

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

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы
(наименование)

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Системы автоматизированного проектирования в машиностроении

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Совершенствование процесса проектирования оснастки листовой
штамповки на основе стандартов в САЕ

Студент

Е.А. Смирнова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

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

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

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Обзор и анализ технологии, конструкции штампов и систем автоматизированного проектирования для оценки стоимости вытяжных штампов в автомобилестроении	6
1.1 Анализ технологического процесса и оборудования для вытяжной операции крупногабаритной детали «Панель пола задняя»	6
1.2 Особенности конструкции крупногабаритных вытяжных штампов	8
1.3 Анализ программных продуктов для определения стоимости вытяжных штампов на ранних стадиях проектирования	10
2 Анализ структур стандартов AutoForm	13
2.1 Описание структуры приложения CostEstimator для AutoForm	13
2.2 Анализ баз данных стандартов в AutoForm	14
2.3 Алгоритм определения стоимости штамповой оснастки в Autoform	19
2.4 Разработка методов редактирования таблиц стандартов в Autoform	25
3 Моделирование вытяжных переходов и оснастки в Autoform	39
3.1 Методика разработки и анализа технологического процесса листовой штамповки в Autoform на базе CostEstimator	39
3.2 Проектирование геометрии и основных элементов штамповой оснастки для вытяжных операций в Autoform на базе CostEstimator	56
3.3 Методика назначения параметров технологического оборудования в стандартах Autoform	62
4 Моделирование вытяжных переходов и оснастки в Autoform на базе CostEstimator для детали «Панель пола задняя»	68
4.1 Моделирование вытяжного перехода и оснастки в Autoform для детали «Панель пола задняя»	68

4.2 Создание стандартов для процесса штамповки детали «Панель пола задняя»	74
4.3 Сравнение технологических процессов листовой штамповки выполненных на и без использования модуля CostEstimator	87
Заключение	101
Список используемых источников.....	103

Введение

Решение задач повышения эффективности автомобилестроительной промышленности и других машиностроительных отраслей требует реализации современных методов технико-экономических обоснований и планирования. Особенно актуально повышение эффективности определяющих показателей функциональности и стоимости, основанные на использовании функционально-стоимостного анализа и компьютерного моделирования. Эффективность функционально-стоимостного анализа заключается в том, что он ориентирован на снижение затрат проектирования и производства изделий машиностроения.

Оценка затрат для изготовления штамповой оснастки является необходимой составляющей работы компаний автомобильной индустрии, так как при проектировании и изготовлении расходы на изготовление штамповой оснастки составляют значительную часть по отношению к стоимости изделия или технологическому процессу. В условиях конкуренции прибыль и убытки определяются способностью оценивать затраты на ранних этапах планирования производства для участия в тендерах и развитии производства. Из-за сокращения сроков изготовления и жесткой ценовой конкуренции автомобильная промышленность сталкивается со сложными задачами в процессе выбора технологических решений. Одной из важных задач технологической подготовки является оценка затрат на проектирование штамповой оснастки с необходимостью точного прогнозирования расходов еще до начала процесса проектирования и изготовления штамповой оснастки. В настоящее время не существует систем автоматизированного проектирования, которые предназначены для разработки конструкции штампа и технологии его изготовления с учетом стоимости в рублях, поэтому разработка информационной конструкторско-технологической базы САПР для оценки альтернативного проектирования штампа позволяющего получить его с меньшей стоимостью в российских денежных единицах является актуальной.

Целью магистерской работы является совершенствование процесса проектирования технологии листовой штамповки на основе разработки информационной базы стандартов САПР в российских денежных единицах для оценки стоимости вытяжного штампа на стадии раннего проектирования и создание методики альтернативного проектирования технологии вытяжных штампов в САЕ с наиболее высокой эффективностью для крупных кузовных деталей.

Научная новизна работы заключается в разработке методики альтернативного проектирования технологического процесса на основе оценки стоимости проектирования и изготовления вытяжного штампа на ранней стадии проектирования, основываясь на геометрии детали.

Объектом исследования является методика альтернативного проектирования технологического процесса и вытяжного штампа.

Предмет исследования-информационная база стандартов САПР в российских денежных единицах для вычисления стоимости крупных вытяжных штампов.

1 Обзор и анализ технологии, конструкции штампов и систем автоматизированного проектирования для оценки стоимости вытяжных штампов в автомобилестроении

1.1 Анализ технологического процесса и оборудования для вытяжной операции крупногабаритной детали «Панель пола задняя»

«Важнейшей составной частью технологической подготовки производства изделий машиностроения является проектирование технологических процессов их изготовления, включающее:

- проектирование технологических процессов изготовления деталей;
- проектирование технологических процессов узловой и общей сборки машин;
- подготовку управляющих программ для оборудования» [11, с. 8].

Одной из основных формоизменяющих операций в листовой штамповке является вытяжка. Вытяжка представляет собой процесс листовой штамповки получения полых изделий. В этом процессе заготовка, в большинстве случаев, затягивается вытяжным пуансоном в матрицу, чтобы получить требуемую форму полости. Основным назначением операции вытяжки в автомобилестроении является получение деталей сложной формы, таких как, панель пола задняя, внутренняя панель капота и багажника, крыша, капот, боковины и др.

Панель пола задняя (рисунок 1) является основанием для задней части кузова автомобиля и выполняет важнейшую роль для обеспечения жесткости задней части кузова и укладки запасного колеса.

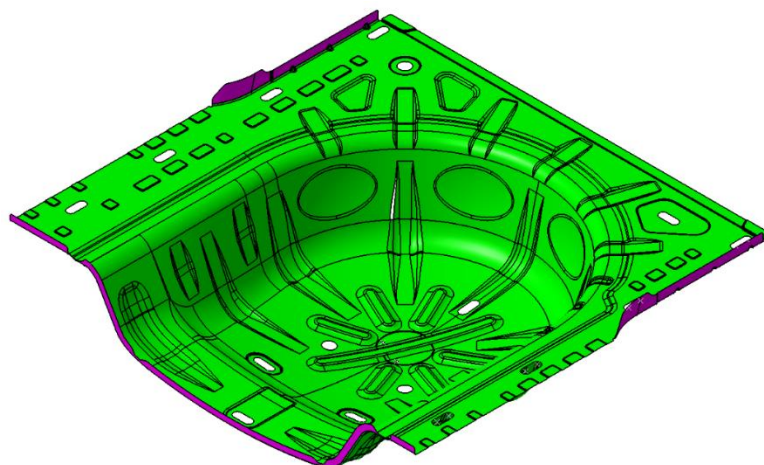


Рисунок 1 – Электронная геометрическая модель «Панель пола задняя»

Эту деталь можно отнести к типовым деталям кузова легкового автомобиля. Технологический процесс изготовления типовых изделий крупной листовой штамповки показан в таблице 1.

Таблица 1 – Технологический процесс для детали «Панель пола задняя»

№ операции	Операция	Оборудование
10	Вытяжка	Innocenti 1000
20	Дотяжка	Innocenti 450
30	Обрезка, пробивка	Innocenti 450
40	Фланцовка, обрезка	Innocenti 450

«Оборудование для листовой штамповки можно условно разделить на две группы: основное и вспомогательное. Основным называется оборудование, на котором изготавливаются детали (изделия). Вспомогательное оборудование служит для подготовки листового материала к штамповке, перемещения его через рабочую зону и переработки отходов» [14, с. 12].

Основной операцией технологического процесса является вытяжка, данная операция выполняется на прессе Innocenti 1000. Данный пресс предназначен для глубокой вытяжки полых крупногабаритных деталей цилиндрической, коробчатой или другой сложной формы из листовых

материалов и является основным оборудование. Одним из основных факторов определения стоимости вытяжного штампа на ранней стадии проектирования является характеристика оборудования (таблица 2)

Таблица 2 – Техническая характеристика Innocenti 1000

Параметры	Ед.изм	Внутренний ползун	Внешний ползун
Номинальное усилие прессы	кН	6000	4000
Регулировка ползуна	мм	610	610
Максимальная закрытая высота	мм	1560	1484
Минимальная закрытая высота	мм	950	874
Ход ползуна	мм	965	686

1.2 Особенности конструкции крупногабаритных вытяжных штампов

«Проектирование штампов для облицовочных деталей автомобиля, особенно штампов для вытяжки, отличается от проектирования штампов для деталей более простых форм» [7, с. 60].

Крупногабаритные вытяжные штампы в автомобилестроение используются при штамповке облицовочных деталей автомобиля, толщина данных деталей может изменяться в пределах от 0,5 до 2 мм. Вытяжка сложных деталей выполняется за несколько переходов, поэтому крупногабаритные штампы подразделяются на вытяжные штампы, штампы дотяжки и штампы окончательной вытяжки.

Крупногабаритные вытяжные штампы для изготовления деталей отличаются от других штампов не только своими большими габаритами и значительной массой (достигая иногда нескольких десятков тонн), но также и

сложностью конструкции, связанной со спецификой формирования различной геометрии деталей.

Формообразование сложных кузовных деталей выполняется на вытяжных штампах на прессах двойного действия и прессах простого действия с гидропневматической подушкой. Основными деталями крупногабаритного вытяжного штампа являются пуансон, матрица и прижим.

Матрица фиксируется на столе пресса. Пуансон и прижим соединены соответственно с внутренним и наружным ползунами пресса, которые имеют возможность вертикального возвратно-поступательного перемещения. Таким образом, пуансон и прижим во время работы штампа также перемещаются вертикально. Матрица вытяжного штампа может быть выполнена как цельной, так и составной, с использованием вкладыша. Использование вкладышей для матриц, имеющих глубокую полость и сложную форму рабочей поверхности, повышает технологичность их изготовления и снижает трудоемкость. Точное центрирование пуансона относительно матрицы при штамповке обеспечивается направляющими элементами штампа. Прижим относительно матрицы центрируется направляющими призмами, крепящимися на матрице и входящими в соответствующие пазы прижима. В свою очередь пуансон относительно прижима центрируется с помощью закрепляемых на них направляющих планок. Для повышения интенсивности торможения фланца заготовки на прижимном кольце устанавливают перетяжные ребра, а на прижимной поверхности матрицы выполняют соответствующие канавки.

В процессе работы плоская листовая заготовка укладывается на прижимную поверхность матрицы и фиксируется на ней в заданном положении. При укладке заготовки пуансон и прижим подняты ползунами пресса над матрицей. Затем происходит опускание прижима и периферийная часть заготовки оказывается зажатой между прижимом и матрицей. После этого опускается пуансон, и его рабочая поверхность придает центральной части листовой заготовки необходимую форму. В процессе формообразования

зажатый фланец заготовки вытягивается из зазора между прижимом и матрицей, обеспечивая поступление дополнительного материала в полость матрицы. Окончательное формообразование происходит, когда пуансон достигает крайнего нижнего положения. Затем пуансон и прижим поднимаются вверх, и отштампованная вытяжкой деталь извлекается из штампа.

1.3 Анализ программных продуктов для определения стоимости вытяжных штампов на ранних стадиях проектирования

Определение затрат на изготовление штампов занимают одну из самых важных целей в технической подготовке производства. Использование технологии функционально-стоимостного анализа занимает большое количество времени. Технология функционально – стоимостного анализа заключается в оценке реальной стоимости продукта, услуг для получения данного продукта и для этого разработан специальный алгоритм (рисунок 2)

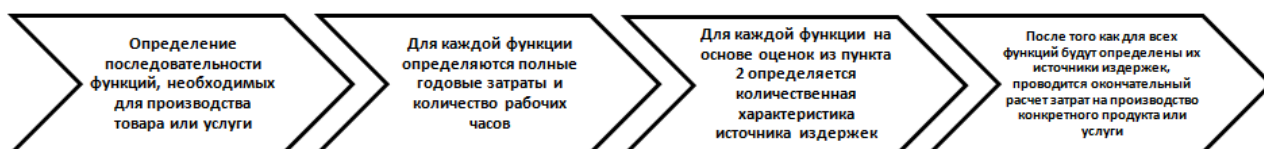


Рисунок 2 – Алгоритм метода функционально – стоимостного анализа

В настоящее время функционально-стоимостной анализ уходит на второй план из-за быстрого развития информационных технологий. На сегодняшний день определение затрат на изготовление штампов стало доступно в системах автоматизированного проектирования. Разработчики систем автоматизированного проектирования создают специальные модули или приложения, а также собственные информационные базы данных для оценки стоимости технологии и штампов.

В настоящее время существует большое количество систем инженерного анализа, основными являются ANSYS, LS-DYNA, SIMCENTER NX, AUTOFORM.

Программный продукт ANSYS позволяет выполнять расчеты в различных направлениях инженерной деятельности, таких как решение задач теплообмена, прочности конструкции штампов, но не используется для оценки стоимости штампов. Программа LS-DYNA используется в автомобильной промышленности и используется для решения трёхмерных динамических нелинейных задач механики деформируемого твёрдого тела и многих других, но как, и в ANSYS и SIMCENTER NX отсутствует модуль оценки стоимости.

В программном продуктах PLM Teamcenter для оценки стоимости оснастки используется модуль Product Cost Management. Решение Teamcenter для расчета затрат на инструменты позволяет быстро получить достоверную и подробную смету затрат на инструменты с разбиением по категориям. Геометрию деталей можно описывать вручную или с помощью программы распознавания элементов (NX Feature2Cost). Решение Teamcenter для расчета затрат на инструменты осуществляет параметрические расчеты для различных производственных технологий, таких как литье под давлением, отливка в формы под высоким давлением и штампы последовательного действия. Интегрированная база знаний включает в себя ссылочные данные о трудозатратах, расходах на материалы, оборудование и процессы, о сроках выполнения интегрированных процессов. Это позволяет стандартизировать расчет затрат на уровне предприятия.

Основным лидером для оценки затрат на изготовление штампов для листовой штамповки является программный продукт AUTOFORM. AutoForm-CostEstimator представляет совершенно новый подход для вычисления стоимости штамповой оснастки и данное приложение производит быструю оценку стоимости инструмента на основании CAD-моделей деталей и технологических процессов. В CostEstimator существуют возможности

адаптации к требованиям пользователя, в том числе возможности редактирования исходной базы, изменение почасовых ставок и цен на материалы инструментов и запасные части.

Для определения стоимости изготовления вытяжных штампов на ранних стадиях проектирования выбран программный продукт AutoForm, являющийся основным программным комплексом для проектирования и моделирования процессов листовой штамповки в ОАО «АВТОВАЗ».

1.4 Выводы

Проанализировав технологию, конструкцию крупных штампов для вытяжки и системы автоматизированного проектирования для оценки стоимости вытяжных штампов в автомобилестроении определены основные задачи для достижения цели работы:

1. Провести анализ систем автоматизированного проектирования технологических процессов и штампов в САПР, предназначенных для анализа процесса вытяжки в листовой штамповке.
2. Разработать элементы баз данных проектирования технологии и штампов для процесса вытяжки.
3. Создать элементы баз данных проектирования технологии и штампов в AutoForm для процесса вытяжки на этапе раннего проектирования.
4. Реализовать методику оценки стоимости проектирования и изготовления вытяжного штампа с использованием стандартов в системе CAE AutoForm.

2 Анализ структур стандартов AutoForm

2.1 Описание структуры приложения CostEstimator для AutoForm

«В сложившихся экономических условиях развития России стратегическое развитие предприятий (организаций, фирм, компаний) определено эффективным управлением затратами оптимизацией и выявлением резервов экономии денежных средств» [20, с. 5].

Программный продукт AutoForm используется на предприятиях автомобилестроения, поставщиков штамповой оснастки, оборонной промышленности. Технологические процессы данных предприятий основываются на традиционной листовой штамповке. AutoForm используют все ведущие автомобильные компании мира, в нашей стране AutoForm используют такие компании, как АВТОВАЗ, КАМАЗ, ГАЗ, УАЗ.

Оценка затрат на изготовление оснастки на ранней стадии проектирования выполняется с помощью ручного ввода данных в таблицы Excel, данный процесс является очень трудоемким. CostEstimator помогает точно оценить затраты на производство оснастки для штампованных деталей, что позволяет оптимизировать процесс производства и оценивать затраты на стадиях планирования. Приложение CostEstimator используется в AutoForm для точной и быстрой оценки стоимости штамповой оснастки, используя планы технологических процессов и геометрию детали. Скорость работы данного приложения уменьшает время, необходимое для оценки стоимости оснастки, используя автоматическое распознавание геометрических конструктивов детали.

AutoForm-CostEstimator используется для получения надежной и объективной оценки стоимости полного набора инструментов для вытяжных и обрезных операций. Расчет стоимости инструмента основан на определенном плане процесса (то есть предлагаемом процессе изготовления детали) и использует определенные ресурсы, необходимые для создания набора инструментов, включая стоимость необходимых отливок, материалов и стандартных компонентов. Таким образом, AutoForm-CostEstimator позволяет детально определять потребление ресурсов для создания инструмента, которое можно использовать для планирования производственных операций.

AutoForm-CostEstimator можно использовать на ранней стадии, основываясь только на геометрии детали, для получения надежных и объективных оценок стоимости инструмента, а также на более поздних этапах проектирования для оценки изменений в прогнозе стоимости инструмента из-за предложенного процесса или изменений детали. Таким образом, затраты на инструмент и результирующие затраты могут быть использованы в качестве показателя для оценки технологичности предлагаемых вариантов процесса.

2.2 Анализ баз данных стандартов в AutoForm

«Развитие современного промышленного производства и бизнеса невозможно без создания автоматизированных информационных систем, одно из назначений которых – предоставление пользователю достоверной информации, необходимой для принятия оптимального решения. Итак, база данных – именованная совокупность данных, отражающая состояние объектов и их отношений в рассматриваемой предметной области» [5, с. 8].

Стандарты выполняют функцию вспомогательного механизма при организации проектирования, предоставляя основные настройки по умолчанию и помогая соответствовать заданным техническим условиям и руководящим указаниям. В системе инженерного анализа AutoForm представлено 8 стандартов: 1) Tooling Cost Standard, 2) Process Plan Standard, 3) Press Standard,

4) Design Standard, 5) Control Parameter Standard, 6) Sigma Standard, 7) Evaluation Standard, 8) QuickLink Standard (рисунок 3)

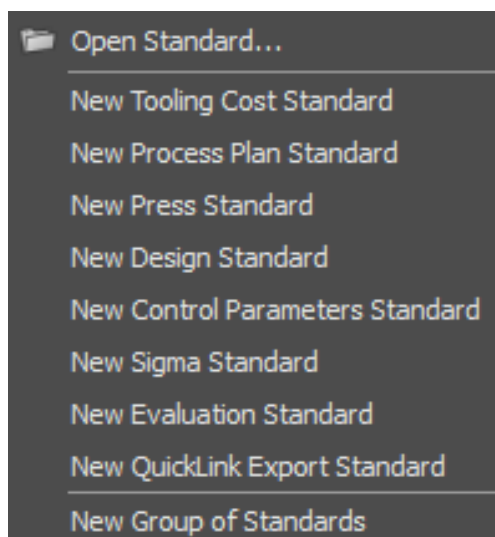


Рисунок 3 – База стандартов в AutoForm

Стандарты в AutoForm подразделяются на два основных типа: стандарты планирования, стандарты настройки и оценки (рисунок 4). Стандарты планирования включают в себя стандарты по планированию и определению затрат на этапе планирования, к ним относятся Tooling Cost Standard, Process Plan Standard, Press Standard. К стандартам настройки и оценки относятся Design Standard, Control Parameter Standard, Sigma Standard, Evaluation Standard, QuickLink Standard, которые содержат предварительные настройки параметров проектирования для предварительной и последующей обработки.

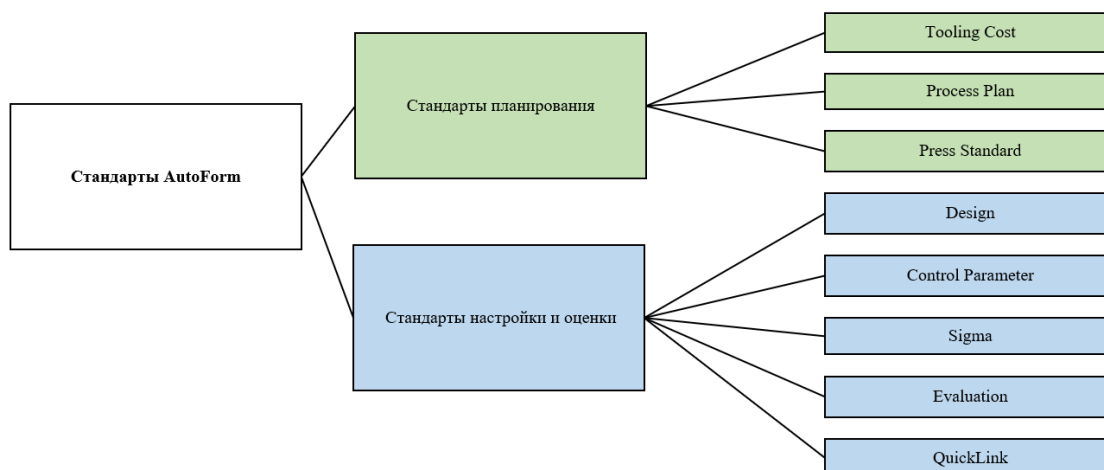


Рисунок 4 – Классификация стандартов в AutoForm

Для определения стоимости изготовления вытяжного штампа на ранней стадии альтернативного метода проектирования необходимо использовать стандарты планирования, которые выполняют оценку затрат на инструмент (компоненты для закупки, почасовые и материальные тарифы, факторы производительности и наладка оснастки), план процесса (дополнительные поля данных проекта, управление базовой сборкой, настройки стоимости заготовки и детали), а также параметры пресса (характеристика используемого пресса или прессовой линии).

Стандарт Tooling Cost (рисунок 5) основывается на значениях и параметрах, относящихся к стоимости оснастки. У пользователя есть возможность определить затраты для сборки, комплекта штампов и компонентов штампа.

Name	Price	Productivity Factor	Unit
Cast / Steel			
Gray Cast Iron Class 1 (GG25CrMo, etc.)	1,8	1	kg
Gray Cast Iron Class 2 (GG25, etc.)	1,3	1	kg
Ductile Graphite Iron Class 1 (GGG 70L, etc.)	2,7	1	kg
Ductile Graphite Iron Class 2 (GGG 50, etc.)	2,4	1	kg
Cast Steel Class 1 (GP4M, etc.)	7,7	1	kg
Cast Steel Class 2 (1.2382, etc.)	6,7	1	kg
Cast Steel Class 3 (GS-60, etc.)	6,4	1	kg
Cast Steel Class 4 (1.2769, etc.)	6,3	1	kg
Cast Steel Class 5 (GS-45, etc.)	4,7	1	kg
Tool Steel - Rolled Class 1 (CP4M, etc.)	6,5	1	kg
Tool Steel - Rolled Class 2 (1.2379, etc.)	4,9	1	kg
Low Alloy Tool Steel Class 1 (C 45, etc.)	1,6	1	kg
Low Alloy Tool Steel Class 2 (St 52-3, etc.)	1,3	1	kg
Other Materials			
Corrugated Sheet	6	1	kg
Styrofoam	0,08	1	dm^3
Other Costs			
Off-the-shelf Components	1	1	

Рисунок 5 – Стандарт Tooling Cost

Стоимость компонентов определяется по одному или двум параметрам, примером может послужить направляющая колонка, для которой ключевыми параметрами являются диаметр и длина (рисунок 6).

Name	Diameter (mm)	0.00 ... 50.00	50.00 ... 80.00	80.00 ... 125.00	125
Guide Bushing Between Binder and Lower...	Purchase Component (price)	40	80	160	260
Bolt M10					
Bolt M12					
Bolt M16					
Bolt M20					
Bolt M24					
Guide Pin for Pad					
Guide Bushing for Pad					
Elastomer Spring					
Tapered Centering Pin					
Flange Lifter					
Air Cushion					
Tool Centring Key					
Guide Pin for Binder/Pad					
Guide Bushing for Binder/Pad					
Roller Table 360					
Roller Table 520					
Roller Table 680					
Roller Table 840					

Рисунок 6 – Параметры определения стоимости

Стандарт Tooling Cost учитывает почасовую ставку и коэффициент производительности для каждого этапа производства: изготовления, наладки

(включая пробную наладку) и материал. В рамках расчета стоимости инструмента коэффициент производительности умножается на часы (вес – для материала), которые вычисляются для рассматриваемого этапа производства/материала. Единица/валюта стоимости, определенная в стандарте Tooling Cost, применяется ко всем значениям затрат в AF-Designer, при изменении валюты в данном стандарте, предыдущие значения устаревают и должны быть обновлены до значения новой валюты.

В стандарте Process Plan (рисунок 7) пользователь может управлять количеством компонентов базовой сборки и комплектующих для штампа, определять значения по умолчанию для расчета стоимости детали и определять данные проекта в Process Plan.

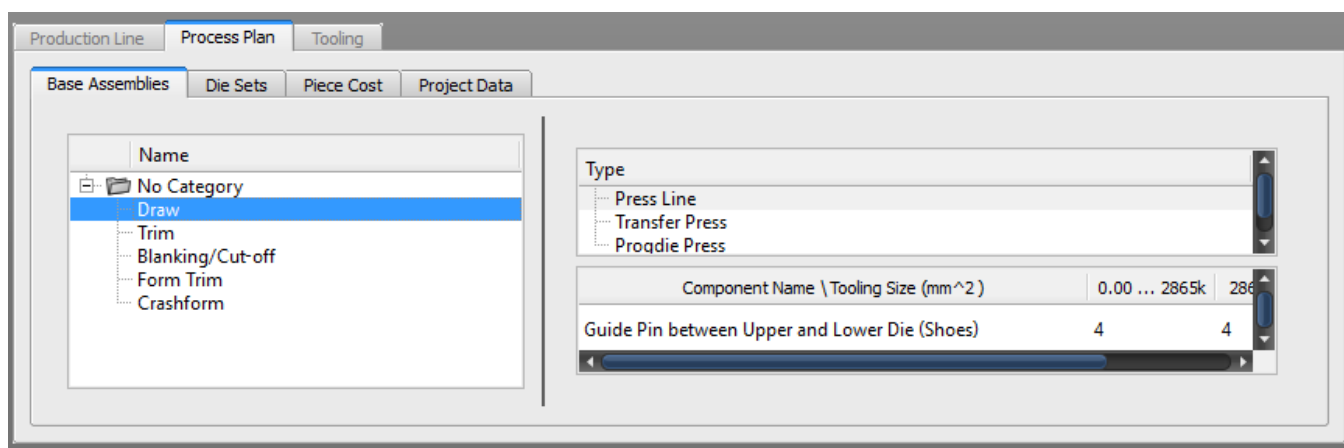


Рисунок 7 – Стандарт Process Plan

Количество компонентов базовой сборки зависит от типа операции и типа инструмента. Настройки, по умолчанию назначаются каждому компоненту, и пользователь может задавать свои собственные настройки по умолчанию для различных базовых сборок в данном разделе. Количество

компонентов штампа устанавливаются в зависимости от типа пресса, выбор в списке пресса действует как фильтр: соответствующие компоненты и их количество перечислены в соответствии с выбором пользователя.

В стандарте Press (рисунок 8) представлены основные типы прессов: пресс для заготовок, прессовая линия, трансферный пресс, пресс для прогрессивной штамповки.

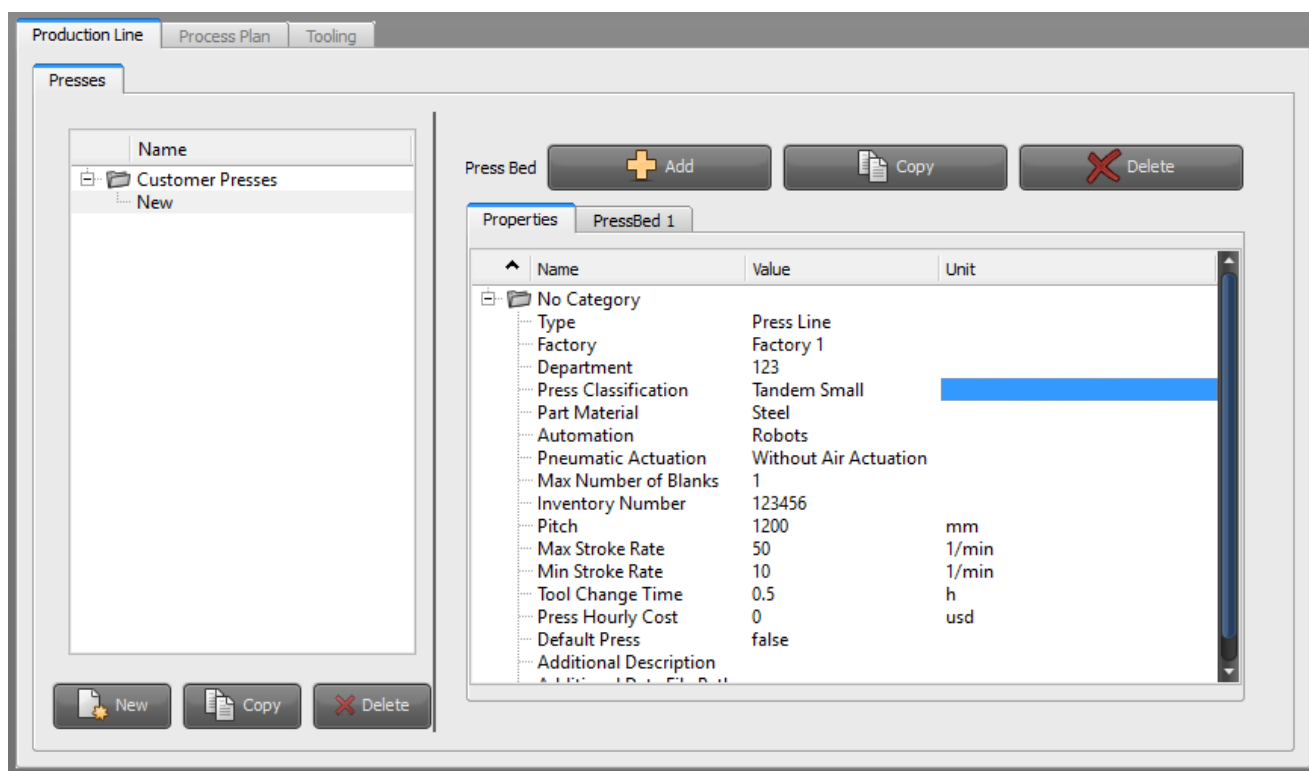


Рисунок 8 – Стандарт Press

Данный стандарт позволяет создавать, копировать и удалять свойства прессы. Свойство прессы имеет список общих признаков, каждое значение которых может быть изменено непосредственно в списке.

Валюта используемая в AF-Designer контролируется стандартом Tooling Cost, поэтому никакое значение стоимости для почасовой оплаты прессы не может быть определена в данном стандарте. Единица измерения всегда является пользовательской, это означает что будет использоваться пользовательское значение валюты из стандарта Tooling Cost.

2.3 Алгоритм определения стоимости штамповой оснастки в Autoform

Первый этап для определения стоимости штамповой оснастки в Autoform - подключение лицензии на использование приложения CostEstimator. Для этого необходимо в графическом окне выбрать модуль CostEstimator и нажать кнопку Apply (рисунок 9)

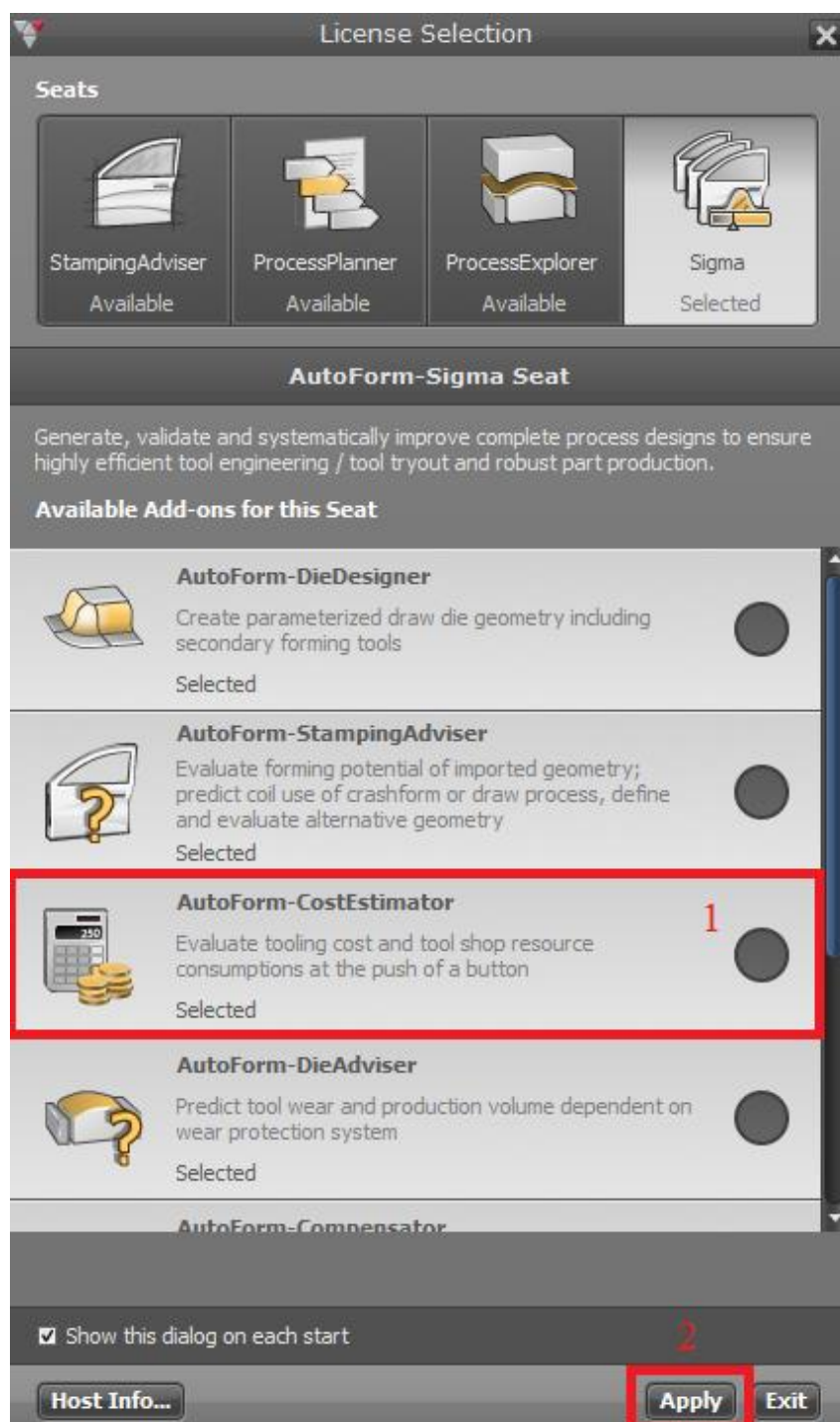


Рисунок 9 – Подключение модуля CostEstimator

Второй этап создание проекта в Autoform. Для этого необходимо в главном меню программы создать новый проект (рисунок 10)

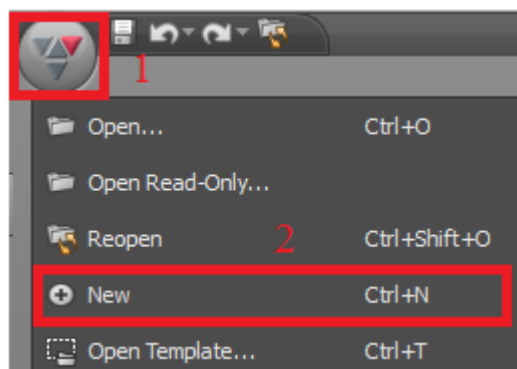


Рисунок 10 – Создание проекта

Третьим этапом необходимо импортировать геометрию детали в формате IGES в модуле графического окна Part, используя функционал Import (рисунок 11)

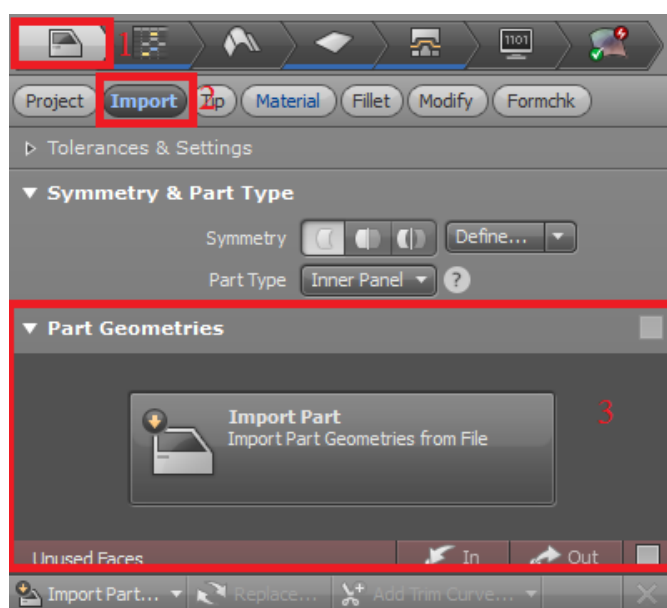


Рисунок 11 – Импорт геометрии детали

Четвертым этапом является создание полного проекта в Autoform, данный этап состоит из следующей последовательности действий:

- задание свойств материала и толщины детали;
- выполнение проверки геометрии;

- создание плана процесса (технологии);
- разработка рабочего инструмента;
- проектирование заготовки.

