу делают в районе 5-7 мм (рисунок 21).

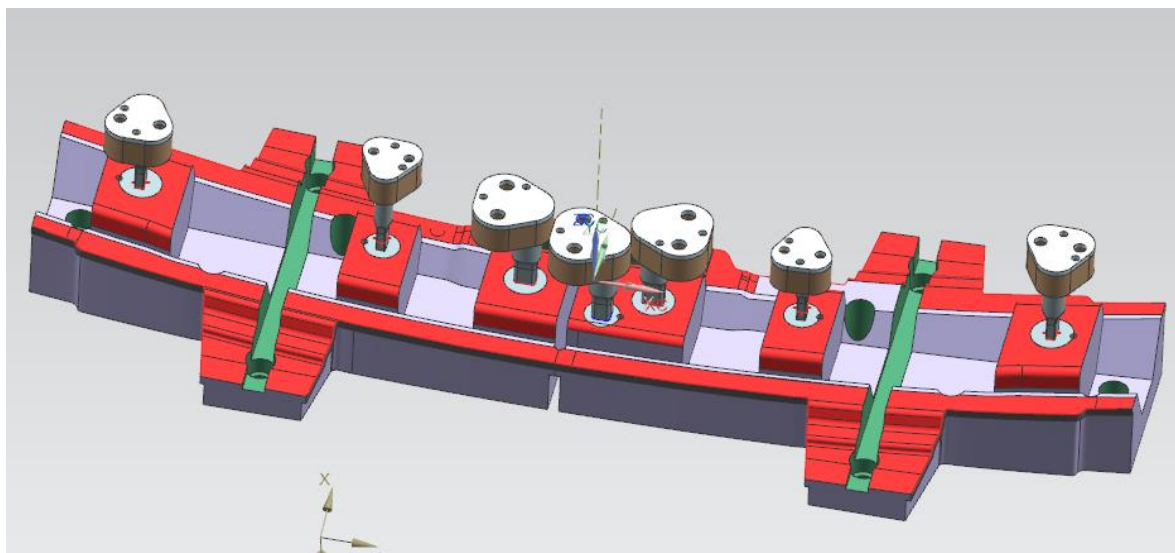


Рисунок 21 – Расположение пуансонов и державок

Этому моменту проектирования уделяют особое внимание, так как именно здесь молодыми конструкторами совершается довольно много ошибок. Дело в том, что, анализируя отверстия под пробивку, можно прийти к выводу, что часть из них одинаковые. И некоторые конструктора совершают ошибку, посчитав, что можно добавить пуансоны и державки только в одну часть, а для второй – отзеркалить вставленные объекты. Это ошибочный подход, так как обычно каталоги фирм не предоставляют зеркальные копии к инструментам. Во избежание ошибки необходимо вставлять и пуансон, и державку каждый раз для каждого отверстия пробивки. Поворачивать их на какой-либо угол инструментом «переместить объект» не возбраняется.

После того, как было завершено построение секций низа и верха, а также подгружены некоторые детали из каталогов (далее такие детали будут называться покупными) приступают к моделированию прижима, которое ведётся точно так же как и моделирование секций (рисунки 22,23).

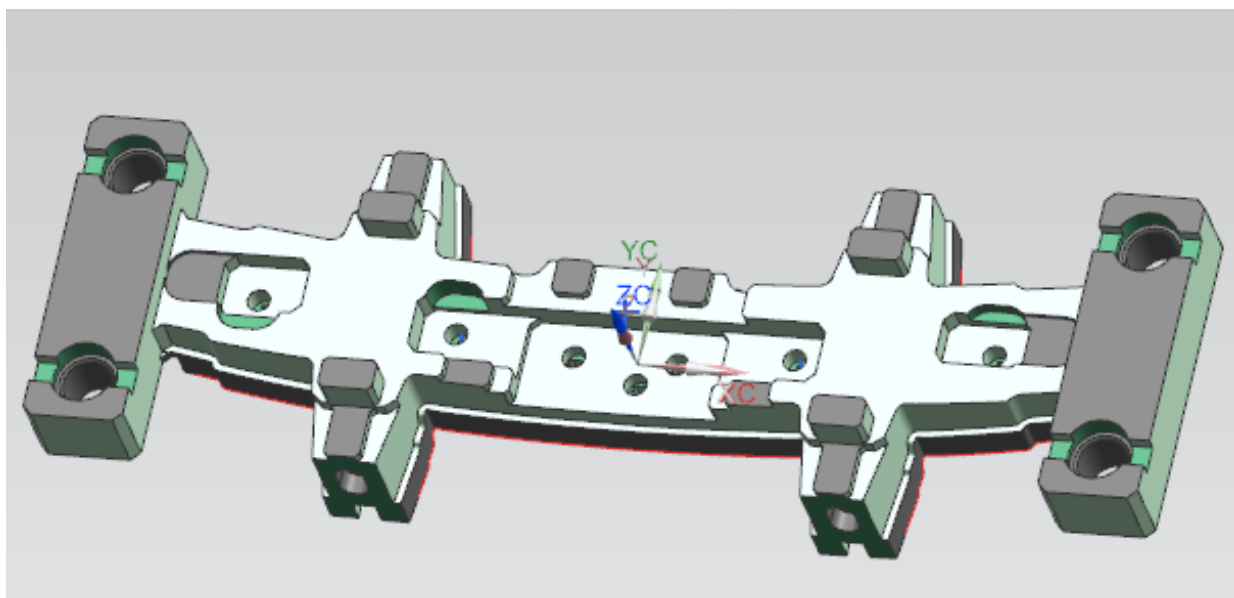


Рисунок 22 – Прижим, вид сверху

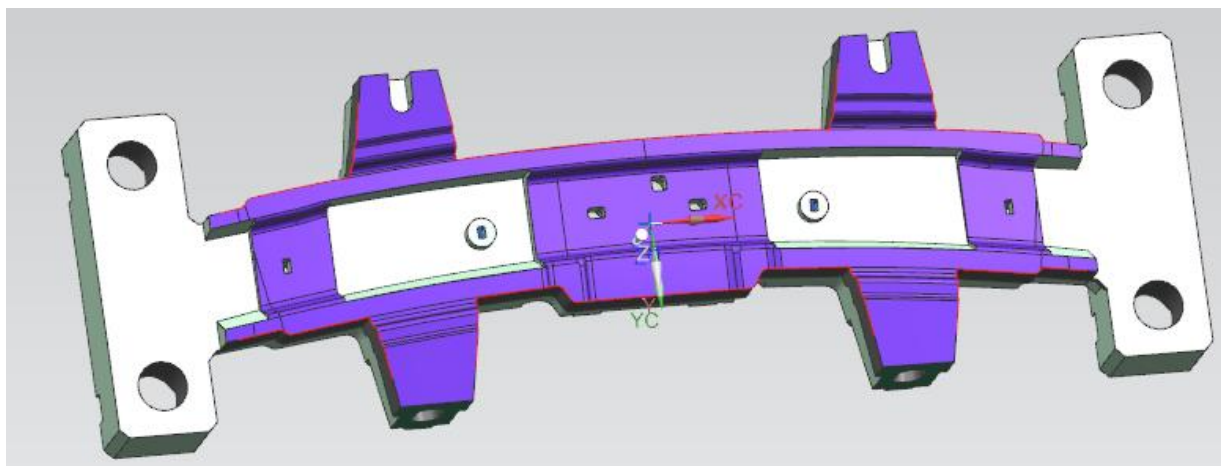


Рисунок 23 – Прижим, вид снизу

Прижим является довольно сложной частью штампа, как в моделировании, так и в изготовлении, поэтому предлагается рассмотреть его конструкцию более подробно.

Для начала отмечают наиболее простое: та часть прижима, которая касается поверхности детали должна быть окрашена цвет «164», который и обозначает поверхность рабочей части штампа, которая соприкасается с формой изделия и имеет шероховатость  $Ra0,8 - Ra0,4$ . В прижиме так же как и в секциях низа удалена часть материала – это сделано для уменьшения затрат на изготовление.

Далее для удобства обозначаются цифрами ключевые формы и поверхности и даётся краткая характеристика каждому пункту (рисунок 24).



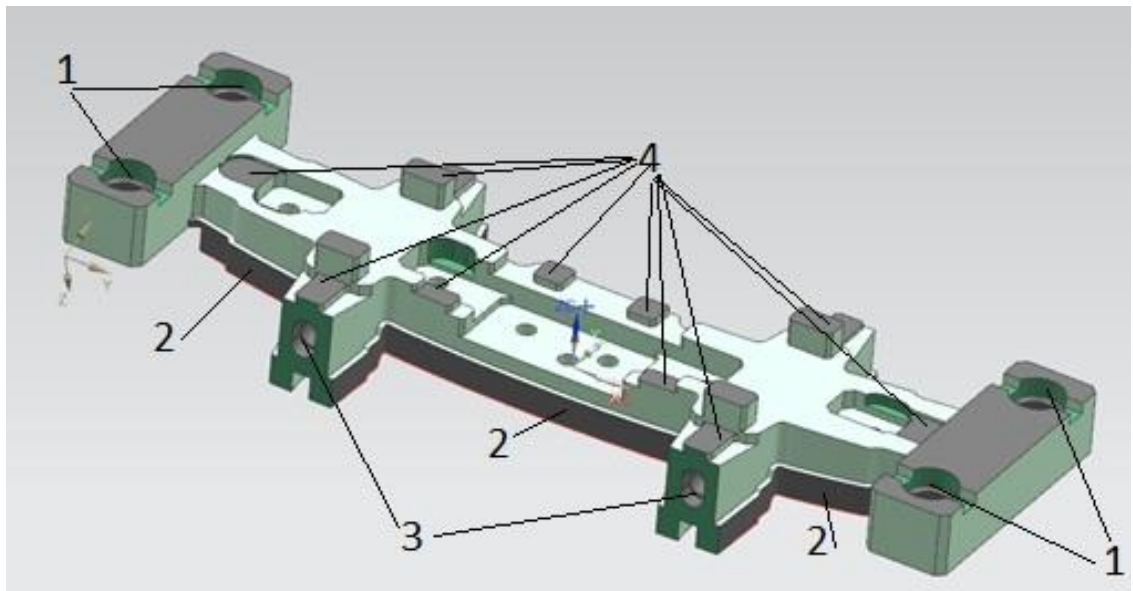


Рисунок 24 – Ключевые элементы конструкции прижима

Цифрой «1» обозначены отверстия, в которые будут вставлены направляющие втулки и колонки. Поверхности между отверстиями обрабатываются с шероховатостью Ra1,6 так как они соприкасаются с поверхностями плиты и должны быть чётко установлены на своём месте, чтобы прижим опускался в предназначенное для него место.

Цифрой «2» обозначен рабочий пояс детали. Рабочий пояс прижима и рабочий пояс секций верха соприкасаются друг с другом и во время работы, и в закрытом состоянии штампа, поэтому пояски обрабатываются с высокой точностью и шероховатостью Ra1,6.

Цифрой «3» обозначены отверстия для ограничителя хода, они моделируются с обеих сторон.

