

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

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему «Разработка метода проектирования штампов многопозиционной  
штамповки для изготовления средних деталей автомобильной  
промышленности с использованием САПР»

Студент

А. В. Мурзин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

П. А. Путеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

канд. техн. наук., доцент Е.Н. Почекуев

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

(личная подпись)

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

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д-р. техн. наук., профессор В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

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

Тольятти 2017

## Содержание

Введение .....	3
1. Особенности проектирования штампов многопозиционной штамповки на современном уровне развития .....	6
1.1 Обзор методов проектирования штампов многопозиционной штамповки .....	6
1.1.1 Традиционные методы проектирования .....	6
1.1.2 Системы автоматизированного проектирования .....	9
1.2 Анализ современных САПР оснастки для многопозиционной штамповки .....	11
1.3 Классификация штампов многопозиционной штамповки .....	15
1.4 Постановка задач работы.....	28
2. Создание концептуальной параметризованной модели типового штампа .....	29
2.1 Методика создания концептуальной параметризованной модели типового штампа .....	29
2.2 Формирование структуры модели .....	31
2.3 Создание концептуальной модели штампа .....	33
2.3.1 Создание первичной концепции штампа.....	33
2.3.2 Создание функциональных элементов штампа.....	35
2.3.3 Создание модели полости плиты нижней .....	67
2.4 Создание блоков-шаблонов базовых деталей .....	69
3. Проектирование штампа для многопозиционной штамповки на основе концептуальной модели.....	71
3.1 Методика проектирования штампа для многопозиционной штамповки на основе концептуальной модели.....	71
3.2 Создание твердотельных моделей базовых деталей.....	72
3.2.1 Создание твердотельной модели плиты нижней.....	72
3.2.2 Создание твердотельной модели прижима-пуансона.....	77
3.2.3 Создание твердотельной модели матрицы .....	81
3.2.4 Результат моделирования .....	84
Заключение .....	86
Список использованных источников .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## Введение

Изготовление облицовочных деталей кузова автомобиля неразрывно связано с технологиями холодной листовой штамповки. Уровень развития технологического оборудования и оснастки оказывает решающее влияние на эксплуатационные показатели получаемых изделий.

За всё время существования автомобильной промышленности, в серийном производстве облицовочных кузовных деталей, в числе наиболее применимых и актуальных технологий, стоит штамповка на многопозиционных прессах-автоматах. Они позволяют автоматизировать весь производственный процесс изготовления деталей, выполняя на одной единице оборудования сразу несколько вытяжных переходов (обычно от трех до пяти) с обеспечением загрузки-разгрузки изделий, транспортировки полуфабрикатов между позициями, уборку отходов и т.д. Такое объединение освобождает штамповочное оборудование, ускоряет работу и удешевляет её, т. к. один подобный пресс позволяет заменить собой целую линию прессов обычного типа. При этом сокращается потребность в производственных площадях, снижается расход электроэнергии, сжатого воздуха и других энергоносителей.

Рентабельность производства штамповой оснастки в огромной степени зависит от эффективности технической подготовки производства. Этап проектирования штампа, является одним из наиболее трудоемких [1, 20, 21]. С точки зрения работоспособности и технологичности изготовления, на данном этапе уточняются технологические аспекты: тип и модель оборудования, сортамент и раскрой материала, способ загрузки и ориентации заготовок, возможность соблюдения технологического потока, способ удаления штампуемых деталей и отходов и т.д. Большинство этих задач в настоящее время можно решить в процессе проектирования штамповой оснастки применением современных систем автоматизированного проектирования (САПР). С учетом особенностей конструкции штампов для

многопозиционной штамповки, задача сокращения трудоемкости их проектирования особенно актуальна.

Требования к штампам, используемым в составе автоматических линий, определяют особенности их конструкции, которые необходимо учесть при проектировании. Вот основные из них [6, 7, 8]:

- 1) Закрытая высота штампов, устанавливаемых на односторонних прессах, должна быть одинаковой;
- 2) Высоту загрузки и удаления следует задавать одинаковой на всех операциях (данное условие является строго обязательным для автоматических линий с жесткой связью);
- 3) Высоту транспортировки полуфабрикатов при многопозиционной штамповке выполняют для всех штампов одинаковой. Её величина определяется уровнем перемещения рейферных линеек над столом пресса. Для обеспечения одинаковой высоты транспортировки для всех штампов, в конструкции штампов предусматривают подъемники (магнитные, как правило) для вывода заготовки на уровень подхвата линеек при раскрытии штампа.
- 4) Конструкцию подъемников в штампе желательно реализовывать с механическим приводом (пружина, привод от верхней части штампа или от ползуна) взамен использования маркетных толкателей, обладающих меньшей надежностью и требующих дополнительного времени на срабатывание аппаратуры (около 0,1...0,2 сек.).
- 5) В конструкции штампов необходимо предусматривать устройства, повышающие надежность фиксации заготовки: механизмы для ориентации заготовки (зачастую с отдельным пневмоприводом), досылающие упоры, ловители на верхней (иногда нижней) части штампа, позиционирующие клинья, приводные контрольно-блокирующие устройства (фиксируют неверное положение детали в рабочей зоне) и др.;

- 6) С целью автоматизации удаления отходов из штампа, уровень транспортировки детали, задают с учетом наклона лотков и склизов для удаления отходов, чтобы он был не менее  $30^\circ$ , а склизы должны быть гладкими или роликового типа);
- 7) Для быстрого прохождения отходов по люкам и транспортерам, их следует разделять на фрагменты размером не более 300-500, а ёмкость тары для накопления отходов от пробивки необходимо обеспечить с запасом, в 1,5-2 раза превышающим объем отходов, получаемых за смену;
- 8) Следует обеспечить ускоренную установку и крепление штампов на прессе с помощью следующих элементов: верхние и нижние монтажные плиты с пазами для фиксаторов и быстродействующих зажимов; ограничители закрытой высоты; маркетные шпильки, регулируемые по высоте, и др.
- 9) Необходимо обеспечить высокую точность установки штампа на монтажном столе многопозиционного прессы, для надежного взаимодействия со штампом захватов средств автоматизации, - с этой целью в нижней плите штампа предусматривают отверстия под установочные штифты с точностью до  $\pm 0,005$  мм.
- 10) Направляющие элементы (колонки, планки) располагают в верхней половине штампа, поскольку они должны обеспечивать свободный доступ захватов средств автоматизации в рабочую зону штампа.

**Целью магистерской диссертации** является снижение трудоемкости проектирования штампов для многопозиционной штамповки средних кузовных деталей автомобиля путем упрощения процедуры создания литых деталей штампов.

# **1. Особенности проектирования штампов многопозиционной штамповки на современном уровне развития**

## **1.1 Обзор методов проектирования штампов многопозиционной штамповки**

В рассматриваемой области проектирования существуют особенности, которые необходимо выявить на основе анализа накопленного к настоящему времени опыта в области проектирования штампов многопозиционной штамповки.

### **1.1.1 Традиционные методы проектирования**

#### **Стандартный способ проектирования**

Стандартный способ проектирования с применением кульмана и других чертёжных средств до внедрения средств автоматизации включал следующие этапы [1, 20]:

- 1) выбор и обоснование конструкции штампа;
- 2) подбор стандартных деталей и сборочных единиц штампа;
- 3) проверочный расчет на прочность, жесткость, устойчивость деталей;
- 4) определение центра давления штампа;
- 5) выбор способа подачи заготовки и удаления изделия из штампа;
- 6) проверка подбор прессы по закрытой высоте штампа и прочим размерам;
- 7) оформление сборочного чертежа штампа, детализация штампа, составление спецификации.

## **Системы ускоренного проектирования**

Наряду со стандартным способом проектирования, применялись различные системы ускоренного проектирования (СУПР) [21], основанные на высокой унификации конструкций штамповой оснастки, её элементов. Ниже рассмотрены характерные особенности таких систем.

1) Сокращенное проектирование с применением нормативных документов предполагает проектирование и выпуск КД только на часть деталей. Остальные детали выполняются по нормативным документам (стандарты предприятия, инструкции, рекомендации и др.), определяющим конструктивные особенности и особенности доработок отдельных стандартизованных деталей (заготовок) штампа. Система обеспечивает повышение производительности проектирования в  $\sim 1,5$  раза в сравнении со стандартным способом.

Преимущества: сравнительно небольшой объем подготовительных работ и простота внедрения.

Недостатки: некоторое усложнение механической обработки штампа, в связи с наличием большого объема нормативной документации, определяющей особенности штампа.

2) Ускоренное проектирование с использованием бланк-чертежей основано на типовых конструкциях штампов, стандартных блоков, пакетов и деталей общего назначения. На каждый тип и типоразмер штампа заранее разрабатывают комплект незавершенных чертежей (бланк-чертежей) общего вида и рабочих деталей. Конструктор производит доработку светочкопий бланк-чертежей. Повышает производительность проектирования в  $\sim 2$  раза.

Преимущества: простота освоения системы при серийном производстве, возможность предоставления исполнителю всего комплекта чертежей, передачи КД на другие предприятия, использования для создания САПР;

повышение стойкости штампа за счет применения систематизированной документации, подкрепленной прочностными расчетами.

Недостатки: некоторое усложнение работы конструктора, в связи с работой на копиях (нельзя несколько раз стирать).

3) Ускоренное проектирование с выполнением КД на одном листе организовано следующим образом. Конструкторская документация условно разделена на постоянную и переменную части. Постоянная часть КД, выполняемая на одном листе (так называемые стандарт-чертежи), имеет универсальный характер и разрабатывается только при создании новых стандартных конструкций штамповой оснастки. Переменная часть КД представляет собой дополнение (второй лист) сборочного чертежа постоянной части и обеспечивает четкое и однозначное выполнение всех деталей и сборку штампа.

Преимущества: высокое повышение производительности (в  $\sim 3 \dots 5$  раз) проектирования относительно стандартного способа, сокращение сроков разработки технологических процессов изготовления, сроков изготовления штампа.

Недостатки: недостаточная универсальность, невозможность передачи КД на другие предприятия без возможности внедрения там такой системы.

4) Ускоренное проектирование с выдачей исполнителю полного комплекта КД, по аналогии с предыдущим методом, основывается на разделении КД на постоянную и переменную части. Постоянную часть КД (стандарт-чертежи) на данный типоразмер штампа выполняют заблаговременно. Конструктор выполняет только переменную часть КД, представленную в виде выносных элементов, уточняющих конструкцию штампа. Система даёт возможность ускорения проектирования в  $\sim 2$  раза.

Достоинства: выдача исполнителю полного комплекта чертежей без необходимости обращения к другим источникам, широкое маневрирование в

пределах данного типа штампов, удобство формализации чертежей при переходе на автоматизированное проектирование.

Недостатки: отсутствие комплексного решения вопросов ускорения проектирования, разработки технологических процессов и изготовления; необходимость обучения конструкторов и изготовителей при внедрении системы.

### **1.1.2 Системы автоматизированного проектирования**

Первые попытки автоматизации проектирования были направлены на расчет упругопластического формоизменения изделия. По причине недостаточной вычислительной мощности ЭВМ того времени, такое моделирование могло применяться лишь к осесимметричным штамповкам, расчет которых происходил по упрощенной схеме. И только в 90-х годах прошлого столетия была решена задача расчета формоизменения для штамповки произвольной формы с применением метода конечных элементов. Это позволило увеличить скорость разработки штампа, а также уменьшить его стоимость за счет отсутствия необходимости доводки. Однако, внедрение таких математических моделей не решает ключевую проблему производства — сквозное автоматизированное проектирование штампа [16].

Одними из первых отечественных САПР комплексного решения задач холодной листовой штамповки стали системы семейства «Автоштамп», применявшихся при проектировании штампов для разделительных операций. Сквозной цикл такой системы охватывает следующие стадии проектирования [21]:

- 1) определение методов изготовления штамповкой плоской детали, на основе анализа её контура, выбор последовательности переходов штамповки, проектирование плана раскроя полосы (ленты) и плана раскроя листа на полосы, проектирование операционного процесса штамповки;

- 2) проектирование штампа, вычерчивание на графопостроителе сборочного чертежа штампа, чертежей его деталей на основе бланк-чертежей;
- 3) проектирование технологических процессов изготовления деталей штампа;
- 4) формирование управляющих программ для изготовления деталей штампа на сверлильных, фрезерных и электроэрозионных станках с ЧПУ.

Система охватывает почти весь цикл технологической подготовки производства деталей, получаемых листовой штамповкой в штампах для разделительных операций, сокращая трудоемкость охватываемых процессов в среднем в 9,6 раз.

Современный уровень возможностей проектирования технологии и оснастки для процессов штамповки определяется широким спектром специализированных программных продуктов. Средства автоматизированного проектирования процессов и объектов штамповки не ограничиваются стандартными инструментами CAD. Разрабатываемые приложения оснащаются особым интерфейсом (мастер-процессы) и арсеналом методов инженерного анализа (CAE-модули). Всё шире применяются особым образом параметризованные библиотеки стандартных деталей штампов [15]. Процесс проектирования технологии и штампа для изготовления деталей приобретает характер автоматического формирования структуры проекта с последующей загрузкой в его элементы деталей, узлов, механизмов и параметров электронных моделей. В настоящий момент интегрированные САПР отличаются наиболее высоким качеством проектирования и являются перспективными для дальнейшей разработки и использования, несмотря на их значительную ресурсоёмкость и не преодоленные до сих пор трудности реализации [15, 17, 22].

Суммируя вышесказанное, методы проектирования оснастки многопозиционной штамповки можно проклассифицировать следующим образом (рис. 1.1):



Рисунок 1.1 - Классификация методов проектирования оснастки многопозиционной штамповки

В данной схеме под шаблонами подразумеваются стандартизованные элементы, ускоряющие проектирование штампов (бланк-чертежи в традиционных методах и базы данных типовых конструкций и деталей в автоматизированных).

## 1.2 Анализ современных САПР оснастки для многопозиционной штамповки

Исследовано множество современных САПР оснастки многопозиционной штамповки с позиции их конструкторских возможностей проектирования рабочего инструмента, и плит штампа. Доли приложений, имеющих тот или иной признак в рассмотренном множестве (24 наименования), отражены в таблице 1.2. Признаки (таблица 1.1) выбраны на основе опыта и известных инструментов проектирования [11, 12].

Таблица 1.1 - Анализируемые признаки штампов

Наименование признака	Обозначение
Определение поверхностей рабочих деталей по геометрии переходов	1
Автоматизированное построение деталей штампа	2
Полное проектирование рабочих деталей штампа на основе поверхностей переходов	3
Проектирование рабочих деталей штампа на основе стандартных деталей	4
Проектирование стандартных деталей штампа на основе геометрии изделия	5
Проектирование конструктивных деталей штампа	6
Выбор деталей из библиотек	7
Автоматическая установка деталей	8
Построение штампа на основе пакета	9

Таблица 1.2 - Характеристика множества САПР многопозиционной штамповки

САПР	Рассматриваемый признак								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Die Tool Design	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Strip Design	+	-	-	-	-	-	-	-	-
SS-DIE DESIGN	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Diemaker	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VAMOS CAA Tool & Die Design	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Logopress Strip Layout	-	+	+	-	+	-	-	+	-

Продолжение таблицы 1.2

Logopress Standard Components Library	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Logopress Tool and Die Functions	-	+	+	-	+	-	-	+	-
Logopress Dynamic Interference Detection and Animation	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Power Template	-	+	-	-	-	+	+	+	+
Power Catalog	-	+	-	+	-	+	+	+	-
Transfer Simulation	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SMIRT DieBuild	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SMIRT DieShop	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Delcam PressMaker	+	+	+	+	+	+	+	+	+
T-FLEX/ШТАМПЫ	-	+	+	+	+	+	+	+	+
NX Die Design	+	+	+	+	+	+	+	+	-
NX Engineering Die Wizard	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Dynavista	+	+	+	+	+	+	+	+	-
FASTFORM MultiStage	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FASTFORM ADVANCED	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1.2

CADmeister/Die Layout design system	-	+	-	+	-	+	+	+	-
Библиотека деталей штампов листовой штамповки для T- FLEX CAD	-	+	-	+	-	+	+	+	-
Наличие, %	29	67	46	54	50	58	58	67	33

Обзор множества современных САПР наглядно иллюстрирует их оснащенность в отношении проектирования штамповой оснастки, в частности, наличия библиотек стандартных деталей (58% наименований), построение штампа на основе пакета (33% наименований). Однако, в отношении штампов для многопозиционной штамповки, типовые и стандартные конструкции отсутствуют [11, 12].

Также, использование в проектировании мастер-процессов имеет такие недостатки, как дополнительные затраты на закупку и обучение инженеров. В связи с этим, предлагаемый в настоящей работе метод проектирования штампов многопозиционной штамповки базируется на использовании базового CAD-модуля «Проектирование» системы Siemens NX.

### 1.3 Классификация штампов многопозиционной штамповки

Для штампов многопозиционной штамповки, принадлежащих к классу штампов для холодной листовой штамповки, характерно разделение по технологическим и конструктивным признакам. [19]

Технологический признак предполагает классификацию по виду и характеру выполняемой операции:

а) по виду технологической операции (вырубка, вытяжка, пробивка и т. д.): наименование операции определяет название штампа (вырубной, вытяжной и т. д.);

б) по числу операций: простые (однооперационные) и сложные (многооперационные последовательного и совмещенного действия); в штампах совмещенного действия деталь изготавливается за один ход прессы.

Конструктивный признак указывает на параметры и особенности конструкции штампа:

а) по габаритам штампа;

б) по наличию в штампе встроенной механизации для подачи материала (роликовая, клещевая, рычажная и др.);

в) по наличию направляющих узлов и агрегатов для слаженной работы в автоматическом режиме.

Детали штампов подразделяются на две основные группы: технологического назначения и конструктивного назначения.

Детали технологического назначения:

а) рабочие (выполняют непосредственно деформацию);

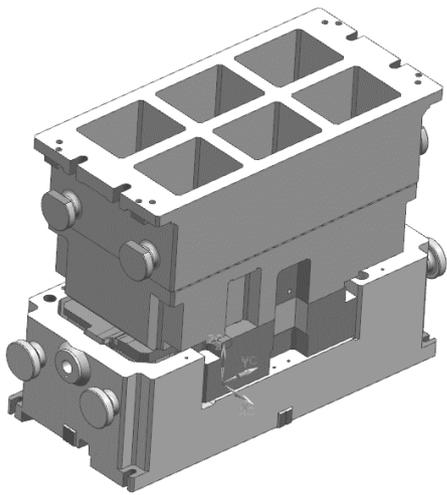
б) вспомогательные фиксирующие; прижимающие и удаляющие (прижимают заготовку во время операций, снимают и удаляют деталь и отходы).

Детали конструктивного назначения:

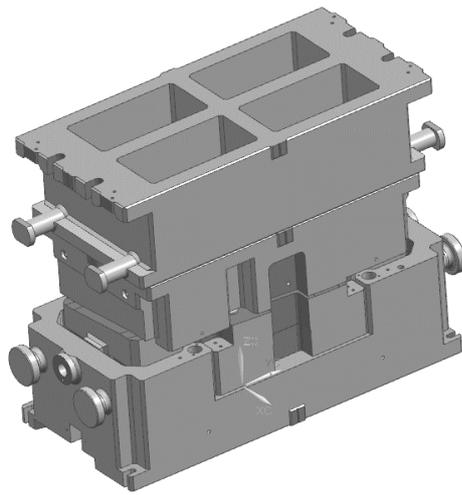
а) опорные или монтажные (служат базовыми деталями для монтажа штампа);

б) направляющие (направляют движение верхней части штампа);  
крепежные (служат для крепления отдельных частей и узлов штампа).

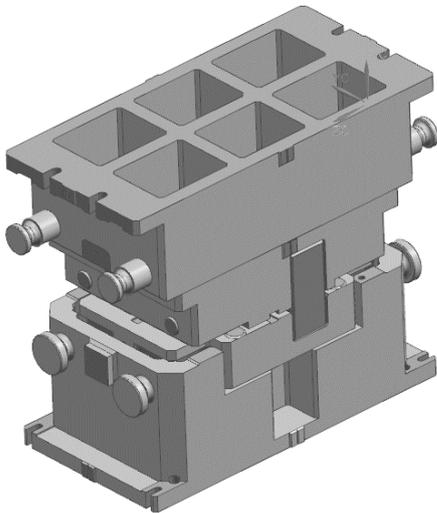
Независимо от принадлежности деталей к той или иной группе, они подразделяются на стандартные и оригинальные. Стандартные – детали, типоразмеры, форма, материал которых, регламентируются ГОСТом. Они включают в себя пружины, ограничители, выталкиватели, крепежные винты, штифты и т.п. Эти компоненты могут быть заказаны в соответствии со стандартными размерами. Оригинальные – детали, разработанные конструктором. Это базовые детали, которые включают в себя плиты, пуансон, матрицу и прижим. Конструкция этих деталей варьируются в зависимости от штампуемых изделий, условий штамповки и требований заказчиков. Сложная конструкция базовых литых деталей обусловлена, прежде всего, набором устанавливаемых в них стандартных изделий, что отражается и на выполняемых ими функциях. Данное утверждение проиллюстрировано на основе анализа конструкций моделей шести вытяжных штампов, применяемых в производстве средних кузовных деталей. Модели изображены на рис. 1.2.



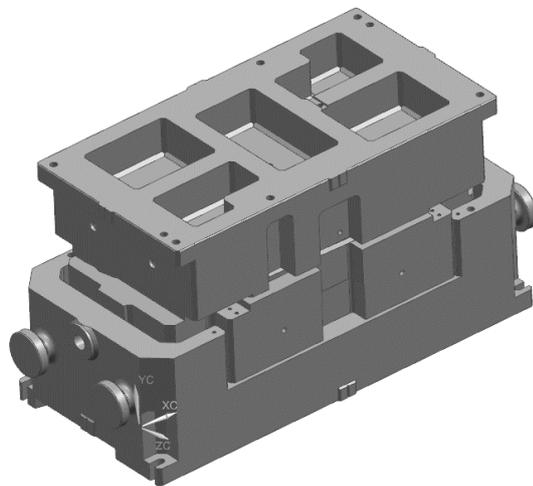
а)



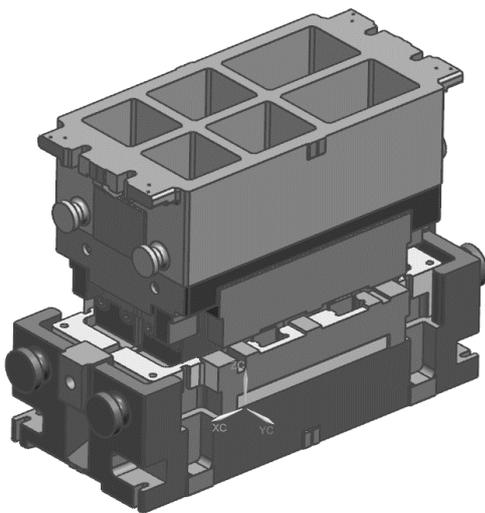
б)



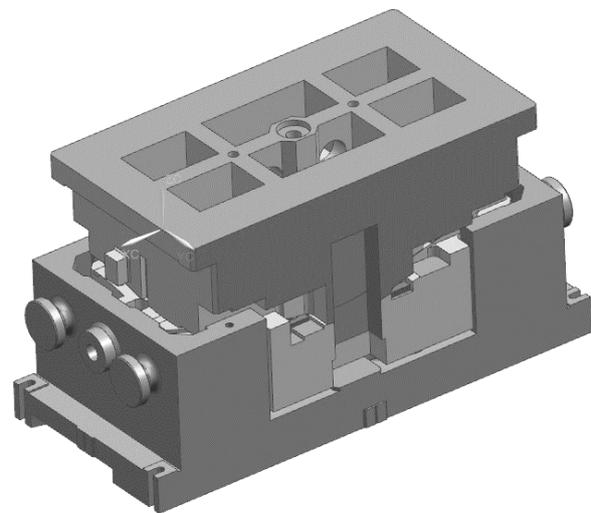
в)



г)



д)



е)

Рисунок 1.2 – Твёрдые модели описываемых штампов

Описание рассматриваемого множества конструкций штампов включает в себя совокупность функциональных признаков для каждой детали (табл. 1.5 – 1.10). Перечень деталей и узлов штампа и функциональных признаков вместе с обозначениями приведены в табл. 1.3 и 1.4 соответственно.

Таблица 1.3 - Множество деталей описываемых штампов

Название детали (узла)	Обозначение
Плита нижняя	a
Прижим	b
Пуансон	c
Матрица	d
Адаптер	e
Выгалкиватель	f
Призма направляющая	d
Планка направляющая	h
Ограничитель закрытой высоты	i
Штырь ограничительный	j
Ловитель по внешнему контуру	k
Ловитель по внутреннему контуру	l
Матрица пробивная	m
Пуансон пробивной	n
Склиз	o
Колонка направляющая	p
Втулка направляющая	q
Плита маркетная	r
Плита верхняя	s

Таблица 1.3 - Множество функциональных признаков деталей описываемых штампов

Название признака (функции)	Обозначение
Несущая	1
Направление хода матрицы	2
Направление хода прижима	3
Удаление изделия из рабочей зоны	4
Удаление отходов	5
Транспортная	6
Ограничение хода подвижных механизмов	7
Ограничение закрытой высоты	8
Прижимная	9
Формообразующая	10
Крепление на прессе	11
Направление заготовки	12
Фиксация положения заготовки в рабочей зоне	13
Разделительная	14
Выпуск воздуха из рабочей зоны	15

Таблица 1.4 - Функциональное описание штампа 1

Штамп 1																	
Функциональные признаки																	
Детали		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	a	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+				
	b	+	+	+	+				+		+	+		+			
	c	+				+						+			+	+	
	d	+	+		+					+	+	+		+	+	+	
	e	+						+					+				
	f				+												
	d																
	h			+													
	i									+							
	j								+								
	k													+			
	l														+		
	m															+	
	n															+	
	o						+										
	p																
	q																
	r																
	s																

Таблица 1.5 - Функциональное описание штампа 2

Штамп 2																	
Функциональные признаки																	
Детали		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	a	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+				
	b	+	+	+	+			+	+	+	+		+				
	c	+				+					+					+	
	d	+	+		+		+		+	+	+		+		+		
	e	+					+					+					
	f				+												
	d																
	h			+													
	i								+								
	j								+								
	k												+				
	l																
	m															+	
	n															+	
	o					+											
	p																
	q																
	r																
	s																

Таблица 1.6 - Функциональное описание штампа 3

Штамп 3																	
Функциональные признаки																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Детали	a	+		+	+		+	+	+	+		+					
	b	+	+	+	+			+		+	+		+				
	c	+									+			+			
	d	+	+				+		+	+	+		+	+			
	e	+					+					+					
	f				+												
	d																
	h			+													
	i								+								
	j							+									
	k												+				
	l													+			
	m																
	n																
	o																
	p																
	q																
	r																
	s																

Таблица 1.7 - Функциональное описание штампа 4

Штамп 4																	
Функциональные признаки																	
Детали		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	a	+		+	+		+	+	+	+		+					
	b	+	+	+	+			+		+	+		+				
	c	+									+						+
	d	+	+		+		+		+	+	+	+	+		+		
	e																
	f				+											+	
	d																
	h			+													
	i								+								
	j								+								
	k												+				
	l																
	m															+	
	n															+	
	o					+											
	p																
	q																
	r																
	s																

Таблица 1.8 - Функциональное описание штампа 5

Штамп 5																	
Функциональные признаки																	
Детали		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	a	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+				
	b	+		+	+						+	+		+			
	c	+				+					+				+	+	+
	d	+	+		+		+				+	+		+	+	+	
	e	+					+						+				
	f				+												
	d																
	h			+													
	i									+							
	j								+								
	k													+			
	l														+		
	m															+	
	n															+	
	o						+										
	p																
	q																
	r	+			+				+	+	+						
	s	+						+		+							

Таблица 1.9 - Функциональное описание штампа 6

Штамп 6																	
Функциональные признаки																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Детали	a	+		+	+		+	+	+	+		+					
	b	+	+	+	+			+		+	+		+				
	c	+									+			+			
	d	+			+		+		+	+	+	+	+	+			
	e																
	f				+												
	d																
	h			+													
	i								+								
	j								+								
	k												+				
	l													+			
	m																
	n																
	o																
	p																
	q																
	r																
	s																

Проведенный обзор показывает, что, в отличие от стандартных деталей, оригинальные базовые детали штампов включают в себя множество функциональных признаков, принадлежность к которым отражает саму их конструкцию. Таким образом, проектирование базовых деталей может быть произведено на основе принадлежащих им функций, обеспечивая тем самым более понятную основу взаимодействия с конструктором, чем

проектирование на основе конструктивных признаков, т.е. геометрической формы элементов модели [23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]. Функциональные элементы конструкции, соответственно каждому признаку, не просто определяют форму изделия, - они позволяют применять знания об этих элементах для оптимизации конструкции штампа в сборе.