В графическом окне Plan во вкладках Piece Cost и Tooling нужно нажать кнопку Add Piece Cost и Add Tooling (рисунок 12), таким образом подключается модуль CostEstimator и по геометрии детали определяется предварительная стоимость рабочего инструмента и детали.

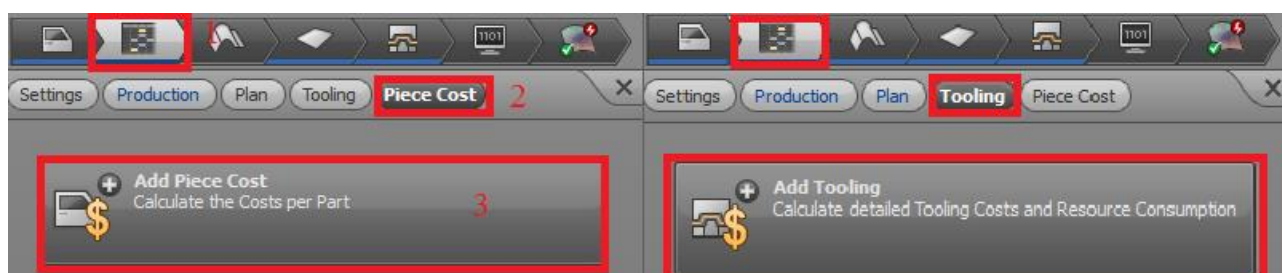


Рисунок 12 – Модуль определения стоимости

Одним из важных моментов определения стоимости изготовления оснастки и детали является то, что без импортированной детали модули Piece Cost и Tooling выполнять функцию определения стоимости не будут (рисунок 13)

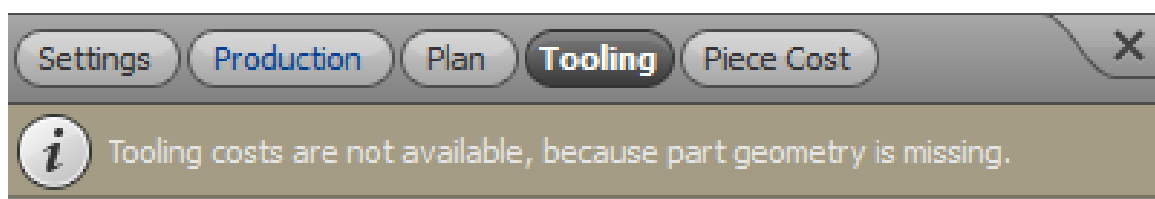


Рисунок 13 – Ошибка из-за отсутствия геометрии детали

Для подключения стандартов нужно графическом окне выбрать опцию Standard и подключить необходимые стандарты. За определение стоимости отвечают три стандарта: Tooling Cost Standard, Process Plan Standard, Press Standard (рисунок 14)

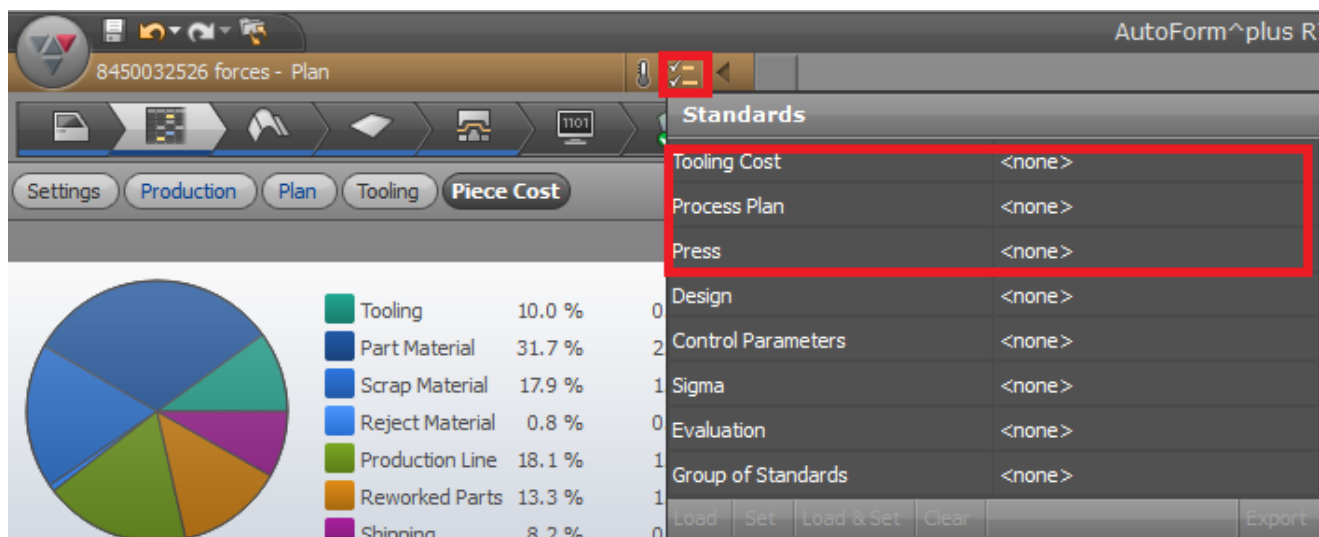


Рисунок 14 – Выбор стандартов

Для выгрузки шаблонов стандартов во вкладке Standard необходимо нажать на стандарт, который нужно активировать и нажать кнопку Load/Set. Программа вызывает графическое окно, в котором прописывается путь расположения стандарта и сам стандарт, после из списка необходимо выбрать нужный стандарт. Затем данный стандарт активируется и стоимость начинает определяться, учитывая стандарт (рисунок 15)

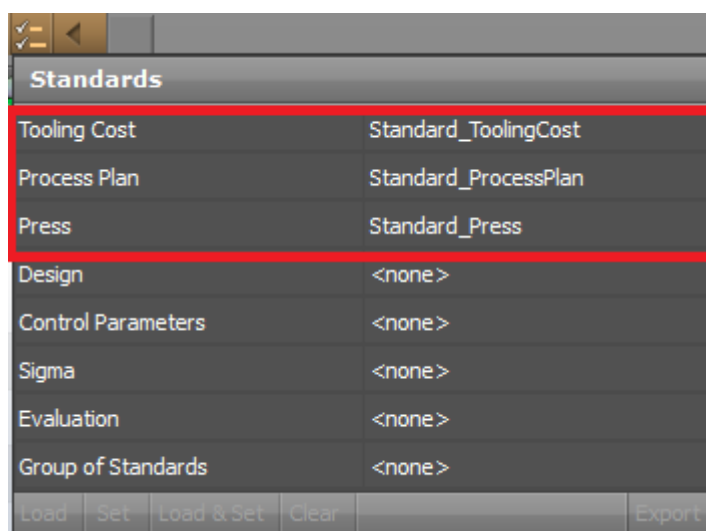


Рисунок 15 – Активация стандартов в Autoform

Просмотр результатов оценки стоимости изготовления штампа, основывается на геометрии детали и выполняется во вкладке Tooling. В данном

графическом окне показываются диаграммы, таблицы с учетом затрат на каждую операцию, стоимость и количество компонентов, ресурсов (рисунок 16)

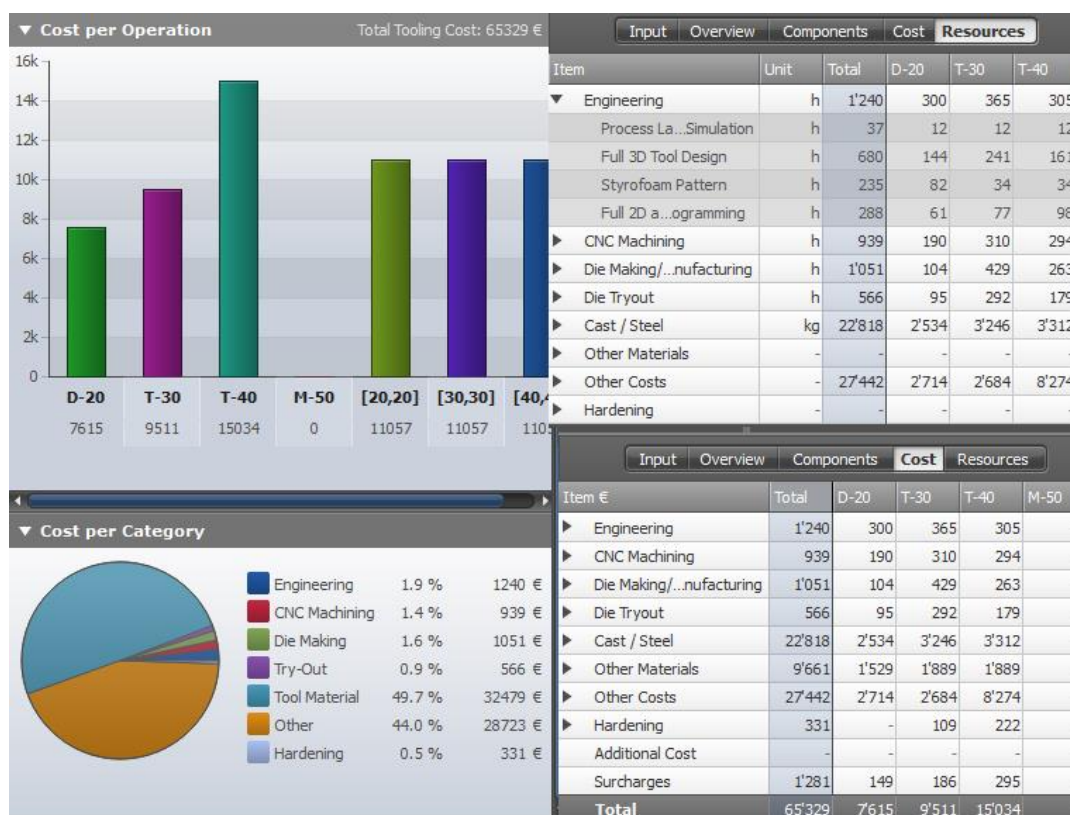


Рисунок 16 – Результаты оценки затрат

На основании анализа применения стандартов для оценки стоимости изготовления штампов в Autoform был разработан алгоритм использования данных стандартов:

- создание проекта;
- импорт геометрии детали;
- разработка плана процесса;
- подключение модуля CostEstimator (используя Piece Cost и Tooling);
- выбор шаблонов стандартов и их активизация;
- просмотр результатов.

Стандарты Autoform можно использовать и для редактирования, задавая необходимые параметры нужные конкретному пользователю.

2.4 Разработка методов редактирования таблиц стандартов в Autoform

Одним из способов редактирования таблиц стандартов в Autoform является создание и редактирование стандартов в самом программном продукте. Для выполнения редактирования необходимо открыть базу стандартов в Autoform (рисунок 17)

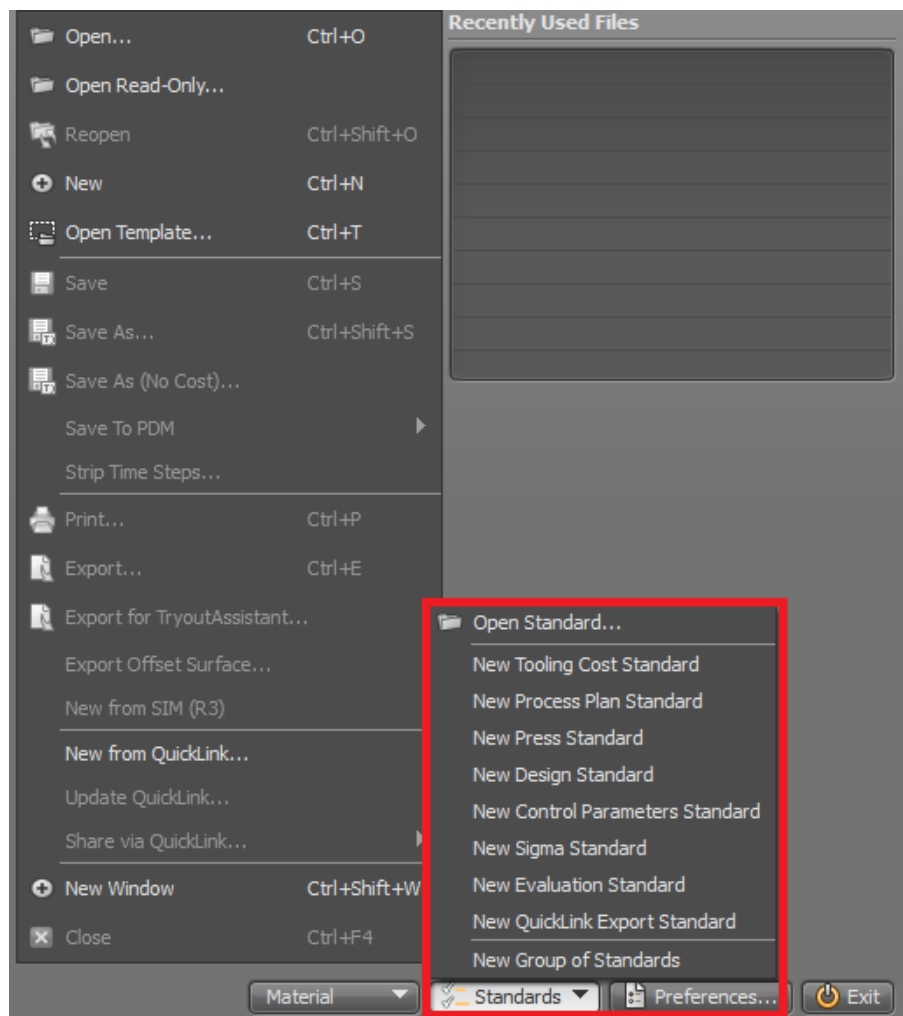


Рисунок 17 – База редактирования стандартов

Для редактирования стандарта Tooling Cost, необходимо в базе редактирования выбрать опцию New Tooling Cost Standard и вывести на экран монитора данные стандарта Tooling Cost (рисунок 18)

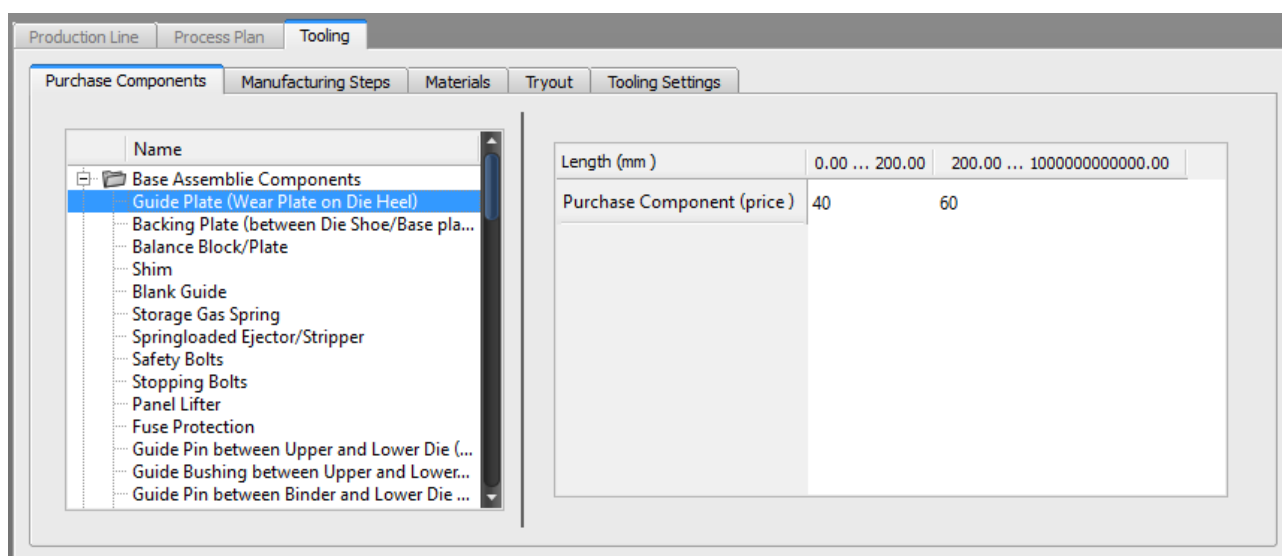


Рисунок 18 – База данных Tooling Cost Standard

В базе данных Tooling Cost Standard возможно редактирование параметров штамповой оснастке по различным статьям: Purchase Components - закупка компонентов, Manufacturing Steps - этапы изготовления, Materials - затраты на материал, Tryout - стоимость наладки, Tooling Settings - затраты на обработку.

В функционале статьи Purchase Components представлены компоненты базовой сборки: направляющие колонки, втулки, планки направляющие, пружины, сбрасыватели, клинья, винты стопорные, болты, подушки, роликовые столы, лотки для отхода, пуансоны, матрицы, прижимы. Для каждого компонента задана ключевая характеристика и стоимость. Ключевыми характеристиками являются длина, кол-во, величина хода, диаметр, длина окружность, усилие. Выбор компонентов Purchase Components Autoform выполняет по ключевым характеристикам, учитывая стоимость изделий, опираясь на их геометрию детали. Для колонки направляющей ключевым параметром является ее диаметр (рисунок 19). В зависимости от размера диаметра прописывается стоимость самой колонки.

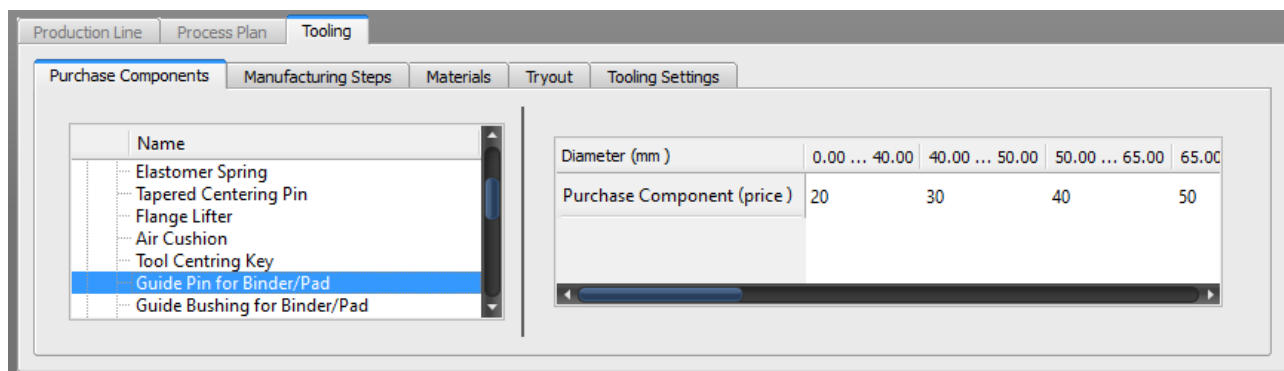


Рисунок 19 – Ключевой параметр для колонки направляющей

В функционале статьи Manufacturing Steps определяются затраты на инжиниринг, проектирование и изготовление оснастки, ЧПУ обработку, закалку (рисунок 20)

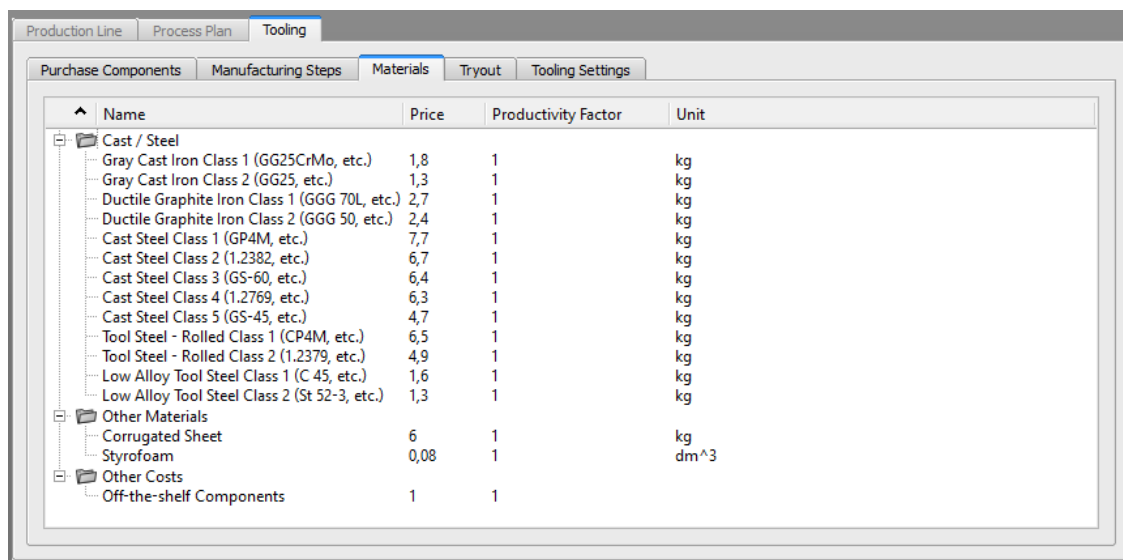
The screenshot shows the 'Manufacturing Steps' sub-tab active. It displays a table with the following columns: Name, Cost Rate, Productivity Factor, and Unit.

Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
Engineering			
Process Layout, Draw Die Development, Simulation	75	1	h
Full 3D Tool Design	70	1	h
Styrofoam Pattern	50	1	h
Full 2D and 3D Milling Path Programming	65	1	h
Die Making/Manufacturing			
Die Making/Rough Assembly 1: Pads, Trim Steels	60	1	h
Adjust the Pad	60	1	h
Prepare for Hardening	60	1	h
Spotting of Trim Steels and Pads	60	1	h
Die Making/Final Assembly 2: Pads/Trim Steels/Cams etc.	60	1	h
Open Dies and Spotting	60	1	h
Adjust and Finish	60	1	h
Profile Grinding of Upper Trim Steel, Assembly for Hardening	60	1	h
Build and Assemble Scrap Chutes	60	1	h
Final Assembly/Die Making	60	1	h
CNC Machining			
Drilling and Milling (First Pass) S	60	1	h
Drilling and Milling (First Pass) M	80	1	h
Drilling and Milling (First Pass) L	100	1	h
Shape and Contour Milling (HSC) S	70	1	h
Shape and Contour Milling (HSC) M	85	1	h
Shape and Contour Milling (HSC) L	105	1	h
Drilling and Milling S	65	1	h
Drilling and Milling M	80	1	h
Drilling and Milling L	90	1	h
Wire Cutting	60	1	h
Hardening			
Hardening and Tempering	1,6	1	kg
Through Hardening	2,5	1	kg
Surface Hardening (Laser)	150	1	m
Induction Hardening	135	1	m

Рисунок 20 – Затраты на Manufacturing Steps

Стоимость в Manufacturing Steps рассчитывается из оплаты одного часа, умноженного на коэффициент производительности.

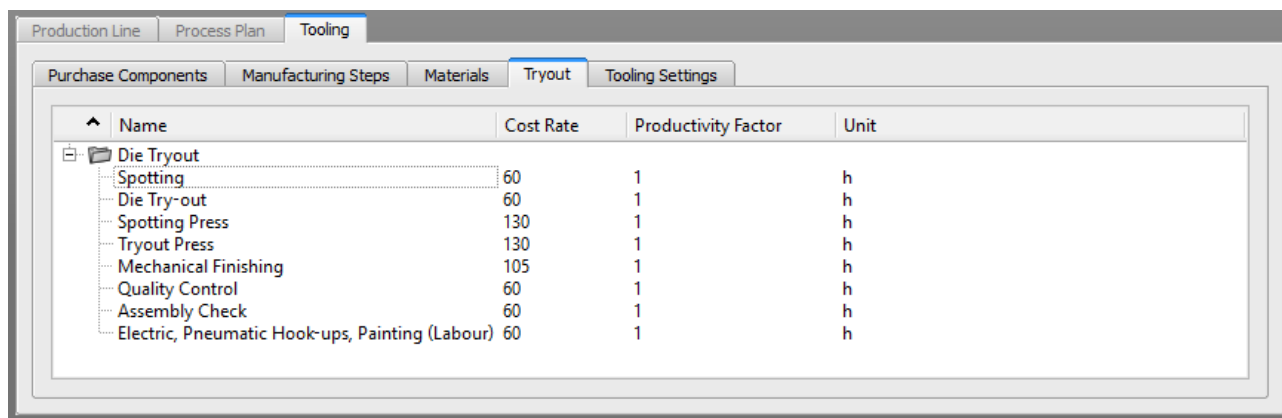
В функционале статьи Materials прописываются затраты на литье материала и сам материал. Стоимость рассчитывается из веса материала и коэффициента производительности (рисунок 21)



Name	Price	Productivity Factor	Unit
Cast / Steel			
Gray Cast Iron Class 1 (GG25CrMo, etc.)	1,8	1	kg
Gray Cast Iron Class 2 (GG25, etc.)	1,3	1	kg
Ductile Graphite Iron Class 1 (GGG 70L, etc.)	2,7	1	kg
Ductile Graphite Iron Class 2 (GGG 50, etc.)	2,4	1	kg
Cast Steel Class 1 (GP4M, etc.)	7,7	1	kg
Cast Steel Class 2 (1.2382, etc.)	6,7	1	kg
Cast Steel Class 3 (GS-60, etc.)	6,4	1	kg
Cast Steel Class 4 (1.2769, etc.)	6,3	1	kg
Cast Steel Class 5 (GS-45, etc.)	4,7	1	kg
Tool Steel - Rolled Class 1 (CP4M, etc.)	6,5	1	kg
Tool Steel - Rolled Class 2 (1.2379, etc.)	4,9	1	kg
Low Alloy Tool Steel Class 1 (C 45, etc.)	1,6	1	kg
Low Alloy Tool Steel Class 2 (St 52-3, etc.)	1,3	1	kg
Other Materials			
Corrugated Sheet	6	1	kg
Styrofoam	0,08	1	dm^3
Other Costs			
Off-the-shelf Components	1	1	

Рисунок 21 – Затраты на Materials

В функционале статьи Tryout учитываются затраты на наладку штампа: установку, первичную проверку, позиционирования на прессе, проверку прессы, проверку сборки, контроль качества получаемой детали, наладку электрики, окраска (рисунок 22)

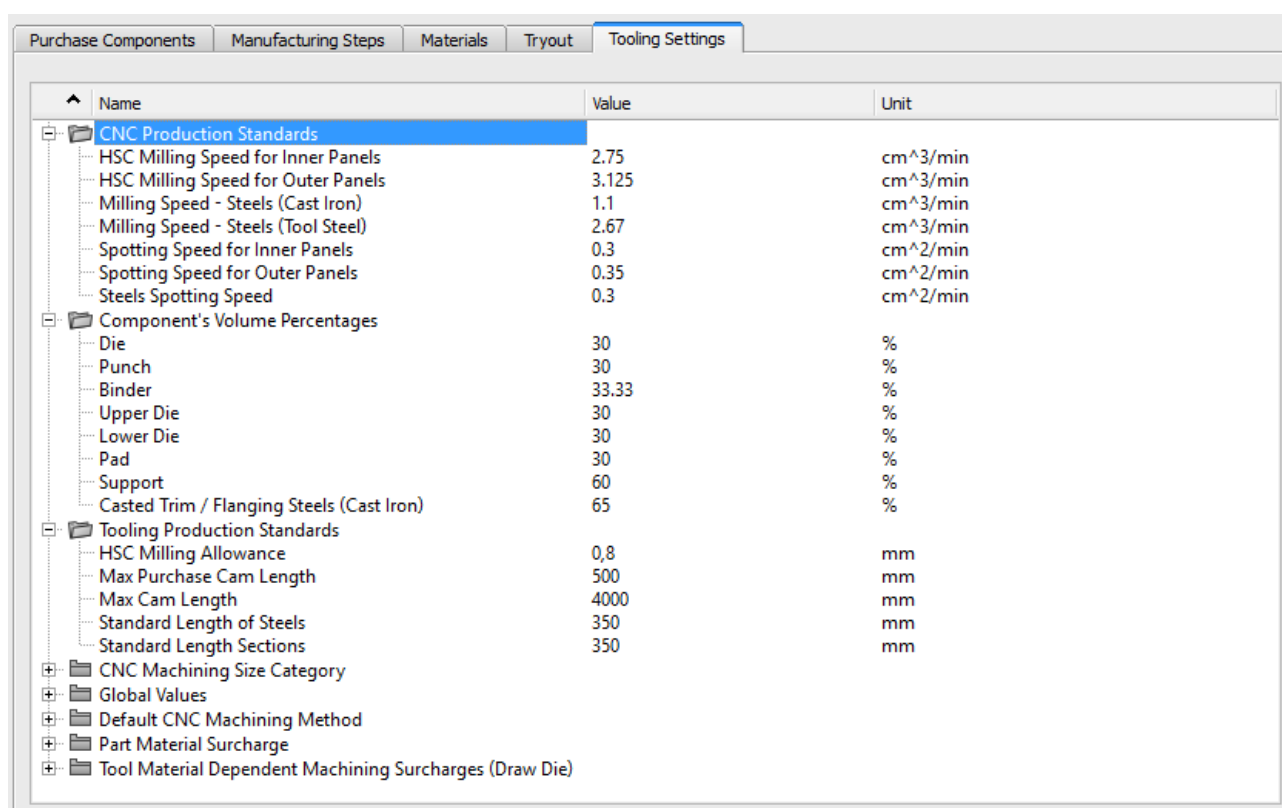


Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
Die Tryout			
Spotting	60	1	h
Die Try-out	60	1	h
Spotting Press	130	1	h
Tryout Press	130	1	h
Mechanical Finishing	105	1	h
Quality Control	60	1	h
Assembly Check	60	1	h
Electric, Pneumatic Hook-ups, Painting (Labour)	60	1	h

Рисунок 22 – Затраты на Tryout

Оценка статьи затрат Tryout определяется из оплаты одного часа, умноженного на коэффициент производительности. Единица измерения оплаты определяется выполненной работой за один час.

