

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П.КОРОЛЁВА»
(САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОПЕРЕХОДНОГО
ПРОЦЕССА ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

Методические указания
к лабораторным работам

САМАРА 2017

УДК 621.73.681.3

Составители: *С. Ю. Звонов, А. Г. Шляпугин*

Компьютерное моделирование многопереходного процесса объемной штамповки [Электронный ресурс]: электрон. метод. указания к лаб. работам / Минобрнауки России, Самар. нац. исслед. ун-т. им. С. П. Королева;; авт.-сост. С.Ю. Звонов, А. Г. Шляпугин: под общ. ред. Ф.В. Гречникова . – Электрон. текстовые и граф. дан. (6,70 Мбайт). - Самара, 2017. - 95 с.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 15.03.01 - Машиностроение и 22.03.02 - Metallургия.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского университета.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Подготовка исходных данных на расчет.....	7
1.1 Структура главного окна.....	7
1.2 Задание технологических данных и запуск расчета.....	8
1.3 Технологическая цепочка из 2D и 3D операций штамповки.....	23
1.4 Дополнительные параметры расчета.....	28
1.4.1 Инициализация заготовки.....	29
1.4.2 Параметры расчета заготовки.....	31
1.4.3 Окружающая среда.....	32
1.4.4. Поля в заготовке и инструменте.....	33
1.4.5 Параметры расчета инструмента.....	34
1.4.6 Шаблоны.....	35
2 Дополнительные возможности программы.....	38
2.1 Учет упругой деформации при охлаждении заготовки.....	38
2.2 Подготовка контуров для пробивки отверстия и обрезки облоя.....	42
2.3 Задание произвольного направления движения инструмента.....	47
2.4 Моделирование штамповок стремя или четырьмя инструментами.....	49
2.5 Ротационная симметрия.....	56
2.5.1 Что такое ротационная симметрия.....	56
2.5.2 Расчет плоскостной ротационной симметрии.....	59
2.5.3 Расчет с секторной ротационной симметрией.....	62
2.6 Действия с инструментом при позиционировании.....	63
2.7 Моделирование пористых материалов.....	66
2.8 Дополнительные промежуточные операции.....	70
2.9 Задание конечного расстояния между штампами в произвольной точке.....	73
2.10 Сохранение ручного позиционирования в QFM файле.....	74

2.11 Моделирование операции протяжки.....	77
2.12 Восстановление цельной формы заготовки по ее симметричной части (одной восьмой, четверти или половине)	81
2.13 Моделирование складки	85
2.14 3D Лагранжевы линии	89
2.15 Трассируемые точки в 3D расчетах	90
2.16 Оценка возможности «прострела» с помощью приповерхностных линий	92

ВВЕДЕНИЕ

Программа QForm является мощным инструментом для моделирования штамповки в горячем, теплом и холодном состояниях. Расчеты можно проводить с использованием следующих типов оборудования: молоты, механические, винтовые и гидравлические прессы, электровысадочные машины, ковочные вальцы. Моделирование дает точное предсказание течения материала, анализ заполнения штампов и возможное образование дефектов течения металла в поковке. Программа предсказывает нагрузку и энергию, необходимые для совершения процесса деформирования, а также напряжения и деформации в штампах. Моделирование значительно уменьшает стоимость проектирования и может полностью заменить пробные штамповки.

Двумерное (2D) и трехмерное (3D) моделирование работает в единой оболочке. Такая глубокая интеграция обеспечивает моделирование единой технологической цепочки, включающей 2D и 3D операции, например, осесимметричную деформацию в круглых штампах и последующую передачу круглой в плане поковки в штампы произвольной формы для трехмерной деформации. Поэтому программу можно с полным правом назвать QForm 2D/3D.

Переход от 2D к 3D моделированию с помощью QForm прост и основан на единой последовательности подготовки исходных данных. Естественным отличием при подготовке 3D моделирования является использование трехмерных геометрических объектов вместо контуров поперечных сечений, используемых для 2D. Геометрические объекты импортируются как модулем QDraft, так и новым программным модулем QShape. Он обеспечивает импорт трехмерных твердых тел инструментов и заготовки, их диагностику, просмотр изображения, произвольное перемещение и поворот тел относительно осей OX, OY, OZ. Графический редактор QDraft по-прежнему сохранен, в основном, для работы с 2D геометрией.

Точная передача геометрии из CAD в QForm основана на аппроксимации

геометрии конечными элементами более высокого порядка, чем в других программах. QForm использует нелинейные (изопараметрические) элементы с криволинейными сторонами (гранями) как для 2D, так и для 3D. Следствием этого является значительное преимущество, когда необходимо представить сложные поверхности штампов. Также такой подход позволяет совершать частое переразбиение конечно-элементной сетки без «обрезания» поверхности поковки и позволяет очень точно выдерживать постоянство объема поковки во время моделирования.

Программа строит конечно-элементную сетку в полностью автоматическом режиме без какого-либо вмешательства со стороны пользователя. Плотность сетки зависит от формы штампа и поковки, от хода моделирования и других параметров, за которыми программа следит самостоятельно. Это гарантирует качество решения независимо от уровня квалификации пользователя в методе конечных элементов (МКЭ). В результате сетка, сгенерированная программой, имеет более высокое качество, чем если бы она создавалась даже опытным специалистом по МКЭ. Адаптивный автоматический алгоритм обеспечивает оптимальную плотность сетки, то есть меньшие элементы автоматически создаются в критических областях для анализа особых эффектов, таких как складки, «прострелы», заполнение штампов и т.д. Результаты моделирования показываются с помощью 3D графики в процессе моделирования, что позволяет получать постоянный отклик со стороны программы.

1 Подготовка исходных данных на расчет

1.1 Структура главного окна

После запуска программы QForm Вы увидите главное окно программы (рис. 1.1). Откройте файл «fork.qfm» в подкаталоге «\QForm\Sample» жесткого диска. В Главном окне можно выделить следующие составляющие:

- главное меню программы(1);
- панель кнопок программы 2D(2);
- панель кнопок программы 3D(3);
- кнопки управления расчетом и просмотром (4);
- окно, содержащее технологическую цепочку или таблицу свойств с исходными данными проекта(5);
- окно вывода результатов(6);
- окно диагностики(7).