Следовательно, согласно приведенной классификации, возможно выделение типовых конструкций штампов на основе описания функциональных признаков по отношению только к базовым литым деталям (в рассмотренном множестве штампов это плита нижняя, плита верхняя, плита маркетная, прижим, пуансон, матрица, адаптер) в виде  $\{a(1,3,4,6,7,8,9,11); b(1,2,3,4,7,9,10,12) \dots\}$ . Приведенные признаки и детали могут объединяться и в другие комбинации, в зависимости от исходных данных на проектирование штампа.

С точки зрения конструктора, сборка представляет собой структурную модель, отражающую определенные взаимосвязи на разных уровнях. Организация структуры данных о сопряжениях деталей, является одной из основных задач моделирования сборки. Сборочно-ориентированное проектирование с использованием параметризации решает данную задачу, определяя геометрию деталей в контексте сборки [25, 30].

Параметры проектируемого штампа определяются исходными данными, которые берут начало от следующих характеристик:

а) габариты заготовки (как правило, прямоугольной): габаритные размеры в плане рабочей зоны штампа и штампа в целом и др.

б) технология штамповки и конфигурация готового изделия: конфигурация формообразующего инструмента, наличие и расположение разделительного инструмента, конструктивная схема направляющих механизмов верха штампа, расположение механизмов направления и фиксации материала, расположение средств удаления отходов и др.

в) параметры и возможности оборудования: закрытая высота, монтажные размеры, способ крепления штампа, вид привода выталкивателей и др.

д) уровень подхвата средств автоматизации: расположение направляющих механизмов верха штампа, высота разъема штампа и др.

В свою очередь, штамп, как сборочная единица, содержит комплекс взаимосвязей между компонентами, выраженных их размерными параметрами, особенностями формы, положения и посадки деталей и узлов. На основе анализа существующих конструкций штампов для многопозиционной штамповки и производственного опыта, установлены зависимости параметров компонентов штампа между собой, определяющие их конструкцию [9] (рис. 1.4). Данная схема может служить основой структуры математической модели при параметрическом моделировании штампа.

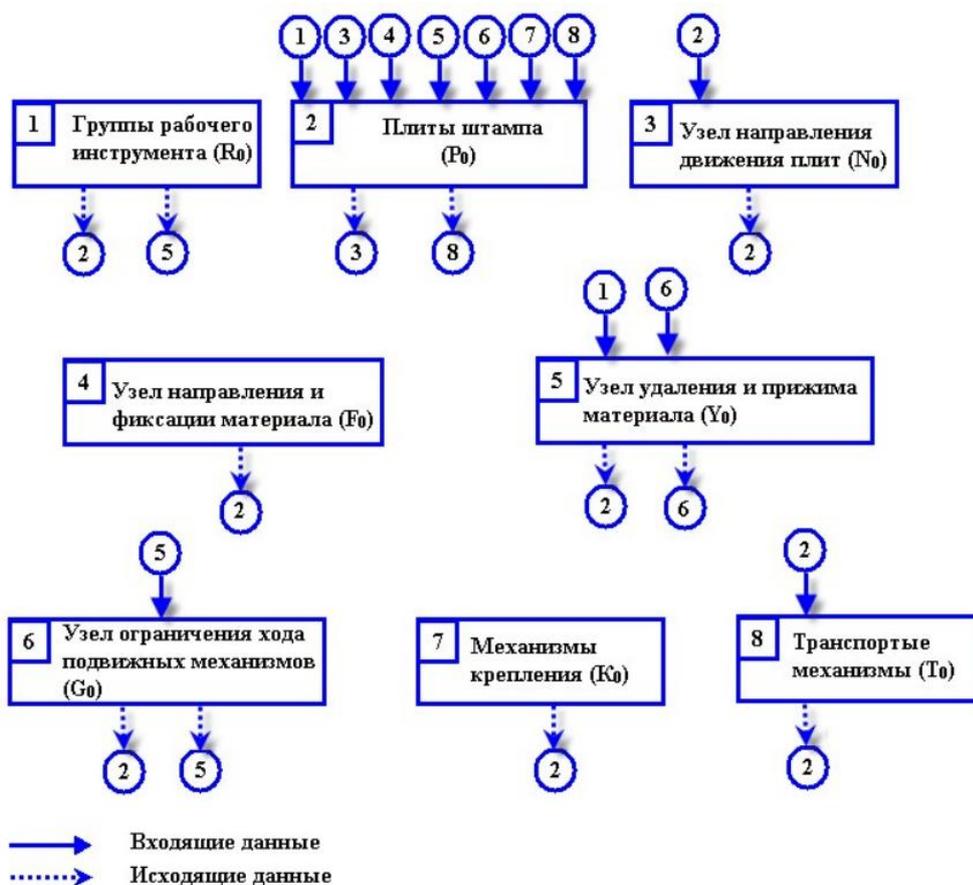


Рисунок 1.4 - Схема конструктивных взаимосвязей между компонентами штампа

#### 1.4 Постановка задач работы

Проведенный анализ накопленного к настоящему времени материала в области проектирования штампов для многопозиционной штамповки выявил следующие основные особенности:

- основным преимуществом методов ускоренного проектирования перед стандартными является применение шаблонов типовых и стандартных конструкций;
- в современных САПР в отношении штамповой оснастки для многопозиционной штамповки такие шаблоны отсутствуют;
- типизация конструкций штампов на основе совокупности функциональных признаков базовых литых деталей является рациональным средством применения знаний об особенностях конструкции и работы компонентов штампа при его проектировании;
- применение параметрического моделирования позволяет учитывать структурные взаимосвязи между компонентами штампа в контексте сборки.

Понимание перечисленных особенностей создает предпосылки к постановке **задач работы**:

- 1) разработать методику создания параметризованной модели штампа для многопозиционной штамповки в системе Siemens NX; создать параметризованную модель на её основе;
- 2) разработать методику проектирования штампа для многопозиционной штамповки на основе созданной параметризованной модели; спроектировать штамп на её основе.

## **2. Создание концептуальной параметризованной модели типового штампа**

### **2.1 Методика создания концептуальной параметризованной модели типового штампа**

Создание параметризованной модели производится в файле сборки в модуле NX «Моделирование» по нисходящей методологии (от общего к частному) и включает в себя следующие этапы:

- 1) Сформировать структуру модели, включив в общий файл сборки следующие шаблоны-компоненты: файл концептуальной модели и несколько файлов для проектируемых базовых деталей.
- 2) Создать концептуальную модель штампа:
  - создать первичную концепцию штампа, отражающую габаритные размеры базовых компонентов – плита нижняя, прижим, матрица – в виде каркасных блоков-примитивов; пуансон на данном этапе объединен воедино с блоком прижима, и, как и матрица, не содержит в себе фасонную геометрию рабочих поверхностей, – она задается в дальнейшем, на основе вытяжного перехода, что в рамках настоящей работы не рассматривается;
  - создать функциональные элементы штампа в твердотельном виде на основе эскизов; для последующей работы по конструированию готового штампа, функциональные элементы следует разделить по их геометрическому представлению в штампе на 2 типа:
    - а) полости (карманы, пазы, отверстия, выборки)
    - б) выступы (приливы)- первые будут выступать инструментами вычитания в булевых операциях, а вторые – инструментами объединения.

При создании концептуальной модели применить вариационную параметризацию в виде алгебраических и логических выражений, определяющих взаимосвязи между размерными параметрами отдельных элементов и взаимное расположение элементов. Управляющие переменные задаются на глобальном уровне сборки, а переменные на уровне концептуальной модели, как компонента сборки, задаются в качестве зависимых от управляющих переменных. Значения управляющих переменных определяются исходными данными на проектирование штампа, в числе которых, прежде всего, габаритные размеры штампа, а также размеры стандартных деталей, устанавливаемых в базовые детали. Также, при создании модели, применить геометрическую параметризацию в виде ограничений положений элементов в пространстве, их взаимного расположения и жестких привязок непосредственно между элементами геометрии.

- Создать модель полости плиты нижней, построив грани каркасного блока-прижима с помощью поверхностного моделирования и геометрических привязок к ребрам каркаса.
- 3) В каждом из компонентов сборки, соответствующих проектируемых базовым деталям, создать твердотельный примитив-блок, размеры и положение которого соответствуют конкретной детали. Блоки создаются для последующего применения к ним булевых операций при конструировании готового штампа. Размерным параметрам блокам присвоить переменные, ссылающиеся на управляющие переменные сборки.

## 2.2 Формирование структуры модели

В отдельной директории создан файл сборки штампа (рис. 2.1).

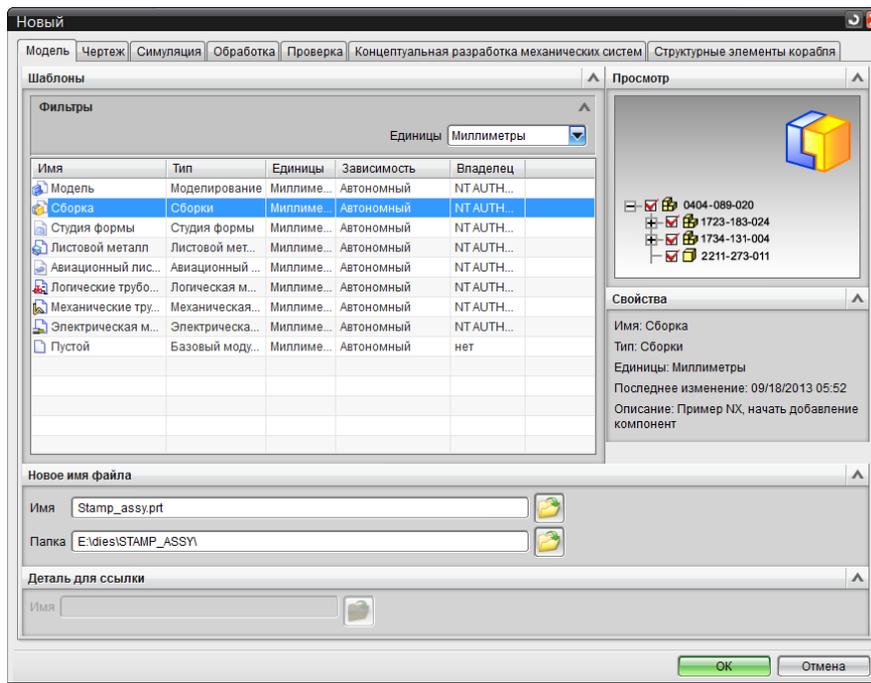


Рисунок 2.1 – окно создания нового файла сборки

Для работы со сборками подключена панель инструментов «Сборки». Осуществлено это установкой флажка напротив элемента «Сборки» в контекстном меню ленточной панели и (рис. 2.2).

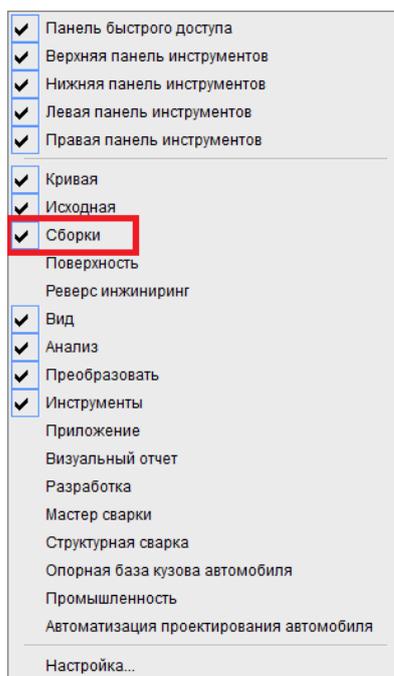


Рисунок 2.2 – Подключение панели «Сборки» через контекстное меню ленточной панели

Для концептуальной модели штампа создан новый компонент сборки, с помощью команды «Создать новый» панели «Сборки» (рис. 2.3).

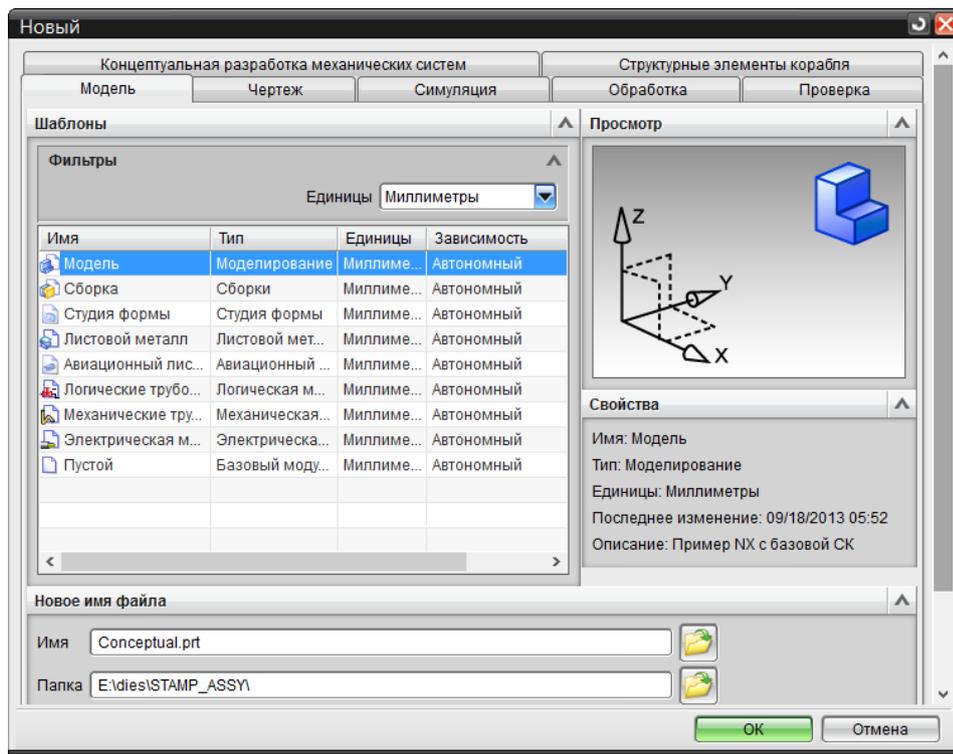


Рисунок 2.3 - окно создания нового файла компонента сборки

Таким же образом созданы еще 3 файла-шаблона компонентов сборки для каждой из проектируемых деталей.

Для работы с геометрией модели, компонент концептуальной модели «Conceptual» в иерархии сборки был активирован с помощью команды «Сделать рабочей деталью» контекстного меню компонента в «Навигаторе сборки» (рис. 2.4).

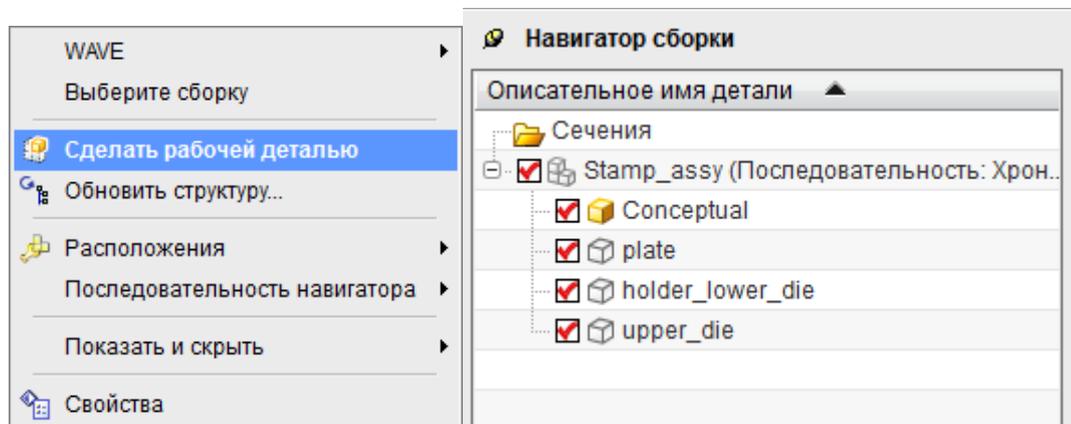


Рисунок 2.4 – установка рабочего элемента сборки

## 2.3 Создание концептуальной модели штампа

### 2.3.1 Создание первичной концепции штампа

На основе измерений имеющихся моделей штампов, созданы блоки литых деталей штампа (рис. 2.5). Блоки реализованы в виде каркасной модели, с целью облегчения последующего доступа к функциональным элементам внутри пространства каркаса. Каркас создан на основе отрезков в пространстве, с помощью инструмента «Линия» панели «Исходная». Расположение боковых граней блока прижима соответствуют поверхностям трения направляющих хода прижима.

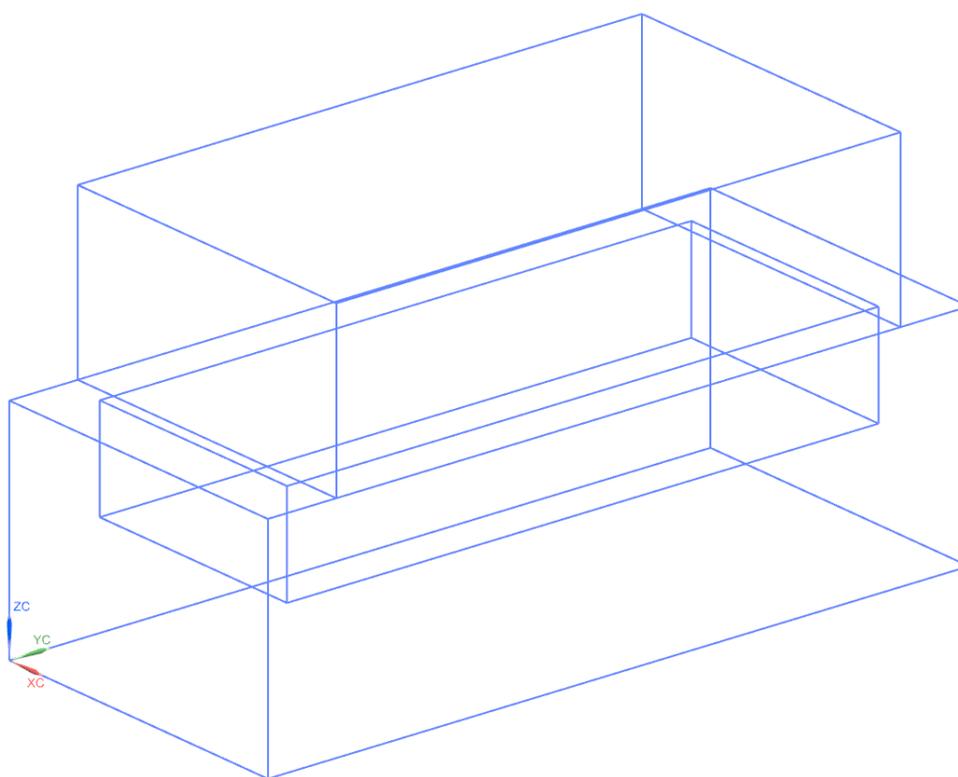


Рисунок 2.5 – Первичная концепция штампа

Базовым деталям заданы следующие переменные и выражения:

$H_{zavr}$  – закрытая высота штампа;

$L$  – длина блока плиты нижней;

$W$  – ширина блока плиты нижней, матрицы и штампа в целом;

$H_r$  – высота блока плиты нижней; высота разъема штампа;

$L_{matr}$  – длина блока матрицы;

$l_{pr}$  – длина блока прижима;

$w_{pr}$  – ширина блока прижима;

$h_{pr}$  – высота блока прижима;

$S_{w_{pr}} = \frac{W - W_{pr}}{2}$  – вылет блока прижима от края блока плиты нижней в направлении её ширины;

$S_{l_{pr}} = \frac{L - l_{pr}}{2}$  – вылет блока прижима от края блока плиты нижней в направлении её длины;

$S_{h_{pr}} = H_r - h_{pr}$  – высота расположения блока прижима относительно нижней плоскости штампа;

$S_{L_{matr}} = \frac{L - L_{matr}}{2}$  - вылет блока матрицы от края блока плиты нижней в направлении её длины;

Задание управляющих переменных произведено на уровне сборки с помощью функции «Выражения» панели «Инструменты» (рис. 2.6). Зависимые переменные создаются на уровне компонента, при создании эскизов и операций твердотельного моделирования.

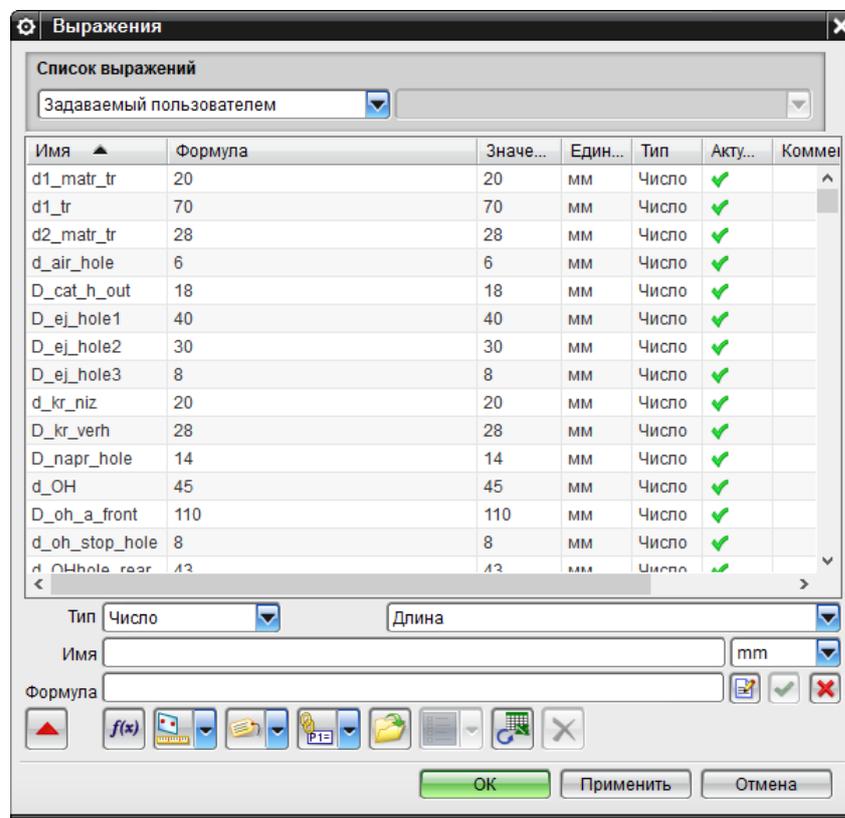


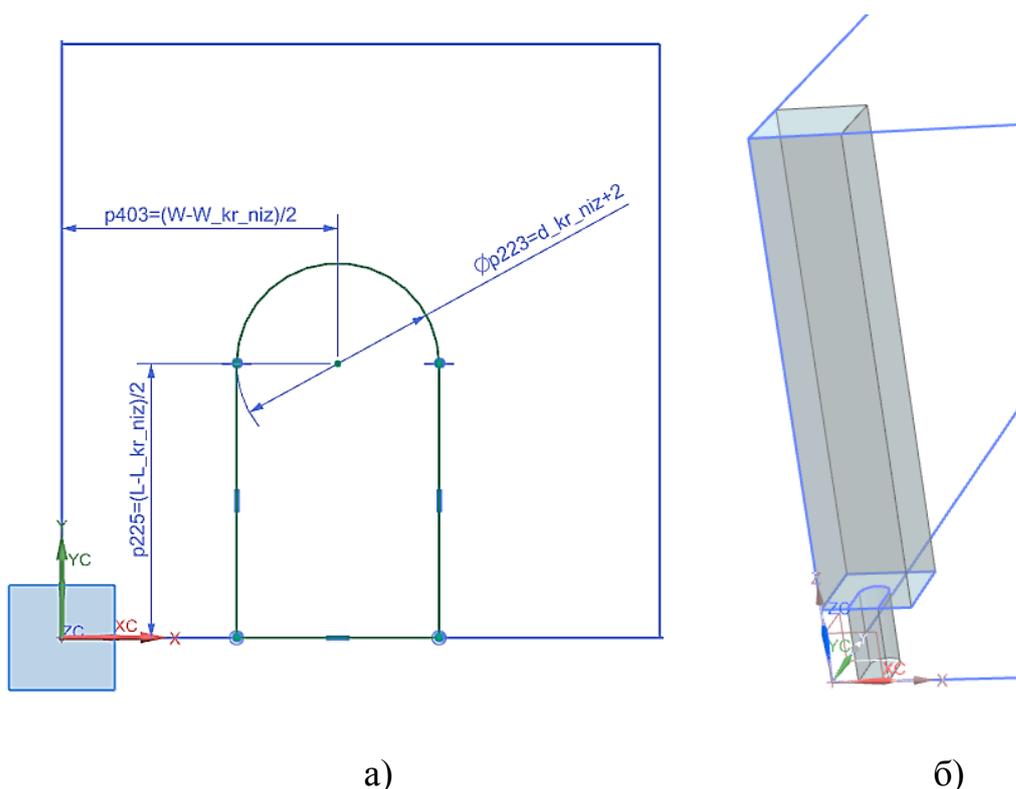
Рисунок 2.6 - Окно выражений

### 2.3.2 Создание функциональных элементов штампа

Функциональные элементы созданы также на основе отрезков, или эскизов на плоскости (инструмент «Эскиз» панели «Исходная»), с помощью инструментов твердотельного моделирования «Вытягивание» и «Вращение» панели «Исходная». Для копирования элементов применены линейный массив (инструмент «Массив элементов – Линейный» панели «Исходная») и зеркальный массив (инструмент «Зеркальный элемент» панели «Исходная»).

#### Группа элементов крепления плиты нижней

К данной группе отнесены площадки с пазами крепления, реализованные в виде выборки с помощью операции вытягивания (рис.2.7). Реализованы зеркальные массивы данных элементов относительно плоскостей продольной и поперечной симметрии штампа (рис. 2.8).



а – эскиз сечения паза крепления; б – твердотельная модель группы элементов крепления плиты нижней

Рисунок 2.7 - Построение элементов крепления плиты нижней

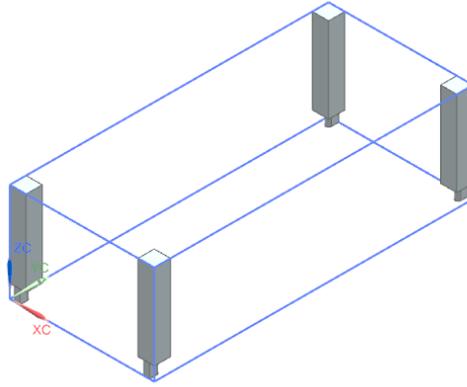


Рисунок 2.8 – массив элементов крепления плиты нижней

Элементом данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$L_{kr_{niz}}$  – межосевое расстояние между установочными винтами в направлении длины плиты;

$W_{kr_{niz}}$  – межосевое расстояние между установочными винтами в направлении ширины плиты;

$W_{kr_{a_{niz}}}$  – ширина площадки крепления (внешняя переменная);

$L_{kr_{a_{niz}}}$  – длина площадки крепления (внешняя переменная);

$h_{kr}$  – высота площадки крепления (внешняя переменная);

$d_{kr_{niz}}$  – диаметр крепежного элемента;

$(L - L_{kr_{niz}})/2$  – вылет оси крепления от края плиты в направлении её длины;

$(W - W_{kr_{niz}})/2$  – вылет крепежного паза от края плиты в направлении её ширины;

$d_{kr_{niz}} + 2$  – ширина крепежного паза;

$H_r - h_{kr}$  – высота выборки.