В функционале статьи Tooling Settings прописываются затраты на обработку компонентов на станке с ЧПУ, учитывая скорость фрезерования, тип обработки, размеры станков ЧПУ, запас толщины слоя материала для усадки, дополнительные затраты за обработку, а также процентное соотношение компонентов сборки (рисунок 23)



Name	Value	Unit
CNC Production Standards		
HSC Milling Speed for Inner Panels	2.75	cm ³ /min
HSC Milling Speed for Outer Panels	3.125	cm ³ /min
Milling Speed - Steels (Cast Iron)	1.1	cm ³ /min
Milling Speed - Steels (Tool Steel)	2.67	cm ³ /min
Spotting Speed for Inner Panels	0.3	cm ² /min
Spotting Speed for Outer Panels	0.35	cm ² /min
Steels Spotting Speed	0.3	cm ² /min
Component's Volume Percentages		
Die	30	%
Punch	30	%
Binder	33.33	%
Upper Die	30	%
Lower Die	30	%
Pad	30	%
Support	60	%
Casted Trim / Flanging Steels (Cast Iron)	65	%
Tooling Production Standards		
HSC Milling Allowance	0.8	mm
Max Purchase Cam Length	500	mm
Max Cam Length	4000	mm
Standard Length of Steels	350	mm
Standard Length Sections	350	mm
CNC Machining Size Category		
Global Values		
Default CNC Machining Method		
Part Material Surcharge		
Tool Material Dependent Machining Surcharges (Draw Die)		

Рисунок 23 – Затраты на Tooling Settings

Для редактирования параметров оценки стоимости в статьях функционалов Purchase Components, Manufacturing, Materials, Tryout, Tooling Settings необходимо двойным щелчком нажать на нужное значение и изменить значение на необходимое пользователю (рисунок 24)

Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
Engineering			
Process Layout, Draw Die Development, Simulation	75	1	h
Full 3D Tool Design	70	1	h
Styrofoam Pattern	50	1	h
Full 2D and 3D Milling Path Programming	65	1	h
Die Making/Manufacturing			
Die Making/Rough Assembly 1: Pads, Trim Steels	60	1	h
Adjust the Pad	120.000	1	h

Рисунок 24 – Изменение параметров для пользователя

Для того чтобы пользовательские изменения вступили в силу нужно сохранить отредактированный стандарт, для этого необходимо нажать кнопку Save As и назначить имя стандарта, а также прописать путь расположения стандарта (рисунок 25)

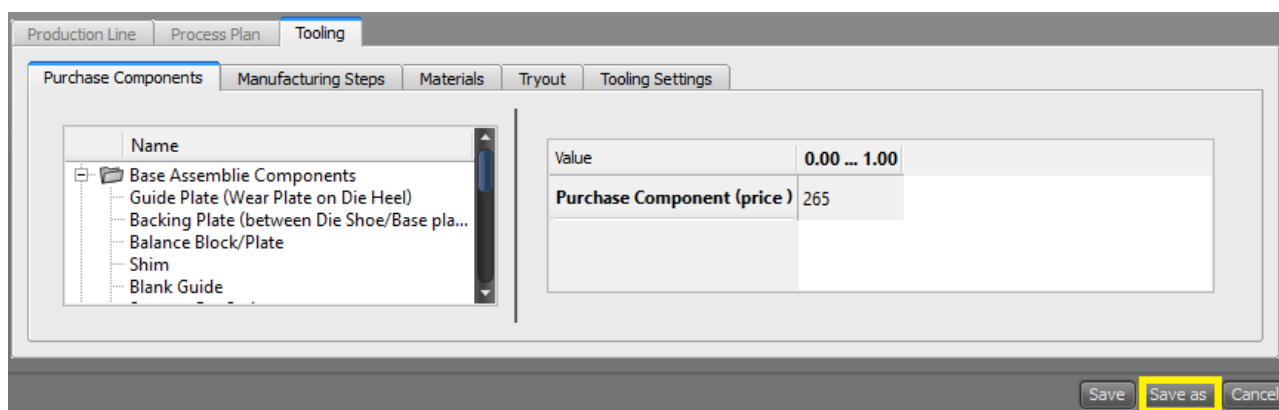


Рисунок 25 – Сохранение отредактированного стандарта

Одним из основных стандартов для оценки стоимости изготовления штампов на ранней стадии проектирования является стандарт Process Plan. Данный стандарт позволяет управлять компонентами базовой сборки, поэтому для создания и редактирования Process Plan Standard по аналогии со стандартом Tooling Cost нужно открыть основное меню и создать New Process Plan Standard, после перейти в графическое окно стандарта (рисунок 26)

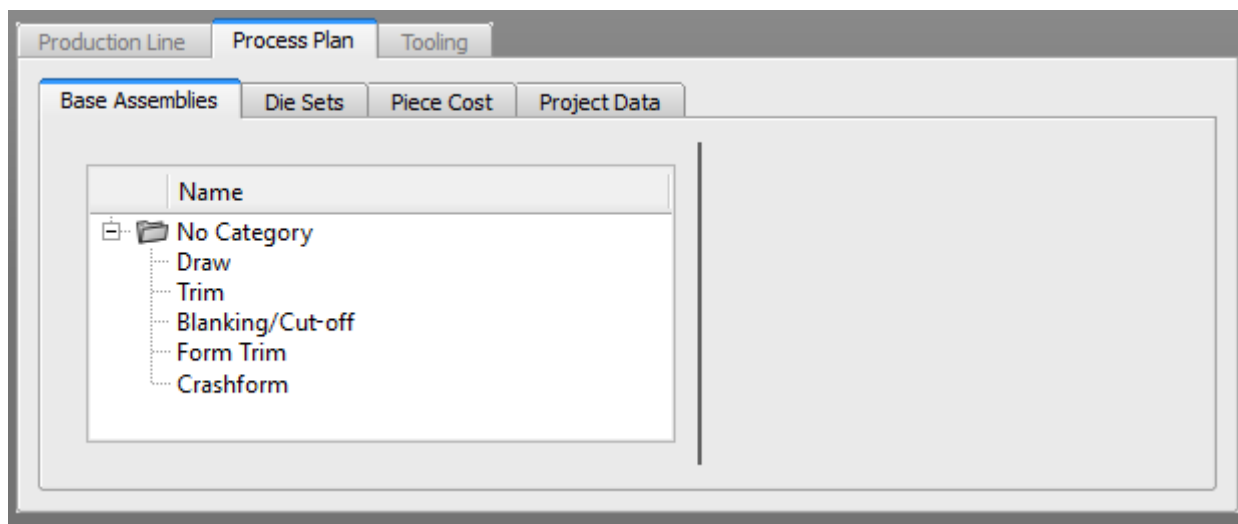


Рисунок 26 – Графическое окно редактирования Process Plan Standard

В модуле Base Assemblies (рисунок 27) представлена базовая сборка штампа, которая формируется в зависимости от типа операции и типа оборудования, на котором выполняется операция. Редактирование производится двойным нажатием по количеству компонентов, если необходимо внести изменения.

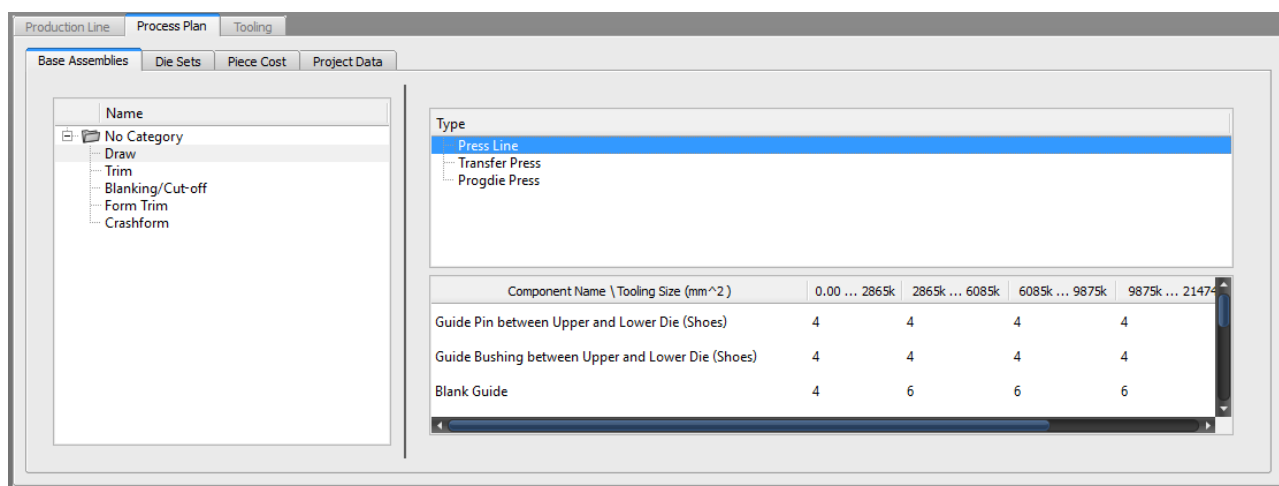


Рисунок 27 – Управление компонентами базовой сборки

В модуле Die Sets располагаются дополнительные компоненты сборки штампа. Изменение количество компонентов производится двойным щелчком и вводится нужное пользователю количество компонентов (рисунок 28)

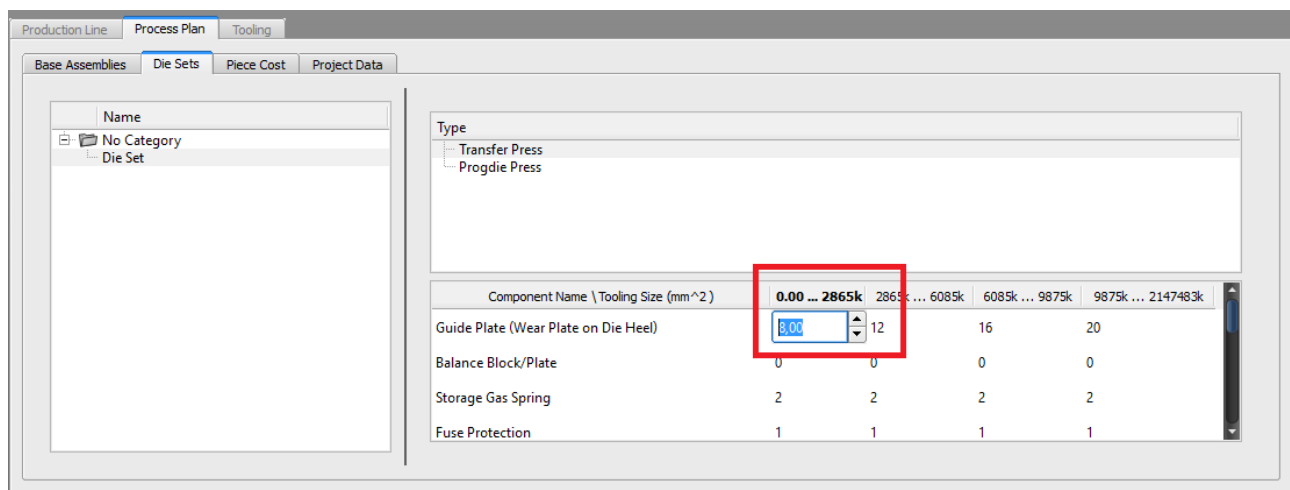


Рисунок 28 – Изменение количества компонентов

В модуле Piece Cost (рисунок 29) определяется себестоимость изготовления детали, учитывая процент брака, расходы на оснастку и техническое обслуживание, стоимость производственной линии, затраты на устранение брака, затраты на логистику. Значения параметров зависят от уровня надежности и коэффициента отклонения. Различают три типа отклонений: низкий, высокий и средний. Редактирование выполняется двойным щелчком по параметру, который определяет пользователь.

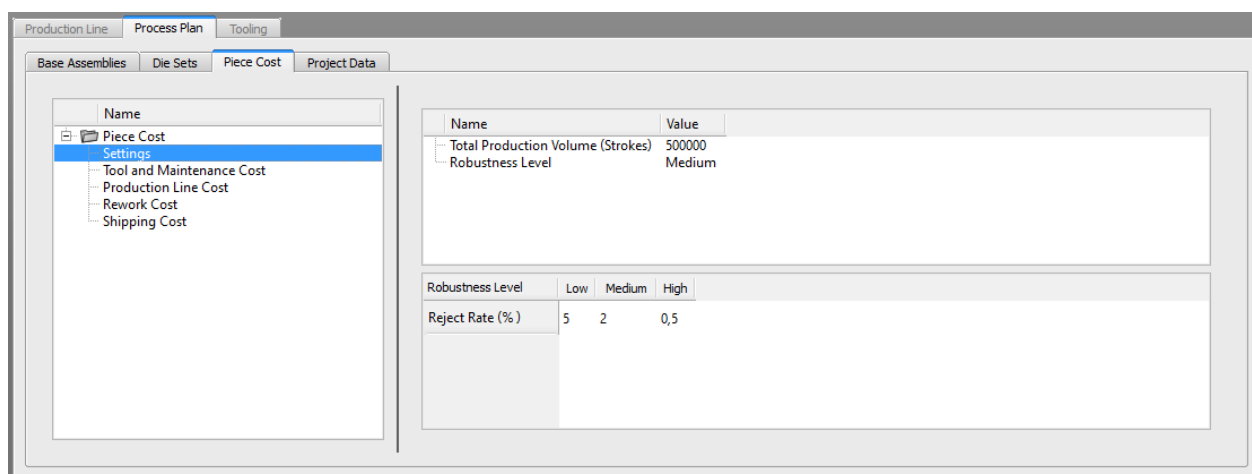


Рисунок 29 – Параметры себестоимости детали

Для использования отредактированной базы данных Process Plan Standard необходимо сохранить стандарт, используя кнопку Save As и назначить имя стандарта, а также прописать путь расположения стандарта (рисунок 30)

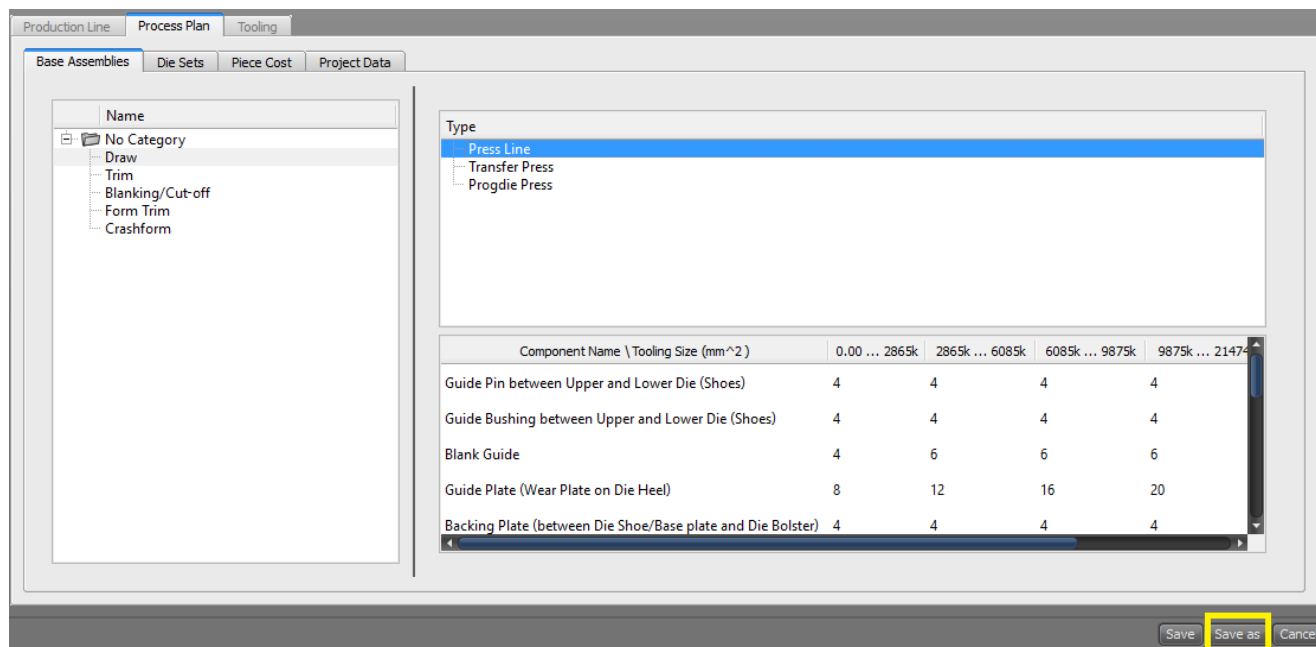


Рисунок 30 – Сохранение отредактированного стандарта Process Plan

Редактирование стандарта Press (рисунок 31) необходимо выполнять для точной оценки изготовления штамповой оснастки и учета затрат на оборудование. Затраты на оборудования состоят из стоимости обслуживания, аренды помещения, затрат на электроэнергию, подача смазки. Редактирование выполняется в основном меню с использованием кнопки New Press Standard. В Autoform представлено несколько типов прессов: Blanking Press - заготовочный, Transfer Press - многопозиционный, Press Line - линия прессов, Progdie Press - последовательный пресс. Пользователь подбирает тип пресса в зависимости от типа линий, установленных на производстве, загрузки оборудования, габаритов получаемого изделия и многих других производственных факторов.

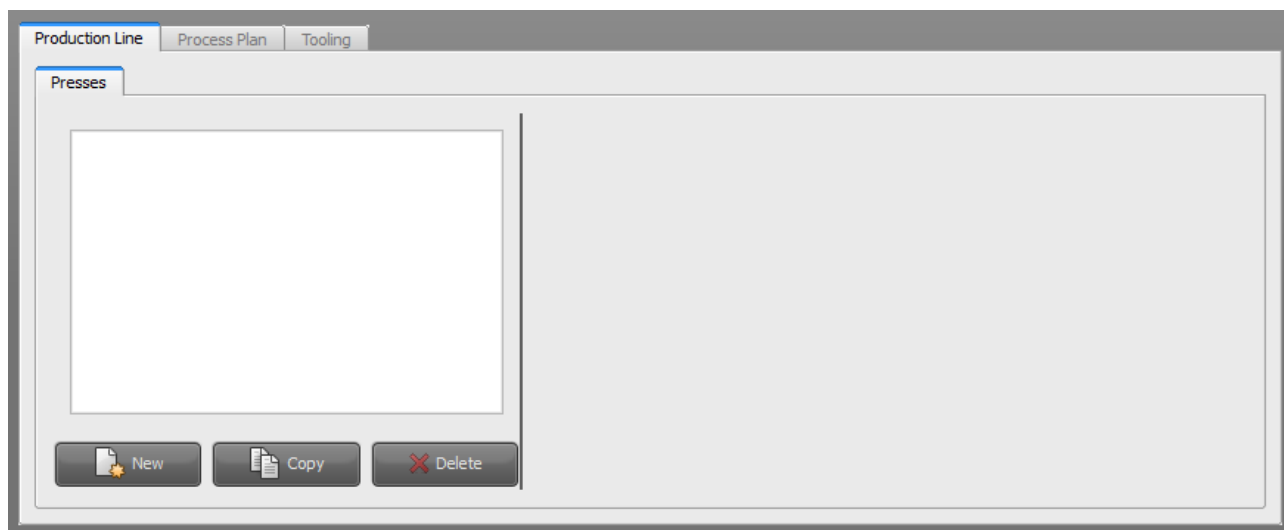


Рисунок 31 – Графическое окно Press Standard

Так как операции листовой штамповки выполняются на различных прессах, необходимо для детали создавать стандарт оборудования, на котором выполняются операции. Для этого необходимо создать стандарт, используя кнопку New в стандарте оборудования и выбрать тип пресса (рисунок 32)

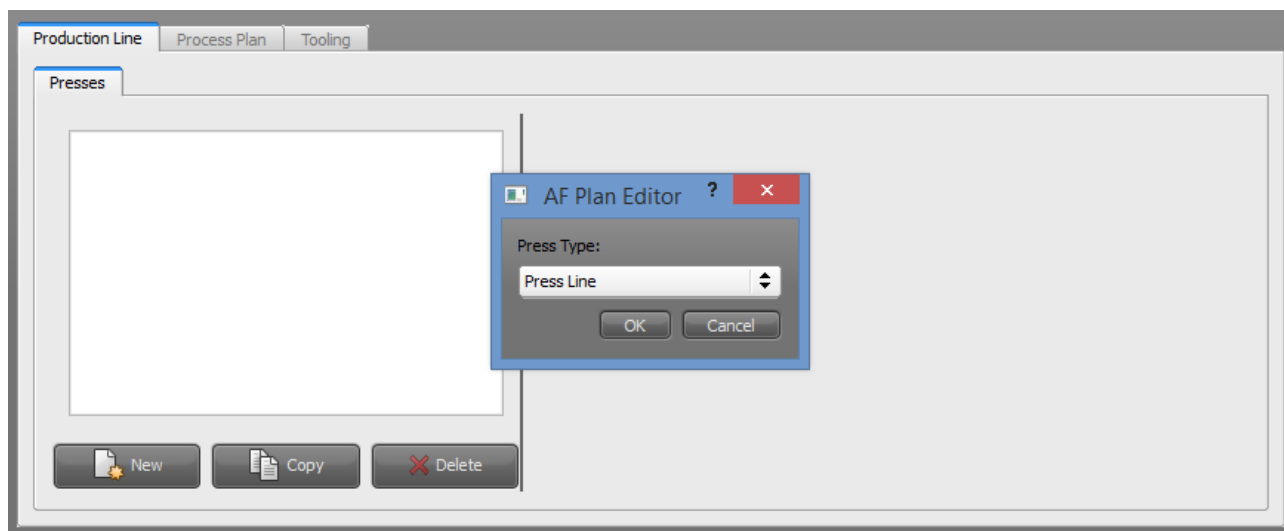


Рисунок 32 – Создание и выбор типа пресса

В открывшейся вкладке необходимо внести все значения и характеристики оборудования: тип пресса, завод, материал детали, номинальное усилие, максимальная и минимальная закрытую высоту, ход

ползуна, а также выбрать тип операции, которая выполняется на данном прессе (рисунок 33)

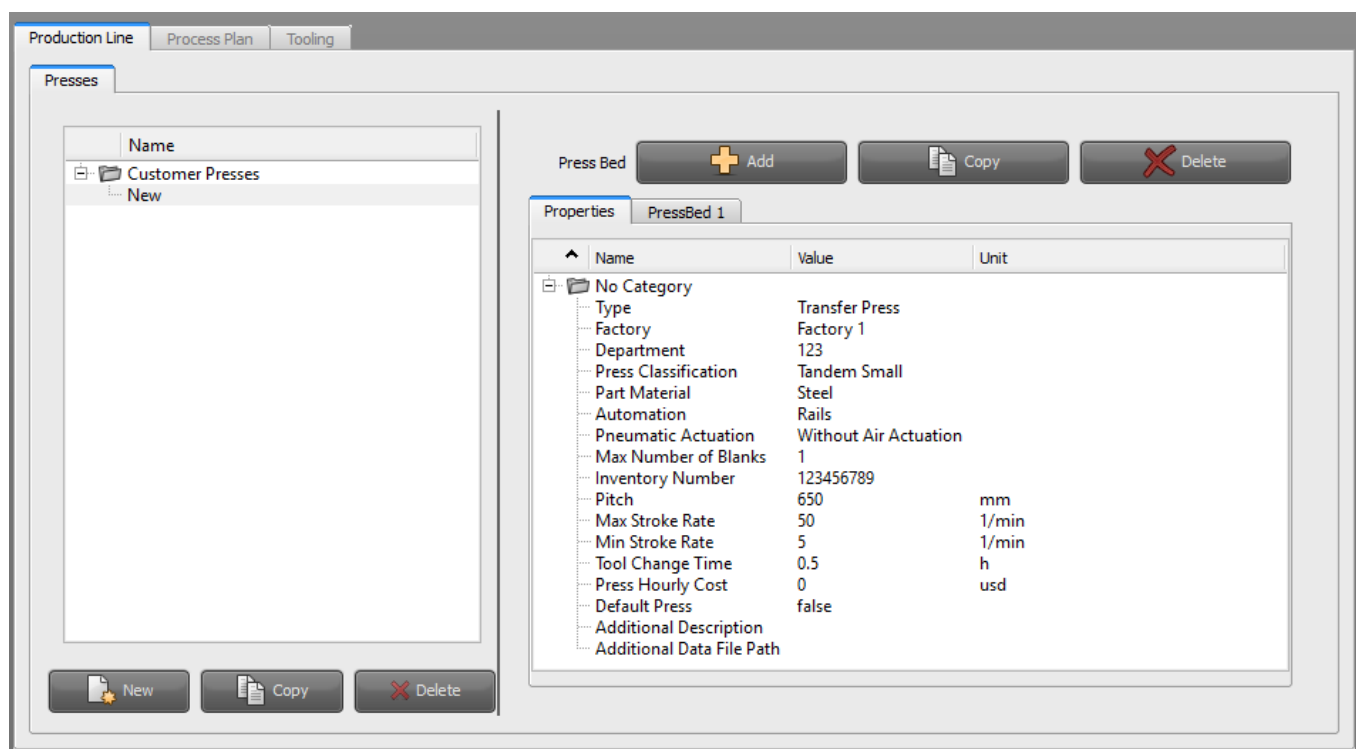


Рисунок 33 – Характеристики оборудования

Количество и характеристика ползунов пресса задается во вкладке PressBed, для того чтобы добавить ползун нужно нажать Add (рисунок 34)

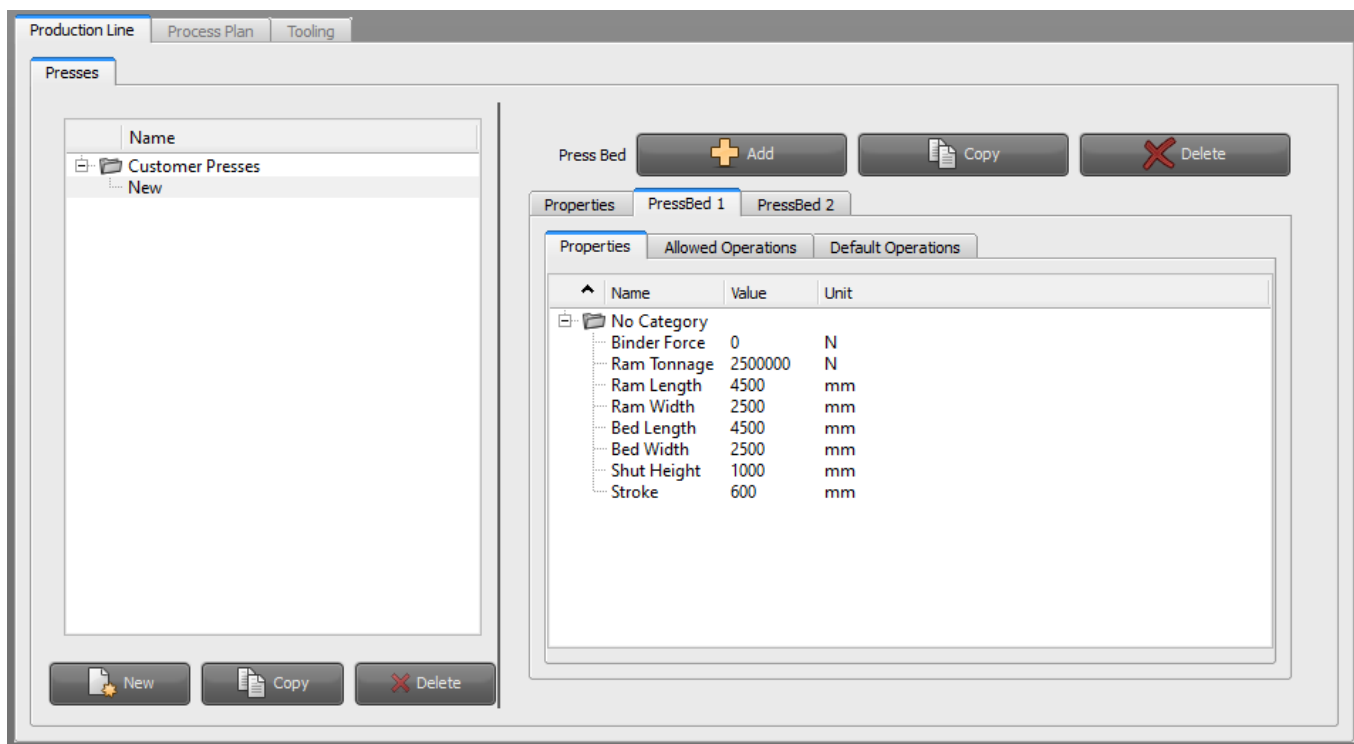


Рисунок 34 – Внешний и внутренний ползун

Для сохранения отредактированного стандарта нужно нажать кнопку Save As и назначить имя стандарта, а также прописать путь расположения стандарта.

После того как пользователь отредактировал необходимые стандарты, необходимо выполнить выгрузку данных стандартов в Autoform, данная процедура выполняется через основное меню программы, используя кнопку Standard (рисунок 35). Нужно выделить нужный стандарт и нажать кнопку Load/Set, пользователь выгружает, отредактированные стандарты и они вступают в свою силу.

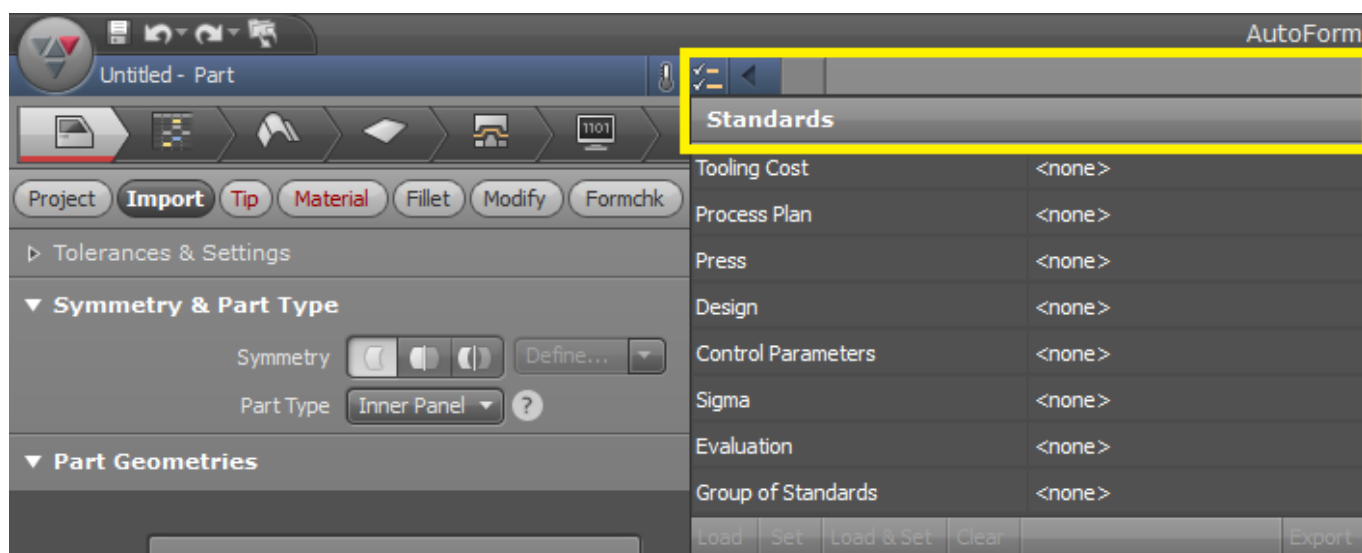


Рисунок 35 – Выгрузка стандартов

2.5 Выводы

Алгоритм определения стоимости штамповой оснастки на стадии раннего проектирования и метод редактирования стандартов являются основой для проведения симуляции для операции «вытяжка» с учетом стоимости на изготовление штамповой оснастки на стадии раннего проектирования, основываясь только на геометрию детали.

Для анализа структур стандартов Autoform:

1. Разработан алгоритм определения стоимости штамповой оснастки в Autoform (рисунок 36) и метод редактирования стандартов в Autoform.

Алгоритм определения стоимости штамповой оснастки напрямую зависит от импорта геометрии детали, так как в решатель модуля CostEstimator встроен основной критерий для оценки стоимости «Геометрия детали», без которого невозможно выполнить анализ стоимости штамповой оснастки.

2. Создана методика редактирования стандартов, которая состоит из следующей последовательности действий:

- открытие и вывод на экран базы стандартов Autoform;
- выбор из существующих стандартов стандарта для редактирования;
- создание нового (New) стандарта на базе существующей базы стандартов Autoform;

- редактирование параметров стандарта;
- сохранение отредактированного стандарта;
- загрузка в базу стандартов нового пользовательского стандарта.

Алгоритм определения стоимости штамповой оснастки и метод редактирования стандартов раскрывают функционал приложения CostEstimator программного продукта AutoForm. Это помогает точно спрогнозировать затраты на производство оснастки для штампованных деталей, что позволяет оптимизировать процесс производства и оценивать затраты на стадиях планирования.



Рисунок 36 – Алгоритм определения стоимости штамповой оснастки

3 Моделирование вытяжных переходов и оснастки в Autoform

3.1 Методика разработки и анализа технологического процесса листовой штамповки в Autoform на базе CostEstimator

Создание технологического процесса листовой штамповки в Autoform заключается в разработке упорядоченной последовательности технологических операций и наладок с целью изготовления изделия. Этот программный продукт позволяет выполнить оценку стоимости рабочего инструмента на ранних стадиях планирования технологического процесса и конструкции штампов. С AutoForm CostEstimator, каждый конструктивный элемент изделия, который оказывает влияние на стоимость технологической оснастки, становится автоматически ассоциативен с производственной операцией, а также AutoForm обладает интеллектуальной методологией оценки затрат операций штамповки. Оценка затрат на изготовление инструмента для изготовления деталей, основана на CAD данных детали и упорядоченной последовательности технологических операций, что позволяет более последовательно, надежно и быстро выполнить оценку затрат.

Методика разработки и анализа технологического процесса листовой штамповки в Autoform на базе CostEstimator состоит из следующих этапов:

- создание проекта в Autoform;
- в функционале Part Stage прописывается информация о проекте (Project), выполняется импорт геометрии детали и рабочего инструмента (Import), задаются допуски (Import), определяется центр положения штампа (Tip), из библиотеки задается материал и толщина изделия (Material), при необходимости выполняется сглаживание острых краев (Fillet), выполняется проверка штампуемости (Formchk);
- используя функционал, Plan Stage выбирается оборудование и создаются операции технологического процесса для детали, составляется макет процесса, подключается модуль CostEstimator для Tooling и Piece Cost;

- в функционале Die Face Stage пользователь создает поверхности инструментов (Binder, Addendum, Punch, Die), проводят проверку линий обрезки и проверку штампуемости ограничение в соответствии с производственной линией и технологическим планом, определенным на этапе планирования;
- в функционале Blank Stage пользователь определяет размер и форму заготовки самостоятельно или выгружает существующую геометрию заготовки, разрабатывает раскрой;
- в функционале Process Stage определяются технологические параметры штамповки и конструктивные особенности штампов для всех операций, которые указаны в Plan Stage и передаются в решатель AutoForm-Incremental;
- подключаются стандарты пользователя, которые пользователь создает до начала разработки технологических процессов и штампов в AutoForm;
- в функционале Simulation осуществляется расчет с помощью метода конечных элементов моделирование штамповки, проверка штампуемости, а также показателей качества и напряженно-деформированного состояния разработанного процесса изготовления изделия;
- анализ технологического процесса листовой штамповки с учетом стоимости выполняется в функционале Tooling, где проводится детальный расчет стоимости оснастки и соответствующих затрат ресурсов.

