

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы автоматизированного проектирования в машиностроении
(профиль)

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Разработка метода ускоренного проектирования штампов для
поточных автоматических линий в системе NX

Студент(ка)

Н.В. Павелкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н. Е.Н. Почекуев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

к.т.н., доцент Е.Н. Почекуев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
1 Состояние вопроса, актуальность	10
1.1 Поточные автоматические линии листовой штамповки	10
1.1.1 Классификация деталей, изготавливаемых многопозиционной штамповкой	13
1.1.2 Технологические процессы штамповки на поточных автоматических линиях	16
1.1.3 Штампы для поточных автоматических линий	20
1.2 Анализ существующих методов проектирования штампов	24
1.2.1 Традиционное неавтоматизированное проектирование	24
1.2.2 Автоматизированное проектирование	26
1.3 Классификация САПР листовой штамповки.....	31
1.4 Выявление недостатков автоматизированного проектирования штампов с помощью мастер-процессов.....	35
1.5 Задачи работы	36
2 Создание электронных моделей деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» и схемы их технологических переходов в приложении «Мастер проектирования штампов»	37
2.1 Технологический процесс изготовления деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый»	38
2.2 Определение энергосиловых параметров штамповки	41
2.2.1 Расчет энергосиловых параметров операции «Резка заготовок»..	41
2.2.2 Расчет энергосиловых параметров операции «Вытяжка»	43

2.2.3	Расчет энергосиловых параметров операции «Обрезка 1-я и пробивка».....	45
2.2.4	Расчет энергосиловых параметров операции «Обрезка 2-я».....	46
2.2.5	Расчет энергосиловых параметров операции «Правка»	47
2.2.6	Расчет энергосиловых параметров операции «Разрезка и пробивка».....	48
2.2.7	Определение суммарного усилия	49
2.3	Выбор оборудования	50
2.4	Определение центра давления штампов	55
2.5	Анализ геометрии электронных моделей, устранение дефектов.	59
2.6	Создание электронных моделей деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» и их полуфабрикатов после каждой операции	62
2.7	Определение формы и размеров исходной заготовки, анализ утонений, напряжений и деформаций	66
2.8	Создание схемы технологических переходов в приложении «Мастер проектирования штампов»	74
2.8.1	Задание промежуточных состояний.....	79
2.8.2	Инициализация проекта.....	83
2.8.3	Генерация заготовки	85
2.8.4	Компоновка полосы	86
2.8.5	Управление станциями	88
3	Создание базы данных типовых узлов и деталей и их регистрация	91
4	Создание параметризованного блока штампа и его регистрация	103

5	Разработка конструкции штамповой оснастки для деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» в приложении «Мастер проектирования штампов» системы NX	110
5.1	Загрузка параметризированного пакета штампа в электронную схему технологических переходов	110
5.2	Настройки проектирования штампов	111
5.3	Проектирование рабочих частей штампа.....	112
5.4	Загрузка типовых узлов и деталей из созданной базы данных.	116
5.5	Проектирование карманов.....	116
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	119
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	121

ВВЕДЕНИЕ

Холодная листовая штамповка является одним наиболее широко распространенных, прогрессивных и высокопроизводительных технологических методов производства в машиностроении. Листовой штамповкой можно изготавливать большую номенклатуру самых разнообразных плоских и пространственных деталей, используя в качестве исходной заготовки листовой материал (полосу, ленту, лист) [1].

Листовая штамповка находит применение во всех отраслях производства, связанных с изготовлением металлических деталей. К числу достоинств холодной листовой штамповки, обеспечивающих все возрастающее ее применение в промышленности, можно отнести следующее [1]:

1. Возможность изготовления деталей с минимальной металлоемкостью, которую нельзя получить другими способами металлообработки (возможна даже безотходная штамповка).

2. Высокая точность штампуемых деталей, обеспечивающая их взаимозаменяемость.

3. Хорошее качество поверхности отштампованных деталей, что наряду с высокой точностью позволяет полностью исключить или свести к минимуму обработку резанием.

4. Возможность получения различных и оптимальных механических свойств на разных участках деталей, получаемых штамповкой.

5. Возможность получения стойких и твердых, но легких по массе деталей и конструкций из них.

6. Приспособляемость к масштабам производства.

7. Низкое потребление энергии.

8. Сравнительно высокая производительность труда, даже при ручной подаче заготовок.

9. Сравнительная простота механизации и автоматизации процессов листовой штамповки.

10. Низкая себестоимость изделий.

Наибольший результат от использования технологии листовой штамповки обеспечивается за счет использования комплексных решений технологических задач абсолютно на всех стадиях подготовки производства.

В листовой штамповке мелких и средних деталей большое место занимает комбинированная штамповка. Одной из разновидностей комбинированной штамповки является штамповка на многопозиционных пресс-автоматах. На многопозиционный пресс-автомат одновременно устанавливают несколько штампов, поочередно осуществляющих несколько операций. Штамповку производят из ленты, либо из заготовок. Ленту в штамп подают валковым устройством, а передвижение заготовок с позиции на позицию осуществляется с помощью грейферных устройств [2].

Цена многопозиционного пресс-автомата по сравнению с простыми однопозиционными прессами существенно больше, однако его применение в массовом либо крупносерийном производстве экономически оправдывает себя за сравнительно небольшой период. Использование многопозиционного пресс-автомата вместо ряда простых прессов дает возможность:

- освободить существенные производственные площади;
- уменьшить потребление энергии;
- снизить затраты на обслуживание оборудования;
- сэкономить на транспортировке заготовок и полуфабрикатов от пресса к прессу.

Многопозиционные пресс-автоматы дают возможность получать детали с окончательной обработкой, вследствие чего устраняется произвольный массовый брак продукта, встречающийся при раздельной штамповке. Глубокая вытяжка на многопозиционных прессах, при стремительно чередующихся одна за другой операциях, способна устранить необходимость в промежуточном отжиге и способствует уменьшению брака, вызываемого старением.

Высокая производительность листовой штамповки в крупносерийном и массовом производствах достигается за счет применения сложных штампов, создания быстроходного автоматического оборудования и высокой степени механизации и автоматизации производственного процесса. Автоматизация процесса листовой штамповки позволяет в несколько раз увеличить производительность труда, а также обеспечивает полную безопасность работы на прессах. При ручной подаче заготовок и ручном удалении изделий и отходов число ходов пресса используется лишь на 25—30%, а в ряде случаев и меньше. При полной автоматизации работы коэффициент использования числа ходов пресса достигает 95% (потери прослеживаются при смене штампов, при установке пакета заготовок) [3], [4].

Полностью автоматизированный многопозиционный пресс-автомат представляет собой поточную автоматическую штамповочную линию.

Проектирование штампов для поточных автоматических линий – процесс более трудоемкий, нежели проектирование однооперационных штампов. При проектировании штампов для поточных автоматических линий должны учитываться пространственное положение полуфабрикатов на каждой операции, их подача, фиксация и удаление из штампа, а также подведение и работа средств автоматизации. Именно поэтому актуален вопрос упрощения и ускорения процесса проектирования штампов для поточных автоматических линий с целью снижения трудоёмкости и себестоимости [5].

На сегодняшний день штамповая оснастка проектируется с помощью систем автоматизированного проектирования (САПР). Применение САПР позволяет упростить и ускорить процесс проектирования штампа за счет:

- максимальной визуализации процесса проектирования;
- использования баз данных типовых узлов и деталей;
- использования параметризованных моделей блоков штампов;
- автоматического перестроения рабочих частей штампа после изменения конфигурации штампуемой детали;
- наличия строгих алгоритмов проектирования, снижающих вероятность ошибки инженера.

Параметрическое моделирование (параметризация) — моделирование (проектирование) с заданием параметров элементов модели и соотношений между этими параметрами. Параметризация позволяет за короткое время получить (с помощью изменения параметров или соотношений между ними) различные конструкции модели и избежать принципиальных ошибок [6].

Параметрическое моделирование существенно отличается от обычного двухмерного черчения или трёхмерного моделирования. Инженер в случае параметрического моделирования создаёт математическую модель объектов, задает формулы зависимостей между размерами, т.е. устанавливает параметры, при изменении которых происходит перестроение модели и взаимные перемещения деталей в сборке. Создание и использование параметрической модели заложено в идеологию современных САПР.

Наиболее популярными САПР для проектирования штампом являются [7]:

- специализированный модуль Logopress программного комплекса SolidWorks;
- приложение DieToolDesign программного комплекса CATIA;
- специализированные модули программного комплекса NX от Siemens PLM Software.

Система NX широко используется конструкторскими службами ОАО «АВТОВАЗ». Следовательно, упрощение и ускорение проектирования штампов для поточных автоматических линий целесообразно проводить, используя возможности именно программного комплекса NX от Siemens PLM Software.

Целью работы является снижение трудоемкости проектирования штампов для поточных автоматических линий листовой штамповки за счёт разработки метода ускоренного проектирования в системе NX.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Состояние вопроса, актуальность

1.1 Поточные автоматические линии листовой штамповки

Поточная автоматическая линия - наиболее совершенная форма автоматизации процесса штамповки.

На сегодняшний день успешно работают тысячи штамповочных автоматических линий в самых различных отраслях промышленности при производстве таких изделий как: шарнирные пластинчатые цепи, радиодетали, шарнирные петли, консервных банки, парфюмерные тюбики, крепежные детали, автомобильные рессоры, детали автомобильных кузовов и многие другие [8].

При создании автоматических штамповочных линия должны быть учтены следующий вопросы:

- 1) подача заготовок и полуфабрикатов в рабочее пространство штампа;
- 2) фиксация заготовки в правильном положении в штампе;
- 3) удаление детали или полуфабриката из штампа;
- 4) транспортировка полуфабриката на следующую операцию;
- 5) автоматический контроль качества деталей;
- 6) автоблокировка штамповочной линии, обеспечивающая безаварийную работу.

В зависимости от степени автоматизации и механизации процесса передачи заготовок и полуфабрикатов с операции на операцию существуют поточные, полуавтоматические и полностью автоматические штамповочные линии.

В зависимости от масштаба производства автоматические линии могут быть индивидуальными (для производства одной детали) и групповыми (для нескольких однотипных деталей).

Существуют системы комплексной автоматизации с программным управлением оборудования, вспомогательными механизмами и транспортными устройствами для производства односторонних штампованных деталей.

Процесс автоматизации холодной листовой штамповки требует тщательной отработки технологии и предъявляет повышенные требования к листовому металлу как по качеству, так и по размерам.

Автоматические линии, предназначенные для штамповки крупных и средних деталей, делятся на три основных типа [9]:

1. Линии с жесткой связью, в которых транспортирующие устройства жестко соединены между собой, подобно грейферным механизмам в многопозиционных прессах-автоматах. Оси прессов, входящих в состав автоматических линий, должны быть расположены строго на одной линии, а их центры — на одинаковом расстоянии (обычно кратном размерам детали) друг от друга.

2. Линии с гибкой связью, в которых транспортирующие механизмы включаются в работу самими деталями, передаваемыми данными механизмами от операции к операции, при условии правильной ориентации детали в штампе.

3. Комбинированные или смешанные линии, в которых между некоторыми прессами установлена жесткая связь, а между другими — гибкая.

В зарубежной автомобильной промышленности хорошо зарекомендовали себя два типа автоматических штамповочных линий для производства крупных листовых деталей. Это автоматическая прессовая линия типа «Синхроматик» фирмы «Дэнли» (США) и автоматическая линия прессов типа «Автоматик» фирмы «Коматцу» (Япония) [1].

Автоматическая линия «Синхроматик» предназначена для штамповки крупных деталей кузова. Данная линия состоит из одного пресса двойного действия усилием 10 МН, пяти прессов простого действия по 5—8 МН,

листоукладчика, полного комплекта загрузчиков, разгрузчиков и межоперационных конвейеров. На прессах установлены электродвигатели постоянного тока с регулируемым числом оборотов. Число ходов пресса регулируется от 9 до 18 ударов в минуту. Автоматические устройства работают от главного привода пресса, что обеспечивает синхронность работы прессов и автоматических устройств [1].

Управление работой автоматической линии производится с главного пульта, на который выведены световые индикаторы от всех контролирующих устройств и датчиков линии. Скорость выпуска одной детали составляет 6-12 секунд. Данную линию обслуживают два человека.

Автоматическая линия прессов «Автоматик» фирмы «Коматцу» предназначена для тех же целей, что и линия «Синхроматик», и принципиально не отличается от неё. Линия «Автоматик» также состоит из одного пресса двойного действия усилием 10 МН, пяти прессов простого действия, усилием 5—8 МН и аналогичных автоматических устройств. Обслуживают линию также два человека [1].

Данные линии отличаются друг от друга только типом синхронизации прессов и автоматических устройств, типом привода и принципом транспортирования заготовки.

Вырубка заготовок для кузовных автомобильных деталей осуществляется на специальной вырубной автоматической линии. В состав этой линии входит пресс усилием 5—6 МН и целый ряд механизмов и устройств для подготовки широкорулонной стали к вырубке. Как правило исходной заготовкой для вырубной автоматической линии является рулонная сталь шириной 2000—2200 мм, наружный диаметр рулона — 2000 мм, масса — 32 т. Число ходов пресса в зависимости от изделия и величины подачи может составлять 25-60 ударов в минуту.

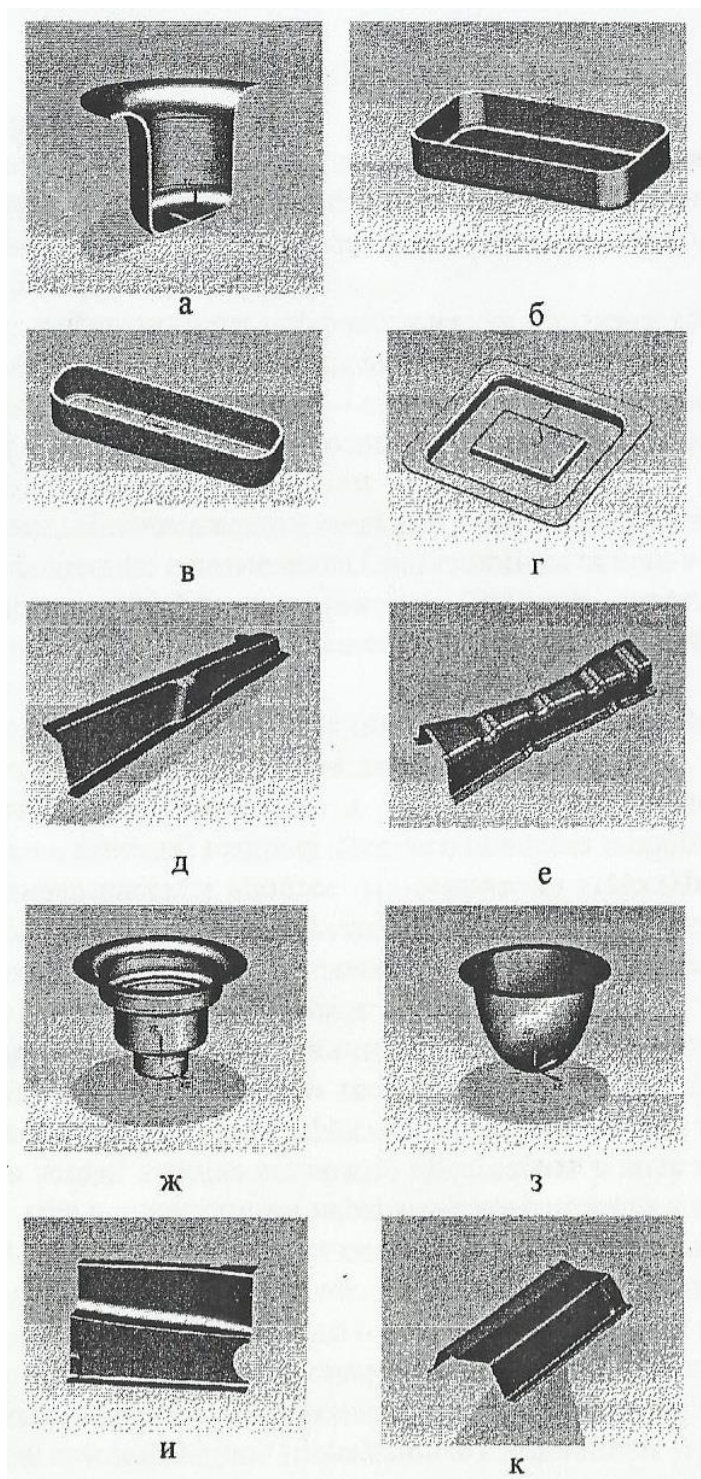
Вырубная автоматическая линии оснащена системой автоматической наладки: оператор устанавливает шаг подачи материала, в соответствии с которым автоматически подбирается оптимальное число ходов пресса и

скорость правильной машины. Пресс снабжен укладчиком заготовок с телескопическим выводным конвейером. При необходимости пресс может оснащаться механическими ножницами или гидравлическим вибрационным отрезным штампом для подготовки трапецеидальных заготовок.

1.1.1 Классификация деталей, изготавливаемых многопозиционной штамповкой

Все детали, получаемые многопозиционной листовой штамповкой, можно классифицировать по следующим признакам (рис. 1.1) [10]:

- наличие симметрии и её тип;
- наличие фланца;
- наличие вытянутой оси;
- наличие соразмерных габаритов
- наличие подштамповок;
- наличие переменной высоты и её тип;
- наличие ступенчатости и её тип;
- наличие наклона стенки;
- наличие переменного наклона стенки;
- наличие торца.



а - признак осевой симметрии; б — признак отсутствия фланца; в - признак наличия вытянутой оси; г — признак соразмерных габаритов; д - признак переменной высоты;

е — признак наличия подштамповок; ж—признак ступенчатости;

з — признак переменного наклона стенки; и - признак переменной стенки;

к - признак наклона стенки

Рисунок 1.1 - Морфологические признаки формы деталей

На основании этих признаков создана структурно-логическая схема иерархической классификации формы и геометрии изделий, получаемых многопозиционной штамповкой (рис. 1.2) [10].

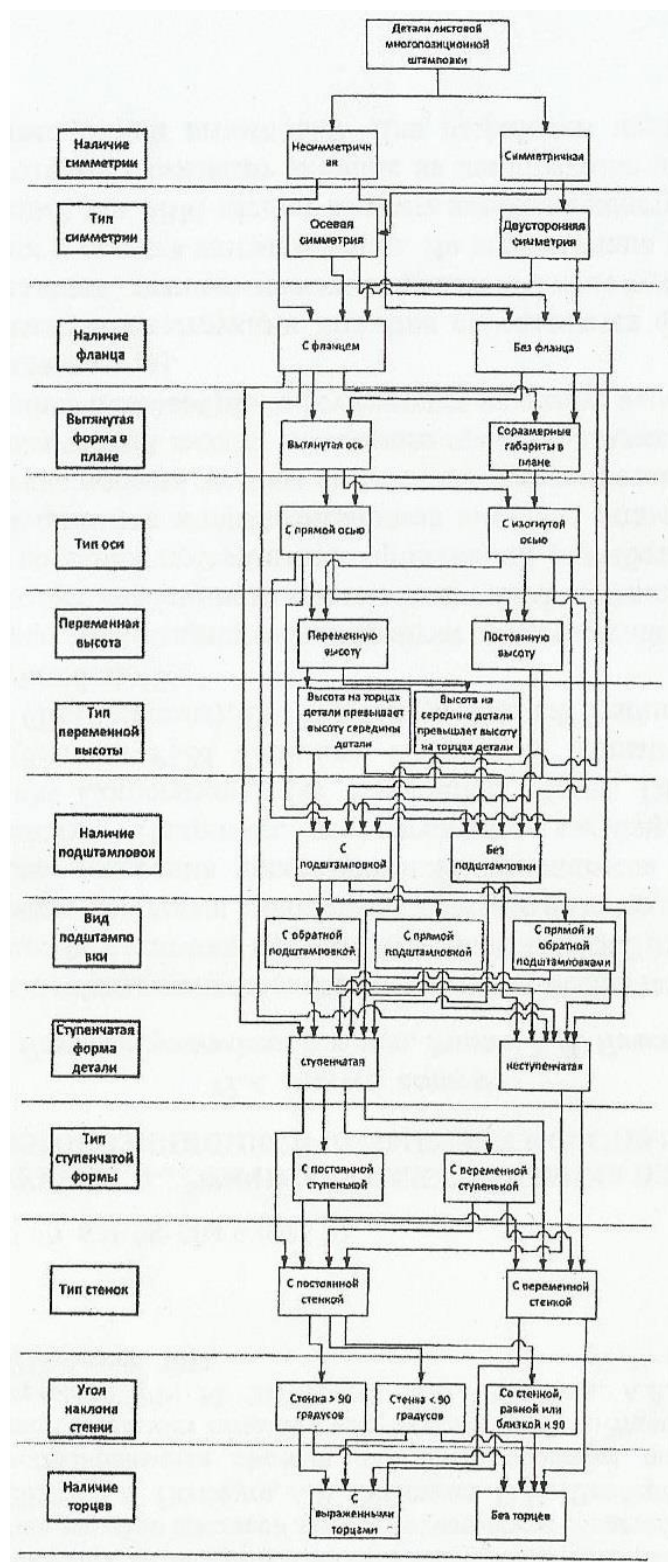


Рисунок 1.2 - Структурно-логическая классификация геометрии изделий

1.1.2 Технологические процессы штамповки на поточных автоматических линиях

Технологический процесс штамповки деталей на многопозиционных прессах-автоматах возможен как дном вниз, так и дном вверх, то есть прямым и обратным способами вытяжки. Первый способ наиболее применим при вытяжке деталей без фланца или с малым фланцем. При этом варианте вытяжки процесс будет осуществлён, если обеспечить прижим полуфабриката механизмом, встроенным в ползуне [9].

При отсутствии механизмов прижима в ползуне штамповку-вытяжку деталей дном вниз с малым фланцем или без него возможно осуществить, используя соответствующую геометрию инструмента и особенности технологии штамповки или сложную конструкцию верхнего штампа. Штамповка деталей дном вниз ухудшает стабилизацию и транспортировку полуфабрикатов с позиции на позицию.

Процесс транспортировки может оказаться неустойчивым при малой поверхности дна и высоких деталях. Наиболее распространенным на листоштамповочных автоматах является способ штамповки деталей дном вверх. Последовательная вытяжка деталей типа коробчатых и более сложных еще не имеет строгого научного обоснования и осуществляется на основе обобщения экспериментальных исследований и практических данных.

Теория процесса деформирования металла при штамповке полуфабрикатов с фланцем на автоматах имеет свою особенность. Целый ряд изделий различных отраслей промышленности требует для своего производства более четырех вытяжных переходов. Последовательная многоступенчатая вытяжка изделий по обычной технологии имеет основной недостаток — низкую степень деформирования. Даже при наиболее рациональном выборе всех параметров штамповки не удастся получить более четырех переходов вытяжки без обрыва дна при отдельной штамповке на универсальных прессах, не применяя промежуточный отжиг полуфабрикатов.

Штамповка полуфабрикатов на автоматах может осуществляться без отжига и при большем количестве переходов как за счет быстрой транспортировки полуфабрикатов с позиции на позицию (исключается процесс старения), так и за счет выбора больших коэффициентов вытяжки.

Однако наиболее прогрессивным способом многопереходной штамповки является способ вытяжки с проталкиванием полуфабриката в рабочую зону, позволяющий снизить обрывы дна и в ряде случаев количество переходов.

Процесс вытяжки изделий с фланцем состоит из трех фаз. Первая — от начала вытяжки до момента совпадения центров радиусов скругления матрицы предыдущего перехода и свободного изгиба. Вторая — от момента совпадения центров радиусов матрицы и до момента начала правки фланца, третья — правка фланца. Проталкивание можно начинать как в первой фазе, так и во второй.

Проталкивание в первой фазе вытяжки характеризуется наличием сжатой цилиндрической оболочки, а в конце процесса наличием сжатой оболочки сложной формы, которая в первом приближении может быть заменена конической формой. Наличие схемы одноименного сжатия оболочки полуфабриката в зоне выше плоскости матрицы уменьшает и даже снижает полностью (наличие полной устойчивости) напряжения в опасном сечении (около дна) полуфабриката. Это позволяет увеличить общее число вытяжных переходов и уменьшить итоговый коэффициент вытяжки.

Типовые технологические процессы (табл. 1), принятые для четырех основных видов деталей (стаканов без фланца, стаканов с широким фланцем, конусов и прямоугольных коробок с малым фланцем), содержат величины усилий, рассчитанные методом математической статистики, и учитывают условия более полного использования энергетических параметров пресса [9].

Таблица 1- Типовые технологические процессы многопозиционной штамповки (P_H – номинальное усилие прессы)

Детали типа стаканов без фланца								
Наименование перехода	Вырубка заготовки	1-ая вытяжка	2-ая вытяжка	3-я вытяжка	4-ая вытяжка	Обрезка фланца (контура)	Правка	-
Принятое усилие от P_H	0,22	0,13	0,11	0,09	0,08	0,11	0,26	-
Детали типа стаканов с широким фланцем								
Наименование перехода	Вырубка заготовки	1-ая вытяжка	2-ая вытяжка	3-я вытяжка	4-ая вытяжка	Пробивка отверстий	Обрезка фланца	Калибровка
Принятое усилие от P_H	0,16	0,12	0,09	0,07	0,06	0,07	0,1	0,34
Детали типа конуса с малым фланцем								
Наименование перехода	Вырубка заготовки	1-ая вытяжка	2-ая вытяжка	3-я вытяжка	4-ая вытяжка	Отбортовка	Обрезка фланца	Правка
Принятое усилие от P_H	0,19	0,12	0,1	0,08	0,04	0,09	0,14	0,24

Продолжение таблицы 1

Детали типа прямоугольных коробок с малым фланцем								
Наименование перехода	Вырубка заготовки	1-ая вытяжка	2-ая вытяжка	3-я вытяжка	4-ая вытяжка	Обрезка фланца	Калибровка	-
Принятое усилие от P_H	0,21	0,14	0,11	0,1	-	0,14	0,3	-

Так как листоштамповочные автоматы имеют в большинстве своем универсальное назначение, то для построения типового графика исходных деформирующих усилий, по которому рассчитывают детали автомата на прочность и выбирают энергетические параметры, необходим условно приведенный технологический процесс (табл. 2) [9].

Таблица 2 – Условный технологический процесс многопозиционной штамповки

№ позиции	Наименование перехода	Потребное усилие
1	Вырубка заготовки	$\approx 0,2 P_H$
2	1-ая вытяжка	$\approx 0,12 P_H$
3	2-ая вытяжка	$\approx 0,1 P_H$
4	3-я вытяжка	$\approx 0,09 P_H$
5	4-ая вытяжка	$\approx 0,08 P_H$
6	5-ая вытяжка	$\approx 0,05 P_H$
7	Калибровка дна и фланца	$\approx 0,3 P_H$
8	Другие завершающие переходы	$\approx 0,06 P_H$

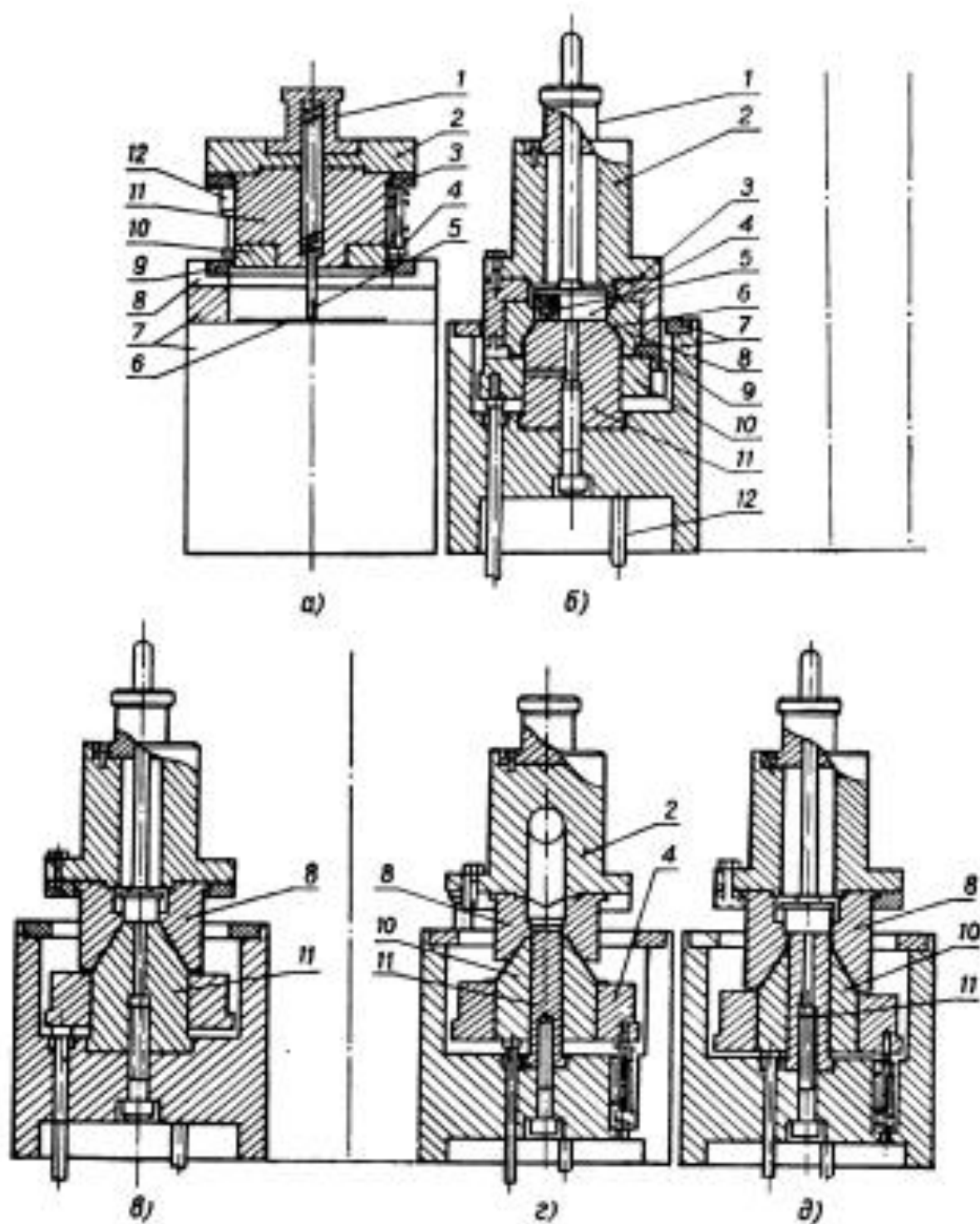
Для учета величины усилий в приведенном технологическом процессе и в таблице 1 калибровка (правка) сводится поэлементно к последнему переходу вытяжки. Условный технологический процесс учитывает усилия прижима полуфабрикатов на позициях вытяжки. С учетом оптимального использования прессы по мощности суммарная величина усилия вытяжки по переходах включая усилие прижима, составляющее приблизительно $(0,2-0,25)P_H$, равна $P_{\text{СУМ}} = (0,4-0,6)P_H$.