Условие ширины площадки крепления

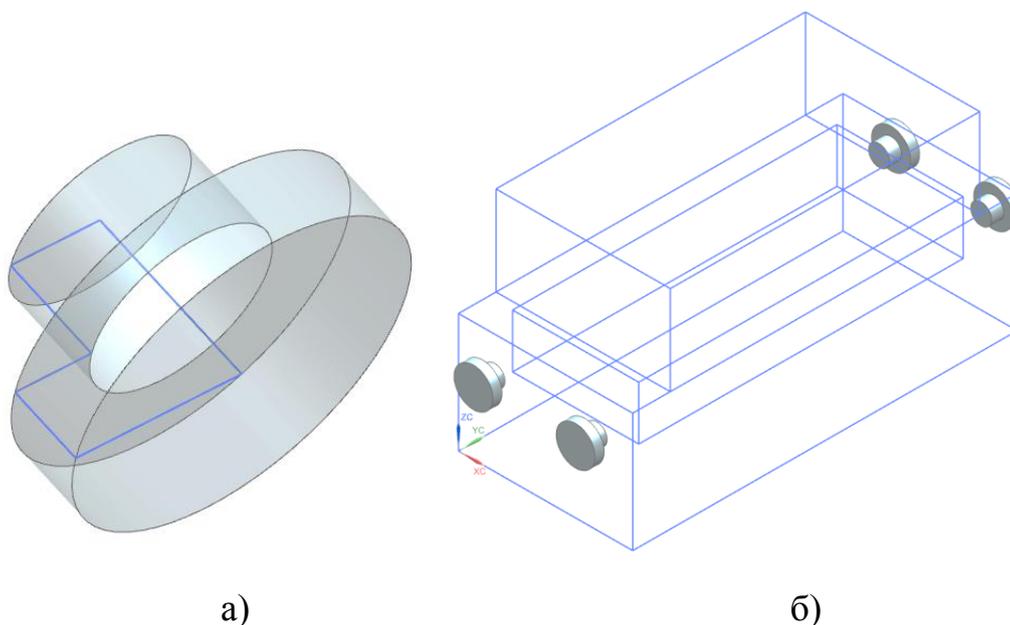
$$COND_{W_{kr_{a_{niz}}}} = \text{If } W_{kr_{a_{niz}}} \geq 3 \cdot d_{kr_{a_{niz}}} + 5 \quad W_{kr_{a_{niz}}} \quad \text{else}(3 \cdot d_{kr_{a_{niz}}} + 5)$$

Условие длины площадки крепления

$$COND_{L_{kr_{a_{niz}}}} = \text{If } L_{kr_{a_{niz}}} \geq \frac{L - L_{kr_{niz}}}{2} + 1,5 \cdot d_{kr_{niz}} \quad L_{kr_{a_{niz}}} \\ \text{else}((L - L_{kr_{niz}})/2 + 1,5 \cdot d_{kr_{niz}})$$

## Группа транспортных элементов плиты нижней

К данной группе отнесены транспортные приливы на поперечных гранях плиты. Реализованы зеркальные массивы данных элементов относительно плоскостей продольной и поперечной симметрии штампа.



а – твердотельная модель прилива; б – массив приливов

Рисунок 2.9 – Построение элементов крепления плиты нижней

Элементам данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$l_{tr}$  – длина прилива (внешняя переменная);

$x_{tr}$  - вылет оси вращения тела прилива от края плиты нижней в направлении её ширины (внешняя переменная);

$z_{tr}$  - вылет оси вращения тела прилива от края плиты нижней в направлении её высоты (внешняя переменная);

$d1_{tr}$  – диаметр «ножки» прилива (внешняя переменная);

$p188 = (d1_{tr} + 60)/2$  – радиус «головки» прилива;

$p331 = l_{tr} - 30$  – длина «ножки» прилива

$$H_r - z_{tr}$$

Условие вылета оси вращения тела прилива от края плиты нижней в направлении её ширины

$$COND_{x_{tr}} = If \ x_{tr} \geq W_{kr_{aniz}} + 20 \ x_{tr} \ else(W_{kr_{aniz}} + 20)$$

Условие вылета оси вращения тела прилива от края плиты нижней в направлении её высоты

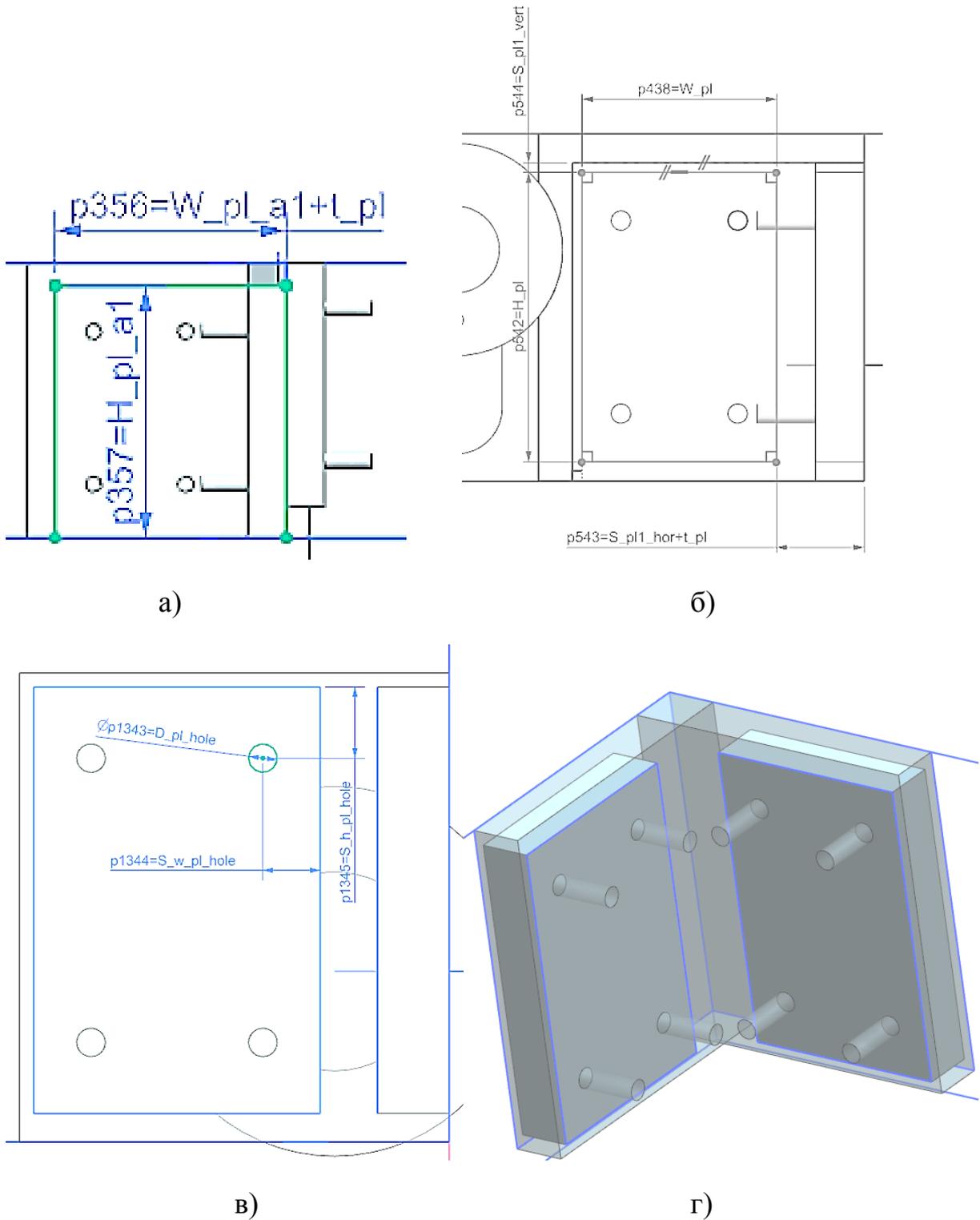
$$COND_{z_{tr}} = If \ z_{tr} \geq (d1_{tr} + 60)/2 \ z_{tr} \ else(z_{tr} + \geq (d1_{tr} + 60)/2)$$

### **Группа элементов направления прижима**

К данной группе отнесены карманы-площадки крепления планок направляющих прижима с крепежными отверстиями. Выдавливание площадок произведено от плоскостей (продольной и поперечной соответственно) трения направляющих планок. Созданы эскизы сечений направляющих планок, на основе положения которых спозиционированы отверстия их крепления на площадках. На рис. 2.10, 2.11 проиллюстрировано построение направляющих на поперечной поверхности трения. Создание направляющих на продольной плоскости трения произведено аналогичным образом.

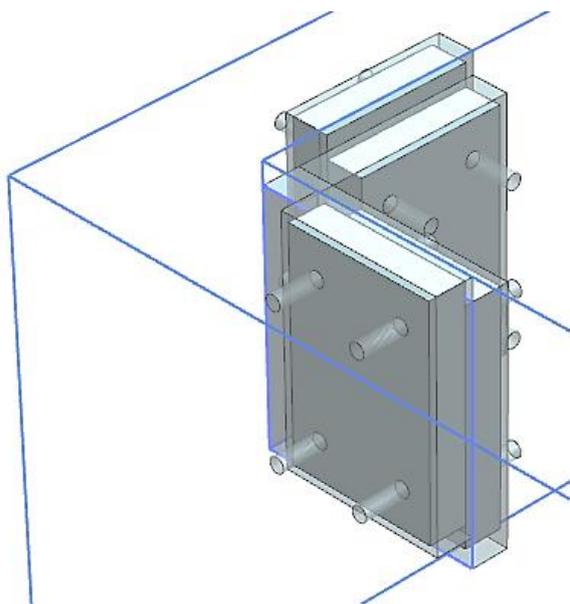
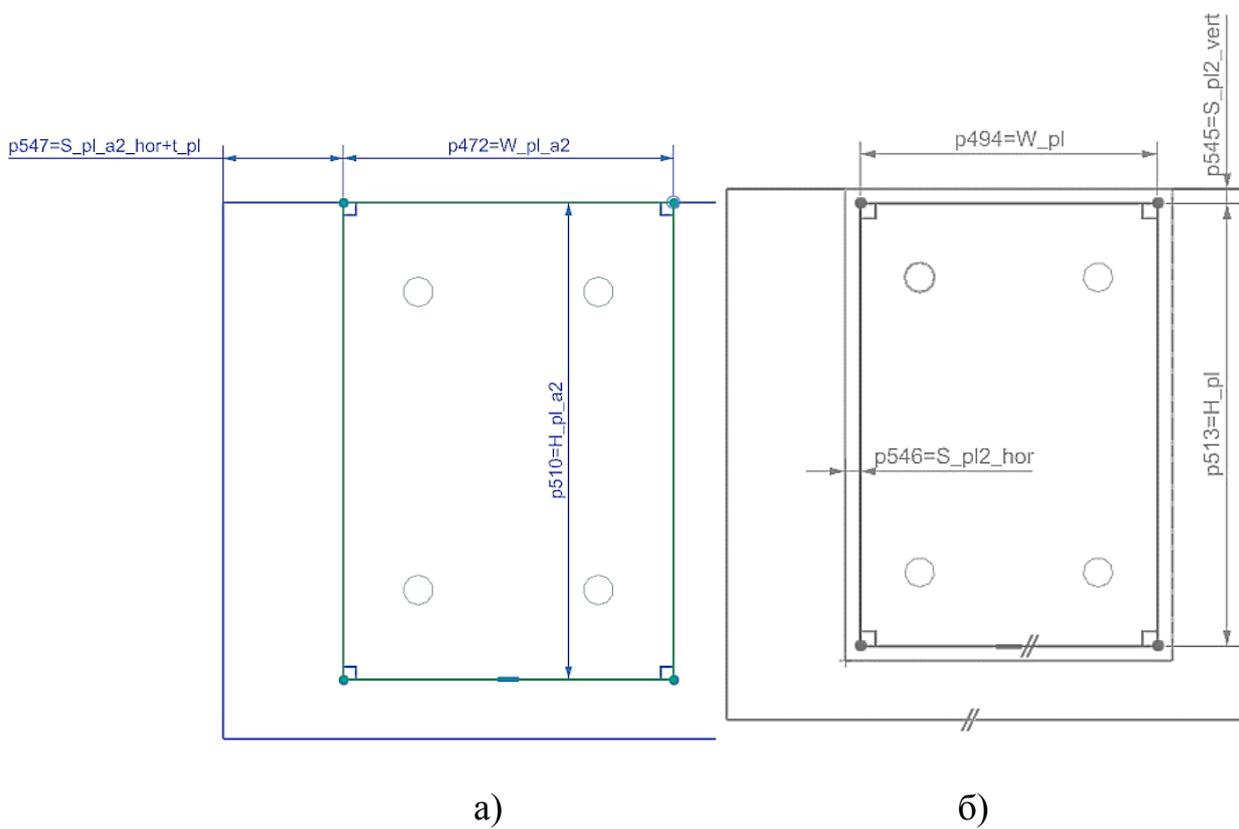
Построение элементов направляющих со стороны прижима (рис. 2.10) и со стороны плиты нижней (рис. 2.11) произведены отдельно, на основе индивидуальных эскизов. Необходимо отметить, что ширина поверхности вытягивания площадок со стороны прижима включает в себя дополнительный запас на величину толщины планки, в связи с эквидистантным смещением контура вовнутрь.

Далее, с использованием геометрических привязок, добавлены элементы, соответствующие конструктивным зазорам в районе направляющих между плитой нижней и прижимом, и определяющие геометрию их стенок (рис. 2.12 (а)). Элементы объединены в единое тело булевой операцией «Объединение» панели «Исходная» (рис 2.12 (б)). Реализованы зеркальные массивы данных элементов относительно плоскостей продольной и поперечной симметрии штампа. (рис. 2.13).



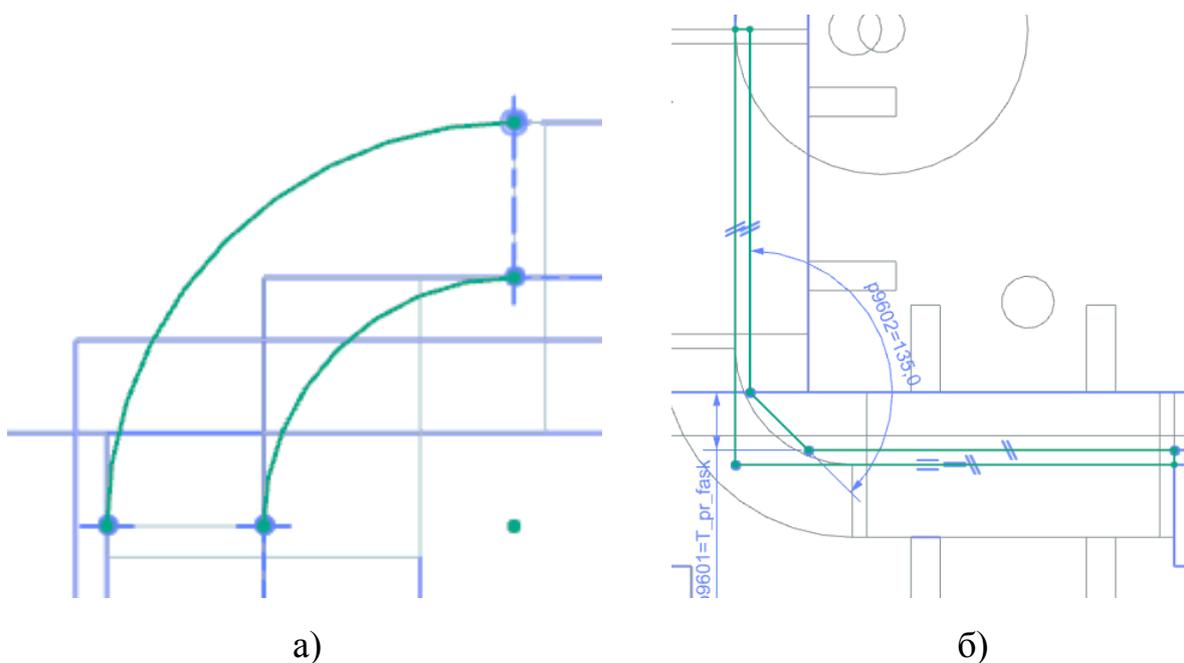
а – эскиз сечения площадки направляющей; б – эскиз сечения направляющей планки; в – эскиз сечения крепежного отверстия; г – твердотельная модель площадок в продольном и поперечном направлении.

Рисунок 2.10 – Построение элементов направляющих со стороны прижима



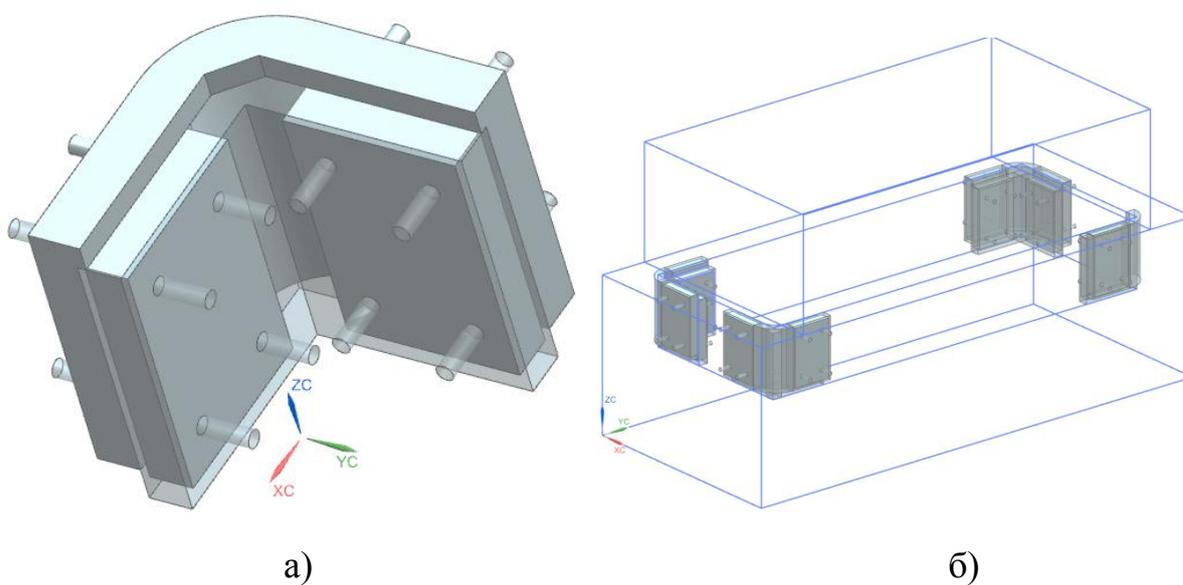
а – эскиз сечения площадки направляющей; б – эскиз сечения направляющей планки; в – твердотельная модель площадок в продольном и поперечном направлении.

Рисунок 2.11 – Построение элементов направляющих со стороны плиты нижней



а – эскиз сечения зазора, определяющего геометрию внутренней стенки плиты нижней; б – эскиз сечения зазора, определяющего геометрию стенки прижима над площадками направляющих

Рисунок 2.12 – Построение конструктивных зазоров между плитой нижней и прижимом



а – результат объединения элементов; б – массив элементов

Рисунок 2.13 – Готовая модель элементов направляющих прижима

Элементам данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$W_{pl_{a1}}$  – ширина площадки направляющей со стороны прижима;

$H_{pl_{a1}}$  – высота площадки направляющей со стороны прижима;

$W_{pl_{a1}} + t_{pl}$  – ширина участка прижима, необходимого для выдавливания площадки направляющей со стороны прижима с учетом толщины планки;

$S_{pl1_{vert}}$  – вертикальный вылет направляющей планки от верхней кромки площадки направляющей со стороны прижима;

$S_{pl1_{hor}}$  – горизонтальный вылет направляющей планки от вертикальной кромки площадки направляющей со стороны прижима;

$D_{pl_{hole}}$  – диаметр отверстий крепления планок;

$H_{pl_{a_{hole}}} = D_{pl_{a_{hole}}} \cdot 3$  – глубина отверстий крепления планок;

$S_{h_{pl_{hole}}}$  – вылет отверстия крайнего ряда от горизонтальной кромки планки;

$S_{w_{pl_{hole}}}$  – вылет отверстия крайнего ряда от вертикальной кромки планки;

$S_{pl_{a2_{hor}}}$  – горизонтальный вылет площадки направляющей со стороны плиты от вертикальной кромки площадки со стороны прижима;

$t_{pr_{fask}}$  – сторона фаски на прижиме над площадками направляющих;

Условие толщины поперечной стенки плиты нижней в районе направляющих прижима

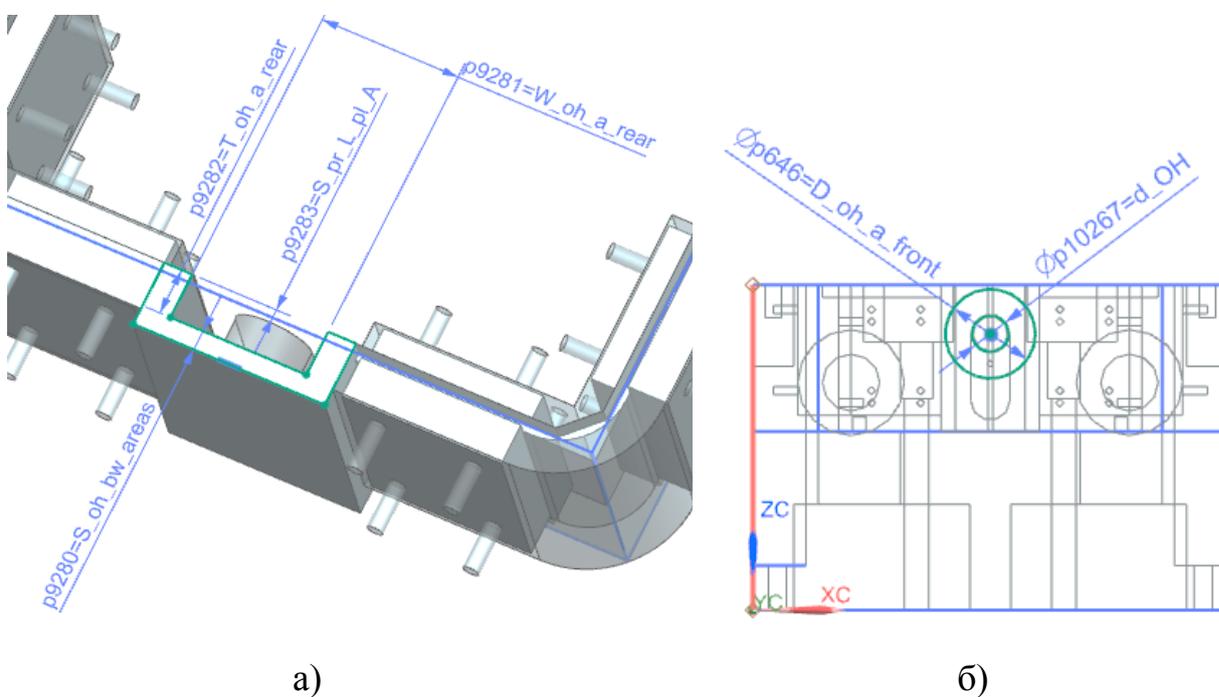
$$COND_{S_{stY}} = If((\frac{L - L_{pr}}{2} - t_{pl}) \geq 70 || (\frac{L - L_{pr}}{2} - t_{pl}) \leq 90) \\ (((L - L_{pr})/2) - t_{pl}) else (70)$$

Условие толщины продольной стенки плиты нижней в районе направляющих прижима

$$COND_{S_{stX}} = If((\frac{W - W_{pr}}{2} - t_{pl}) \geq 60 || (\frac{W - W_{pr}}{2} - t_{pl}) \leq 90) \\ (((L - L_{pr})/2) - t_{pl}) else (60)$$

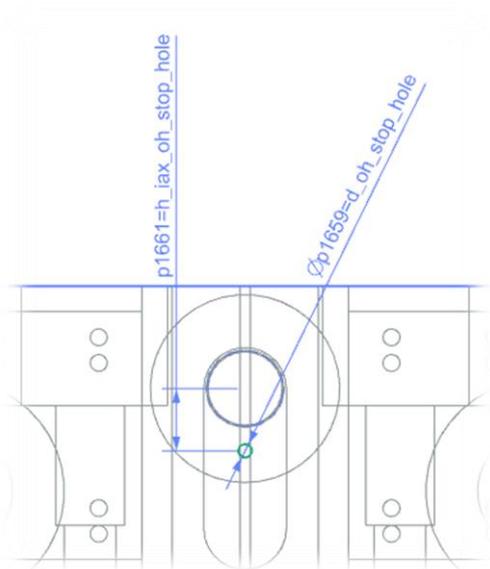
## Группа элементов ограничения хода подвижных частей штампа

К данной группе отнесены отверстия под штыри ограничительные, направляющие пазы хода прижима, отверстия для запирания прижима, отверстия для крепления шайбы стопорной для фиксации штыря и приливы-площадки под них. Зазоры по ширине между площадкой направляющего паза и площадками направляющих прижима определены геометрическими привязками. Реализован зеркальный массив данных элементов относительно плоскости поперечной симметрии штампа. Элемент-зазор между приливом под паз и плитой объединен булевой операцией с элементами направляющих прижима (рис).