Цифрой «4» обозначены поверхности, намеченные под простановку газовых пружин.

На верхней части прижима так же готовят карманы под державки пуансонов.

Собранные вместе основные части штампа представлены на рисунках 25,26.



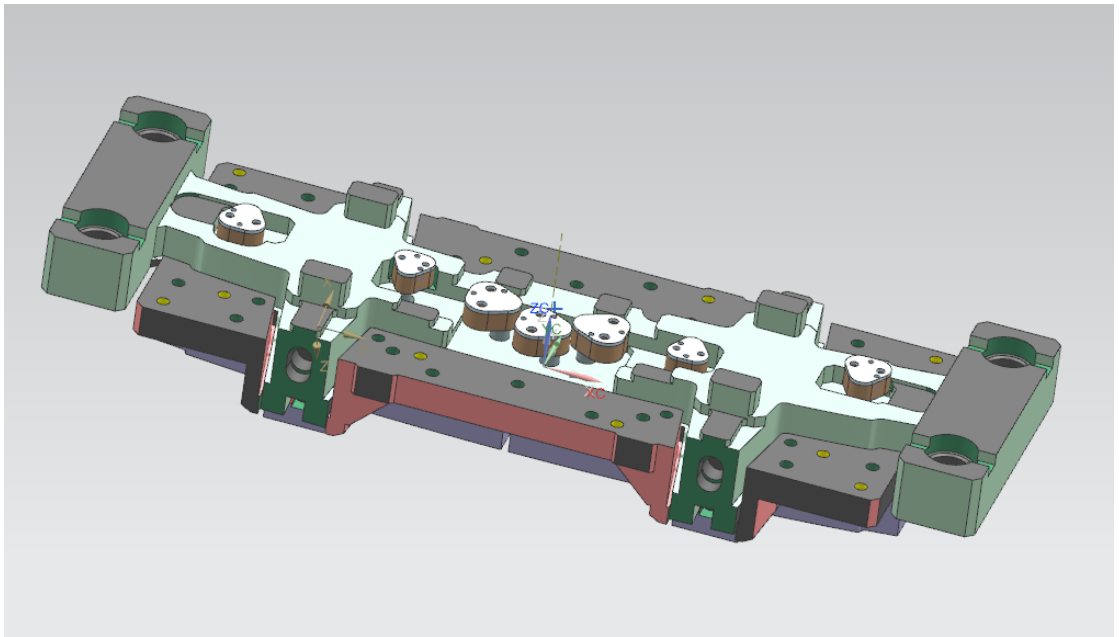


Рисунок 25 – Основные части штампа

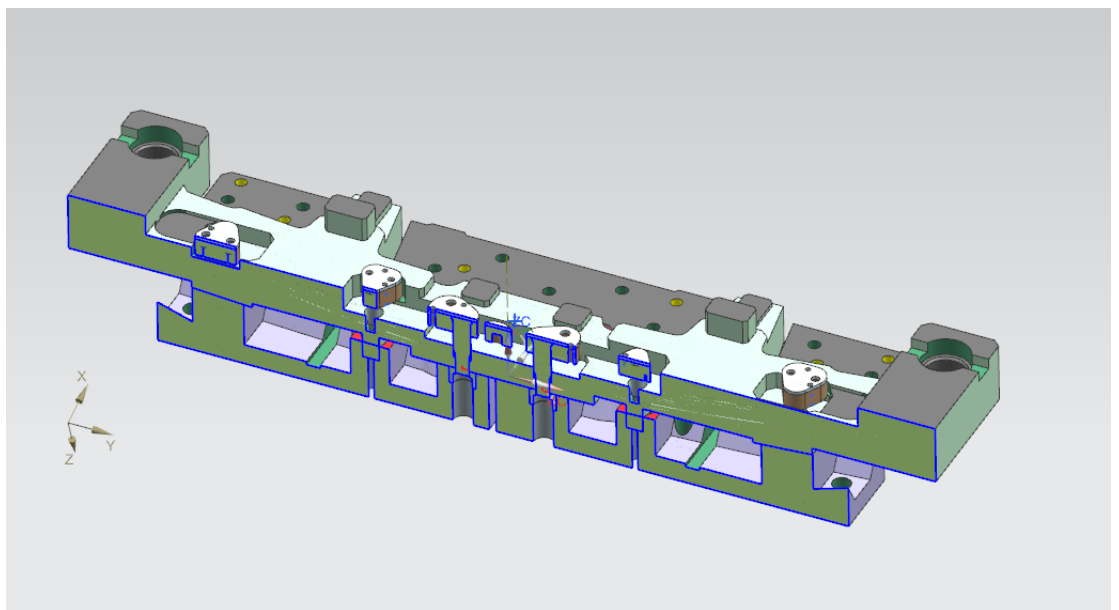


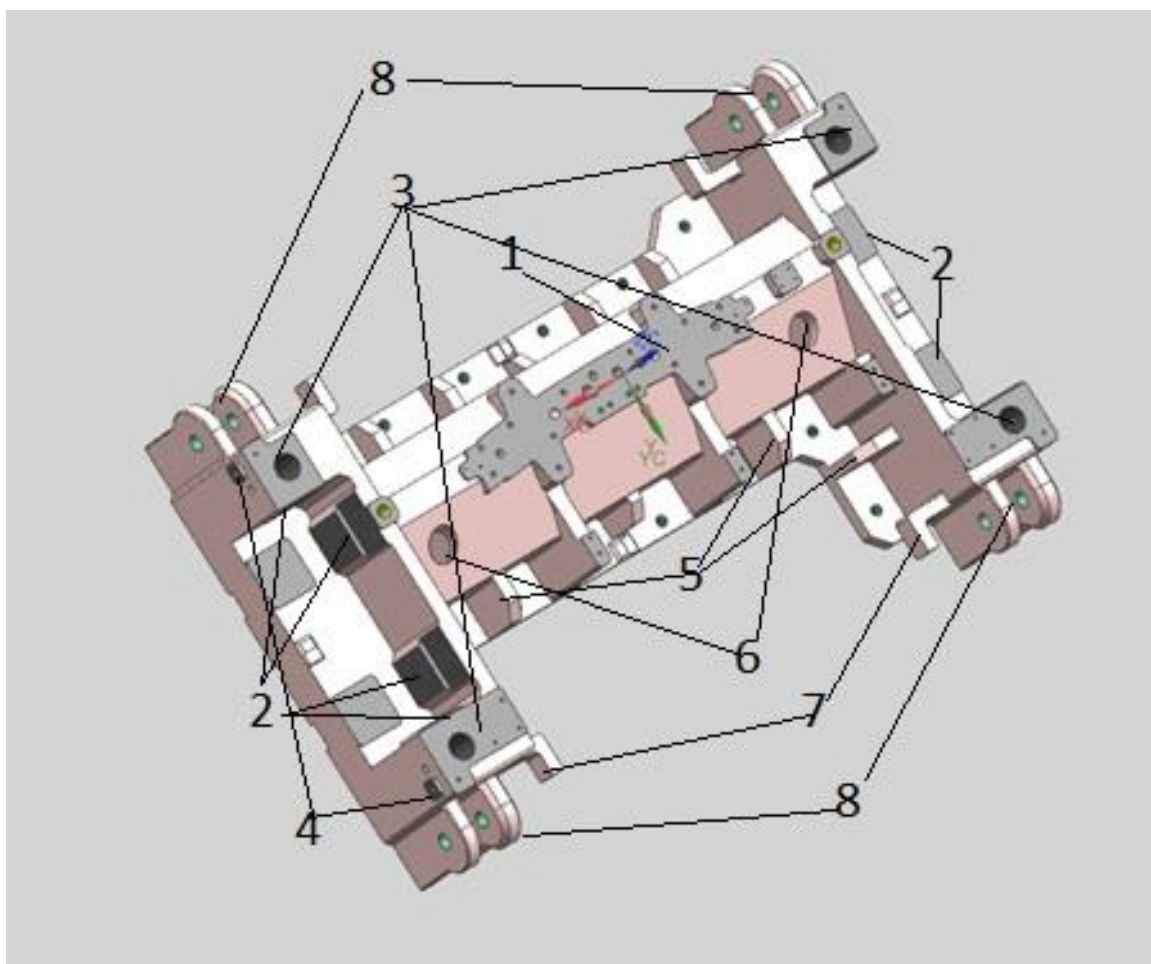
Рисунок 26 – Основные части в разрезе

### 3.2.2 Проектирование плит

После проектирования основных частей занимаются проектированием плит. К плите низа будут крепиться секции низа, а к плите верха, соответственно, секции верха. Прижим будет не закреплён к плите верха, а

будет свободно перемещаться по направлению Z благодаря направляющим колонкам. К плите верха будут прикреплены державки пуансонов, а также плитки от нитрогазовых пружин. При проектировании плит важно сначала знать, на каком прессе будет работать штамп, чтобы правильно спроектировать закрытую высоту. Значение закрытой высоты должно быть целым числом.

Начинается проектирование с плиты низа. Для начала проектируют опорную площадку под секции низа. В данном случае, площадку делают чуть меньше, чем сами секции для уменьшения трудоёмкости. По бокам площадки проектируются «уши» на которые впоследствии будут поставлены фиксаторы, которые позволят заготовке ровно лечь в штамп. Далее вытягивают тело плиты. Плита будет изготовлена методом литья. При проектировании плит опираются не только на внутренние стандарты завода-изготовителя, но и на стандарты мирового альянса. Для облегчения веса плиты, а также для уменьшения затрат на изготовление, в нижней части плиты удаляется часть материала – моделируются так называемые «карманы». Далее в карманах моделируют отверстия – это отверстия для выхода воды. Результаты моделирования плиты низа представлены на рисунках 27,28. Подписи к рисункам предоставляют всю необходимую информацию.



1 – опорная площадка под секции низа, обрабатывается с шероховатостью Ra1,6; 2 – места крепления плиток скольжения, для перемещения по ним плиты верха (здесь отметим, что скольжение будет происходить методом плитка-чугун, т. е., с каждой стороны плиты будут крепиться по 2 плитки и 2 площадки с каждой стороны будут обработаны с высокой точностью); 3 – площадки и отверстия предназначенные для установки направляющих колонок и втулок, по которым идёт движение плиты верха; 4 – площадки и отверстия для установки планок для хранения штампа в закрытом состоянии, обрабатываются с обеих сторон; 5 – рёбра жёсткости; 6 – отверстия освобождения, необходимые для уменьшения веса штампа, так же через них могут быть проведены провода к пневмоцилиндру; 7 – ограничители транспортных отверстий; 8 – транспортные элементы.