1.1.3 Штампы для поточных автоматических линий

При штамповке на автоматической линии штампам уделяется особое внимание. Одной из основных проблем является правильная и надежная фиксация в штампе автоматически поданной заготовки. Довольно часто в конструкцию штампа встраиваются особые утопающие приемники, предназначенные для правильной установки заготовки. Данные приемники снабжены специальными штифтами и электрическими кнопками, блокирующими включение прессы при неправильном положении заготовки в штампе [2], [9].

Так конструкции штампов для автоматических линий большое внимание уделяется автоматическому удалению отходов. Необходимо предусмотреть, чтобы механизмы и приспособления для удаления отхода не мешали устройствам подачи и позиционирования заготовок и полуфабрикатов.

Стандартная компоновка штампов для многопозиционной штамповки деталей на автомате приведена на рисунке 1.3.



а - вырубной, б - первой вытяжки, в - последней вытяжки, г - пробивки
отверстия, д - отбортовки отверстия

Рисунок 1.3 - Компоновка штампов для автоматической многопозиционной
штамповки деталей

Штампы могут выполняться в виде отдельных блоков для каждой операции и индивидуально крепиться на столе и ползуне пресса-автомата. С

целью ускорения процесса переналадки при переходе на штамповку с одной детали на другую на одной плите могут устанавливаться два и более штампа, в зависимости от размеров и количества операций.

Штамп первой вырубной позиции (рис. 1.3а) производит вырубку заготовки 6 на провал из ленточного, полосового или рулонного материала, располагаясь выше плоскости транспортировки полуфабрикатов. Хвостовик обеспечивает жесткую связь с ползуном автомата. Для обеспечения надежного крепления в патроне хвостовик имеет бурт, воспринимающий усилие съема при обратном ходе ползуна. Для прессов малых усилий с этой целью на посадочном диаметре хвостовика вместо бурта делают проточку с поднутрением (реже лыску) под углом 10—15° при углублении, приблизительно равном 0,2 диаметра. Во избежание зависания и прилипания вырубленной заготовки к пуансону на нем предусматривается специальный пружинный отлипател-толкатель 5. Пуансон 11 со вставкой 10 из твердосплавного материала или высокопрочной инструментальной стали крепится к верхнему блоку 2 с помощью пуансонодержателя 3. Съём вырубленной ленты с пуансона обеспечивается подпружиненным съёмником 4. Матрица 8 с твердосплавной вставкой 9 крепится на нижнем разъёмном блоке 7, в верхней части которого имеется вырез для транспортировки вырубленной заготовки с помощью шибера [9].

Для обеспечения высокоточного совпадения рабочих частей пуансона и матрицы на разделительных штампах (вырубных, пробивных) устанавливаются направляющие колонки 12, обладающие повышенной износостойкостью и точностью в работе.

Переход первой вытяжки полуфабриката 6 по схеме дном вверх представлен на рисунке 1.3б. В исходном положении процесса вытяжки заготовка центрируется с помощью ловителя 9. Для предотвращения гофр штамп оснащен прижимом 10, работающим от пневматических цилиндров, встраиваемых в столе прессы, посредством толкателей 12. В автоматах малых усилий прижим заготовки осуществляется пружинными выталкивателями.

При ходе ползуна вверх полуфабрикат из матрицы 8 выталкивается жестким выталкивателем 4, в котором установлены отлипатели 5 от механизма, встраиваемого в ползуне машины. Роль съемника полуфабриката с пуансона 11 выполняет прижим 10. Матрицедержатель 3 представляет собой полый стакан. Хвостовики 1, верхние блоки 2 и нижние блоки 7 для всех штампов последующих переходов, за исключением пробивных, могут быть унифицированы [9].

Штампы последующих переходов вытяжки (рис. 1.3) отличаются от первого в основном конструкцией матрицы 8 и пуансона 11. Прижим полуфабриката осуществляется или по фланцу (рис. 1.3в) или по внутреннему диаметру предыдущего перехода (в основном для цилиндрических деталей). Во втором случае складкодержатель выполняется в виде стакана, на который свободно надевается и центрируется полуфабрикат, полученный в предыдущем штампе. Для деталей с большим фланцем рекомендуется выполнять штамп таким образом, чтобы осуществлялась правка фланца. Несмотря на то что правка обеспечивается не по всей поверхности фланца, это гарантирует получение высоты детали с большей точностью. Окончательная правка (калибровка) фланца производится либо на последнем переходе вытяжки, либо на свободной отдельной позиции [9].

Пробивка отверстия (рис. 1.3г) осуществляется пуансоном 11, при этом полуфабрикат прижимается прижимом 10 к нерабочей части матрицы 8. Для удаления отходов в верхнем блоке 2 предусматривается расточка с отверстием. Съем полуфабриката производится съемником 4 от пружин, встраиваемых в нижний блок. Штамп для отбортовки отверстия, представленный на рисунке 1.3д, отличается от рассмотренных выше в основном конструкцией пуансона 11, матрицы 8 и прижима 10. На рисунке 1.3 штрихпунктирными линиями показаны холостые позиции автомата, на которых устанавливаются штампы необходимых промежуточных дополнительных переходов штамповки (вытяжки и др.). Эти штампы имеют аналогичную конструкцию. Транспортировка полуфабрикатов с позиции на

позицию осуществляется грейферным механизмом. С целью снижения потерь времени на технологическую переналадку автоматов их оснащают выдвижными подштамповыми плитами, позволяющими демонтировать с прессы сразу весь комплект штампов. Подготовленный на запасной плите новый комплект штампов может устанавливаться с помощью консольных подъемников типа «механическая рука», которыми оснащаются автоматы средних усилий, или автопогрузчиков с питанием от аккумуляторов, входящих в комплект тяжелых моделей автоматов. Эти средства используются также для подналадки и ремонта штампов и отдельных механизмов машины [9].

1.2 Анализ существующих методов проектирования штампов

В данном разделе на основе анализа рассмотрены два метода проектирования: традиционное и автоматизированное. В свою очередь автоматизированное проектирование делится на два вида:

- традиционное автоматизированное проектирование;
- автоматизированное проектирование с использованием мастер-процессов.

1.2.1 Традиционное неавтоматизированное проектирование

Существуют определённые правила при традиционном проектировании оснастки. Правила базируются на опыте работы определённого инженера-конструктора, то есть на категории, которую невозможно просто математически описать или объективно учитывать [11].

Основные правила:

1. Постепенное создание штампа от заготовки до штамповых плит.

2. Увязывание каждого последующего этапа работы с предыдущим, зачастую с возвратом к ним с целью их оптимизации.

Создание штамповой оснастки обычными средствами можно разбить на этапы [12]:

1. Получение задания на проектирование, состоящего из:
 - названия и номера детали;
 - чертежа заготовки и полуфабриката;
 - наименования операции;
 - марки и толщины материала;
 - названия используемого оборудования.
2. Определение закрытой высоты штампа.
3. Подбор оптимального положения заготовки в штампе и высоты её расположения.
4. Вычерчивание заготовки на планах верха и низа и на разрезе.
5. Выбор типа рабочих частей, их габаритных размеров, способа крепления. Прорисовка рабочих частей.
6. Выбор типа и формы фиксирующих элементов, их расположения. Прорисовка фиксирующих элементов.
7. Выбор и прорисовка прижимов и съёмников.
8. Выбор и прорисовка упругих элементов.
9. Выбор и прорисовка ограничителей.
10. Выбор и прорисовка элементов направления.
11. Прорисовка штамповых плит.
12. Выбор и прорисовка элементов крепления штампа, транспортных элементов.
13. Нанесение размеров на чертежи.
14. Утверждение чертежей.

В качестве источника материала используются базы данных конструкторской документации, которые чаще всего хранятся на бумажных

носителях информации, что усложняет процесс выбора оптимального элемента конструкции штампа. Возможные решения многовариантны, они формируются исходя из опыта.

Традиционное неавтоматизированное проектирование бывает:

- ручным (за кульманом);
- с использованием чертежных 2D программ.

При этом существуют методики скоростного проектирования штампов:

- с использованием типовых конструкций узлов и элементов;
- на бланках, с использованием полуготовых вычерченных штампов, к которым добавляются контуры детали, полосы и контуры инструмента;
- с использованием типовых блоков штампов.

Данные методики объединяются в одну и работают значительно эффективнее при традиционном неавтоматизированном проектировании с использованием чертежных 2D программ.

Недостатки традиционного неавтоматизированного проектирования:

1. Недостаточная визуализация.
2. Низкая производительность.
3. Затраты времени на модификации.

1.2.2 Автоматизированное проектирование

Под автоматизированным проектированием понимают проектирование с использованием САПР на различных этапах. Существенным отличием автоматизированного проектирования от неавтоматизированного является возможность замены физического моделирования — математическим.

Говоря об автоматизированном проектировании, следует выделять два его типа: традиционное автоматизированное и проектирование с использованием мастер-процессов.

1.2.2.1 Традиционное автоматизированное проектирование

Алгоритм традиционного автоматизированного проектирования [14]:

1. Получение задания на проектирование:
 - электронная модель заготовки и полуфабриката;
 - наименование операции;
 - марка и толщина материала;
 - название используемого оборудования.
2. Выбор оптимального расположения заготовки в штампе.
3. Создание файла электронной сборки штампа.
4. Выбор и добавление в сборку блока штампа.
5. Выбор и добавление в сборку узлов направления и их крепления.
6. Выбор и добавление в сборку транспортных элементов и их крепления.
7. Выбор и добавление в сборку рабочего инструмента и его крепления из библиотеки (при наличии в библиотеке), либо его создание на основании электронной модели детали.
8. Подбор и добавление в сборку типа и формы фиксирующих элементов.
9. Выбор и добавление в сборку прижимов и съемников, настройка их габаритных размеров.
10. Выбор и добавление в сборку упругих элементов из библиотеки.

11. Выбор и добавление в сборку ограничителей.
12. Подготовка чертежей штампа.
13. Утверждение чертежей.

Важной составляющей быстрого проектирования штампов данным способом является наличие большой базы данных блоков штампа и типовых узлов и деталей.

Примером САПР традиционного автоматизированного проектирования может служить отечественная система «Компас-Штамп»: реализована автоматизация выбора стандартных и стандартизованных деталей оснастки из базы параметризованных прототипов деталей (информационно-нормативное обеспечение). Автоматизация процесса принятия конструкторских решений отсутствует и ограниченным образом фиксируется в виде дерева проектирования. Отсутствует автоматизированное создание развертки изделия и оптимизация карты раскроя детали. Предусмотрена возможность выполнения простейших расчетов (определение центра давления штампа).

Система «Компас-Штамп» может быть дополнена приложением «ТП ВЕРТИКАЛЬ», позволяющим добиться следующих результатов:

- увеличения скорости технологического проектирования;
- повышения качества технологической документации;
- ускорения процессов согласования документации;
- сокращения сроков технологической подготовки производства;
- быстрой оценки себестоимости изготовления изделия;
- использования утвержденных нормативов трудовых и материальных затрат.

Однако данное приложение больше направлено на ускорение подготовки технической документации, а не на автоматизированное проектирование штампа.

1.2.2.2 Проектирование с использованием мастер-процессов

На сегодняшний день оптимальным и самым передовым средством создания штамповой оснастки является работа с мастер-процессами и модулями специального программного обеспечения [13].

Основные задачи автоматизированным проектированием:

1. Задачи выбора/отбора из базы данных.
2. Задачи расчета по формулам.
3. Геометрические задачи.

Многие САПР обладают пакетами и модулями программ для разработки штампов последовательного действия.

Работа с помощью этих модулей сводится к формированию штампа по принципу сборки его из точно определенных компонентов, параметры которых задаются за счет заполнения или редактирования содержимого активных полей. При работе с библиотеками прототипов инженеру-конструктору предоставляется возможность выбора конструктивных деталей и элементов из таблиц типовых компонентов, сформированных на основе каталога различных фирм. Строгие алгоритмы, используемые в мастер-процессах, ориентированы на оборудование, средства автоматизации и механизации, которые используются определенными специализированными предприятиями. Режим диалога между пользователем и программами создан с учетом культуры проектирования этих компаний.

В качестве одной из САПР, которая применяется для моделирования штампов, выступает программный комплекс SolidWorks, специализированный модуль которого Logopress позволяет проектировать сложные штампы, выполняющие разделительные (вырубка, пробивка) и формообразующие (гибка, вытяжка) операции листовой штамповки. В состав Logopress входят три модуля, последовательно дополняющие друг друга: построение разверток, формирование рабочей зоны штампа, пространственная компоновка штампа. Подобная структура позволяет конструктору вести процесс разработки

штампа последовательно, опираясь на результаты работы предыдущих модулей программы. При использовании данного модуля инженер-конструктор пользуется готовым алгоритмом разработки штампа, специальными инструментами проектирования, а также библиотеками стандартных компонентов из каталогов различных фирм. Logopress предоставляет возможность изменения поставляемых библиотек материалов. Использование Logopress при конструировании штамповой оснастки позволит конструктору избежать ошибок, связанных с рутинными операциями компоновки штампа, проектировании заготовки, а также в разы сократит время на проектирование штампа, расчет и подготовку моделей разверток деталей [13].

Приложение DieToolDesign программного комплекса CATIA позволяет спроектировать штамп для конкретной полосы. Приложение включает средства создания и редактирования штампа, а также средства проектирования вырубных пуансонов. В DieToolDesign есть возможность работы с каталогами стандартных компонентов, что позволяет создавать пуансоны, ловители, плунжеры, пружины и другие компоненты штампов [13].

Еще одной системой, широко используемой для проектирования штампов, является программный комплекс NX от Siemens PLM Software. В версии 9.0 данного программного комплекса имеется несколько специализированных приложений для проектирования штампов:

- приложение «Мастер проектирования ШПД», которое предоставляет инструменты для проектирования штампов последовательного действия, которые преобразуют плоскую полосу металла в законченную 3D деталь;
- приложение «Проектирование штампов», которое включает в себя инструменты для проектирования штампов и рабочего процесса штампов;
- приложение «Проектирование элементов штампа», которое предоставляет инструменты для проектирования элементов штампа;

- приложение «Проверка штампа», которое включает в себя инструменты для симуляции перемещения штампа на основе приложения «Проектирование элементов штампа»;

- приложение «Мастер проектирования штампов», имеющее инструменты для разработки монолитных штампов, сборных штампов, автомобильных штампов и штампов последовательного действия, преобразующих плоскую заготовку в полноценные объемные детали.

Приложение «Мастер проектирования штампов» позволяет в одном окне проектировать штампы для всего процесса штамповки, следовательно, оно более других приложений системы NX подходит для проектирования штампов для поточных автоматических линий.

1.3 Классификация САПР листовой штамповки

На рынке САПР процессов листовой штамповки представлено большое количество программных продуктов. Каждый из них обладает инструментами и особенностями, позволяющими снизить трудоемкость и ускорить процесс проектирования [15].

САПР процессов листовой штамповки обычно классифицируются по небольшому ряду признаков:

- 1) возможностью описания ряда функций модели;
- 2) наличие мастер-процесса;
- 3) уровню организации и объем работ проектирования.

Представленные признаки недостаточно подробно отображают всё многообразие САПР. Многопозиционная штамповка имеет ряд особенностей (возможностей, признаков), которые должны быть учтены в приложениях автоматизированного проектирования.

Признаки САПР, характеризующие приспособленность к многопозиционной штамповке [15]:

1. Возможность анализ технологичности модели.

2. Возможность расчета формы исходной листовой заготовки.
3. Возможность построения штамповочных переходов с помощью специализированных операций.
4. Возможность получения развертки при проектировании операций гибки и фланцовки.
5. Возможность построения вытяжных переходов.
6. Наличие САЕ-модуля.
7. Возможность работы с моделями из листового металла.
8. Возможность формирования последовательности технологических переходов штамповки.
9. Возможность назначения параметров и характеристик оборудования.
10. Наличие библиотеки стандартных материалов и возможность её пополнения.
11. Возможность построения рабочих частей штампа на основе геометрии вытяжного перехода.
12. Возможность построение деталей штампа с помощью специальных операций.
13. Наличие библиотеки стандартных деталей и узлов штампа и возможность её пополнения.
14. Возможность проектирования стандартных деталей на основе геометрии модели или ее переходов.
15. Наличие библиотеки стандартных пакетов (блоков) штампов для определенного оборудования и возможность её пополнения.
16. Возможность построения штампа па основе пакета (блока).
17. Возможность создание чертежей.
18. Возможность составления спецификаций.
19. Возможность проведения кинематических операций.

После проведении подробного исследования методом главных компонент факторного анализа с помощью программного продукта IBM SPSS

Statistics можно выделить следующие пять основных типов САПР [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24]:

1. САПР изделий и построения штамповочных переходов. Данные САПР обладают широким спектром инструментов для решения задач инженерного анализа процесса штамповки методом конечных элементов. В частности, они имеют инструменты для генерации заготовок на основе геометрии изделия или полуфабриката. Однако в САПР этого типа отсутствует возможность решения конструкторских задач. В приложениях нет возможности строить промежуточные вытяжные переходы, отталкиваясь от геометрии заключительного вытяжного перехода. Подобные системы применяются для проектирования процессов последовательной и многопозиционной штамповки. Приложения не имеют структуры мастер-процесса. Отмечается наличие баз данных материалов с возможностью пополнения, шаблонов компоновки техпроцесса и оборудования, инструменты для создания вытяжных переходов.

2. САПР технологического процесса. Данные САПР применяются для построения вытяжных переходов и задания параметров технологических процессов. Позволяют моделировать параметры полосы или операций штамповки, с помощью задания таких параметров пресса, как размеры межштампового пространства, усилие штамповки, параметры средств автоматизации, последовательность штамповочных переходов. Указанные параметры используются для автоматической генерации отчетов. Присутствуют модули для построения переходов круглых деталей, изготавливаемых методом последовательной штамповки. Приложения не имеют баз данных типовых узлов и деталей. Для ряда функций созданы мастер-процессы, например, для построения полосы. Обладают теми же особенностями, что и САПР изделий и построения штамповочных переходов. Однако отсутствуют мастер-процессы создания переходов для многопозиционной штамповки. САПР технологического процесса обладают библиотеками материалов, возможностью задания параметров оборудования,

направления движения рабочих частей штампа, шаблонами компоновки технологического процесса.

3. САПР оснастки. Данные САПР представлены функциями построения штампов и их узлов. В них имеется несколько способов создания рабочих частей штампа. Также в эту группу относятся каталоги стандартных деталей и узлов для штампов. Чаще всего данные приложения дополняют системы других разработчиков САПР. Представлены пакеты штампов для проектирования процессов последовательной штамповки. Однако отсутствуют типовые пакеты для многопозиционной штамповки.

4. САПР геометрии изделия, построения вытяжных переходов, техпроцессов и проектирования оснастки. Данные САПР включают в себя наиболее полный набор функций проектирования техпроцесса и оснастки. В них так же присутствуют приложения для проектирования некоторых деталей штампа. САПР данного типа имеют библиотеки стандартных деталей и узлов, шаблонов пакетов, а также различные средства моделирования рабочих частей. В рассмотренных САПР отсутствуют типовые штампы, а также специальные инструменты для проектирования штампов для вырубки. В САПР данного типа недостаточно полно реализована возможность моделирования многопереходной вытяжки, использование САЕ-модуля ограничено одношаговым анализом и генерацией заготовки. Для большинства функций имеются локальные мастер-процессы. Присутствуют команды для моделирования кинематики: автоматизируется удаление отхода, перемещение вытяжного перехода по операциям, движение грейферных приспособлений, проверка на закрытие и открытие штампа. Кроме указанных в предыдущем типе САПР баз данных, в САПР данного типа имеются базы данных стандартных блоков штампов, деталей и узлов.

5. САПР вспомогательных операций и настройки параметров техпроцесса. Данные САПР отличаются разнообразием функций, таких как настройка параметров техпроцесса (ширина и материал ленты), расчет себестоимости одной единицы изделия, задание свойств оборудования и

многие другие. К данному типу САПР относятся разнообразные вспомогательные приложения без каких-либо общих признаков.

Развитие современных САПР для проектирования процессов и построения оснастки многопозиционных штампов направлено на создание приложений, содержащих методы и мастер-процессы разработки технологических процессов и оснастки, с возможностью параметризации, созданием баз данных типовых узлов и деталей, которые позволяют значительно ускорить процесс проектирования.

1.4 Выявление недостатков автоматизированного проектирования штампов с помощью мастер-процессов

Несмотря на ряд преимуществ перед традиционным проектированием, автоматизированное проектирование имеет свои недостатки. Приведем основные из них:

1. Высокая стоимость программного обеспечения и обновлений.
2. Высокие затраты на персональные компьютеры.
3. Необходимость обучения и переобучения инженеров.
4. Необходимость адаптации и доработки систем автоматизированного проектирования (в дальнейшем САПР) под задачи предприятия.
5. Необходимость модификации бизнес-процессов предприятия под САПР.
6. Низкая эффективность традиционных САПР на ранних стадиях проектирования.
7. Необходимость добавления в базу данных отечественных типовых узлов и деталей (чаще всего в базах данных зарубежных программных продуктов находятся детали и узлы по зарубежным стандартам).
8. Вероятность отзыва лицензии к САПР в связи с санкциями к Российской Федерации.

1.5 Задачи работы

Цель дипломного проекта: снижение трудоемкости проектирования штампов для поточных автоматических линий листовой штамповки за счёт разработки метода ускоренного проектирования в системе NX.

Задачи работы:

1. Создание электронной модели штампованной детали, изготавливаемой на поточной автоматической линии, и схемы процесса её изготовления в системе NX.
2. Создание параметризованной модели блока штампа для поточных автоматических линий в системе NX.
3. Создание базы данных типовых узлов и деталей штампов в системе NX.
4. Разработка конструкции штампов для одного технологического перехода выбранной детали в модуле «Мастер проектирования штампов» системы NX.

2 Создание электронных моделей деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» и схемы их технологических переходов в приложении «Мастер проектирования штампов»

Разработка метода ускоренного проектирования штампов для поточных автоматических линий будет осуществляться на примере разработки штампов для изготовления деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» (рис. 2.1).

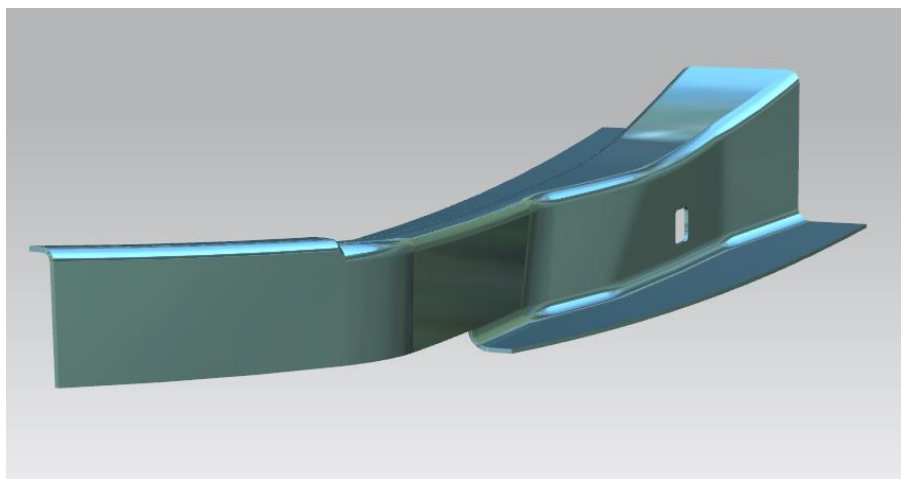


Рисунок 2.1 - Деталь 1117-6201144 «Соединитель панелей задней двери нижний правый»

Детали 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» изготавливаются из стали хк 08Ю СВ-2, толщина металла 0,8 мм.

Правый и левый соединителя панелей задней двери нижних являются симметричными зеркальными деталями, поэтому при их изготовлении используется спаренная технология штамповки.

Спаренная технология штамповки позволяет [25]:

- изготавливать обе зеркальные детали одновременно на одном комплекте штамповой оснастки;

- снизить затраты на проектирование штамповой оснастки;
- повысить производительность труда;
- повысить качество вытяжки;
- повысить коэффициент использования металла.

2.1 Технологический процесс изготовления деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый»

Технологический процесс изготовления деталей «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» состоит из шести операций:

1. Резка заготовок (карточек). На данной операции производится резка заготовок из рулона (рис. 2.2).

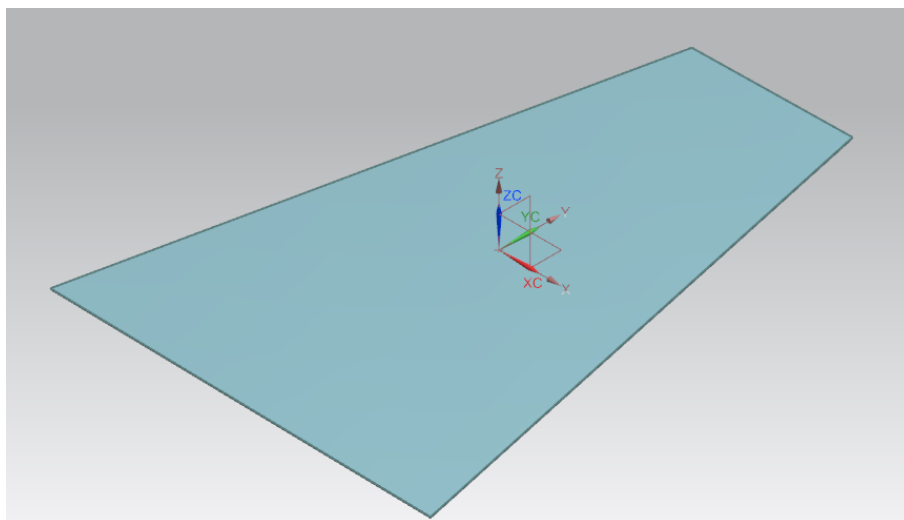


Рисунок 2.2 - Полуфабрикат (исходная заготовка) для изготовления деталей
«Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый»

2. Вытяжка. На данной операции осуществляется вытяжка двух симметричных деталей. Здесь происходит формирование рельефа деталей (рис. 2.3).

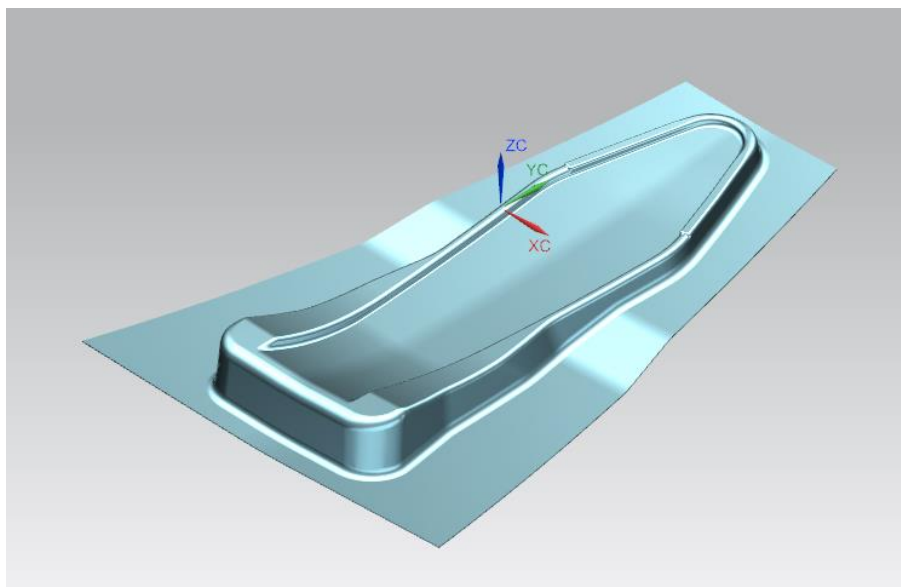


Рисунок 2.3 - Полуфабрикат для изготовления деталей «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» после операции «Вытяжка»

3. Обрезка 1-я и пробивка. На данной операции осуществляется первая обрезка полученного вытяжкой полуфабриката, а также пробивка двух технологических отверстий диаметром 6 мм для ловителей при позиционировании на последующих операциях (рис. 2.4).

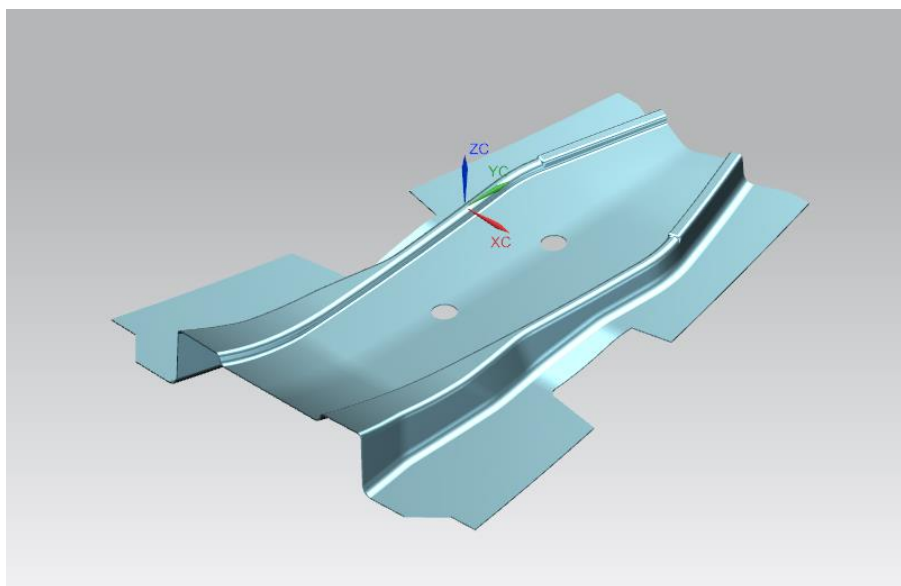


Рисунок 2.4 - Полуфабрикат для изготовления деталей «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» после операции «Обрезка 1-я»

4. Обрезка 2-я. На данной операции осуществляется вторая обрезка полуфабриката по контуру будущих деталей (рис. 2.5).