Первым этапом разработки нового техпроцесса является создание нового проекта в основном меню, используя опцию New. Функционал Part Stage посвящен подготовке импортированной геометрии для дальнейшей разработки технологического процесса и штампов, технико-экономического обоснования возможности штамповки изделия на «раннем» этапе проектирования, а также

определению исходных данных для формирования технологического плана. Функционал Part Stage содержит 7 основных опций:

1. Опция Project - предлагает возможность создания файла проекта, в который записывают всю общую информацию и комментарии, связанные с проектом (рисунок 37)

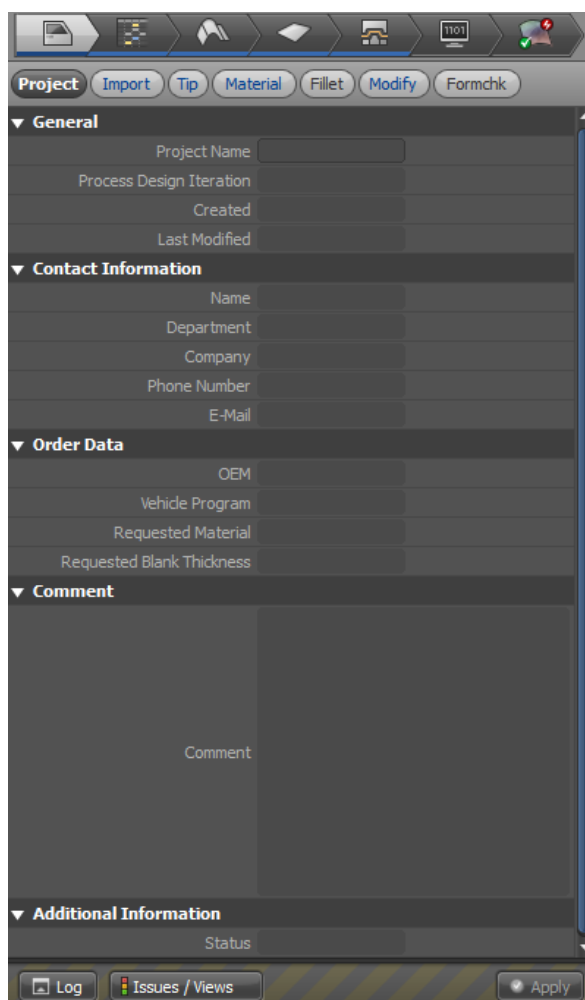


Рисунок 37 – Project

2. Опция Import – транслирует все геометрические данные, используемые в качестве исходных входных данных для проектирования, включая геометрию детали, инструменты / дополнительные геометрии, кривые, точки и системы координат, в созданный файл с помощью опции Project. Допуски и настройки, используемые для проектирования, также можно определить в процессе выполнения импорта геометрии (рисунок 38)

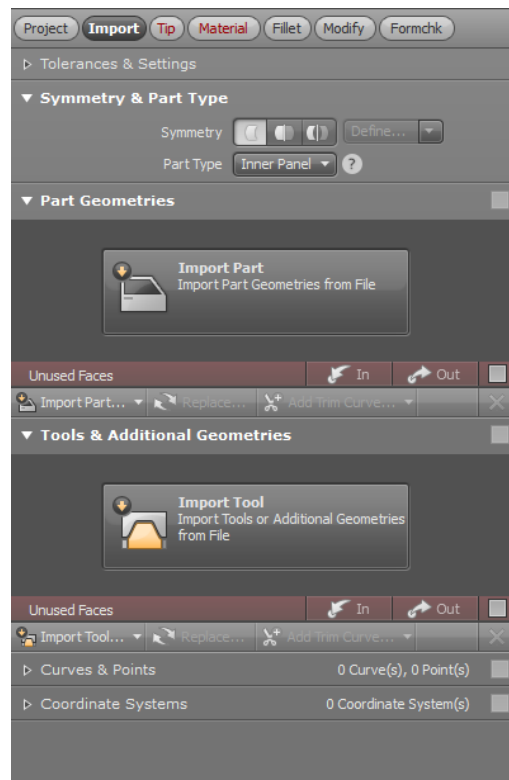


Рисунок 38 – Import

3. Опция Tip – позволяет определить, положение системы координат изделия относительно системы координат пресса. Провести визуализацию поверхностей изделия при различном наклоне их для всех относительно центра штампа и оси z (рисунок 39)



Рисунок 39 – Tip

4. Опция Material – позволяет внести в созданный файл проекта физико-механические свойства заготовки из существующих баз материалов. В этой опции они могут быть импортированы и отредактированы. (рисунок 40)

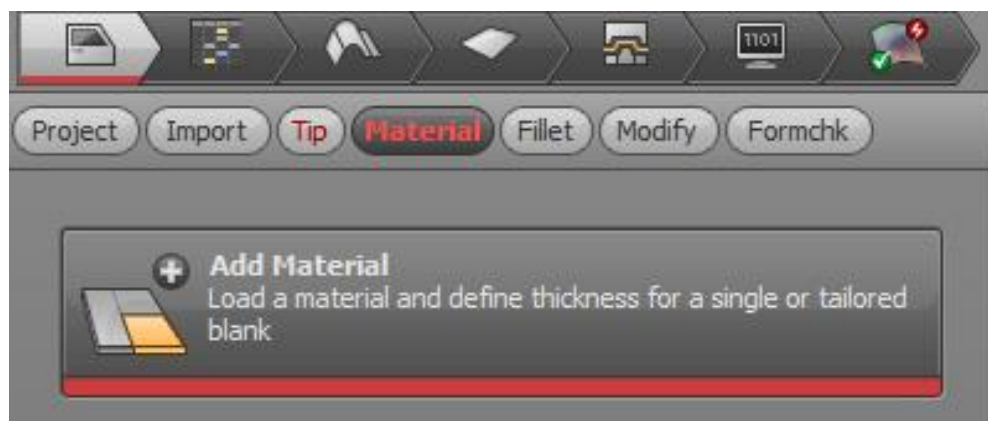


Рисунок 40 – Material

5. Опция Fillet – предназначена для построения корректной сетки конечных элементов для импортированной геометрии, которая может содержать острые края. Их можно скруглить и подготовить для моделирования, используя данную опцию (рисунок 41)

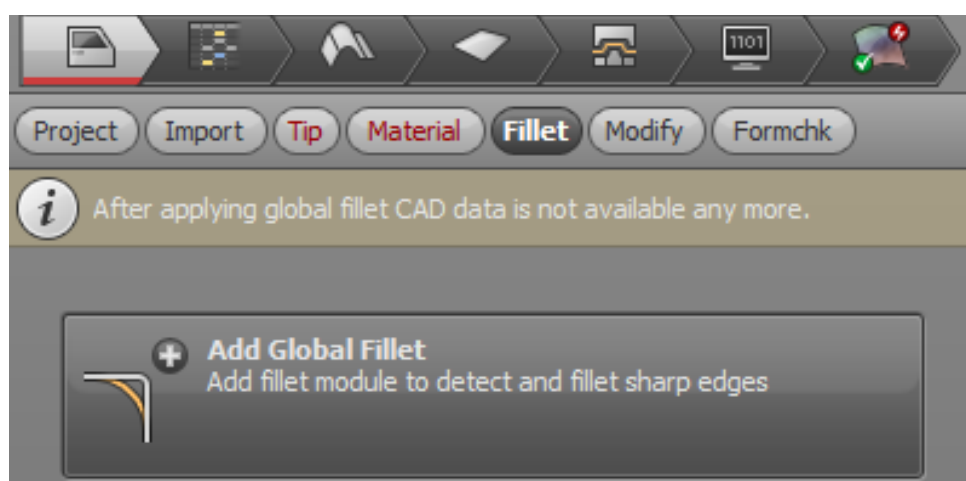


Рисунок 41 – Fillet

6. Опция Modify – включает в себя 9 операций, которые позволяют пользователю уточнять и изменять импортированную геометрию. При вызове

компенсации для полностью импортированных инструментов модуль компенсации будет автоматически добавлен в список (рисунок 42)

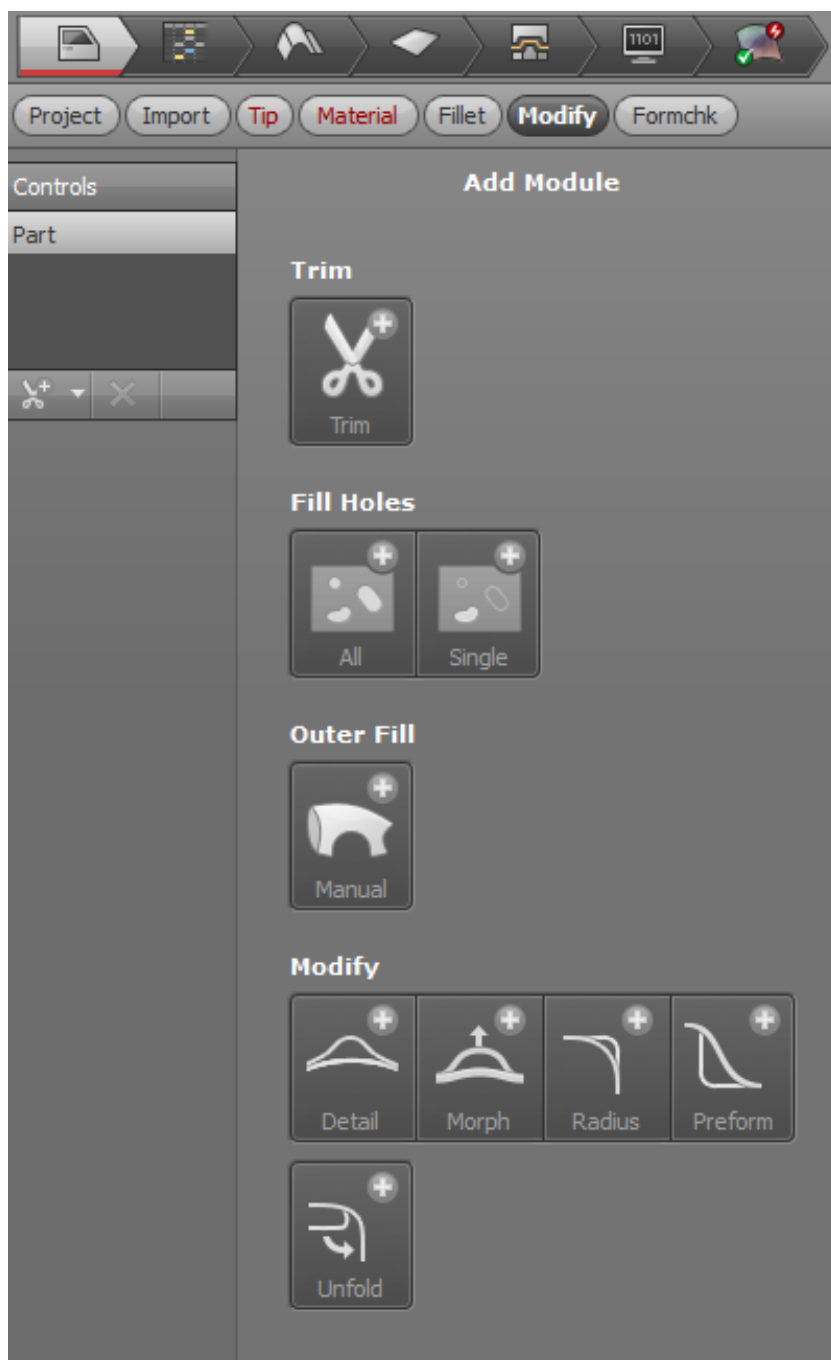


Рисунок 42 – Modify

7. Formchk – опция необходимая для установления на ранних этапах проектирования штампуемости, вытягиваемых Drawn Parts и подверженных гибке Bend Parts изделий (рисунок 43)

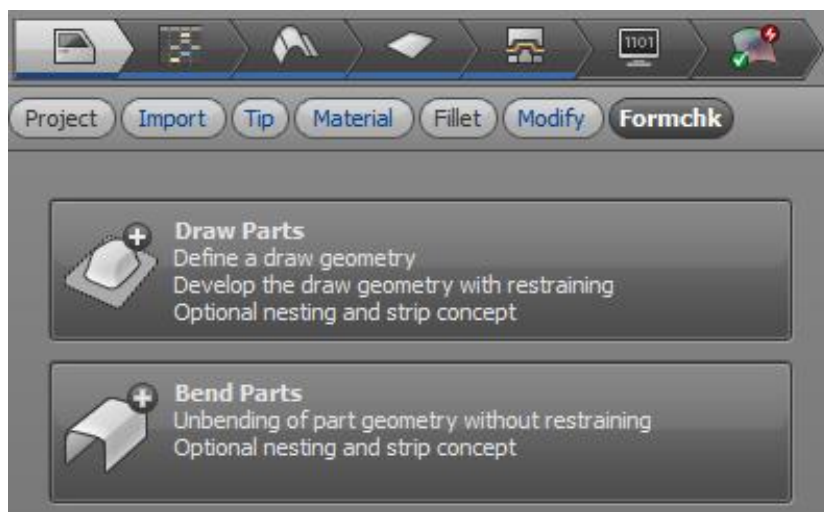


Рисунок 43 – Formchk

На этапе разработки технологического процесса в модуле Plan Stage можно определить последовательность процесса штамповки для геометрии импортируемой детали. После выбора одного из пяти предоставленных процессов пользователь должен назначить пресс из базы данных прессов (стандартов). В зависимости от выбранного процесса при создании плана автоматически создается соответствующая последовательность операций. На следующем этапе можно определить элементы детали и назначить производственную последовательность (стандарты обработки или так называемые единицы обработки) каждому элементу автоматически или вручную. Каждая операция и каждая единица обработки автоматически создают соответствующие операции и инструменты на последующих этапах. Таким образом, все модули являются последовательными и избыточной работы можно избежать. Функционал Plan Stage состоит из 5 основных опций:

1. Опция Settings используется для назначения параметров настройки для функционала Plan Stage. Эти настройки необходимы для того, чтобы определить, какие параметры автоплана активны и как они будут применяться в новом технологическом процессе. Также назначаются технологически обоснованные параметры, связанные с процессами пробивки и обрезки. Эти параметры и настройки также доступны для назначения в стандарте Design Standard. Пользователь может либо работать с загруженным стандартом, либо

применять настройки через графический интерфейс, перезаписывая загруженные или стандартные параметры по умолчанию (рисунок 44)

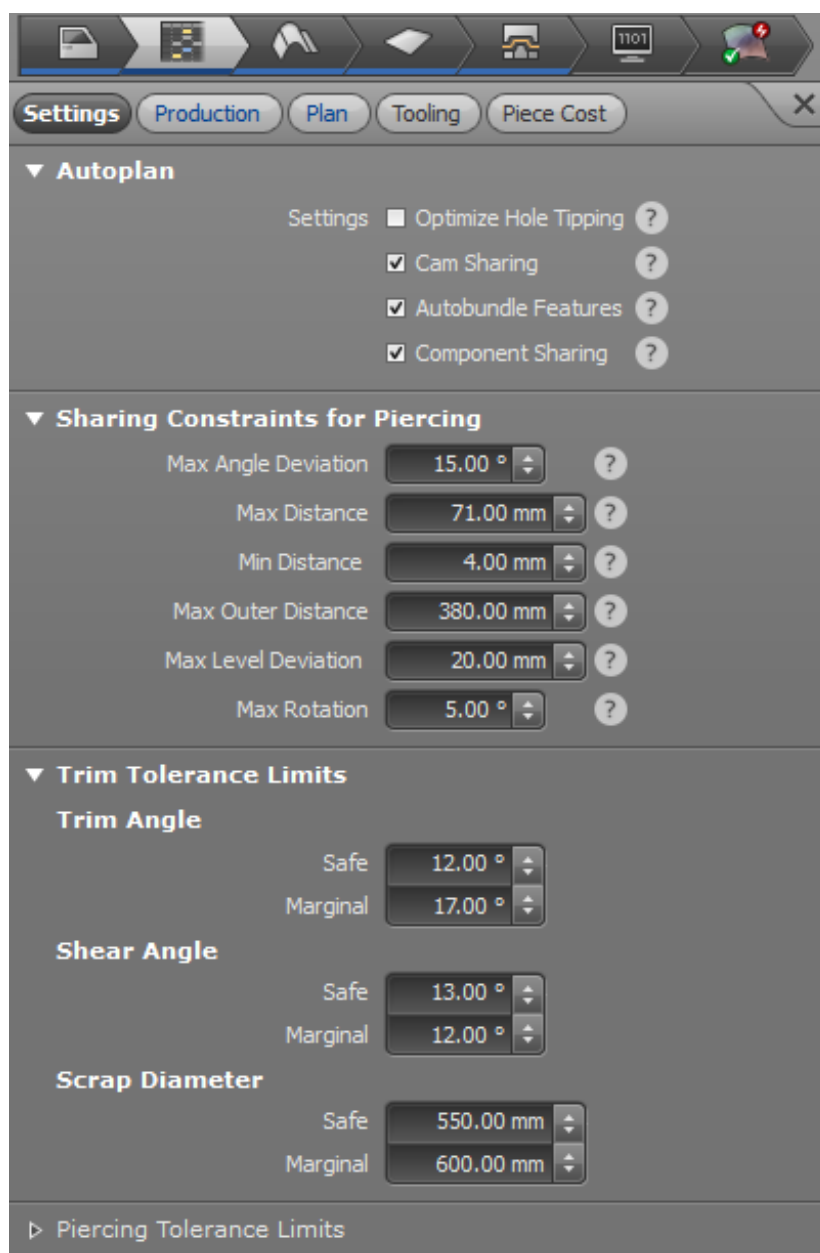


Рисунок 44 – Settings

2. Опция Production – используется для определения производственного процесса и управления информацией о технологических последовательностях операций. Кроме различных технологических операций на прессах доступны операции фланцовки, контроля и нагрева заготовок (рисунок 45)

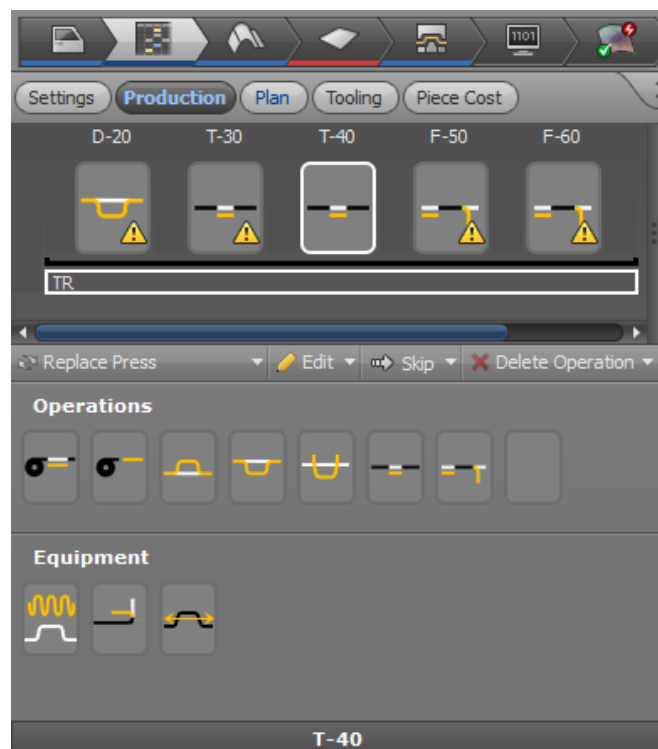


Рисунок 45 – Production

3. Опция Plan – определяет макет процесса для импортированной геометрии. Такая схема табличного процесса описывает, что, как и где обрабатывается определенный элемент детали (рисунок 46)

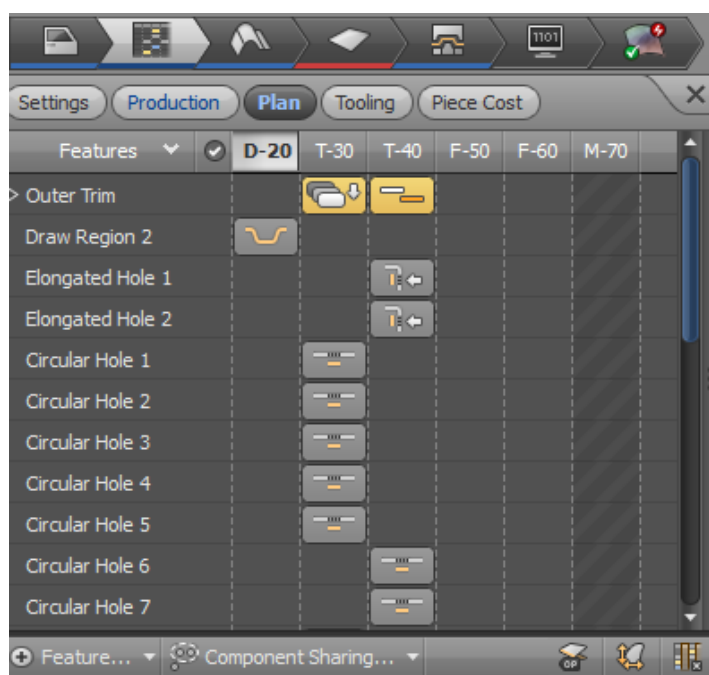


Рисунок 46 – Plan

4. Опция Tooling – выполняет детальный расчет стоимости оснастки и соответствующих затрат ресурсов, а также другую соответствующую информацию можно добавить с помощью кнопки Добавить оснастку. Страница инструментов содержит пять переключателей вида: входные данные, обзор, компоненты, стоимость, ресурсы (рисунок 47)

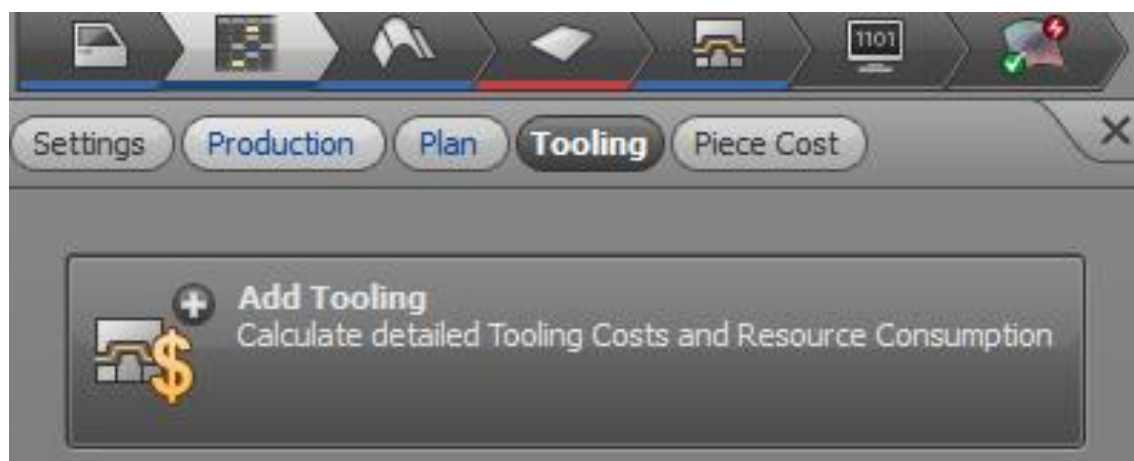


Рисунок 47 – Tooling

5. Опция Piece Cost – общая стоимость за штуку рассчитывается в рамках этого шага. Эта стоимость состоит из нескольких категорий: оснастка и расходы на техническое обслуживание, стоимость материала, стоимость производственной линии, стоимость передела, стоимость логистики (рисунок 48)

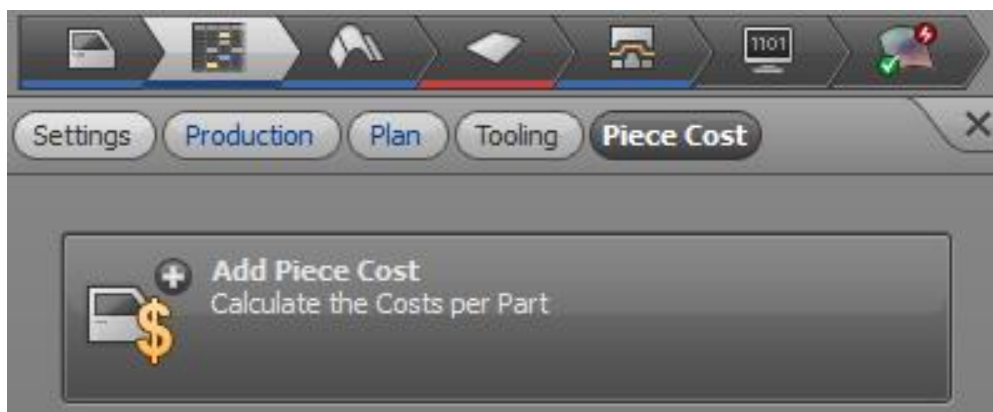


Рисунок 48 – Piece Cost

Функционал Die Face Stage (рисунок 49) посвящен проектированию геометрии штамповых инструментов в соответствии с производственной линией и технологическим процессом, которые заданы на этапе планирования. Программное обеспечение позволяет быстро оценить несколько альтернативных концепций процесса. Операции и их содержание автоматически запускаются со стадии плана и не могут быть существенно изменены на стадии штамповки. Любое изменение, выполненное на стадии плана, немедленно распространяется на стадию граней штампа и наоборот. Последовательность моделирования геометрии инструментов штампа операций должна быть выполнена, начиная с последней операции (например, формовка) и возвращаясь к первой (например, вытяжка). Эта процедура позволяет скопировать выбранные грани в геометрию инструмента в предыдущую операцию, в противном случае они автоматически удаляются.

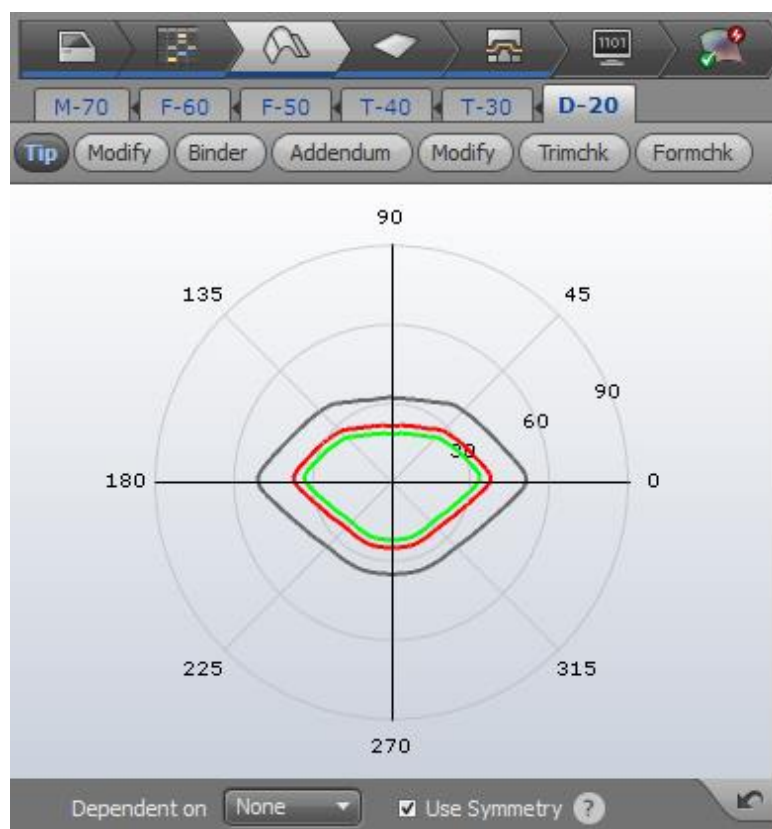


Рисунок 49 – Die Face Stage

Функционал Blank Stage (рисунок 50) предлагает опции для: определения заготовки (контур, угол наклона заготовки, её положение, тип симметрии), вырезов заготовок, линий сварки, зон прокатки заготовок и зон заплат, а также ограничивающих линий для моделирования; вложенность и встраивание контура в раскрое (оптимизация по площади или цене); обзор результатов (вес и цены, вид заготовки и рулона).

В зависимости от доступных входных данных пользователь может выбрать один из четырех вариантов определения заготовки: создание плоской заготовки; создание заготовки для прогрессивного штампа; создание предварительно деформированной заготовки, создание предварительно сформированной заготовки.

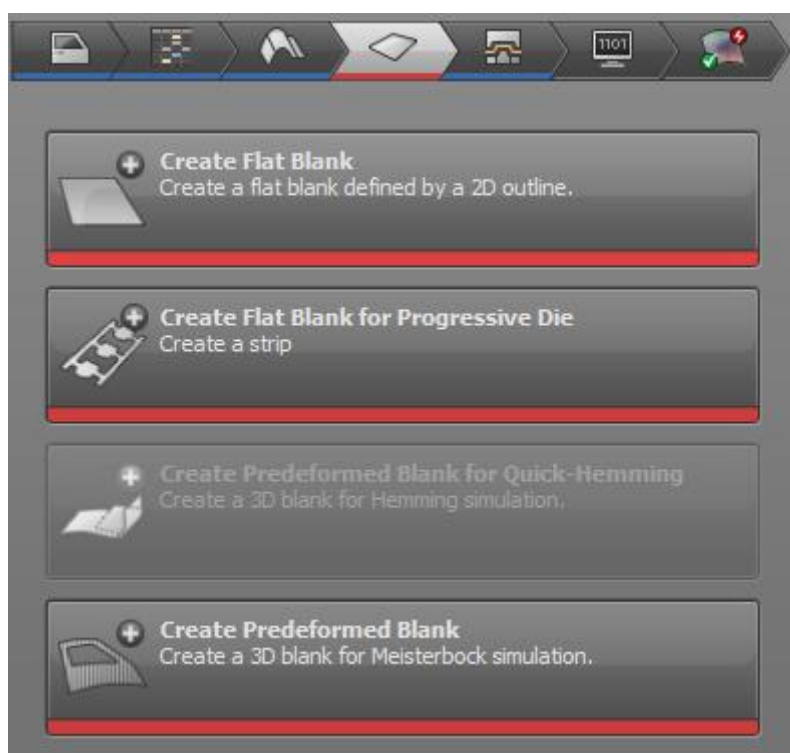


Рисунок 50 – Blank Stage

В функционале Process Stage все входные данные для всех операций определяются на этом этапе и передаются в решатель AutoForm – Incremental. Это включает информацию о количестве и последовательности шагов операции, геометрии инструмента, положении инструмента и кинематике.

Далее подключается функционал Simulation для решения моделирования процессов листовой штамповки.

Для выполнения анализа технологического процесса листовой штамповки в Autoform на базе CostEstimator, необходимо в функционале Plan Stage открыть опцию Tooling, и программа автоматически выведет диаграммы и таблицы с затратами по операциям.

В опции Tooling (рисунок 51) проводится детальный расчет стоимости оснастки и соответствующих затрат ресурсов.

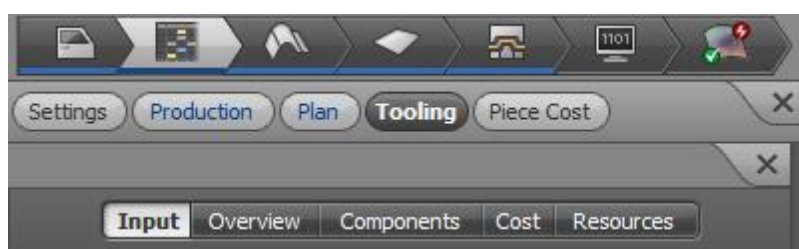


Рисунок 51 – Затраты в Tooling

Во вкладке Input (входные данные) (рисунок 52) представлены следующие параметры:

The image shows the 'Input' sub-tab within the 'Tooling' section. It features a sub-menu with buttons for 'Input', 'Overview', 'Components', 'Cost', and 'Resources'. Below the sub-menu, there are two expandable sections: 'Calculation Settings' and 'Additional Cost'. The 'Calculation Settings' section includes fields for 'Part Type' (Inner Panel), 'Calculate Second Set of Dies' (No), 'Include Symmetry Calculation' (No), and 'Coil Material Type' (Medium Strength Steel). The 'Additional Cost' section is currently expanded, showing a table with three columns: 'Operation', 'Cost Value €', and 'Description'.

Рисунок 52 – Input

1. Тип Детали (Part Type) влияет на расчет на уровне компонентов, а также на расчет механической обработки. Тип детали задается на этапе импорта (симметрия и тип детали) и может быть изменен только там.

2. Расчет второго комплекта штампов (Calculate Second Set of Dies), если опция включена, то для симметричной детали автоматически рассчитывается второй набор штампов (если вторая деталь отсутствует в импортируемой геометрии), например, определив технологический план задней двери слева, вы можете включить набор штампов для соответствующей задней двери справа в стоимость оснастки с помощью этой опции.

3. Расчет симметрии (Include Symmetry Calculation), если установлено значение да, то деталь вычисляется как симметричная деталь. Это значение автоматически устанавливается в зависимости от параметра симметрии, выбранного при импорте детали. Но можно переопределить настройки, если, например, была импортирована вся геометрия симметричной детали (вместо одной половины геометрии).

4. Тип рулона материала (Coil Material Type) в зависимости от прочности и плотности материала для выбранного материала будет применен адекватный коэффициент доплаты к общей стоимости за операцию.

5. Дополнительные затраты (Additional Cost) пользователь может ввести затраты, которые не учитываются в рамках стандартного расчета. Дополнительные затраты определяются для каждой операции.

Во вкладке Overview (рисунок 53) отображаются наиболее важные сведения, касающиеся расчета затрат и плана процесса, перечислены на вкладке Overview tab. Стоимость одной операции (Cost per Operation) содержит информацию об общей стоимости и гистограмму с указанием общей стоимости для каждой операции и набора штампов. Стоимость по категориям (Cost per Category) содержит круговую диаграмму распределения общих затрат по различным категориям затрат и сводную информацию о содержании каждой операции.