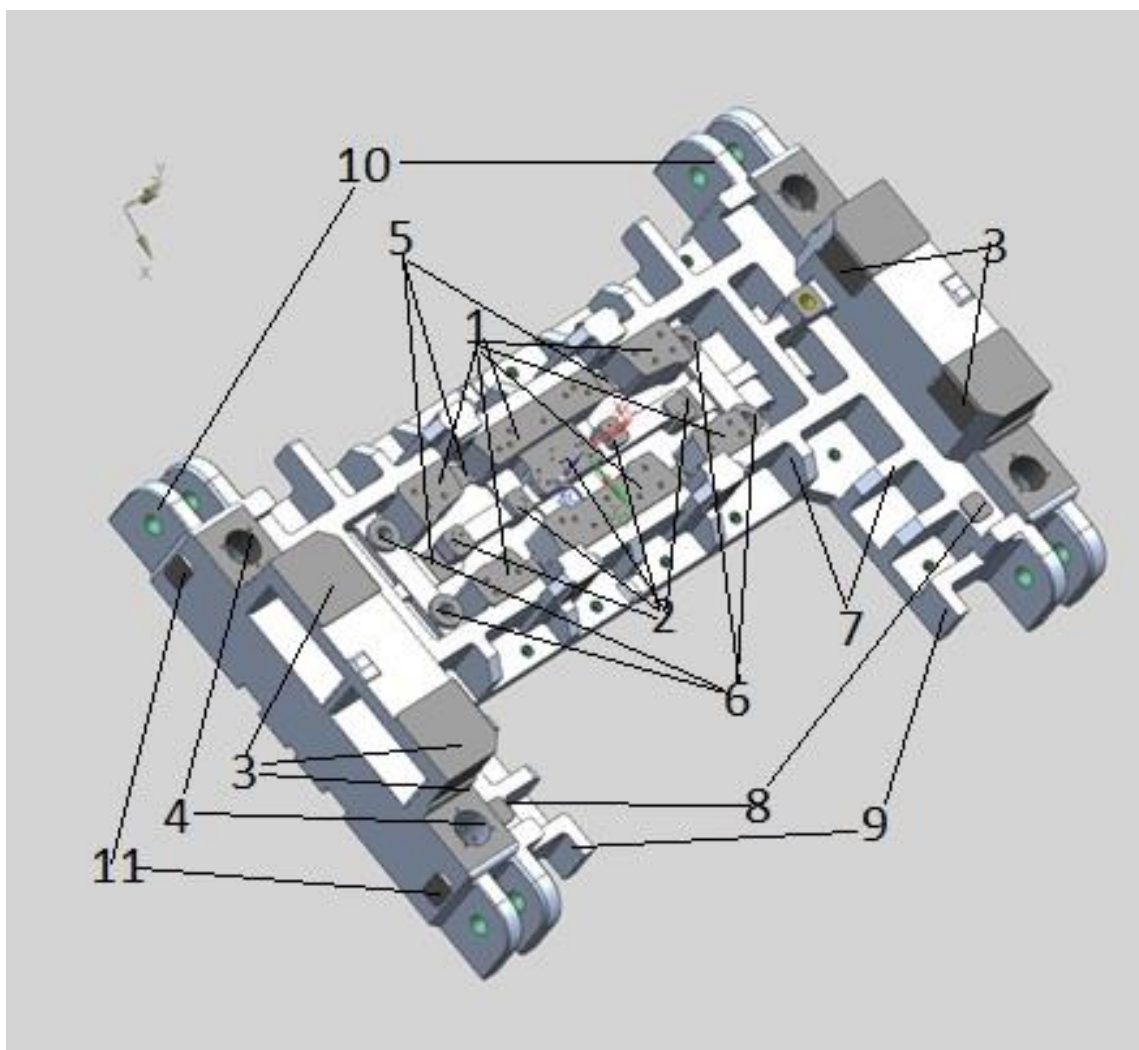
Рисунок 27 – Плита низа, вид сверху



Серым цветом выделена опорная плоскость, этой плоскостью плита низа крепится, в последствии, к плите быстрого крепления, для последующей установки на линию; 1 – места установок шпонок для крепления к плите БК, обрабатываются с шероховатостью Ra 6,3; 2 – установочные отверстия; 3 – карманы, необходимые для уменьшения материала, затрачиваемого на литьё детали, а так же для уменьшения веса штампа; 4 – сливные отверстия для воды.

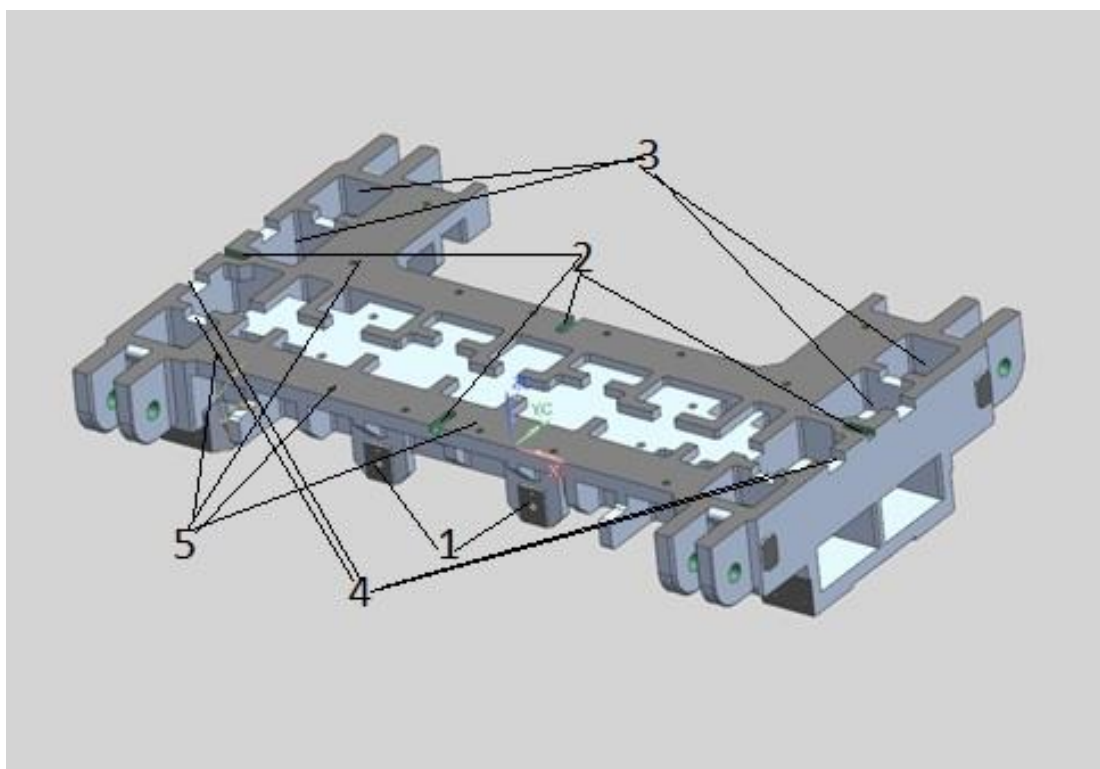
Рисунок 28 – Плита низа вид снизу

Далее приступают к моделированию плиты верх. В её форме делают углубление для прижима, а вот площадки под секции должны слегка возвышаться над внутреннем уровнем плиты. Площадки под секции, под державки пуансонов, под втулки – все они должны быть точно обработаны с шероховатостью Ra1,6. В свободных местах плита, а также с её задней стороны делают «карманы», точно так же, как и в плите низа. Результат моделирования представлен на рисунках 29,30.



1 – опорные площадки для секций верха, обрабатываются с шероховатостью Ra1,6;  
 2 – опорные поверхности под державки пуансонов; 3 – поверхности, обработанные с шероховатостью Ra1,6 для установки плиток, по которым будет производиться скольжение; 4 – площадки и отверстия для направляющих втулок и колонок; 5 – опорные площадки под установку газовых пружин; 6 – места крепления направляющих колонок; 7 – рёбра жёсткости; 8 – площадки крепления газовых пружин другого типа; 9 – ограничители транспортных элементов; 10 – транспортные «уши» с отверстиями в них; 11 – площадки для закрепления планок.

Рисунок 29 – Плита верха, вид снизу



Серым цветом выделена опорная поверхность, по которой плита крепится на плиту бк, она обрабатывается с шероховатостью Ra1,6. 1 – площадки и отверстия под втулки; 2 – полости для крепления на плиту бк при помощи шпонок; 3 – карманы, необходимые для уменьшения веса штампа; 4 – отверстия под слив воды; 5 – крепёжные отверстия.

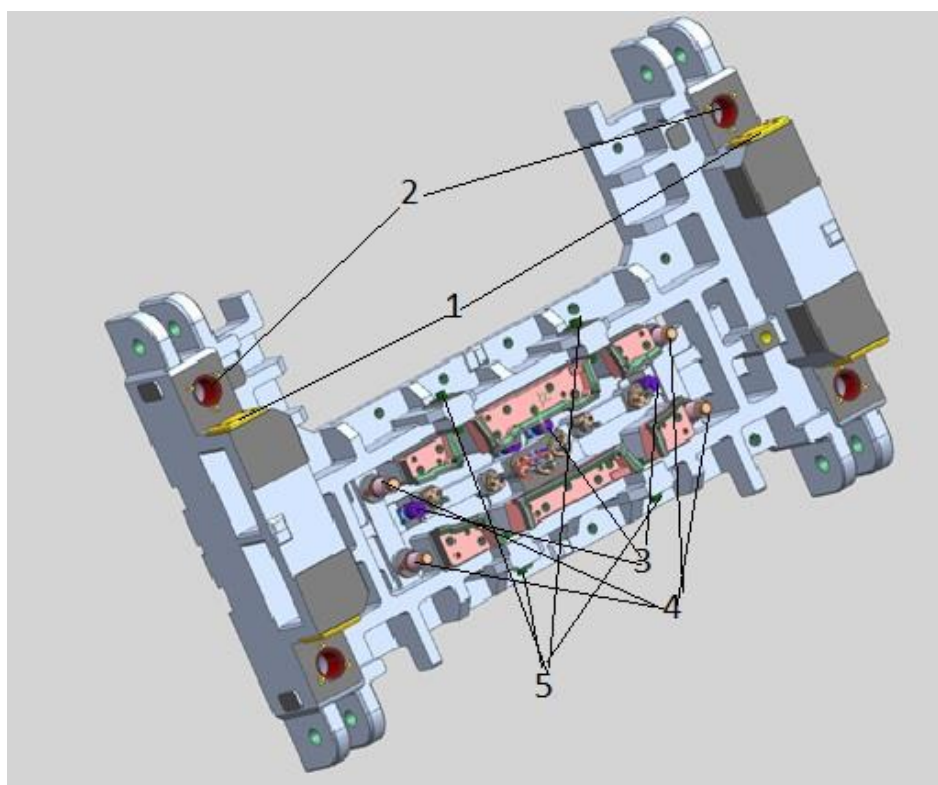
Рисунок 30 – Плита верх, вид сверху

### 3.2.3 Добавление стандартных элементов

Штамп представляет собой большую сборку, включающую себя множество разнообразных элементов. Однако лишь несколько типов деталей относятся к уникальным, меняющимся от штампа к штампу. К таким деталям относят секции верха, секции низа и прижим. Плиты верха и низа тоже считаются оригинальными деталями, проектируемыми с нуля в каждом новом проекте. Матрицы и пуансоны, в зависимости от контура пробиваемого отверстия, можно подобрать по каталогам, реже – моделировать оригинальную деталь. Такая же ситуация с некоторыми другими элементами, например с фиксаторами или планками, для них существуют нормали, но иногда необходимо проектировать оригинальную деталь.