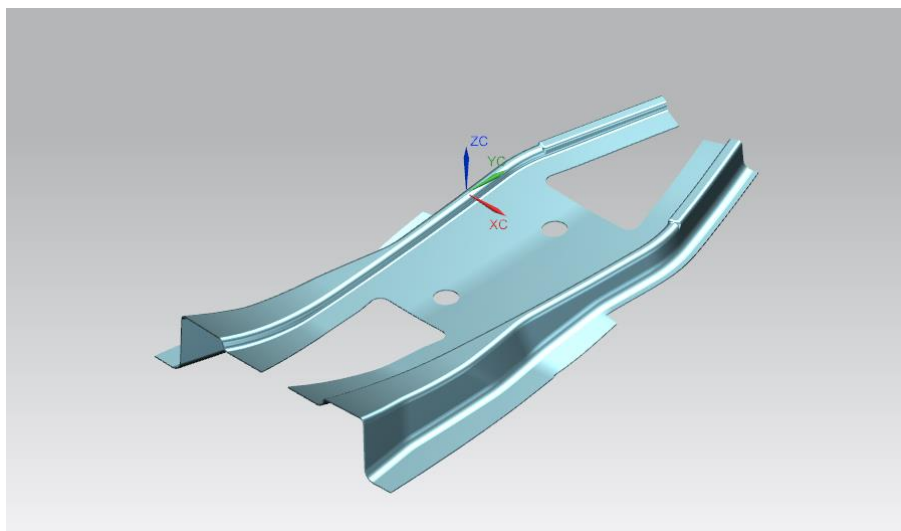


Рисунок 2.5 - Полуфабрикат для изготовления деталей «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» после операции «Обрезка 2-я»

5. Правка. На данной операции осуществляется правка полуфабриката, создается окончательная пространственная форма будущих деталей (рис. 2.6).

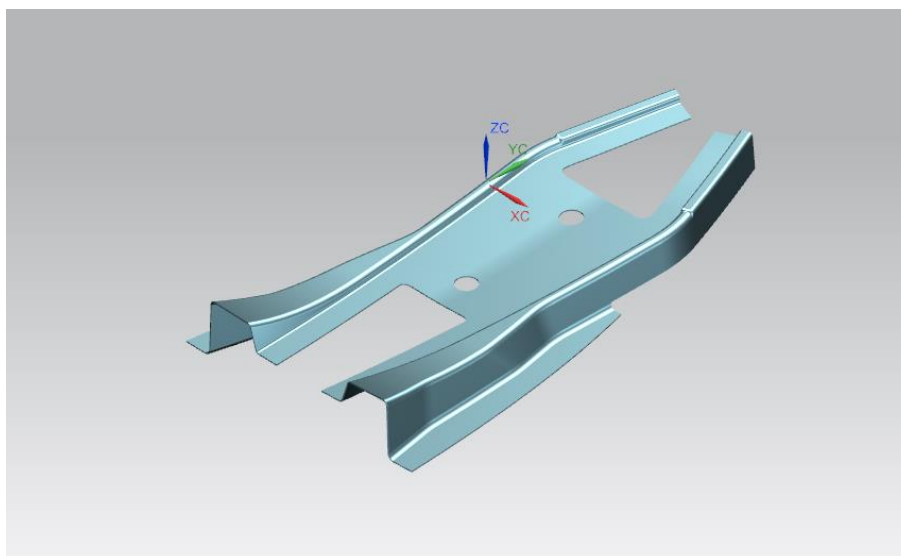


Рисунок 2.6 - Полуфабрикат для изготовления деталей «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» после операции «Правка»

6. Разрезка и пробивка. На данной операции одновременно осуществляется разделение двух готовых изделий из полуфабриката, а также пробивка боковых отверстий в каждом готовом изделии (рис. 2.7).

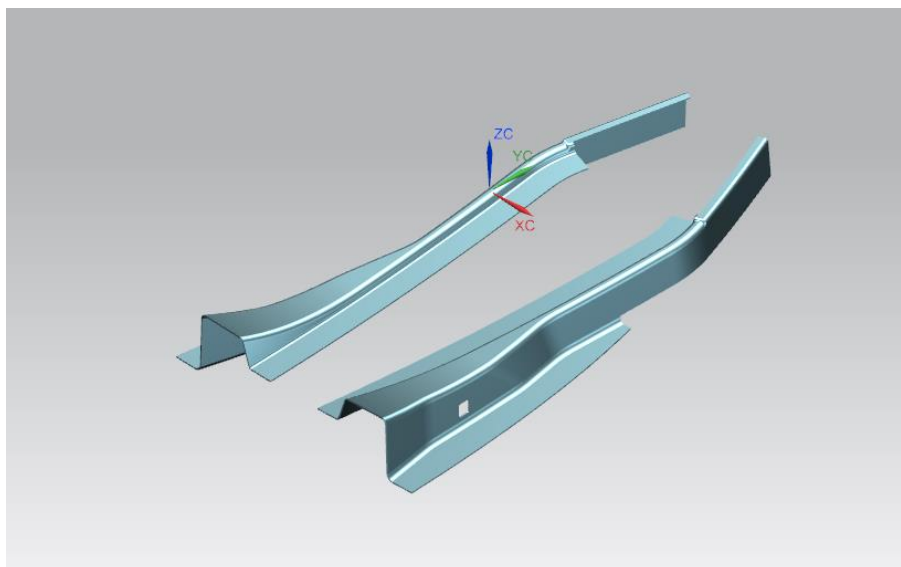


Рисунок 2.7 - Детали «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» после операции «Разрезка и пробивка отверстий»

2.2 Определение энергосиловых параметров штамповки

Определение энергосиловых параметров штамповки заключается в определении необходимого усилия и работы для каждой конкретной операции. При использовании многопозиционного пресса-автомата необходимо найти суммарные усилие и работу для операций, производимых на данном оборудовании.

2.2.1 Расчет энергосиловых параметров операции «Резка заготовок»

На данной операции осуществляется безотходная резка ленты на одинаковые трапециевидальные заготовки (рис. 2.8). Ширина ленты соответствует длине заготовки. Используется разрезной пресс с поворотным

ножом. Следовательно, контур резки будет представлять прямую линию, длиной 373 мм (данный размер найден 2D-моделированием).

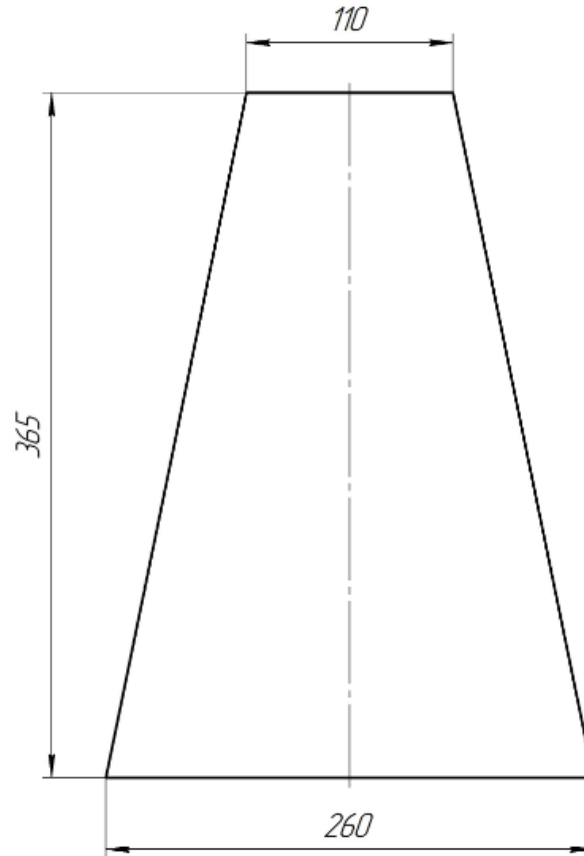


Рисунок 2.8 - Размеры заготовки для деталей «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый»

Усилие резки контура [1]:

$$P = K \cdot L \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} = 1,2 \cdot 373 \cdot 0,8 \cdot 29 = 10384 \text{ кгс} = 104 \text{ кН} \quad (1)$$

$$L = 372,63 \text{ мм};$$

$$\sigma_{\text{ср}} = 29 \text{ кгс/мм}^2 - \text{сопротивление срезу};$$

$$S = 0,8 \text{ мм} - \text{толщина материала};$$

$$K=1,2 - \text{коэффициент.}$$

Усилие прижима:

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot P \cdot n, \quad (2)$$

где

$$k_{\text{пр}} = 0,1;$$

$n = 1$ – количество линий реза;

$$P_{\text{пр}} = 0,1 \cdot 10384 \cdot 1 = 1038 \text{ кгс} = 10,4 \text{ кН}$$

Суммарное усилие резки:

$$P_{\Sigma} = P + P_{\text{пр}}, \quad (3)$$

$$P_{(\text{оп1})} = 10384 + 1038 = 11422 \text{ кгс} = 114,2 \text{ кН}$$

Работа вычисляется по формуле:

$$A = x \frac{PS}{1000}, \quad (4)$$

где x – коэффициент, определяемый из соотношения $x = \frac{P_{\text{ср}}}{P}$ ($P_{\text{ср}}$ – усредненное усилие вырубки), выбираем по таблице 7 [1];

$$x = 0,7 \dots 0,65;$$

P – усилие данной операции; $P = 11422 \text{ кгс}$.

$$A_{(\text{оп1})} = 0,7 \cdot \frac{11422 \cdot 0,8}{1000} = 6,4 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} = 0,64 \text{ кДж}$$

2.2.2 Расчет энергосиловых параметров операции «Вытяжка»

Усилие вытяжки рассчитывается из условия, что наибольшее усилие предельно возможной вытяжки должно быть несколько меньше усилия,

необходимого для разрыва боковых стенок изделия около дна. Поэтому усилие вытяжки рассчитываем по условию [1]:

$$P \leq L \cdot S \cdot \sigma_p \quad (5)$$

P – усилие вытяжки;

L – периметр изделия; $L=938$ мм;

σ_p – разрушающее напряжение;

$$\sigma_p = (1,1 \dots 1,2) \cdot \sigma_B$$

σ_B – предел прочности;

$$\sigma_B = 34 \text{ кгс/мм}^2 = 340 \text{ МПа};$$

$$P \leq 938 \cdot 0,8 \cdot 34 \cdot 1,2 = 30616 \text{ кгс} = 306 \text{ кН}$$

Усилие прижима:

$$Q = Fg \quad (6)$$

$$P_{\text{пр}} = 0,15 \cdot P = 0,15 \cdot 306 = 45,9 \text{ кН}$$

$$P_{(\text{оп2})} = P + P_{\text{пр}} = 306 + 45,9 = 352 \text{ кН}$$

Работа вычисляется по формуле:

$$A = \frac{CP_h}{1000}, \quad (7)$$

где C – коэффициент, по опытным данным его величина составляет $0,6 \dots 0,8$, принимаем $C = 0,7$;

h – глубина вытяжки; $h = 37$ мм.

$$A = \frac{0,7 \cdot 30616 \cdot 37}{1000} = 793 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} = 8 \text{ кДж}$$

Работу прижима находим по формуле:

$$A_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} \cdot H \quad (8)$$

H – ход прижима; $H = 40$ мм.

$$A_{\text{пр}} = 4590 \cdot 40 = 183600 \text{ (кгс} \cdot \text{мм)} = 2 \text{ кДж}$$

Работа данной операции:

$$A_{(\text{оп}2)} = A + A_{\text{пр}} = 8 + 2 = 10 \text{ кДж} \quad (9)$$

2.2.3 Расчет энергосиловых параметров операции «Обрезка 1-я и пробивка»

Усилие обрезки вычисляем по формуле:

$$P = LS\sigma_{\text{ср}} = 848 \cdot 0,8 \cdot 29 = 19674 \text{ кгс} = 197 \text{ кН} \quad (10)$$

где L – длина обрезаемого контура.

Усилие снятия с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P = 0,06 \cdot 19674 = 1180,4 \text{ кгс} = 12 \text{ кН} \quad (11)$$

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot P = 0,1 \cdot 197 = 20 \text{ кН} \quad (12)$$

Общее усилие обрезки:

$$P_{\text{об}}^{\text{об}} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 197 + 12 + 20 = 229 \text{ кН} \quad (13)$$

Усилие пробивки двух отверстий диаметром 6 мм:

$$P = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 29 = 875 \text{ кгс} = 8,8 \text{ кН} \quad (14)$$

Усилие прижима равно 10% от P :

$$P_{\text{пр}} = 0,1 \cdot P = 0,1 \cdot 8,8 = 0,9 \text{ кН} \quad (15)$$

Усилие снятия с пуансонов диаметром 6 мм считаем по формуле:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P = 0,06 \cdot 875 = 53 \text{ кгс} = 0,5 \text{ кН} \quad (16)$$

Усилие проталкивания отхода через матрицу считаем по формуле:

$$P_{\text{прот}} = k_{\text{прот}} \cdot P \cdot 6 = 0,06 \cdot 875 \cdot 6 = 315 \text{ кгс} = 3,2 \text{ кН} \quad (17)$$

Общее усилие пробивки двух отверстий:

$$P_{\text{об}}^{\text{пр}} = P + P_{\text{пр}} + P_{\text{сн}} + P_{\text{прот}} = 8,8 + 0,9 + 0,5 + 3,2 = 12,4 \text{ кН} \quad (18)$$

Суммарное усилие операции:

$$P_{(\text{опз})} = P_{\text{об}}^{\text{об}} + P_{\text{об}}^{\text{пр}} = 229 + 12,4 = 241,4 \text{ кН} \quad (19)$$

Работа вычисляется по формуле:

$$A_{(\text{опз})} = x \frac{P \cdot S}{1000} = 0,6 \frac{24140 \cdot 0,8}{1000} = 11,6 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} = 0,1 \text{ кДж} \quad (20)$$

2.2.4 Расчет энергосиловых параметров операции «Обрезка 2-я»

Усилие обрезки вычисляем по формуле:

$$P = LS\sigma_{\text{ср}} = 9840 \cdot 8 \cdot 29 = 22829 \text{ кгс} = 228 \text{ кН} \quad (21)$$

где L – длина обрезаемого контура.

Усилие снятия с пуансона:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P = 0,06 \cdot 22829 = 1370 \text{ кгс} = 14 \text{ кН} \quad (22)$$

$$P_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} \cdot P = 0,1 \cdot 228 = 23 \text{ кН} \quad (23)$$

Общее усилие обрезки:

$$P_{(\text{оп4})} = P + P_{\text{сн}} + P_{\text{пр}} = 228 + 14 + 23 = 265 \text{ кН} \quad (24)$$

Работа вычисляется по формуле:

$$A_{(\text{оп4})} = x \frac{P \cdot S}{1000} = 0,6 \frac{26500 \cdot 0,8}{1000} = 12,7 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} = 0,13 \text{ кДж} \quad (25)$$

2.2.5 Расчет энергосиловых параметров операции «Правка»

Усилие правки вычисляем по формуле:

$$P = p \cdot F, \quad (26)$$

где F – поверхность детали, $F = 4424 \text{ мм}^2$;

p – давление, для пространственной правки $p = 15\text{-}20 \text{ кгс/мм}^2$

$$P_{(\text{оп5})} = 4424 \cdot 17 = 75208 \text{ кгс} = 752 \text{ кН}$$

Работа вычисляется по формуле:

$$A = \frac{CP}{1000}, \quad (27)$$

где C – коэффициент, по опытным данным его величина составляет $0,6 \dots 0,8$;
принимая $C = 0,7$;

$$A_{(оп5)} = \frac{0,7 \cdot 75208}{1000} = 52,6 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} = 0,53 \text{ кДж}$$

2.2.6 Расчет энергосиловых параметров операции «Разрезка и пробивка»

Усилие обрезки вычисляем по формуле:

$$P = LS\sigma_{cp} = 232 \cdot 0,8 \cdot 29 = 5382 \text{ кгс} = 53,8 \text{ кН} \quad (28)$$

где L – длина разрезаемого контура.

Усилие снятия с пуансона:

$$P_{сн} = k_{сн} \cdot P = 0,06 \cdot 5382 = 323 \text{ кгс} = 0,3 \text{ кН} \quad (29)$$

$$P_{пр} = k_{пр} \cdot P = 0,1 \cdot 53,8 = 5,4 \text{ кН} \quad (30)$$

Общее усилие обрезки:

$$P_{об}^{раз} = P + P_{сн} + P_{пр} = 53,8 + 0,3 + 5,4 = 59,5 \text{ кН} \quad (31)$$

Усилие пробивки двух отверстий:

$$P = LS\sigma_{cp} = 2 \cdot 26,3 \cdot 0,8 \cdot 29 = 1220 \text{ кгс} = 12,2 \text{ кН} \quad (32)$$

Усилие прижима равно 10% от P :

$$P_{пр} = 0,1 \cdot P = 0,1 \cdot 12,2 = 1,2 \text{ кН} \quad (33)$$

Усилие снятия с пуансонов считаем по формуле:

$$P_{\text{сн}} = k_{\text{сн}} \cdot P = 0,06 \cdot 1220 = 73 \text{ кгс} = 0,7 \text{ кН} \quad (34)$$

Усилие проталкивания отхода через матрицу считаем по формуле:

$$P_{\text{прот}} = k_{\text{прот}} \cdot P \cdot 6 = 0,06 \cdot 1220 \cdot 6 = 439 \text{ кгс} = 4,4 \text{ кН} \quad (35)$$

Общее усилие пробивки двух отверстий:

$$P_{\text{об}}^{\text{пр}} = P + P_{\text{пр}} + P_{\text{сн}} + P_{\text{прот}} = 12,2 + 1,2 + 0,7 + 4,4 = 18,5 \text{ кН} \quad (36)$$

Суммарное усилие операции:

$$P_{(\text{оп6})} = P_{\text{об}}^{\text{раз}} + P_{\text{об}}^{\text{пр}} = 59,5 + 18,5 = 78 \text{ кН} \quad (37)$$

Работа вычисляется по формуле:

$$A_{(\text{оп6})} = x \frac{P \cdot S}{1000} = 0,6 \frac{7800 \cdot 0,8}{1000} = 3,7 \text{ (кгс} \cdot \text{м)} = 0,04 \text{ кДж} \quad (38)$$

2.2.7 Определение суммарного усилия

$$P_{\Sigma} = P_{(\text{оп2})} + P_{(\text{оп3})} + P_{(\text{оп4})} + P_{(\text{оп5})} + P_{(\text{оп6})} \quad (39)$$

Усилие первой операции не учитывается, т.к. разрезка заготовок осуществляется на отдельном оборудовании.

$$P_{\Sigma} = 352 + 241,4 + 265 + 752 + 78 = 1688,4 \text{ кН} = 1,7 \text{ МН}$$

2.3 Выбор оборудования

При выборе пресса следует придерживаться следующих правил [1], [26]:

- величина хода ползуна пресса и его тип должны соответствовать выполняемой технологической операции;
- номинальное усилие пресса не менее чем на 25% должно быть больше усилия, необходимого для выполнения технологической операции;
- выбранный пресс должен обладать достаточной мощностью для выполнения рассчитанной работы операции;
- выбранный пресс должен быть достаточно жестким (обладать малой упругой деформацией), а для разделительных операций — также обладать повышенной точностью направляющих;
- закрытая высота пресса должна не меньше закрытой высоты штампа;
- габаритные размеры стола и ползуна пресса должны позволять устанавливать и закреплять штампы, обеспечивать возможность подачи заготовок, а размеры отверстия в столе пресса должны обеспечивать свободное проваливание готовых деталей (при штамповке "на провал");
- число ходов пресса должно соответствовать необходимой производительности штамповки;
- в выбранном прессе должны быть необходимые специальные устройства и приспособления (буферы, выталкиватели, механизмы подачи и т. п.);
- пресс должен соответствовать требованиям техники безопасности и охраны труда;

Таким образом, основными параметрами при выборе пресса являются: номинальное усилие, мощность, жесткость станины, максимальная величина хода, закрытая высота и размеры стола пресса.

Первоначально оборудование выбирается по общему рассчитанному усилию на операциях. Номинальное усилие пресса должно быть заведомо больше, чем того требует технологическая операция. Это нужно для

обеспечения повышенной жесткости и меньшего пружинение станины пресса, а, следовательно, и большей стойкости инструмента. Запас номинального усилия бережет пресс от поломки при попадании заготовки большей толщиной или слипшихся заготовок.

Расчетное суммарное усилие штамповки равно 1,7 МН. Необходимое номинальное усилие пресса определяется по формуле:

$$P_{\text{ном}} = 1,25 \cdot P_{\Sigma} = 1,25 \cdot 1,7 = 2,125 \text{ МН} \quad (40)$$

Выбор пресса только по усилию, не взирая на другие характеристики, может привести к следующим случаям перегрузки пресса:

- пресс перегружен по допускаемому усилию, в результате чего происходит деформация вала, что приводит к поломке пресса;
- пресс перегружен по мощности, но не перегружен по допускаемому усилию, в результате чего происходит затормаживание и резкое падение частоты вращения маховика, вызывающее вероятность выхода из строя электродвигателя [2, 3].

Важным параметром при выборе пресса является высота его хода. Ход пресса - движение ползуна пресса вниз и вверх, производимое за один оборот кривошипа. Производительность пресса измеряется числом ходов в единицу времени. Величина хода пресса - путь, пройденный ползуном в одном направлении. Величина хода пресса очень важна при выборе прессов для операций вытяжки и гибки, так как они требуют большого хода. При вытяжке, для обеспечения удобства установки заготовки и удаление готовой детали, величина хода пресса берется в 2,5-3 раза больше, чем высота вытяжки.

При выборе пресса следует избегать несовпадения центра давления штампа с осью ползуна. В этом случае может возникнуть опрокидывающий

момент, приводящий к боковому смещению верхней части штампа и ползуна прессы.

Горизонтальная жесткость прессы зависит от конструкции направляющих ползуна. Современные быстроходные штамповочные пресс-автоматы имеют восемь направляющих плоскостей, снабженных роликовыми направляющими и устройством точной регулировки. У данных прессов значительно снижены боковые вибрации ползуна, что существенно разгружает направляющие колонки штампа и позволяет получить высокую стойкость штампов.

При выборе многопозиционного пресс-автомата нужно учитывать, чтобы количество позиций на прессе не было меньше количества операций в технологическом процессе. Для изготовления детали 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» необходим пресс-автомат с не менее чем 5-ю позициями для штампов.

На основании вышеперечисленных правил и принципов, выбираем многопозиционный пресс-автомат FT2-60 усилием 6МН, с 7 рабочими позициями.

Таблица 3 - Основные характеристики оборудования

Характеристики оборудования	Значение
Номинальное усилие прессы (за 13 мм до нижней мертвой точки), МН	6
Число ходов ползуна в минуту	16-32
Максимальное усилие на отдельной позиции, МН	2
Максимальное усилие на вырубной позиции, МН	1,5
Число позиций (включая вырубную)	8
Ход основного ползуна, мм	400
Ход вырубного ползуна, мм	80

Продолжение таблицы 3

Характеристики оборудования	Значение
Величина регулировки держателя штампа, мм:	
для основных позиций	80
для вырубной позиции	20
Расстояние между подштамповой плитой и держателем штампа (при нижнем положении держателя штампа и регулировке вверх), мм	
для основных позиций	840
для вырубной позиции	310
Расстояние между позициями, мм	500
Размеры плит держателей штампа, мм:	
слева-направо	490
спереди-назад	900
Размеры подштамповой плиты, мм	4070x1000
Ход грейферной подачи, мм	500
Направление подачи	слева-направо
Ход зажима (на одну сторону), мм	150
Внутренняя ширина между линейками при зажиме, мм	500,700
Количество пневматических подушек	7
Максимальная глубина вытяжки, мм	90
Усилие пневматических подушек (при давлении воздуха 4,5 кгс/см ²), МН:	
на позиции 2-3	0,3
на позиции 4-5	0,2
на позиции 6-8	0,1
Ход подушек, мм	160
Усилие верхних выталкивателей (каждого), МН	0,07
Ход выталкивателей, мм	160

Продолжение таблицы 3

Характеристики оборудования	Значение
Размер штучных заготовок, мм: максимальные минимальные	400x50 или 400 200x300 или 200
Толщина заготовок, мм	0,6-2,6
Габаритные размеры пресса, мм: слева-направо спереди-назад высота высота над уровнем пола	7595 4405 10460 7030
Масса, кг	185000
Давление сжатого воздуха, требуемого для подачи на пресс, кгс/см ²	5

Характеристики выбранного пресс-автомата соответствуют технологическим расчетным показателям.

Пресс-автомат FT2-60 состоит из четырехстоечного семипозиционного пресса и следующих вспомогательных механизмов подачи рулонного материала и штучных заготовок:

- приводного разматывающего устройства;
- правильного устройства;
- валковой подачи;
- механизма подачи штучных заготовок с вакуумным захватом.

Станина пресса разъемная; состоящая из основания, четырёх стоек и головки, стянутых между собой четырьмя стяжными шпильками.

На сварном ползуне расположены верхние регулируемые штамподержатели.

Пресс может обрабатывать ленту в рулонах и штучные заготовки, автоматически передавая их от одной позиции к другой с помощью грейферных линеек.

Грейферная подача перемещает заготовки и полуфабрикаты от позиции к позиции в продольном направлении и даёт возможность производить переключение трёхкоординатной подачи, что делает пресс-автомат универсальным.

В комплект пресс-автомата FT2-60 для штамповки штучных заготовок входят следующие устройства: питатель штучных заготовок, два комплекта накопителей, вакуумный захват.

Пресс-автомат также оснащён:

- выдвижной подштамповой плитой, предназначенной для ускорения операции по замене штампов и выкатывающейся на фронт прессы;
- подушками штампов для вытяжки и выталкивания;
- верхними выталкивателями;
- предохранительным ограждением и т.д.

Блокирующих устройств обеспечивают надёжную и безаварийную работу прессы.

Световая сигнализация обеспечивает быстрое обнаружение ошибок и аварийных ситуаций в работе грейферных линеек.

2.4 Определение центра давления штампов

Большое значение для многопозиционной штамповки имеет расположение центра давления штампов. Центр давления штампов важен, т.к. все штампы установлены на единой подштамповой плите и зафиксированы на одном ползуне пресс-автомата. Если центр давления штампов значительно

расходится с центром давления ползуна (пресса), то в штампах могут возникнуть перекосы, несимметричность зазоров, ранний износ направляющих, быстрое притупление режущих кромок рабочих частей, и возможно появится потребность в переналадке [27].

Для определения центра давления штампов применяются два способа: аналитический и графический. В данной работе использован аналитический способ определения центра давления штампов. Данный метод основан на равенстве момента равнодействующий нескольких сил сумме моментов этих сил относительно одной и той же оси. Так как детали расположены в один ряд, то достаточно определить одну координату центра давления штампа – координату X [1].

$$X = \frac{P_1 \cdot a + P_2 \cdot b + P_3 \cdot c + P_4 \cdot d + P_5 \cdot e}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5} \quad (41)$$

$P_1 = 352$ кН - усилие операции «Вытяжка»;

$P_2 = 241,4$ кН - усилие операции «Обрезка 1-я и пробивка»;

$P_3 = 265$ кН - усилие операции «Обрезка 2-я»;

$P_4 = 752$ кН - усилие операции «Правка»;

$P_5 = 78$ кН - усилие операции «Разрезка и пробивка»;

a, b, c, d, e – соответствующие расстояния от принятой (вспомогательной) оси до осей Y операций;

$a = 1035$ мм;

$b = 1535$ мм;

$c = 2035$ мм;

$d = 2535$ мм;

$e = 3035$ мм.

a, b, c, d, e приняты из расчета, что пять штампов будут располагаться в центральной части подштамповой плиты, т.е. на позициях: 2, 3, 4, 5 и 6.

Точкой отсчета осей X и Y принята вертикальная грань подштамповой плиты, центр которой совпадает с центром давления ползуна.

$$X = \frac{352 \cdot 1035 + 241,4 \cdot 1535 + 265 \cdot 2035 + 752 \cdot 2535 + 78 \cdot 3035}{352 + 241,4 + 265 + 752 + 78} = 2024 \text{ мм}$$

Длина подштамповой плиты составляет 4070 мм, центр давления ползуна находится на расстоянии 2035 мм от торца подштамповой плиты. Следовательно, получаем отклонение от центральной оси пресса на 11 мм, что допустимо (рис. 2.8).

Если бы после расчета был получен неудовлетворительный результат расхождения центров давления штампов и пресса, то имелась бы возможность произвести пересчет, для вариантов, когда между некоторыми штампами оставалась пустая позиция (штамп холостой операции), т.к. пресс-автомат FT2-60 имеет 7 рабочих позиций, а в описываемом технологическом процессе их 5. Добавление холостой операции не изменило бы последовательности операций и никак не повлияло бы на производительность.

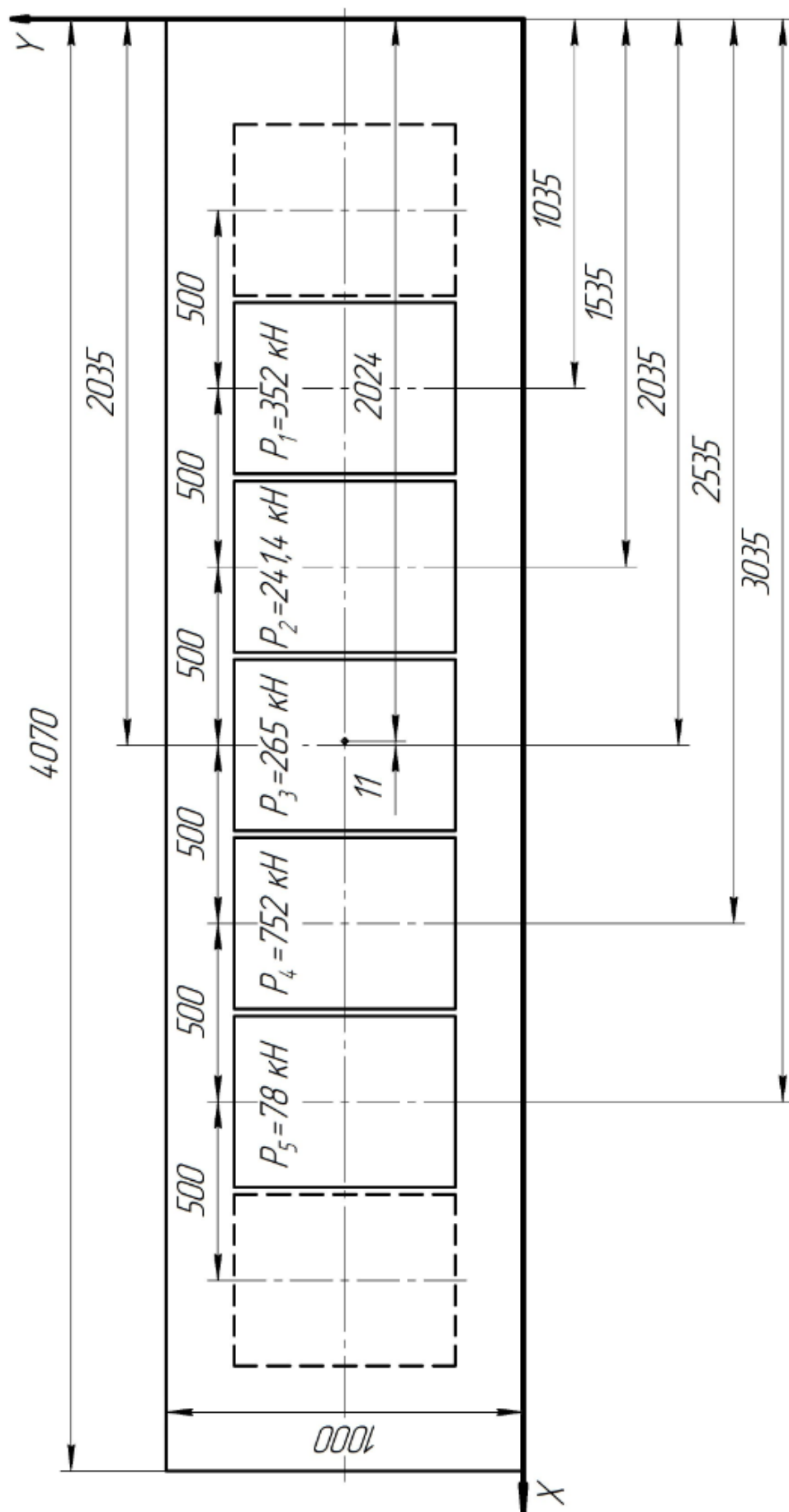


Рисунок 2.8 – Определение центра давления штампов

2.5 Анализ геометрии электронных моделей, устранение дефектов.