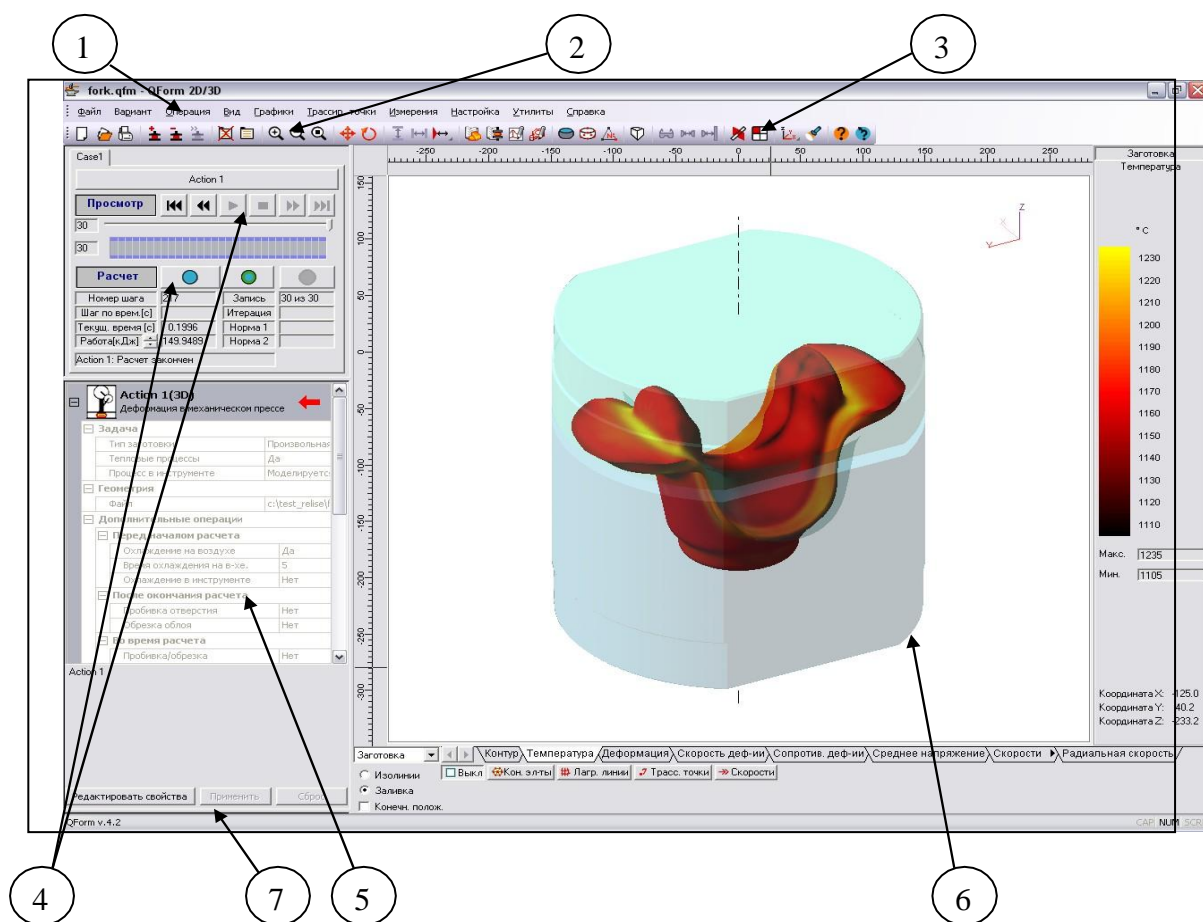


Рисунок 1.1 - Структура Главного окна программы QForm

1.2 Задание технологических данных и запуск расчет

С целью быстрого освоения последовательности подготовки данных на счет подготовим данные, соответствующие тепловой штамповке на механическом прессе кулачка (рис. 1.2) в два перехода.

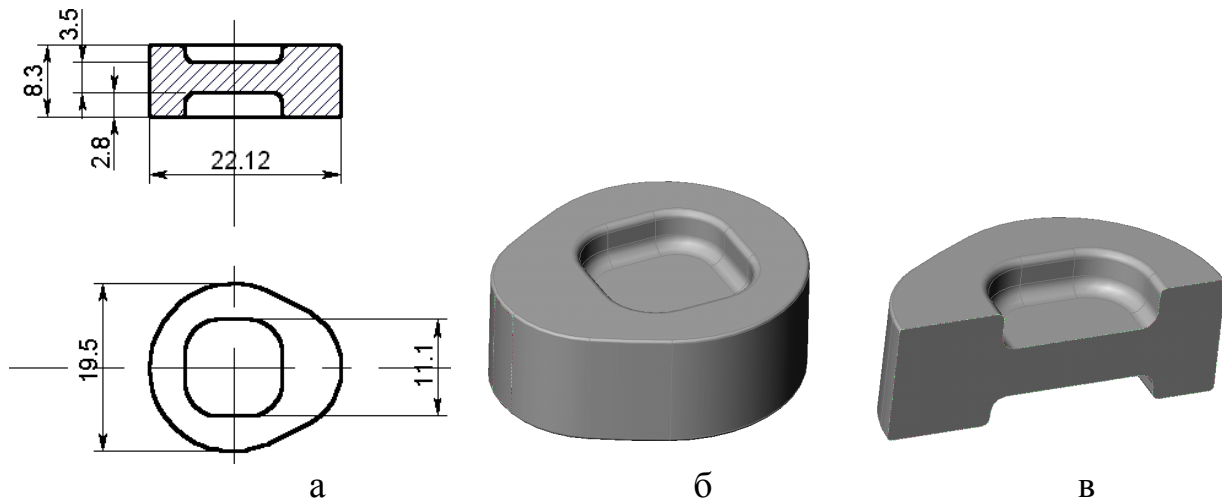


Рисунок 1.2 - Кулачок, штампуемый в два перехода на механическом прессе из материала DIN 100Cr6: а – габаритные размеры, б – общий вид, в – изображение с учетом плоскости симметрии

Оборудование

Механический пресс – 6.3 MN Номинальная сила – 6.3 MN Количество ходов 100 мин^{-1} Рабочий ход 200 мм.

Геометрия

Первый переход – файл «cam_1act_t1_t2_wp.shl» Второй переход – «cam_2act_t1_t2.shl».

Геометрические файлы хранятся в каталоге «\QForm\Geometry» после установки системы на жесткий диск.

Материал заготовки и смазка

Материал заготовки – сталь С43 (DIN).

Смазка для верхнего и нижнего инструментов - на основе графита – gw-cu-h.

Технологические параметры процесса

Температура нагрева в печи 1200°C .

Время транспортировки заготовки от печи к прессу – 3 с. Пауза перед первым переходом – 1 с.

Пауза перед вторым переходом – 1 с.

Конечное расстояние между инструментами в первом переходе – 0.5 мм
конечное расстояние между инструментами во втором переходе – 9.5 мм в точке с координатами $X=70$, $Y=60$.

Температура верхнего и нижнего инструментов – 150°C .

Для проведения расчета нет необходимости задания специальных данных, относящихся к конечно-элементному алгоритму системы и процедуре расчета. Поэтому точность результатов моделирования не зависит от квалификации пользователя в области метода конечных элементов. Исходными данными, определяющими расчет, являются только геометрические и технологические данные, приведенные в начале раздела.

Операции формоизменения заготовок рассчитываются для кривошипного прессы, молота, гидравлического и винтового прессов, для вращательного оборудования и при электровысадке. Технологический процесс рассматривается как технологическая цепочка. Реализовано моделирование единой технологической цепочки, включающей как 2D, так и 3D деформацию. Последовательность задания исходных данных определяется Редактором подготовки исходных данных после открытия свойств нового расчета. Щелкните левой кнопкой мыши на кнопку Новая операция.

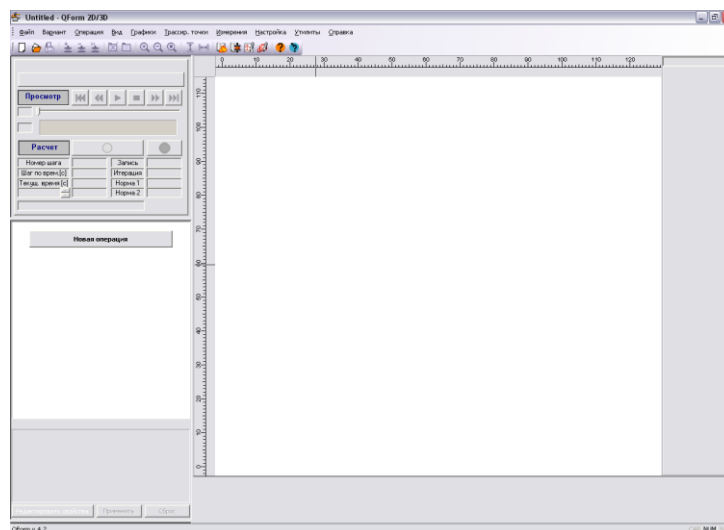
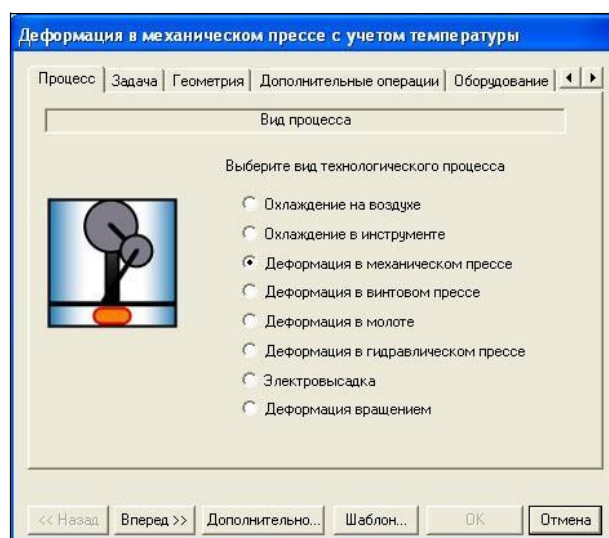
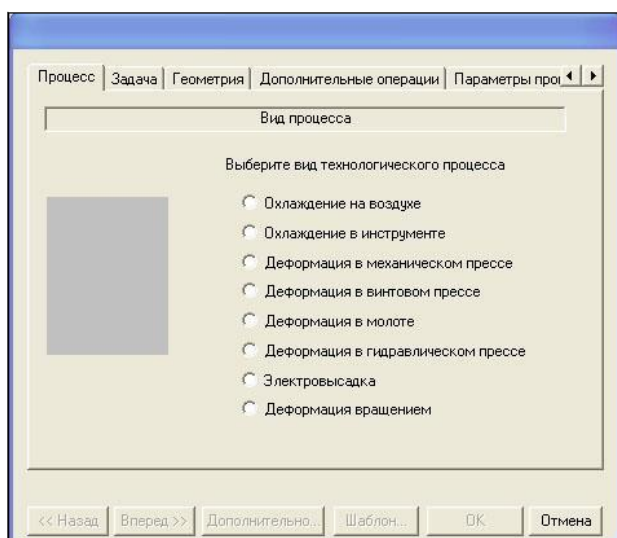