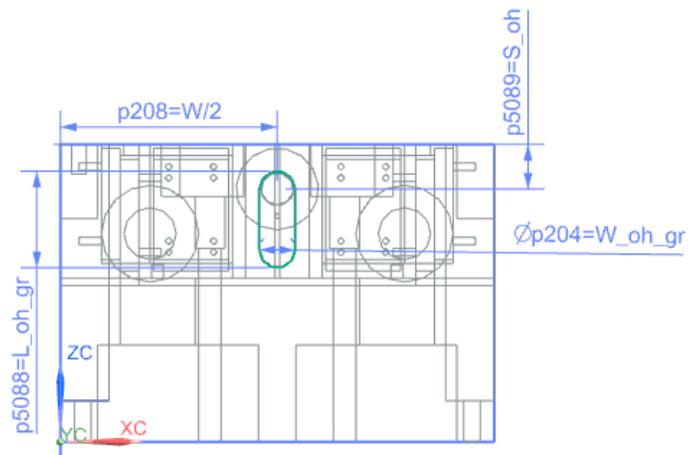


а – эскиз сечения зазора между приливом-площадкой под направляющий паз ограничителя и стенкой плиты нижней; б – эскиз сечения прилива-площадки на плите нижней под ограничитель

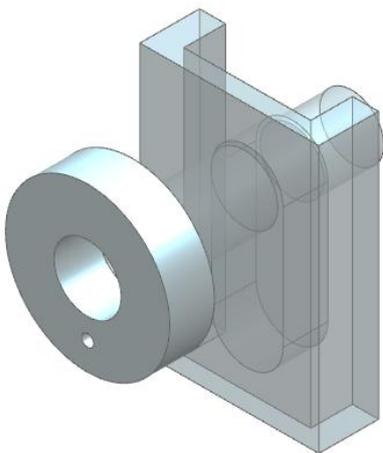
Рисунок 2.14 – построение элементов ограничения хода подвижных частей штампа



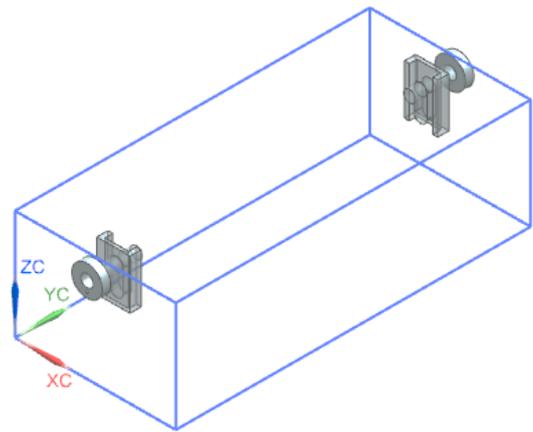
а)



б)



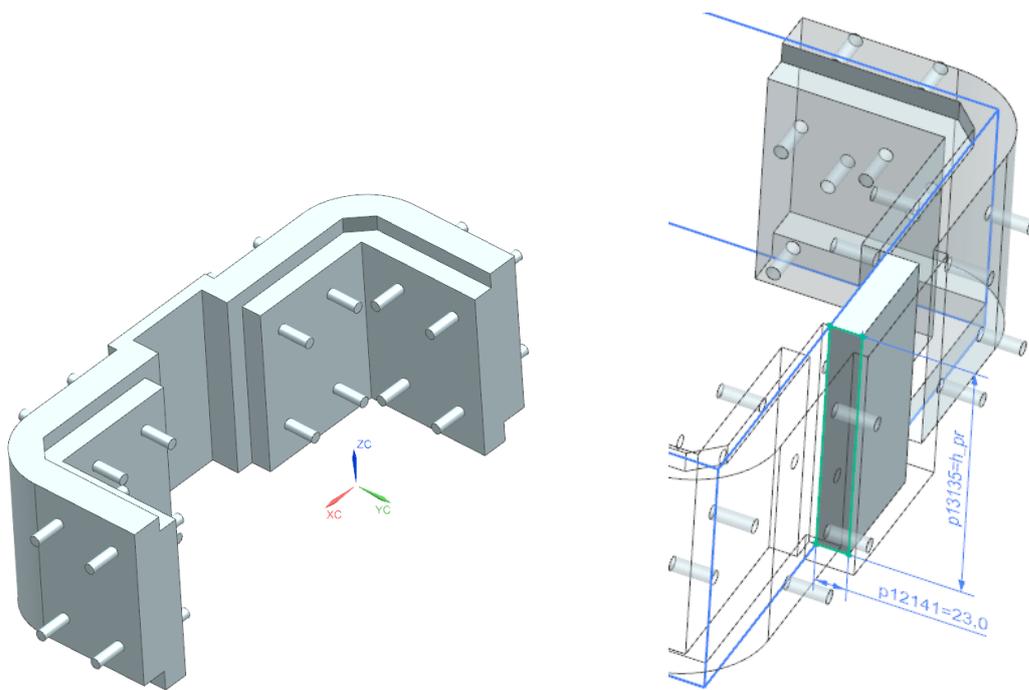
в)



г)

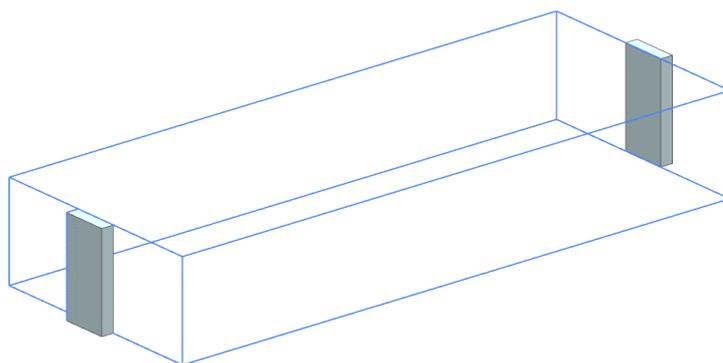
а – эскиз сечения отверстия крепления шайбы стопорной; б – эскиз сечения направляющего паза; в – твердотельная модель группы элементов; г – массив группы элементов

Рисунок 2.15 – построение элементов ограничения хода подвижных частей штампа



а)

б)



в)

а – результат операции объединения элемента-зазора с элементами направляющих прижима; б – эскиз сечения и твердотельная модель прилива под направляющий паз ограничителя; в – массив приливов под направляющий паз

Рисунок 2.16 – построение элементов ограничения хода подвижных частей штампа

Элементам данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$T_{oh_{arear}}$  - толщина прилива-площадки на прижиме (внешняя переменная);

$S_{pr_{l_{plA}}}$  - вылет направляющих планок за границы верхней кромки прижима (внешняя переменная);

$S_{oh_{bwareas}}$  - зазор между площадкой под направляющий паз ограничителя и стенкой плиты нижней (внешняя переменная);

$W_{oh_{arear}}$  - ширина площадки под направляющий паз ограничителя и стенкой плиты нижней (внешняя переменная);

$W/2$  - позиция оси ограничителя относительно края плиты в направлении её ширины;

$L_{oh_{gr}}$  - длина направляющего паза (внешняя переменная);

$W_{oh_{gr}} = d_{OH} + 3$  - ширина направляющего паза;

$S_{oh}$  - вылет оси ограничителя по высоте до верхней кромки плиты нижней (внешняя переменная);

$D_{oh_{afront}}$  - диаметр прилива-площадки на плите нижней под ограничитель (внешняя переменная);

$T_{oh_{afront}}$  - толщина прилива-площадки на плите нижней под ограничитель (внешняя переменная);

$d_{OH}$  - диаметр ограничительного штыря; диаметр отверстия по ограничителю в плите нижней (внешняя переменная);

$H_{oh_{arear}} = h_r$  - высота прилива-площадки на прижиме под направляющий паз;

$t_{oh_{gr}}$  - толщина направляющего паза (внешняя переменная);

$d_{OHhole_{rear}} = d_{OH} - 2$  - диаметр отверстия для запираания прижима;

$L_{oh_{hole_{rear}}}$  - длина отверстия для запирающего прижима (внешняя переменная);

$\frac{L-L_{pr}}{2} - T_{oh_{arear}} + S_{pr_{L_{plA}}}$  - длина отверстия в прижиме под ограничитель;

$h_{iax_{oh_{stop_{hole}}}}$  - межосевое расстояние отверстия для крепления шайбы стопорной и отверстия под ограничительный штырь в направлении высоты штампа (внешняя переменная);

$d_{oh_{stop_{hole}}}$  - диаметр отверстия крепления шайбы стопорной (внешняя переменная);

$h_{oh_{stop_{hole}}} = d_{oh_{stop_{hole}}} + 2$  - глубина отверстия крепления шайбы стопорной;

Условие вылета оси ограничителя хода по высоте относительно верхнего края плиты нижней

$$COND_{S_{oh}} = If S_{oh} \geq (d_{oh} + 15) S_{oh} \text{ else}(d_{oh} + 15)$$

Условие диаметра площадки под ограничитель хода на плите нижней

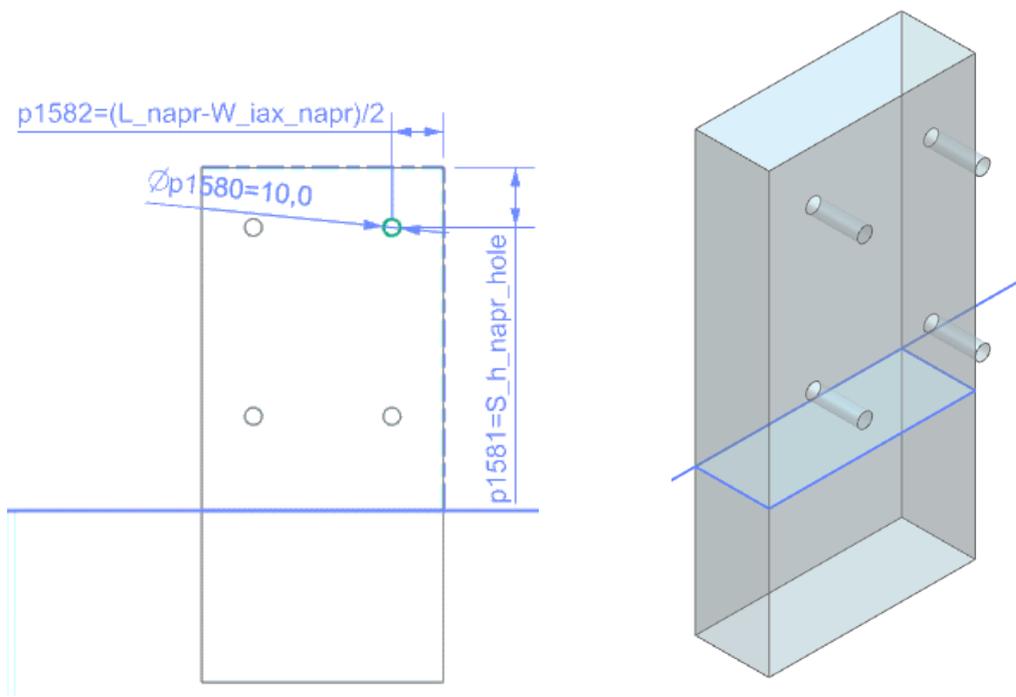
$$COND_{D_{oha_{front}}} = If D_{oha_{front}} \geq S_{oh} D_{oha_{front}} \text{ else}(S_{oh})$$

Условие ширины площадки под направляющий паз ограничителя хода на прижиме

$$COND_{W_{oha_{rear}}} = If W_{oha_{rear}} \geq W_{oh_{gr}} + 30 W_{oha_{rear}} \text{ else}(W_{oh_{gr}} + 30)$$

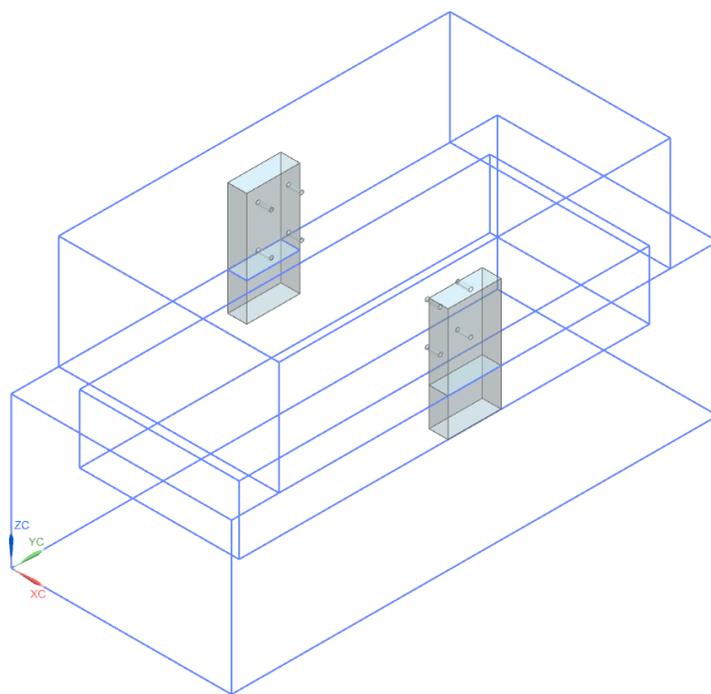
### **Группа элементов направления матрицы**

К данной группе элементов отнесены карманы-площадки крепления призм направляющих прижима с крепежными отверстиями. Эскиз кармана, расположенный на плоскости разъема, выдавлен в два направления по вертикальной оси. Для отверстий реализован линейный массив в двух направлениях. Реализован зеркальный массив карманов с отверстиями относительно плоскости продольной симметрии штампа.



а)

б)



в)

а) эскиз сечения отверстия крепления, б) твердотельная модель направляющего кармана, в) зеркальный массив

Рисунок 2.17 – Построение элементов направления матрицы

Элементам данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$Y_{bn} = L/2$  – положение оси симметрии кармана направляющей относительно поперечной стенки плиты нижней в продольном направлении;

$L_{napr}$  – длина поперечного сечения направляющей;

$W_{napr}$  – ширина поперечного сечения направляющей;

$T_{napr}$  – вылет направляющего кармана по высоте от нижнего края прижима

$H_{napr}$  – длина направляющей призмы;

$S_{napr}$  – вертикальный зазор призмы от нижней поверхности кармана;

$H_{bn_{matr}} = H_{napr} - (h_{pr} - T_{napr}) + S_{napr}$  – высота кармана направляющей со стороны матрицы;

$H_{bn_{plita}} = h_{pr} - T_{napr}$  – высота кармана направляющей со стороны плиты нижней;

Условие вылета направляющего кармана по высоте от нижнего края прижима

$$COND_{T_{napr}} = \text{If } T_{napr} \geq 50 \quad T_{napr} \text{ else}(50)$$

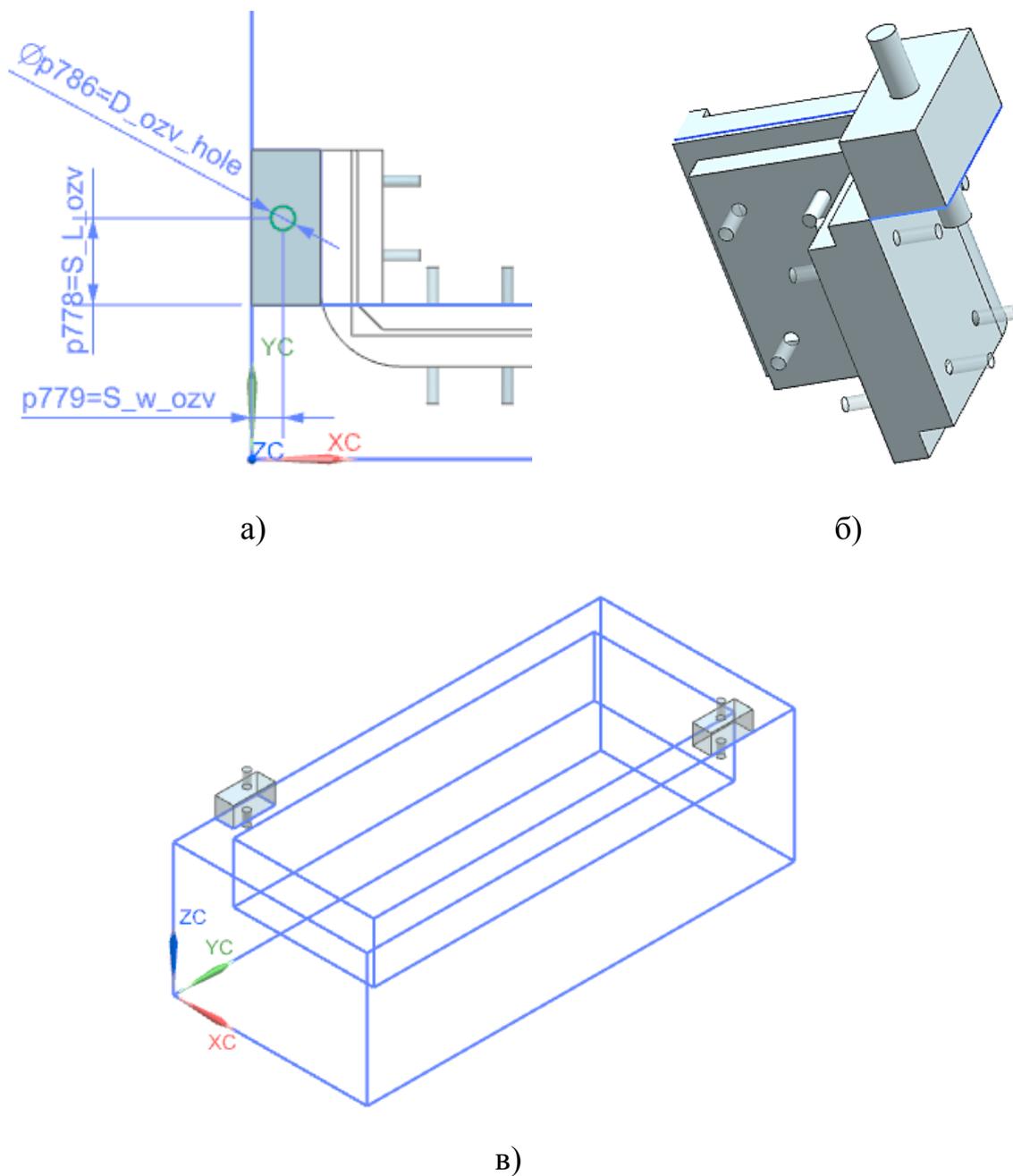
Условие вылета направляющего кармана по высоте от верхнего края матрицы

$$COND_{T_{napr_{verh}}} = \text{If } H_{zakr} - H_r \quad H_{napr} - h_{pr} - T_{napr} + S_{napr} \geq 50 \\ ( H_{zakr} - H_r \quad H_{napr} - h_{pr} - T_{napr} + S_{napr} \text{ else}(50)$$

### **Группа элементов ограничения закрытой высоты штампа**

К данной группе отнесены полости под ограничители закрытой высоты штампа с крепежными отверстиями. Сечение блока полости из пространственных отрезков геометрически привязано к границам блока матрицы и площадки направляющей прижима со стороны плиты нижней.

Реализован массив данных элементов по указанному местоположению (инструмент «Массив элементов – Общие» панели «Исходная») (рис. 2.18).



а – эскиз сечения отверстия под установку ограничителя закрытой высоты; б – твердотельная модель элементов; в – массив элементов

Рисунок 2.18 – Построение элементов ограничения закрытой высоты штампа

Элементам данной группы заданы следующие переменные и логические выражения:

$S_{L_{ozv}}$  - вылет ограничителя от края плиты нижней в направлении её длины;

$S_{W_{ozv}}$  - вылет ограничителя от края плиты нижней в направлении её ширины;

$D_{ozv_{hole}}$  - диаметр установочных отверстий ограничителя закрытой высоты;

$H_{ozv}$  - высота блока полости под ограничитель.

Условие вылета ограничителя от края плиты нижней в направлении её длины

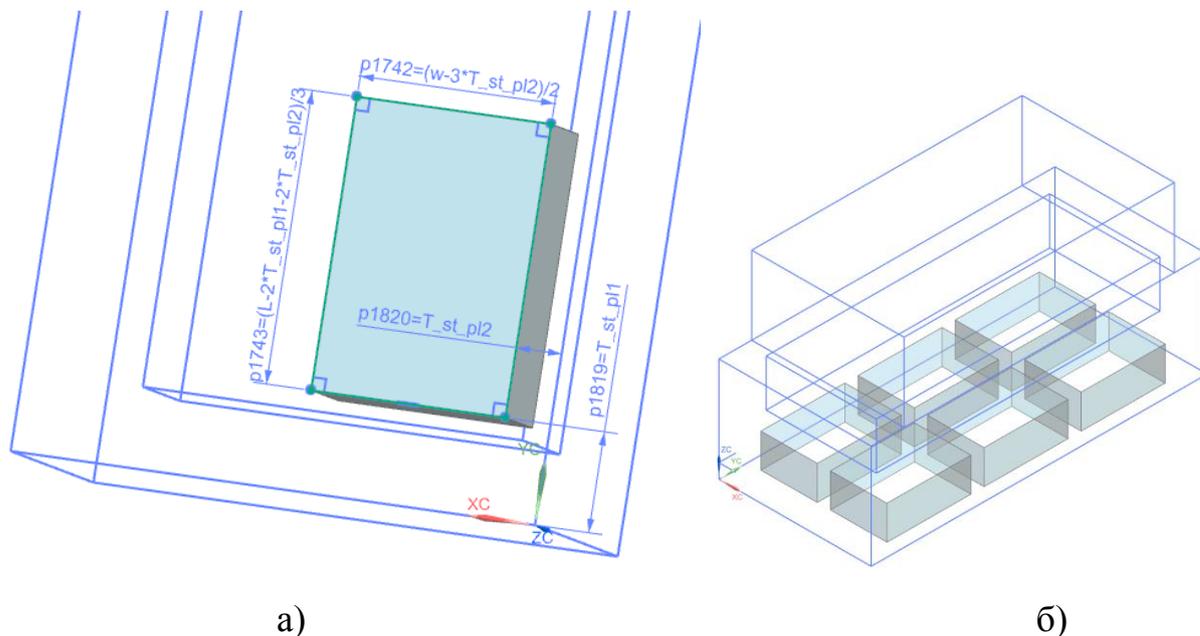
$$COND_{S_{L_{ozv}}} = \text{If } S_{L_{ozv}} + D_{ozv_{hole}} \leq W_{pl_{a1}} - 2 \cdot D_{ozv_{hole}} \quad S_{L_{ozv}} + D_{ozv_{hole}} \\ \text{else}(W_{pl_{a1}} - 2 \cdot D_{ozv_{hole}})$$

Условие вылета ограничителя от края плиты нижней в направлении её ширины

$$COND_{S_{W_{ozv}}} = \text{If } \geq D_{ozv_{hole}} \quad S_{W_{ozv}} \text{ else}(D_{ozv_{hole}})$$

### Группа элементов несущей структуры основания плиты нижней

К данной группе отнесены стенки основания и ребра жесткости плиты нижней, реализованные через выдавленные карманы. Реализован линейный массив данных элементов в продольном и поперечном направлениях.



а – эскиз сечения кармана в основании плиты нижней; б – массив карманов

Рисунок 2.19 – Построение элементов несущей структуры основания плиты нижней

Элементам данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$T_{st_{pl1}}$  - толщина поперечной стенки основания плиты нижней; толщина ребра жесткости;

$T_{st_{pl2}}$  - толщина продольной стенки основания плиты нижней;

$W_{NP_{karm}} = \frac{w-3 \cdot T_{st_{pl2}}}{2}$  – ширина кармана в основании плиты нижней

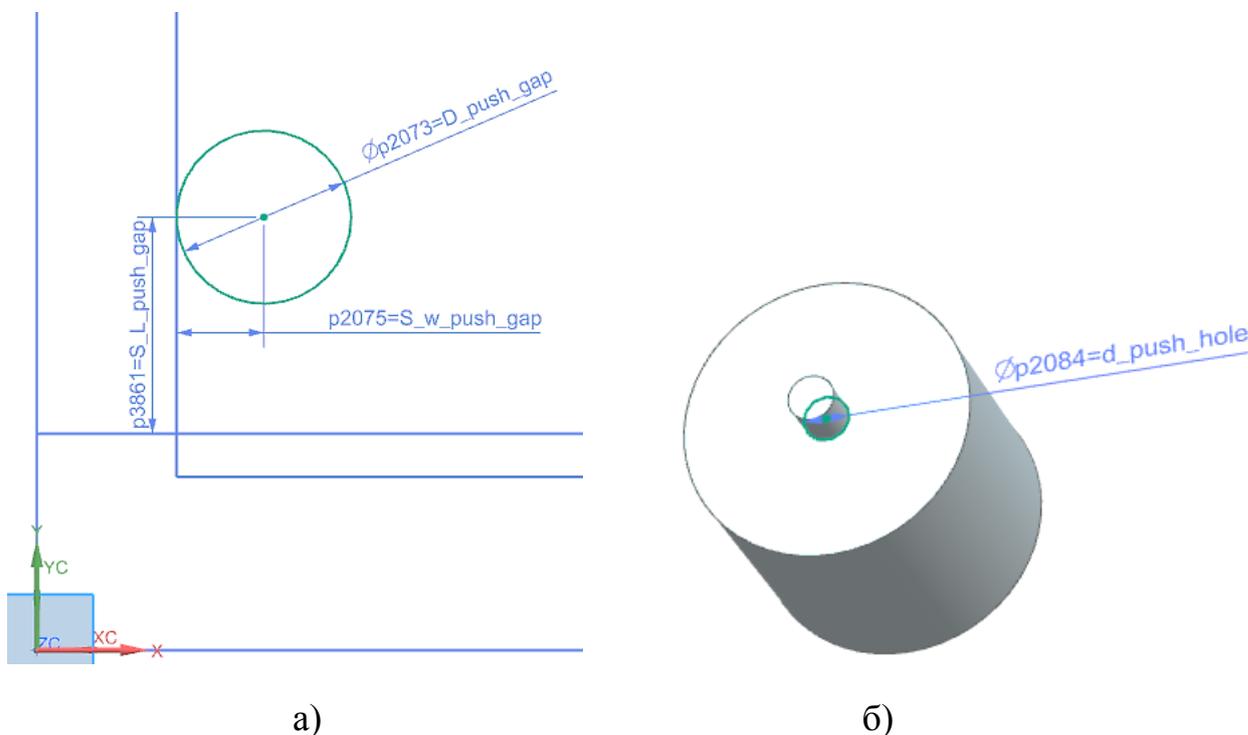
$L_{NP_{karm}} = \frac{L-2 \cdot T_{st_{pl1}}-2 \cdot T_{st_{pl2}}}{3}$  – длина кармана в основании плиты нижней

Условие толщины поперечной стенки основания плиты нижней

$$COND_{T_{st_{pl1}}} = If \ T_{st_{pl1}} \geq L_{kra_{niz}} + 40 \ T_{st_{pl1}} \ else(L_{kra_{niz}} + 40)$$

### Элементы приведения в движение прижима

К данной группе отнесены отверстия под толкатели прижима в теле плиты и крепежные отверстия в теле прижима. Реализован линейный массив данных элементов в продольном и поперечном направлениях.



а – эскиз сечения отверстия под толкатель прижима в теле плиты; б – эскиз крепежного отверстия и твердотельная модель группы элементов;

Рисунок 2.21 – построение элементов приведения в движение прижима

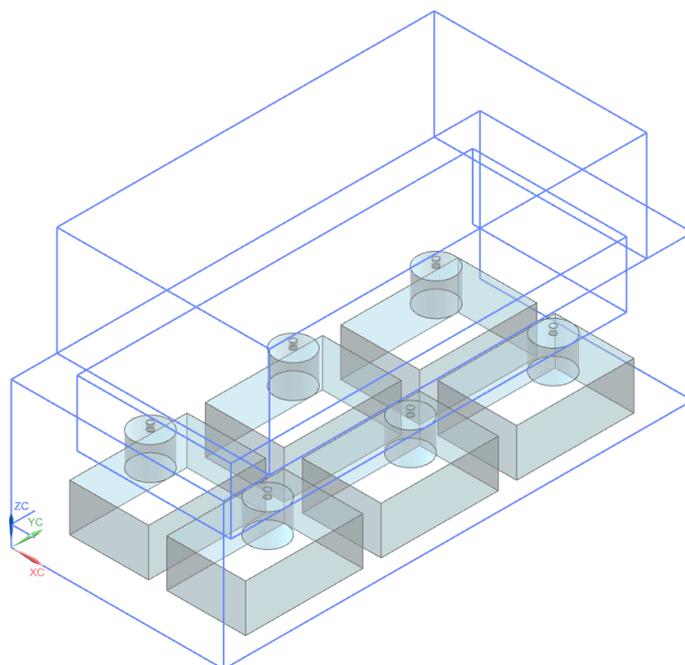


Рисунок 2.21 – массив элементов приведения в движение прижима

Элементом данной группы заданы следующие переменные и алгебраические выражения:

$D_{push_{gap}}$  – диаметр отверстий в плите под толкатели прижима;

$S_{L_{push_{gap}}}$  – вылет оси отверстия от поперечной стенки прижима;

$S_{W_{push_{gap}}}$  – вылет оси отверстия от продольной стенки прижима;

$T_{st_{bot_{pl_{hor}}} + S_{pr_{vert}}$  – высота отверстия под толкатель;

$d_{push_{hole}}$  – диаметр отверстия крепления толкателя в прижиме;

$h_{push_{hole}} = d_{push_{hole}} + 2$  – высота отверстия крепления толкателя в прижиме.

### **Группа элементов направления и фиксации операционной заготовки**

К данной группе отнесены отверстия-карманы под ловители заготовки по наружному контуру в матрице и прижиме. Для позиционной привязки отверстий создана каркасная модель заготовки. Моделирование карманов произведено выдавливанием в два направления по вертикальной оси, относительно плоскости разреза штампа. Реализованы линейный и зеркальный массивы данных элементов.



Элементом данной группы заданы следующие переменные:

$L_{zag}$  – длина заготовки;

$W_{zag}$  – ширина заготовки;

$D_{cat_{h_{out}}}$  – диаметр ловителя;

$S_{w_{cat_{out}}}$  – вылет ловителя по поперечному контуру от длинной стороны заготовки;

$S_{L_{cat_{out}}}$  – вылет ловителя по продольному контуру от короткой стороны заготовки.

### Группа элементов удаления изделия с поверхности прижима

К элементам данной группы отнесены карманы под выталкиватели и отверстия под маркетные толкатели привода выталкивателей. Реализованы зеркальные массивы данных элементов относительно плоскостей продольной и поперечной симметрии штампа.