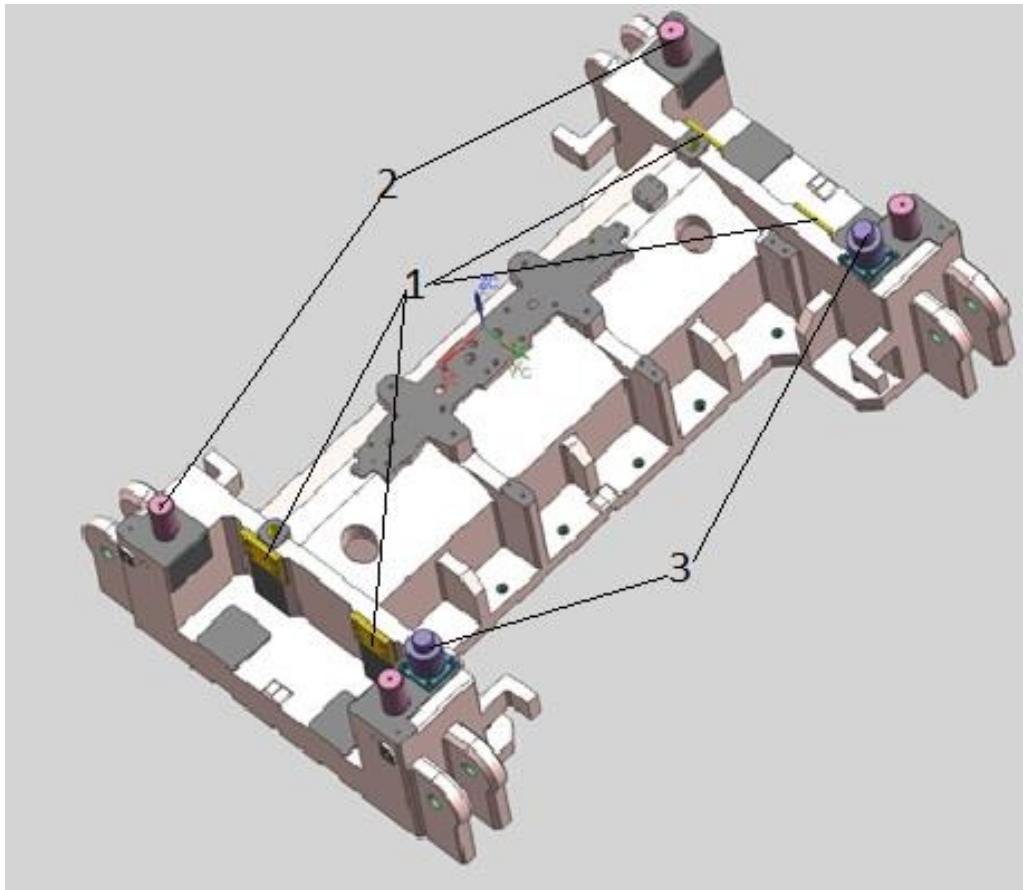


Так же в составе штампа существует другая группа деталей, которые повторяются из штампа в штамп. К таким деталям относятся, например, ограничители хода, направляющие втулки и другие. Все они одинаковы по конструкции и отличаются лишь размерами. Такие детали условно можно называть «стандартными». Большая часть этих деталей, а также пневмоцилиндр и его крепёжные и составные части, выбираются из каталогов сторонних предприятий. Но некоторая часть стандартных деталей изготавливается на заводе-изготовителе штампов, и их типы и размеры можно выбрать по внутризаводским каталогам. Все стандартные элементы группируют в элементы верха и низа (рисунок 31,32).



1 – плитки скольжения; 2 – ограничительные втулки; 3 – газовые пружины и фланцы для них; 4 – направляющие колонки и втулки; 5 – ограничительные штыри с пластинами.

Рисунок 31 – Стандартные элементы в сборке верха



1 – плитки скольжения; 2 – направляющие колонки; 3 – газовые пружина и фланцы для них.

Рисунок 32 – Стандартные изделия в сборке низа

На данном этапе в сборке штампа не хватает ещё нескольких деталей. Во-первых, это фиксаторы. Они необходимы, чтобы заготовка, прибывая в штамп с предыдущей операции, встала чётко на своё место. Их моделируют отдельно и вставляют в сборку.

Так же в сборку добавляются планки, необходимые для скрепления плиты верха и низа, для хранения штампа в закрытом состоянии (рисунок 33).



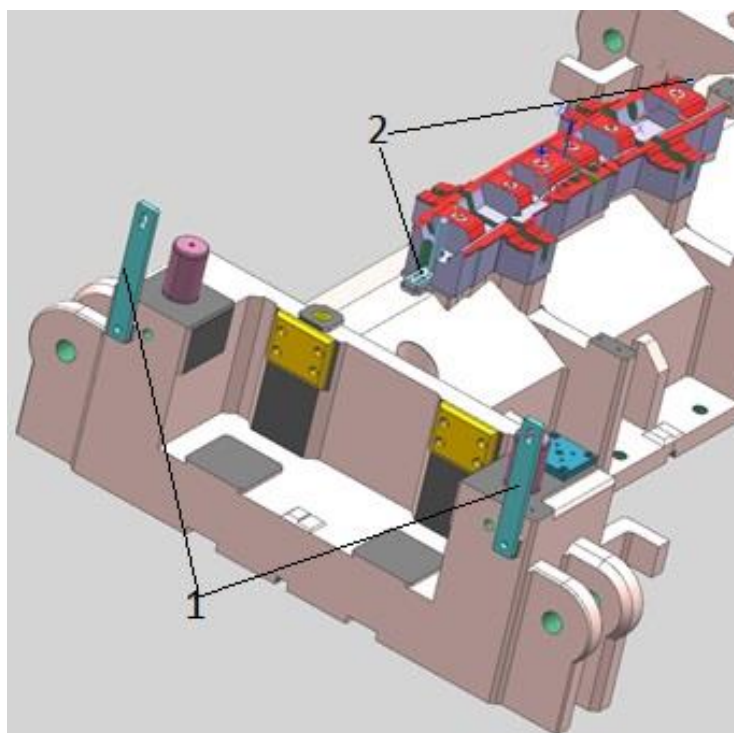


Рисунок 33 – 1 – Планки; 2 – Фиксаторы

В последнюю очередь необходимо добавить в сборку так называемый механизм сброса. В общем, механизм сброса состоит из пневмоцилиндра, который крепится на площадке плиты низа при помощи сборной опоры; вилки в сборе и поворотной вилки; шестигранника; зажимов штанги-шестигранника; опор промежуточных и концевых. Все эти элементы необходимо либо построить и добавить в сборку, либо, как в случае с пневмоцилиндром, выгрузить в сборку из электронных каталогов. Основной задачей здесь является правильно расположить данный механизм внутри штампа. На рисунке 34 представлены необходимые построения для расположения сброса.

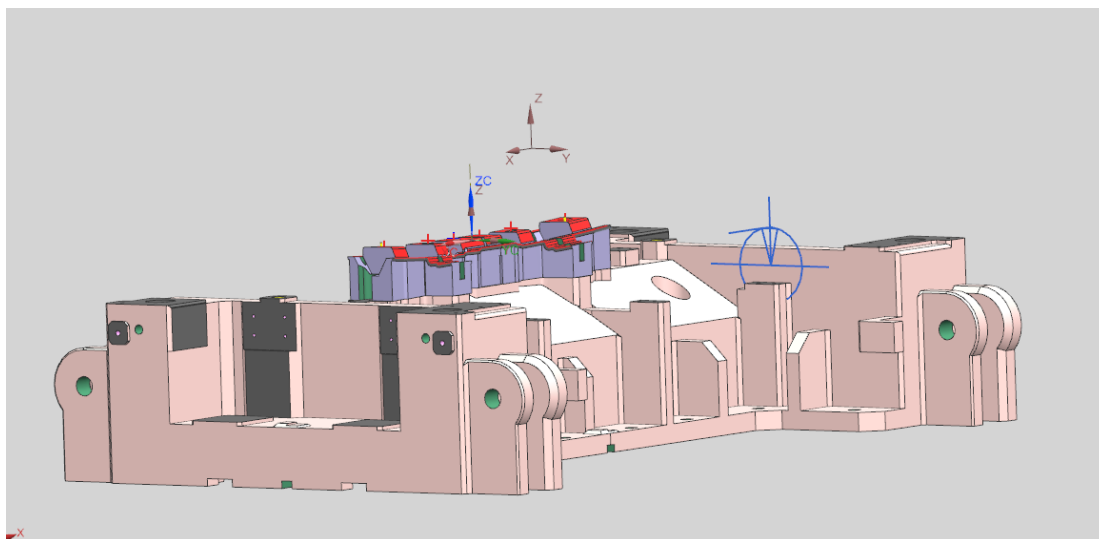


Рисунок 34 – Проектирование сброса

Для начала отмечают тот факт, что целесообразность механизма сброса определяется технологом. Им же определяются примерные места, где будут находиться сами рычаги сброса. Конструктор не имеет права что-либо менять здесь, единственное что становится возможным – расположить точку – центр шестигранника, на котором будут крепиться рычаги и опоры.

Итак, точку-центр располагают в любом месте, примерно предполагая где будет находиться центр шестигранника. После возвращаются к пневмоцилинду и выясняют его ход. В данном случае необходимым и достаточным будет считать цилиндр с ходом 50 мм. Это значит, что рычаг, который будет толкать пневмоцилиндр, будет иметь ход движения 50 мм. Причём, угол проворота рычагов сброса регламентируется стандартами предприятия, этот угол должен иметь значение в диапазоне 25-30 градусов. На рисунке 35 представлена подробная схема механизации сброса в данном штампе [24].

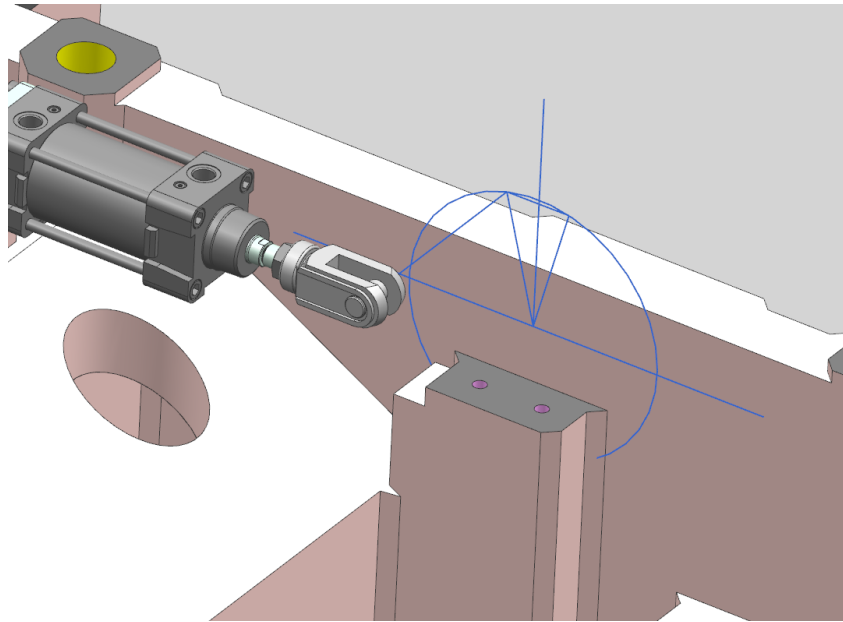


Рисунок 35 – Схема механизации

В данном случае получилось, что угол сброса равен 29 градусам.