Рисунок 1.3 - Структура Главного окна в начале работы

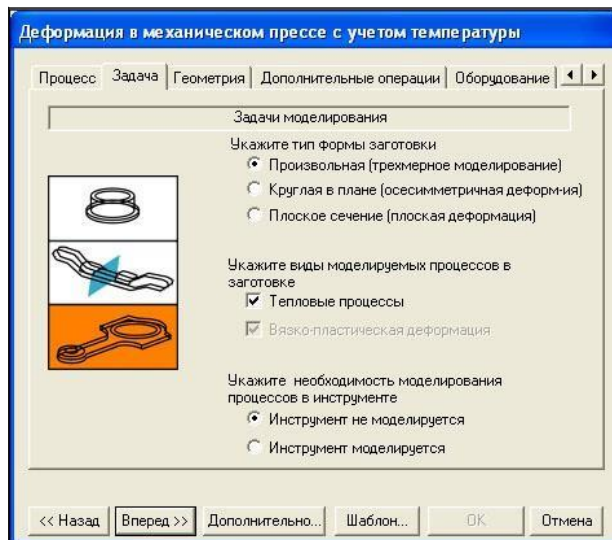
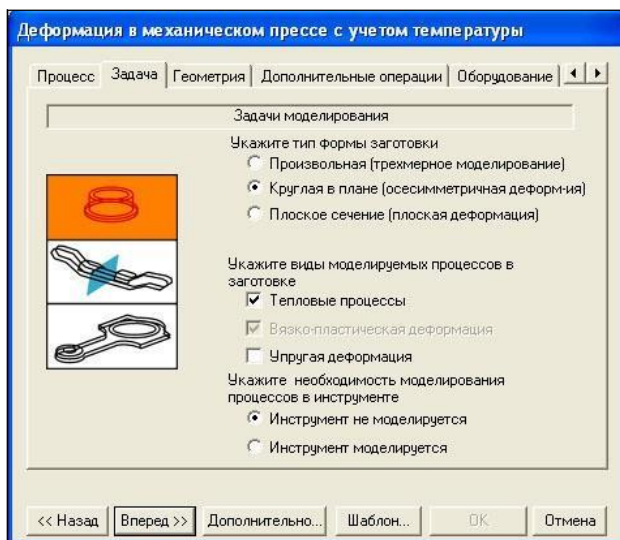
После этого запустится Редактор подготовки исходных данных в виде последовательности окон, в каждом из которых необходимо задать соответствующие текущему окну данные. Последовательность задания исходных данных совпадает с последовательностью их задания для двумерного моделирования. Отличие есть только в двух окнах: Задача и Геометрия.

На первой закладке мастера подготовки данных Процесс необходимо выбрать тип моделируемого процесса. О том, что тип процесса еще не выбран, сообщает информационная строка в нижней части окна мастера подготовки данных – «Не задан вид технологического процесса».



Выберите тип процесса – Деформация в механическом прессе.

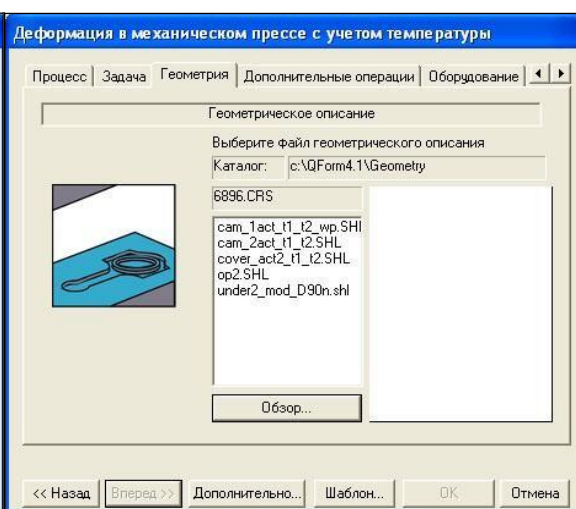
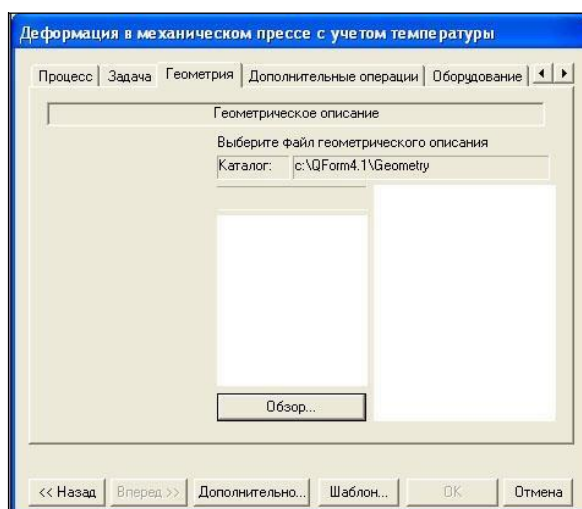
После того, как тип процесса определен, в нижней части окна станет доступной кнопка Вперед. Нажмите Вперед и перейдите на следующую закладку мастера. В окне Задача необходимо указать тип моделируемой задачи. По умолчанию выбран тип формы заготовки Произвольная (трехмерное



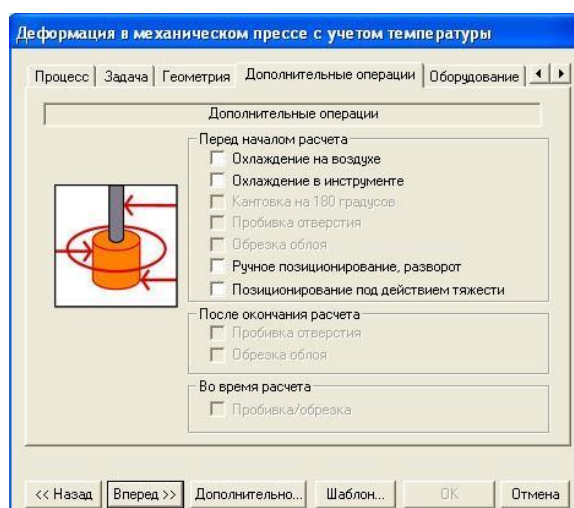
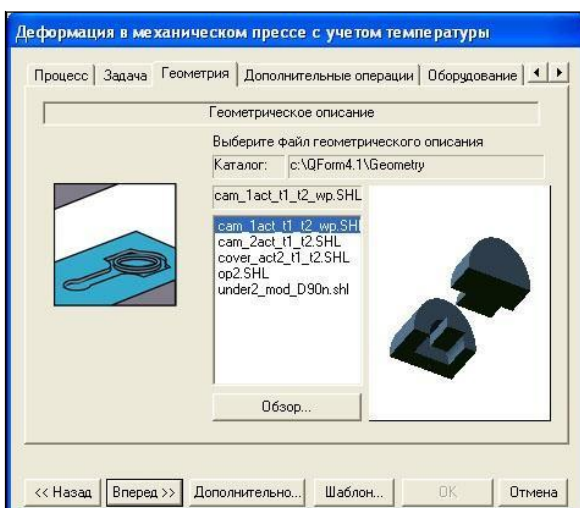
моделирование).

Нажмите кнопку Вперед и перейдите на следующую закладку.