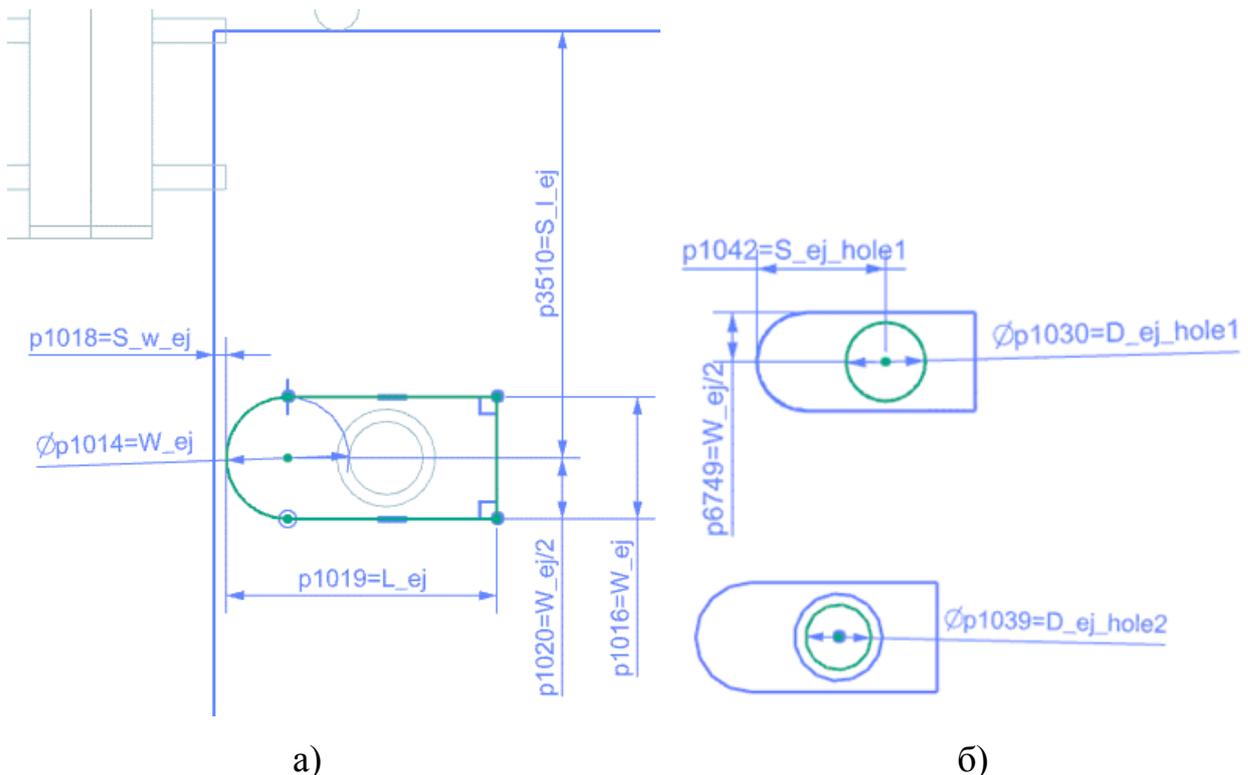
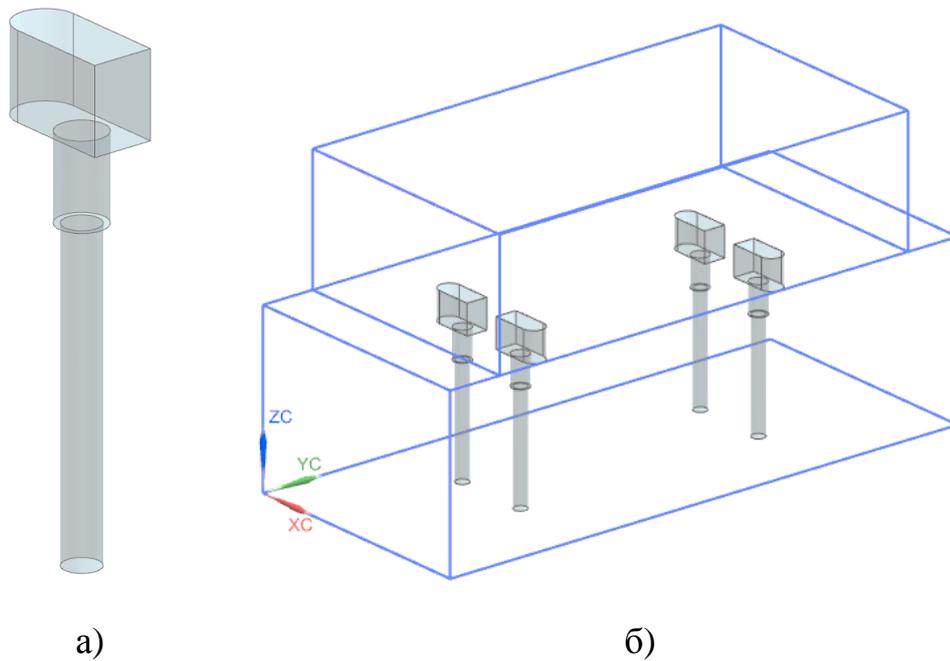


Рисунок 2.23 – построение элементов удаления изделия с поверхности прижима



а – твердотельная модель группы элементов; б – массив элементов  
 Рисунок 2.24 – построение элементов удаления изделия с поверхности прижима

Элементам данной группы заданы следующие переменные:

$W_{ej}$  – ширина выталкивателя;

$S_{lej}$  – вылет оси выталкивателя вдоль длины заготовки;

$S_{wej}$  – вылет выталкивателя вдоль ширины заготовки;

$L_{ej}$  – длина выталкивателя;

$S_{ejhole1}$  – вылет отверстий под маркетный толкатель вдоль сечения выталкивателя;

$D_{ejhole1}$  – диаметр отверстия 1 под маркетный толкатель;

$D_{ejhole2}$  – диаметр отверстия 2 под маркетный толкатель;

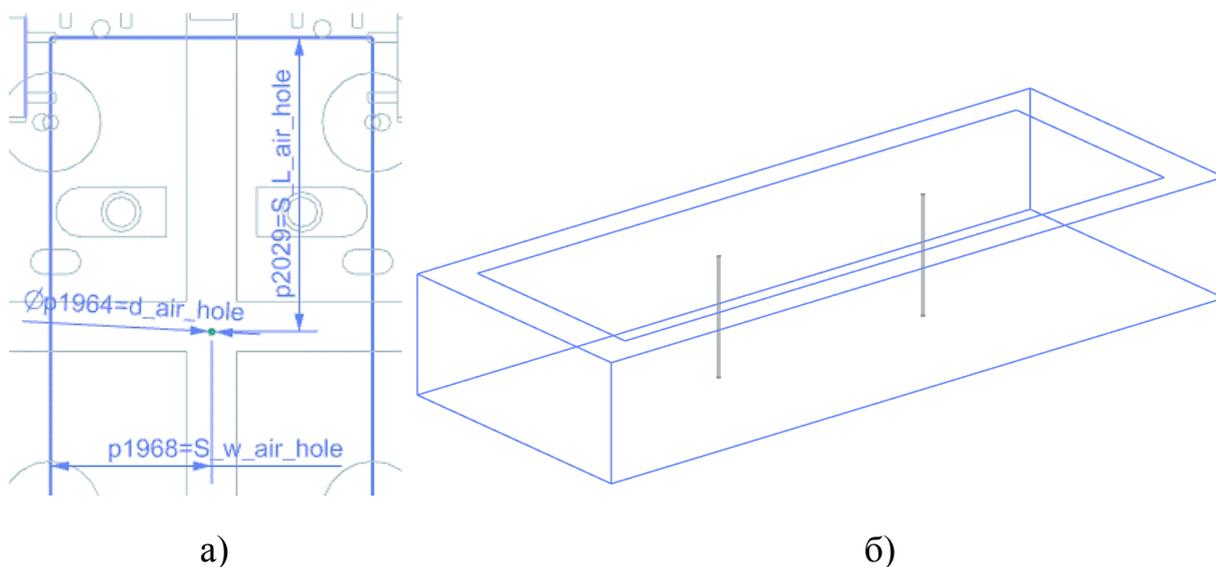
$H_{ej}$  – глубина кармана под выталкиватель;

$H_{ejhole1}$  – глубина отверстия 1 под маркетный толкатель;

$H_{ejhole2} = H_r - H_{ej} - H_{ejhole1}$  – глубина отверстия 2 под маркетный толкатель.

### Группа элементов для выпуска воздуха при штамповке

К элементам данной группы отнесены отверстия в пуансоне для выпуска воздуха при штамповке. Реализован зеркальный массив данных элементов относительно плоскости поперечной симметрии штампа.



а – эскиз сечения отверстия для выпуска воздуха; б – массив отверстий

Рисунок 2.25 – Построение элементов для выпуска воздуха при штамповке

Элементом данной группы заданы следующие переменные:

$d_{air\_hole}$  – диаметр отверстия;

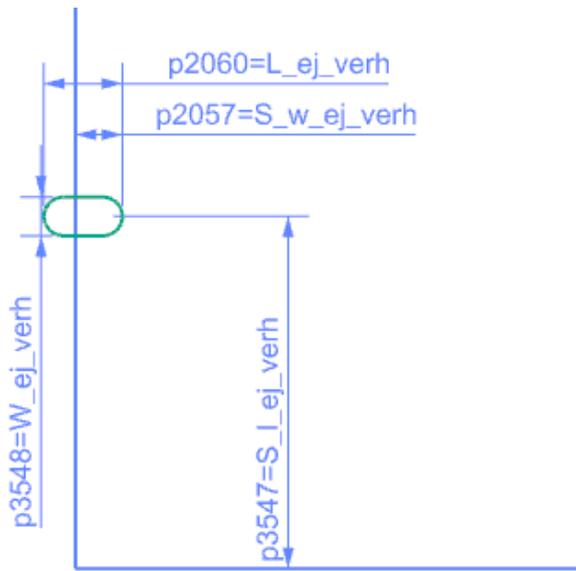
$S_{L_{air\_hole}}$  – вылет отверстия по длине заготовки;

$S_{w_{air\_hole}}$  – вылет отверстия по ширине заготовки;

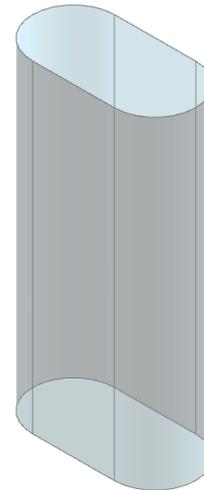
$h_{air\_hole} = h_{pr}$  – глубина отверстия.

### Группа элементов удаления изделия с поверхности матрицы

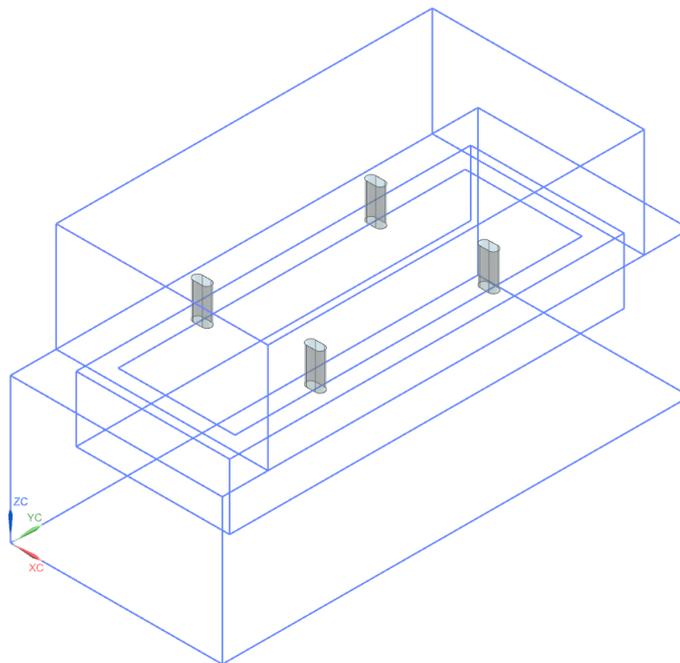
К элементам данной группы отнесены карманы под выталкиватели и отверстия под маркетные толкатели привода выталкивателей. Реализованы зеркальные массивы данных элементов относительно плоскостей продольной и поперечной симметрии штампа.



а)



б)



в)

а – эскиз сечения выталкивателя; б – твердотельная модель выталкивателя;

в – массив выталкивателей

Рисунок 2.26 - элементов удаления изделия с поверхности матрицы

Элементом данной группы заданы следующие переменные и логические выражения:

$W_{ej_{verh}}$  - ширина выталкивателя;

$L_{ej_{verh}}$  - длина выталкивателя;

$S_{w_{ej_{verh}}}$  - вылет выталкивателя вовнутрь от длинного края заготовки;

$S_{l_{ej_{verh}}}$  - вылет выталкивателя от короткого края заготовки;

$H_{ej_{verh}}$  - глубина кармана выталкивателя.

Условие вылета кармана выталкивателя от края заготовки в направлении её длины

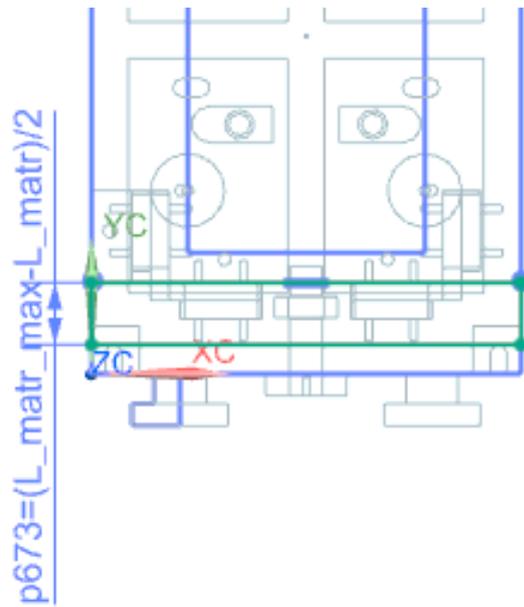
$$COND_{S_{L_{ej_{verh}}}} = \text{If } S_{L_{ej_{verh}}} \geq S_{L_{ej}} + \frac{W_{ej}}{2} + \frac{W_{ej_{verh}}}{2} + 30 \quad S_{L_{ej_{verh}}} \\ \text{else} \left( S_{L_{ej}} + \frac{W_{ej}}{2} + \frac{W_{ej_{verh}}}{2} + 30 \right)$$

Условие глубины кармана выталкивателя

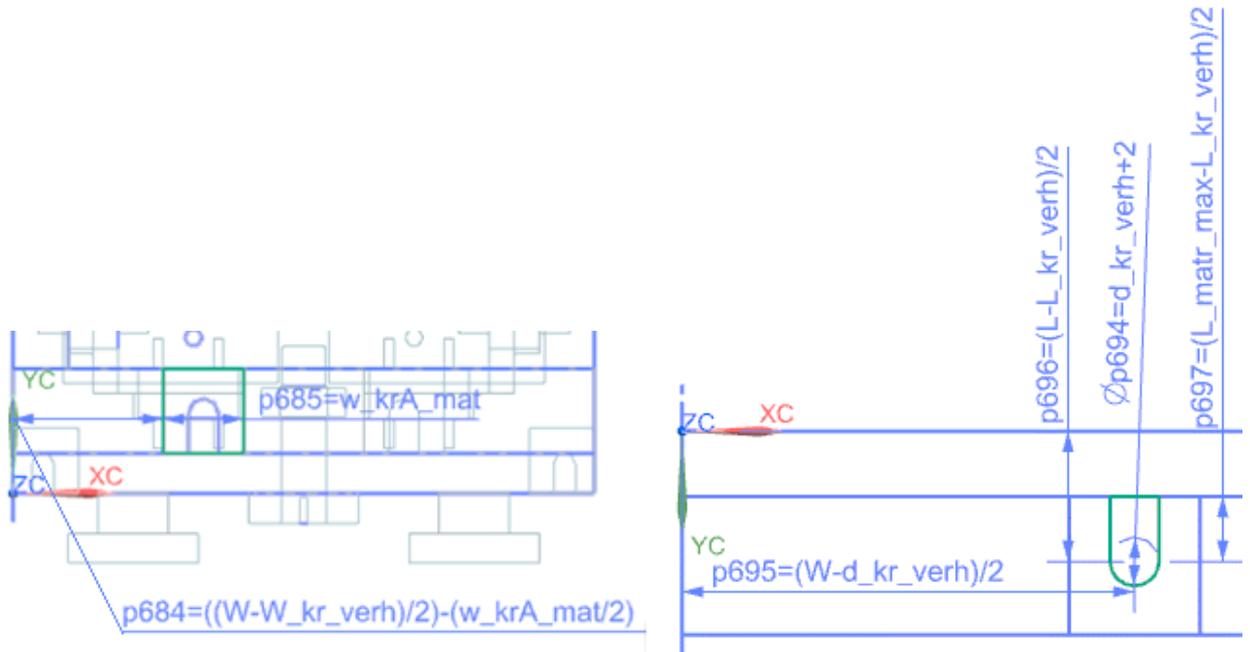
$$COND_{H_{ej_{verh}}} = \text{If } H_{ej_{verh}} \leq T_{st_{matr_{hor}}} - 15 \quad H_{ej_{verh}} \quad \text{else} \left( T_{st_{matr_{hor}}} - 15 \right)$$

### **Группа элементов крепления матрицы**

К данной группе отнесены приливы в верхней части матрицы с выступающими крепежными площадками с выдавленными пазами. Реализован зеркальный массив пазов с площадками относительно плоскости продольной симметрии штампа, а также зеркальный массив группы элементов в целом относительно плоскости поперечной симметрии штампа.



а)

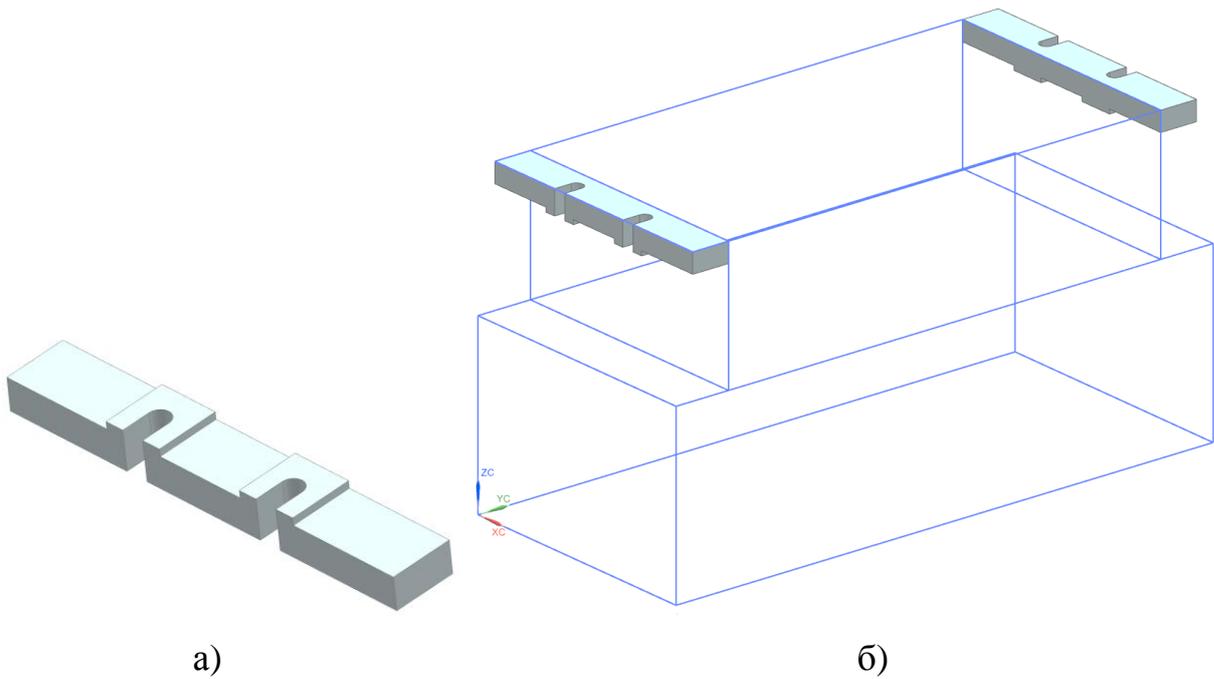


б)

в)

а – эскиз сечения крепежного прилива; б – эскиз сечения площадки под крепежный элемент матрицы; в - эскиз сечения крепежного паза;

Рисунок 2.27 – Построение элементов крепления матрицы



а – твердотельная модель крепежного прилива; б – массив приливов  
 Рисунок 2.28 – Результат построение элементов крепления матрицы

Элементам данной группы заданы следующие переменные, алгебраические и логические выражения:

$L_{kr_{verh}}$  - межосевое расстояние между установочными винтами в направлении длины матрицы;

$W_{kr_{verh}}$  - межосевое расстояние между установочными винтами в направлении ширины матрицы;

$D_{kr_{matr}}$  - диаметр крепежного элемента матрицы;

$D_{kr_{pazmatr}} = D_{kr_{matr}} + 2$  - ширина паза под крепежный элемент;

$L_{matr_{max}}$  - наибольшая длина матрицы (по границам приливов)

$L_{kr_{lapmatr}} = \frac{L_{matr_{max}} - L_{matr}}{2}$  - вылет крепежного прилива в направлении длины матрицы;

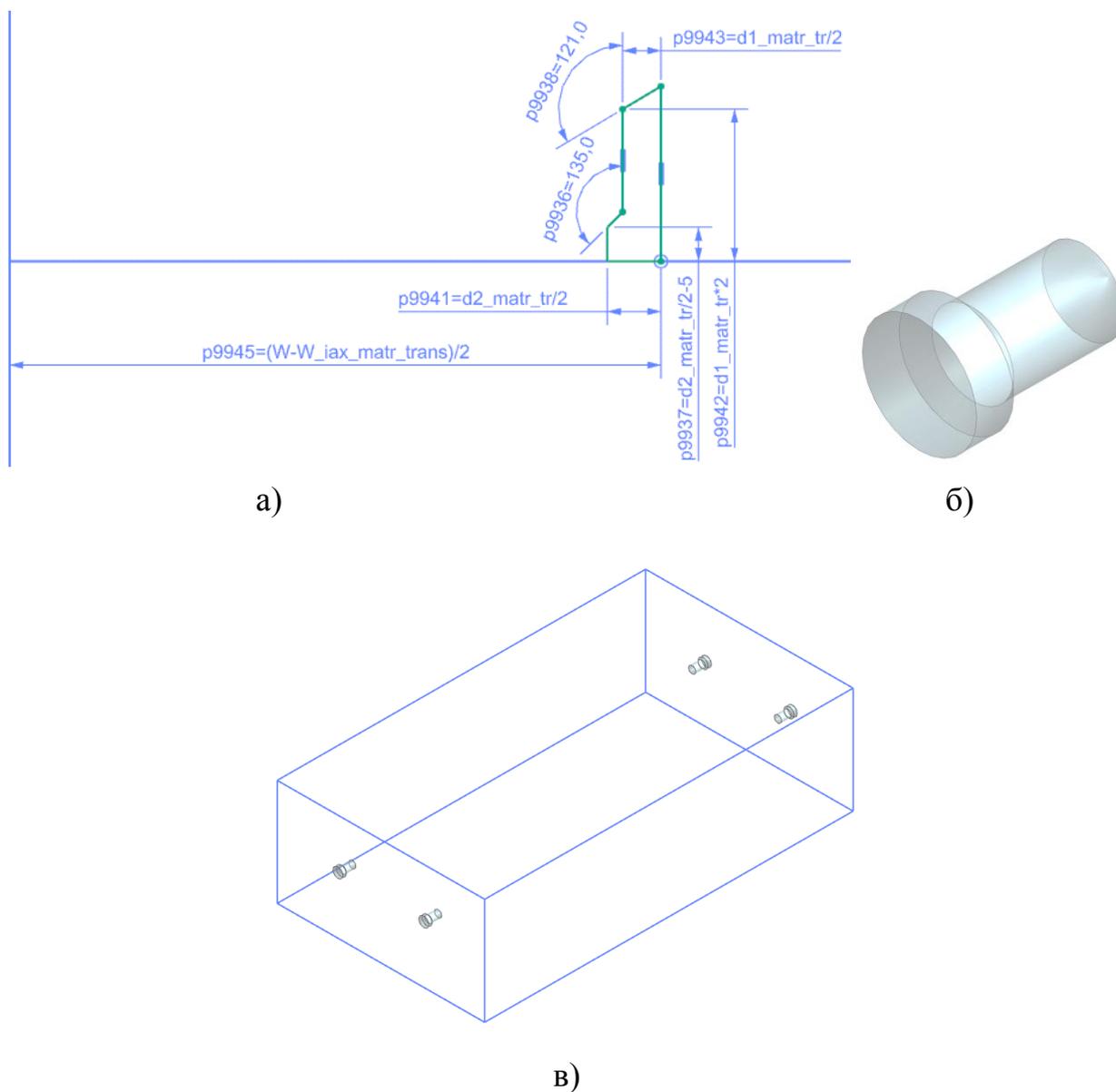
$W_{krA_{matr}}$  - ширина площадки под крепежный элемент матрицы;

Условие ширины площадки под крепежный элемент матрицы

$$COND_{W_{krA_{matr}}} = If \ W_{krA_{matr}} \geq 2,5 \cdot D_{kr_{verh}} \ W_{krA_{matr}} \ else(2,5 \cdot D_{kr_{verh}})$$

## Группа транспортных элементов матрицы

К данной группе отнесены отверстия крепления транспортных винтов на поперечных гранях матрицы. Реализованы зеркальные массивы данных элементов относительно плоскостей продольной и поперечной симметрии штампа.



а – эскиз сечения отверстия крепления транспортного винта; б – твердотельная модель отверстия; в – массив отверстий  
Рисунок 2.29 – Построение транспортных элементов матрицы

Элементам данной группы заданы следующие переменные и алгебраические выражения:

$W_{iax_{matr_{trans}}}$  – межосевое расстояние между отверстиями крепления транспортных винтов;

$d1_{matr_{tr}}$  – диаметр отверстия;

$d2_{matr_{tr}}$  – диаметр цековки;

$l1_{matr_{tr}} = d1_{matr_{tr}} \cdot 2$  – глубина отверстия

$l2_{matr_{tr}} = \frac{d2_{matr_{tr}}}{2} - 5$  - глубина цековки;

$S_{w_{matr_{tr}}} = (W - W_{iax_{matr_{trans}}})/2$  - вылет оси отверстия в направлении ширины матрицы от края ближайшей поперечной стенки матрицы;

$S_{h_{matr_{trans}}}$  – вылет оси отверстия по высоте от верхнего края матрицы.

### Группа элементов несущей структуры матрицы

К данной группе отнесены стенки основания и ребра жесткости матрицы, реализованные через выдавленные полости. Реализован линейный массив данных элементов в продольном и поперечном направлениях.

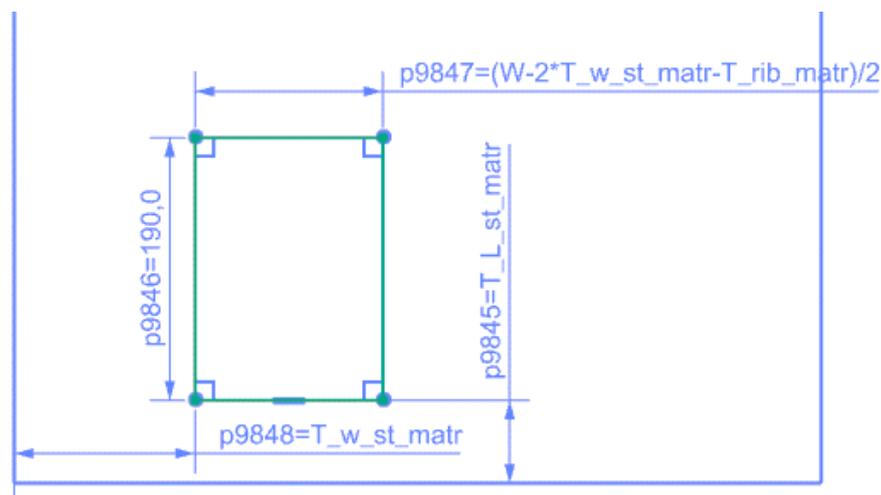


Рисунок 2.30 – эскиз сечения кармана в основании матрицы

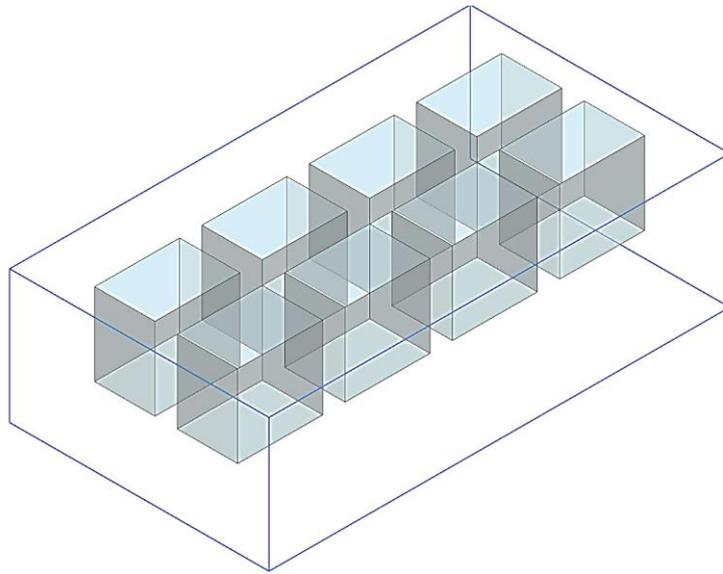


Рисунок 2.31 – массив карманов в основании матрицы

Элементом данной группы заданы следующие переменные, логические и алгебраические выражения:

$T_{Lst_{matr}}$  – толщина поперечной стенки основания матрицы;

$T_{Wst_{matr}}$  – толщина продольной стенки основания матрицы;

$T_{st_{matr_{hor}}}$  – толщина рабочей стенки матрицы;

$T_{rib_{matr}}$  – толщина ребра жесткости основания матрицы;

$L_{karm_{matr}} = \frac{L_{matr} - 2 * T_{Lst_{matr}} - 3 * T_{rib_{matr}}}{4}$  – длина кармана в основании

матрицы;

$W_{karm_{matr}} = \frac{W - 2 * T_{Wst_{matr}} - T_{rib_{matr}}}{2}$  – ширина кармана в основании

матрицы;

$H_{karm_{matr}} = H_{zakr} - H_r - T_{st_{matr_{hor}}}$  – глубина кармана в основании

матрицы;

$S_{W_{karm_{matr}}} = \frac{W - 2 * T_{Wst_{matr}} - T_{rib_{matr}}}{2} + T_{rib_{matr}}$  – шаг массива карманов в

поперечном направлении;

$S_{L_{karm_{matr}}} = T_{rib_{matr}} + \frac{L_{matr} - 2 * T_{Lst_{matr}} - 3 * T_{rib_{matr}}}{4}$  – шаг массива карманов

в продольном направлении;

Условие толщины рабочей поверхности тела матрицы

$$COND_{T_{st\_matr\_hor}} = If \ T_{st\_matr\_hor} \geq 100 \ T_{st\_matr\_hor} \ else(100)$$

Условие толщины продольной стенки тела матрицы

$$COND_{T_{w\_st\_matr}} = If \ T_{w\_st\_matr} \geq W_{napr} + 50 \ T_{w\_st\_matr} \ else(W_{napr} + 50)$$

### Группа конструктивных элементов плиты нижней

К данной группе отнесены конструктивные зазоры между плитой нижней и прижимом, а также блоки-боковины прижима, выступающие за границы основного блока-каркаса прижима-пуансона. в районе направляющих элементов верха штампа.