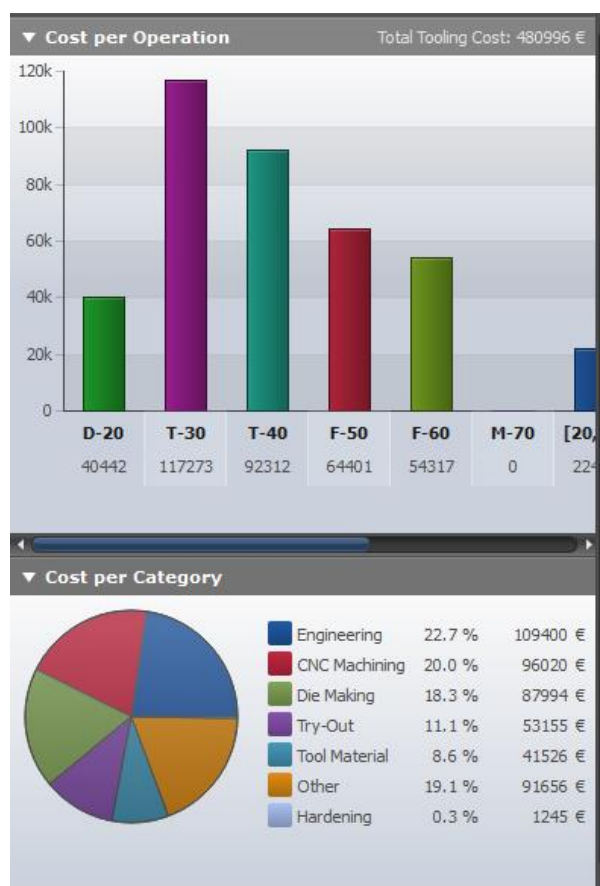


Рисунок 53 – Overview

Во вкладке Components (рисунок 54) представлен набор компонентов инструмента, связанных с каждым этапом обработки, базовым узлом и штампом. Во вкладке перечислены все компоненты инструмента, рассматриваемые для расчета. Список сортируется по операциям. Для каждой выбранной операции из списка слева сначала перечисляются все компоненты обработки, а затем компоненты для базовой сборки. Базовая сборка и компоненты набора штампов доступны и редактируются с этапа производственной линии. Доступ к компонентам обработки можно получить с этапа плана процесса. Все компоненты инструмента, которые необходимы для соответствующего действия инструмента, определяемого блоком обработки, связаны с блоком обработки. При выборе единицы обработки на панели план процесса и щелчке правой кнопкой мыши/правка откроется диалоговое окно на месте со списком всех доступных компонентов и подробными расчетами для выбранного компонента. В разделе Сведения перечислены потребление

ресурсов и результирующие затраты для каждого этапа производства и материала. Каждый компонент имеет определенные редактируемые или видимые параметры (видимые значения являются информационными, они не влияют на расчет).

Input Overview Components Cost Resources		
OPs and Die Sets		
D-20	▼ Processing Unit Components	
T-30	Punch	1
T-40	Die	1
F-50	Binder (without Adapter)	1
F-60	▼ Base Assembly Components	
M-70	Shim	8
Die Set [D-20]	Blank Guide	4
Die Set [T-30]	Springloaded Ejector/Stripper	8
Die Set [T-40]	Panel Lifter	2
Die Set [F-50]	Guide Pin bet...ower Die Shoe	2
Die Set [F-60]	Guide Bushing...ower Die Shoe	2
	Bolt M10	6

Рисунок 54 – Components

Во вкладке Cost (рисунок 55) показан результат затрат на инструментальные средства. Каждая строка таблицы затрат соответствует производственному этапу или материалу соответственно, а каждый столбец – операции или штампу соответственно. Общая стоимость каждого этапа производства или материала (сумма в строке), соответственно, и общая стоимость для каждой операции, а также общая сумма затрат на закалку и материал рассчитываются для выпуска продукции. Строка дополнительных затрат содержит значения, добавленные на вкладке ввод. Строка доплаты содержит доплату за все расходы в рамках одной операции. Это материальная надбавка, определенная в стандарте Оснастки.

Input Overview Components Cost Resources						
Item €	Total	D-20	T-30	T-40	F-50	F-60
▶ Engineering	109'400	14'356	24'728	19'146	15'272	1
▶ CNC Machining	96'020	10'021	23'659	16'449	16'589	1
▶ Die Making/...nufacturing	87'994	3'606	24'668	16'368	11'713	
▶ Die Tryout	53'155	4'246	19'446	12'904	10'249	
▶ Cast / Steel	38'522	4'629	4'198	3'477	3'546	
▶ Other Materials	3'005	77	746	743	528	
▶ Other Costs	82'225	2'714	17'089	21'084	4'824	1
▶ Hardening	1'245	-	440	332	417	
Additional Cost	-	-	-	-	-	
Surcharges	9'431	793	2'299	1'810	1'263	
Total	480'996	40'442	117'273	92'312	64'401	5

Рисунок 55 – Cost

Среди этих категорий - тридцать два этапа производства, пятнадцать типов материалов и четыре типа упрочнения (подробный список см. ниже). Затраты в графическом интерфейсе представлены в виде округленных значений; в экспорте затрат- неокругленные значения. С помощью кнопки Show Kilo внизу можно переключить отображение значений на более короткую нотацию со множителем 1000 и обратно (показать 1000).

Во вкладке Resources (рисунок 56) в верхней части таблицы ресурсов указаны расчетные трудозатраты и часы обработки. В разделе материалов ниже указано количество необходимого материала в кг (за исключением готовых компонентов/стандартных компонентов). Для упрочнения дополнительно указывается расчетное количество килограммов (в случае закалки сталей или полного упрочнение соответственно) или в метрах (лазерное поверхностное упрочнение или индукционное упрочнение соответственно). Второй столбец показывает для каждой строки единицу измерения, в которой она вычисляется.

Input Overview Components Cost Resources						
Item	Unit	Total	D-20	T-30	T-40	F-5
▼ Engineering	h	1'675	225	373	286	
Process La...Simulation	h	53	11	11	11	
Full 3D Tool Design	h	914	107	208	164	
Styrofoam Pattern	h	307	58	44	27	
Full 2D a...ogramming	h	402	48	110	85	
▶ CNC Machining	h	1'282	137	330	221	
▶ Die Making/...nufacturing	h	1'467	60	411	273	
▶ Die Tryout	h	747	55	280	186	
▶ Cast / Steel	kg	26'050	1'714	2'590	2'230	
▶ Other Materials	-	-	-	-	-	
▶ Other Costs	-	82'225	2'714	17'089	21'084	
▶ Hardening	-	-	-	-	-	

Рисунок 56 – Resources

3.2 Проектирование геометрии и основных элементов штамповой оснастки для вытяжных операций в Autoform на базе CostEstimator

Проектирование геометрии и основных элементов штамповой оснастки для вытяжной операции выполняется с использованием модулей Part Stage, Plan Stage, Process Stage.

«Математические модели используют при прогнозировании поведения моделируемых объектов. Математическое описание является отражением физической сущности процесса со свойственными ему особенностями и ограничениями. Эти особенности и ограничения должны учитываться как при формулировании задачи, так и при составлении описания и выборе численного метода моделирования» [16, с. 7].

Проектирование геометрии и основных элементов можно выполнить в CAD системе NX, спроектированную геометрию необходимо преобразовать в поверхности без учета толщины. Данный процесс в NX выполняется с использованием функции «Копировать грань» (рисунок 57)

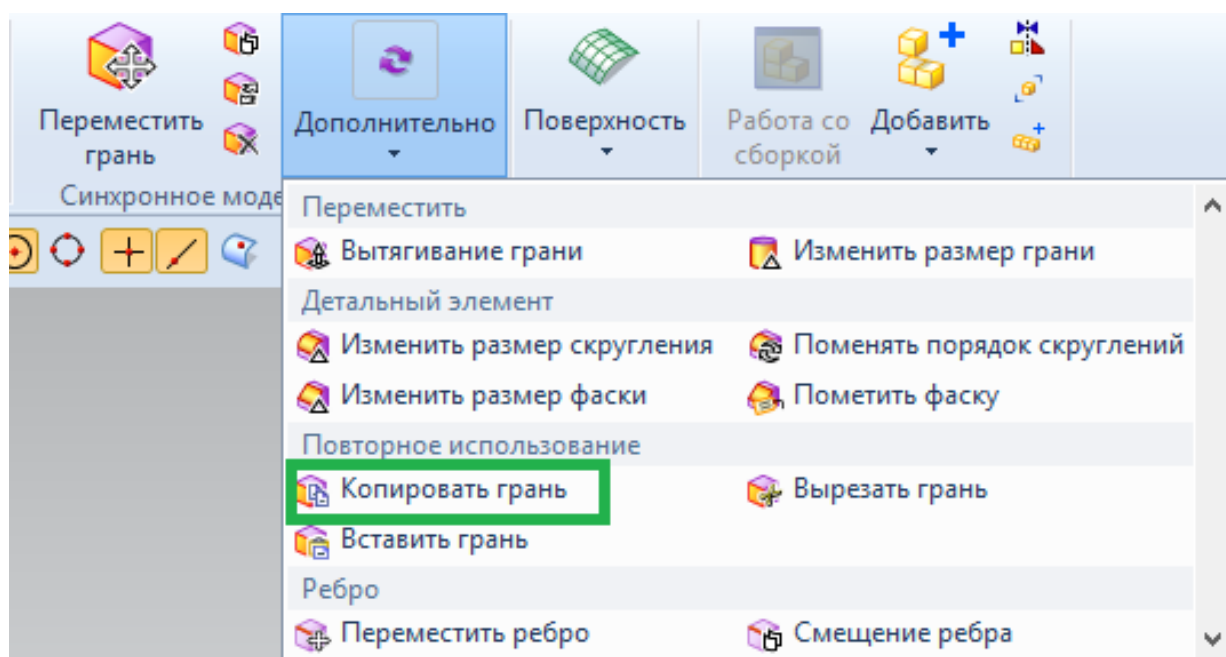


Рисунок 57 – Функция «Копировать грань» в NX

После того как функция активируется с геометрии детали необходимо скопировать все необходимые грани для операции вытяжки (рисунок 58)

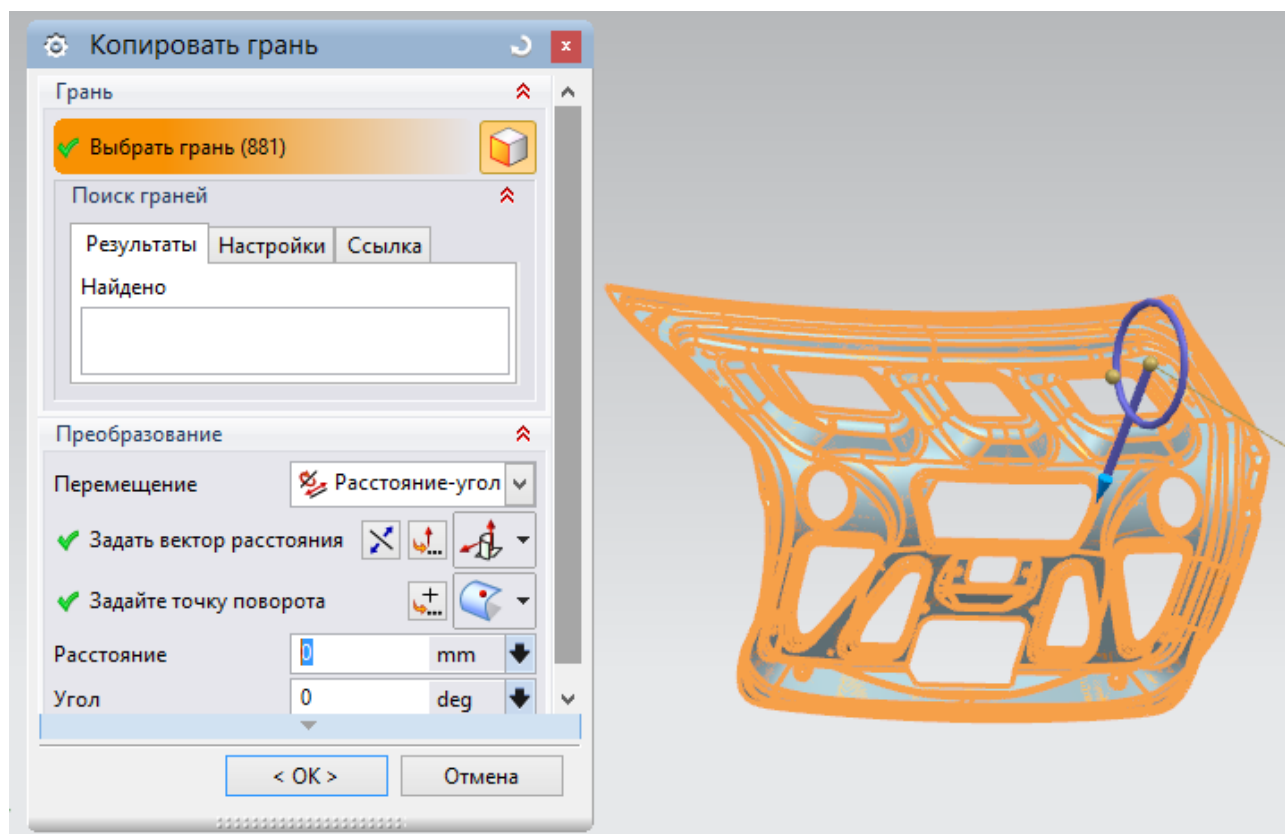


Рисунок 58 – Подготовка рабочего инструмента для операции «Вытяжка»

При необходимости все отверстия можно зашить в NX используя опцию «Зашивка отверстий» (рисунок 59)

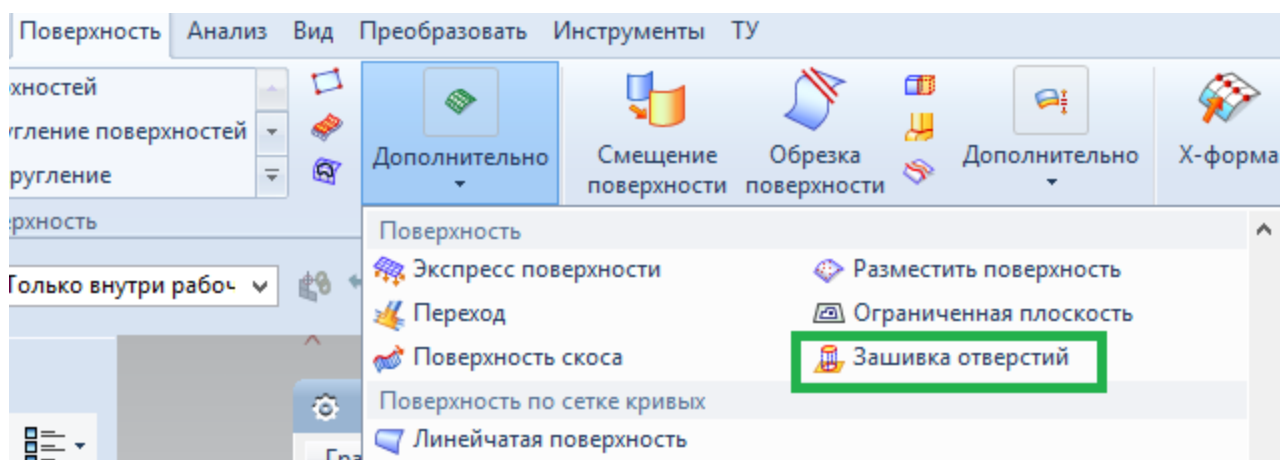


Рисунок 59 – Зашивка отверстий в NX

После того, когда вся геометрия инструмента подготовлена для вытяжной операции, необходимо выполнить экспорт геометрии рабочего инструмента. С этой целью следует использовать в основном меню функцию «Экспорт» и выбрать формат IGES, далее выбрать необходимую геометрию для экспорта и выполнить операцию. В Autoform в функционале Part Stage выбрать опцию Import Tools и произвести импорт подготовленного рабочего инструмента (рисунок 60)

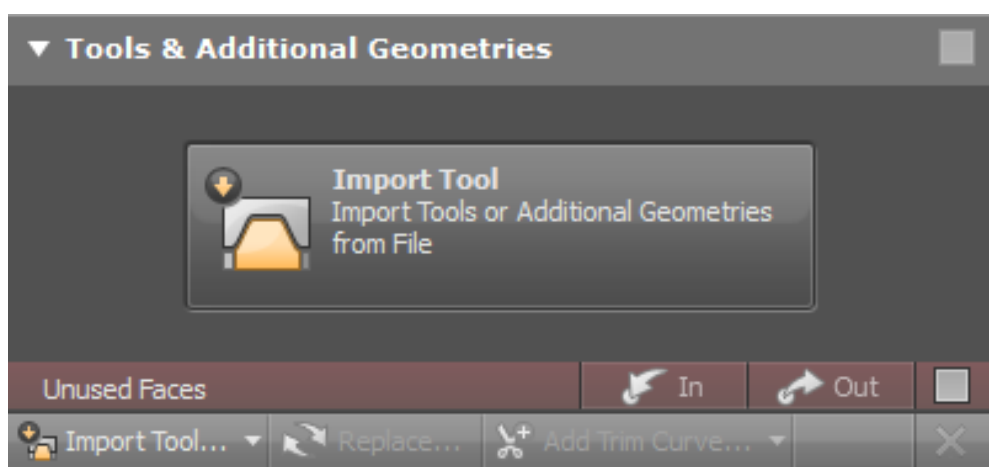


Рисунок 60 – Импорт рабочего инструмента

Для корректности выполнения симуляции в Autoform также нужно выполнить импорт геометрии детали, данный процесс выполняется, как и для рабочего инструмента, только в Autoform используется опция Import Part. После импорта всех необходимых геометрий необходимо переключиться в функционал Plan Stage.

В Plan Stage необходимо выбрать опцию Create Plan (рисунок 61)

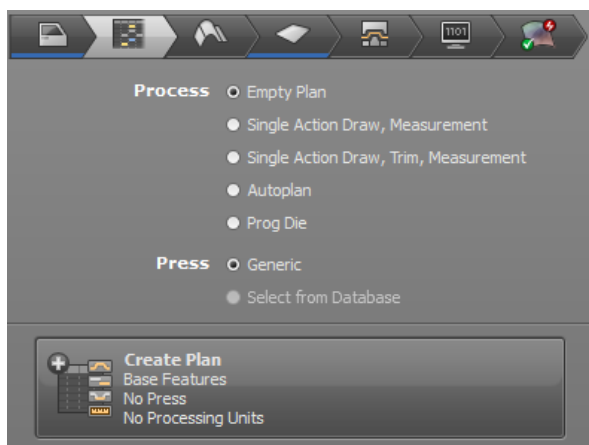


Рисунок 61 – Создание плана процесса

Во вкладке Production для операции «Вытяжка» выбрать из Operations операцию Double Action Draw (рисунок 62)

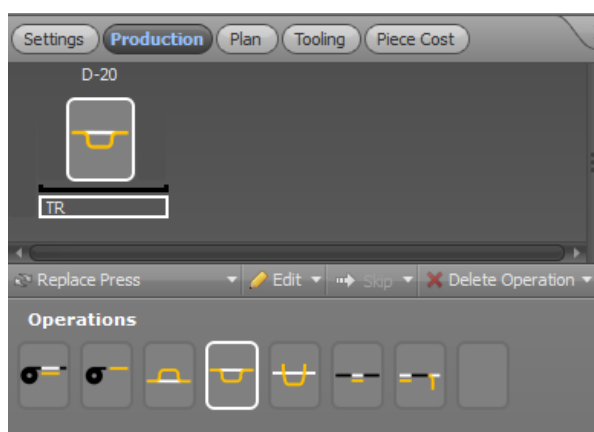


Рисунок 62 – Операция «Вытяжка» в Autoform

Для операции «Вытяжка» в Autoform нужно назначить оборудование, данная операция выполняется, используя кнопку «Replace Press» (рисунок 63)

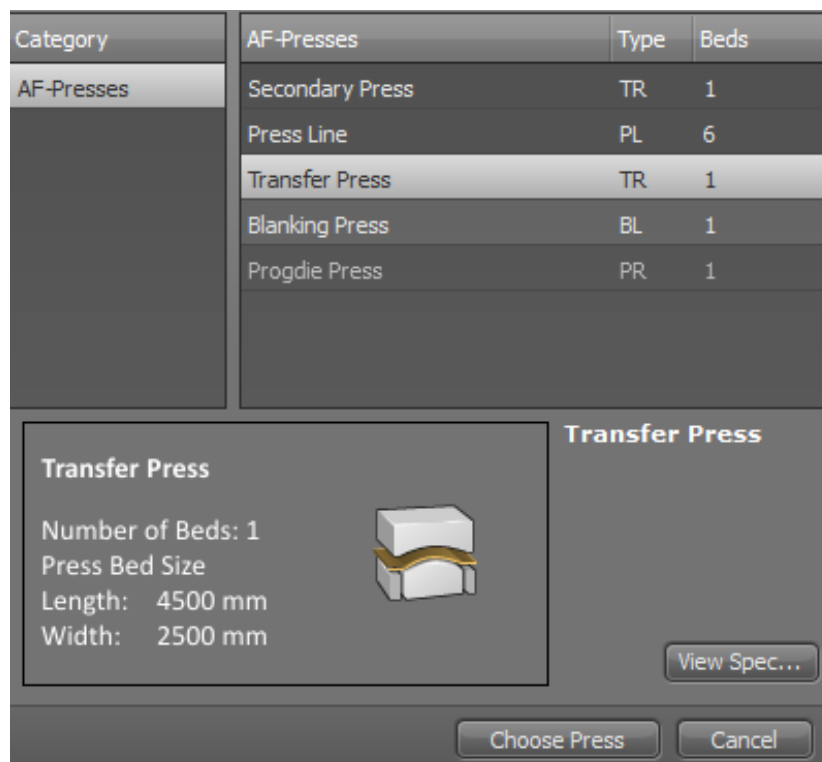


Рисунок 63 – Назначение оборудования

В опции Plan в таблице план процесса пользователь определяет макет процесса, напротив строки Draw Region 1 на операции D-20 нужно выбрать двойным щелчком мышки функцию Drawing (рисунок 64)

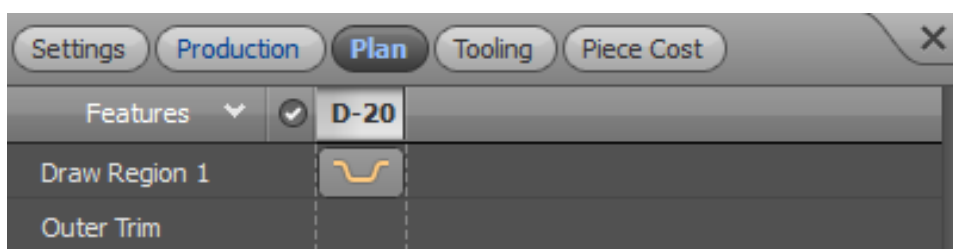


Рисунок 64 – План процесса для вытяжки

В функционале Process Stage выполняется назначение рабочего инструмента с использованием опции Tools. Для Ram нужно выбрать пуансон (Punch) для этого нужно выбрать опцию Geometry -> Define и выбрать необходимую оснастку из списка, также назначить движение Tool Contact -> Upper Side of Blank, а в Support Type указать Rigid (рисунок 65)

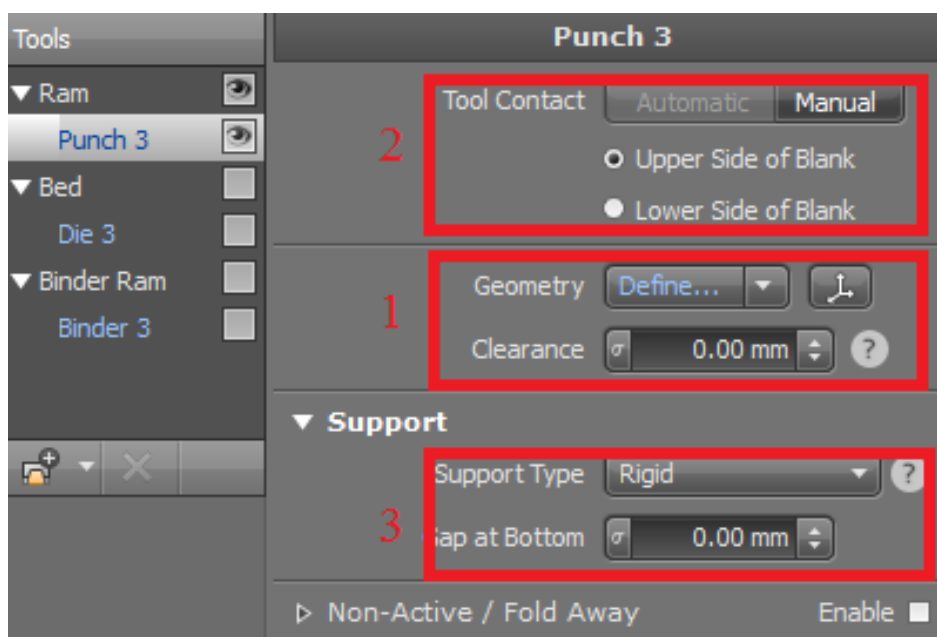


Рисунок 65 – Параметры для Punch

Для Bed нужно выбрать матрицу (Die) для этого для этого нужно выбрать опцию Geometry -> Define и выбрать необходимую оснастку из списка, далее назначить движение Tool Contact -> Lower Side of Blank, в Support Type указать Rigid (рисунок 66)

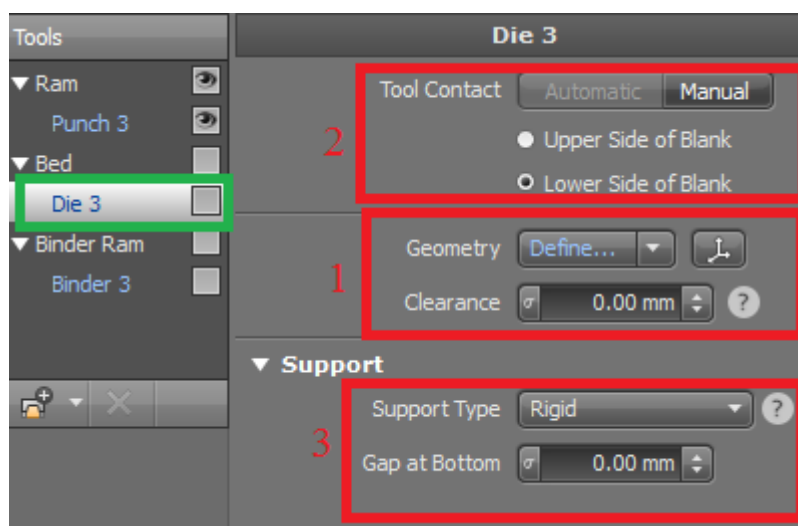


Рисунок 66 – Параметры для Die

Для Binder Ram нужно выбрать прижим (Binder) для этого для этого нужно выбрать опцию Geometry -> Define и выбрать необходимую оснастку из

списка, далее назначить движение Tool Contact -> Upper Side of Blank, в Support Type указать Force Controlled относительно Die, далее указать ход и усилие для каждой операции эти значения свои (рисунок 67)

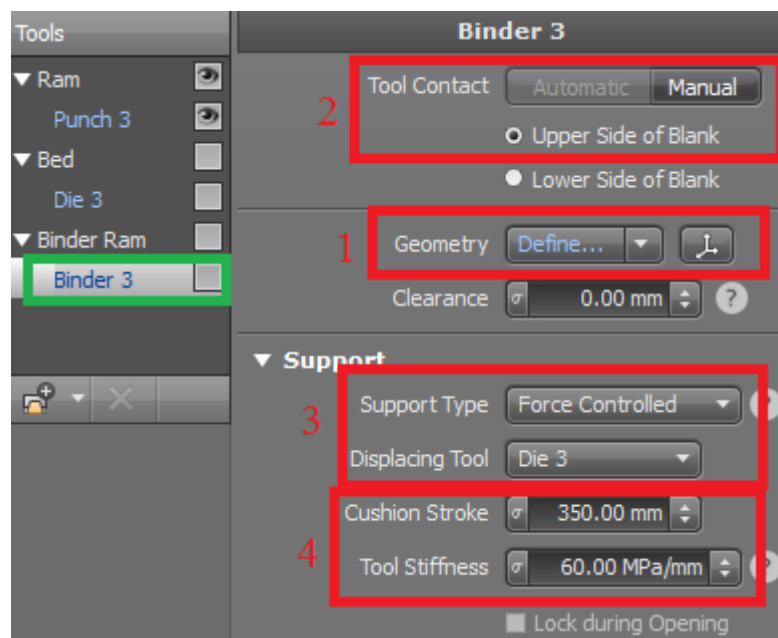


Рисунок 67 – Параметры для Binder

После завершения задания параметров импорта, плана, заготовки, процесса необходимо выполнить симуляцию. Для расчета стоимости рабочего инструмента перед началом симуляции пользователь выгружает стандарты для типового процесса операции и выполняет процесс симуляции. После как проведена симуляция, используя модуль Plan Stage можно оценить затраты на штамповую оснастку используя опцию Tooling.

3.3 Методика назначения параметров технологического оборудования в стандартах Autoform

Для того чтобы назначить параметры технологического оборудования в Autoform, пользователь должен выгрузить стандарт Press через основное меню. В базе данных стандартов Autoform используются четыре типа

технологического оборудования: пресс для вырубки заготовок, линия прессов, многопозиционный пресс и пресс для прогрессивной штамповки.

Первым этапом является создание стандарта в зависимости от типа оборудования. В основном меню стандарта Press необходимо нажать кнопку New и в открывшемся окне выбрать тип оборудования (рисунок 68)

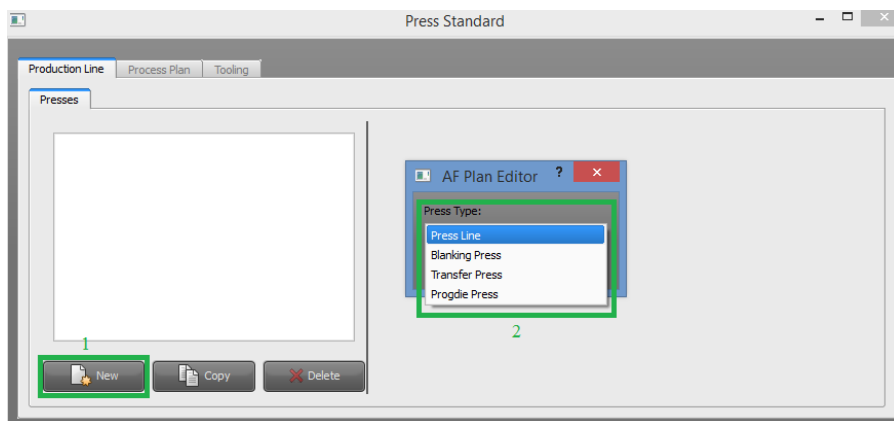


Рисунок 68 – Создание и выбор типа оборудования

Вторым этапом в открывшемся окне, пользователь может задать имя оборудования в модуле Presses во вкладке Customer Presses (рисунок 69)

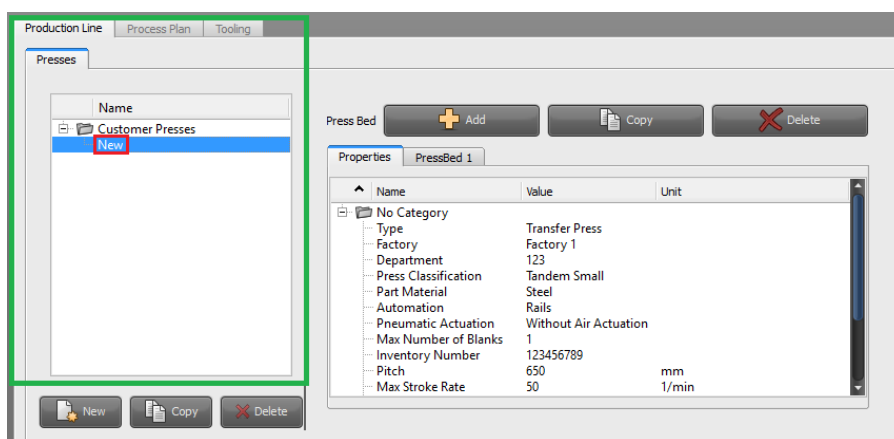


Рисунок 69 – Задание имени оборудования

Третьим этапом пользователь редактирует данные в свойствах пресса, который используется на заводе для производства нужной пользователю детали. В свойствах пользователь может внести данные о типе пресса, заводе,

отделе, классификации пресса, материале детали, автоматизации, пневматическом приводе, максимальном количестве заготовок, инвентарном номере, шаге подачи, максимальной и минимальной скорости хода, времени смены инструмента, почасовой стоимости затрат на пресс (рисунок 70), редактирование выполняется двойным нажатием по нужному параметру и внесению данных пользователя.