На закладке Геометрия информационная строка сообщит Вам о том, что файл геометрии не выбран («Не задан файл геометрического описания»). При помощи кнопки Обзор выберите директорию «\QForm\Geometry».



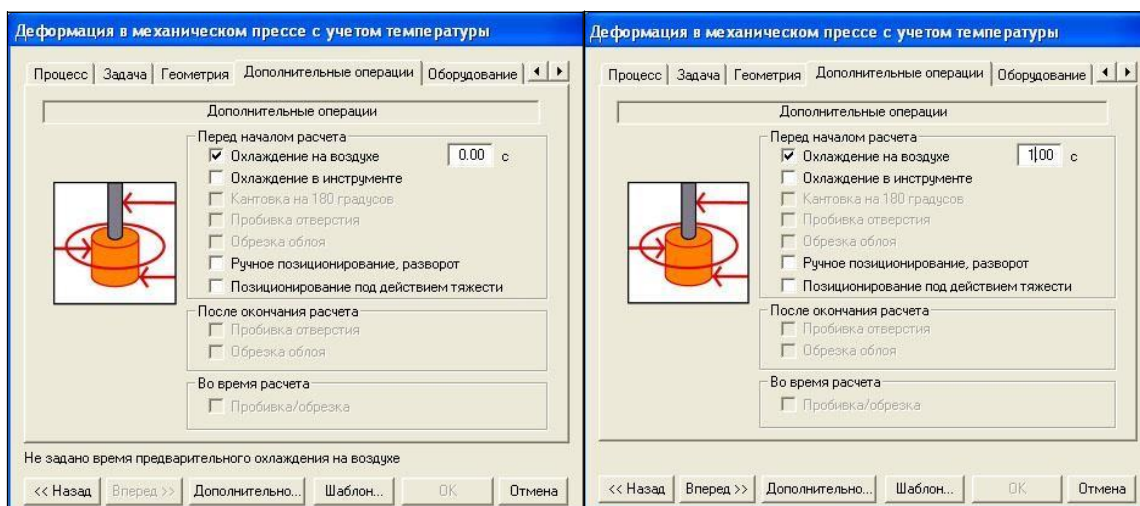
В среднем окне появится список всех геометрических файлов с расширением SHL, лежащих в этой директории. Из списка выберите файл «cam_1act_t1_t2_wp.shl» (этот файл содержит геометрию штампов и заготовки для первого перехода). В динамическом окне справа появится импортированное из файла изображение инструментов и заготовки.



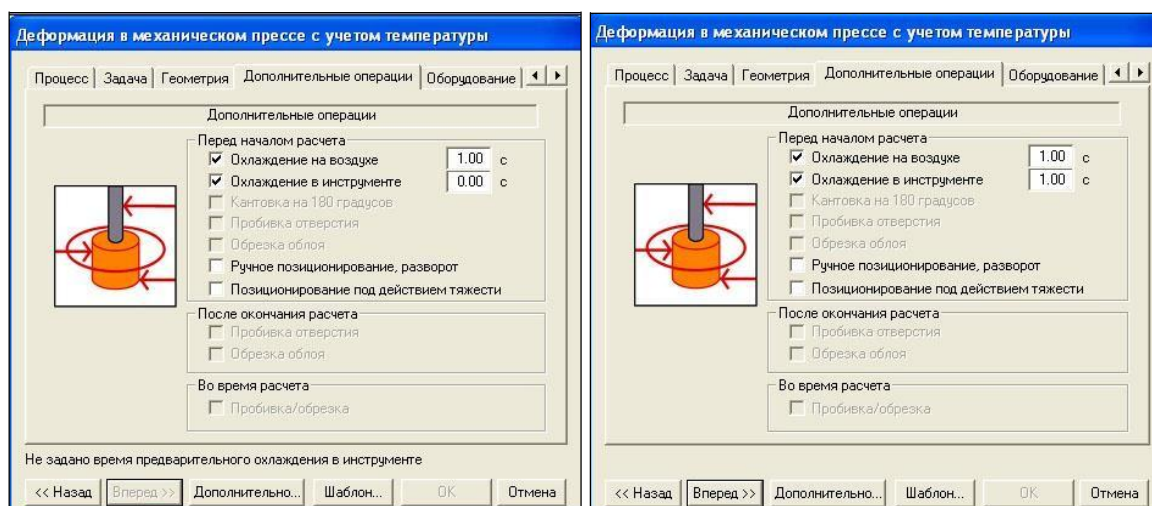
Нажав и удерживая левую клавишу мыши на этом изображении, Вы можете вращать заготовку и штампы, что позволяет дополнительно проверить правильность выбора файла и его соответствие требованиям программы.

Нажмите клавишу Вперед и перейдите к следующей закладке.

Закладка **Дополнительные операции** посвящена подготовительным операциям. Здесь необходимо задать следующие стадии технологического процесса штамповки: Охлаждение на воздухе и Охлаждение в инструменте. Выберите операцию Охлаждение на воздухе.



Справа появится дополнительное поле и Информационная строка напомнит Вам о необходимости задания времени протекания данного процесса. Задайте время процесса равное 1 секунде. Далее выберите операцию Охлаждение в инструменте.

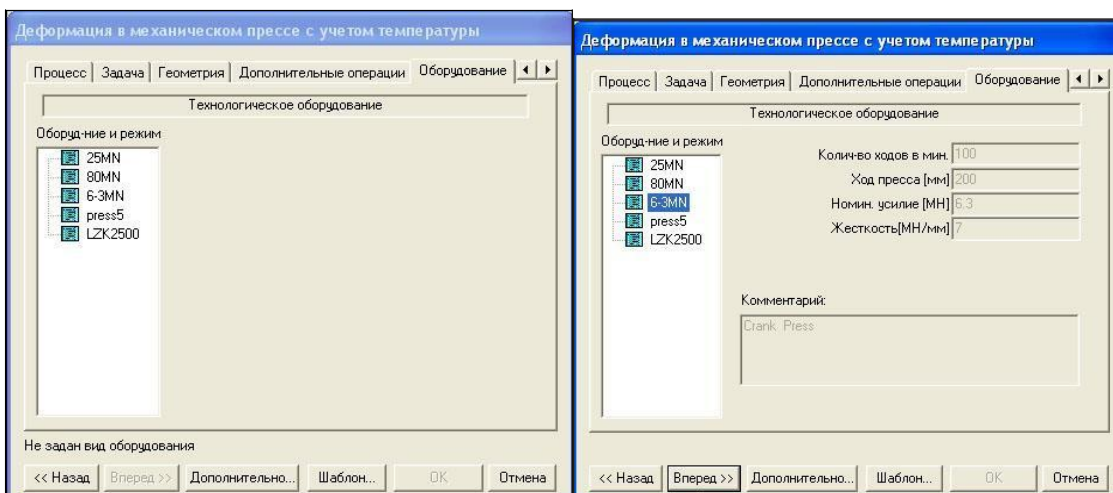


Затем задайте время протекания процесса также равное 1 секунде. Нажав на кнопку Вперед, перейдите на следующую закладку.

Следующая закладка Оборудование посвящена параметрам штамповочного оборудования. Тип штамповочного оборудования был выбран на закладке Процесс.

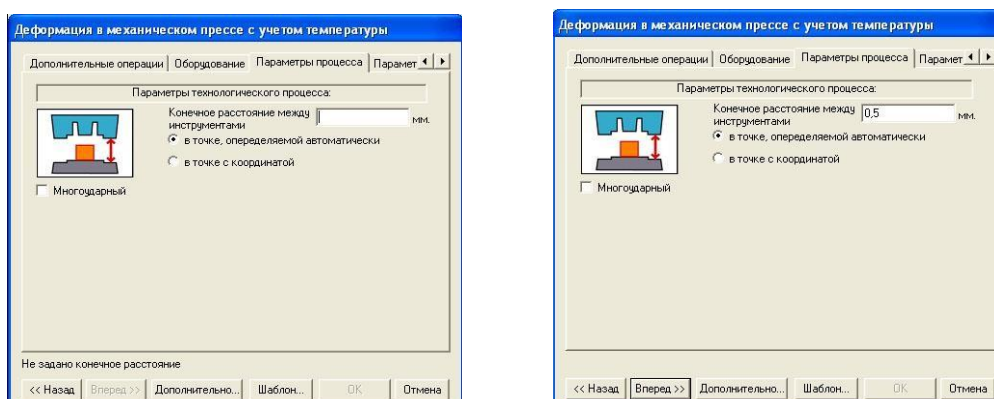
Мастер подготовки данных информирует Вас, что параметры механического пресса не заданы. В левой части данного окна Вы увидите

полный список марок механических прессов, технические параметры которых хранятся в текущей БДQForm.