Эскиз продольного сечения тела горизонтального зазора выполнен с использованием геометрических привязок к элементам направления прижима.

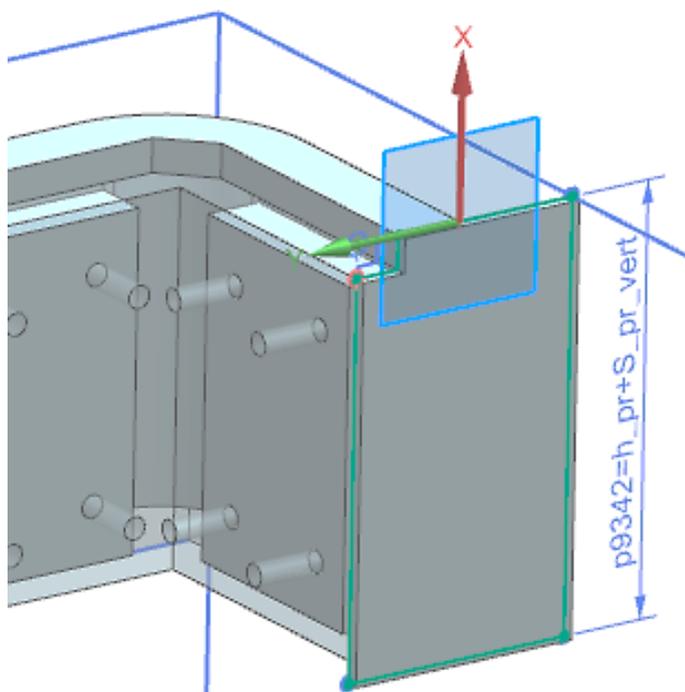
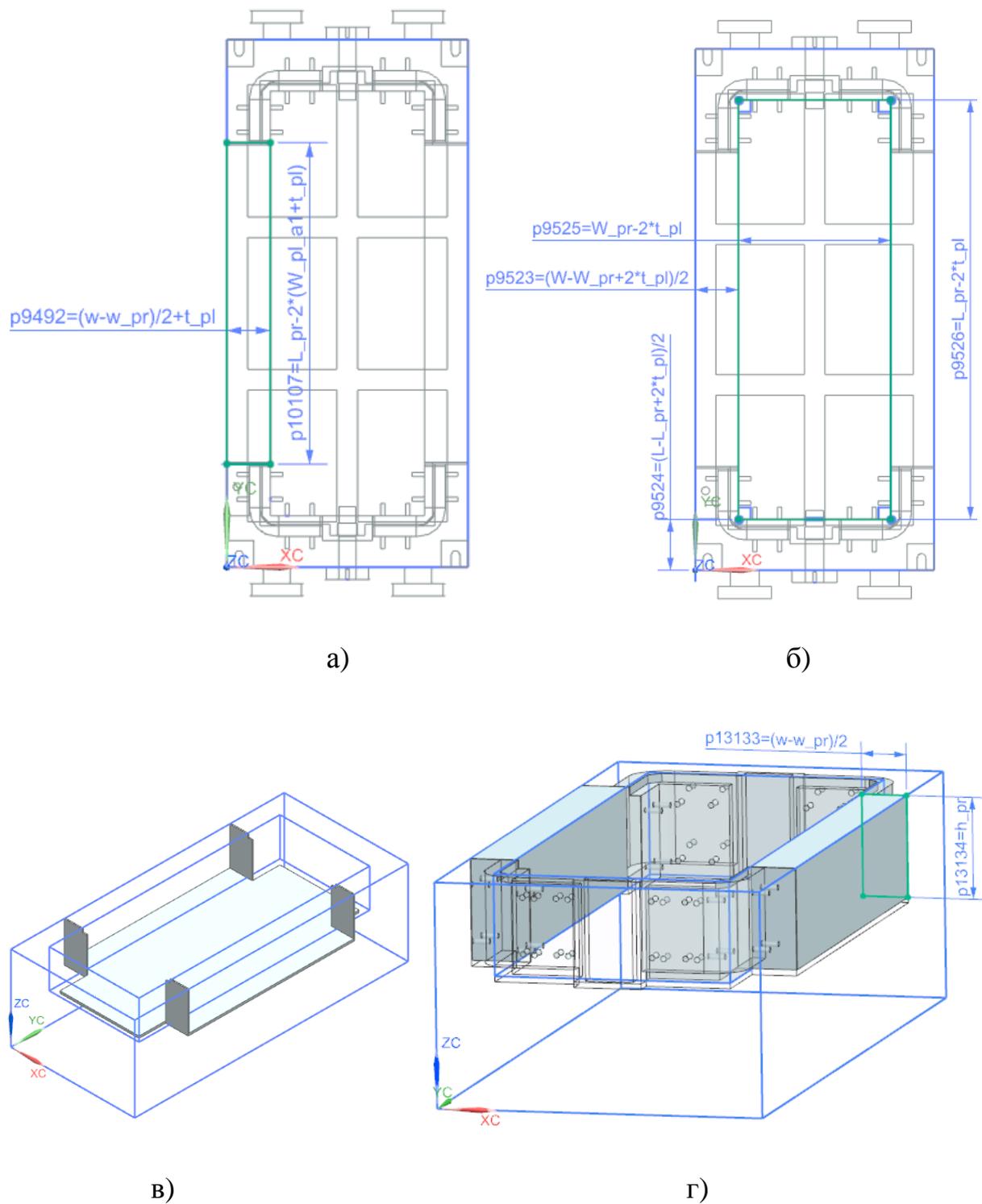


Рисунок 2.32 - эскиз сечения горизонтального зазора



а,б – эскиз сечения вертикального; в – твердотельная модель зазора; г – эскиз сечения, твердотельная модель и массив боковин прижима

Рисунок 2.33 – Построение конструктивных элементов плиты нижней

Элементам данной группы заданы следующие переменные и алгебраические выражения:

$S_{pr_{vert}}$  – вертикальный зазор между плитой нижней и прижимом;

$S_{pr_{L_{plA}}}$  – горизонтальный зазор между торцем площадок направляющих прижима и прижимом;

$L_{Side_{pr}} = L_{pr} - 2 * W_{pl_{a1}} - 2 * t_{pl} - 2 * S_{pr_{L_{plA}}}$  – длина боковины

прижима;

$W_{Side_{pr}} = (W - W_{pr})/2 + t_{pl}$  - ширина боковины прижима.

### 2.3.3 Создание модели полости плиты нижней

Создание поверхностей осуществлено с помощью операции поверхностного моделирования «N-сторонняя поверхность» (группа операций «Поверхность» панели «Исходная») указанием ребер каркасного блока прижима-пуансона и опции «Обрезка по границе» (рис. 2.34). Таким образом созданы все грани блока кроме верхней грани.

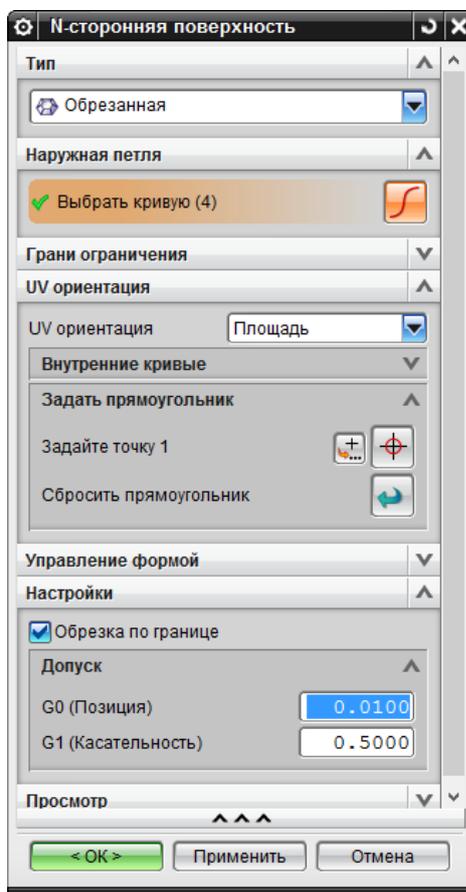


Рисунок 2.34 – диалоговое окно операции «N-сторонняя поверхность»

Произведена сшивка поверхностей в единое листовое тело с помощью операции «Сшивка» (вызывается через Меню – Вставить – Комбинировать – Сшивка). Результат построения показан на рис. 2.35.

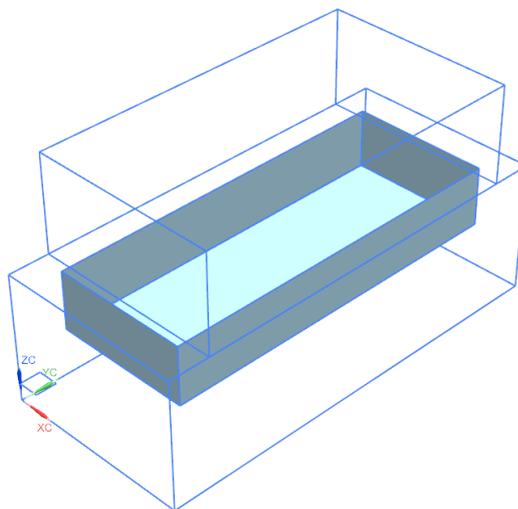


Рисунок 2.35 - поверхности ограничения объема блока-прижима.

Общий вид готовой концептуальной модели показан на рис. 2.36: полупрозрачным цветом показаны элементы-полости, непрозрачным цветом – элементы-выступы.

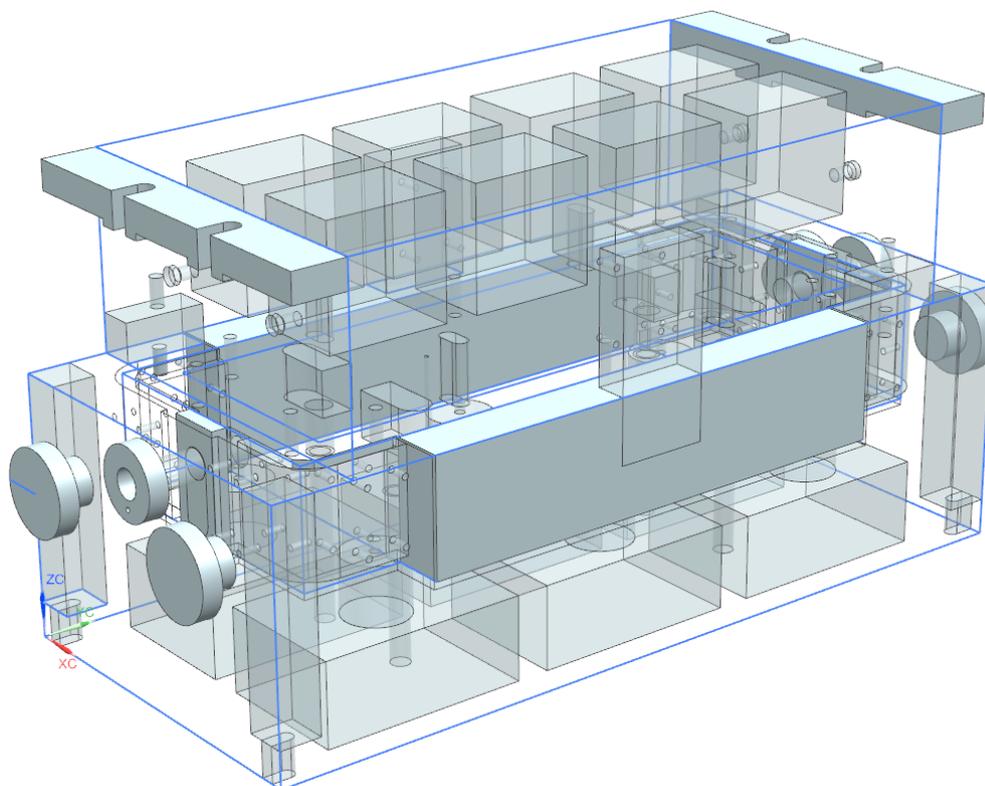
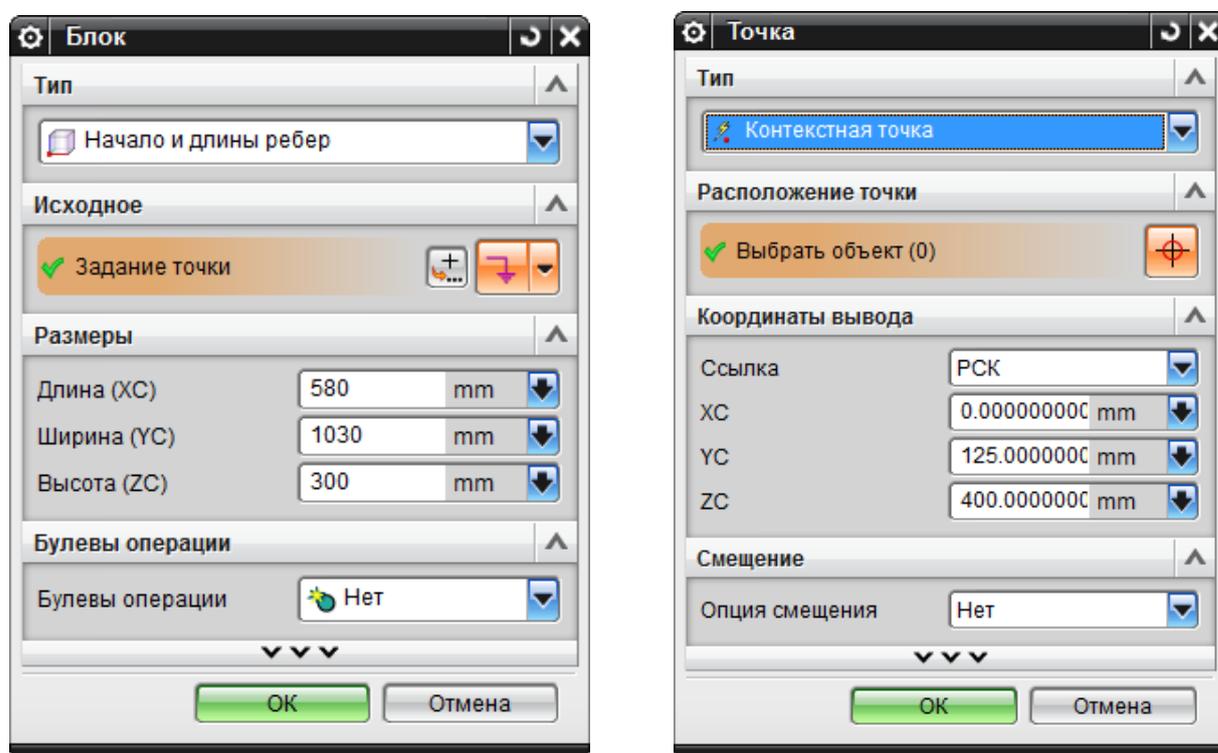


Рисунок 2.36 – Готовая концептуальная модель штампа

## 2.4 Создание блоков-шаблонов базовых деталей

В режиме рабочего компонента сборки, для каждой детали создан блок-шаблон (команда вызвана через Меню – Вставить – Элементы проектирования – Блок). Размерам блока и координатам точки начала координат блока (рис. 2.37) заданы переменные, ссылающиеся на управляющие (переменные аналогичны описанным в разделе «Создание первичной концепции штампа»). Результаты построения блоков показаны на рис. 2.38.

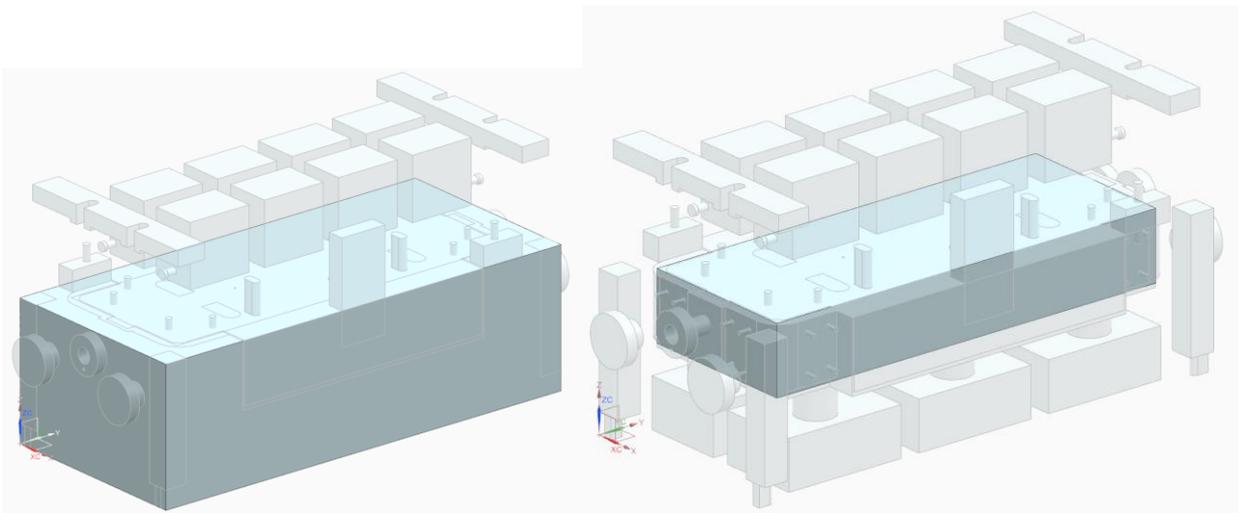


а)

б)

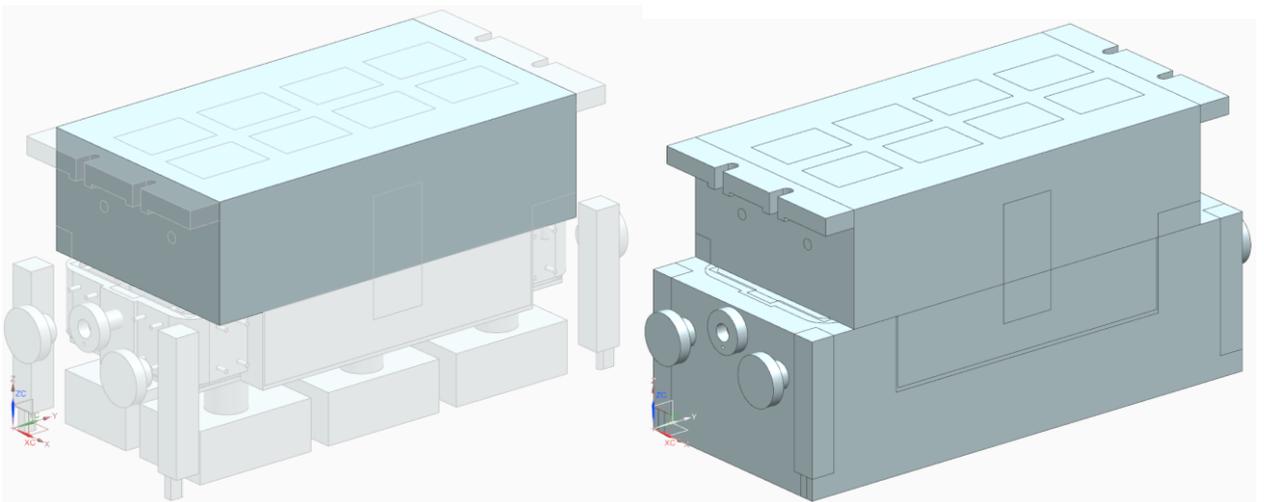
а – задание размеров блока; б – задание точки начала координат блока

Рисунок 2.37 – Диалоговые окна операции «Блок»



а)

б)



в)

г)

а – блок плиты нижней; б – блок прижима-пуансона;

в – блок матрицы; г – модель в сборке с блоками

Рисунок 2.38 – Построение блоков-шаблонов деталей

### **3. Проектирование штампа для многопозиционной штамповки на основе концептуальной модели**

#### **3.1 Методика проектирования штампа для многопозиционной штамповки на основе концептуальной модели**

Проектирование штампа многопозиционной штамповки на основе полученной концептуальной модели включает в себя следующие этапы:

- 1) Сформировать геометрию функциональных элементов штампа, привоив на уровне сборки управляющим переменным параметрической модели штампа необходимые значения в соответствии с исходными данными на проектирование.
- 2) Создать геометрию готовых базовых деталей штампа в контексте сборки
  - внутри активного в контексте сборки файла конкретной базовой детали произвести добавление необходимых для булевых операций наборов функциональных элементов, путем ассоциативного копирования их из файла концептуальной модели;
  - произвести выполнение булевых операций по отношению к блоку-примитиву с помощью добавленных наборов функциональных элементов.

Следует отметить, что такие проектные процедуры, как установка стандартных деталей и проектирование формообразующих поверхностей рабочего инструмента в рамках настоящей работы не рассматриваются.

## 3.2 Создание твердотельных моделей базовых деталей

### 3.2.1 Создание твердотельной модели плиты нижней

При создании модели осуществлена операция обрезки и две булевых операций, для каждой из которых предварительно произведено ассоциативное копирование в компонент детали необходимого набора элементов из компонента концептуальной модели.

Для создания полости под установку прижима в плиту, в режиме рабочего компонента детали произведено копирование листового тела ограничения объема блока-прижима с помощью операции «Редактор геометрических связей WAVE» группы «Общие» панели «Сборки» (рис. 3.1).

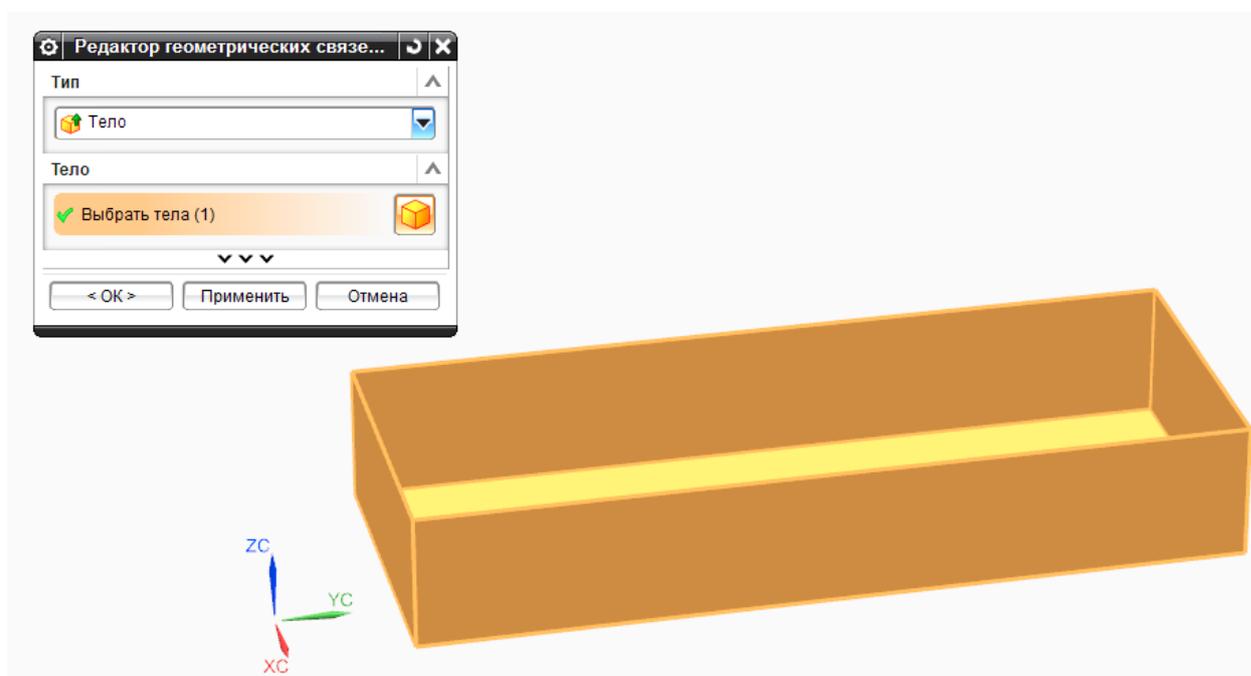


Рисунок 3.1 – ассоциативное копирование элемента «листовое тело» в файл компонента «plate» с помощью операции «Редактор геометрических связей WAVE»

По отношению к блоку применена операция «Обрезка тела» (группа операций «Элемент» панели «Исходная») с использованием в качестве инструмента ассоциативной копии листового тела (рис. 3.2).

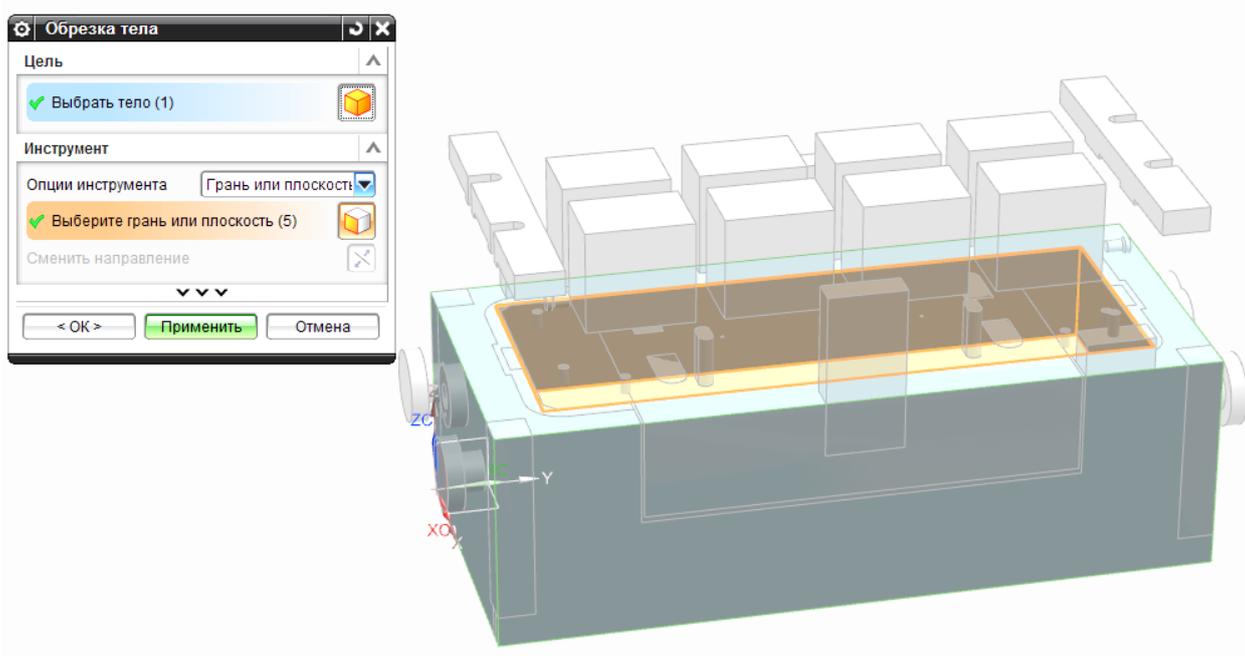


Рисунок 3.2 – операция «Обрезка тела» по отношению к модели плиты нижней

Далее, в файл модели добавлены инструменты вычитания: элементы направляющих прижима, объединенные с зазорами между плитой и площадкой паза ограничителя хода, площадка паза ограничителя хода, отверстия под установку ограничителей хода, отверстия под установку ограничителей закрытой высоты, элементы крепления плиты нижней, элементы удаления изделия с поверхности прижима, элементы приведения в движение прижима, боковины прижима, конструктивные зазоры между плитой нижней и прижимом. Выбор компонентов для копирования осуществлен в режиме каркасного отображения модели (функция «Частичная закрашка» Верхней панели инструментов) (рис. 3.3).