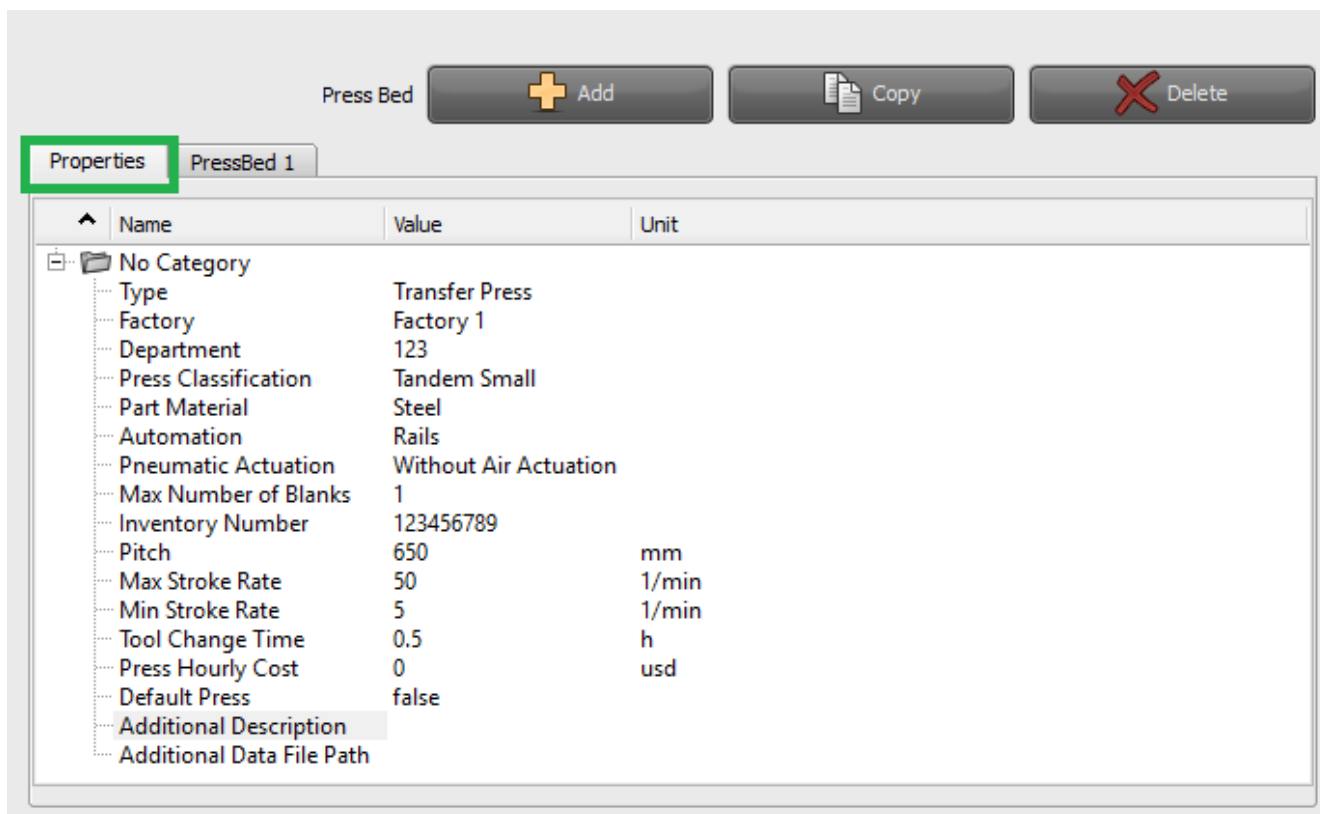


Рисунок 70 – Свойства пресса в стандарте

Четвертым этапом пользователь редактирует свойства ползуна пресса, для того чтобы добавить ползун необходимо нажать кнопку Add. Во вкладке Press Bed приведены следующие характеристики: усилие прижима, усилие на ползуне, ширина ползуна, длина ползуна, ширина и длина станины, закрытая высота, ход (рисунок 71). Редактирование параметров выполняется так же двойным нажатием по нужному параметру.

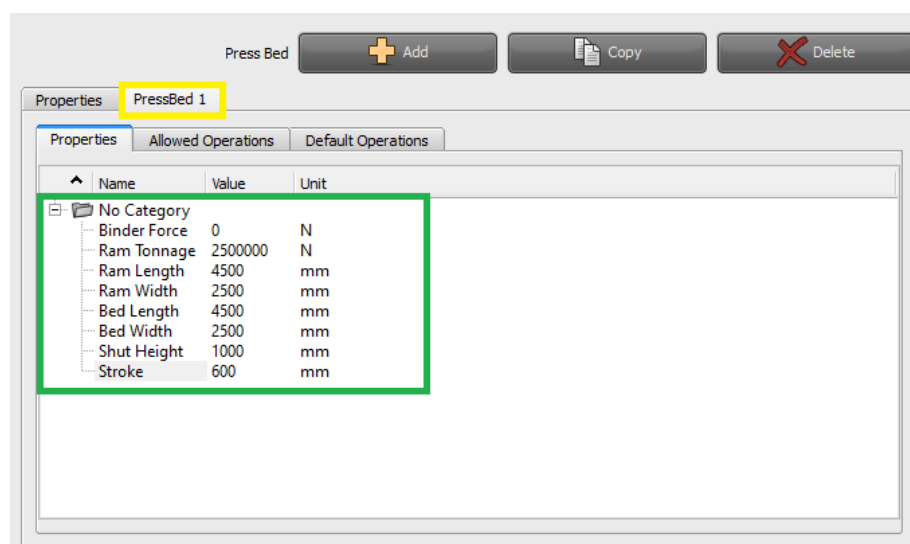


Рисунок 71 – Свойства ползуна прессы

Пятым этапом является внесение данных во вкладку **Allowed Operations**, в которой указываются разрешенные операции для оборудования. Список в левой части редактора (вкладка «Разрешенные операции») показывает назначенные в настоящее время разрешенные операции; список справа показывает все доступные операции (рисунок 72)

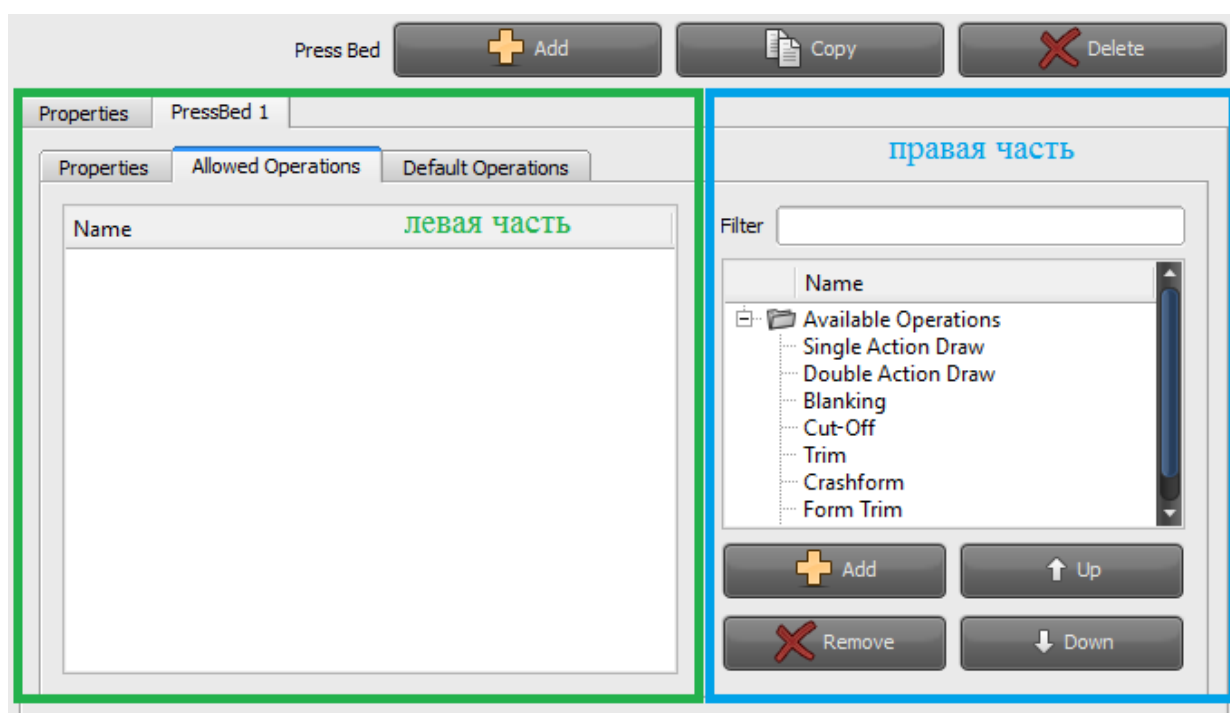


Рисунок 72 – Разрешенные операции для оборудования

Добавить необходимую операцию можно путем выбора операции в правом списке и нажатия клавиши Add, после этого операция перейдет в список разрешенных операций. Удаление операции осуществляется выбором операции в левом списке и нажатием на Remove, после данная операция удаляется из списка разрешенных операций. Up/ Down не относится к разрешенным операциям, а используется только для операций по умолчанию.

На шестом этапе пользователь может внести изменения в операции по умолчанию во вкладке Default Operations. Последовательность по умолчанию определяется для каждого пресса (не для прессы), т.е. для линии прессов и заготовочных прессов должна быть определена только одна операция по умолчанию для прессы. Пользовательская последовательность операций для прогрессивных прессов может быть отрегулирована на основе текущего шага и размера станины прессы. Пользователь может добавить: путем выбора операции в правом списке и нажав на Add, после эта операция добавляется в список операций по умолчанию, также пользователь может удалить, выбрав операцию в левом списке и нажав Remove далее операция, удаляется из списка операций по умолчанию. Up/ Down: путем выбора операции в левом списке Up/ Down эта операция перемещается Up/ Down в последовательности операций по умолчанию.

Седьмым этапом является сохранение отредактированного стандарта для технологического оборудования, используя кнопку Save As и прописывая путь сохранения

3.4 Выводы

1. Установлено, что методика разработки и анализа технологического процесса листовой штамповки в Autoform на базе CostEstimator и методика назначения параметров технологического оборудования в стандартах Autoform, наряду с проектированием геометрии и основных элементов штамповой оснастки для вытяжных операций является фундаментом для оценки затрат на

изготовление штамповой оснастки с точным прогнозированием расходов еще до начала процесса проектирования и изготовления штамповой оснастки.

2. Разработаны две методики и описано проектирование геометрии и оснастки элементов штамповой оснастки для вытяжных операций в AutoForm на базе модуля CostEstimator. Основа первой методики заключается в разработке и анализе технологического процесса листовой штамповки на базе CostEstimator. Сутью второй методики является назначение параметров технологического оборудования в стандартах программного продукта Autoform.

4 Моделирование вытяжных переходов и оснастки в Autoform на базе CostEstimator для детали «Панель пола задняя»

4.1 Моделирование вытяжного перехода и оснастки в Autoform для детали «Панель пола задняя»

Первым этапом моделирования вытяжного перехода детали «Панель пола задняя» является импорт геометрии детали и рабочего инструмента в Autoform. Данный процесс выполняется в модуле Part Stage используя опции Import Part и Import Tools (рисунок 73)

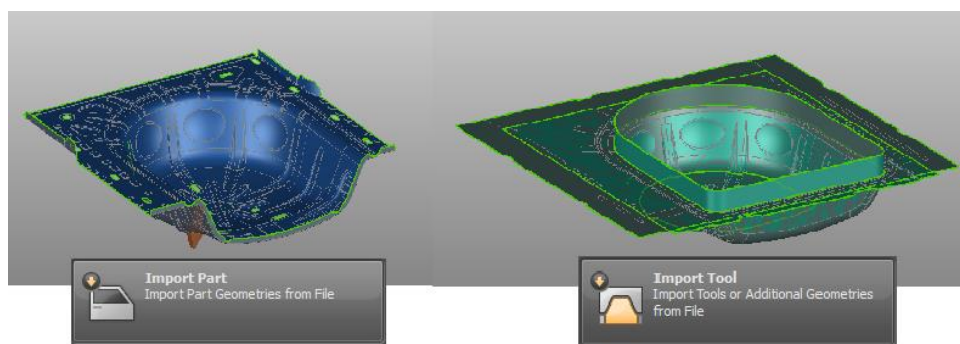


Рисунок 73 – Импорт детали и рабочей оснастки в Autoform

Вторым этапом является определение условия наклона (Tip) импортированных геометрий и положение относительно центра штампа, данный этап выполняется с использованием опции Manual Tipping (рисунок 74)

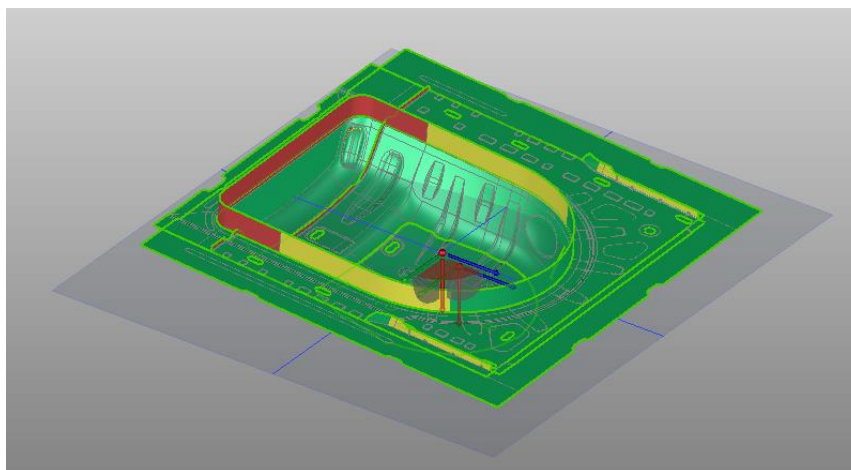


Рисунок 74 – Tip

Третьим этапом является определение материала и толщины во вкладке Material, для выгрузки материала необходимо выбрать опцию Add Material, из открывшейся библиотеки указывается материал Europe-> Steels for cold forming-> DC04 и задается толщина материала, для данной детали толщина составляет 0,7 мм (рисунок 75)

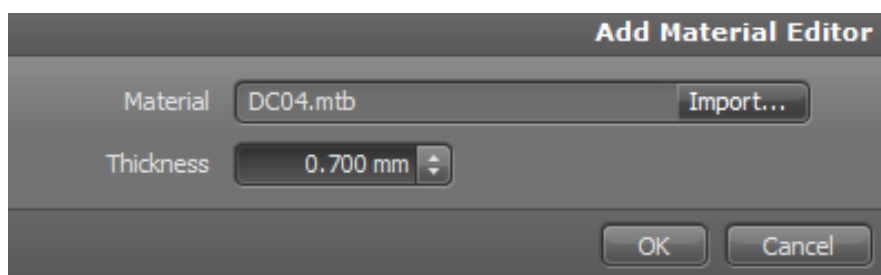


Рисунок 75 – Материал и толщина

Четвертым этапом моделирования вытяжного перехода является определение плана процесса в модуле Plan Stage. Для составления нового плана используют функцию Create Plan. В открывшемся окне необходимо выбрать операцию Double Action Draw и выбрать оборудование используя функцию Replace Press. Операция вытяжки для детали "Панель пола задняя" выполняется на трансферном прессе (рисунок 76)

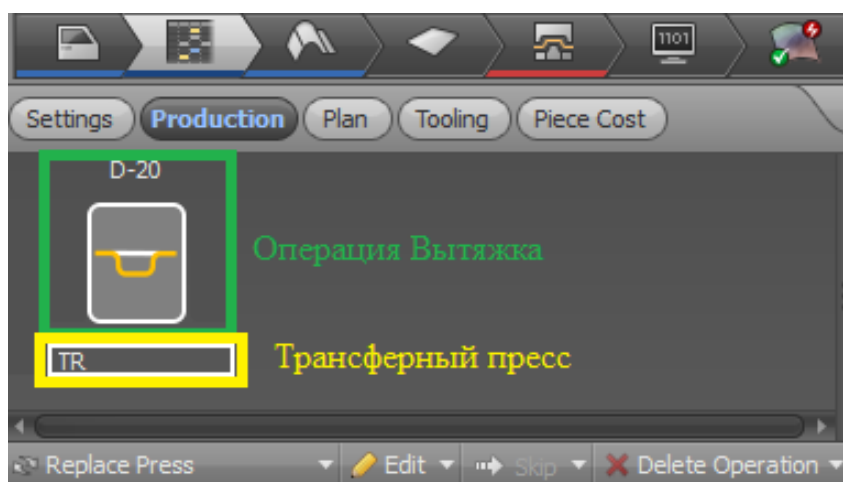


Рисунок 76 – Выбор операции и оборудования

Пятым этапом является создание макета процесса во вкладке Plan. Для операции «Вытяжка» в таблице плана необходимо в ячейке пересечения строки Draw Region 1 и столбца D-20 двойным щелчком выбрать операцию Drawing (рисунок 77)

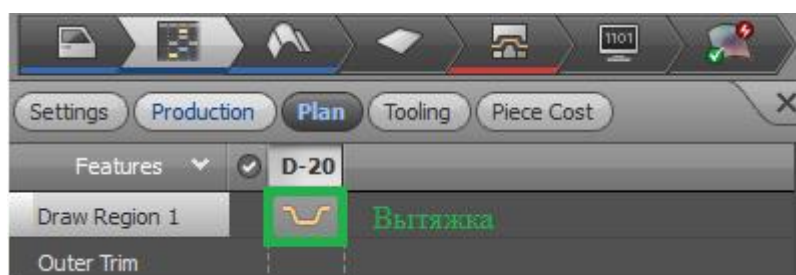


Рисунок 77 – Макет процесса

Шестым этапом является определение геометрии заготовки, для этого необходимо использовать модуль Blank Stage и выбрать опцию Create Flat Blank. Для детали "Панель пола задняя" используется прямоугольная заготовка размером 980x1080 мм. Во вкладке Outline нужно выбрать опцию Edit в открывшемся окне выбрать Sketch и внести размеры заготовки (рисунок 78). Позиционирование заготовки выполняется относительно матрицы.

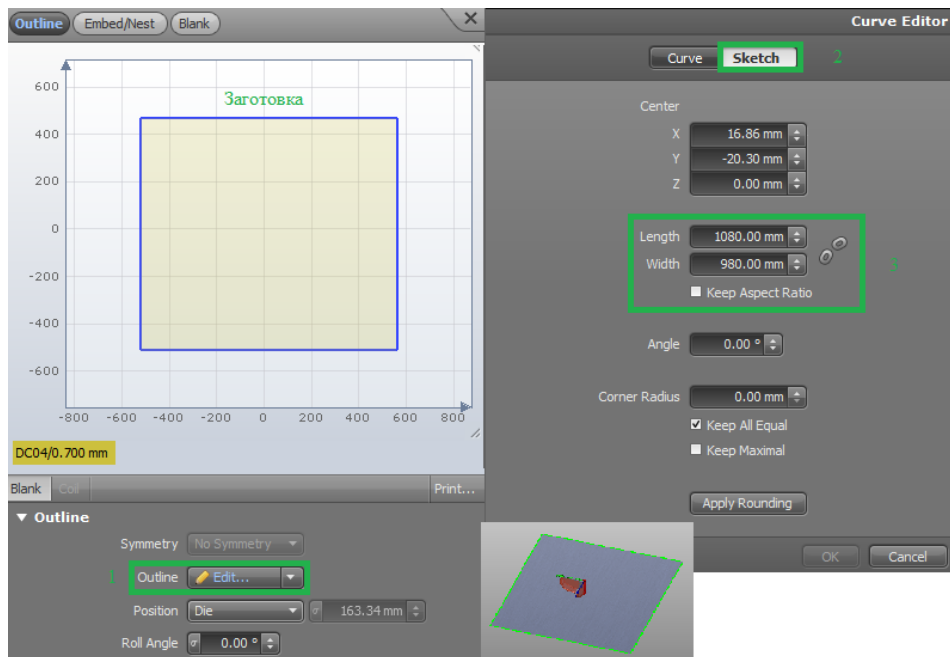


Рисунок 78 – Заготовка для Панели пола задней

Седьмым этапом моделирования вытяжного перехода является задание параметров инструмента в модуле Process Stage. Для Ram нужно выбрать пуансон (Punch) для этого нужно выбрать опцию Geometry -> Define и выбрать необходимую оснастку из списка, также назначить движение Tool Contact -> Upper Side of Blank, а в Support Type указать Rigid (рисунок 79)

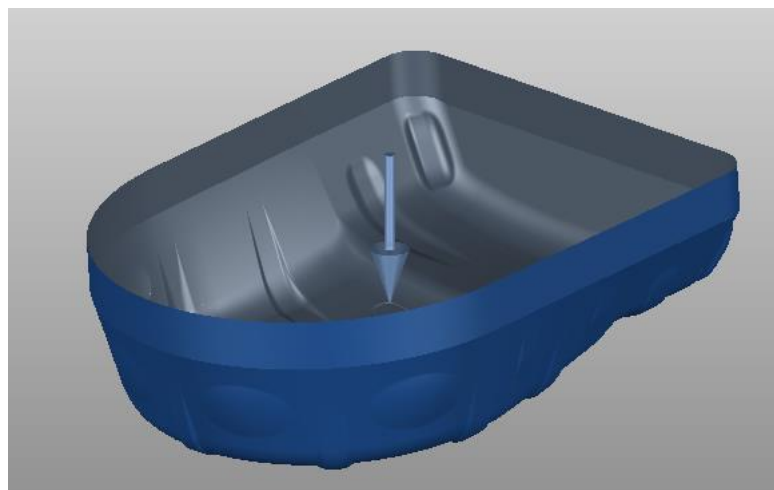


Рисунок 79 – Пуансон

Для Bed нужно выбрать матрицу (Die) для этого для этого нужно выбрать опцию Geometry -> Define и выбрать необходимую оснастку из списка,

далее назначить движение Tool Contact -> Lower Side of Blank, в Support Type указать Rigid (рисунок 80)

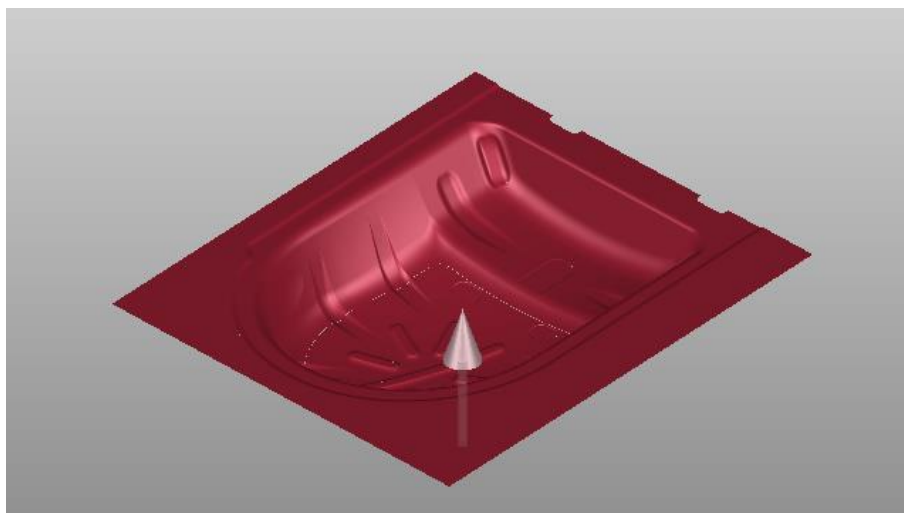


Рисунок 80 – Матрица

Для Binder Ram нужно выбрать прижим (Binder) для этого для этого нужно выбрать опцию Geometry -> Define и выбрать необходимую оснастку из списка, далее назначить движение Tool Contact -> Upper Side of Blank, в Support Type указать Force Controlled относительно Die, далее указать ход и усилие для каждой операции эти значения свои (рисунок 81)

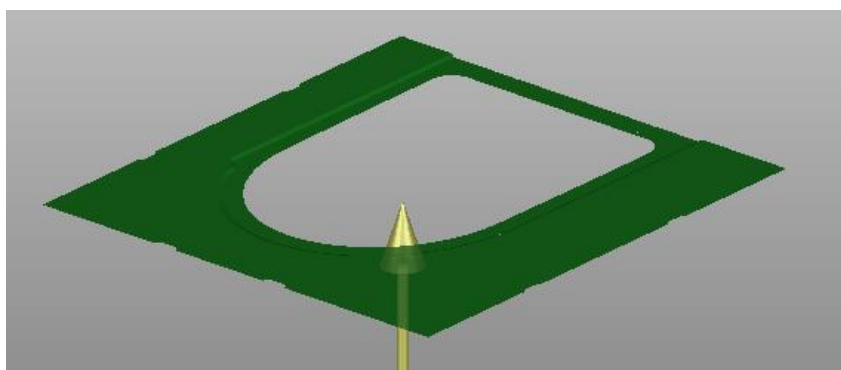


Рисунок 81 – Прижим

Восьмым этапом является запуск расчета симуляции в модуле Simulation, используя кнопку Start во вкладке Start (рисунок 82)

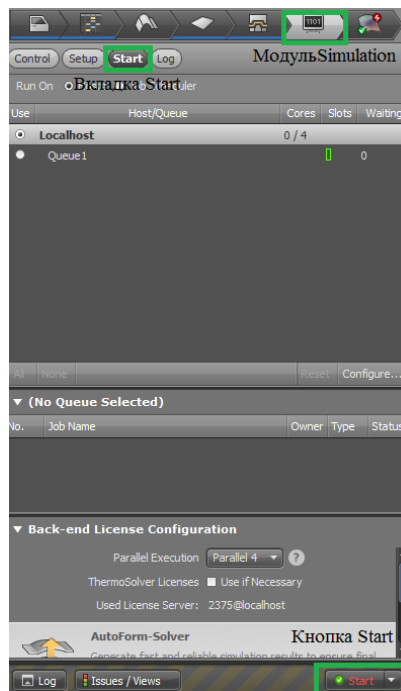


Рисунок 82 – Запуск расчета вытяжной операции для детали «Панель пола задняя»

Завершающим этапом моделирование вытяжного перехода и оснастки в Autoform для детали «Панель пола задняя» назначен просмотр результатов, выполненной симуляции (рисунок 83)

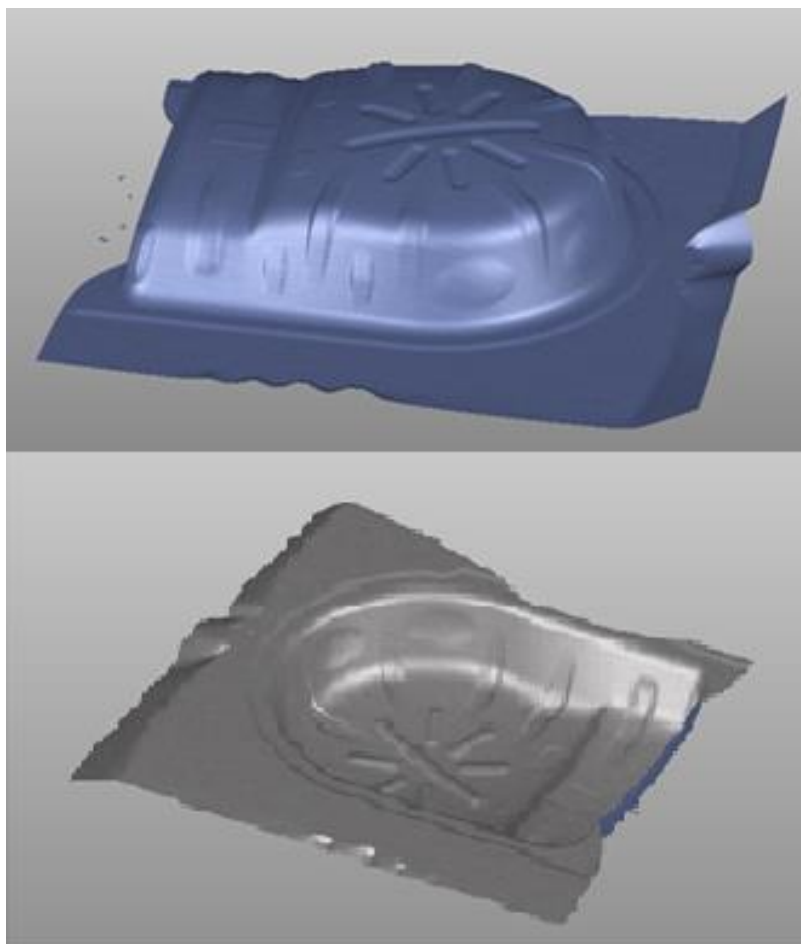


Рисунок 83 – Первый вытяжной переход детали

«Программный комплекс Autoform позволяет достаточно быстро проанализировать штампуемость детали и оптимизировать технологический процесс» [12, с. 1]. Просмотр результата симуляции выполняется в модуле Evaluation Stage, в котором пользователь может легко найти подходящие переменные результата для оценки различных критериев качества. Возможность осуществления технологического процесса для операции «Вытяжка панели пола задней» оценивается с использованием диаграммы предельных деформаций (FLD - диаграмма), которая отображает кривую предельного формоизменения FLC (рисунок 84)

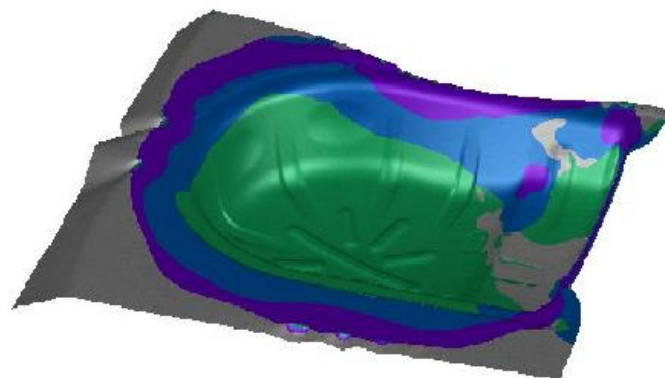
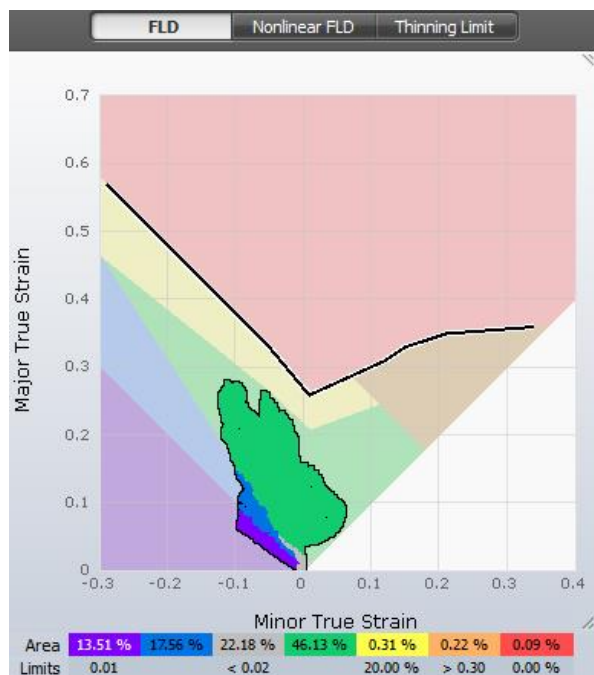


Рисунок 84 – FLD диаграмма формообразующей операции

Значения деформаций находятся ниже кривой предельного формоизменения FLC, таким образом процесс формообразующей операции «Вытяжка панели пола задней» возможен без разрывов и утонений.

4.2 Создание стандартов для процесса штамповки детали «Панель пола задняя»

Альтернативное проектирование технологического процесса и штампа листовой штамповки для операции «Вытяжка панели пола задней» с оценкой стоимости проектирования и изготовления вытяжного штампа на ранней стадии проектирования в рублях, основывается на редактирование стандартов Tooling Cost, Process Plan, Press в программном продукте AutoForm.

Создание стандарта Tooling Cost для операции «Вытяжка панели пола задней», который позволяет выполнять оценку стоимости технологического процесса и штампа листовой штамповки в рублях, осуществляется методом редактирования стандартов в AutoForm. В стандарте Tooling Cost выполнено редактирование стоимости всех параметров в рублях, так как в стандарте используется оценка стоимости в евро. Редактирование на затраты в данном

стандарте выполнено согласно средней рыночной стоимости исходя из данных внутреннего рынка страны.