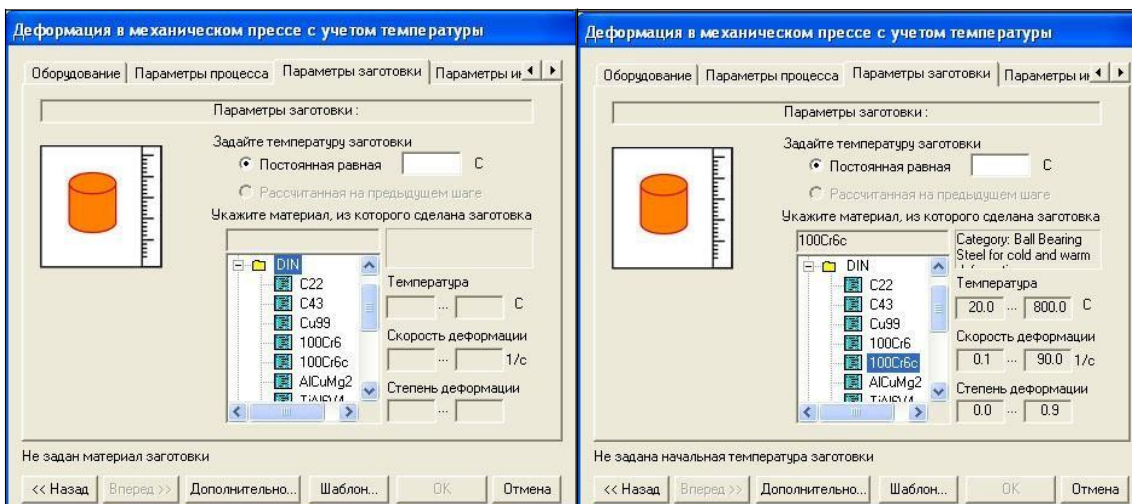
Выберите из предложенного списка механический пресс 6-3MN.

После выбора оборудования в правой части окна отобразятся параметры указанного пресса. Нажав на кнопку Вперед, перейдите на следующую закладку. На закладке Параметры процесса необходимо задать конечное расстояние между инструментами.



В соответствии с исходными данными задайте конечное расстояние равное 0.5 мм.

Нажав на кнопку Вперед, перейдите на следующую закладку. На закладке Параметры заготовки необходимо задать марку и температуру нагрева материала заготовки (деформируемого материала). В среднем окне закладки выведен список деформируемых материалов из БД QForm.



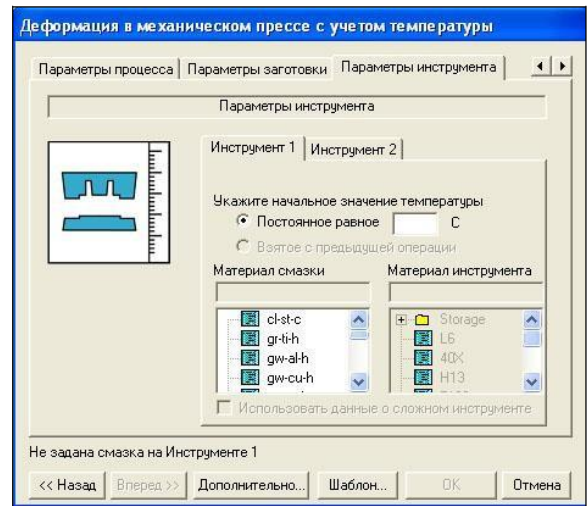
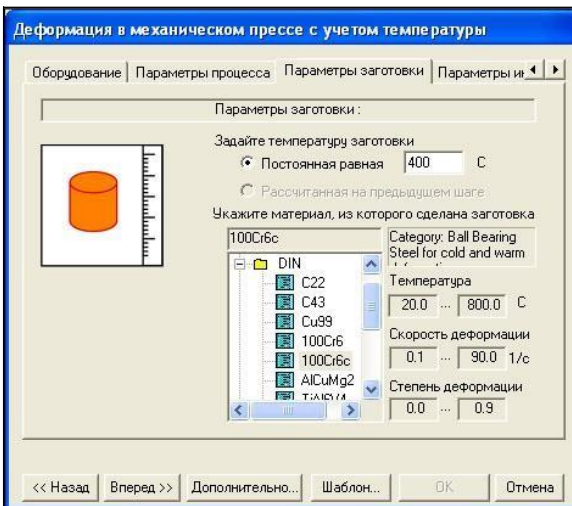
Выберите из списка инструментальную сталь «100Cr6с».

Внимание! В стандартной БД хранятся две стали «100Cr6». Одна под именем «100Cr6», другая под именем «100Cr6с». Первая предназначена для моделирования штамповки при горячих температурах от 800 °С до 1200 °С, вторая – для моделирования штамповки при холодных и теплых температурах от 20 °С до 800 °С. В рассматриваемом примере температура нагрева заготовки равна 400 °С, что соответствует температурному интервалу теплой штамповки.

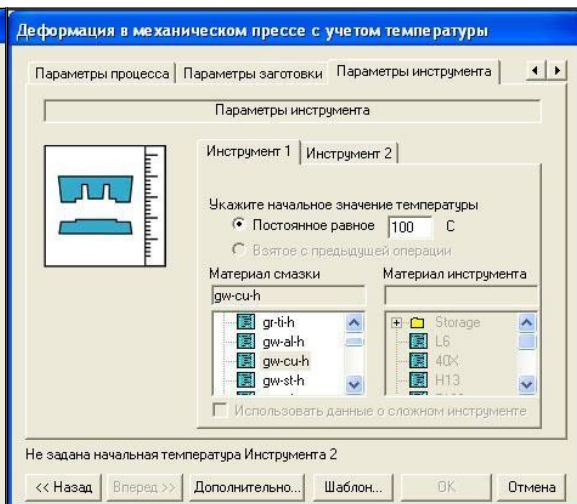
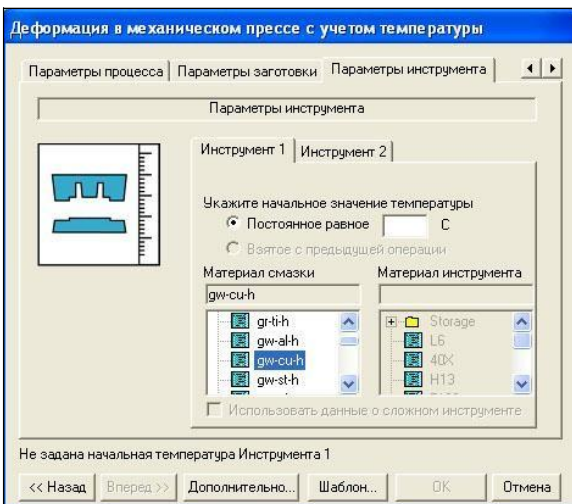
После выбора марки материала в правой части окна отразятся области применения кривых текучести выбранного материала для температуры, скорости и степени деформации.

Наиболее важным критерием из этих параметров является температура – при температуре штамповки ниже указанного интервала программа попросит изменить температуру штамповки на температуру из указанного интервала.

Следующим шагом необходимо задать температуру нагрева заготовки – 400 °С.