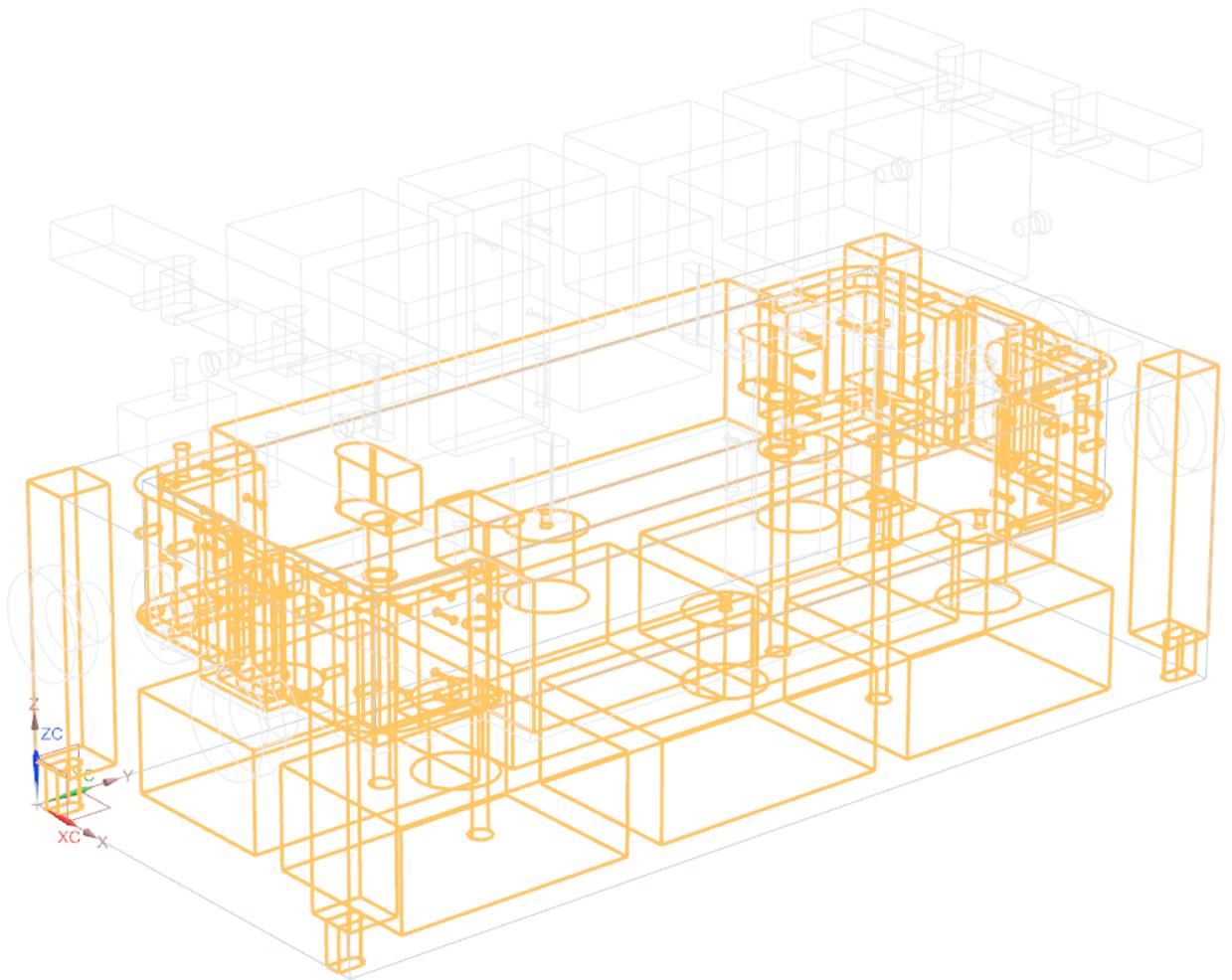
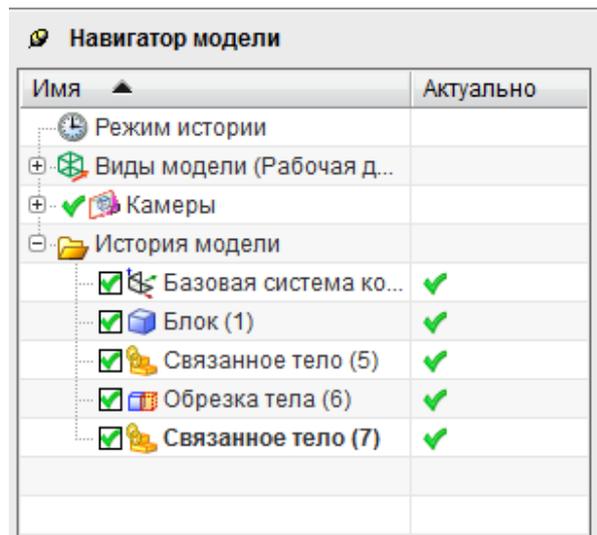
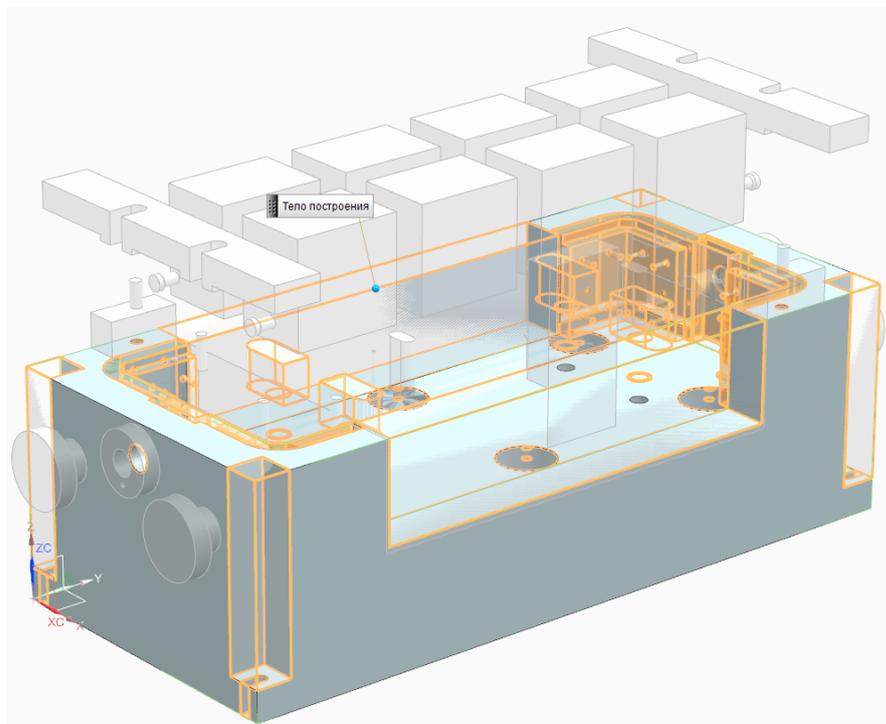


Рисунок 3.3 – ассоциативное копирование элементов в файл компонента «plate» для выполнения операции вычитания

Применена операция вычитания из тела модели скопированного набора элементов. Быстрое выделение набора элементов в качестве инструмента для операции «Вычитание» осуществлено посредством выбором элемента «Связанное тело» в «Истории модели» «Навигатора модели» (рис. 3.4).



а)



б)

а – выбор набора элементов в Навигаторе сборки; б – выполнение операции «Вычитание»

Рисунок 3.4 – Операция «Вычитание» по отношению к модели плиты нижней

Далее, в модель скопированы приливы с отверстиями под ограничители хода и транспортные приливы. Осуществлено объединение данных элементов с телом плиты (рис. 3.5).

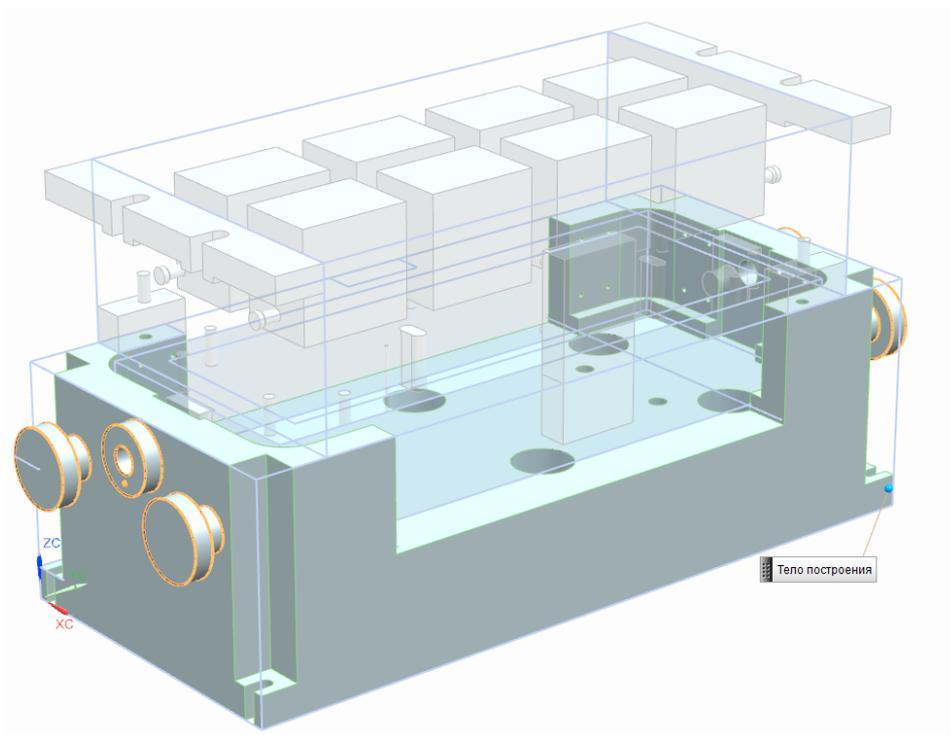


Рисунок 3.5 – операция «Объединение» по отношению к модели плиты нижней

Готовая модель плиты показана на рис. 3.6.

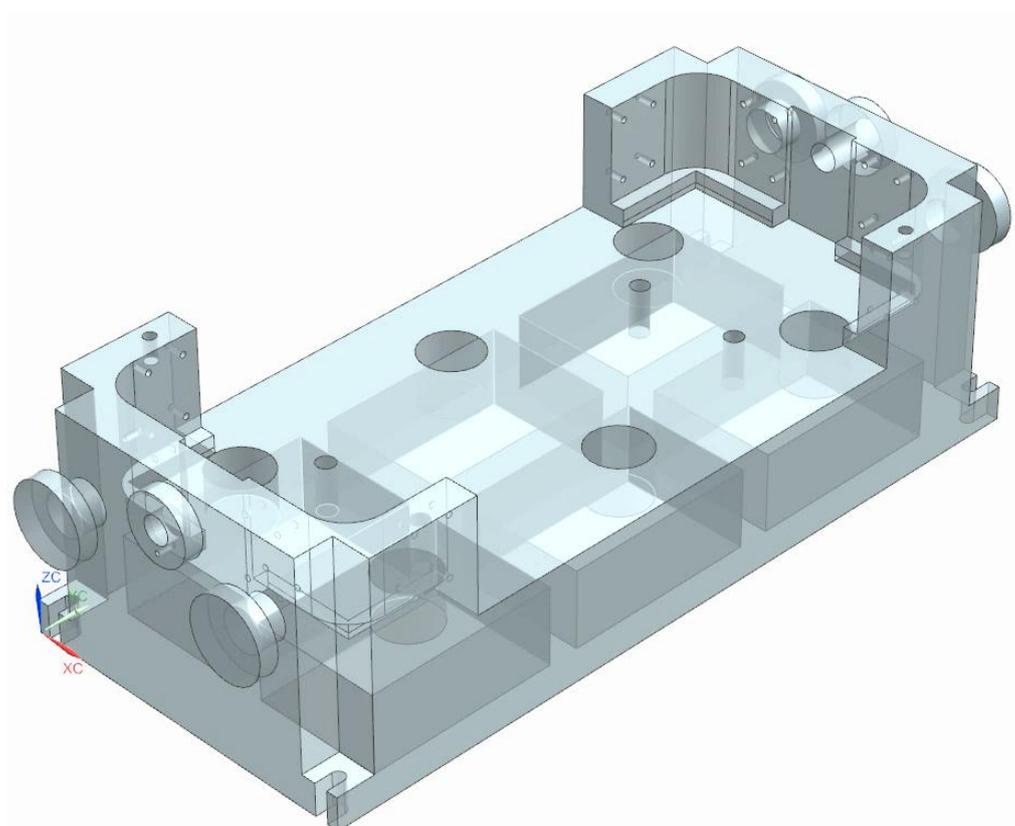


Рисунок 3.6 – готовая модель плиты нижней

### 3.2.2 Создание твердотельной модели прижима-пуансона

Для облегчения построения модели прижима-пуансона, в Навигаторе сборки, посредством снятия флажка, был скрыт компонент сборки «plate».

Для осуществления операции вычитания, в модель произведено ассоциативное копирование следующих элементов: элементы направляющих прижима, объединенные с зазорами между плитой и площадкой паза ограничителя хода, элементы удаления изделия с поверхности прижима, элементы приведения в движение прижима, карманы под ловители по наружному контуру заготовки, отверстия для выпуска воздуха (рис. 3.7).

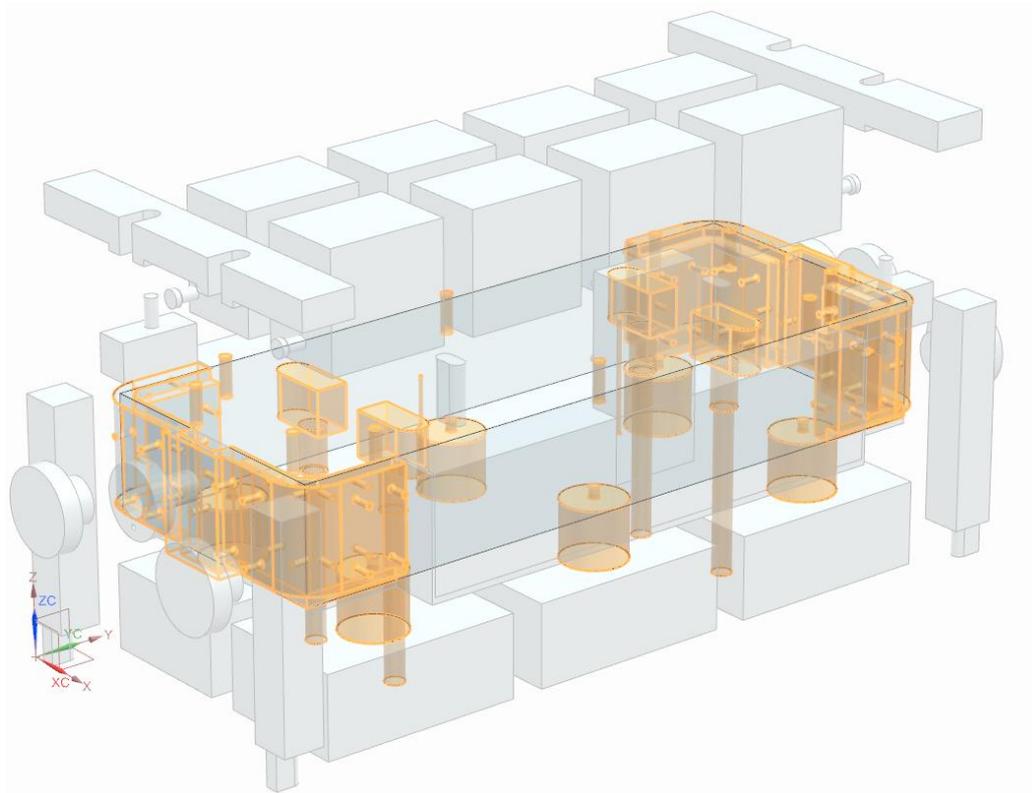


Рисунок 3.7 - ассоциативное копирование элементов в файл компонента «holder\_lower\_die» для выполнения парвой операции вычитания

Произведена операция вычитания из тела блока-шаблона данной копии набора элементов. Результат операции показан на рис. 3.8.

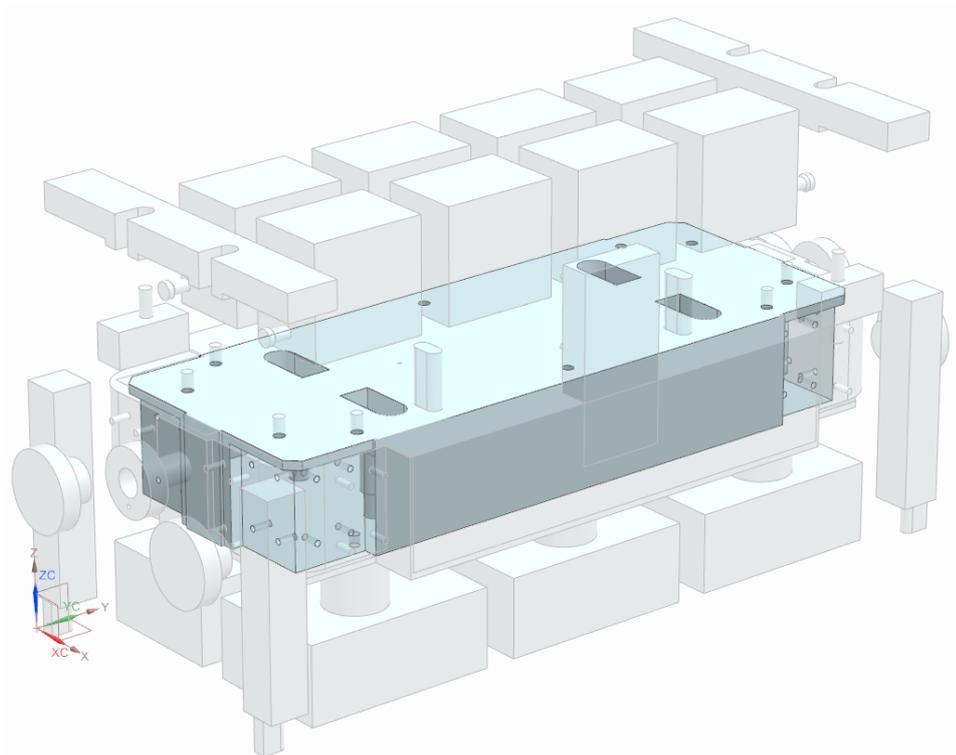


Рисунок 3.8 – Результат первой операции «Вычитание» по отношению к модели прижима-пуансона

Далее, в модель добавлены копии элементов-выступов: боковины прижима и приливы-площадки под направляющий паз ограничителя хода (рис. 3.9). Результат операции «Объединение» показан на рис. 3.10.

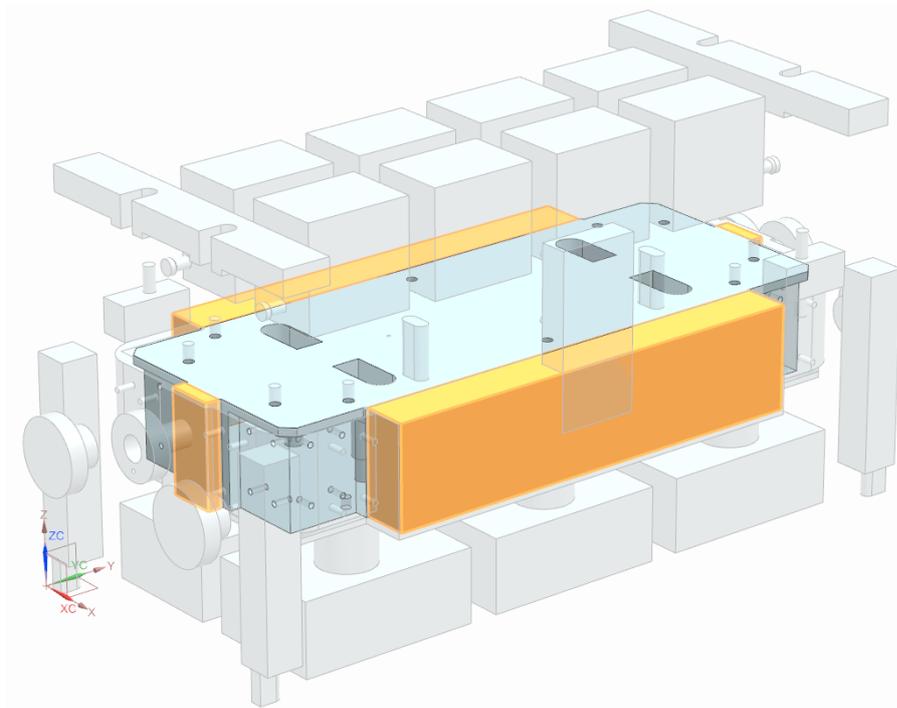


Рисунок 3.9 - ассоциативное копирование элементов в файл компонента «holder\_lower\_die» для выполнения операции вычитания

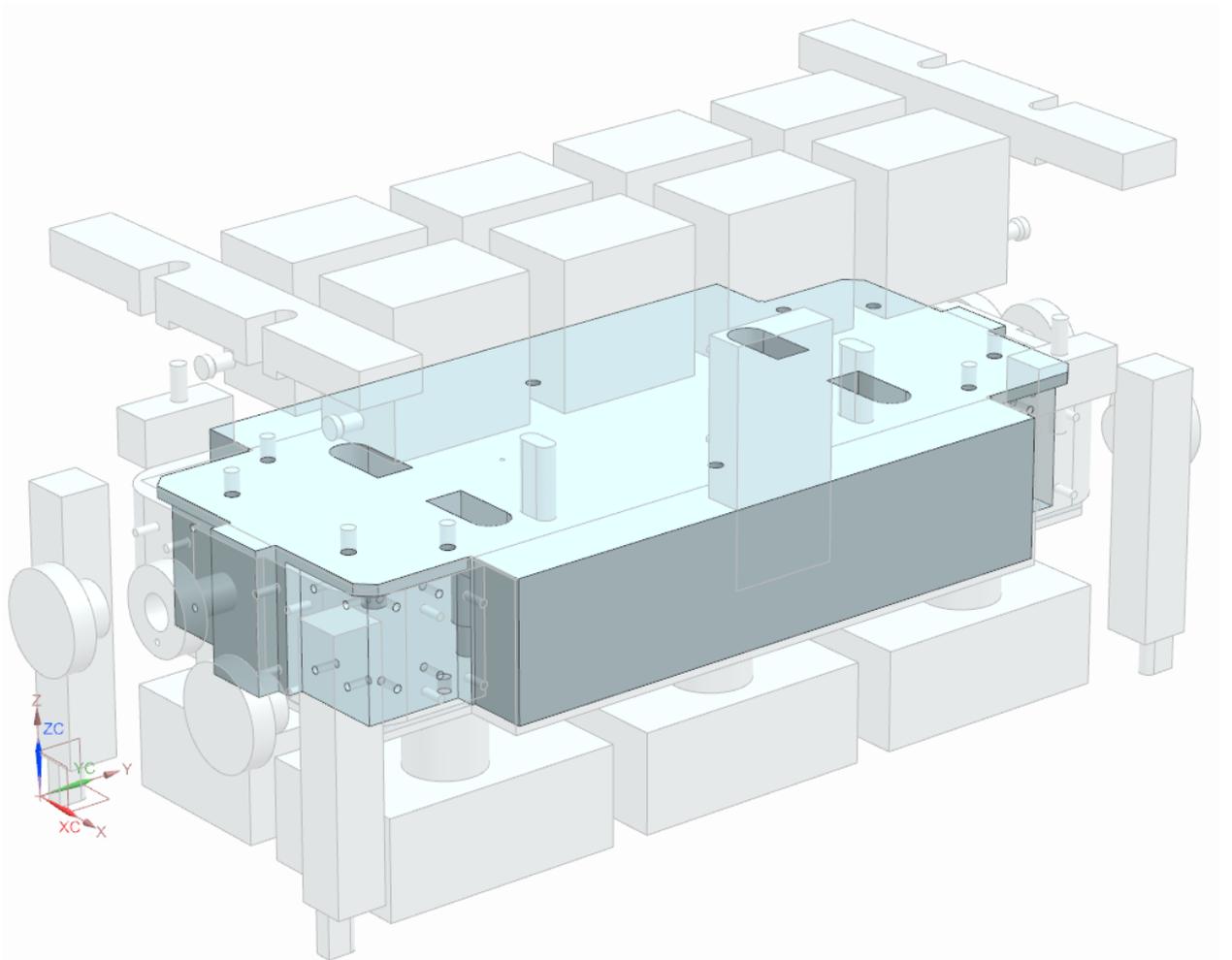


Рисунок 3.10 – Результат операции «Объединение» по отношению к модели прижима-пуансона

Для осуществления заключительной операции вычитания, в модель скопированы следующие элементы: карманы направляющих верха штампа, направляющие пазы ограничителя хода подвижных частей штампа с отверстиями для запирания прижима (рис. 3.11). Результат операции «Объединение» показан на рис. 3.12.

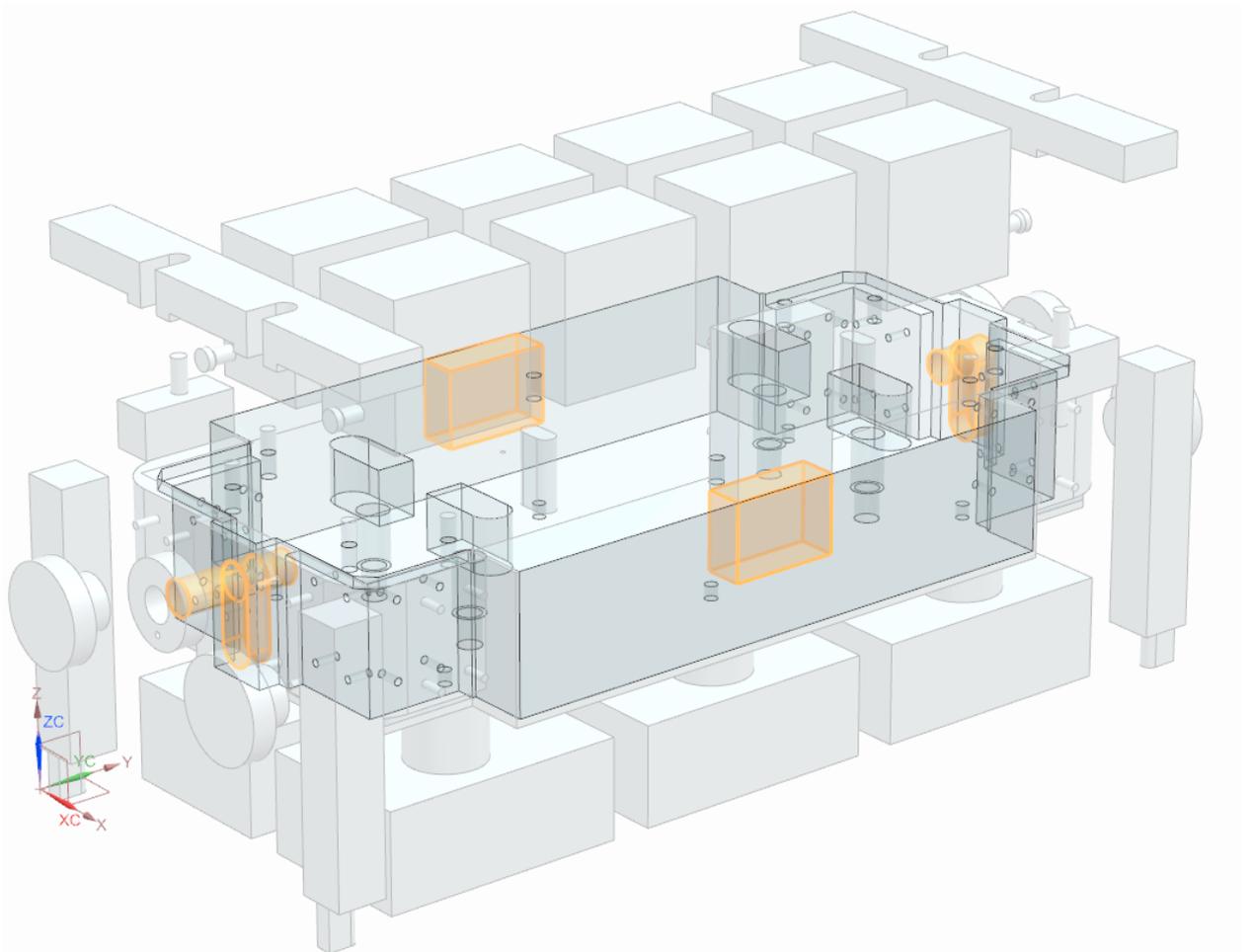


Рисунок 3.11 - ассоциативное копирование элементов в файл компонента «holder\_lower\_die» для выполнения второй операции вычитания

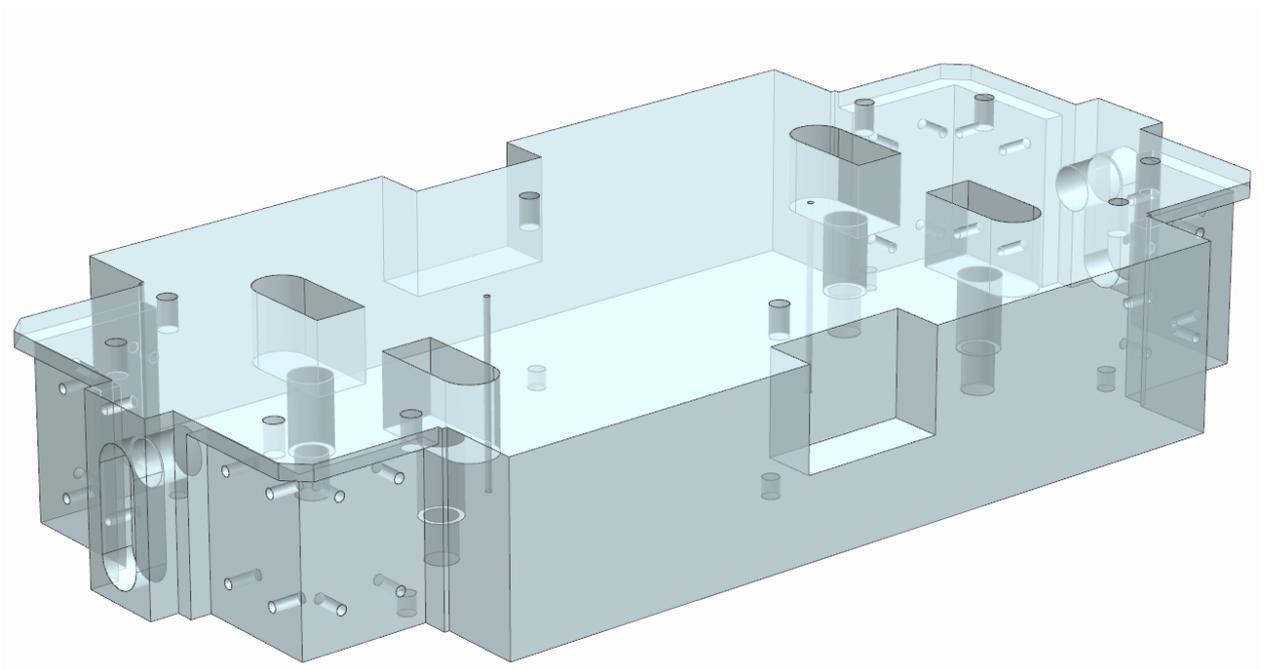


Рисунок 3.12 – готовая модель прижима-пуансона

### 3.2.3 Создание твердотельной модели матрицы

Для осуществления операции вычитания, в модель произведено ассоциативное копирование следующих элементов: карманы в основании матрицы, карманы направляющих матрицы, элементы ограничения закрытой высоты штампа, карманы под выталкиватели с поверхности матрицы, отверстия под винты транспортные и карманы под ловители по наружному контуру (рис. 3.13).