Теперь, зная центр шестигранника, на котором будут крепиться прочие элементу конструкции сброса, достраивают все оставшиеся части механизации (рисунок 36).

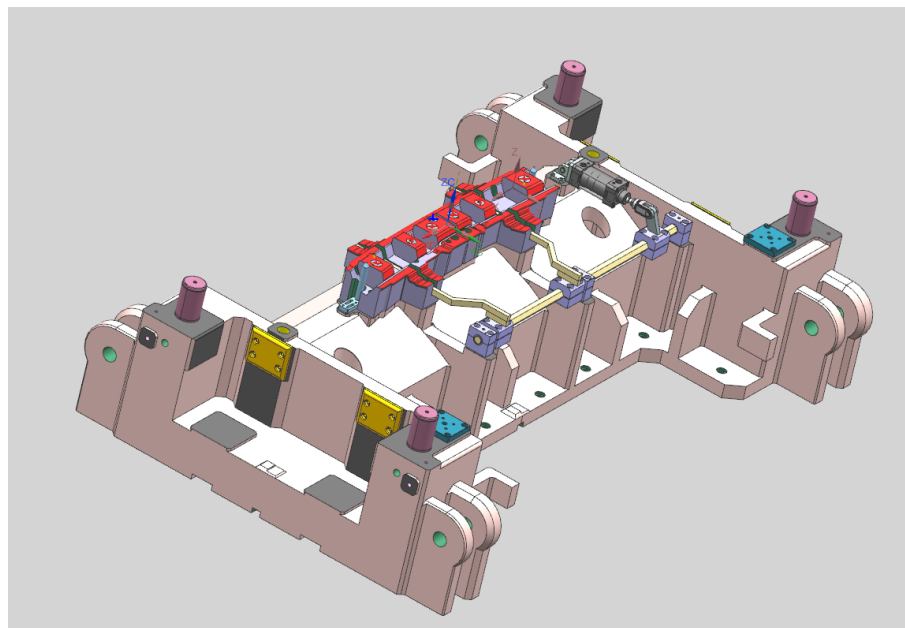


Рисунок 36 – Сброс в составе штампа

Последним этапом в проектировании штампа, будет добавление в сборку плит быстрого крепления, на которых штамп будет стоять в рабочей линии. Эти плиты нормализованы, поэтому их подгружают в сборку из каталога (рисунок 37).

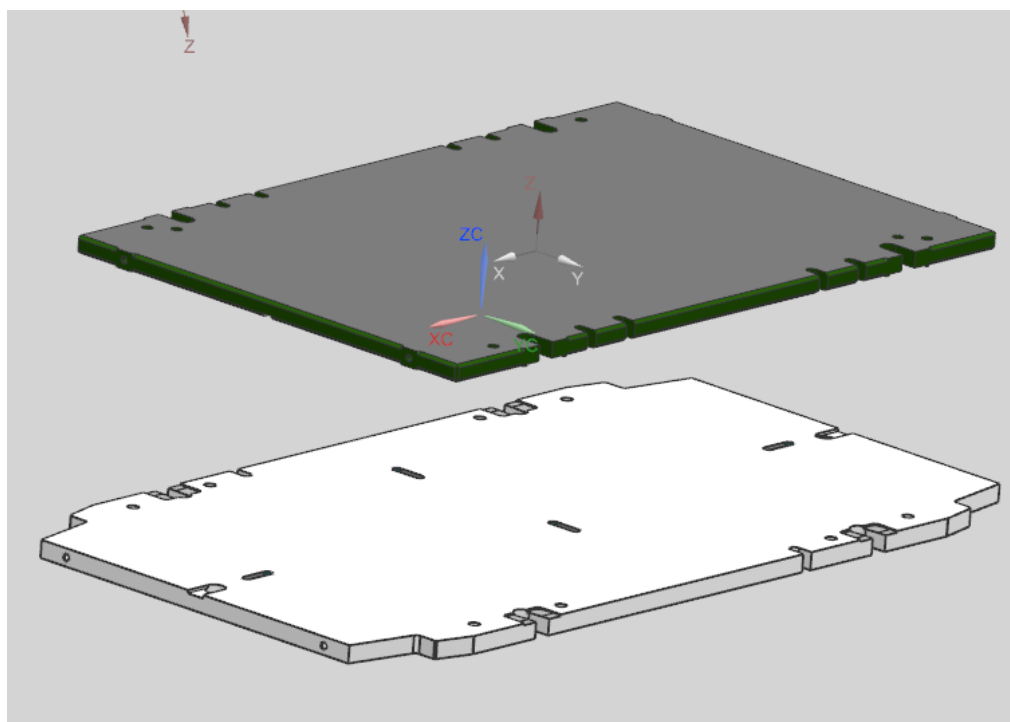


Рисунок 37 – Плиты бк

Теперь сборка считается законченной [20]. Штамп в закрытом состоянии представлен на рисунке 38. На рисунке 39 представлен пакет деталей низа штампа совместно с пуансонами и державками. На рисунке 40 представлен, соответственно, пакет деталей верха штампа, но без пуансонов и державок. На рисунках 41 и 42 представлены разрезы штампа в закрытом состоянии по осям  $Y$  и  $X$  соответственно.