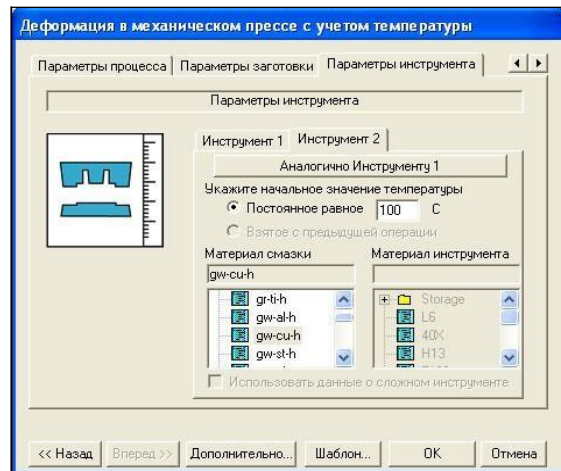
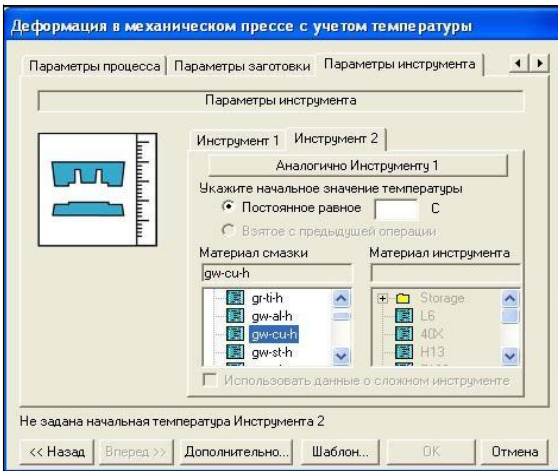


Нажмите на кнопку Вперед и перейдите на следующую закладку. На последней закладке Параметры инструмента необходимо указать тип смазки и температуру нагрева штампов. Ввод параметров для каждого инструмента производится на отдельной закладке, обозначенной именем данного инструмента. На закладке Инструмент1 из списка смазок выберите смазку – «gw-cu-h».



После этого задайте температуру нагрева штампа – 100⁰С.

Затем перейдите на закладку Инструмент2, щелкнув левой клавишей мышки по соответствующему ярлычку.



Закладка Инструмент2 отличается от предыдущей наличием дополнительной кнопки Аналогично Инструменту1. После нажатия этой кнопки все данные, введенные для Инструмента1, автоматически присваиваются Инструменту2.

Для задания параметров второго инструмента нажмите кнопку Аналогично Инструменту1.

Все данные, необходимые для моделирования первой операции, заданы. В нижней части окна мастера подготовки данных нажмите ставшую доступной кнопку ОК. Программа попросит создать файл проекта, в котором будут храниться все данные, необходимые для моделирования процесса штамповки кулачка.

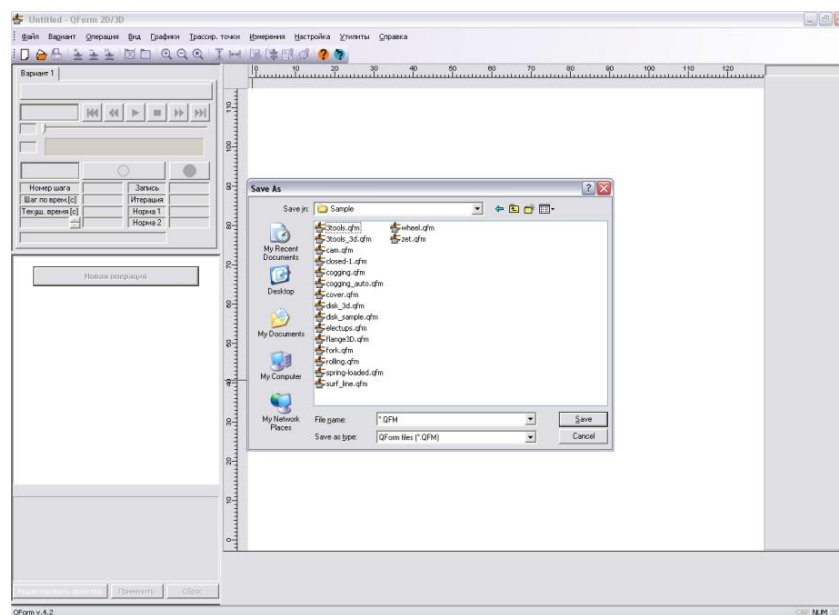


Рисунок 1.4 - Окно сохранения проекта

В появившемся окне (рис. 1.4) задайте имя файла проекта «sam_sq.qfm» и нажмите кнопку Сохранить.

Файл создан и содержит первую операцию рассматриваемого технологического процесса штамповки – осадку. В окне технологических цепочек появится информация о типе созданной операции, содержащейся в данном варианте файла. Красная стрелочка рядом со значком операции обозначает, что в данный момент эта операция активна и результаты расчета активной операции отображены в окне результатов (рис. 1.5).

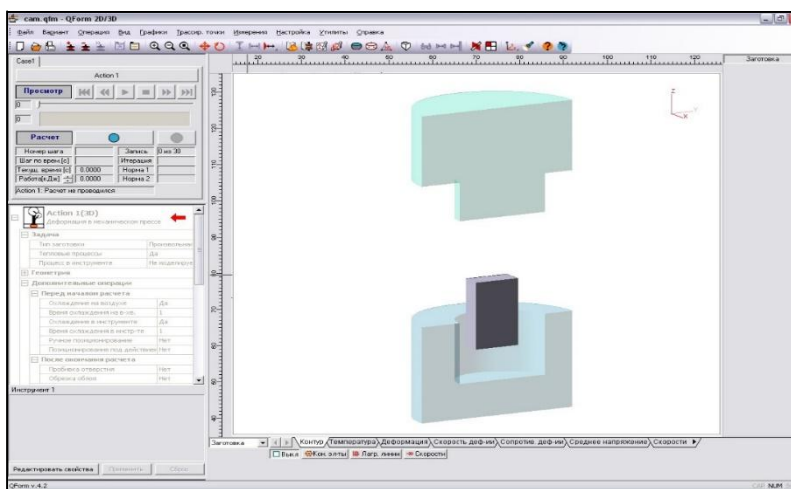
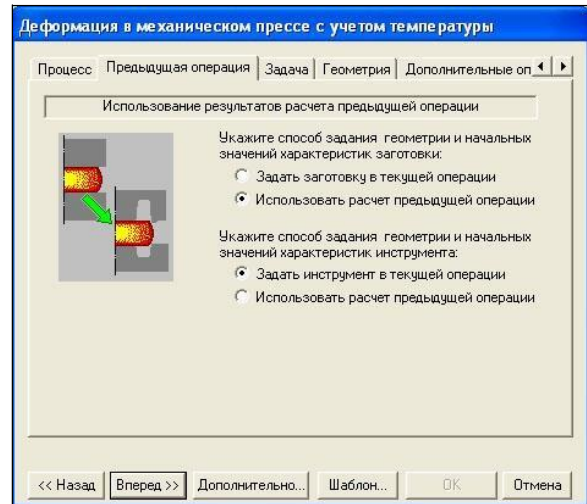
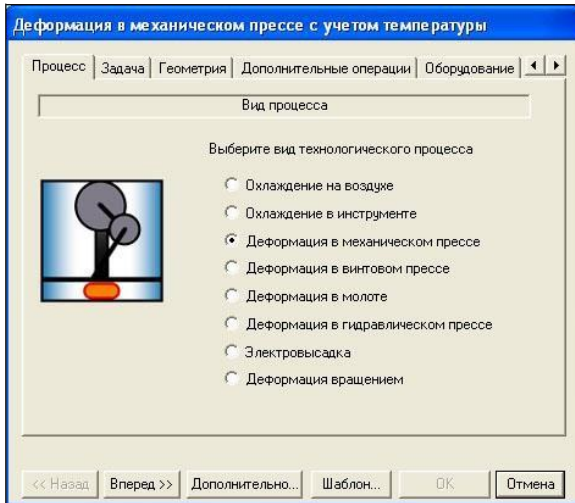


Рисунок 1.5 - Окно программы QForm после задания исходных данных для 1-й операции

Следующим шагом необходимо создать вторую операцию технологической цепочки.