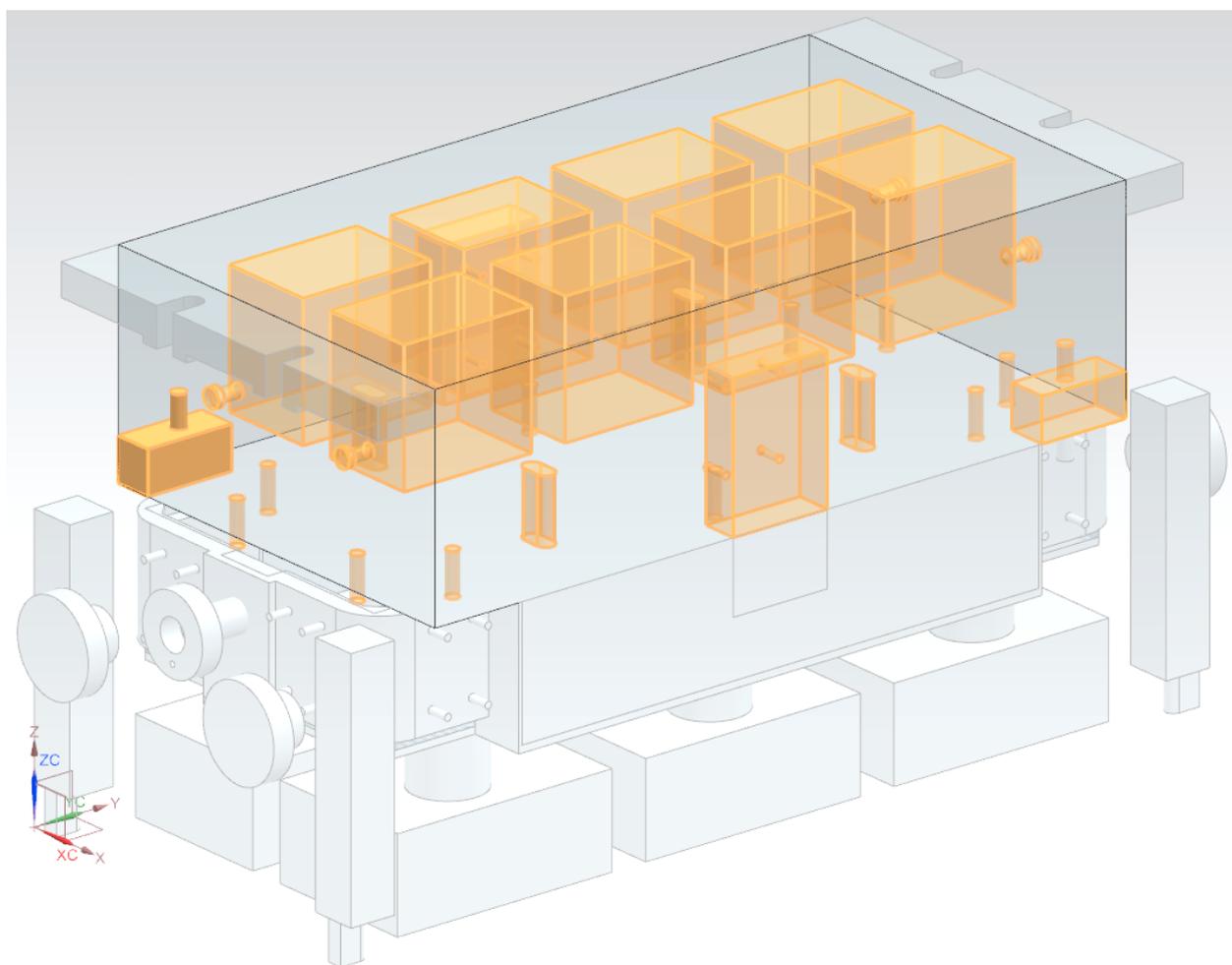


Рисунок xx - Рисунок 3.13 - ассоциативное копирование элементов в файл компонента «upper\_die» для выполнения операции вычитания

Произведена операция «Вычитание» с использованием данного набора элементов в качестве инструментов (рис. 3.14).

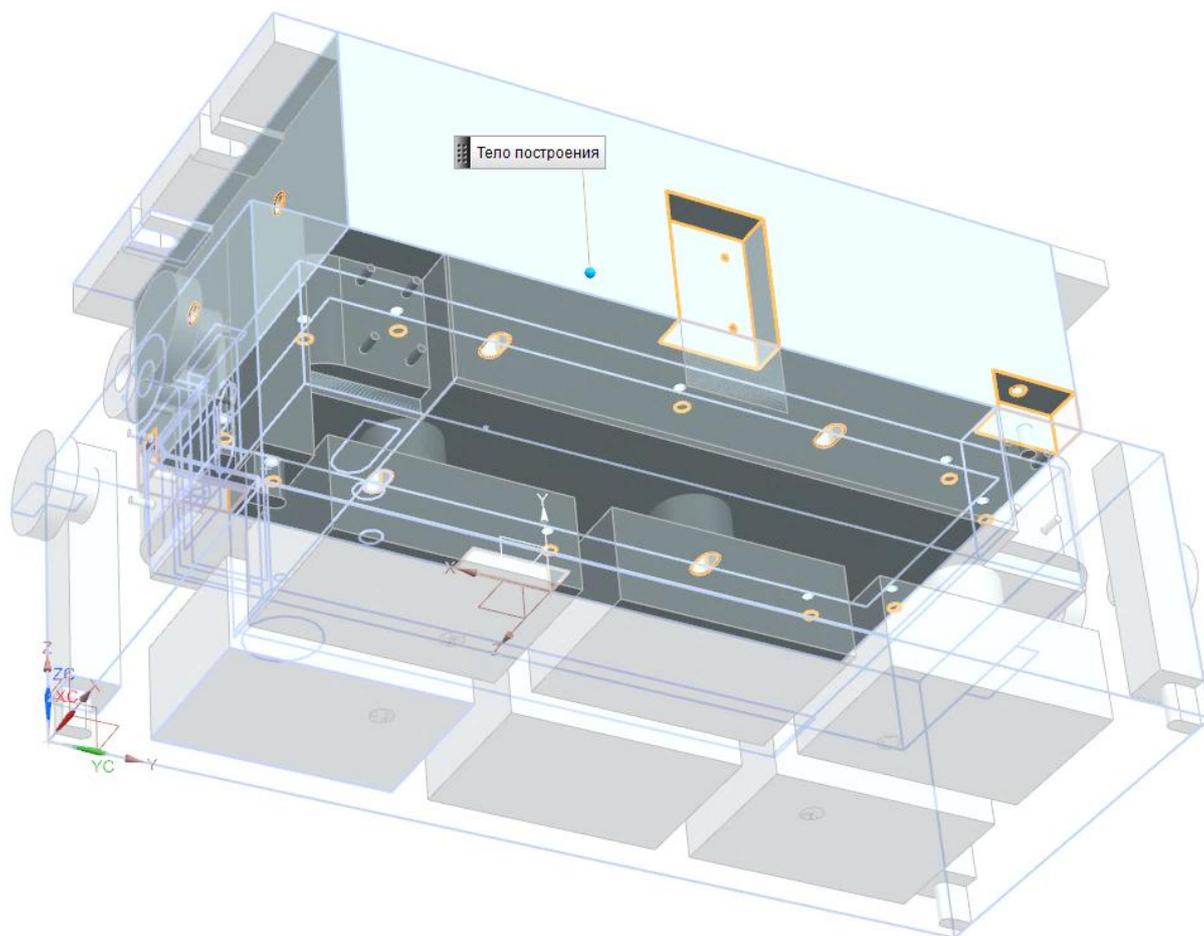


Рисунок 3.14 – Выполнение операции «Вычитание» по отношению к модели матрицы

Для осуществления операции объединения, в модель произведено ассоциативное копирование элементов крепления матрицы (рис. 3.15). Результат произведенной операции «Объединение» показан на рис. 3.16.

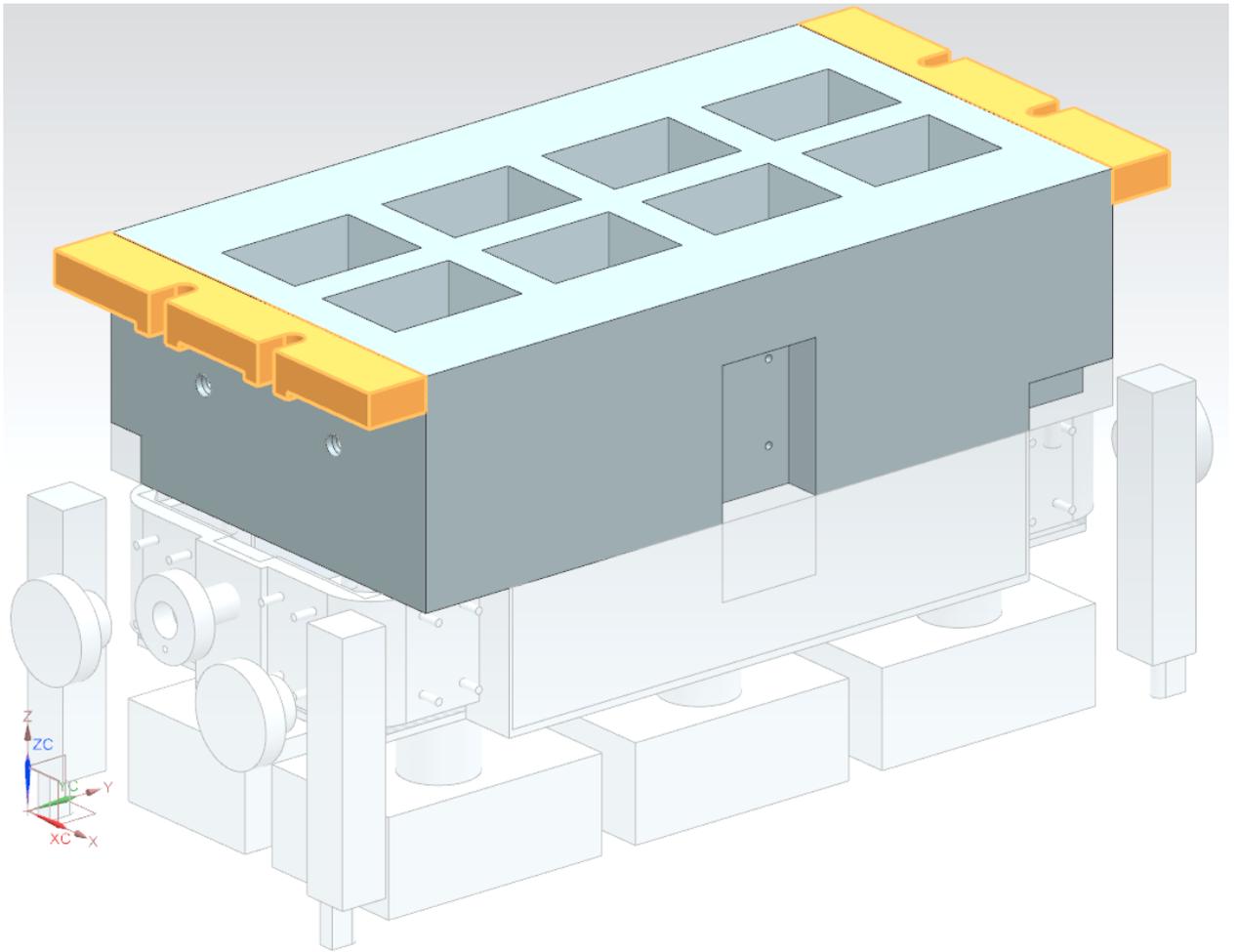


Рисунок xx – Рисунок 3.15 - ассоциативное копирование элементов в файл компонента «upper\_die» для выполнения операции объединения

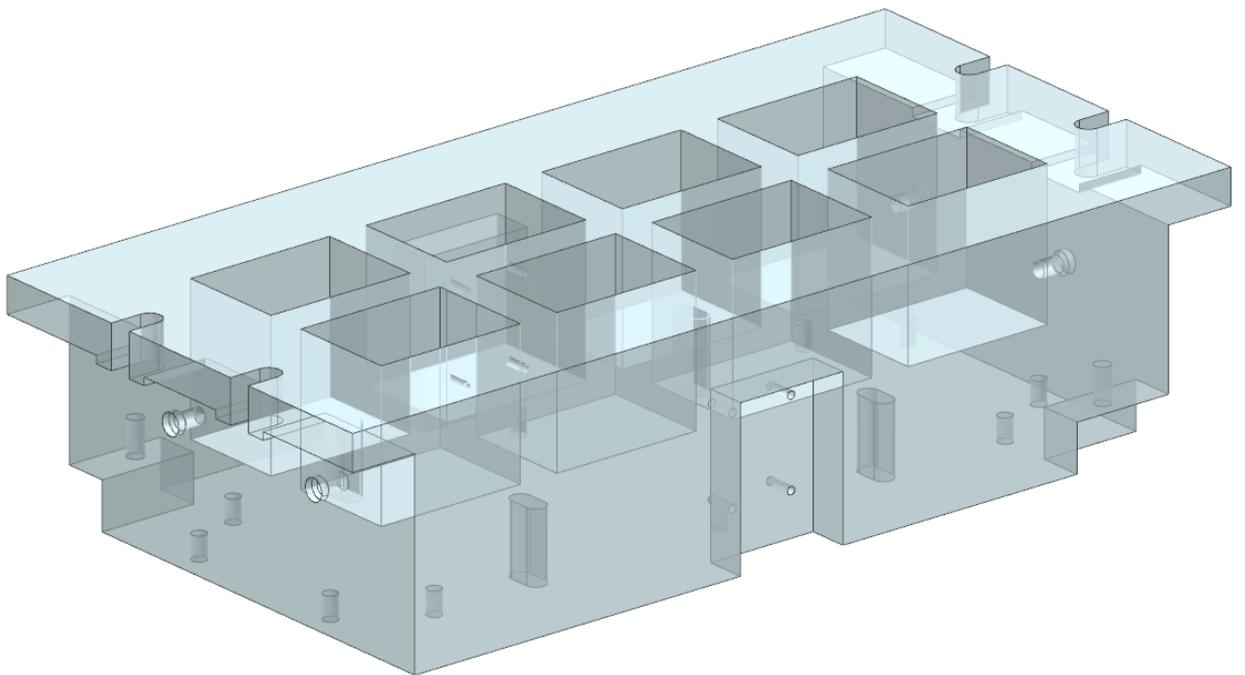


Рисунок 3.16 – готовая модель матрицы

### 3.2.4 Результат моделирования

Для облегчения осуществления последующих проектных работ, из сборки был выгружен компонент «Conceptual» посредством команды «Подавление», вызванной контекстным меню компонента в Навигаторе сборки (рис. 3.17). Данная команда является обратимой – при необходимости компонент можно восстановить в сборке, установив в диалоговом окне операции флажок на опции «Не подавлять».

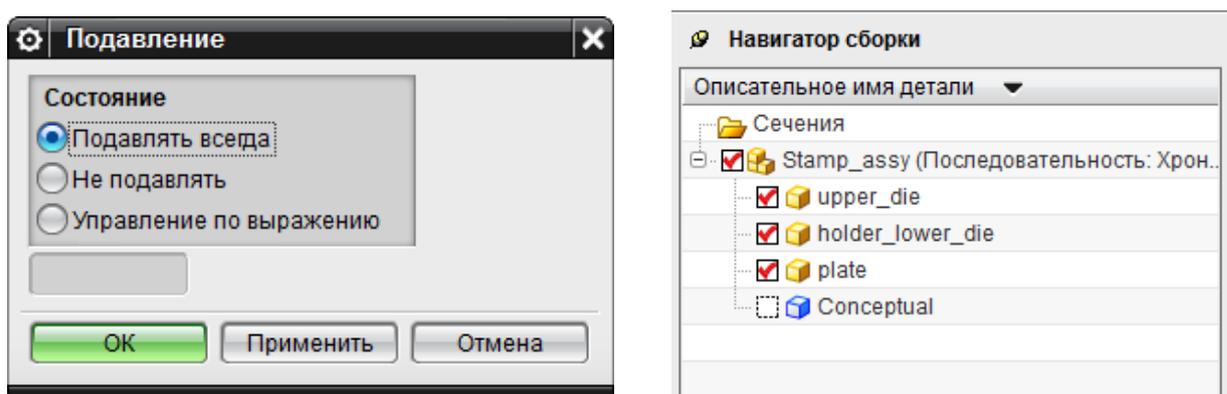


Рисунок 3.17 – Выполнение операции «Подавление» по отношению к компоненту «Conceptual»

Твердотельная модель сборки базовых деталей, спроектированных с использованием предложенной методики представлена на рис. 3.18.

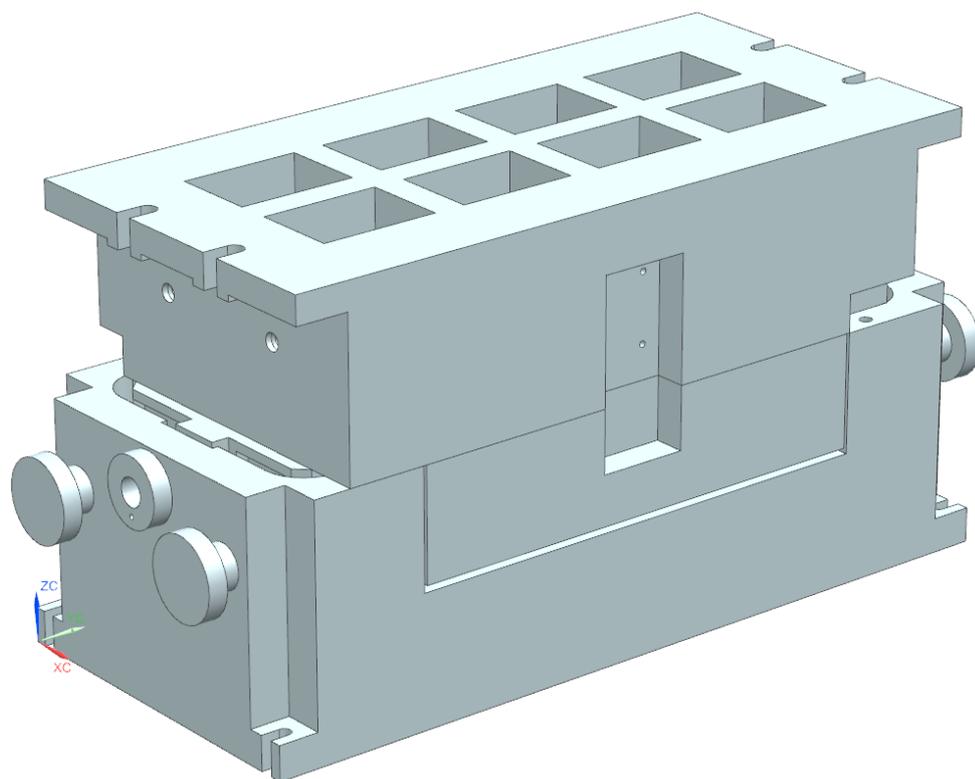


Рисунок 3.18 – Спроектированная твердотельная модель сборки литых деталей штампа для многопозиционной штамповки

## Заключение

1. Предложена методика проектирования штампов для многопозиционной штамповки, заключающаяся в применении параметризованных моделей типовых конструкций штампов при создании моделей базовых литых деталей.
2. Предложена и реализована конструкция параметризованной модели штампа, заключающаяся в том, что она представлена в виде набора отдельных тел-инструментов вычитания и объединения, применяемых при проектировании штампа для выполнения булевых операций по отношению к блокам-шаблонам.
3. Производственный опыт и проведенные исследования в предметной области [2] показывают, что применение в процессе проектирования штампов параметризованных моделей позволяет снизить трудоемкость проектных работ в 2-2,5 раза, из чего следует вывод об эффективности предложенной методики.
4. Предложенная методика проектирования и разработанная параметризованная модель могут быть применены в проектировании штампов многопозиционной штамповки средних деталей автомобильной промышленности для упрощения процедуры создания литых деталей штампов.
5. В рамках современных тенденций развития САПР, возможно дальнейшее усовершенствование процесса проектирования штампов для многопозиционной штамповки, путем создания баз данных на основе параметризованных моделей литых деталей штампов, разработанных по предложенной методике.

## Список использованных источников

1. Аверкиев Ю. А., Аверкиев А. Ю. Технология холодной штамповки: Учебник для вузов по специальностям «Машины и технология обработки металлов давлением» и «Обработка металлов давлением». – М.: Машиностроение, 1989. - 304 с.
2. 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.
3. Быков, В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении [Текст] / В.П. Быков. - Л.: Машиностроение, 1989. - 255 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. Некрасов, С.С. Повышение качества штампуемых изделий [Текст] / С.С. Некрасов, А.Ю. Довгополов // Оборудование и инструмент для профессионалов: Металлообработка. -2014. - № 1. - С. 26-28.
6. Норицын, А.Н. Автоматизация и механизация технологических процессовковки и штамповки [Текст] / А.Н. Норицын. – М.: Машиностроение, 1967. – 388 с.
7. Ольша, А.М. Листовая штамповка на многопозиционных автоматах [Текст] / А.М. Ольша. – М.: Машиностроение, 1980. – 143 с.
8. Орлов, П.Г. Листоштамповочные многопозиционные автоматы [Текст] / П.Г. Орлов. – Алма-Ата: КАЗАХСТАН, 1976. – 144 с.
9. Почекуев, Е.Н. Системное проектирование последовательных разделительных штампов вырубki 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.

10. Скрипачев А.В. Технология изготовления облицовочных деталей автомобиля: Учеб. Пособие для вузов. Тольятти: ТГУ, 2004. 94 с.
11. 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.
12. Разработка классификации систем автоматизированного проектирования листовой штамповки на основе факторного и кластерного анализа / Е. Н. Почекуев, П. А. Путеев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. - 2015. - № 2 (32-2). - С. 155-160
13. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке [Текст] / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979. – 568 с.
14. Рудман, Л.И. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка [Текст] / Л.И. Рудман. - М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
15. Самаркин А. И., Дмитриев С. И., Евгеньева Е. А. Особенности автоматизированного проектирования штампов // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Экономические и технические науки. 2013. № 3. С. 45 — 49.
16. Сергеев Р.Ф., Крещенко И.Н., Готлиб Б.М. Применение эволюционных методов в проектировании штампов. Вычислительная техника и новые информационные технологии. Межвузовский научный сборник. Выпуск 7. - Уфа, 2011. С. 58 — 62.
17. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов – под общ. Ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. 285 с.
18. Сквозное проектирование в машиностроении. Основы теории и практикум: учебное пособие / П.Ю. Бунаков, Э.В. Широких. — Москва: ДМК Пресс, 2010. — 120 с.: ил.
19. Смолин, Е.Л. Основы конструирования штамповой оснастки: учебное пособие [Текст] / Е.Л. Смолин. - Тольятти: ТГУ, 2007. – 72 с.

20. Справочник конструктора штампов для холодной штамповки / В.М. Аникин, Ю.С. Лукашин. - М. : Машгиз, 1960. - 295 с.
21. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. Ред. Л. И. Рудмана. — М.: Машиностроение, 1988. - 496 с.
22. Челищев Б. Е., Боброва И. В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении. М.: Машиностроение, 1987. 263 с.
23. Ismail HS, Chen ST, Hon KKB (1996) Feature-based design of progressive press tools. *Int J Mach Tools Manuf* 36:367–378 doi:10.1016/0890-6955(95)00047-X
24. Lin BT, Kuo CC (2008) Application of an integrated CAD/CAE/CAM system for stamping dies for automobiles. *Int J Adv Manuf Technol* 35:1000–1013 doi:10.1007/s00170-006-0785-y
25. Lin, BT., Chang, MR., Huang, HL. et al., «Computer-aided structural design of drawing dies for stamping processes based on functional features», *Int J Adv Manuf Technol* (2009) 42: 1140. doi:10.1007/s00170-008-1670-7
26. Pratt MJ, Wilson PR (1987) Conceptual design of a feature-oriented solid modeler. Draft Document 3B, General Electric Corporate R&D
27. Ranta M, Mantyla M, Umeda Y, Tomiyama T (1995) Integration of functional and feature-based product modelling. *Comput Aided Des* 28:371–381 doi:10.1016/0010-4485(95)00056-9
28. Shah JJ, Mantyla M (1995) Parametric and feature-based CAD/CAM: concepts, techniques, and applications. Wiley, New York
29. Wang Y, Nnaji BO (2005) Geometry-based semantic ID for persistent and interoperable reference in feature-based parametric modeling. *Comput Aided Des* 37:1081–1093 doi:10.1016/j.cad. 2004.11.009
30. Zha XF, Du HJ, Qiu JH (2001) Knowledge-based approach and system for assembly oriented design, Part I: the approach. *Eng Appl Artif Intell* 14:61–75 doi:10.1016/S0952-1976(00)00060-9

31. Zha XF, Du HJ, Qiu JH (2001) Knowledge-based approach and system for assembly oriented design, Part II: the system implementation. *Eng Appl Artif Intell* 14:239–254 doi:10.1016/S0952-1976(00)00061-0
32. Armillotta A, Moroni G, Rasella M (2006) Computer-aided assembly planning for the diemaking industry. *Robot Cim-Int Manuf* 22:409–419 doi:10.1016/j.rcim.2005.11.015