Рисунок 38 – Штамп обрезаки

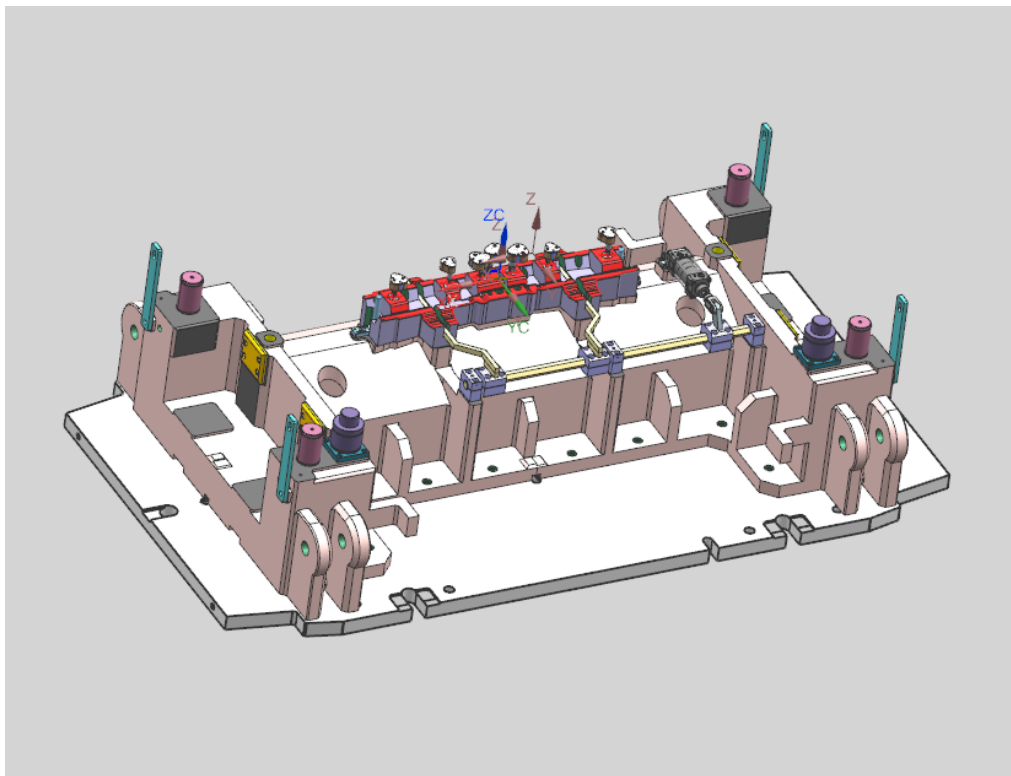


Рисунок 39 – Низ штампа совместно с пуансонами и державками

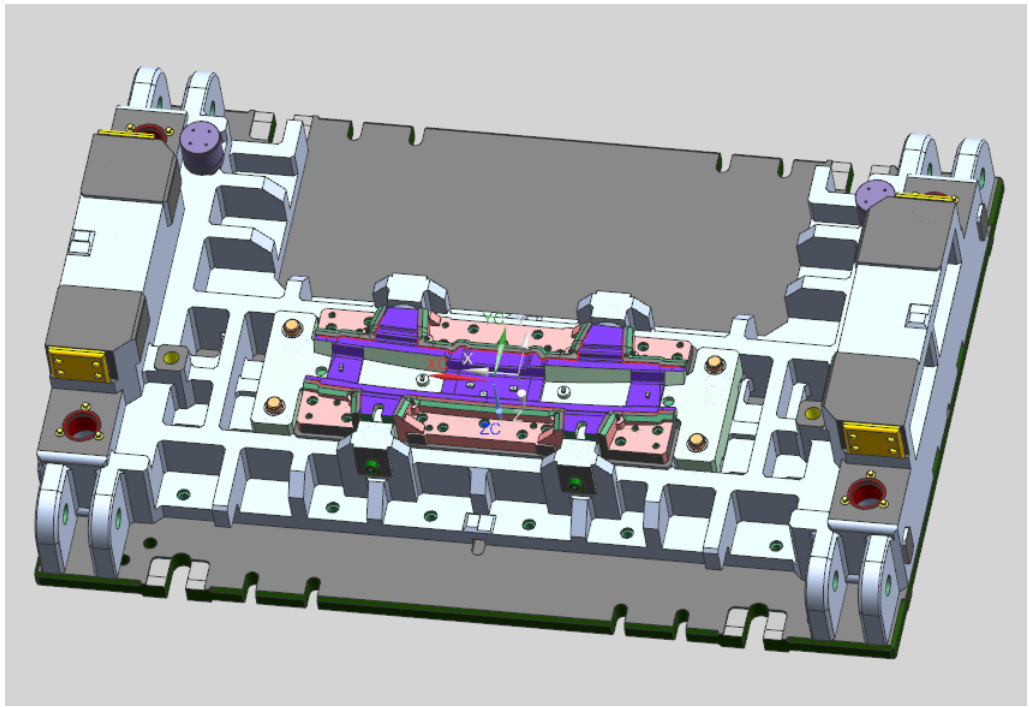


Рисунок 40 – Верх штампа

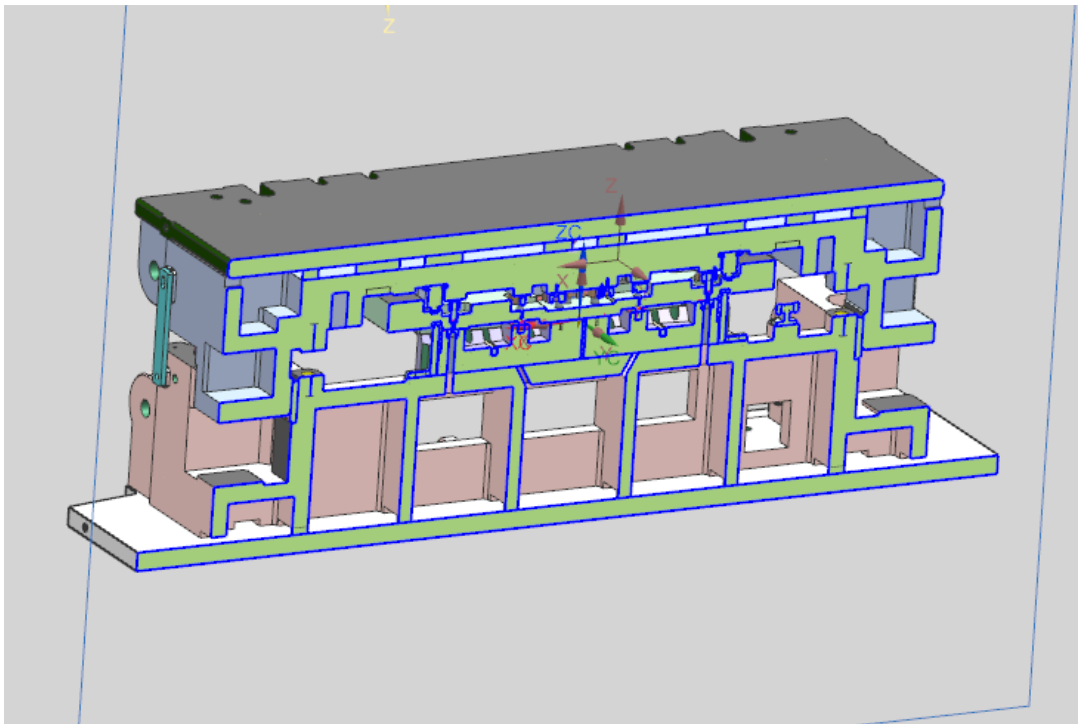


Рисунок 41 – Штамп обрезки в разрезе по оси Y

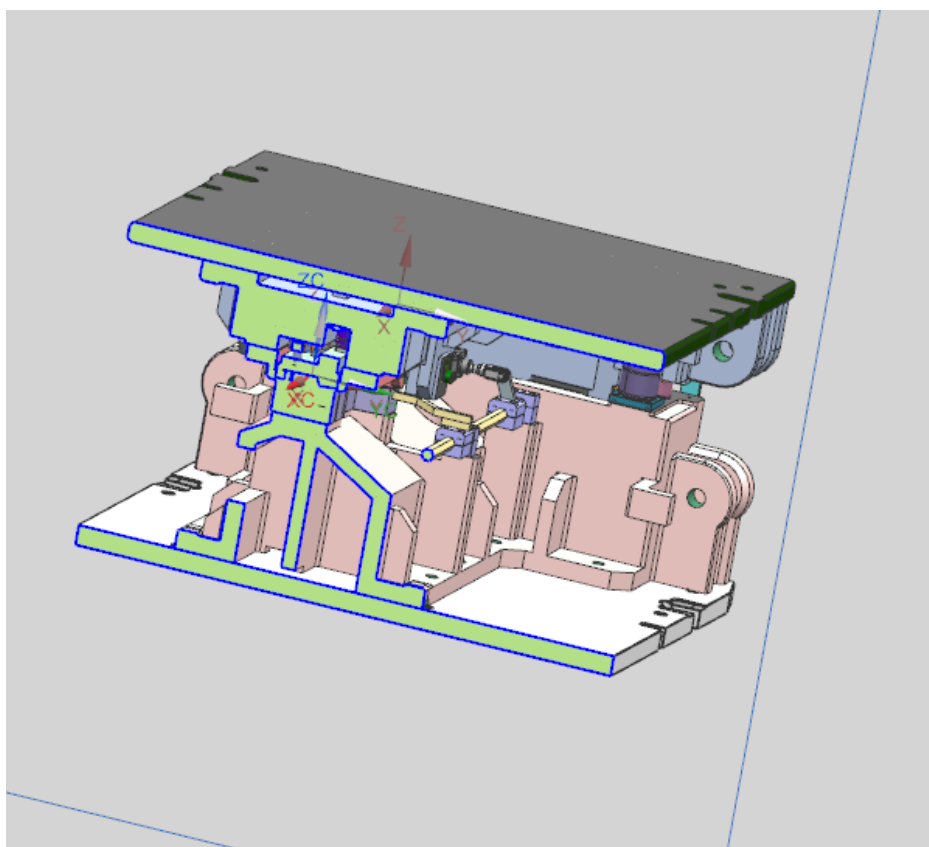


Рисунок 42 – Штамп обрезки в разрезе по оси X

Последнее что делается перед сдачей штампа – это приводят в порядок дерево построения. Каждой детали, узлу и подборке присваивают правильное имя и порядковый номер (обычно это код штампа). Детали и узлы распределяют по двум большим подборкам – детали верха и детали низа. Важным замечанием является то, что наименование деталей должно происходить на английском языке, во избежание ошибок при трансляции файлов в другие САПР (рисунок 43).

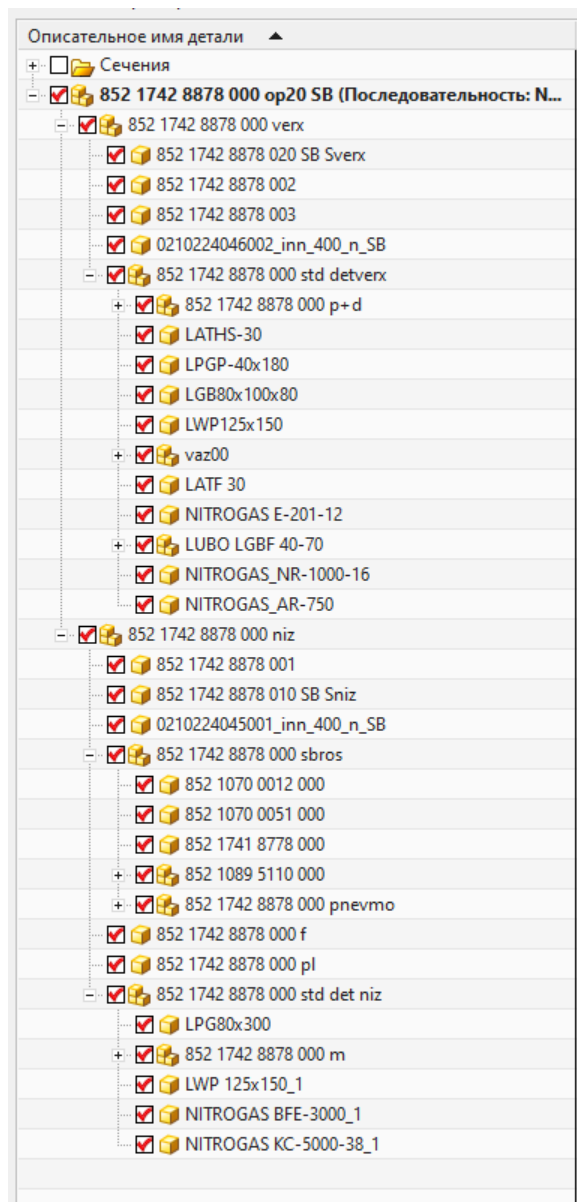


Рисунок 43 – Дерево построения

В данном разделе была рассмотрена проектная среда программы NX. В данной среде была спроектирована сборка штампа обрезки, подробный алгоритм которой рассмотрен выше. Последовательное описание действий подкреплено рисунками, на которых наглядно представлен алгоритм проектирования.



## 4 Проведение эксперимента для оценки прочности детали в программной среде «ANSYS»

### 4.1 Анализ ANSYS и возможностей программы

Программа ANSYS относится к программам инженерного анализа – САЕ. На рисунке 44 представлен внешний вид лого программы.



Рисунок 44 – Стартовое окно программы ANSYS

САЕ-системы – это программы или пакеты программного обеспечения с помощью которых можно проводить расчёты различных анализов, а так же производить симуляцию физических процессов как для твёрдых объектов, так и для объектов поверхностного моделирования. Эти программы в основном помогают смоделировать поведение объекта в тех условиях, в которых объект предлагается к эксплуатации. При помощи САЕ-программ можно провести такие виды анализов, как например, прочностной анализ компонентов и узлов на основе метода конечных элементов или различные кинематические исследования и многое другое. Именно поэтому САЕ-программы широко используются во многих отраслях машиностроения.

В отрасли автомобилестроения наиболее популярный вариант использования CAE-программ – это так моделирование так называемых «краш»-тестов – поведение автомобиля в различных аварийных ситуациях. В других отраслях машиностроения CAE-программы используются для расчёта конструкций различных типов на прочность, распределения температур и многих других анализов.

Программа ANSYS является одной из самых популярных CAE-программ, а так же она обладает самым полным комплексом различных элементов для проведения самых разнообразных анализов. Всю многоцелевую программу можно условно разделить на подмножество модулей.

ANSYS/Multiphysics – это самый мощный многоцелевой продукт компании, который позволяет проводить расчётные исследования не только на прочность, распространение тепла или электромагнетизм, но и решать связанные задачи.

ANSYS/Mechanical обеспечивает решение сложных задач прочности конструкции, теплопередачи и акустика, а так же проверку их правильности. С помощью неё можно определить перемещения, напряжения, усилия, температуру, давление и ряд других важных параметров.

ANSYS/Structural используется для точного моделирования поведения больших и сложных моделей. Модуль выполняет сложный прочностной анализ конструкций с учётом разнообразных нелинейностей.

ANSYS/LinearPlus представляет собой более дешёвый вариант пакета ANSYS/Mechanical.

ANSYS/Thermal – это самостоятельная, отдельная программа, тоже отпочковавшаяся от пакета ANSYS/Mechanical, для решения тепловых стационарных и нестационарных задач.

ANSYS/PrePost является программой, которая обеспечивает быстрое и удобное построение конечно-элементных моделей.

ANSYS/ED представляет собой программу, обладающую возможностью расчетного кода ANSYS/Multiphysics, но имеющую ограничения по размерам расчетной модели. Этот доступный пакет является идеальным для обучения и подготовки персонала.

Так же программа имеет ряд автономных программ [5].

Преимущество программы состоит ещё и в том, что она может обмениваться данными с большим количеством CAD-программ. «Тяжёлые» САПР, такие как CATIA или NX имеют встроенные модули интеграции с ANSYS, а так же есть возможность сохранения проекта в формате, поддерживаемом программой ANSYS.

## 4.2 Выполнение оценки прочности детали с помощью статического анализа

В качестве примера работы программы проводится эксперимент оценку прочности деталей. Эксперименту будут подвержены рабочие части штампа – выбранные случайным образом секции верха [2].