Начальная геометрия изделий и их промежуточных состояний была построена в системе CATIA и представляла собой набор поверхностей. Для её перевода в систему NX потребовалось провести конвертацию формата (импорт модели). В ходе импорта из одного формата в другой в геометрии модели образовались некоторые дефекты, а именно:

- некоторые из граней изделия перестали быть касательными друг к другу;
- произошло наложение одной грани на другую.

Данные несоответствия выявлялись при приближении геометрии и наблюдались в местах сложных пространственных переходов модели (рис. 2.9).

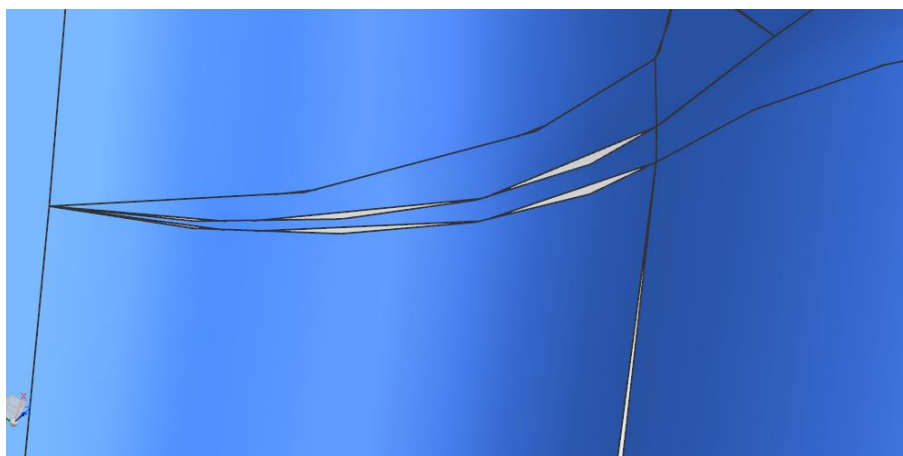


Рисунок 2.9 - Масштабированная модель

Чтобы выявить все описанные недостатки электронной модели необходимо было провести проверку геометрии. Для проведения проверки использовалась функция «Помощник проверки. Средство контроля моделей» приложения «Инструменты HD3D» системы NX (рис. 2.10) [28].

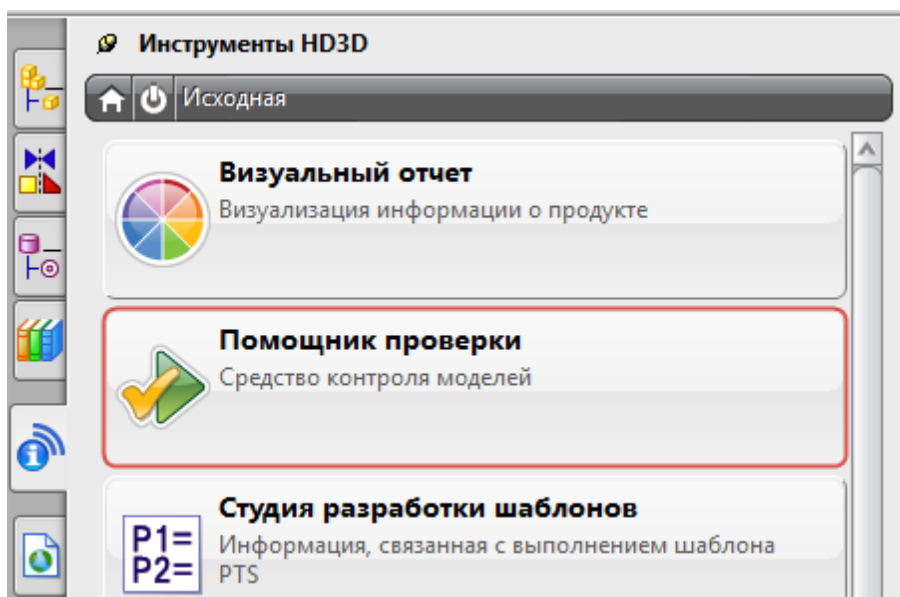


Рисунок 2.10 - Приложение «Инструменты HD3D»

В данном приложении были выбраны геометрии изделия и его элементов. В результате система NX вывела отчет со списком граней и критериями, по которым выделенные грани не прошли проведенную проверку (рис. 2.11).

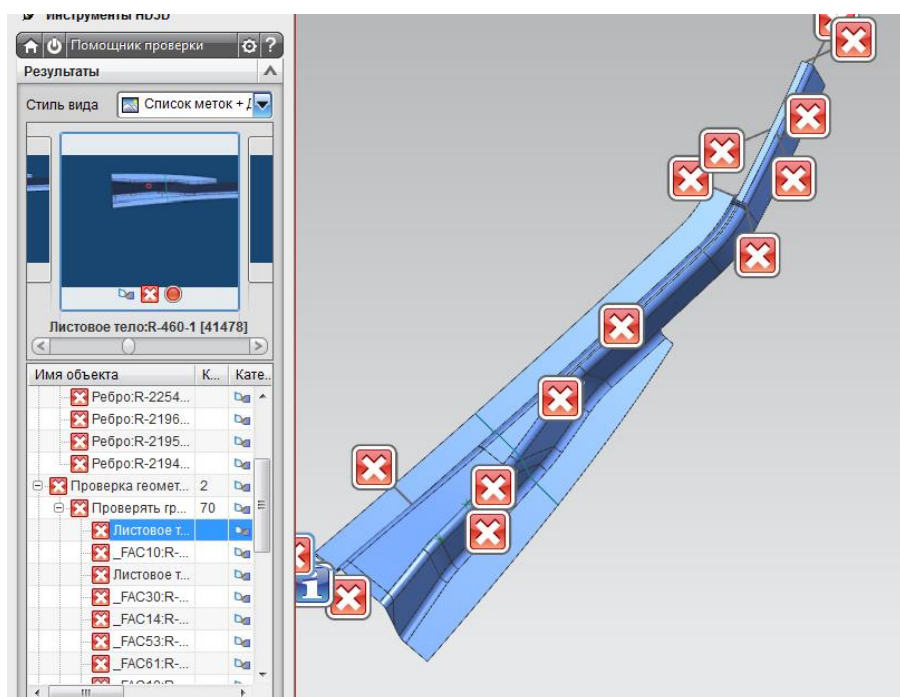


Рисунок 2.11 - Результат проверки в HD3D

Для устранения всех выявленных несоответствий геометрии использовались функции построения поверхностей:

- «По сечениям...»
- «По сетке кривых ...»;
- «Поверхности студии ...»;
- «N-сторонняя поверхность».

После исправления всех выведенных ошибок проводим повторную проверку в приложении «Инструменты HD3D» по тем же самым критериям, что и ранее. Повторная проверка геометрии не выявила несоответствий (рис. 2.12.)

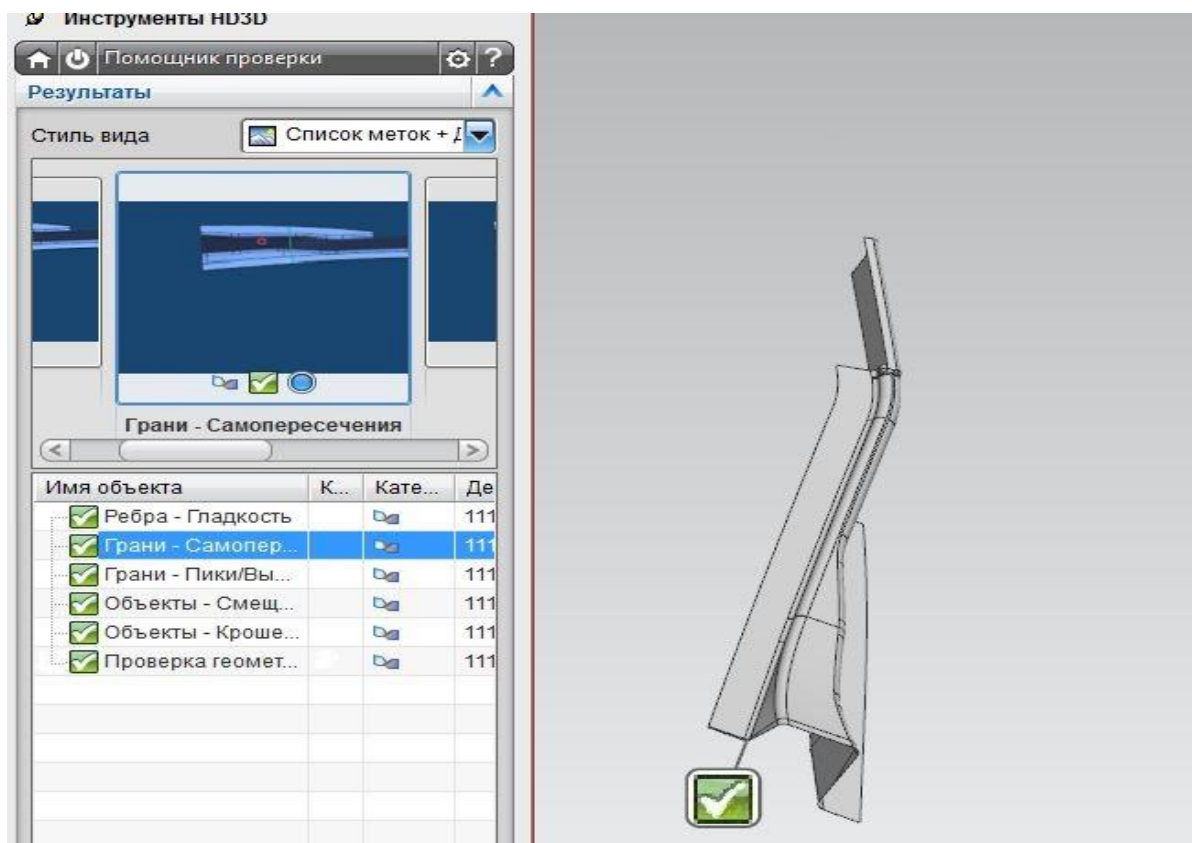


Рисунок 2.12 – Результат повторной проверки

Аналогичная проверка и исправление геометрии были проведены для электронных моделей промежуточных состояний изделий.

2.6 Создание электронных моделей деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» и их полуфабрикатов после каждой операции

После исправления геометрии всех электронных моделей необходимо придать им заданную толщину. Начальные модели изделия и его промежуточные состояния представляли собой набор поверхностей, описывающих правое изделие и правые половины вертикально разрезанных промежуточных состояний. Для получения моделей, пригодных для использования в приложении «Мастер проектирования штампов», необходимо было выполнить следующие действия для каждой из них:

1. Переместить всю геометрию в абсолютную систему координат. Для этого использовалась функция «Переместить объект» и вид перемещения «СК в СК» (рис. 2.13). Данную функцию можно найти во вкладке «Меню» - «Изменить» - «Переместить объект». Выделялась вся геометрия модели, в качестве исходной системы координат выбиралась импортированная вместе с моделью СК, в качестве конечной – абсолютная СК, и нажималась кнопка «Применить».

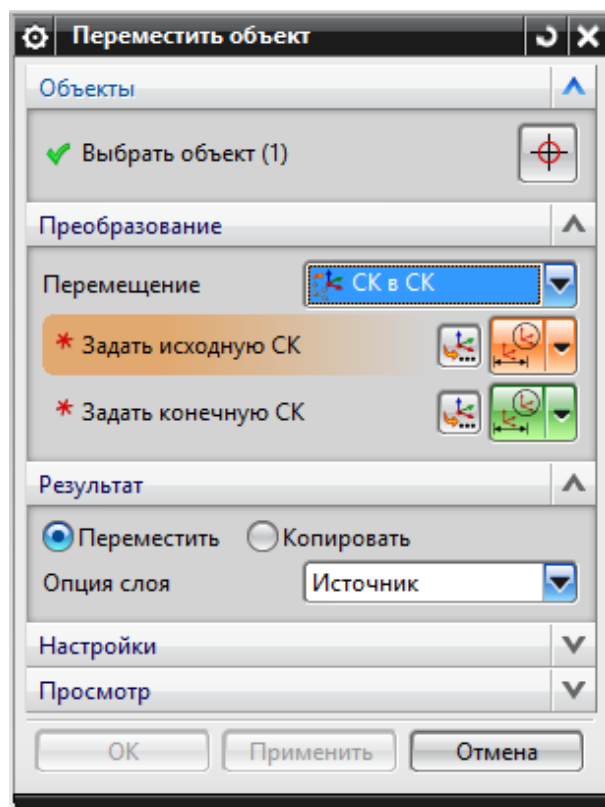


Рисунок 2.13 – Функция «Переместить объект» с выбранным видом перемещения «СК в СК».

2. Сшить воедино все поверхности для получения единого листового тела. Для этого использовалась функция «Сшивка» (рис. 2.14), расположенная во вкладке «Меню» - «Вставить» - «Комбинированность» - «Сшивка». Использовался стоящий по умолчанию тип сшивки «Поверхность», выбиралась одна из поверхностей, которую нужно сшить, затем все остальные, и нажималась кнопка «Применить».

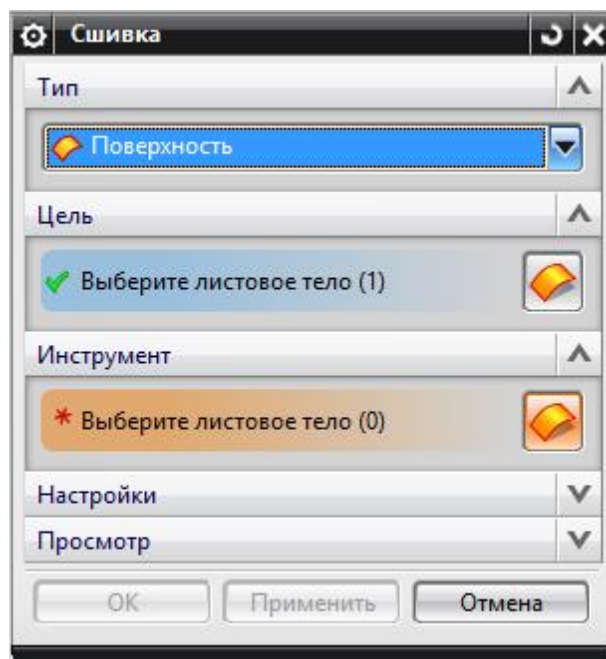


Рисунок 2.14 – Функция «Сшивки»

3. Создать левую зеркальную половину геометрии переходов и зеркальную левую деталь. Данное действие было осуществлено с помощью функции «Зеркальный элемент» (рис. 2.15), расположенная во вкладке «Меню» - «Вставить» - «Ассоциативная копия» - «Зеркальный элемент». Выделялся элемент для отражения, в данном случае только что созданное функцией «сшивки» листовое тело, в качестве плоскости отражения выбиралась существующая плоскость XZ в базовой системе координат, после этого нажималась кнопка «Применить».

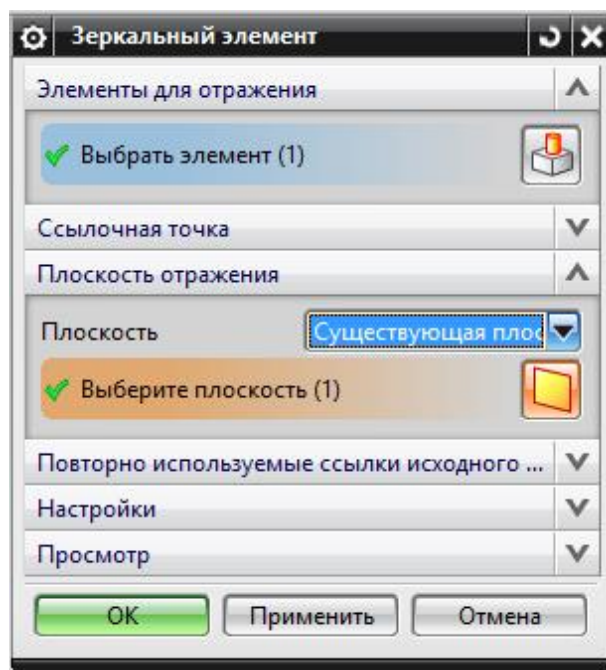


Рисунок 2.15 – Функция «Зеркальный элемент»

4. Сшить правую и левую части промежуточных состояний деталей (математические модели левой и правой готовых деталей не касаются друг друга, т.к. они разъединены операцией «Разрезка»). Для выполнения этого действия так же использовалась функция «Сшивка».

5. Придать толщину полученным листовым телам. Для этого была использована функция «Толщина» (рис. 2.16), расположенная во вкладке «Меню» - «Вставить» - «Смещение/масштаб» - «Утолщение». Выделялись все грани листового тела, устанавливалась толщина 0,8мм, задавалось направление утолщения во внутрь геометрии (т.к. в «Акте по проектировке (оцифровке) математических моделей схемы переходов» было указано, что поверхности изделий выполнены по матрице), и нажималась кнопка «Применить».

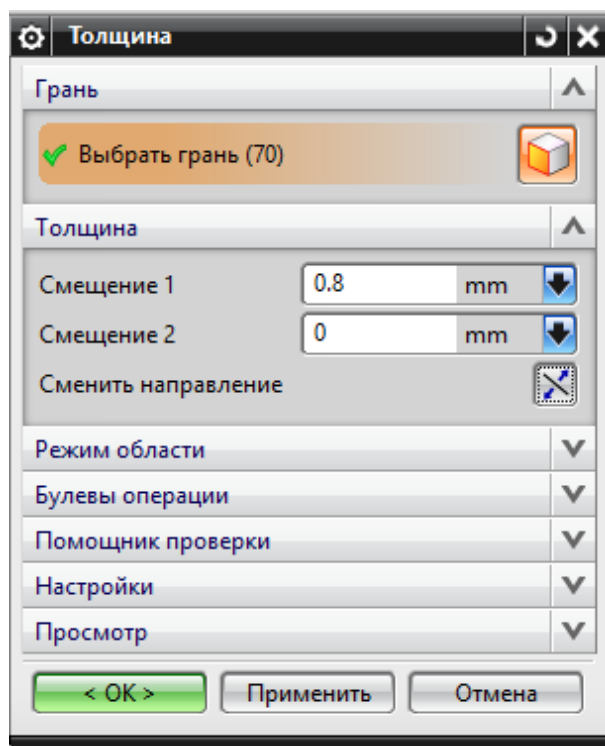


Рисунок 2.16 – Функция «Толщина»

6. Сохранить электронную модель, придерживаясь обязательного требования системы NX 9.0, что название и путь расположения файла не должны содержать знаков кириллицы.

Вид полученных электронных моделей деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» и их промежуточных состояний был представлен в разделе 2.1 для визуализации описания технологического процесса (рис. 2.3 – 2.7).

2.7 Определение формы и размеров исходной заготовки, анализ утонений, напряжений и деформаций

Система NX 9.0 имеет встроенный модуль для проведения инженерного анализа, так называемый CAE-модуль, который позволяет провести развертку листового тела при помощи одношагового решателя. Результатом развертки будет являться исходная заготовка для получения анализируемой детали. Данная функция называется «Анализ формуемости – Одношаговый» и

располагается во вкладке: «Меню» - «Анализ» - «Анализ формуемости – Одношаговый».

Для получения развертки использовалась электронная модель полуфабриката, полученного после операции «Вытяжка». Перед построением исходной минимально необходимой заготовки необходимо было удалить, либо скрыть, все фланцы имеющейся модели. Конечно эти действия нужно проводить в копии данной модели, т.к. модель с фланцами будет необходима при дальнейшем проектировании. После удаления фланцев, все поверхности модели были сшиты в единое листовое тело, которому не придавалась толщина (рис. 2.17).

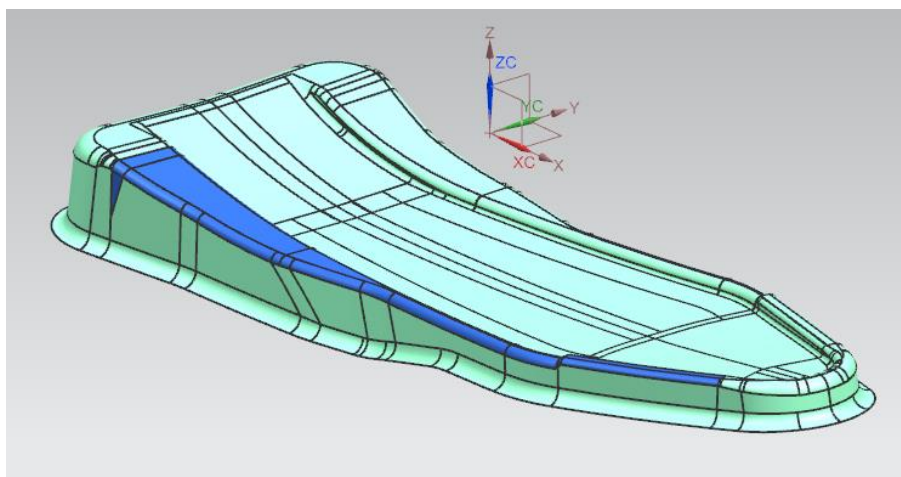


Рисунок 2.17 – Модель для нахождения формы и размеров исходной заготовки

Далее над полученной сшивкой была построена плоскость, на которую должна «разворачиваться» модель (рис. 2.18)

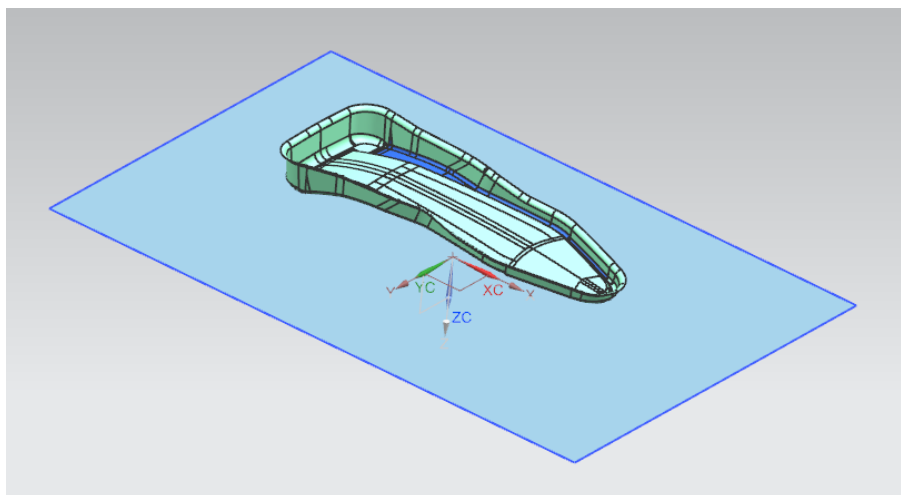


Рисунок 2.18 – Модель для нахождения формы и размеров исходной заготовки и плоскость для развертки.

Дополнительно были построены две точки: одна – приблизительно в центре разворачиваемой сшивки на плоскости XZ , вторая – точно под первой точкой, но на построенной ранее плоскости.

После вышеперечисленных приготовлений использовалась функция «Анализ формуемости – Одношаговый»:

- тип развертки (полная разверка) и тип объекта (грань) были установлены по умолчанию;
- в разделе «развернуть область» была выбрана сшивка;
- в разделе «развернуть область» выбрана построенная плоскость;
- тип ограничения (от точки к точке) был установлен по умолчанию;
- в разделе «список ограничений» в качестве точки развертки была задана построенная точка на сшивке, в качестве целевой точки – точка, построенная на поверхности (рис. 2.19);

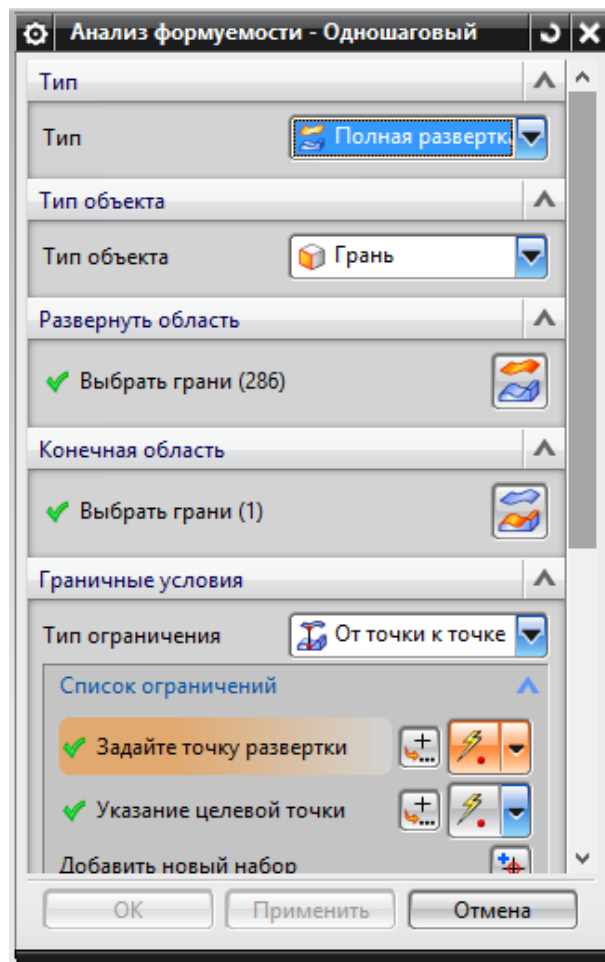


Рисунок 2.19 – Задание разворачиваемой и конечной областей и граничных условия в функции «Анализ формуемости – Одношаговый»

- в разделе «материал» был выбран металл «Steel»;
- в качестве вектора вытяжки была задана ось XZ;
- установлена толщина 0,8 мм;
- общий размер элемента оставлен заданный по умолчанию (рис. 2.20);

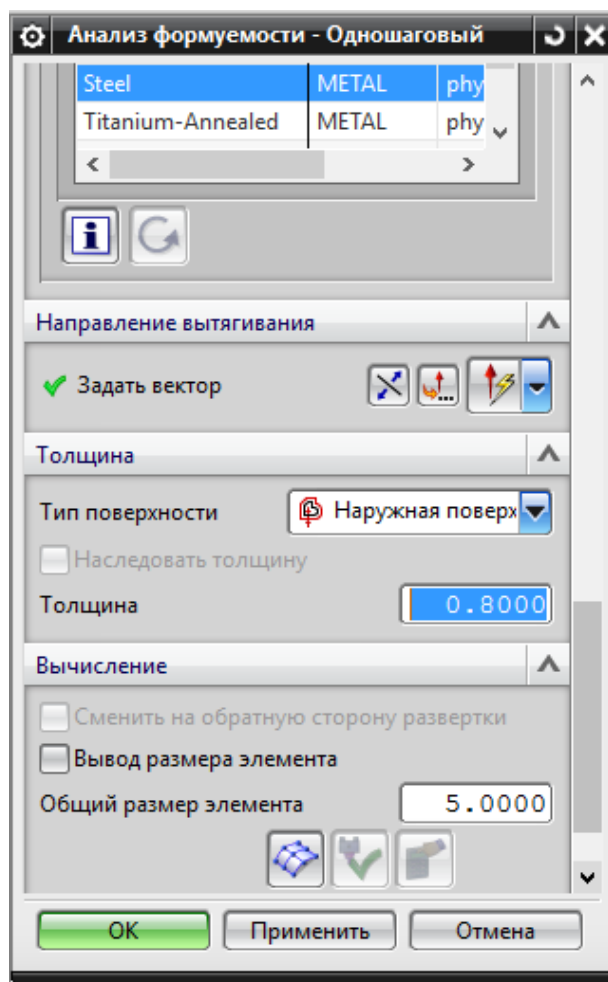


Рисунок 2.20 – Задание материала, направления вытягивания и толщины в функции «Анализ формуемости – Одношаговый»

- нажата ставшая активной кнопка «Сетка» (рис. 2.21);

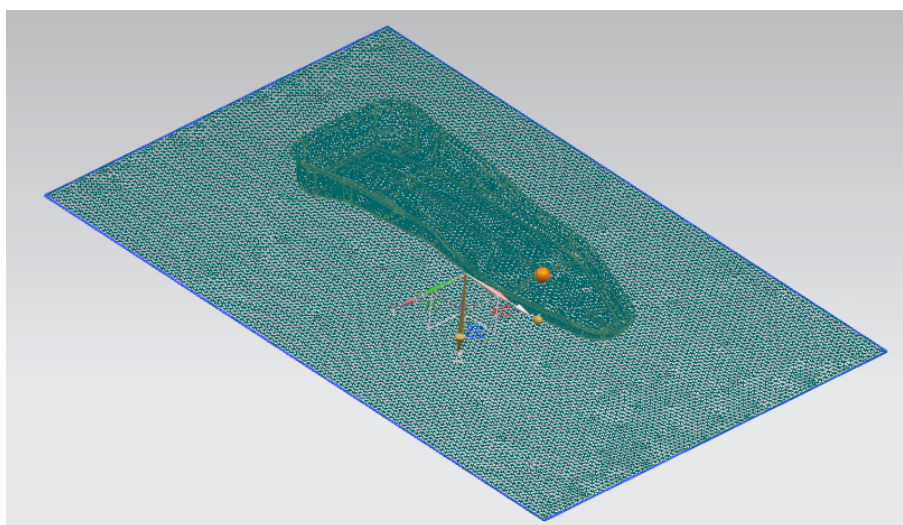


Рисунок 2.21 – Построенная КЭ-сетка

- выполнена проверка качества сетки;
- нажата ставшая активной кнопка «Вычисление» (рис. 2.22);