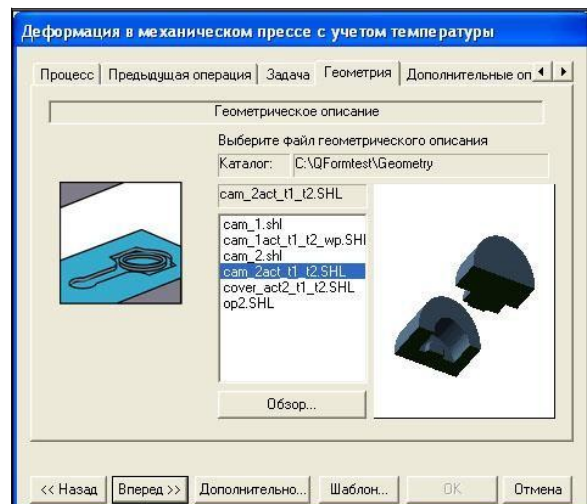
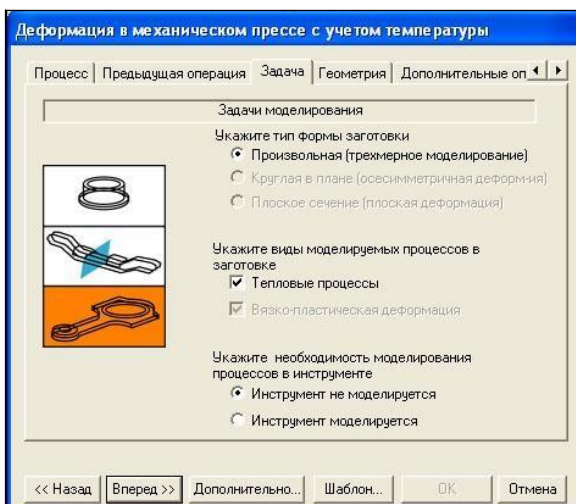
Для этого снова нажмите кнопку Новая операция в окне редактирования данных. Выберите тип процесса – Деформация в механическом прессе, щелкнув правой клавишей мыши по соответствующей радио кнопке.



Нажмите Вперед и перейдите на следующую закладку мастера.

На закладке Предыдущая операция задаются правила наследования результатов предыдущих операций. По умолчанию все данные расчета формоизменения предыдущей операции передаются в следующую операцию.

Нажмите кнопку Вперед и перейдите к следующей закладке. Если в предыдущей операции цепочки моделировалась 3D задача, тип задачи в последующих операциях цепочки автоматически ставится 3D.

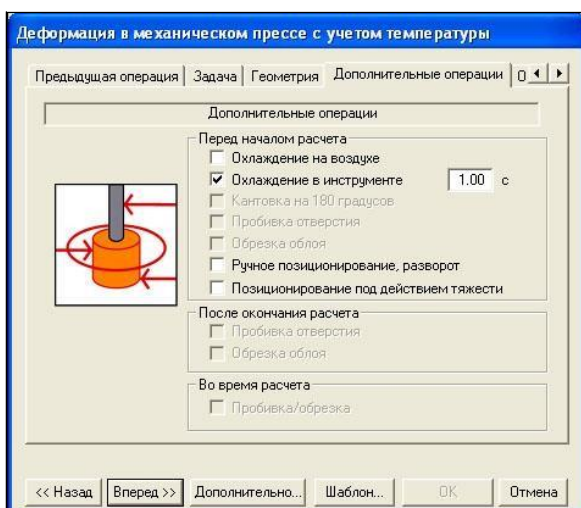


Нажмите кнопку Вперед и перейдите к следующей закладке.

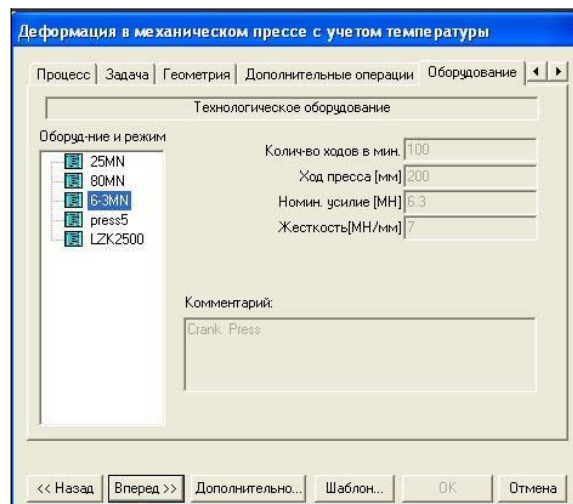
На закладке Геометрия из списка выберите файл «2act_t1_t2.shl» (этот файл содержит геометрию штампов для второго перехода). В динамическом

окне Вы видите, что данный файл содержит только геометрию штампов, форма заготовки будет передана из предыдущей операции в соответствии с правилом наследования, заданным на закладке Предыдущая операция. Нажмите кнопку Вперед и перейдите к следующей закладке.

На закладке Дополнительные операции выберите операцию Охлаждение в инструменте, после чего укажите время протекания



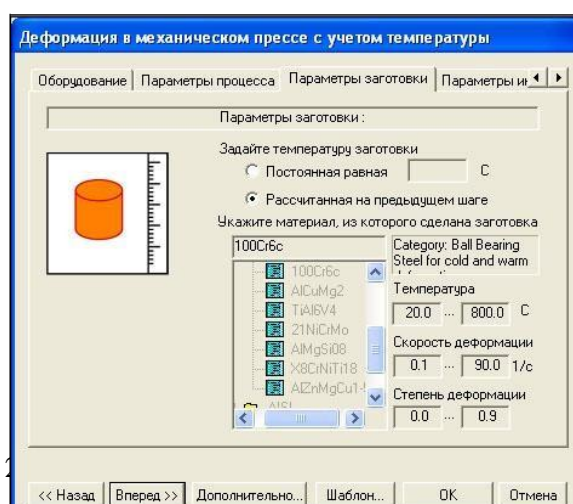
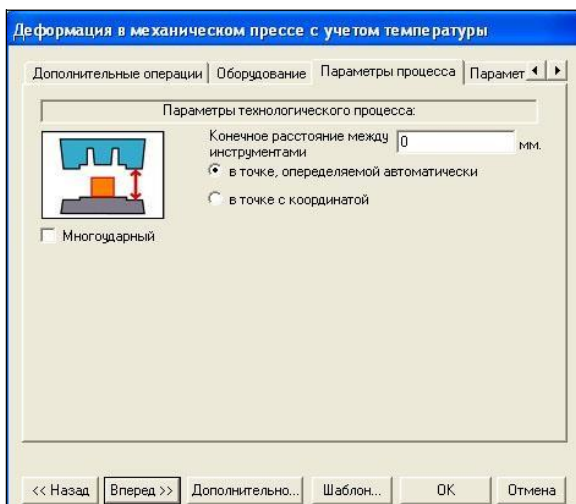
процесса – 1с.



Нажмите Вперед и перейдите на следующую закладку мастера.

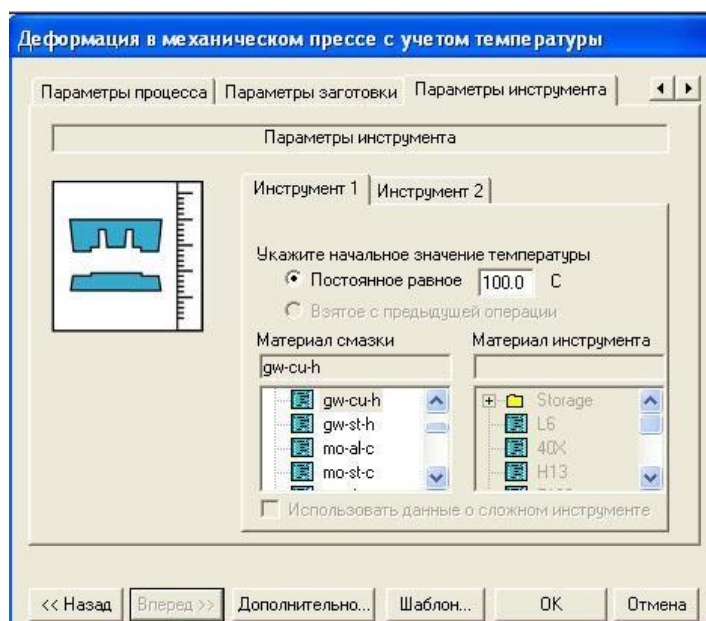
На закладке Оборудование выберите из предложенного списка механический пресс «6-3MN». Нажмите Вперед и перейдите на следующую закладку мастера.

На закладке Параметры процесса в соответствии с исходными данными задайте конечное расстояние между штампами равное 0 мм.