После запуска программы ANSYS заходят в модуль «Static Structural» (рисунок 45).

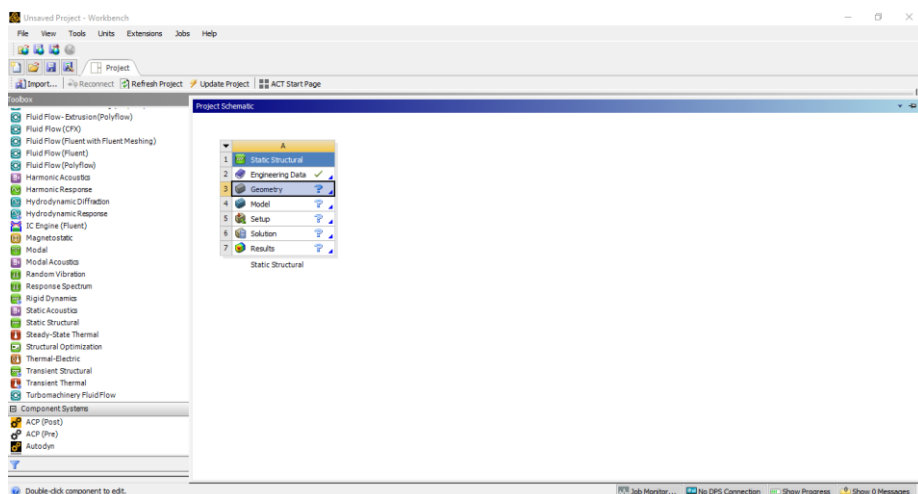


Рисунок 45 – Стартовый интерфейс программы ANSYS

Подгружают в модуль геометрию, которая, предварительно, должна быть загружена в формате «.igs». Данный формат сохраняет 2D или 3D модель в соответствии со стандартами Initial Graphics Exchange Specification (IGES) для последующего обмена данными между различными системами автоматизированного проектирования. И NX и ASYS позволяют не только сохранять файлы в данном формате, но и открывают и работают с ним.

После открытия файла переходят в рабочий модуль (рисунок 46).

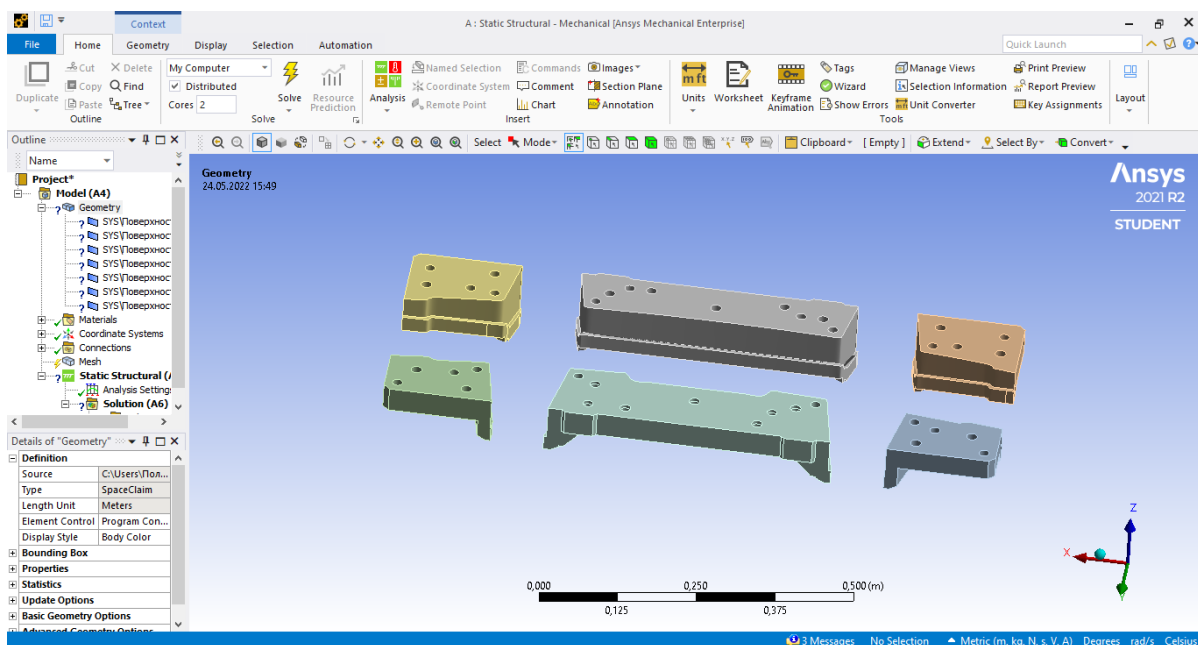


Рисунок 46 – Интерфейс «Model» с подгруженными секциями

Для демонстрации эксперимента выбирается секция случайным образом. Остальные секции необходимо либо скрыть в программе, либо вообще удалить из неё. Это делается для облегчения работы и ускорения расчётов (рисунок 47).

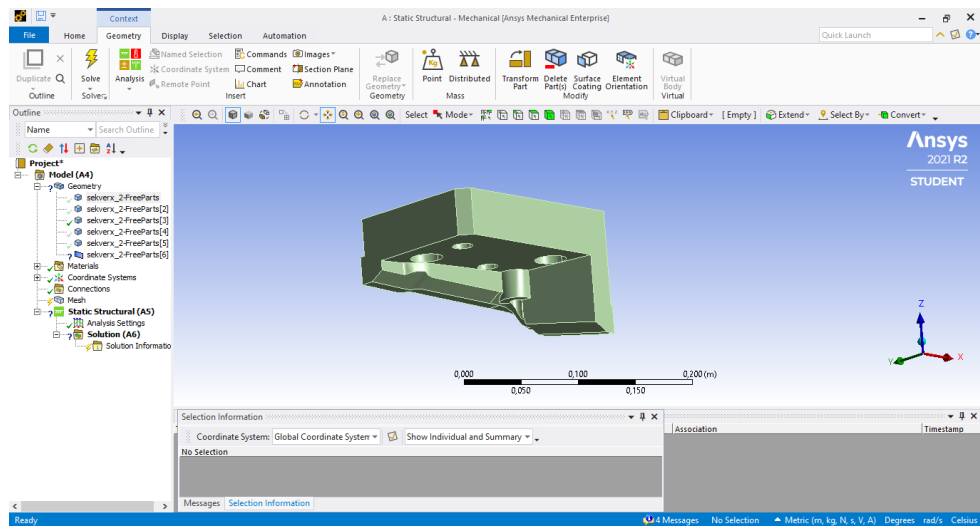


Рисунок 47 – Выбор рабочего элемента

Для проведения эксперимента необходимо построить сетку «Mash». Для начала будут использованы стандартные настройки, которые предлагает программа (в студенческой версии программы могут быть различные ограничения). В настройках меню сетки можно изменять любым образом размеры ячеек сетки, а так же, при необходимости, выбирать области модели, где сетка будет более уплотнённой (рисунок 48).

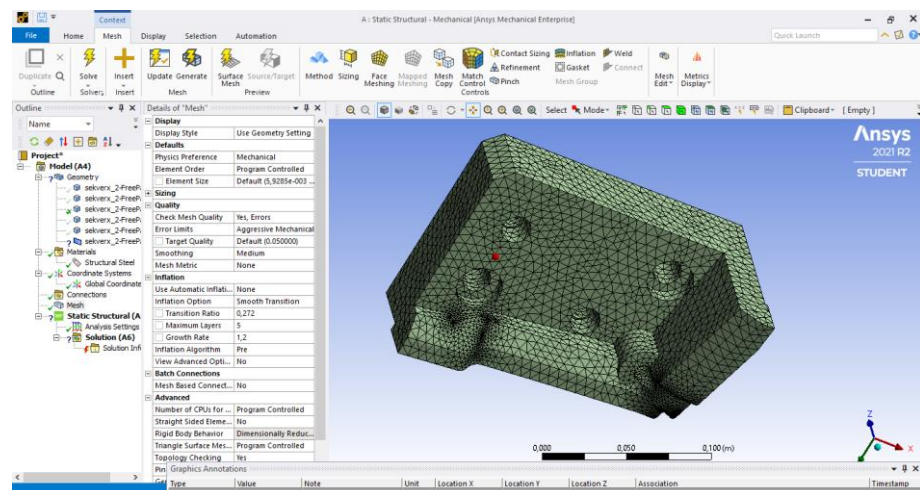


Рисунок 48 – Наложение сетки «Mash» на рабочий элемент

Секция верха крепится к плите верха при помощи винтов и штифтом. Исходя из этого, программе будут заданы условия, что винтовые и штифтовые отверстия зафиксированы в пространстве. Так же так же в пространстве фиксируется и верхняя плоскость секции (рисунок 49).

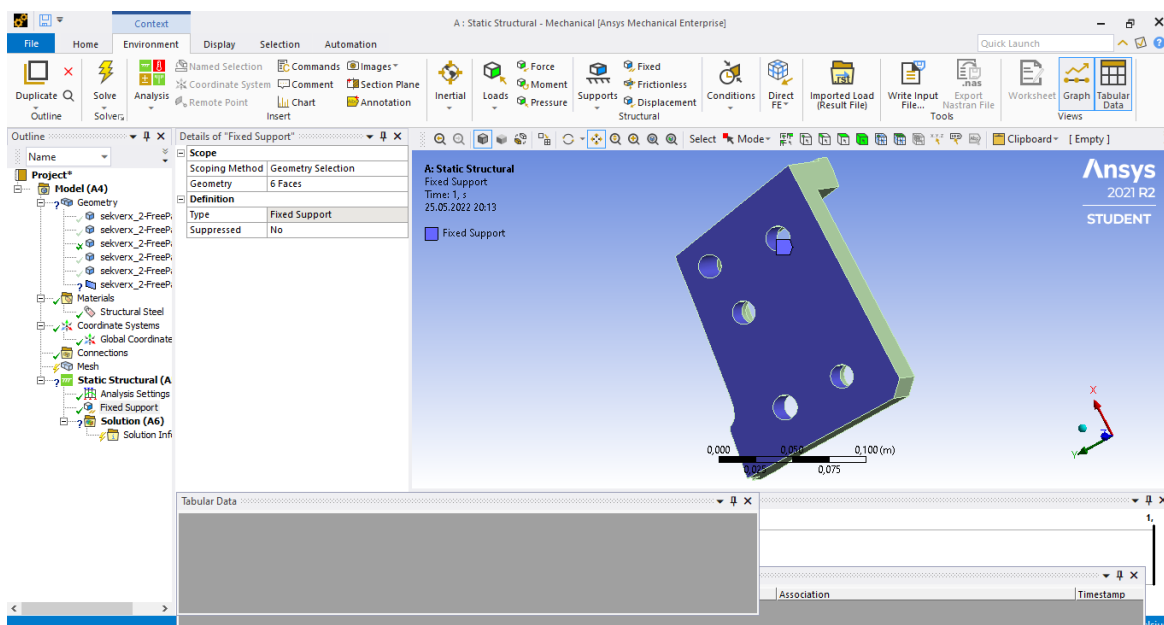


Рисунок 49 – Фиксация рабочего элемента в пространстве

Теперь необходимо приложить усилия. Предполагается, что некоторая сила действует на режущие кромки секции по оси Z, значение силы 88000 N. Программе задаются необходимые условия, и кнопкой Solve запускается расчёт. Для демонстрации эксперимента результаты выводят в виде «Total Deformation» и «Equivalent Stress». В данном случае получилось так, что заданные ранее стандартные размеры сетки слишком малы и студенческой версии программы не хватает для подсчёта результатов. Устанавливают новое значение сетки – 1 мм, и обновляют её. Для демонстрации результатов активируют кнопку «Evaluate all result». Полученные результаты показаны на рисунках 50,51.