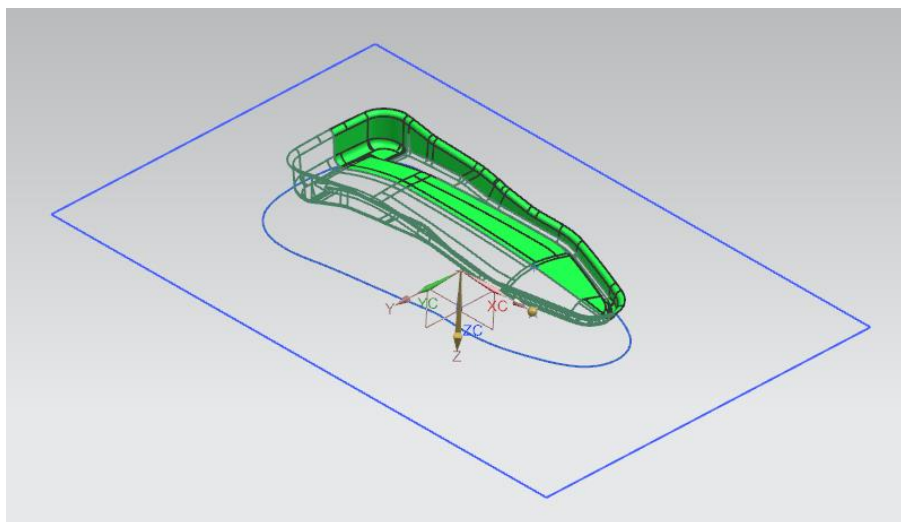


Рисунок 2.22 – Результат вычисления в функции «Анализ формруемости – Одношаговый»

- отображены результаты «утонение» (рис. 2.23), «напряжение» (рис. 2.24) и «деформация» (рис. 2.25);

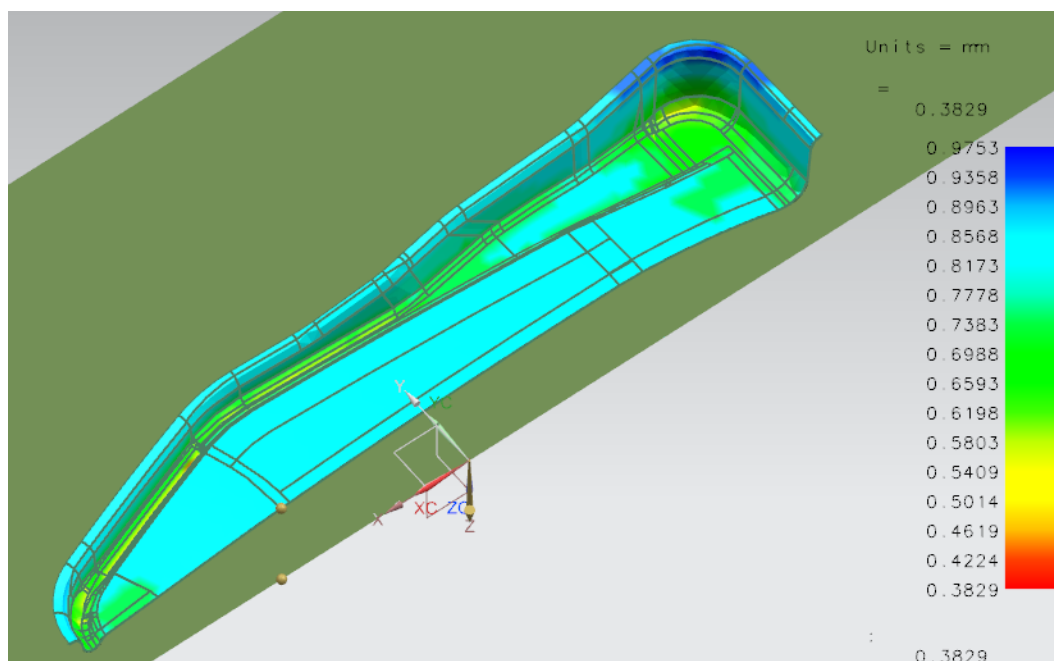


Рисунок 2.23 – Утонение

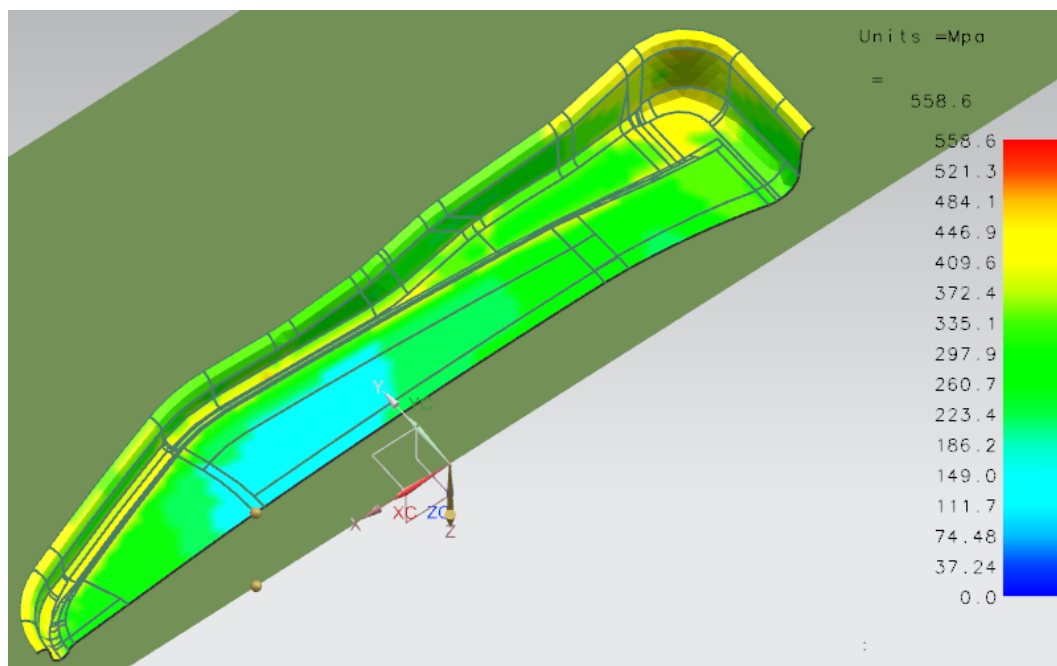


Рисунок 2.24 – Напряжение

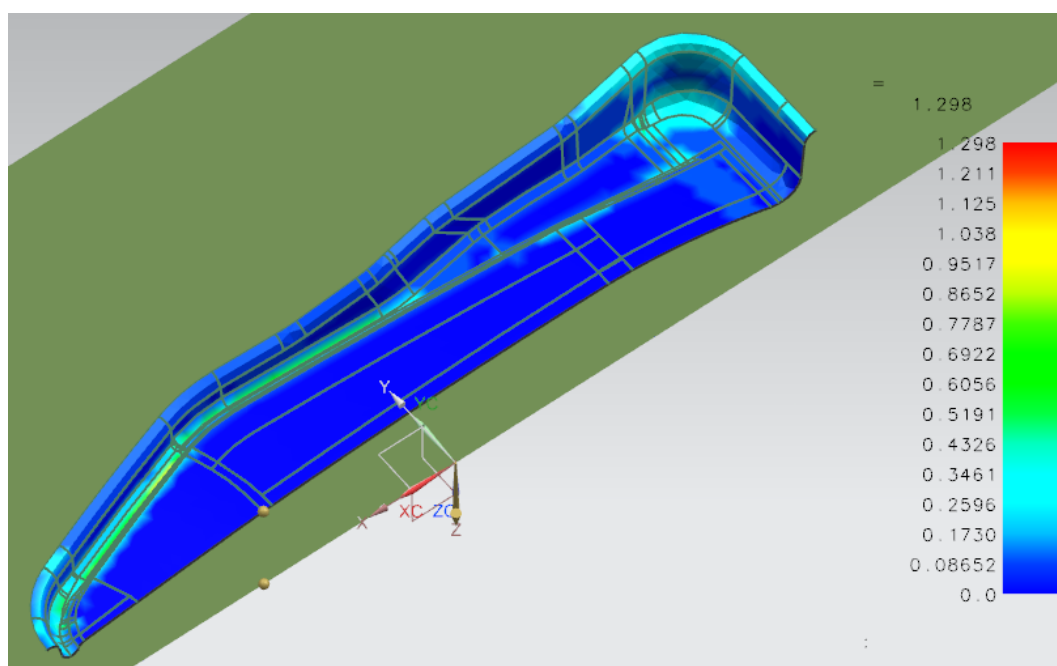


Рисунок 2.25 – Деформация

- создан профиль развертки, на основании которого построено листовое тело - заготовка (рис. 2.26);

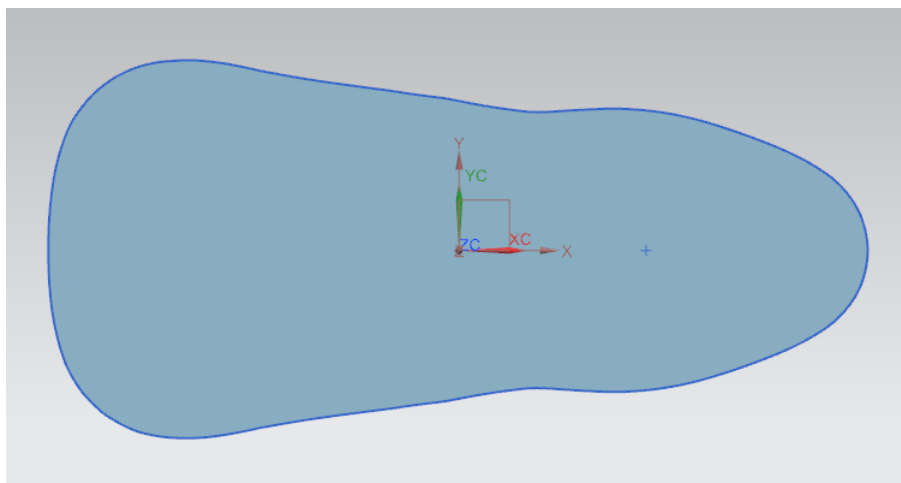


Рисунок 2.26 – Заготовка, полученная разверткой

- нажата кнопка «ОК».

Полученная с помощью развертки заготовка идеально вписывается в размеры трапецидальной заготовки, заданной в существующей технологии (рис. 2.27).

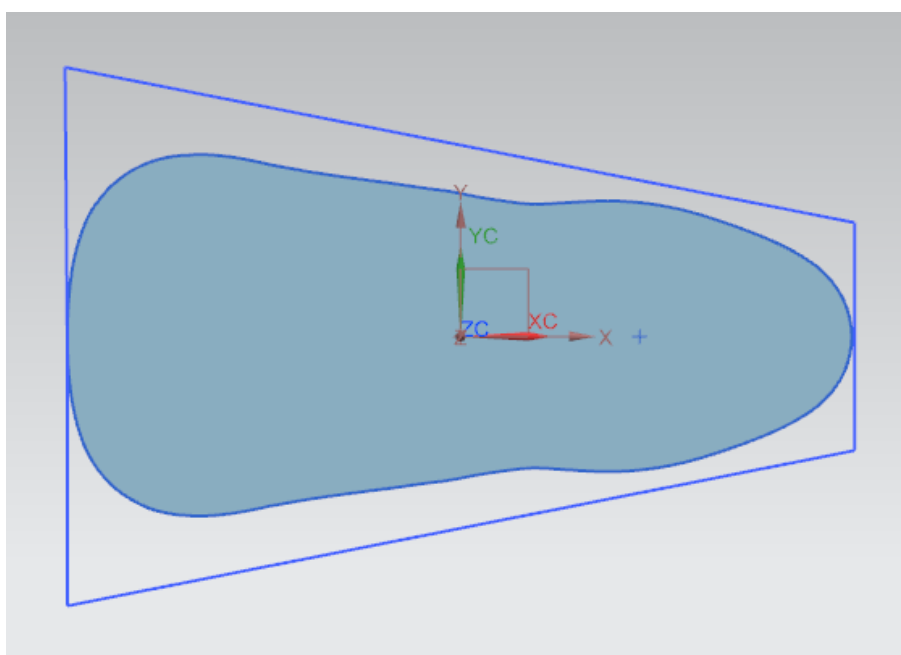


Рисунок 2.27 – Заготовка, полученная разверткой, вписанная в размеры заготовки, заданной существующей технологией

Так как форма заготовки по существующей технологии имеет форму значительно более простую, чем заготовка, полученная с помощью функции

«Анализ формуемости – Одношаговый», было принято решение для дальнейшего проектирования использовать заготовку трапецидальной формы. Это позволит упростить процесс резки заготовок за счет невысоких требований к оборудованию и инструменту.

2.8 Создание схемы технологических переходов в приложении «Мастер проектирования штампов»

После выполнения проверок геометрии и технологичности детали и её промежуточных состояний можно приступить к созданию схемы технологических переходов в приложении «Мастер проектирования штампов». Данное приложение можно найти по следующей траектории: «Файл» - «Все приложения» - «Мастер проектирования штампов». Общий вид меню приложения представлен на рисунке 2.28.



Рисунок 2.28 - Общий вид меню приложения «Мастер проектирования штампов»

Работа с приложением «Мастер проектирования штампов» осуществляется поочередным переходом, согласно разделам, слева направо и исполнением в них требуемых операций. Рассмотрим детальнее данные разделы и их описание (табл. 4).






Таблица 4 – Панель приложения «Мастер проектирования штампов»

Кнопка инструменталь- ной панели	Название	Функция
	Задать промежуточное состояние	Создает ассоциированное промежуточное состояние с разверткой этапов на основе исходной детали
	Прямая развертка	Преобразовывает деталь листового металла, задает коэффициент нейтрали и предварительные сгибы, и совмещенные сгибы
	Операция гибки	Разгибает, повторно сгибает прямые сгибы деталей из листового материала
	Разогнуть сгиб универсальным образом	Разгибает сгиб, особенно удобно использовать для некоторых сложных типов, таких как прямая развертка с ребром жесткости, фланцем по контуру и пуклевкой
	Анализ формуемости - Одношаговый	Сглаживает все или некоторые грани детали листового металла, используя КЭ модель анализ и вычисляет утонение, напряжение, деформацию и пружинение, чтобы предсказать риск формовки
	Удалить отверстие	Удаляет отверстия тела






Продолжение таблицы 4

Кнопка инструменталь- ной панели	Название	Функция
	Быстрое построение прижима	Создает поверхность прижима, которая является плоской, цилиндрической или конической и основана на форме листового тела
	Сечение переходной поверхности	Задаёт одно или более сечений переходной поверхности, которые могут использоваться позже, чтобы создать переходную поверхность
	Переходная поверхность	Создаёт переходную поверхность, используя сечения созданные командой «сечения штампа»
	Обработка линии обрезки	Разрабатывает фланцевые грани на грани переходной поверхности
	Профиль ребра жесткости	Позволяет принять форму подштамповки к выходной поверхности штамповки
	Инициализация проекта	Создаёт новый проект проектирования штампа для детали из листового металла или открывает предыдущий проект
	Генератор заготовки	Создаёт заготовки в проекте штампа согласно деталям из листового металла, вставленным в проект в процессе инициализации





Продолжение таблицы 4

Кнопка инструменталь- ной панели	Название	Функция
	Компоновка полосы	Ориентирует детали в шаблоне развертки относительно друг друга, задает какую ширину полосы использовать и определяет расстояние шага между станциями
	Проектировани е отхода	Задаёт, как разделять отход и, если необходимо, создает направляющие отверстия, чтобы помочь переносу полосы через штамп
	Компоновка полосы	Планирует процессы обрезки отхода и формовки промежуточных состояний пока не достигнут конечный профиль детали листового металла
	Управление станцией	Управляет станциями проектирования штампов, номерами станций, их расстоянием и компоновкой
	Пакеты штампов	Добавляет и конфигурирует пакет штампа, который содержит сборку стандартных деталей, включая плиты, колонки, втулки и винты
	Настройки проектировани я штампа	Задаёт параметры проектирования штампов, которые используются по умолчанию в процессе проектирования

Продолжение таблицы 4

Кнопка инструменталь- ной панели	Название	Функция
	Проектирование пробивных вставок	Позволяет проектировать пуансоны пробивки, матрицы с постоянным или переменным зазором и отверстия матрицы, задает массив одинаковых вставок пробивки и управляет связями проекта
	Проектирование вставки изгиба	Разрабатывает вставку пуансонов и штампов изгиба для обработки процесса изгиба
	Формующая конструкция вставки	Проектирует формообразование матрицы или пуансона
	Конструкция вставки зачистки	Создает конструкцию пуансона и штампа зачистки
	Универсальная конструкция вставки	Проектирует вставку выступа, пятки и обеспечивает копирование, массив или удаление инструментов
	Стандартные детали	Добавляет и изменяет стандартные детали
	Создание освобождений	Создает тело вырезки карманов и отверстий на плитах штампа, предотвращая пересечение между полосой и плитами штампа

Продолжение таблицы 4

Кнопка инструменталь- ной панели	Название	Функция
	Проектирование карманов	Вырезает карманы для стандартных компонентов в любых твердых телах в плитах штампа или вставки
	Спецификация	Создает спецификацию разработки штампа
	Таблица отверстий	Создает таблицу отверстий
	Управление видами	Управляет отображениями проектируемых компонентов сборки штампа при помощи таких элементов как «видимость» и «цвет»

2.8.1 Задание промежуточных состояний

Для начала создания схемы технологических переходов необходимо было открыть файл электронной модели готовых деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» (рис. 2.29)

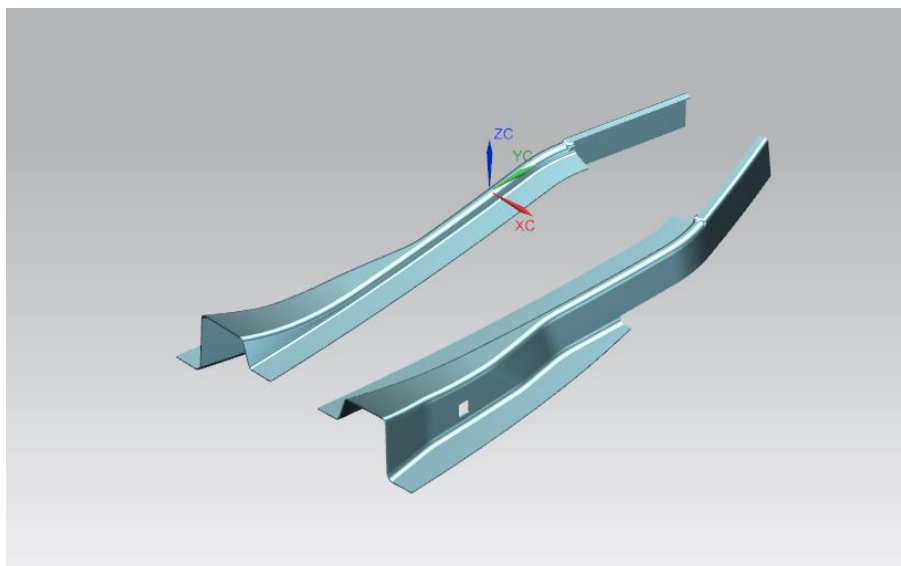


Рисунок 2.29 - Детали «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» после операции «Разрезка и пробивка отверстий»

С помощью операции «Задать промежуточные состояния» были созданы ассоциированное копии данных деталей. Была выбрана последовательность стадий «от детали к заготовке», установлено число промежуточных состояний 6 (так как на многопозиционном прессе выполняется 5 переходов, то необходимо создать промежуточное состояние для каждого из них, а также одну ассоциированную копию для исходной заготовки), номер начальной станции – 2 оставлен по умолчанию, задан шаг 500 мм согласно технологическому процессу и выбранному оборудованию, установлена ориентация шага по оси X, нажата кнопка «Применить» (рис. 2.30).

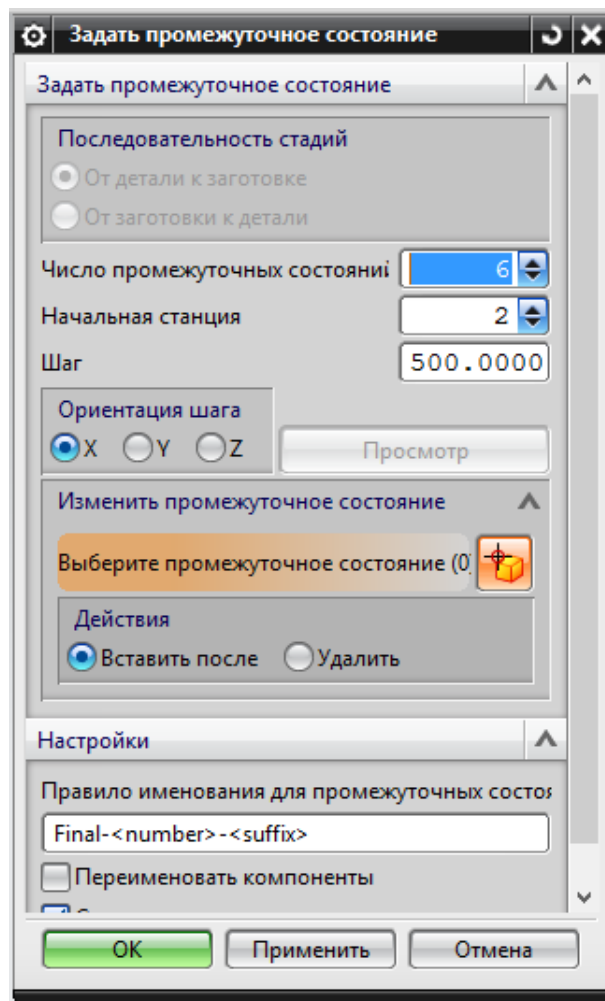


Рисунок 2.30 - Окно операции «Задать промежуточные состояния»

Созданные промежуточные состояния изображены на рисунке 2.31.

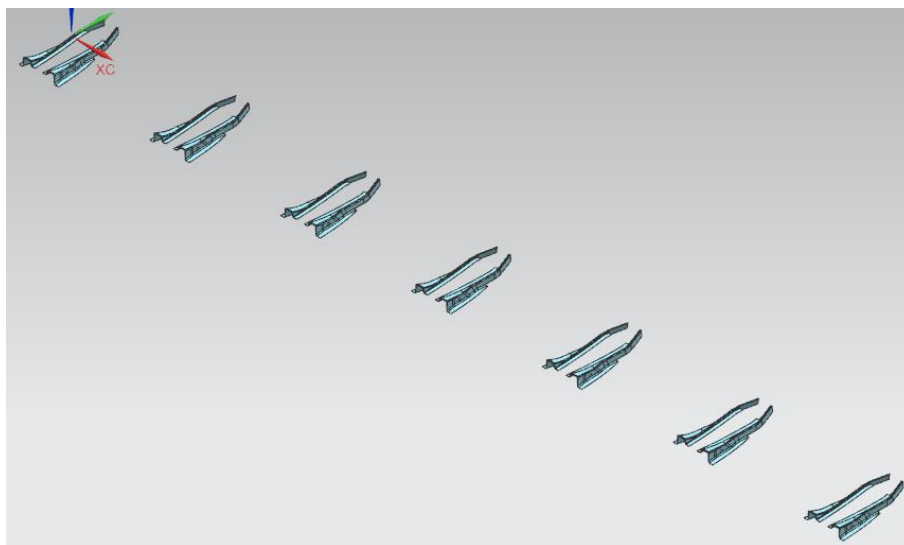


Рисунок 2.31 - Готовые детали и 6 их промежуточных состояний

После создания ассоциированных копий готовых деталей во вкладке «Навигатор сборки» появилась сборка под названием «название исходной модели_top (Последовательность: Хронологический)», состоящая из семи моделей, в число которых входят исходная модель и шесть промежуточных состояний (рис. 2.32).

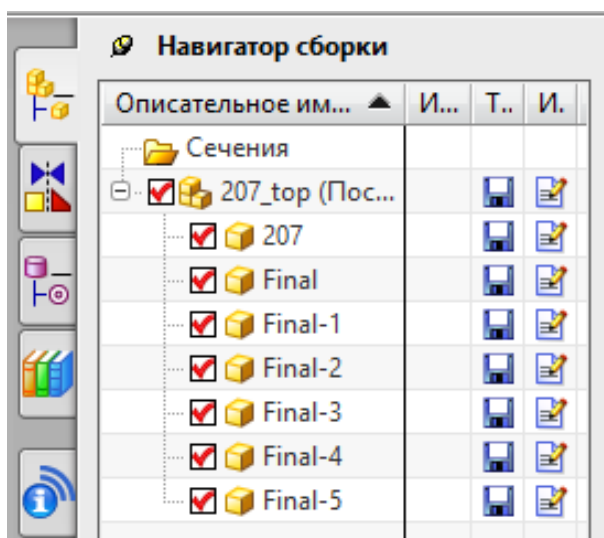


Рисунок 2.32 - Сборка последовательности промежуточных состояний

Далее в каждое промежуточное состояние были подгружены соответствующие модели переходов. Во вкладке «Навигатор сборки» делалось активным конкретное промежуточное состояние и в него импортировалась геометрия соответствующего перехода. Импорт происходил следующим образом: нажималась кнопка «Файл», затем «Импорт», кнопка «Деталь», в появившемся окне нажималась кнопка «ОК», выбирался соответствующий файл, выбирались координаты необходимой СК и нажималась кнопка «ОК». Данная процедура была проведена для каждого перехода, результат представлен на рисунке 2.33.

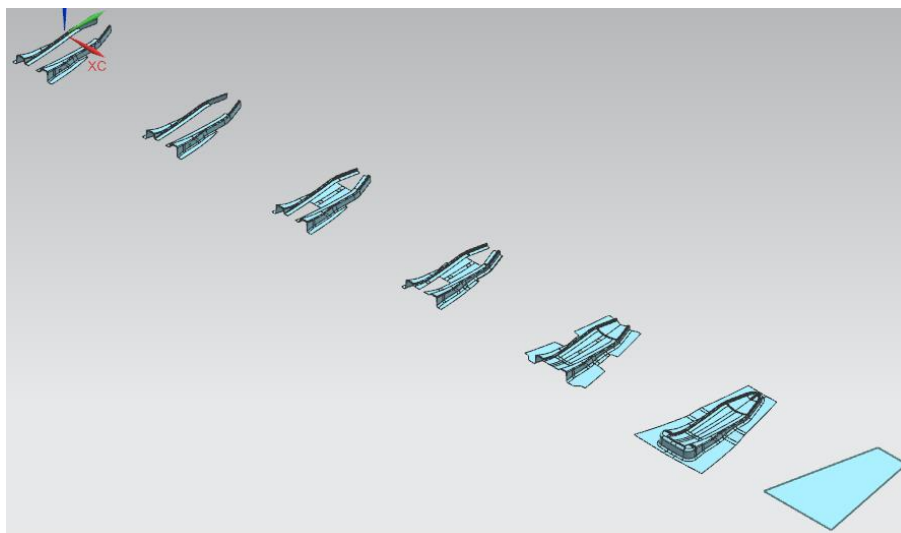


Рисунок 2.33 - Геометрия технологический переходов, загруженная в соответствующее промежуточное состояние

2.8.2 Инициализация проекта

Далее необходимо было провести «Инициализацию проекта» для создания проекта проектирования штамповой оснастки для всех переходов полученного технологического процесса. Был указан путь создания файла проекта, определена толщина материала 0,8 мм, выбран материал «steel», шаблон проекта оставлен по умолчанию «Transfer_Die», нажата кнопка «ОК» (рис. 2.34).

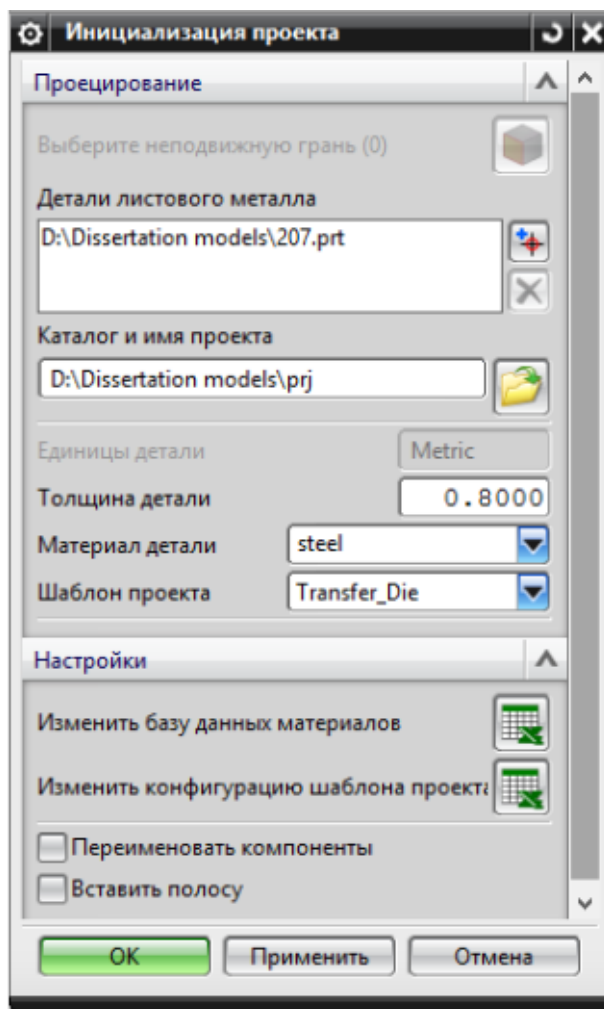


Рисунок 2.34 - Окно функции «Инициализацию проекта»

После проведения инициализации в окне «Навигатора сборки» появились новые файлы, главным из которых является файл «prj_control» (рис. 2.35), с ним и проводилась дальнейшая работа.