В модуле Purchase Components выполнено редактирование стоимости компонентов базовой сборки штампа, основных компонентов для выполнения технологического процесса и набора для штампов, выполняющих функцию крепления матрицы и пуансона для детали «Панель пола задняя» (рисунок 85)

Стоимость компонентов штампа в рублях

	0.00 ... 1.00	1.00 ... 2.00	2.00 ... 3.00	3.00 ... 4.00	4.00 ... 5.00	5.00 ... 6.00
Cam set	90000	27000	125000	90000	700000	170000
Length - 0.00 (usd)	150000	27000	200000	212500	750000	170000
Length - 150.00 (usd)	250000	32000	300000	335000	800000	170000
Length - 250.00 (usd)	325000	32000	400000	470000	900000	250000
Length - 350.00 (usd)	400000	62000	500000	595000	1000000	250000
Length - 450.00 (usd)	500000	62000	600000	670000	1125000	250000
Length - 550.00 (usd)	650000	84000	800000	850000	1250000	332500
Length - 650.00 (usd)	800000	84000	1000000	980000	1450000	332500
Length - 900.00 (usd)	950000	106000	1250000	1110000	1775000	415000
Length - 1100.00 (usd)	1100000	106000	1500000	1240000	2100000	500000
Length - 1300.00 (usd)	1250000	106000	1750000	1370000	2425000	590000
Length - 1500.00 (usd)	1400000	106000	2000000	1500000	2750000	680000
Length - 1750.00 (usd)	1600000	137500	2250000	1630000	3075000	770000
Length - 2000.00 (usd)	1800000	137500	2500000	1760000	3400000	860000
Length - 2300.00 (usd)	2000000	137500	2750000	1890000	3650000	950000
Length - 2600.00 (usd)	2250000	137500	3000000	2020000	3900000	1040000
Length - 2900.00 (usd)						

Рисунок 85 – Стоимость компонентов штампа в рублях

В модуле Manufacturing Steps произведена корректировка затрат для штампа, которые направлены на оплату почасовой ставки и коэффициента производительности персонала инжиниринга, производства, изготовления оснастки, ЧПУ- обработки, закалки (рисунок 86)

Tooling				
Purchase Components				
Manufacturing Steps				
Materials				
Tryout				
Tooling Settings				
Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit	
Engineering				
Process Layout, Draw Die Development, Simulation	3750	1	h	
Full 3D Tool Design	3500	1	h	
Styrofoam Pattern	2500	1	h	
Full 2D and 3D Milling Path Programming	3250	1	h	
Die Making/Manufacturing				
Die Making/Rough Assembly 1: Pads, Trim Steels	3000	1	h	
Adjust the Pad	3000	1	h	
Prepare for Hardening	3000	1	h	
Spotting of Trim Steels and Pads	3000	1	h	
Die Making/Final Assembly 2: Pads/Trim Steels/Cams etc.	3000	1	h	
Open Dies and Spotting	3000	1	h	
Adjust and Finish	3000	1	h	
Profile Grinding of Upper Trim Steel, Assembly for Hardening	3000	1	h	
Build and Assemble Scrap Chutes	3000	1	h	
Final Assembly/Die Making	3000	1	h	
CNC Machining				
Drilling and Milling (First Pass) S	3000	1	h	
Drilling and Milling (First Pass) M	4000	1	h	
Drilling and Milling (First Pass) L	5000	1	h	
Shape and Contour Milling (HSC) S	3500	1	h	
Shape and Contour Milling (HSC) M	4250	1	h	
Shape and Contour Milling (HSC) L	5250	1	h	
Drilling and Milling S	3250	1	h	
Drilling and Milling M	4000	1	h	
Drilling and Milling L	4500	1	h	
Wire Cutting	3000	1	h	
Hardening				
Hardening and Tempering	80	1	kg	
Through Hardening	125	1	kg	
Surface Hardening (Laser)	7500	1	m	
Induction Hardening	6750	1	m	

Рисунок 86 – Затраты на производственные этапы изготовления штампа

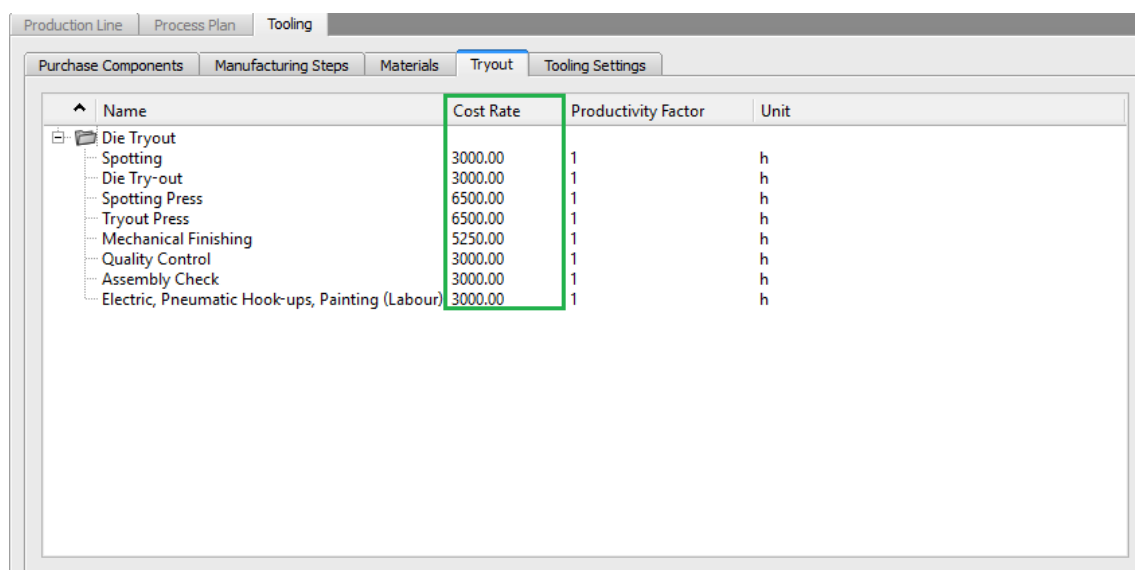
В модуле Materials стандарта Tooling Cost отредактированы затраты, связанные с литьем материала для изготовления компонентов вытяжного штампа (рисунок 87)

Tooling				
Purchase Components				
Manufacturing Steps				
Materials				
Tryout				
Tooling Settings				
Name	Price	Productivity Factor	Unit	
Cast / Steel				
Gray Cast Iron Class 1 (GG25CrMo, etc.)	90	1	kg	
Gray Cast Iron Class 2 (GG25, etc.)	65	1	kg	
Ductile Graphite Iron Class 1 (GGG 70L, etc.)	135	1	kg	
Ductile Graphite Iron Class 2 (GGG 50, etc.)	120	1	kg	
Cast Steel Class 1 (GP4M, etc.)	385	1	kg	
Cast Steel Class 2 (1.2382, etc.)	335	1	kg	
Cast Steel Class 3 (GS-60, etc.)	320	1	kg	
Cast Steel Class 4 (1.2769, etc.)	315	1	kg	
Cast Steel Class 5 (GS-45, etc.)	235	1	kg	
Tool Steel - Rolled Class 1 (CP4M, etc.)	325	1	kg	
Tool Steel - Rolled Class 2 (1.2379, etc.)	245	1	kg	
Low Alloy Tool Steel Class 1 (C 45, etc.)	80	1	kg	
Low Alloy Tool Steel Class 2 (St 52-3, etc.)	65	1	kg	
Other Materials				
Corrugated Sheet	300	1	kg	
Styrofoam	4	1	dm^3	
Other Costs				
Off-the-shelf Components	50	1		

Рисунок 87 – Стоимость литья материала для компонентов штампа

В модуле Tryout внесена стоимость на наладку штампа: установка, первичная проверка, установка положения пресса, проверка пресса, проверка

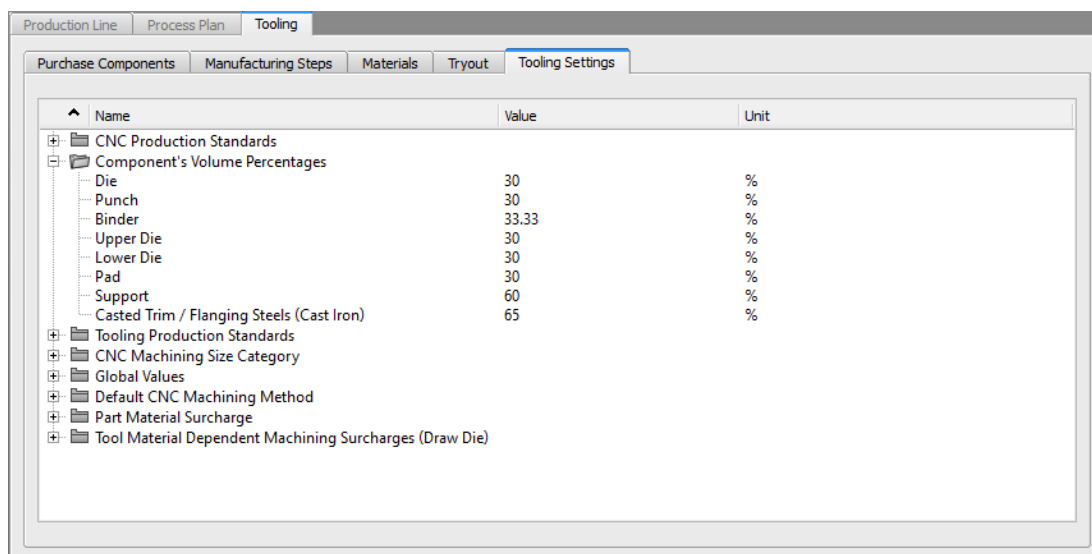
сборки, контроль качества получаемой детали, наладка электрики, окраска (рисунок 88)



Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
Die Tryout			
Spotting	3000.00	1	h
Die Try-out	3000.00	1	h
Spotting Press	6500.00	1	h
Tryout Press	6500.00	1	h
Mechanical Finishing	5250.00	1	h
Quality Control	3000.00	1	h
Assembly Check	3000.00	1	h
Electric, Pneumatic Hook-ups, Painting (Labour)	3000.00	1	h

Рисунок 88 – Затраты на наладку штампа в рублях

В модуле Tooling Settings изменение стоимости не выполнялось, так как в данной вкладке выполняется процентное соотношение всех затрат на обработку компонентов на станке с ЧПУ, учитывая скорость фрезерования, тип обработки, размеры станков ЧПУ, запас толщины слоя материала для усадки, дополнительные затраты за обработку (рисунок 89)



Name	Value	Unit
CNC Production Standards		
Component's Volume Percentages		
Die	30	%
Punch	30	%
Binder	33.33	%
Upper Die	30	%
Lower Die	30	%
Pad	30	%
Support	60	%
Casted Trim / Flanging Steels (Cast Iron)	65	%
Tooling Production Standards		
CNC Machining Size Category		
Global Values		
Default CNC Machining Method		
Part Material Surcharge		
Tool Material Dependent Machining Surcharges (Draw Die)		

Рисунок 89 – Процентное соотношение Tooling Settings

Все значения и параметры конфигурации, относящиеся к стоимости изготовления вытяжного штампа для детали «Панель пола задняя», определены в стандарте Tooling Cost. Далее необходимо сохранить стандарт и выгрузить отредактированный стандарт формата xml-файла в выполненную ранее симуляцию технологического процесса, используя приложение CostEstimator.

«XML (англ. eXtensible Markup Language, расширяемый язык разметки) представляет собой язык разметки, который был создан для описания данных. Язык разметки представляет собой набор символов или последовательностей, вставляемых в текст для передачи информации о его выводе или строении. Таким образом, текстовый документ, размеченный с помощью такого языка, содержит не только сам текст, но и дополнительную информацию о его структуре. Кроме того, язык разметки позволяет вставлять в документ интерактивные элементы и содержание других документов. XML-документ обычно состоит из процессинговых инструкций, элементов, атрибутов, сущностей и комментариев» [10, с. 6].

После выполнения редактирования стандарта Tooling Cost, необходимо выполнить редактирование стандарта Process Plan, отвечающего за количество компонентов базовой сборки и комплектующих для вытяжного штампа детали «Панель пола задняя». Для редактирования стандарта Process Plan используется методика редактирования стандартов в AutoForm. Количество компонентов базовой сборки штампа для детали «Панель пола задняя» зависит от типа операции и типа инструмента прессы. Вытяжной переход детали выполняется на трансферном прессе, поэтому в стандарте подлежат редактированию все параметры, связанные с операцией «Вытяжка» и оборудованием «Трансферный пресс».

Первым этапом редактирования стандарта Process Plan, является выбор операции и типа оборудования, на котором выполняется операция, таким образом для детали «Панель пола задняя» во вкладке Base Assemblies, выбрана операция Draw и оборудование Transfer Press (рисунок 90)

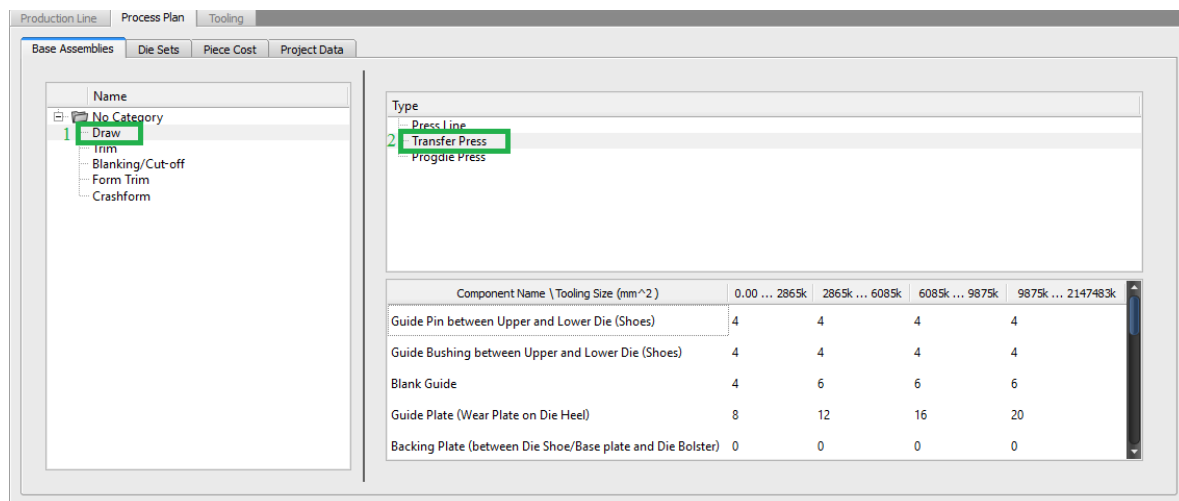


Рисунок 90 – Выбор операции и типа оборудования для панели пола задней

Во вкладке Base Assemblies компоненты разделяются на компоненты процесса и компоненты базовой сборки. Компоненты процесса, такие как пуансон, матрица, прижим в программном продукте Autoform распознаются автоматически, таким образом количество компонентов процесса редактировать в стандарте Process Plan не нужно. Для вытяжного штампа детали «Панель пола задняя» подобрано количество необходимых компонентов базовой сборки в зависимости от размера рабочей оснастки (таблица 3)

Таблица 3 – Компоненты базовой сборки вытяжного штампа

Наименование компонента	Количество
Пуансон	1
Матрица	1
Прижим	1
Клин	8
Направляющая заготовки	4
Пружинный съемник	8
Захват с присосками	2
Колонка направляющая	4
Втулка направляющая	4
Болт M10	6

Количество компонентов на прямую влияет на оценку затрат изготовления штамповой оснастки для конкретной детали. После того как определено количество компонентов для базовой сборки вытяжного штампа панели пола задней, данные заносятся в информационную базу стандарта Process Plan (рисунок 91)

Component Name \ Tooling Size (mm ²)	0.00 ... 2865k	2865k ... 6085k	6085k ... 9875k	9875k ... 2147483k
Guide Pin between Upper and Lower Die (Shoes)	4	4	4	4
Guide Bushing between Upper and Lower Die (Shoes)	4	4	4	4
Blank Guide	4	6	6	6
Guide Plate (Wear Plate on Die Heel)	8	12	16	20
Backing Plate (between Die Shoe/Base plate and Die Bolster)	0	0	0	0
Balance Block/Plate	0	0	0	0
Shim	8	8	8	8
Storage Gas Spring	2	2	2	2
Springloaded Ejector/Stripper	8	12	12	12
Panel Lifter	2	2	4	4
Fuse Protection	1	1	1	1
Guide Pin between Binder and Lower Die Shoe	2	2	2	2
Guide Bushing Between Binder and Lower Die Shoe	2	2	2	2
Bolt M10	6	0	0	0
Bolt M12	0	10	0	0
Bolt M16	0	0	24	0
Bolt M20	0	0	0	24
Bolt M24	0	0	0	0

Рисунок 91 – Компоненты базовой сборки вытяжного штампа панели пола задней

После того как внесены изменения в Base Assemblies, нужно выполнить редактирование набора штампа во вкладке Die Set. Набор штампа представляет собой инструмент и приспособления для крепления основных рабочих частей штампа, таких как пуансон, матрица. Количество компонентов набора штампа устанавливается в зависимости от типа прессы. Для листовой штамповки детали «Панель пола задняя» используется трансферный пресс (многопозиционный пресс), поэтому редактирование параметров выполняется для «Transfer Press». Так же, как и для базовой сборки, в наборе штампа задается необходимое

количество компонентов для разных размеров инструмента вытяжного штампа (таблица 4)

Таблица 4 – Компоненты набора вытяжного штампа

Наименование компонента	Количество
Планка направляющая	8
Газовая пружина (накопительная)	2
Предохранительный болт	2
Стопорной болт	4
Предохранитель	1
Колонка направляющая верхней и нижней половин штампа	4
Втулка направляющая верхней и нижней половин штампа	4
Направляющая колонка подушки	4
Втулка направляющая подушки	4
Ключ для центрирования	1
Газовая пружина подушки	12
Плита быстрого крепления верхняя	1
Плита быстрого крепления нижняя	1
Датчик положения детали	2

Данные по количеству компонентов набора штампа вносятся в базу данных стандарта Process Plan, плиты быстрого крепления не учитываются в стандарте, так программный продукт Autoform производит автоматическое внесение этих параметров при оценке стоимости проектирования штампа. Во вкладке Die Set для размера инструмента 0...2865k внесены значения количества компонентов для вытяжного штампа детали «Панель пола задняя» (рисунок 92)

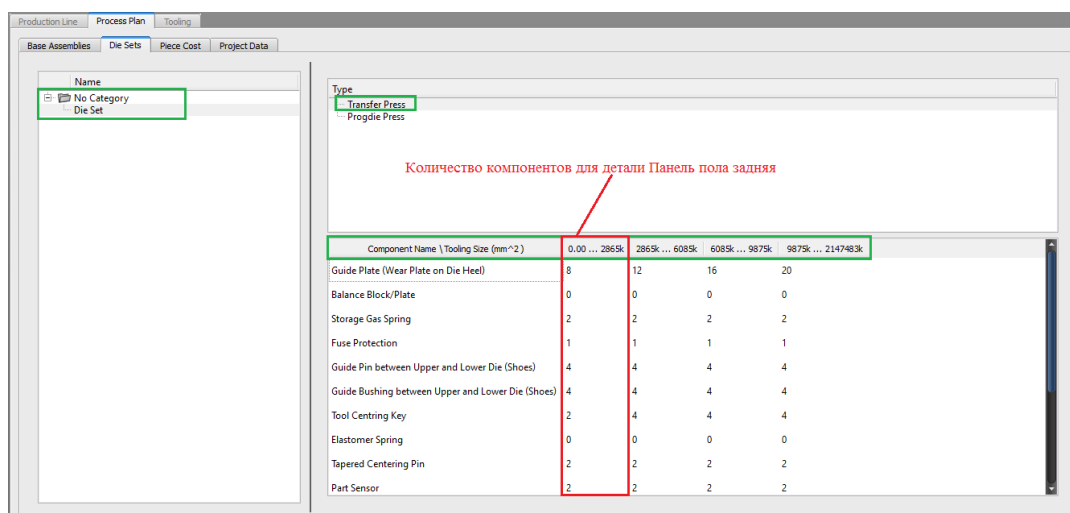


Рисунок 92 – Компоненты набора вытяжного штампа

Редактирование опций Piece Cost и Project Data в стандарте Process Plan выполнять не нужно, так как опция Piece Cost отвечает за стоимость детали, а в опции Project Data представлены пользовательские настройки. Данные опции не оказывают влияния на оценку затрат изготовления вытяжного штампа для детали типа «Панель пола задняя» на этапе раннего проектирования.

После того как закончено редактирование стандарта Process Plan пользователь сохраняет, отредактированный стандарт, используя кнопку Save As и прописывает путь сохранения стандарта (рисунок 93)

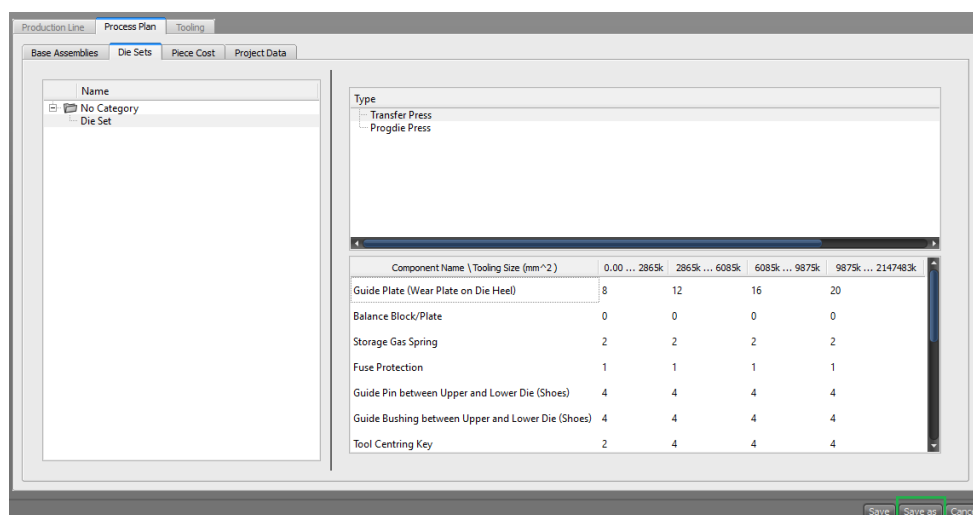


Рисунок 93 – Сохранение Process Plan для детали «Панель пола задняя»

Завершающим этапом при создании стандартов для процесса штамповки детали «Панель пола задняя» является редактирование стандарта Press. Вытяжной переход детали «Панель пола задняя» выполняется на оборудовании Innocenti 1000, данный пресс относится к трансферному типу оборудования. Таким образом, первым этапом при создании стандарта Press для детали «Панель пола задняя» является выбор типа прессовой линии Transfer Press (рисунок 94)

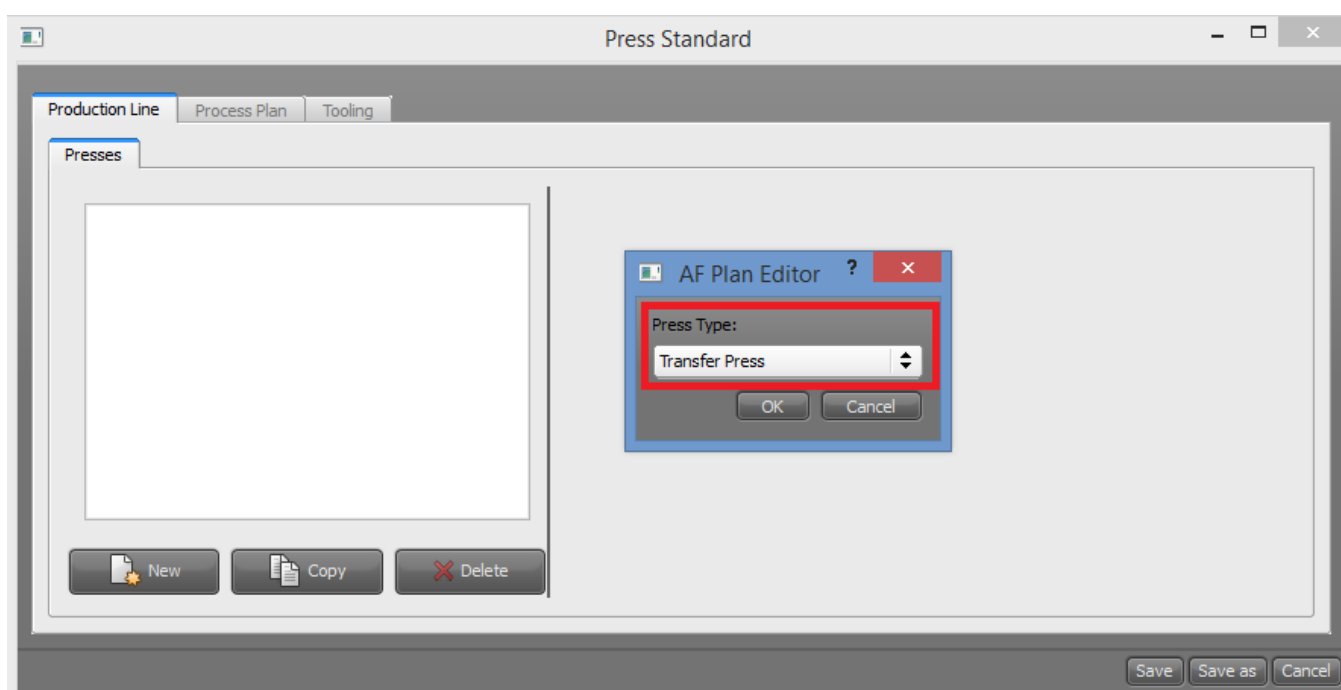


Рисунок 94 – Тип оборудования

«Штампы конструируются на основе следующих данных: 1) чертеж детали с техническими требованиями, 2) технологическая карта на операцию штамповки, 3) техническая характеристика пресса» [17, с. 5].

Вторым этапом является редактирование имени оборудования, во вкладке Customer Presses задается имя Innocenti 1000 (рисунок 95)

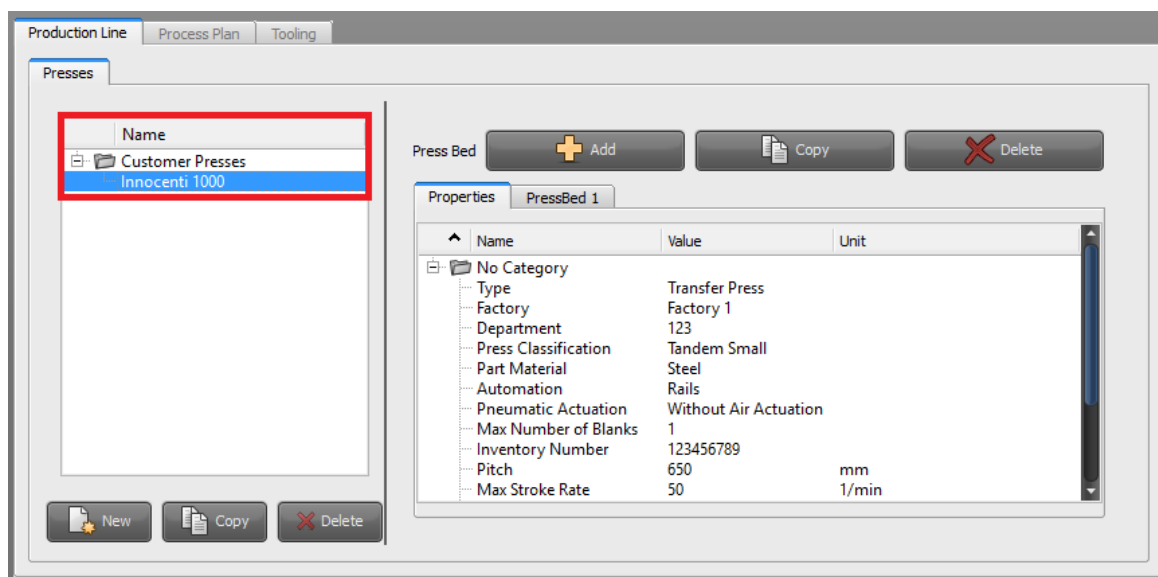


Рисунок 95 – Имя оборудования

Третьим этапом выполнено редактирование параметров Pitch, Max Stroke Rate, Min Stroke Rate, Tool Change Time во вкладке Properties для оборудования Innocenti 1000, выполняющего вытяжной переход для получения детали «Панель пола задняя» (рисунок 96)

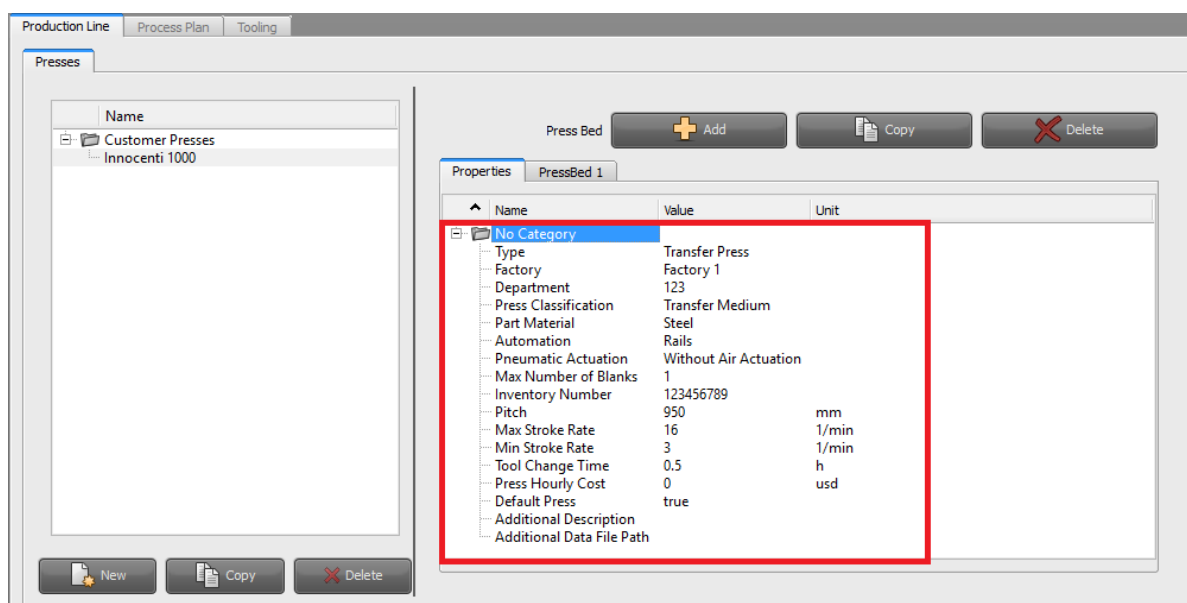


Рисунок 96 – Общие свойства оборудования для вытяжки

Четвертым этапом выполнено редактирование свойств ползуна пресса Innocenti 1000, таких как усилие прижима, усилие на ползуне, ширина ползуна, длина ползуна, ширина и длина станины, закрытая высота, ход (рисунок 97)

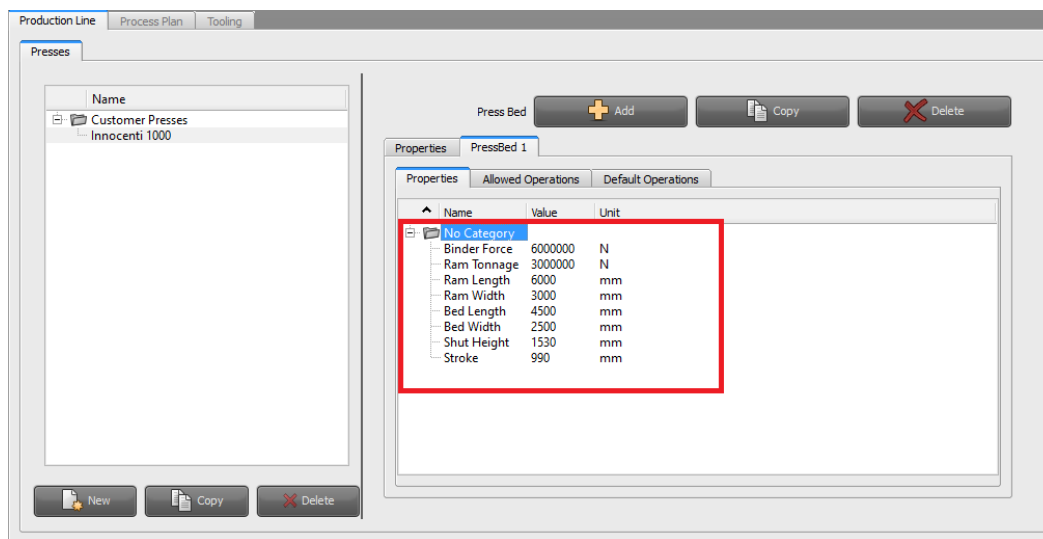


Рисунок 97 – Свойства ползуна пресса Innocenti 1000

Пятом этапом при создании стандарта Press является добавление операции, которую можно выполнить на оборудование для детали «Панель пола задняя» (рисунок 98)

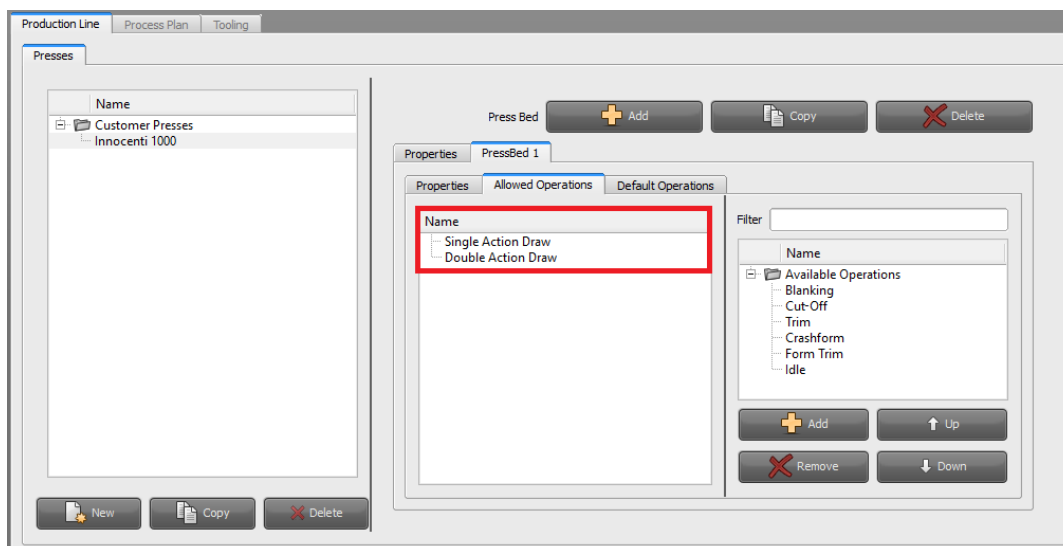


Рисунок 98 – Добавление операции для штамповки панели пола задней

Заключительным шестым этапом является сохранение отредактированного стандарта.

После того как выполнено создание трех основных стандартов, таких как Tooling Cost, Process Plan и Press, отвечающих за оценку затрат для изготовления вытяжного штампа для детали «Панель пола задняя», необходимо выгрузить стандарты выполненную ранее симуляцию без применения стандартов. Во вкладке Standards напротив каждого стандарта выгрузить, отредактированные стандарты (рисунок 99)

Standards					
Tooling Cost	User_Tooling Cost_Floor				
Process Plan	User_Process Plan				
Press	User_Press Standard				
Design	<none>				
Control Parameters	<none>				
Sigma	<none>				
Evaluation	<none>				
Group of Standards	<none>				
Load	Set	Load & Set	Clear		Export

Рисунок 99 – Выгрузка стандартов для детали «Панель пола задняя»

Далее необходимо в графическом окне Plan во вкладке Tooling нажать кнопку Add Tooling для подключения модуля CostEstimator, после выполнения данного действия модуль CostEstimator получит данные из созданных стандартов и выведет затраты необходимые для изготовления штампа для вытяжки детали «Панель пола задняя» (рисунок 100)



Рисунок 4.28 – Подключение модуля CostEstimator для «Панель пола задняя»

4.3 Сравнение технологических процессов листовой штамповки выполненных на и без использования модуля CostEstimator

Технологическая подготовка производства заключается в сравнение вариантов технологических процессов и выбора наилучшего, с наиболее рациональным и экономичным способом производства технологической оснастки, которая удовлетворяет требования по качеству. Использование модуля CostEstimator, позволяет выполнить сравнение затрат на изготовление оснастки для производства детали, с использованием стандартов встроенных в AutoForm и стандартами, которые создает пользователь.

Оценка затрат в рублях на изготовление штамповой оснастки операции «вытяжка» для детали «Панель пола задняя», выполнена с использованием стандартов пользователя и стандартов базы данных модуля CostEstimator в программном продукте AutoForm.