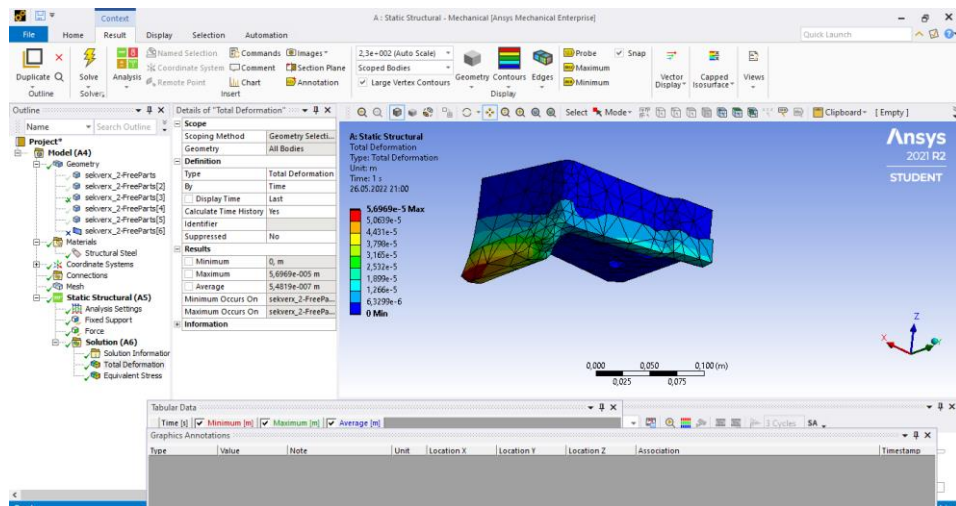


Рисунок 50– Демонстрация результатов эксперимента «Total Deformation»

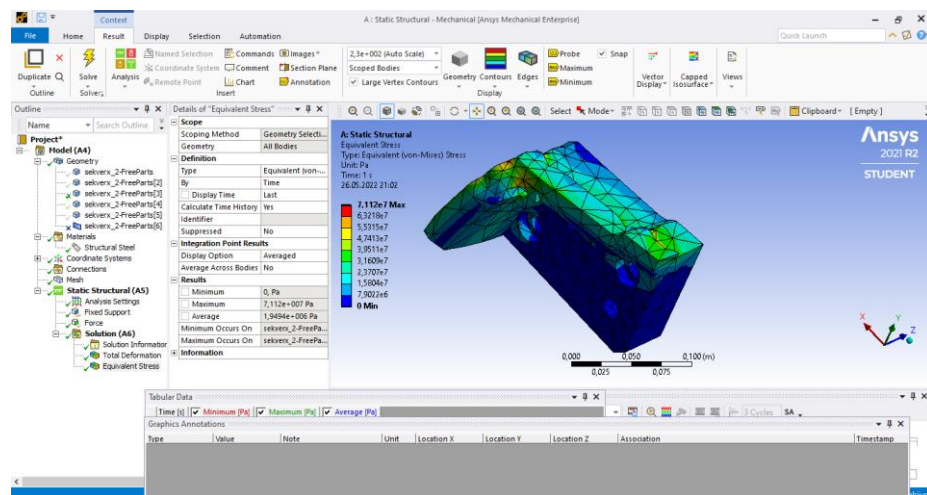


Рисунок 51 – Демонстрация результатов эксперимента «Equivalent Stress»

В данном разделе были продемонстрированы программная среда САЕ-программы ANSYS. Над случайно выбранной деталью был проведён эксперимент на оценку её прочности при заданных нагрузках.



## Заключение

В данной магистерской диссертации был рассмотрен процесс проектирования штамповой оснастки, а именно штамп обрезки. В ходе выполнения работы были проанализированы следующие пункты:

1. Виды холодной штамповки. Была составлена актуальная классификация видов холодной листовой штамповки по группам;

2. Оборудование для холодной штамповки. Были рассмотрены различные виды оборудования, применяемого на операциях холодной листовой штамповки, а так же произведена систематизация данных видов;

3. Были исследованы виды штампов, составлена их классификация по различным признакам, таким как, например, технологическому, конструктивному и эксплуатационному;

4. Рассмотрены и проанализированы составляющие части штампов;

5. Рассмотрен программный продукт Siemens «NX». Приведён алгоритм подробного построения штампа обрезки в среде «NX» с использованием модуля «модель». Алгоритм описывает как построение оригинальных частей штампа, так и работу со сборкой, в том числе добавление покупных изделий;

6. Над готовыми частями штампа проведён эксперимент для оценки их прочности. Эксперимент производился в программе «ANSYS»

Результатом данной магистерской диссертации стала электронная модель сборки штампа обрезки для детали «балка крыши передняя». Электронная модель содержит достаточное количество информации для её непосредственного изготовления и ввода в эксплуатацию.



## Список используемых источников

1. Берлинер Э. М. САПР технолога машиностроителя [Электронный ресурс] : учебник / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. - Москва : Форум : ИНФРА-М, 2015. - 336 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-043-6.
2. Бруйка В. А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ./ В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар. гос. ун-т, 2010. – 271 с.: ил.
3. Гончаров П.С. и др. NX для конструктора-машиностроителя // Коршиков С.Б., Гончаров П.С., Ельцов М.Ю., Лаптев И.В., Осюк В.А. М.: ДМК Пресс, 2010. — 504 с.
4. Данилов Ю., Артамонов И. Практическое использование NX. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 332 с. — ISBN 978-5-94074-717-8.
5. А.В. Жидков Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования [Электронный ресурс]: URL.: <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/1.pdf> (дата обращения: 23.04.2022).
6. Мещерин В.Т. Листовая штамповка. Атлас схем. Учебное пособие для вузов. Изд. 3-е, испр. И доп. М., «Машиностроение», 1975 – 12 с.
7. Почекуев Е. Н. Проектирование в SIEMENS NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти : ТГУ, 2014. - 230 с. : ил. - Библиогр.: с. 228.
8. Скворцов, Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструкция и расчеты / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.

9. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструкция и расчеты. Подготовительные работы / Г. Д. Скворцов. – М.: Машиностроение, 1972. – 300 с.
10. Смолин Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2007. 72 с.
11. Схиртладзе, А. Г. Автоматизированное проектирование штампов: учебное пособие ...: Изд во Владим. Гос. Ун та, 2007. 284 с.
12. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении/ Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, А. Ф. Прохоров и др.; под общ.ред. Ю. М. Соломенцева, В. Г. Митрофанова. М.: Машиностроение, 1986. - С. L
13. Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4. Листовая штамповка/ Под ред. А.Д. Матвеева; Ред. Совет: Е.И. Семенов (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение, Москва, 1985 – 1987. – 544 с.
14. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 336 с.
15. РТМ 37.002.0241–77. Конструирование штампов листовой штамповки. Ч.1. – Листовая штамповка [текст]. – Введ. 1977 – 20 – 10; М.: Специализированный информационный центр по технологии автомобилестроения, 1995. – 163 с.
16. РТМ 37.002.0241–77. Конструирование штампов листовой штамповки. Ч.2. – Листовая штамповка [текст]. – Введ. 1977 – 20 – 10; М.:111 Специализированный информационный центр по технологии автомобилестроения, 1995. – 180 с.
17. САПР в технологии машиностроения /Митрофанов В.Г., Калачев О.Н., Схиртладзе А.Г. и др. Ярославль: Ярославский ГТУ, 1995.
18. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. Ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 48 с.

19. Эксплуатация и обслуживание оборудования и технологической оснастки для листовой штамповки: Справочник / Под ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1984. – 300 с.
20. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ // П.С.Гончаров, И.А.Артамонов, Т.Ф.Халитов и др. М.: ДМК Пресс, 2012.
21. ГОСТ 13130—83. Штампы для листовой штамповки. Блоки. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 5 с.
22. Ibrahim Alenezi Effects of Heat Treatment on the Corrosion Behavior of ASTM A-36 Steel [Электронный ресурс] : Engineering, Technology & Applied Science Research (ETASR) Vol. 10 No. 1 (2020): February, 2020 <https://etasr.com/index.php/ETASR/issue/view/61> (дата обращения: 20.03.2022)
23. Matías Pacheco Diego, Celentano Claudio García-Herrera Julio, Méndez Fernando Flores // Numerical simulation and experimental validation of a multi-step deep drawing process, International Journal of Material Forming, March 2017, Volume 10, Issue 1, pp 15–27
24. P. A. Simionescu // MeKin2D: Suite for Planar Mechanism Kinematics, EASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference Volume 5B: 40th Mechanisms and Robotics Conference Charlotte, North Carolina, USA, August 21–24, 2016.
25. Shah, J.J. Parametric and feature-based CAD/CAM: concepts, techniques, and applications.: Wiley, New York. 2001. – 195с.
26. Design rules for the “handling” function of tooling or press tooling elements (EM24.02.031) 01/2007, P. Granier, sce 65307
27. Siemens PLM Software. NXOpen API Help [Электронный ресурс]: URL.: <http://www.siemensplm.com>. (дата обращения 24.05.2021).
28. Press tooling. General design guidelines. (GE24-040R) 03/2005, D. Couratin.
29. Press tooling. Handling the tooling. (EM24.50.400) 04/2011, P.Moulinier.

30. Press tooling. Tool for trimming, cutting out, punching. Basics on design. (GE24-070R), 05/2008, D. Couratin.

СЕРИЯ МК-1391, № 021

# СЕРТИФИКАТ

НАСТОЯЩИМ УДОСТОВЕРЯЕТСЯ, ЧТО

**ПОЛЯКОВА ВАЛЕРИЯ ИГОРЕВНА**

МАГИСТРАНТ

ФГБОУ ВО «ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АВТОР НАУЧНОЙ РАБОТЫ:

«РАЗРАБОТКА ШТАМПА ОБРЕЗКИ ДЕТАЛИ «БАЛКА КРЫШИ ПЕРЕДНЯЯ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО

ОБЕСПЕЧЕНИЯ «SIEMENS NX» ПО СТАНДАРТУ «RENAULT-NISSAN»»

ПРИНЯЛ(-А) УЧАСТИЕ В МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«БОЛЬШАЯ СТУДЕНЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ»

ДИРЕКТОР МЦНС

«НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ»

К.Э.Н.ГУЛЯЕВ Г.Ю.

**НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ**  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА



5 МАЯ 2022 ГОДА,

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ,

ГОРОД ПЕНЗА



SCIENCE AND  
EDUCATION