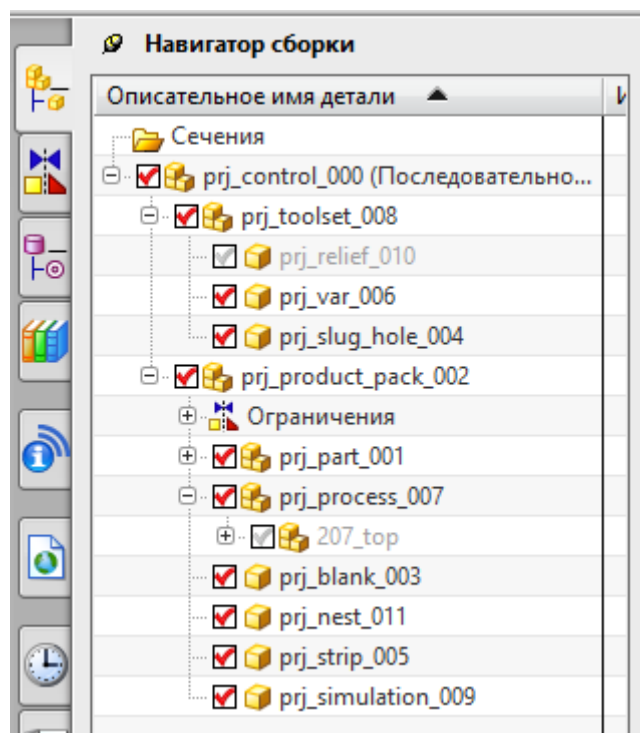


Рисунок 2.35 - Новые файлы в сборке после проведения инициализации

2.8.3 Генерация заготовки

Следующим шагом необходимо было задать исходную заготовку с помощью функции «Генерация заготовки». Был установлен тип генерации «Создать», нажата кнопка «Импорт детали заготовки», загружена ранее созданная электронная модель заготовки, в качестве стационарной выбрана верхняя грань, нажата кнопка «ОК» (рис. 2.36).

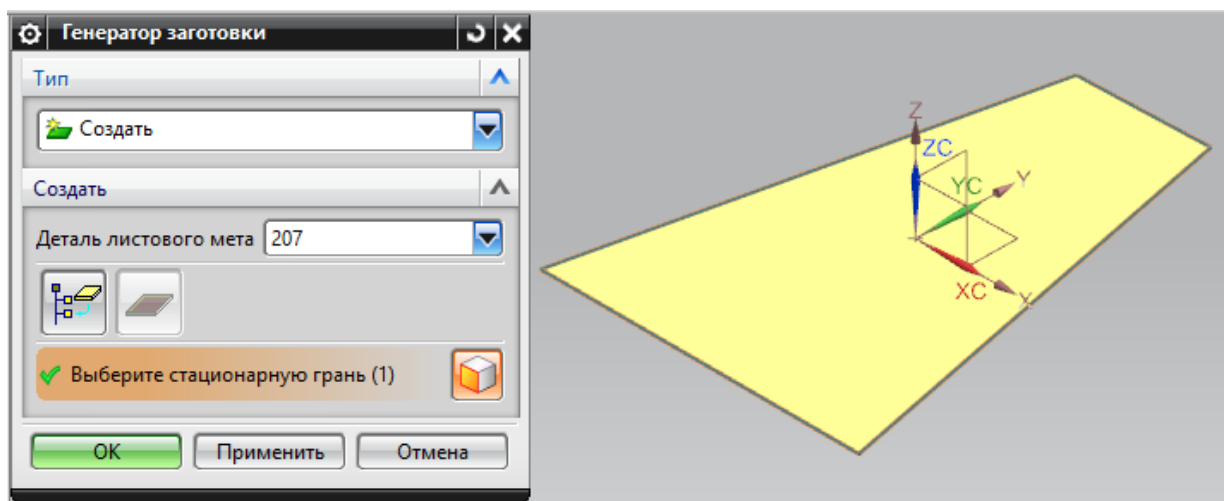


Рисунок 2.36 - Генерация заготовки

2.8.4 Компоновка полосы

Используя заданную модель заготовки, была сформирована компоновка полосы с помощью соответствующей функции:

- выбран тип «Копировать заготовку», выделена заготовка, нажата кнопка «применить»;
- выбран тип «Создать компоновку», выбрана копия заготовки;
- задано смещение по оси X: 185 мм (сумма оснований трапецидальной заготовки, деленная на два);
- задано смещение по оси Y: 0 мм;
- угол вращения задан 180 градусов;
- установлен шаг 370 мм (сумма оснований трапецидальной заготовки);
- задана ширина полосы 365 мм (высота заготовки);
- поставлена галочка «показать три заготовки» (рис. 2.37)

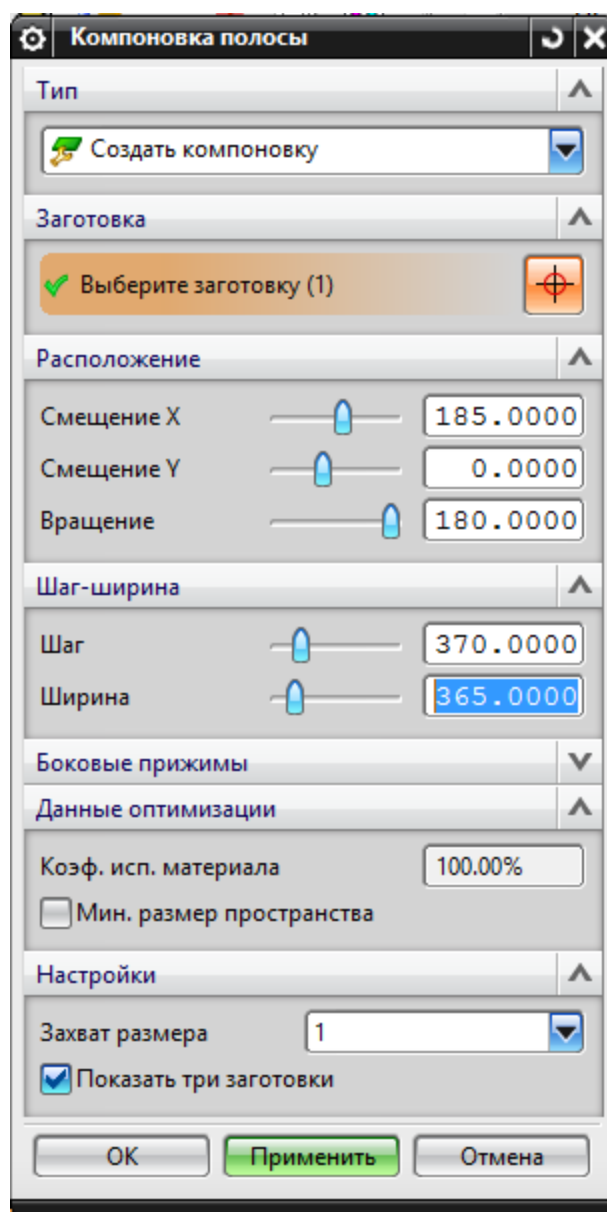


Рисунок 2.37 - Окно функции «Компоновка полосы»

Коэффициент использования материала – 100%. Полученная компоновка показана на рисунке 2.38.

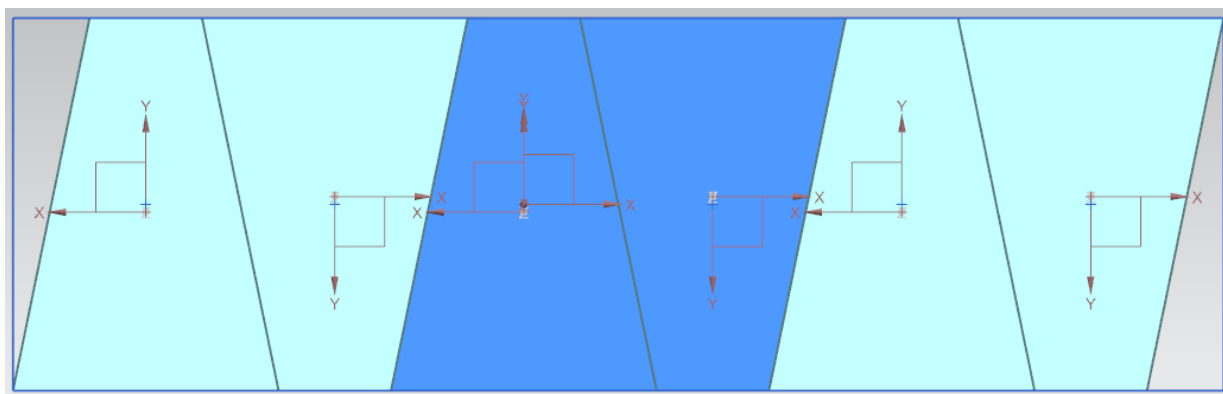


Рисунок 2.38 - Полученная компоновка полосы

2.8.5 Управление станциями

Завершающим шагом перед началом процесса проектирования штампов в приложении «Мастер проектирования штампов» является функция «Управление станцией»:

- в разделе номер станции задается номер станции по порядку (от 1 до 5);
- устанавливается расстояние от предыдущей станции (для первой – 0, для последующих – 500 мм);
- в разделе определение станции выбирается номер создаваемой станции (номера будут становиться активными после задания каждого номера станции);
- при необходимости присваивается название для станции;
- выдирается геометрия, соответствующая создаваемой станции;
- нажимается кнопка применить (рис. 2.39).

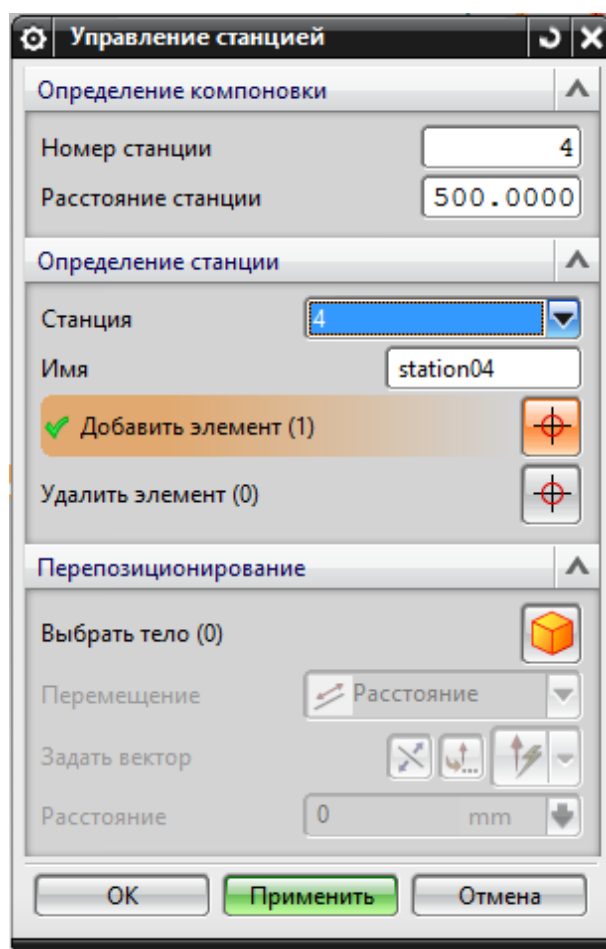


Рисунок 2.39 - Окно функции «Управление станцией»

В процессе создания станций рабочий экран программы горизонтально разделен на 2 части: в верхней показана существующая геометрия файла «prj_control», в нижней – загружаемые станции (рис. 2.40)

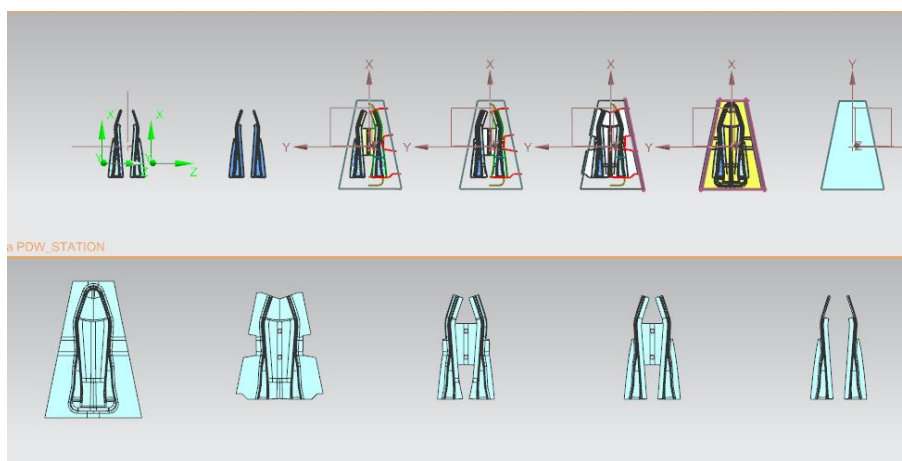


Рисунок 2.40 - Рабочий экран программы при создании станций

Результат проведения данной операции показан на рисунке 2.41.

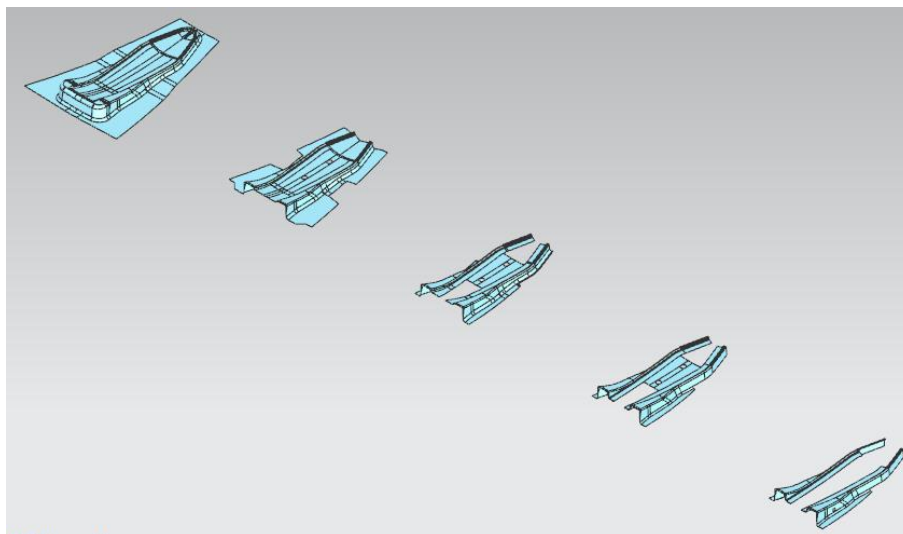


Рисунок 2.41 - Результат создания станций для проектирования оснастки

3 Создание базы данных типовых узлов и деталей и их регистрация

Для ускорения процесса проектирования штампов была создана база данных параметризованных типовых узлов и деталей. Описание процесса создания базы данных для системы NX 9.0 рассмотрим на примере типового узла штампа – «пакета пружин».

Стандартный пакет пружин состоит из четырех компонентов (рис. 3.1): 1 – пружины сжатия, 2 – ступенчатого винта, 3 – гайки для пружинных пакетов и 4 - втулки для пружинных пакетов.

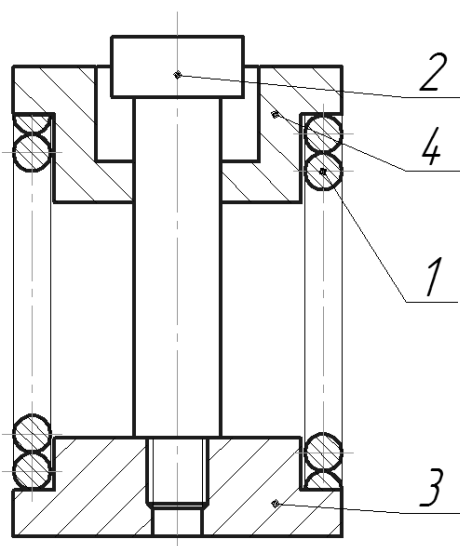


Рисунок 3.1 - Пакет пружин

Для создания, параметризации и регистрации данного узла были выполнены следующие действия [28]:

1. В папке C:\ProgramFiles\Siemens\NX9.0\STAMPING_TOOLS\ediewizard\standard\metric была создана копия одной из папок, например, «misumi_edw», содержащих каталоги иностранных баз данных, и сохранена с именем «TGU_OMD» (имя может задаваться произвольно).

2. С созданном каталоге «TGU_OMD» были удалены все папки скопированных компонентов кроме одной. Оставшейся папке дано имя «package of springs», и в ней удалено содержимое папок «model» и «bitmap» (сами папки не удалялись).

3. В папку TGU_OMD\package of springs\bitmap добавлено изображение пакета пружин в формате .bmp. Данное изображение будет выводиться на экран при выборе пакета пружин для добавления в разделе «Стандартные детали» приложения «Мастер проектирования штампов» системы NX 9.0.

4. В папке «model» были созданы электронные модели все четырех компонентов, входящих в пакет пружин (пружину сжатия, ступенчатый винт, гайку и втулку), а также модель кармана, который используется для создания посадочного места для пакета. При построении каждой электронной модели были заданы выражения (по вкладке «Инструменты» - «Выражения»), и зависимости, описывающие всю геометрию детали. Созданных зависимостей должно быть достаточно для перестроения модели после изменения того или иного значения (рис. 3.2).

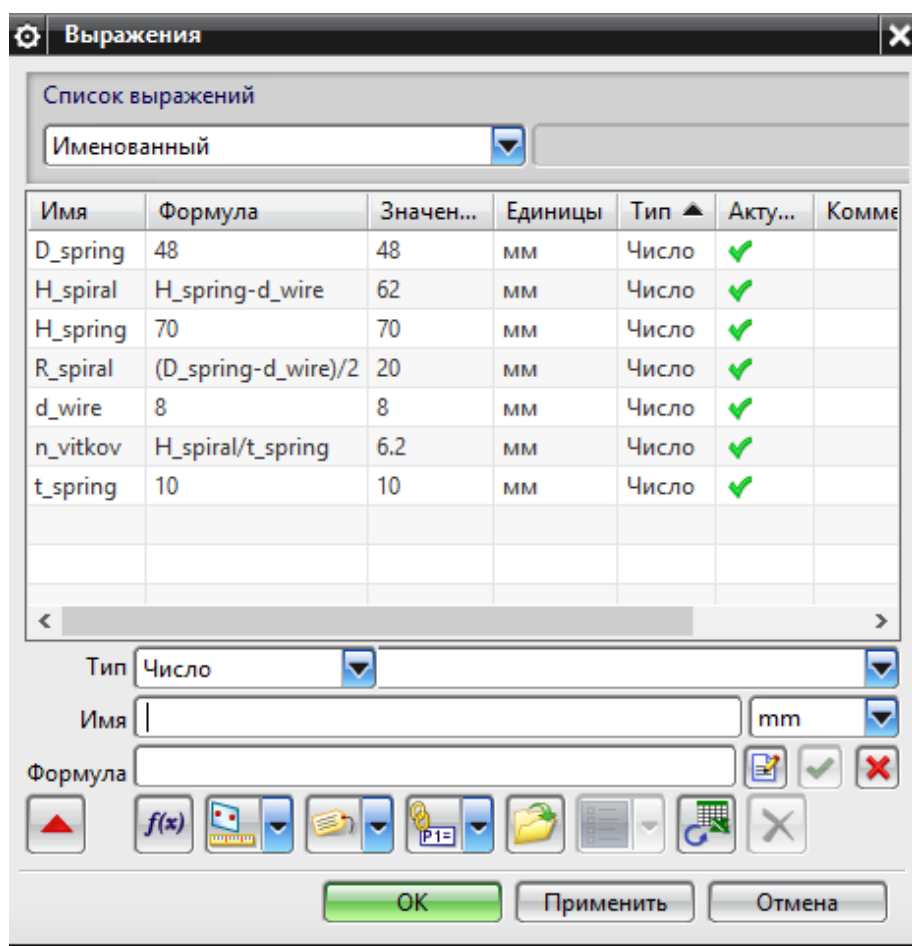


Рисунок 3.2 – Окно «Выражения» с заданными параметрами и зависимостями для параметризации спиральной пружины

5. Создать файл сборки пакета, состоящий из всех ранее созданных моделей, и соединить данные модели друг с другом, используя необходимые ограничения (рис.3.3). В окне «Выражения» заданы все переменные, созданные в каждой модели сборки (рис. 3.4).

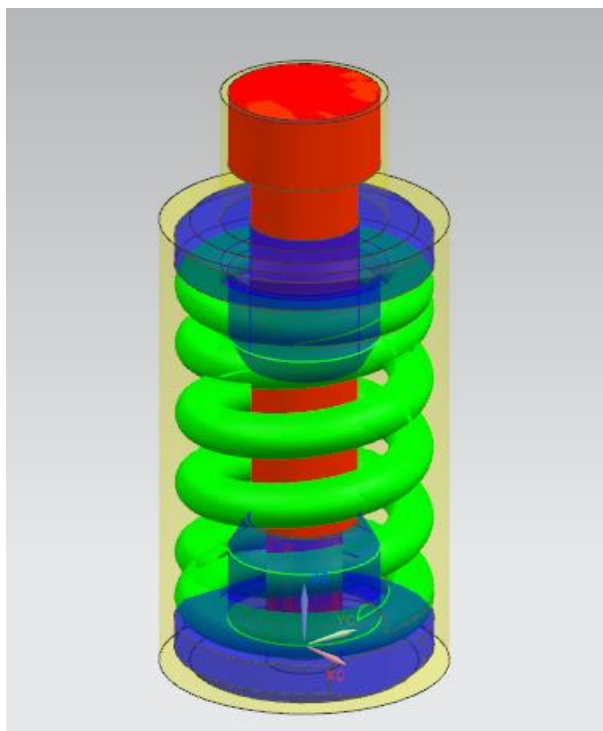


Рисунок 3.3 - Модель сборки «Пакета пружин»

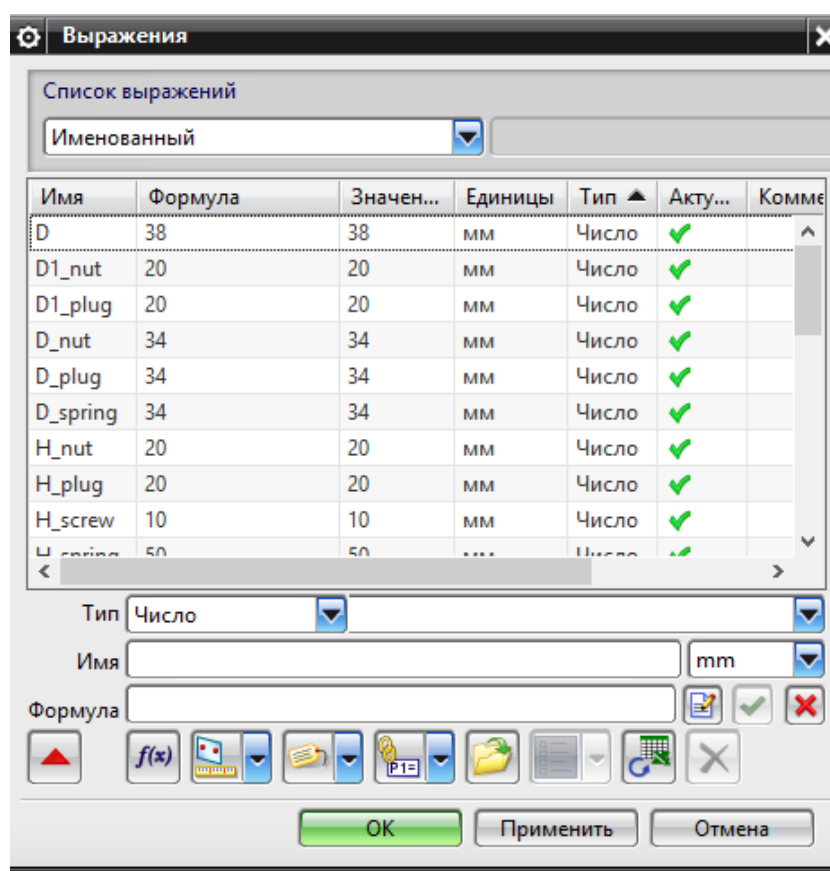


Рисунок 3.4 - Окно выражений в сборке «Пакета пружин»

6. Поочередно в сборке каждая модель делалась рабочей, и в окне «Выражения» создавались ссылки изменяемых переменных на аналогичные переменные в сборке. Ссылка устанавливалась с помощью иконки «Создать ссылки между деталями» (рис. 3.5): выбирался необходимый файл модели, на который нужно было установить ссылку, двойным щелчком определялось нужное выражение, нажималась кнопка «принять изменение» (иконка с изображением зеленой галочки).

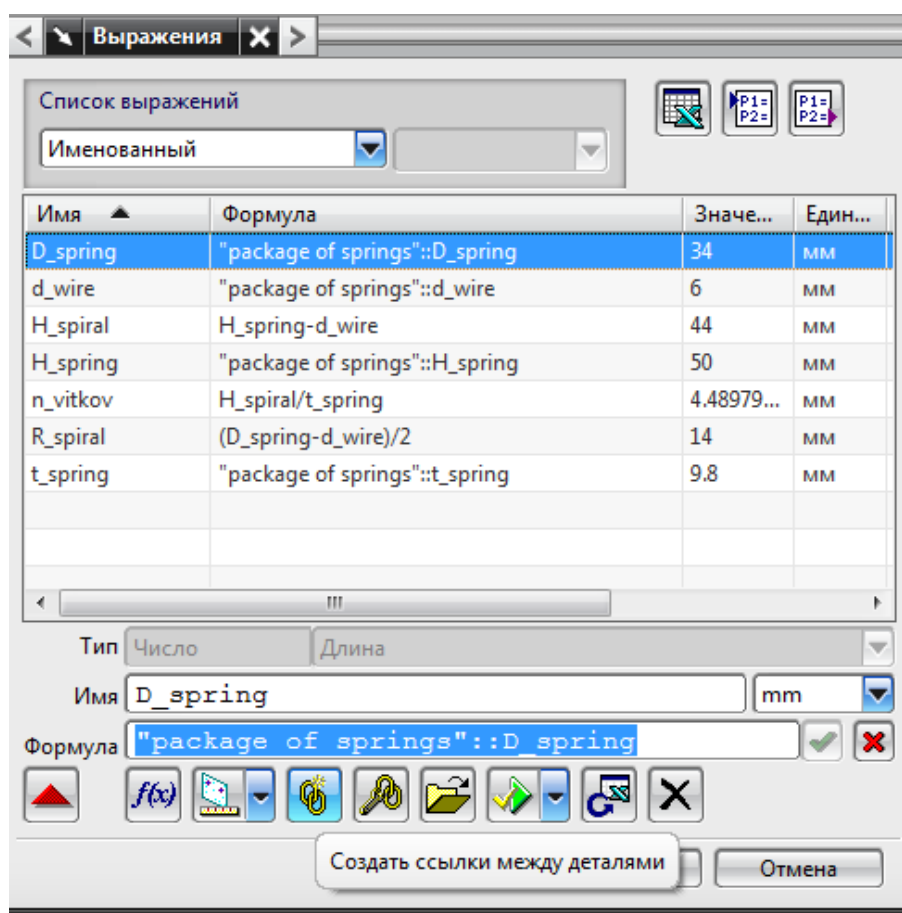
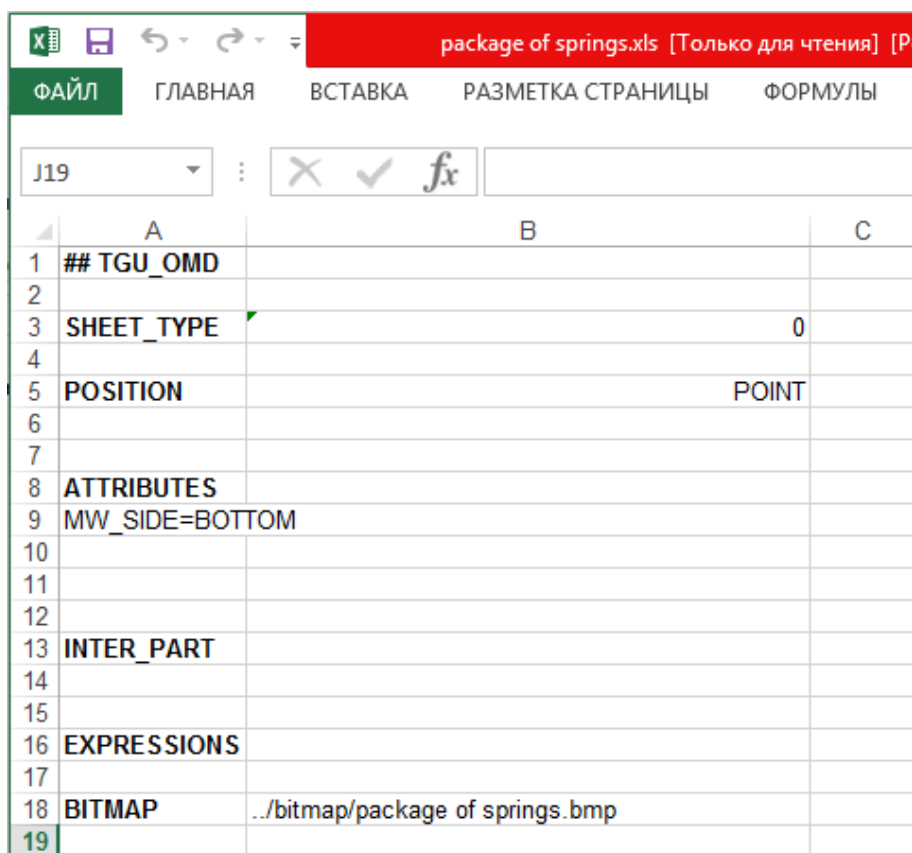


Рисунок 3.5 - Создание ссылок между деталями

7. В папке TGU_OMD\package of springs\data были удалены все файлы, кроме файла с расширением .xls. Данному файлу было присвоено название «package of springs.xls».

8. Преамбула электронной таблице «package of springs.xls» была изменена, как показано на рисунке 3.6. Были внесены все возможные значения

переменных в графу «PARAMETERS», чтобы описать весь перечень пакетов пружин создаваемой базы данных (рис. 3.7).