В стандарты базы данных модуля AutoForm-CostEstimator были внесены изменения для параметров, связанных со стоимостью, выполнена конвертация евро в рубли, для сравнения технологических процессов листовой штамповки выполненных на и без использования модуля CostEstimator в Российской денежной единице (рисунок 101)

Production Line Process Plan Tooling				
Purchase Components Manufacturing Steps Materials Tryout Tooling Settings				
^	Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
[-]	Die Tryout			
	Spotting	60	1	h
	Die Try-out	60	1	h
	Spotting Press	130	1	h
	Tryout Press	130	1	h
	Mechanical Finishing	105	1	h
	Quality Control	60	1	h
	Assembly Check	60	1	h
	Electric, Pneumatic Hook-ups, Painting (Labour)	60	1	h

Production Line Process Plan Tooling				
Purchase Components Manufacturing Steps Materials Tryout Tooling Settings				
^	Name	Cost Rate	Productivity Factor	Unit
[-]	Die Tryout			
	Spotting	3000.00	1	h
	Die Try-out	3000.00	1	h
	Spotting Press	6500.00	1	h
	Tryout Press	6500.00	1	h
	Mechanical Finishing	5250.00	1	h
	Quality Control	3000.00	1	h
	Assembly Check	3000.00	1	h
	Electric, Pneumatic Hook-ups, Painting (Labour)	3000.00	1	h

Рисунок 101 – Конвертация валют в базе данных стандартов AutoForm

В технологическом процессе, основанном на стандартах базы данных Autoform, для детали «Панель пола задняя» определена стоимость изготовления штамповой оснастки для вытяжного штампа, которая составляет 11 980 234 рублей и выведена в диаграммах и гистограммах программы (рисунок 102)

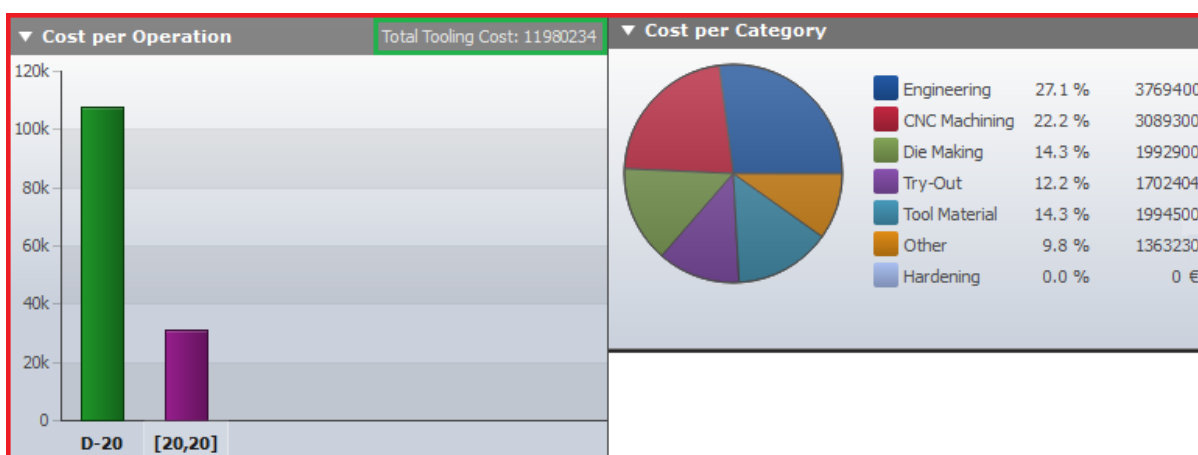


Рисунок 102 – Затраты на вытяжной штамп, учитывая стандарты Autoform

Затраты на изготовление оснастки для вытяжного штампа с использованием стандартов пользователя в модуле CostEstimator составляют 11 830 900 рублей, которые выведены в программном продукте AutoForm (рисунок 103)

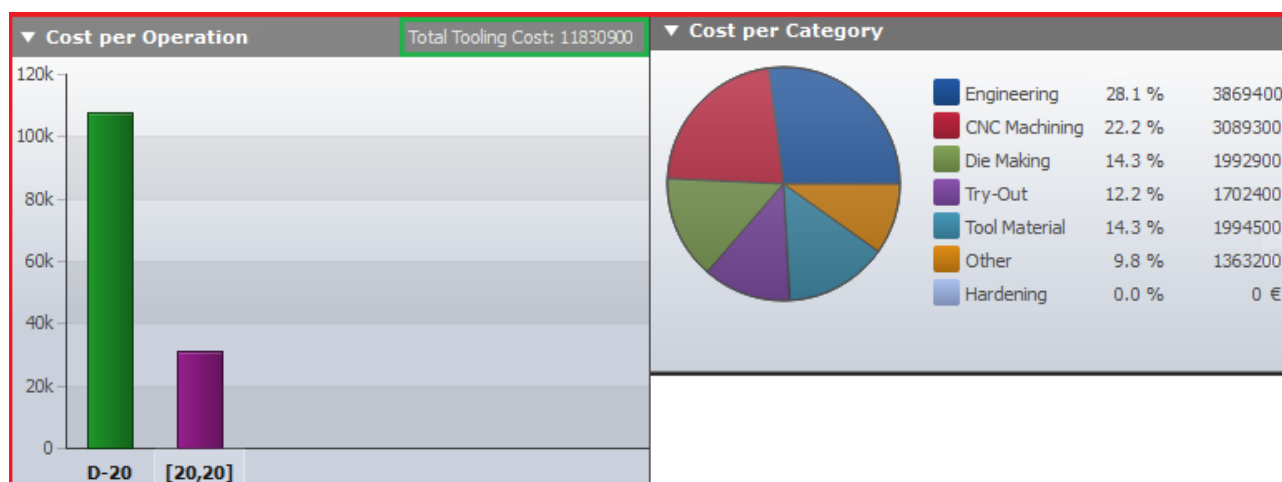


Рисунок 103– Пользовательские затраты на изготовление вытяжного штампа

Для сравнения затрат на изготовление оснастки для вытяжного штампа в Российской денежной единице показан график (рисунок 104), в котором сравнивается окончательная стоимость вытяжного штампа, с использованием стандартов пользователя и стандартов основанных на базе данных AutoForm.

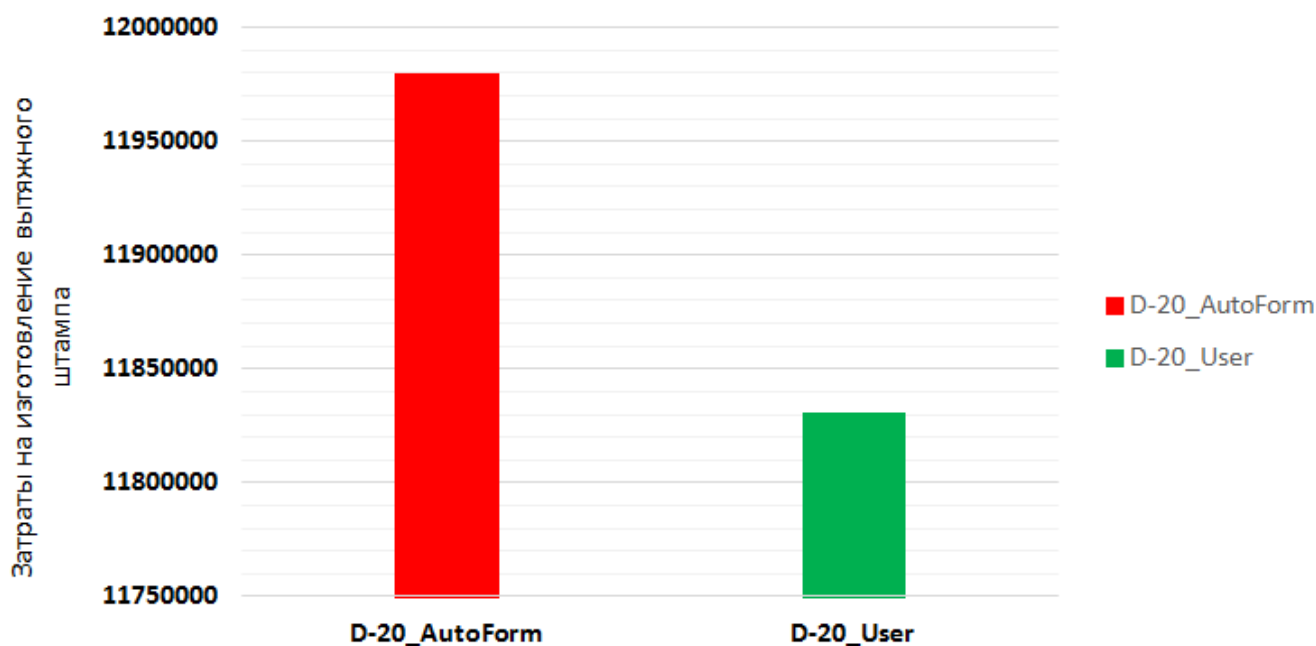


Рисунок 104 – Сравнение затрат на изготовление вытяжного штампа

Модуль CostEstimator позволяет выполнить сравнение состав компонентов процесса и компонентов базовой сборки для технологических процессов, основанных на стандартах пользователя и стандартах базы данных программного продукта AutoForm. Используя в модуле Plan функционал Tooling, во вкладке Components отображены компоненты процесса и компоненты базовой сборки. Для вытяжного штампа перечислены компоненты и их количество, программный продукт подбирает их, основываясь на базе данных стандартов программы или стандартов пользователя. Проведено сравнение количества компонентов штампа для детали «Панель пола задняя» (рисунок 105).

Количество компонентов в стандартах пользователя и стандартах программного продукта имеют незначительные отличия, так как пользователь подбирает нужное количество компонентов.

▼ Processing Unit Components		Guide Plate (We...te on Die Heel) 8		▼ Processing Unit Components		Guide Plate (We...te on Die Heel) 8	
Punch	1	Storage Gas Spring	2	Punch	1	Storage Gas Spring	2
Die	1	Safety Bolts	2	Die	1	Safety Bolts	24
Binder (without Adapter)	1	Stopping Bolts	4	Binder (without Adapter)	1	Stopping Bolts	4
▼ Base Assembly Components		Fuse Protection	1	▼ Base Assembly Components		Fuse Protection	1
Shim	8	Guide Pin betw...er Die (Shoes)	4	Shim	8	Guide Pin betw...er Die (Shoes)	4
Blank Guide	4	Guide Bushing b...wer Die (Shoes)	4	Blank Guide	4	Guide Bushing b...wer Die (Shoes)	4
Springloaded Ejector/Stripper	8	Guide Pin for Pad	4	Springloaded Ejector/Stripper	8	Guide Pin for Pad	4
Panel Lifter	2	Guide Bushing for Pad	4	Panel Lifter	2	Guide Bushing for Pad	4
Guide Pin bet...ower Die Shoe	2	Tool Centring Key	2	Guide Pin bet...ower Die Shoe	2	Tool Centring Key	2
Guide Bushing...ower Die Shoe	2	Pad Gas Spring	12	Guide Bushing...ower Die Shoe	2	Pad Gas Spring	12
Bolt M10	6	Lower Die Set	1	Bolt M10	64	Lower Die Set	1
Cylinder Plate	1	Upper Die Set	1	Cylinder Plate	1	Upper Die Set	1
		Part Sensor	2			Part Sensor	2
D-20		Die Set [D-20]		D-20		Die Set [D-20]	
AutoForm Components				User Components			

Рисунок 105 – Сравнение количества компонентов штампа

Во вкладке Resources показаны ресурсы, рассчитанные на заданных входных данных. В таблице ресурсов указаны расчетные часы работы и обработки. В разделе «Материал» ниже количество необходимого материала указано в кг (за исключением готовых компонентов / стандартных компонентов). Для закалки дополнительно рассчитывается вес в килограммах (обработка при отпуске закаленных сталей или полное упрочнение соответственно) или длина в метрах (лазерное упрочнение поверхности или индукционное упрочнение соответственно). Второй столбец показывает для каждой строки единицу измерения.

Структура стандартов пользователя и стандарта базы данных AutoForm совпадают, так как редактирование параметров структуры не производилось. В функционале Resources показаны ресурсы для вытяжного штампа для изготовления детали «Панель пола задняя» (рисунок 106)

Item	Unit	Total	D-20	[20,20]
► Engineering	h	577	475	102
► CNC Machining	h	377	326	51
► Die Making/...nufacturing	h	332	241	91
► Die Tryout	h	219	219	-
► Cast / Steel	kg	10'241	5'400	4'841
► Other Materials	-	-	-	-
► Other Costs	-	10'904	2'714	8'190
► Hardening	-	-	-	-

Рисунок 106 – Ресурсы

В функционале Cost подробно показан результат статей затрат на оснастку. Каждая строка таблицы затрат соответствует этапу производства или материалу соответственно, а каждый столбец - операции или сборке, соответственно. Для выходных данных рассчитывается общая стоимость этапа изготовления или материала (сумма на строку) соответственно, а также общая стоимость каждой операции и общая сумма затрат на закалку и материал. В строке «Дополнительная стоимость» содержатся значения, добавленные на вкладке «Ввод». Строка Доплата содержит наценку на все расходы в рамках одной операции. Это материальная надбавка, определенная в стандарте оснастки.

Среди категорий тридцать два этапа производства, пятнадцать типов материалов и четыре типа закалки. Затраты в графическом интерфейсе представлены в виде округленных значений; в пределах стоимости экспорта находятся необоснованные значения. С помощью кнопки «Показать килограммы» внизу отображение значений можно переключить на более короткую запись (1000 г заменяется на килограмм) и обратно (показать 1000 г).

Потребление ресурсов рассчитывается для каждого отдельного компонента инструмента и для каждого этапа производства. После этого для выходных данных расчета определяется сумма для всех компонентов, назначенных этой операции (умноженная на соответствующие почасовые ставки и затраты на материал).

В функционале «Cost» прописаны следующие параметры:

1. Engineering/Инжиниринг:

- Process Layout, Draw Die Development, Simulation/Схема процесса, разработка чертежей, моделирование;
- Full 3D Tool Design/Полный 3D дизайн инструмента;
- Styrofoam Pattern/Шаблон из пенопласта;
- Full 2D and 3D Milling Path Programming/Полное 2D и 3D программирование фрезерной траектории.

2. CNC Machining/ЧПУ обработка:

- Drilling and Milling (First Pass) S/Сверление и фрезерование (Первый проход) S;
- Drilling and Milling (First Pass) M/Сверление и фрезерование (Первый проход) M;
- Drilling and Milling (First Pass) L/ Сверление и фрезерование (Первый проход) L;
- Shape and Contour Milling (HSC) S/Фрезерование формы и контура (HSC) S;
- Shape and Contour Milling (HSC) M/ Фрезерование формы и контура (HSC) M;
- Shape and Contour Milling (HSC) L/ Фрезерование формы и контура (HSC) L;
- Drilling and Milling S/Сверление и фрезерование S;

- Drilling and Milling M/Сверление и фрезерование M;
- Drilling and Milling L/Сверление и фрезерование L;
- Wire Cutting/ Электроэрозионное вырезание.

3. Die Making_Manufacturing/ Изготовление штампов_Производство:

- Die Making_Rough Assembly 1: Pads, Trim Steels/ Изготовление штампов предварительная сборка 1: подушки, обрезка стали;

- Adjust the Pad/Регулировка подушки;

- Prepare for Hardening/Подготовка к закалке;

- Die Making_Final Assembly 2: Pads_Trim Steels/Cams etc./ Изготовление штампов финальная сборка 2: подушки, обрезка стали, эксцентрик;

- Open Dies and Spotting/Раскрытие штампа и корректировка;

- Adjust and Finish/Регулировка и окончание;

- Profile Grinding of Upper Trim Steel, Assembly for Hardening/ Шлифование профиля стали Upper Trim, сборка для упрочнения;

- Build and Assemble Scrap Chutes/Сборка и установка лотков для отходов;

- Final Assembly_Die Making/Финальная сборка и изготовление штампа.

4. Die Tryout/Наладка штампа:

- Spotting/Выставление;

- Die Try-out/Наладка штампа;

- Spotting Press/Выставление на прессе;

- Tryout Press/Наладка прессы;

- Mechanical Finishing/Механическая обработка;

- Quality Control/Контроль качества;

- Assembly Check/Проверка сборки;

- Electric, Pneumatic Hook-ups, Painting/Электрика, пневматические сцепки, покраска.

5. Cast Steel/Литье стали:

- Gray Cast Iron Class 1 (GG25CrMo, etc.)/Серый чугун класса 1;
- Gray Cast Iron Class 2 (GG25, etc.)/Серый чугун класса 2;
- Ductile Graphite Iron Class 1 (GGG 70L, etc.)/Ковкий графитовый чугун класса 1;
- Ductile Graphite Iron Class 2 (GGG 50, etc.)/Ковкий графитовый чугун класса 2;
- Cast Steel Class 1 (GP4M, etc.)/Литая сталь класса 1;
- Cast Steel Class 2 (1.2382, etc.)/Литая сталь класса 2;
- Cast Steel Class 3 (GS-60, etc.)/Литая сталь класса 3;
- Cast Steel Class 4 (1.2769, etc.)/Литая сталь класса 4;
- Cast Steel Class 5 (GS-45, etc.)/Литая сталь класса 5;
- Tool Steel - Rolled Class 1 (CP4M, etc.) Инструментальная сталь-Прокат класса 1;
- Tool Steel - Rolled Class 2 (1.2379, etc.)/Инструментальная сталь-Прокат класса 2;
- Low Alloy Tool Steel Class 1 (C 45, etc.)/ Низколегированная инструментальная сталь класса 1;
- Low Alloy Tool Steel Class 2 (St 52-3, etc.)/ Низколегированная инструментальная сталь класса 2.

6. Other Materials/Другие материалы:

- Corrugated Sheet/ Гофрированный лист;
- Styrofoam/ Пенопласт.

7. Other Costs/Другие расходы:

- Off-the-shelf Components/ Готовые компоненты

8.Hardening/Закалка:

- Hardening and Tempering/ Закалка и отпуск;

- Through Hardening/Сквозная закалка;

- Surface Hardening (laser)/Закалка поверхности(лазер) ;

- Induction Hardening/Индукционное упрочнение;

- Additional Costs/ Дополнительные затраты;

- Surcharges/ Доплаты;

- Total/ Итог.

Сравнение технологического процесса пользователя и технологического процесса на основе базы данных AutoForm для изготовления вытяжного штампа выполнено, используя функционал Cost. Применение данного функционала позволило выполнить сравнение затрат на изготовление вытяжного штампа для детали «Панель пола задняя» по следующим параметрам: инжиниринг, ЧПУ-обработка, изготовление штампов, производство, наладка штампа, литье, другие материалы, другие расходы, закалка (рисунок 107)

Input Overview Components Cost Resources					
Item €	Total	D-20	[20,20]		
Engineering	37'69400	31'31000	6'38400		AutoForm
CNC Machining	30'89300	26'78400	4'10900		
Die Making/...nufacturing	19'92900	14'45800	5'47100		
Die Tryout	17'02404	17'02400	-		
Cast / Steel	19'60100	13'30800	6'29300		
Other Materials	3440	2210	1230		
Other Costs	10'90400	2'71400	8'19000		
Hardening	-	-	-		
Additional Cost	-	-	-		
Surcharges	2'728	2'116	611		
Total	11980236				

Input Overview Components Cost Resources					
Item €	Total	D-20	[20,20]		
Engineering	38'69400	31'31000	7'38400		User
CNC Machining	30'89300	26'78400	4'10900		
Die Making/...nufacturing	19'92900	14'45800	5'47100		
Die Tryout	17'02400	17'02400	-		
Cast / Steel	19'90100	13'30800	6'29300		
Other Materials	3440	2210	1230		
Other Costs	10'90000	2'71000	8'19000		
Hardening	-	-	-		
Additional Cost	-	-	-		
Surcharges	2'727	2'116	611		
Total	11830900				

Рисунок 107 – Сравнение затрат на изготовление вытяжного штампа

Основываясь на данные таблиц программного продукта AutoForm был создан график сравнения технологического процесса пользователя и процесса на основе базы данных программного продукта (рисунок 108)

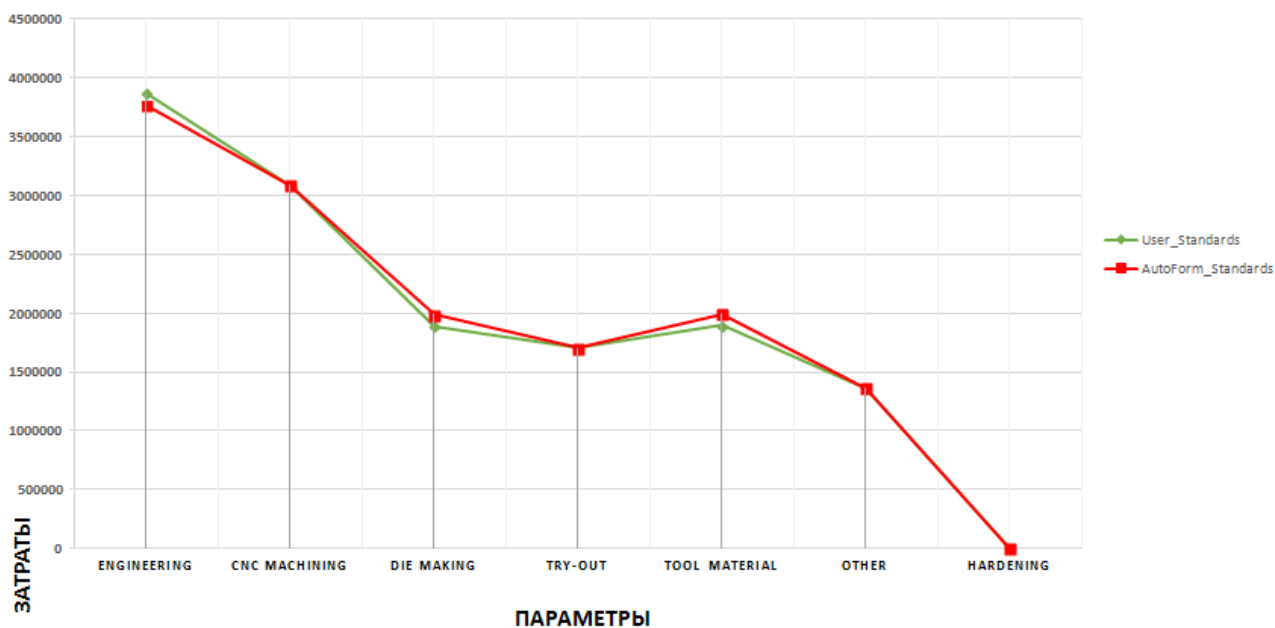


Рисунок 108 – График сравнения процессов по параметрам функционала Cost

При анализе затрат на изготовление вытяжного штампа для детали «Панель пола задняя» использовались два варианта технологических процессов: 1) технологический процесс пользователя, основанный на стандартах, которые создавал пользователь; 2) технологический процесс, построенный на базе данных программного продукта AutoForm. Анализ выполнялся с использованием модуля CostEstimator, с помощью которого определена стоимость вытяжного штампа в рублях. Стоимость вытяжного штампа, основанного на пользовательском техпроцессе, составляет 11 830 900 рублей, а стоимость вытяжного штампа, основанного на базе данных программного продукта, составляет 11 980 236 рублей, что на 149 336 рублей

или 1,25% больше, пользовательского варианта. Затраты пользовательского техпроцесса и технологического процесса, основанного на базе данных, имеют ориентировочные значения относительно стоимости в Российской денежной единице.

Выполнив анализ технологических процессов, был разработан алгоритм расчета затрат на инструмент, который состоит из нескольких этапов. Во-первых, все детали, относящиеся к процессу и стоимости, основаны на геометрии изделия. Обнаружение отверстий / заплаток может быть выполнено либо вручную, либо автоматически. Если геометрия детали (еще не доступна), параметры элемента могут быть определены без назначения геометрии. В этом случае параметры объекта (например длина объекта) необходимо вводить вручную. Для каждого параметра определен набор типовых стандартов обработки. Стандарт обработки - это упорядоченная последовательность блоков обработки. Блок обработки представляет тип действия обработки, выполняемого в операции для создания элемента.

Через Autoassign PU каждому стандарту назначается стандарт обработки по умолчанию, или же отдельные последовательности могут быть определены путем ручного присвоения единиц обработки элементам. В обоих случаях последовательность может быть изменена при необходимости.

Каждый тип блока обработки содержит набор компонентов. Как только единица обработки назначена для функции, количество и параметры компонента могут быть рассчитаны на основе параметров функции. В определенных случаях существуют дополнительные компоненты, которые включаются в зависимости из определенных условий. Например, блок обработки Trimming всегда содержит компоненты Lower Trim Steel and Upper Trim Steel, но, если обрезанный материал имеет длину более 600 мм, этому блоку обработки назначаются два дополнительных компонента: Lower Scrap Cutter и Upper Scrap Cutter.

Планирование и производство оснастки можно описать как последовательность производственных этапов, которые необходимо выполнить для достижения окончательной оснастки (начиная с планирования процесса, моделирования и разработки вытяжного штампа вплоть до контроля качества). Каждый компонент связан с теми этапами производства, на которых он назначен. Помимо производственных этапов компонент может быть связан с процессами обработки материалов и закалки.

С помощью блоков обработки и функций могут быть сгенерированы все компоненты, необходимые для реализации обработки в рамках одной операции. Кроме того, набор дополнительных компонентов инструмента (так называемые базовые компоненты сборки) также рассчитывается для каждой операции. Такой набор содержит все компоненты инструмента, которые не связаны с какой-либо функцией (или обрабатывающим устройством, соответственно), такие как направляющие штифты, направляющие втулки, съемники, прокладки. В случае переходных матриц, также могут быть дополнительные наборы компонентов, которые необходимы для штампов, которые могут быть определены для одной или нескольких операций. Существуют компоненты, которые находятся в базовой сборке для линейных штампов, но они «перемещаются» к набору штампов в случае переносных штампов, потому что в этом случае они существуют только один раз на набор штампов (а не один раз за операцию) и / или они получают их размеры в зависимости от размера матрицы (вместо размера операции). Кроме того, в случае с Progdies, в общем наборе штампов есть компоненты, которые являются уникальными для всего кристалла, а не для ОР. В Progdies пользователь также может разделить определенные компоненты между двумя или более операциями. Следующая информация хранится для каждого компонента:

- правила, которые сообщают, как параметры компонента (размер, материал) могут быть получены из параметров объектов и параметров расчета

- функции потребления ресурсов для каждого этапа производства, связаны с трудоемкостью или расходом материала. Входными данными для функций являются параметры компонента.

Стоимость всех компонентов (для блоков обработки, базовых сборок и наборов штампов) определяется с использованием той же методологии. Впоследствии общее потребление ресурсов на шаг производства или материал определяется для каждой операции и, при необходимости, умножается на надбавки или скидки (если они определены пользователем), а также определяемые пользователем почасовые сборы или материальные затраты.

4.4 Выводы

1. Разработан технологический процесс и штамп для операции вытяжка для детали «Панель пола задняя» и проведено моделирование процесса вытяжки этой детали в CAE Autoform.

2. Для одной из крупных кузовных деталей «Панель пола задняя» в CostEstimator Autoform созданы стандарты планирования, Tooling Cost, Process Plan, Press на базе российской денежной единицы.

3. Разработана методика оценки необходимых затрат на изготовление штамповой оснастки на основе геометрии детали в российской денежной единице и показан алгоритм расчета.

4. Проведен анализ расходов для проектирования и изготовления оснастки вытяжки детали «Панель пола задняя», полученных по предложенной методике в CostEstimator Autoform с типовым общепринятым методом расчета себестоимости по статьям калькуляции.

5. Сравнение результатов расчета расходов с типовым методом и с помощью CostEstimator Autoform подтвердило высокую эффективность созданного алгоритма расчета. Разница в результатах не превысила 1,25%.

Заключение

В магистерской диссертации на тему «Совершенствование процесса проектирования оснастки листовой штамповки на основе стандартов в САЕ» для совершенствования процесса проектирования технологии листовой штамповки на основе разработки информационной базы стандартов САПР для оценки стоимости вытяжного штампа на стадии раннего проектирования и создания методики альтернативного проектирования технологии и крупногабаритных штампов в САЕ наиболее высокой эффективности для типовых деталей были проанализированы системы автоматизированного проектирования технологических процессов и штампов в САЕ предназначенных для анализа процесса вытяжки в листовой штамповке, разработаны элементы баз данных проектирования технологии и штампов в AutoForm для процесса вытяжки, а также разработан технологический процесс вытяжки в системе инженерного анализа AutoForm с учетом оценки стоимости проектирования и изготовления вытяжного штампа.

Данная работа имеет большое практическое значение для совершенствования действующих и разработки новых технологических процессов, направленных на получение деталей методом листовой штамповки

и определения стоимости изготовления штамповой оснастки на ранних этапах проектирования, основываясь на геометрии детали.

1. Установлено, что методика разработки и анализа технологического процесса листовой штамповки в Autoform на базе CostEstimator и методика назначения параметров технологического оборудования в стандартах Autoform, наряду с проектированием геометрии и основных элементов штамповой оснастки для вытяжных операций является фундаментом для оценки затрат на изготовление штамповой оснастки с точным прогнозированием расходов еще до начала процесса проектирования и изготовления штамповой оснастки.

2. Разработаны две методики и описано проектирование геометрии и оснастки элементов штамповой оснастки для вытяжных операций в AutoForm на базе модуля CostEstimator. Основа первой методики заключается в разработке и анализе технологического процесса листовой штамповки на базе CostEstimator. Сутью второй методики является назначение параметров технологического оборудования в стандартах программного продукта Autoform.

3. Для одной из крупных кузовных деталей «Панель пола задняя» в CostEstimator Autoform созданы стандарт планирования, Tooling Cost, Process Plan, Press на базе российской денежной единицы.

4. Разработана методика оценки необходимых затрат на изготовление штамповой оснастки на основе геометрии детали в российской денежной единице и показан алгоритм расчета.

5. Сравнение результатов расчета расходов с типовым методом и с помощью CostEstimator Autoform подтвердило высокую эффективность созданного алгоритма расчета. Разница в результатах не превысила 1,25%.

Список используемых источников

1. Попов П. М. Функционально-стоимостной анализ конструкций оснастки для организации информационных баз данных САПР подготовки авиационного производства: Методические указания к выполнению расчетно-графической работы по дис. «Автоматизированные системы подготовки производства». Ульяновск: УлГТУ, 1998. – 44 с.
2. Моисеева Н. К. Функционально-стоимостной анализ в машиностроении. - М.: Машиностроение, 1987. – 320 с.: ил
3. Элер, Кайзер Вырубные, гибочные и вытяжные штампы. М., 1961. 395 с.
4. Мещерин В. Т. Листовая штамповка. Атлас схем. Учебное пособие для вузов. Изд. 3-е, испр. и доп. М., «Машиностроение», 1975. 227 с. с ил
5. Базы данных: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / Э. В. Фуфаев, Д. Э. Фуфаев. - 7-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с.

6. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций. В 2 ч. Ч. 1 / В. М. Никитенко, Ю. А. Курганова. – Ульяновск: УлГТУ, 2010. – 68 с.
7. Нефедов А. П. Конструирование и изготовление штампов. «Машиностроение», 1973, 408 с.
8. Мамутов В. С., Мамутов А. В. Компьютерное моделирование процессов листовой штамповки. Учеб. пособие. СПб., 2016. 192 с.
9. Инженерная оптимизация прессового и литевого оборудования: учебное пособие / А.С. Клинков, М.В. Соколов, В.И. Кочетов, В.Г. Однолько, И.В. Скопинцев. – Тамбов: Изд-во ГОУВПО ТГТУ, 2011. – 80 с. – 100 экз.
10. С.В. Одиночкина Основы технологий XML - СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 56 с.
11. В. А. Тимирязев, А. Г. Схиртладзе, Н. П. Солнышкин, С. И. Дмитриев, А. И. Самаркин, Е. И. Самаркина, Е. А. Евгеньева Технология производства и автоматизированное проектирование технологических процессов машиностроения: Учебник. 2-е изд., перераб. и дополн. — Псков: Псковский государственный университет, 2016. — 334 с.: ил.
12. Поликарпов А. В. Проектирование технологического процесса штамповки боковины Рено Логан с помощью ПК AutoForm. М., 2012. 5 с.
13. Гончаров П. С. и др. NX для конструктора-машиностроителя + CD. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 504 с.: ил.
14. Технология листовой штамповки: учебное пособие / В. Г. Бурдуковский. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 224 с.
15. Серепьев В. В. Построение вытяжных переходов для деталей сложной формы. «Машиностроение», 1964, 40 с.
16. Математическое моделирование процессов ОМД: учеб. пособие / И.А. Беляева. — Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. – 84 с.

17. Ю. С. Тарасевич Конструирование штампов для холодной штамповки. М., 1958. 191 с.
18. Г. А. Фойгельман Альбом конструкций универсальных штампов, блоков и узлов для холодной штамповки. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1980. – 112 с., ил.
19. Технология листовой штамповки: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 01 05 «Машины и технология обработки металлов давлением» / В. И. Любимов. – Минск: БНТУ, 2018. – 59 с.
20. Повышение эффективности производства посредством интеграции статистических методов в функционально-стоимостный анализ / В. Б. Кузнецова — «БИБКОМ», 2013, 36 с.
21. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб.: Изд-во СПбГТУ. – 2001. - 512 с
22. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации. Учебное пособие. – М.: изд-во МАИ, 1998. – 344 с
23. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
24. Численные методы оптимизации: монография / А. Ф. Измаилов, М. В. Солодов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 320 с.
25. Специальные методы оптимизации: учебное пособие / В. В. Колбин — Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014.— 378, [6] с.: ил.
26. Mulidrán, P. Numerical Prediction of Forming Car Body Parts with Emphasis on Springback [Text] / P. Mulidrán , M. Šiser , J. Slota, E. Spišák, T. Sleziak // Metals. - 2018. - PP. 1-15.
27. Weinschenk, A. Strategy to prevent surface deflections for automotive sheet metal parts [Text] /A. Weinschenk and W. Volk // 36th IDDRG Conference – Materials Modelling and Testing for Sheet Metal Forming. - 2017. - PP. 1-9.

28. Stadnicki, J. Numerical Effectiveness of the Simulation of an Automotive Body Part Stamping [Text] /J. Stadnicki and I. Wróbel // Advances in Mechanical Engineering. - 2014. - PP. 1-8.

29. Tisza, M. Formability Investigations of High-Strength Dual-Phase Steels [Text] / M. Tisza, Z. Lukacs // Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.). - 2015. - P.P. 1-12.

30. Tatipala, S. Introductory study of sheet metal forming simulations to evaluate process robustness [Text] / S. Tatipala, J. Pilthammar, M. Sigvant, J. Wall and C. M. Johansson // International Deep Drawing Research Group 37th Annual Conference. - 2018. - PP. 1-8.