	A	B	C
1	## TGU_OMD		
2			
3	SHEET_TYPE		0
4			
5	POSITION		POINT
6			
7			
8	ATTRIBUTES		
9	MW_SIDE=BOTTOM		
10			
11			
12			
13	INTER_PART		
14			
15			
16	EXPRESSIONS		
17			
18	BITMAP	../bitmap/package of springs.bmp	
19			

Рисунок 3.6 – Файл регистрации детали

PARAMETERS																					
20	21	D_spring	H_spring	d_spring	d1_screw	d2_screw	d3_screw	l1_screw	l_screw	H_screw	D_nut	D1_nut	d2_nut	H_nut	S_nut	D_plug	D1_plug	H1_plug	h2_plug	t_spring	
22	34	8	62	80	38	22	6	50	10	14	20	7.8	18	50	10	34	20	10	6	9.8	
23	15	85	100	73					80											6	
24	20	115	135	103					115											6	
25	25	115	140	103					120											6	
26	42	15	100	115	46	7			85											12.48	
27	20	100	120	88					90											6	
28	25	115	140	103					110											6	
29	30	115	145	103					115											6	
30	35	135	170	123					120											6	
31	40	140	180	128																6	
32	45	157	202	145																6	
33	50	157	207	145																6	
34	26	78	103	66					72											6	
35	48	15	91	106	52	25	8	12	48	30	12	25	41	48	30	16.5	23	30	16	13.86	
36	20	121	141	109					65											6	
37	25	121	146	109					100											6	
38	30	121	151	109					105											6	
39	35	140	175	128					110											6	
40	40	160	200	148					130											6	
41	45	160	205	148																6	
42	50	160	210	148																6	
43	55	180	235	168																6	
44	60	180	240	168																6	
45	65	198	263	186																6	
46	70	198	268	186																6	
47	11	70	81	58																6	
48	63	30	115	145	68	32	10	14	95	12	63	40	14	55	63	40	21	30	40	25	18.34
49	35	115	150	101					100											8	
50	40	140	180	126					130											8	
51	45	140	185	126					135											8	
52	50	165	215	151					140											8	
53	55	165	220	151																8	
54	60	190	250	176																8	
55	65	190	255	176																8	
56	70	190	260	176																8	
57	END																			END	

Рисунок 3.7 – Таблица параметров пакета пружин

9. В папке TGU_OMD удалены все файлы кроме «edw_catalog.txt» и файла формата .xls (папки удалять не нужно). Документу формата .xls присвоено имя «TGU_OMD.xls». Данный документ был отредактирован и приведен к виду, изображенному на рисунке 3.8.

	A	B	C	D	E
1	##TGU_OMD				
2	NAME	DATA_PATH	DATA	MOD_PATH	MODEL
3	---PIN-----	/standard/metric/TGU_OMD/pin/data	TGU_OMD.xls	/standard/metric/TGU_OMD/pin/model	
4	pin		Pin.xls		pin prt
5					
6	---package of springs-----	/standard/metric/TGU_OMD/package of springs/data	TGU_OMD.xls	/standard/metric/TGU_OMD/package of springs/model	package of springs prt
7	package of springs		package of springs.xls		package of springs prt
8	END				
9					

Рисунок 3.8 – Файл регистрации базы данных создаваемых деталей

10. Файл «edw_catalog.txt» отредактирован и приведен к виду, изображенному на рисунке 3.9.

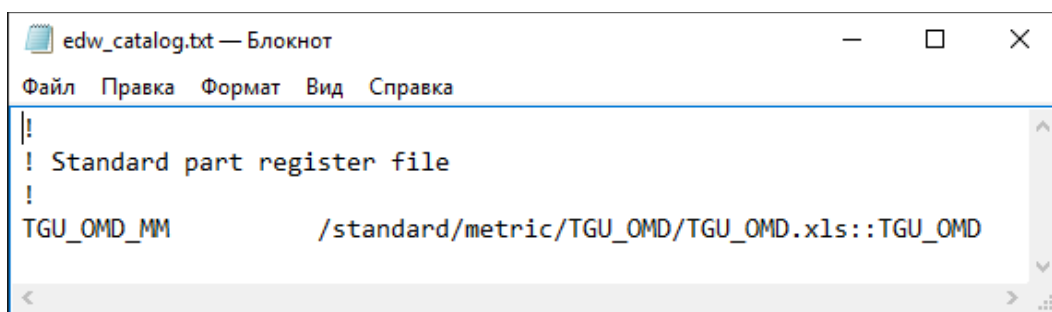


Рисунок 3.9 – Файл «edw_catalog.txt»

Чтобы загрузить пакет пружин из базы данных необходимо в разделе «Стандартные детали» приложения «Мастер проектирования штампов» системы NX 9.0 выбрать каталог «TGU_OMD_MM», щелкнуть на объекте «package of springs», в разделе «Подробная» выбрать диаметр пружины и величину хода, нажать кнопку «ОК», предварительно выбрав место позиционирования загружаемой стандартной детали (рис. 3.10)

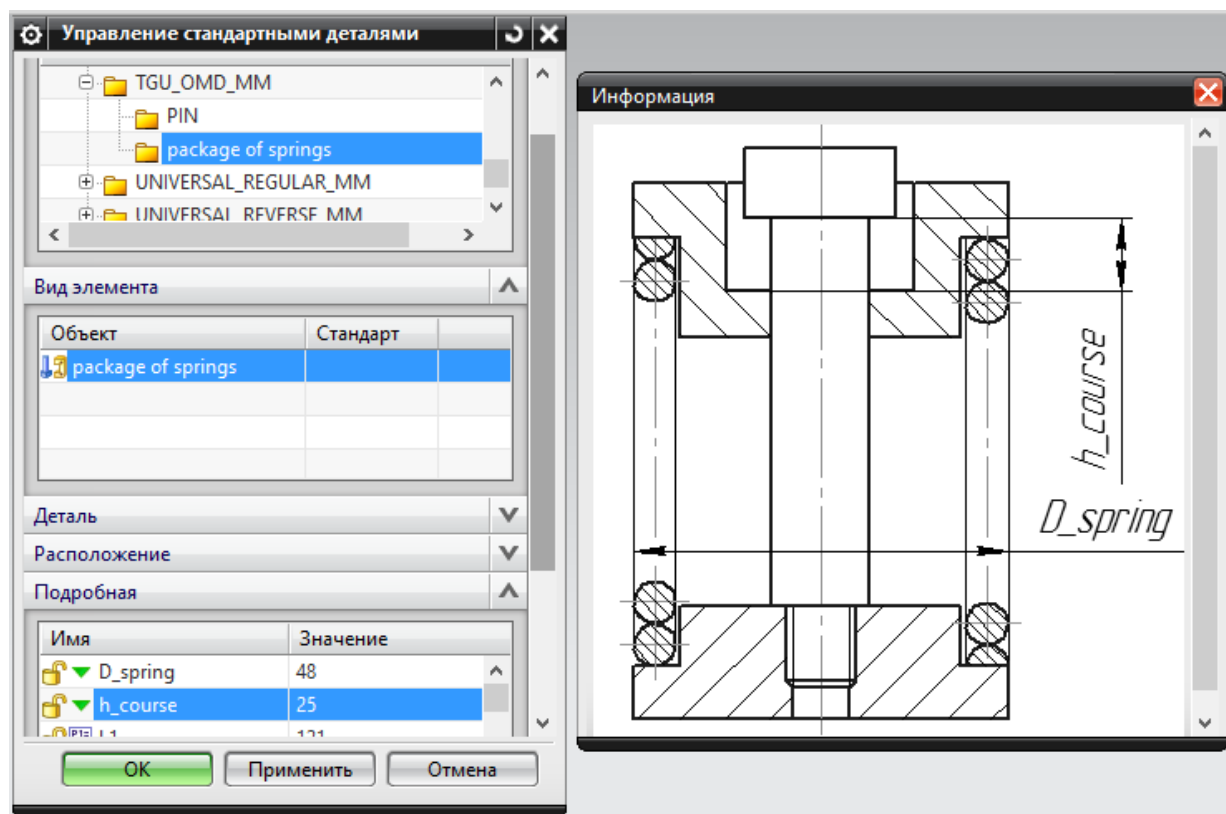


Рисунок 3.10 - Окно управления стандартными деталями

Пополнение созданного каталога «TGU_OMD_MM» стандартных узлов и деталей другими компонентами проходило по следующей методике:

1. В папке «TGU_OMD» копировалась папка уже существующего компонента, например, пакета пружин.
2. Скопированная папка переименовывалась под название создаваемого компонента, и в ней удалялось содержимое папок «model» и «bitmap».
3. В папке «model» создавалась и параметризировалась электронная модель данной стандартной детали.
4. В папку «bitmap» добавлялось изображение создаваемого компонента в формате .bmp.
5. В папке «data» переименовывался и изменялся файл расширения .xls, в нем прописывались параметры добавляемого компонента.

6. В папке TGU_OMD в файл «edw_catalog.txt» добавлялось описание нового компонента.

В рамках магистерской диссертации была создана база данных, состоящая из 47 стандартных отечественных деталей и 9 узлов.

Стандартные детали штампа, внесенные в базу данных:

1. Болты с шестигранной головкой.
2. Винты с шестигранным углублением «под ключ».
3. Винты с круглой головкой.
4. Винты с потайной головкой.
5. Винты с потайной головкой и внутренним шестигранником.
6. Винты ступенчатые с шестигранным углублением.
7. Винты установочные с внутренним шестигранником.
8. Винты установочные со шлицем.
9. Винты с потайной головкой и выступом от проворота.
10. Гайки шестигранные.
11. Шайбы.
12. Шайбы пружинные.
13. Шплинты.
14. Штифты цилиндрические.
15. Штифты цилиндрические с внутренней резьбой.
16. Рым-болты.
17. Колонки направляющие.
18. Втулки направляющие
19. Втулки направляющие ступенчатые.
20. Втулки.
21. Втулки стопорные.
22. Держатели для колонок.
23. Ролики направляющие.
24. Шариковые направляющие.
25. Скобы ограничительные.

26. Ограничители ступенчатые.
27. Ограничители втулочные.
28. Штыри.
29. Толкатели.
30. Винты грузовые.
31. Штыри транспортные накладные.
32. Приливы транспортные.
33. Пружины сжатия.
34. Втулки пружинных пакетов.
35. Гайки пружинных пакетов.
36. Пуансоны круглые
37. Матрицы с круглым отверстием.
38. Матрицы с круглым отверстием с фланцем.
39. Фиксаторы усиленные.
40. Упоры ступенчатые утопающие.
41. Упоры цилиндрические.
42. Упоры грибковые.
43. Шпонки упорные.
44. Пробки резьбовые.
45. Отлипатели.
46. Магнит с резьбовым отверстием.
47. Магнит постоянный.

Стандартные узлы штампа, внесенные в базу данных:

1. Колонки, втулки, держатели втулок в сборе.
2. Ролик в сборе.
3. Шариковые направляющие.
4. Скоба ограничительная в сборе.
5. Втулка ограничительная в сборе.
6. Ограничитель ступенчатый в сборе.
7. Ограничитель цилиндрический в сборе.

8. Штырь транспортный накладной в сборе.
9. Пакет пружин.

4 Создание параметризованного блока штампа и его регистрация

Одним из способов ускорить процесс проектирования штампов в системе NX является создание параметризованной модели блока штампа и внесение её в базу данных. Для изготовления деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» используется многопозиционный пресс-автомат FT2-60 усилием 6МН, именно для него и создавался параметризованный блок.

Для параметризации блока штампа были выполнены следующие действия [28], [29]:

1. Процесс параметризации блока проводился путем изменения существующего в библиотеке блока. На основании произвольной электронной модели листовой детали была проведена инициализация проекта в приложении «Мастер проектирования штампов». После нажатия кнопки «Пакеты штампов» был выбран наиболее подходящий для изменения блок. Для пресс-автомата FT2-60 создавался блок, состоящий из 5-ти основных плит: плиты верха, плиты пуансонов, плиты прижима, плиты матрицы и плиты низа. Наиболее подходящим для изменения оказался блок, состоящий из 8 плит, т.к. блока с меньшим количеством плит в стандартной библиотеке не оказалось (рис. 4.1). В системе NX каждая плита блока имеет свое имя, что упрощает и унифицирует процесс параметризации. В используемый стандартный блок входили следующие плиты:

- 1) TP – top plate (плита верха);
- 2) TBP – top backing plate (верхняя подкладная плита);
- 3) PP – punch plate (плита для установки пуансонов);
- 4) BP – backing plate (подкладная плита);
- 5) SP – stripper plate (плита съемника/прижима);
- 6) DP – die plate (плита для установки матриц);

- 7) BBP – bottom backing plate (нижняя подкладная плита);
- 8) DS – die shoe (нижняя плита).

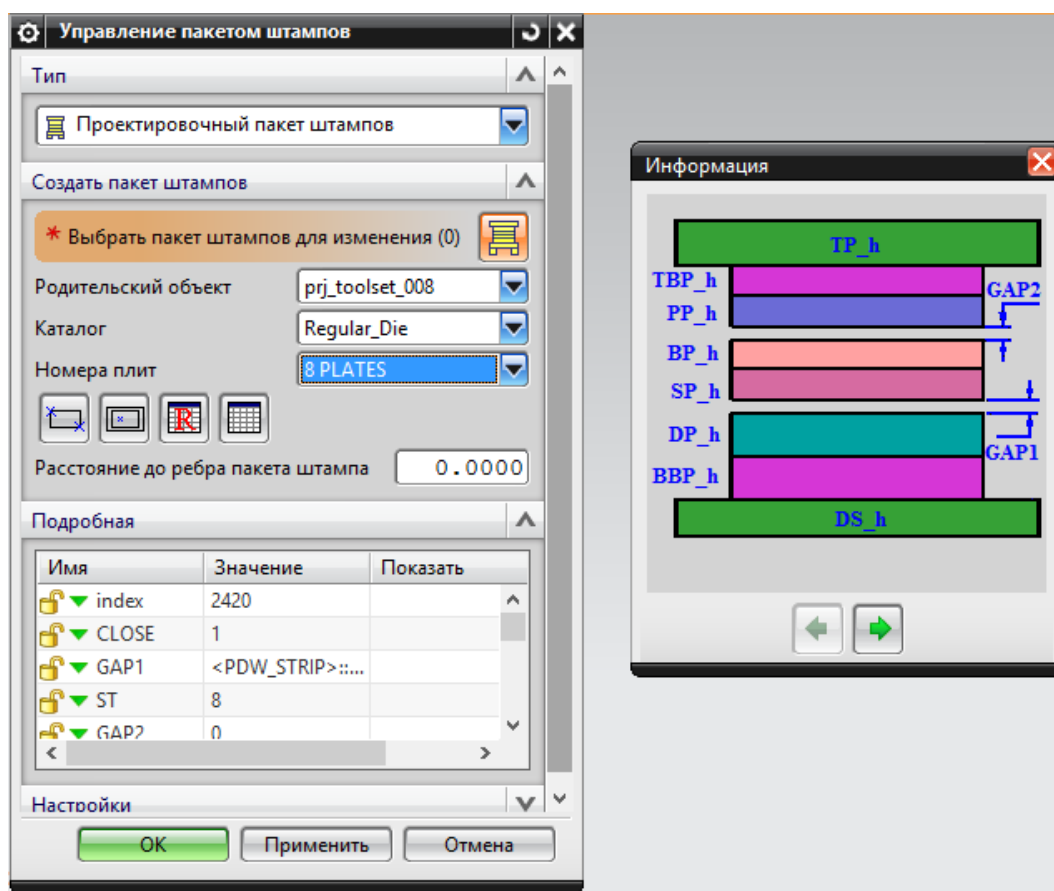


Рисунок 4.1 - Окно управления пакетом штампов

Вид данного блока до изменения изображен на рисунке 4.2.

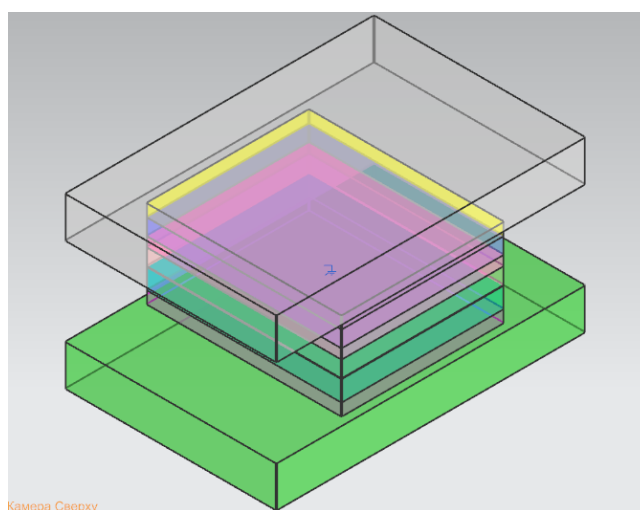


Рисунок 4.2 – Загруженный блок до внесения изменений

2. Для придания плит блока необходимых габаритов и толщины в окне «выражения» (рис. 4.3) были внесены следующие изменения:

- 1) $TP_h = 240$;
- 2) $TBP_h = 0$;
- 3) $PP_h = 50$;
- 4) $BP_h = 0$;
- 5) $SP_h = 19,2$;
- 6) $DP_h = 100$;
- 7) $BBP_h = 0$;
- 8) $DS_h = 290$;
- 9) $PL = 580$;
- 10) $PW = 300$;
- 11) $DX1 = 90$;
- 12) $DX2 = 90$.

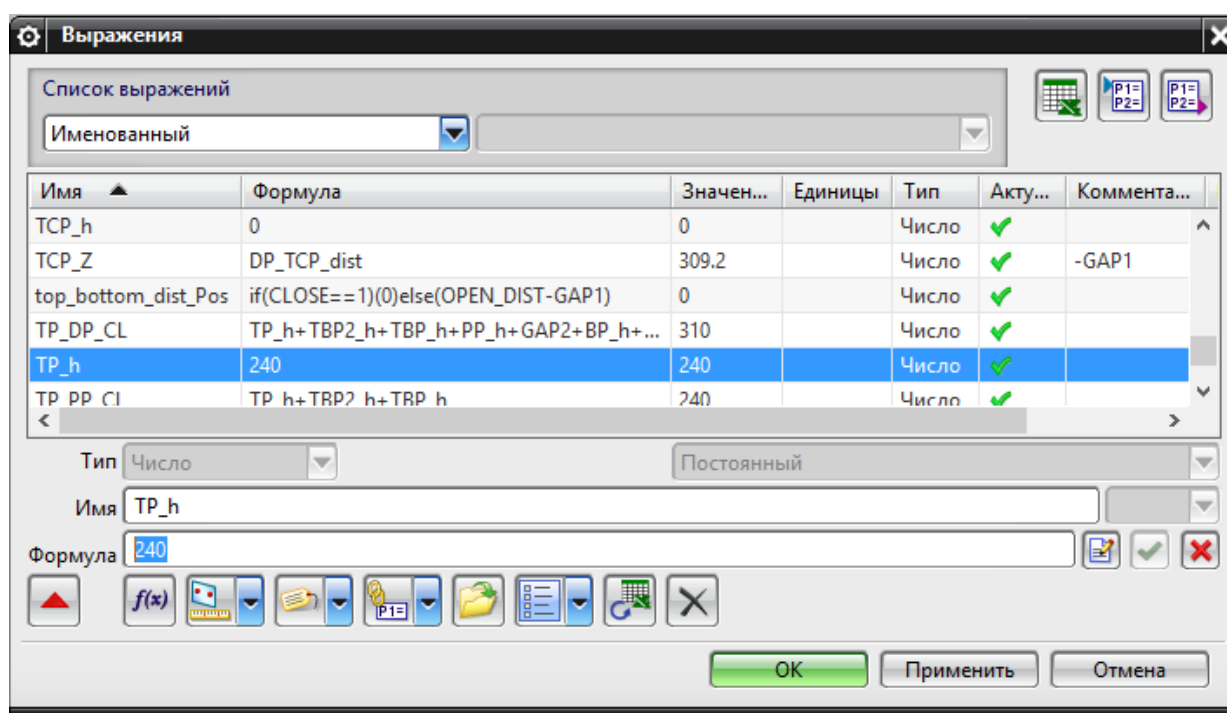


Рисунок 4.3 – Окно «выражения» блока штампа

После внесения изменения блок штампа принял следующий вид (рис. 4.4)

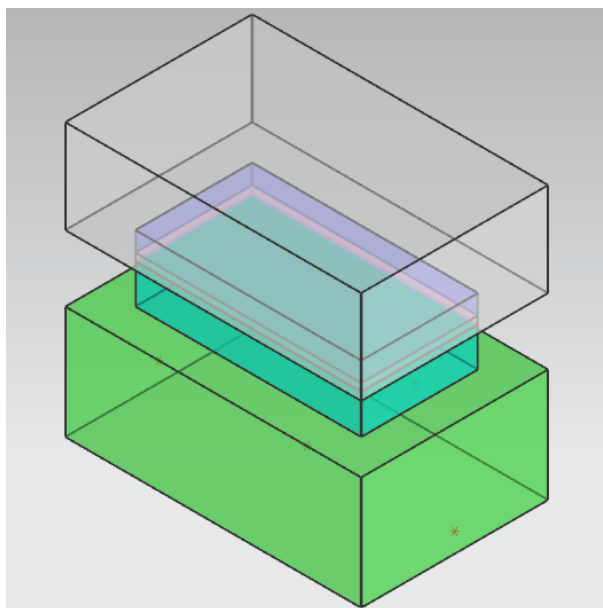


Рисунок 4.4 – Блок штампа после изменения параметров

3. В плитах верха и низа создана геометрия пазов для крепления к столу пресса-автомата (рис. 4.5). Направляющие элементы в блок не добавлялись, т.к. на штампе их может быть разное количество, и они могут располагаться по разном расстоянии друг от друга. Колонки и втулки будет легче подгрузить и спозиционировать из созданной базы данных.

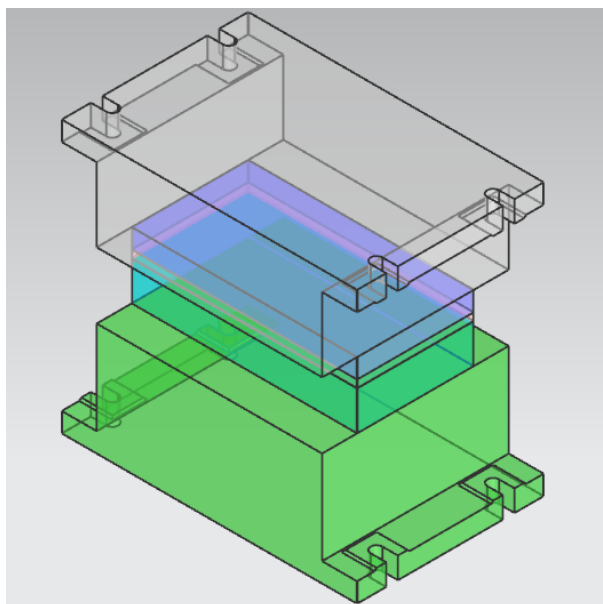


Рисунок 4.5 – Блок штампа с пазами для крепления

4. Созданный проект сохранен в произвольном месте.

5. В папке C:\Program Files\Siemens\NX 9.0\STAMPING_TOOLS\ediewizard\prodiebase\metric\transfer_die создана копия папки «Regular_Die» под именем «FT2-60», в ней удалено содержимое папок «model» и «bitmap» (сами папки не удалялись).

6. В папку FT2-60\bitmap добавлено изображение созданного блока штампа в формате .bmp. Данное изображение будет выводиться на экран при выборе блока для добавления в разделе «Пакеты штампов» приложения «Мастер проектирования штампов» системы NX 9.0.

7. В папку FT2-60\model скопированы все файлы ранее созданного блока. Имена данных файлов приведены к виду, изображенному на рисунке 4.6.

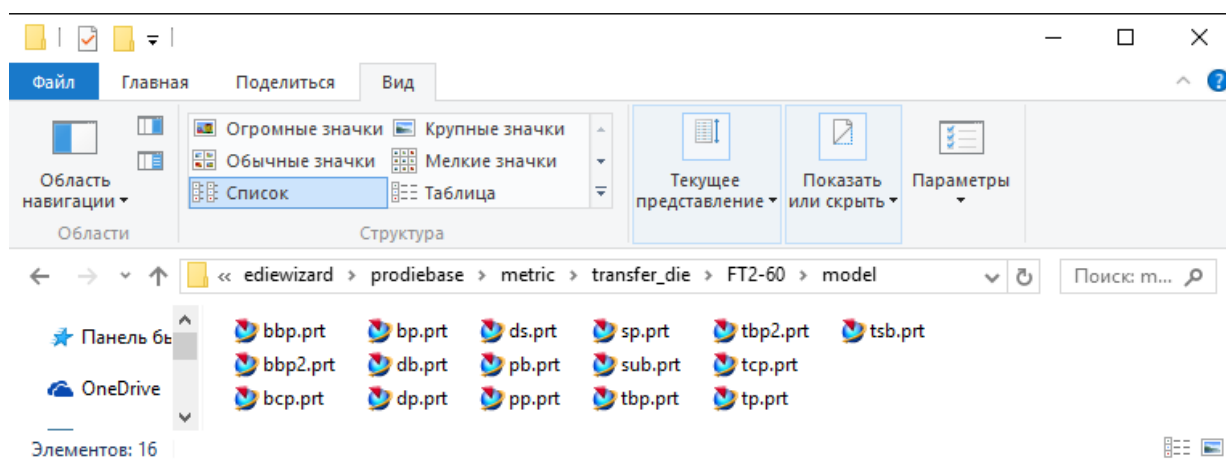


Рисунок 4.6 – Имена файлов в папке FT2-60\model

8. В папке FT2-60\data были удалены все файлы, кроме файла «db.xls». В данном файле были удалены все листы кроме листа, на основании которого создавался блок, и листа с названием «SUB». Листу, на основании которого создавался блок, присвоено имя «FT2-60». В графу «PARAMETERS» были внесены все изменения, описанные в пункте 2.

9. В папке FT2-60 удалены все файлы кроме «edw_catalog.txt» и файла формата .xls (папки удалять не нужно). Документу формата .xls присвоено имя «FT2-60.xls». Данный документ был отредактирован и приведен к виду, изображенному на рисунке 4.7.

	A	B	C	D
1	##FT2-60			
2				
3	TYPE	CAT_DAT	MODEL	BITMAP
4	FT2-60	prodiebase/metric/transfer_die/FT2-60/data/db.xls::FT2-60	prodiebase/metric/transfer_die/FT2-60/model/db.prt	/prodiebase/metric/transfer_die/FT2-60/bitmap/FT2-60.bmp./prodiebase/metric/transfer_die/FT2-60/bitmap/db_top_view.bmp
5	END			
6				

Рисунок 4.7 – Файл регистрации базы данных создаваемых деталей

10. Файл «edw_catalog.txt» отредактирован и приведен к виду, изображенному на рисунке 4.8.

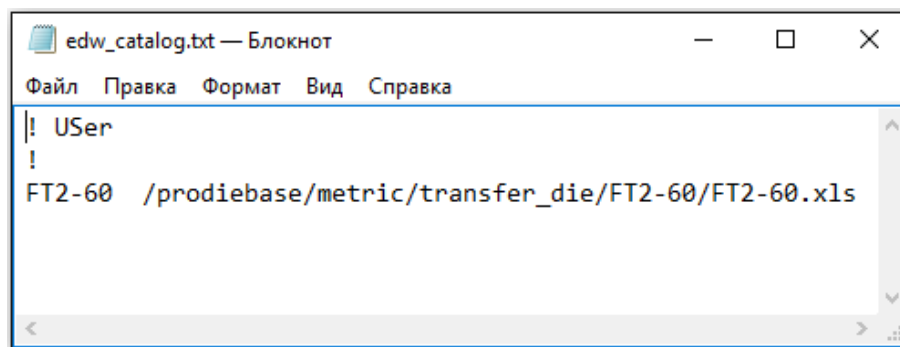


Рисунок 4.8 – Файл «edw_catalog.txt» блока штампа

После выполнения всех описанных действий созданный блок стал доступным для добавления в разделе «Управление пакетом штампов» приложения «Мастер проектирования штампов» (рис. 4.9).

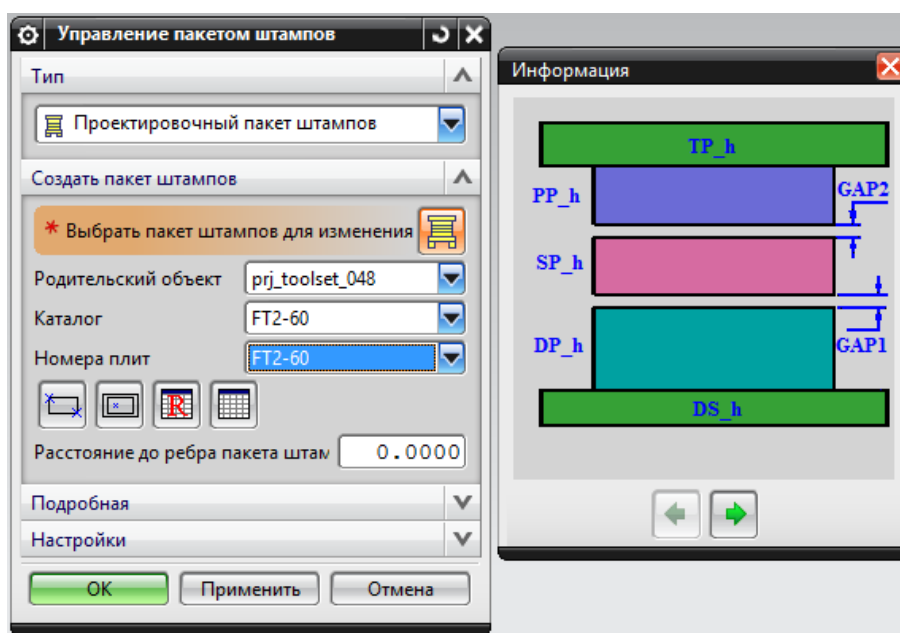


Рисунок 4.9 - Окно управления пакетом штампов с созданным блоком

В случае, если для другой детали, изготавливаемой на прессе-автомате FT2-60, потребуется изменить габариты некоторых плит созданного блока, то это можно будет сделать в окне «Выражения» или в электронной таблице «db.xls».

5 Разработка конструкции штамповой оснастки для деталей 1117-6201144/5 «Соединитель панелей задней двери нижний правый/левый» в приложении «Мастер проектирования штампов» системы NX

После построения электронной схемы технологических переходов, создания базы данных типовых узлов и деталей, а также параметризированной модели блока штампа был начат процесс проектирования штамповой оснастки в приложении «Мастер проектирования штампов». Процесс проектирования осуществлялся на основании файла «prj_control» созданной схемы технологических переходов.

5.1 Загрузка параметризированного пакета штампа в электронную схему технологических переходов

С помощью функции «Пакеты штампов» в электронную схему технологических переходов был подгружен параметризированный блок штампа для прессы-автомата FT2-60 (рис. 5.1). Для правильного позиционирования блока относительно геометрии перехода в плоскости XY использовалась функция «Задать ссылочную точку» в окне «Управление пакетом штампов», с помощью которой можно задать координаты точки, в которую будет загружен блок.

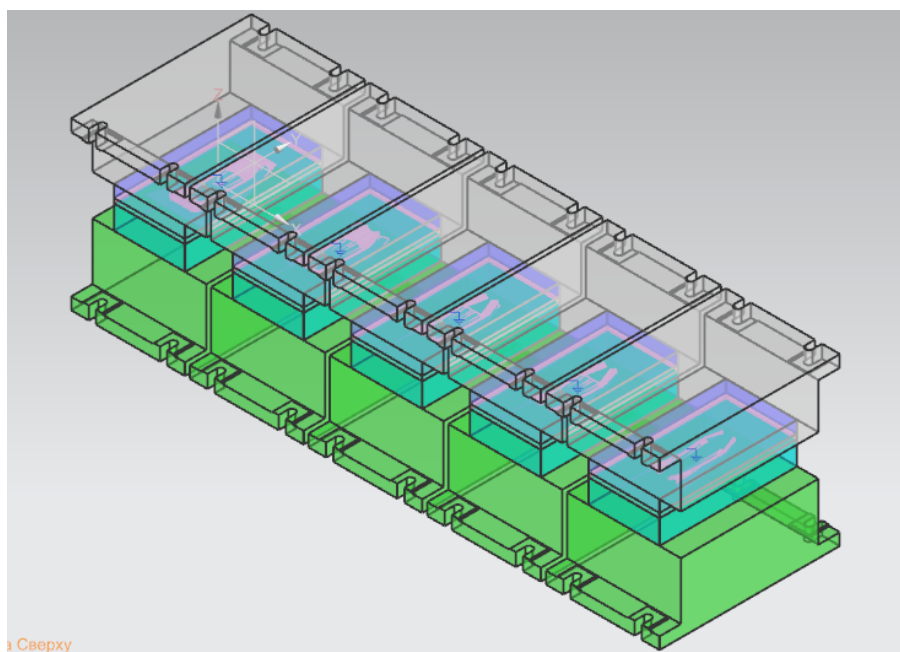


Рисунок 5.1 – Схема технологических переходов с загруженными блоками штампов

5.2 Настройки проектирования штампов

Следующей функцией в главном меню приложения «Мастер проектирования штампов» является функция «Настройки проектирования штампов». С помощью нее задаются необходимые настройки проектирования штампов, учитывающие конструкционные и технологические зазоры между рабочими частями штампов и плитами, а также характеристики оборудования (рис. 5.2). В данной работе все параметры были оставлены по умолчанию.

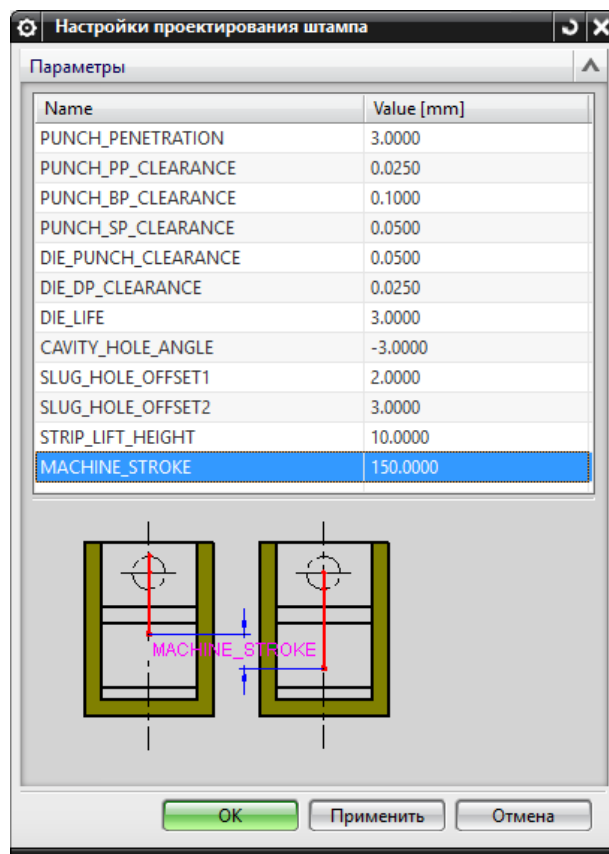


Рисунок 5.2 – Окно настроек проектирования штампов

5.3 Проектирование рабочих частей штампа

Рабочие части штампа в приложении «Мастер проектирования штампов» создаются с помощью функций: «Проектирование пробивных вставок» (рис. 5.3), «Проектирование вставки изгиба» (рис. 5.4) и «Формующая конструкция вставки» (рис. 5.5).

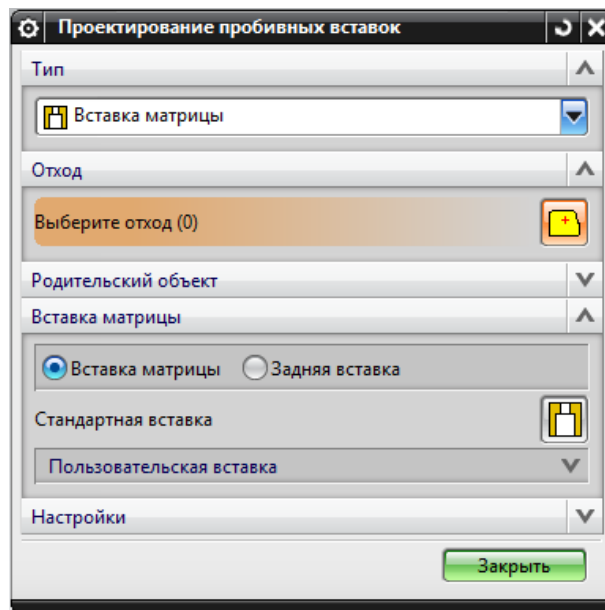


Рисунок 5.3 – Окно функции «Проектирование пробивных вставок»

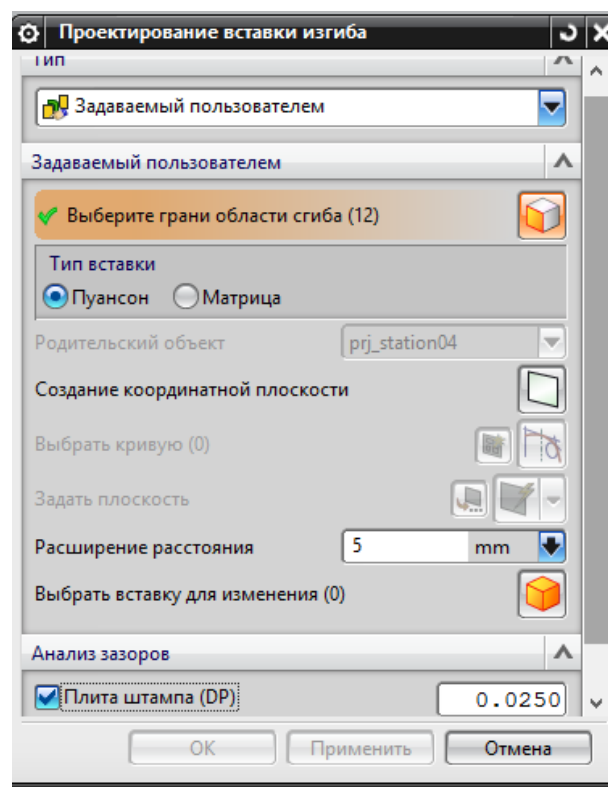


Рисунок 5.4 – Окно функции «Проектирование вставки изгиба»

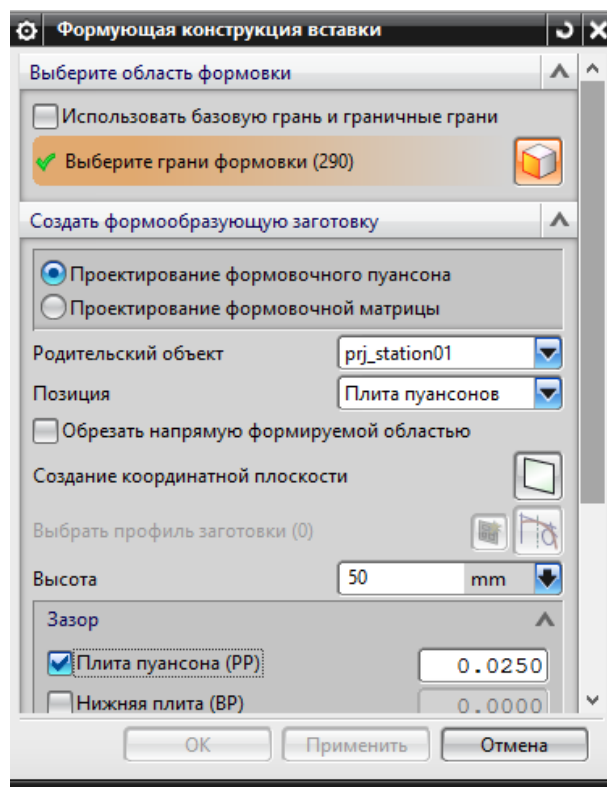


Рисунок 5.5 – Окно функции «Формующая конструкция вставки»

В данной работе проектировался штамп для вытяжки. С помощью функции «Формующая конструкция вставки» был создана конфигурация вытяжного пуансона (рис. 5.6).

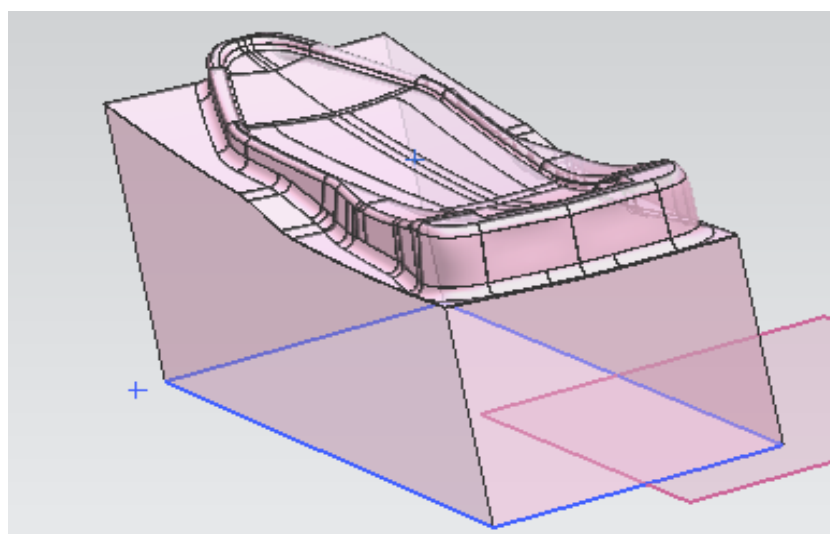


Рисунок 5.6 – Конфигурация вытяжного пуансона

Далее форма полученной модели была доработана следующим образом:

- контур граней, находящихся между радиусной частью детали и вертикальной стенкой, был спроецирован на плоскость;
- полученный контур был вытянут в поверхности с помощью операции «вытяжка»;
- модель пуансона была обрезана по полученным поверхностям;
- с помощью операций: «вытягивание», «скругление грани» и «отверстие» были созданы элементы на теле пуансона для крепления к плите [30], [31].

Получившийся пуансон изображен на рисунке 5.7.

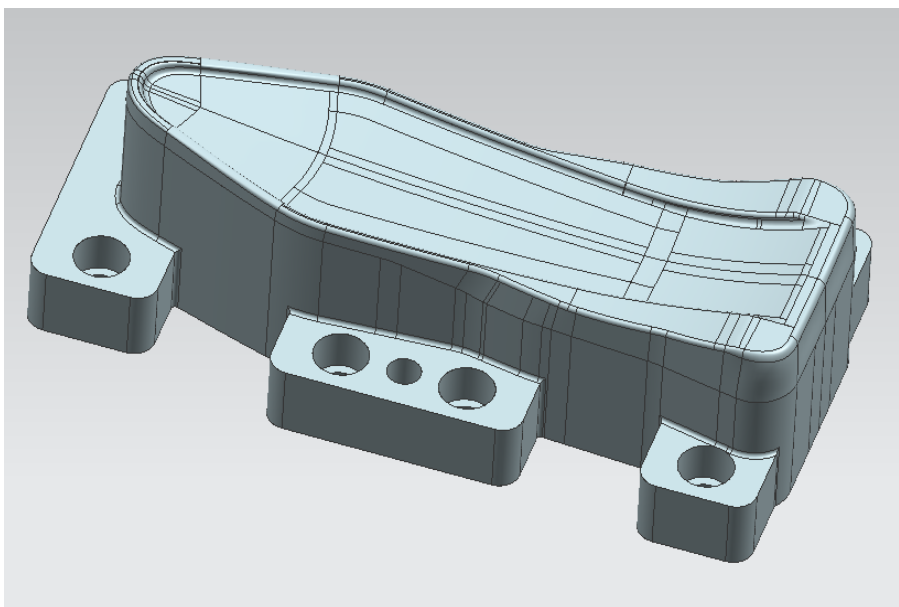


Рисунок 5.7 - Пуансон для вытяжки

Матрица была так же создана с помощью функции «Формующая конструкция вставки». После добавления крепежных отверстий для винтов и штифтов, а также небольшой доработки конструкции матрица приняла вид, изображенный на рисунке 5.8.

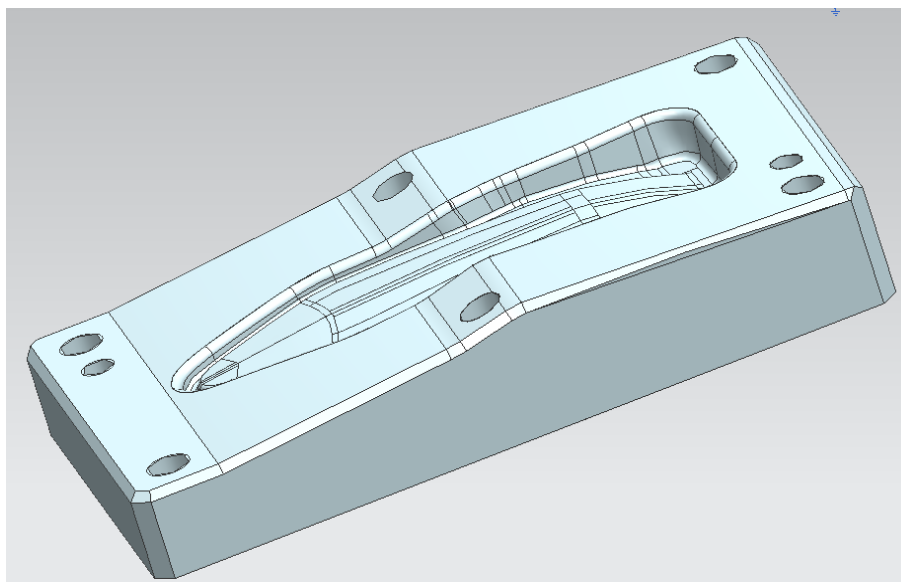


Рисунок 5.8 - Матрица для вытяжки

5.4 Загрузка типовых узлов и деталей из созданной базы данных.

Далее с помощью функции «Стандартные детали» в конструкцию штампа из созданной базы данных были подгружены колонки, втулки, ограничители хода, ограничительные скобы, пружины, пробки для пружин, толкатели, винты, штифты, гайки и шайбы [30], [31]. Данные детали подгружались в произвольную точку, а затем позиционировались с помощью сборочных сопряжений и ограничений.

5.5 Проектирование карманов

Завершающим этапом проектирование являлась вырезка карманов стандартных деталей из плит штампа с помощью функции «Проектирование карманов» (рис. 5.9).

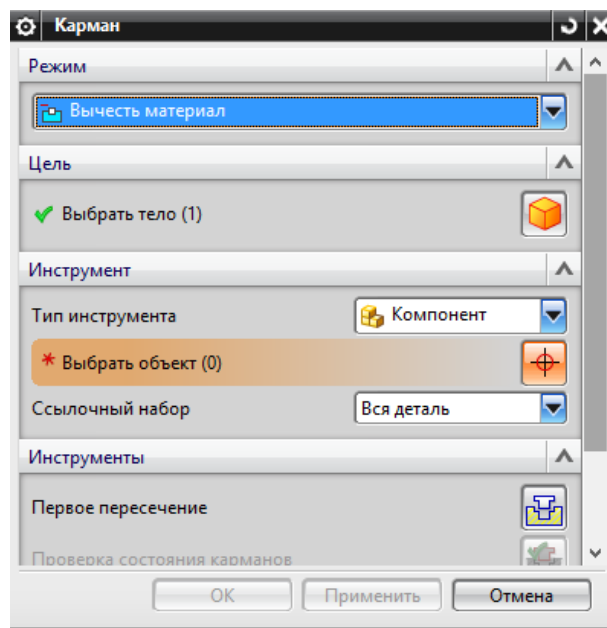


Рисунок 5.9 – Окно функции «Проектирование карманов»

В каждой детали созданной базы данных присутствует тело «кармана», которое вычиталось из плит штампа, чтобы создать посадочное место для данной детали. В результате был получен вытяжной штамп, изображенный на рисунках 5.10 и 5.11.

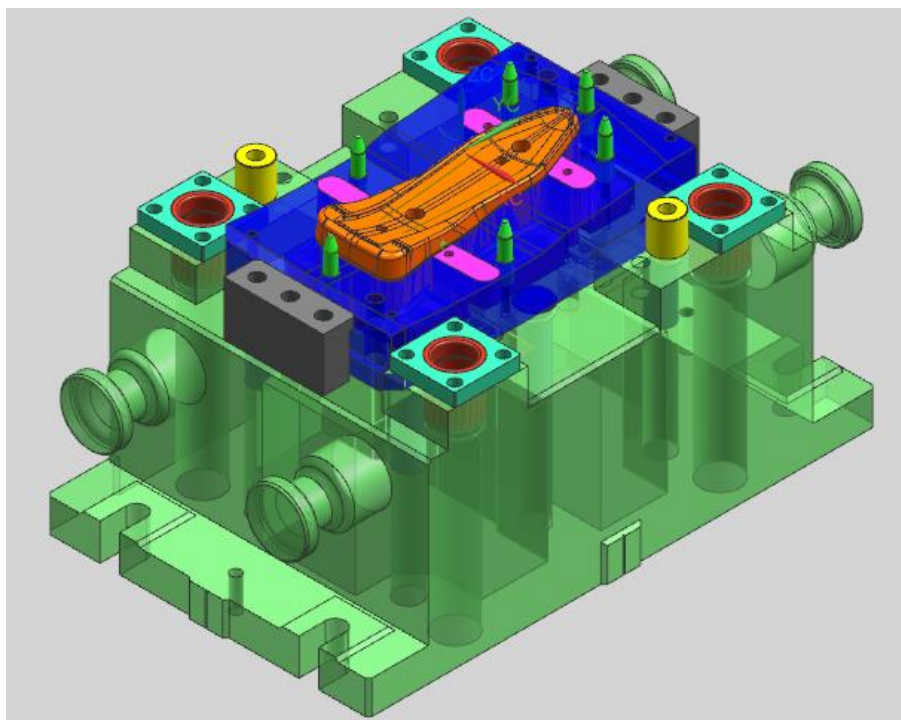


Рисунок 5.10 – План низа спроектированного штампа для вытяжки

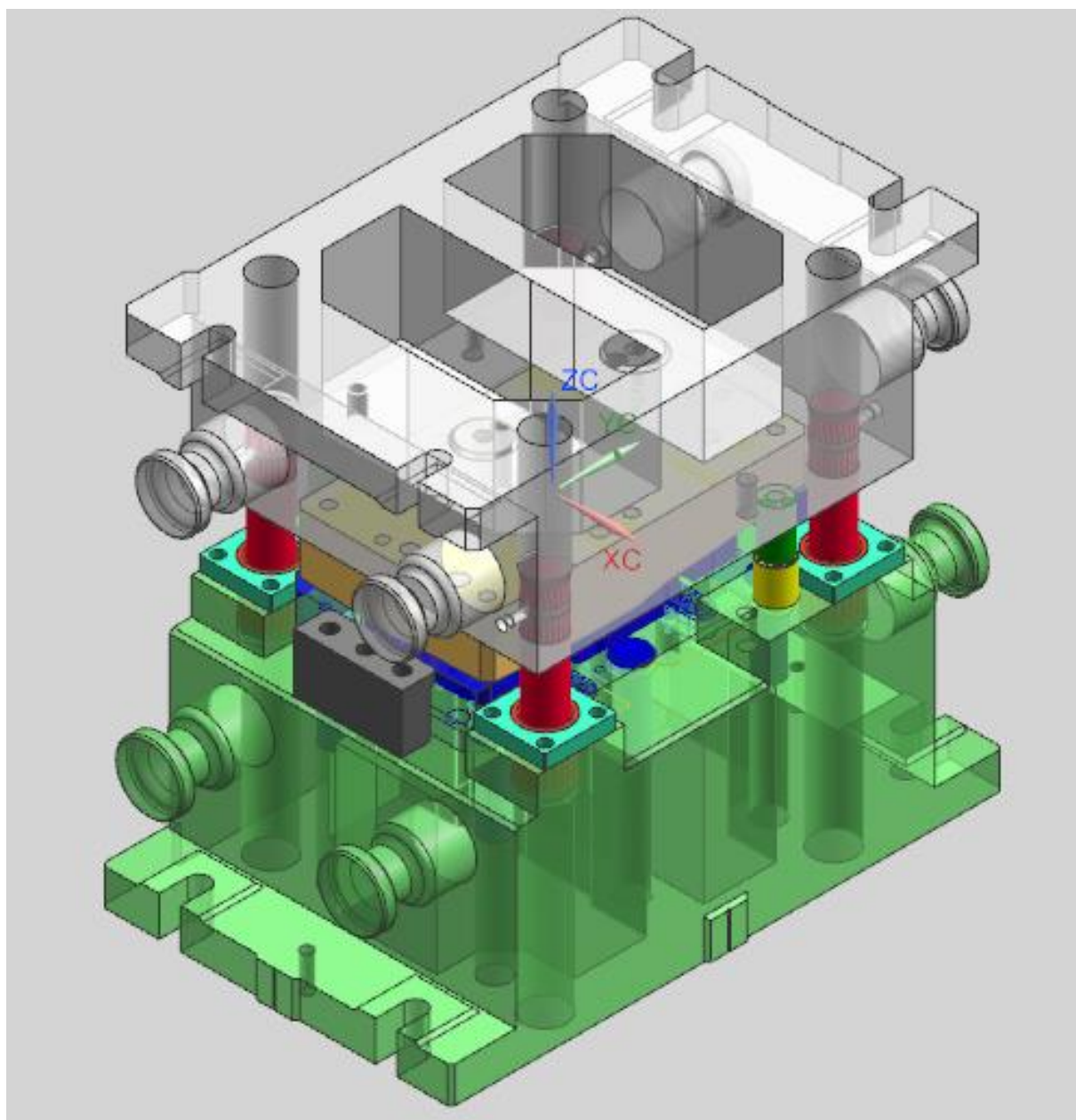


Рисунок 5.11 – Штамп для вытяжки в сборе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были получены следующие результаты:

1. В системе NX создана и зарегистрирована параметризованная база данных, состоящая из 47 стандартных отечественных деталей и 9 узлов.

2. В системе NX создан и зарегистрирован параметризованный блок штампа для прессы-автомата FT2-60.

3. Разработан метод ускоренного проектирования штампов для поточных автоматических линий в приложении «Мастер проектирования штампов» системы NX, состоящий из следующих шагов:

1) анализ геометрии электронной модели детали в приложении «Инструменты HD3D» и её доработка при необходимости;

2) построение электронных моделей технологических переходов в приложении «Листовой металл»;

3) определение формы и размеров исходной заготовки с помощью функции «Анализ формуемости –Одношаговый»;

4) анализ утонений, напряжений и деформаций «Инструменты HD3D»;

5) задание промежуточных состояний технологического процесса;

6) инициализация проекта;

7) генерация заготовки;

8) компоновка полосы;

9) управление станциями;

10) загрузка в схему технологических переходов электронной модели параметризованного блока штампа;

11) проектирование рабочих частей штампа;

12) загрузка типовых узлов и деталей из параметризованной базы данных;

13) проектирование «карманов».

4. Эффективность использования данного метода проектирования можно оценить на основании исследования, проведенного кафедрой «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы» института машиностроения ТГУ в 2012 году. Данное исследование анализировало метод проектирования многопозиционных штампов в приложении «ProgressiveDieWizard» системы NX с использованием базы данных типовых узлов и деталей, а также параметризированной модели блока штампа. Результат исследования показал, что внедрение разработанного метода проектирования многопозиционных штампов позволят снизить трудоемкость проектирования в 2-2,5 раза [32].

На основании этого можно сделать вывод, что разработанный в данной диссертации метод позволит снизить трудоемкость проектирования штампов для поточных автоматических линий. Цель работы достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
- 2 Олыша, А.М. Листовая штамповка на многопозиционных автоматах [Текст] / А.М. Олыша. – М.: Машиностроение, 1980. – 143 с.
- 3 Норицын, А.Н. Автоматизация и механизация технологических процессов ковки и штамповки [Текст] / А.Н. Норицын. – М.: Машиностроение, 1967. – 388 с.
- 4 Михаленко, Ф. П. Автоматическая холодная штамповка на быстроходных прессах [Текст] / Ф. П. Михаленко, А. Х. Грикке, И. Е. Демиденко. – М.: Машиностроение, 1965. – 289 с.
- 5 Почекуев, Е.Н. Системное проектирование последовательных разделительных штампов вырубки листовых заготовок [Текст] / Е.Н. Почекуев, А.В. Скрипачев, П.Н. Шенбергер // Вестник СГАУ им. академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). - 2012. - № 1. - С. 170-177.
- 6 Рудман, Л.И. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка [Текст] / Л.И. Рудман. - М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
- 7 Почекуев, Е.Н. Проектирование в Siemens NX технологических процессов изготовления деталей листовой штамповкой: электронное учеб.-метод. пособие [Текст] / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск.
- 8 Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб.для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / И.П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002.
- 9 Орлов, П.Г. Листоштамповочные многопозиционные автоматы [Текст] / П.Г. Орлов. – Алма-Ата: КАЗАХСТАН, 1976. – 144 с.
- 10 Путеев, П.А. Структурно-логическая квалификация изделий многопозиционной штамповки в системе САД [Текст] / П.А. Путеев //

Молодежь – машиностроению: VIII студенческая научно-техническая конференция (Тольятти, 23 марта 2012 года). – 2012. – С. 122 - 126.

11 Быков, В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении [Текст] / В.П. Быков. - Л.: Машиностроение, 1989. - 255 с.

12 Аверкиев, Ю.А. Технология листовой штамповки [Текст] / Ю.А. Аверкиев, А.Ю. Аверкиев. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

13 Почекуев, Е.Н. Структурно-логическое проектирование штампов листовой штамповки В САПР [Текст] / Е.Н. Почекуев // Межвузовский сборник научных трудов. Тольятти. - 2000. - С. 74-79.

14 Самаркин, А.И. Особенности автоматизированного проектирования штампов [Текст] / А.И. Самаркин // Вестник Псковского государственного университета. - 2013. - № 3. - С. 45—49.

15 Почекуев, Е.Н. Разработка классификации систем автоматизированного проектирования листовой штамповки на основе факторного и кластерного анализа [Текст] / Е.В. Почекуев, П.А. Путеев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. - № 2-2. – С. 155 – 160.

16 Bintas, M. Development of a Computer Aided Die Design Software and Die Design Process Modeling [Текст] / M. Bintas // The 6th International Conference and Exhibition on Design and Production of Machines and Dies/Molds. Turkey. - 2011. - P. 285-290.

17 Bor-Tsuen, Lin. Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles [Текст] / Bor-Tsuen Lin, Chun-Chih Kuo // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2008. - Vol. 35. № 9-10. - P. 1000-1013.

18 Bor-Tsuen, Lin. A knowledge-based parametric design system for drawing dies [Текст] / Bor-Tsuen Lin // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2008. - Vol. 36. №7-8. - P. 671-680.

19 Bor-Tsuen, Lin. Computer-aided structural design of drawing dies for stamping processes based on functional features [Текст] / Bor-Tsuen Lin //The

International journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2009. - Vol. 42. № 11-12. - P. 1140-1152.

20 Pratt, M.J. Conceptual design of a feature-oriented solid modeler. Draft Document 3B [Текст] / Pratt M.J., Wilson P.R. - General Electric Corporate R&D, 1987. - 145 p.

21 Tang, A. CAE Based Die Face Engineering Development to Contribute to the Revitalization of the Tool & Die Industry [Текст] / A. Tang // AIP Conference Proceedings. - 2005. - № 8. - P. 50 59.

22 Tor, S.B. Functional Modeling in Conceptual Die Design [Текст] / Tor S.B., Britton G.A., Zhang W.Y. // Innovation in Manufacturing Systems and Technology. - 2003. - № 1. - P. 104-113.

23 Кузнецов, О.П., Адельсон-Вельский Г.М. Дискретная математика для инженера [Текст] / О.П. Кузнецов, Г.М. Адельсон-Вельский. - М.: Энергия. 1980. - 344 с.

24 Жамбю, М. Иерархический кластер-анализ и соответствия [Текст] / М. Жамбю. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 342 с.

25 Зубцов, М.Е. Листовая штамповка [Текст] / М.Е. Зубцов. - Л.: Машиностроение, 1980. - 432 с.

26 Кухтаров, В.И. Холодная штамповка [Текст] / В.И. Кухтаров. - М.: Машгиз, 1962. - 402 с.

27 Аникин, В.М. Справочник конструктора штампов для холодной штамповки [Текст] / В.М. Аникин, Ю.С. Лукашин. - М.: Машиностроение, 1960. —
296 с.

28 Почекуев, Е.Н. Проектирование штампов для последовательной листовой штамповки в системе NX [Текст] / Е.Н. Почекуев, П.А. Путеев, П.Н. Шенбергер. - М.: ДМК Пресс, 2012. - 336 с.

29 Схиртладзе, А.Г. Автоматизированное проектирование штампов [Текст] / А.Г. Схиртладзе. - Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. - 284 с.

30 Смолин, Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие [Текст] / Е.Л. Смолин. - Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.

31 Дурандин, М. М. Штампы для холодной штамповки мелких деталей. Альбом конструкций и схем [Текст] / М. М. Дурандин. – М.: Машиностроение, 1978. – 108 с.

32 Агапов, А.В. Разработка метода проектирования последовательных штампов на основе создания базы данных типовых узлов и деталей [Текст] / А.В. Агапов, К.А. Левагин, Н.В. Павелкин, А.Г. Тимофеев // Молодежь – машиностроению: VIII студенческая научно-техническая конференция (Тольятти, 23 марта 2012 года). – 2012. – С. 109 - 111.