На следующей закладке Параметры заготовки в соответствии с выбранным правилом наследования указано, что марка деформируемого материала и данные по температуре переданы из расчета предыдущей операции.

Нажмите Вперед и перейдите на следующую закладку мастера. На закладке Параметры инструмента данные по смазке и температуре автоматически передаются из первой операции.



Нажмите ОК. Данные для второй операции заданы.

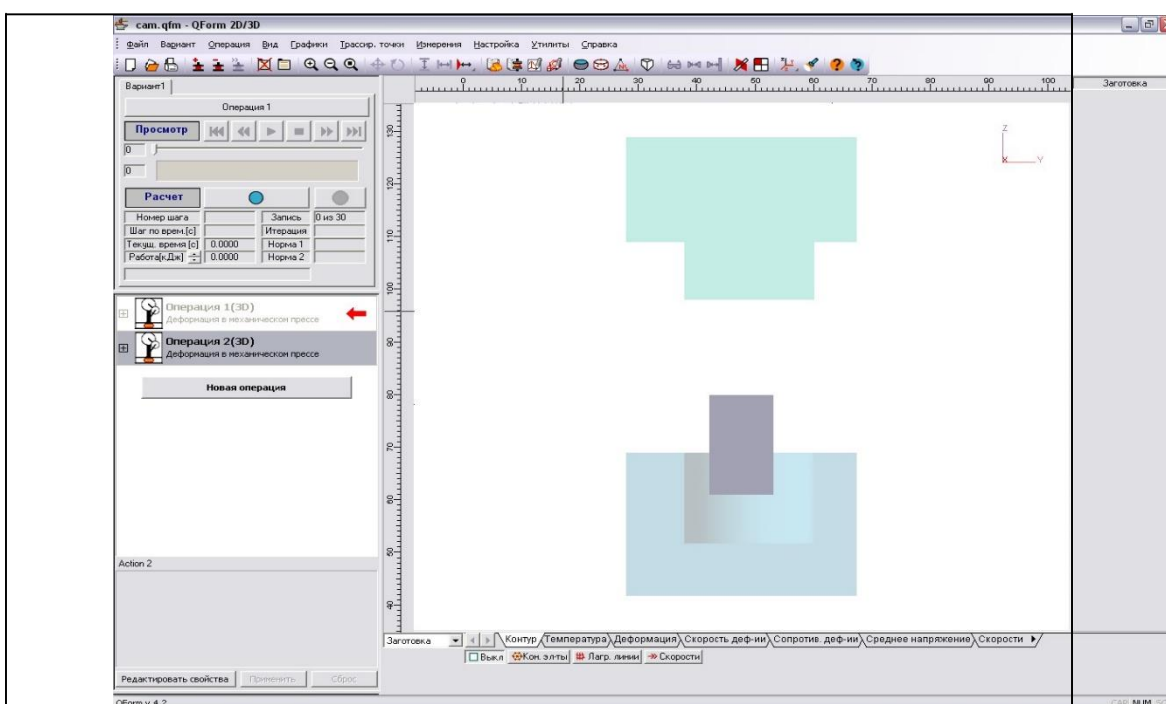
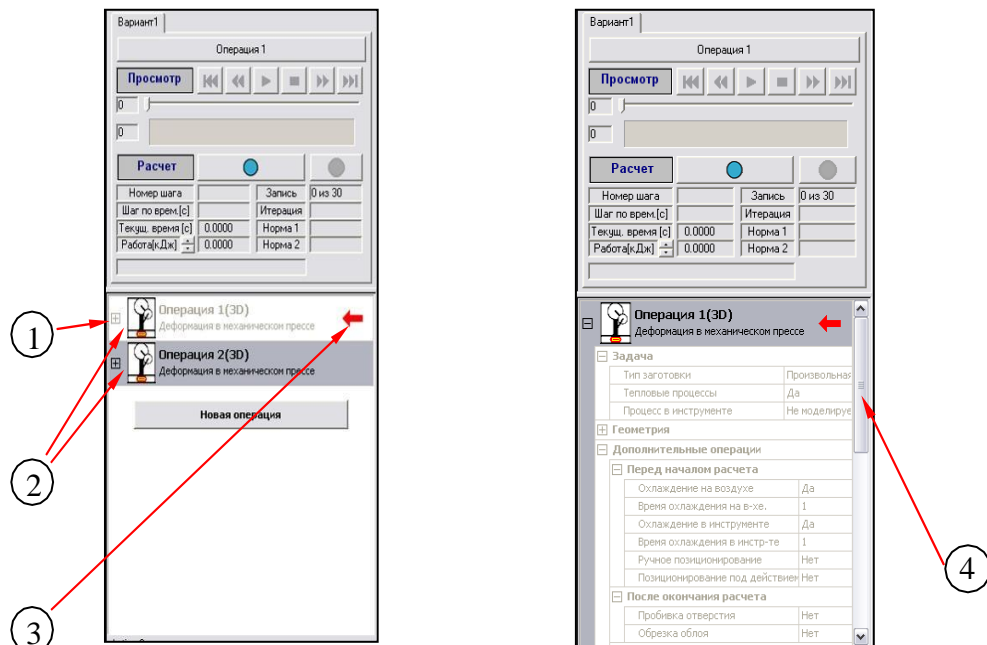
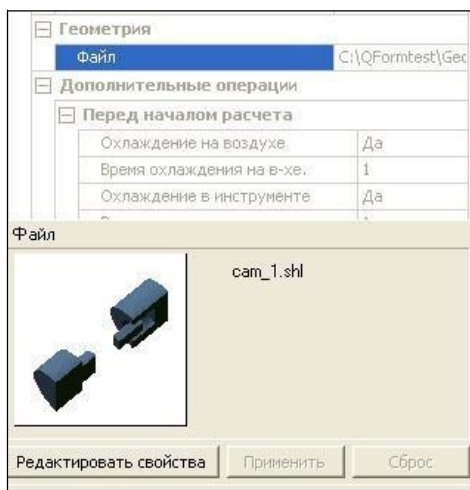


Рисунок 1.6 - Окно программы QForm после задания исходных данных для 2-й операции

На рис. 1.7 б приведены Таблицы Свойств проекта «Cam_sq.qfm» после задания исходных данных.



а



б

1 – кнопка свертки/развертки Таблицы свойств проекта, 2 – цепочка операций файла «cam_sq.qfm», состоящая из двух 3D операций, 3 – индикатор активной операции, 4 – ползунок полосы прокрутки таблицы свойствоперации

Рисунок 1.7 - Общий вид технологической цепочки (а) и таблицы свойств (б) проекта«Cam_sq.qfm» после задания исходных данных

Проверьте правильность задания исходных данных, используя Таблицу Свойств (или исходных данных) проекта (рис. 1.7). Таблица Свойств проекта – это опция программы QForm, которая работает как в 2D, так и в 3D режиме. Таблица Свойств позволяет просматривать и изменять исходные данные проекта без запуска Редактора подготовки исходных данных. Для свертки/развертки Таблицы Свойств щелкните кнопку «+» (рис. 1.7, позиция 1).

Двигаясь с помощью ползунка по Таблице Свойств, можно просмотреть все исходные данные проекта. На рис. 1.7 б показан исходный геометрический файл в Таблице Свойств.

1.3 Технологическая цепочка из 2D и 3D операций штамповки

Технологический процесс при штамповке в 3D программе QForm рассматривается так же, как и в 2D, т.е. как последовательность операций, производимых с заготовкой, объединенных в технологическую цепочку. Новая программа работает в той же программной оболочке, что и двумерная программа, с включением новых особенностей для 3D моделирования. Такая глубокая интеграция обеспечила моделирование единой технологической цепочки, включающей как 2D деформацию, например, осадку цилиндрического слитка, так и 3D деформацию. Каждая из операций рассматривается как объект моделирования. Цепочка может состоять из одной и более операций (до 99 операций).

Технологическая цепочка может включать:

- переходы штамповки;
- нагрев;
- остывание;
- кантовку заготовки ит.д.

Пользователь может задавать и модифицировать исходные данные для всех операций технологической цепочки, а затем запускать их на счет в автоматическом режиме. Операции имеют стандартные заголовки, но им можно

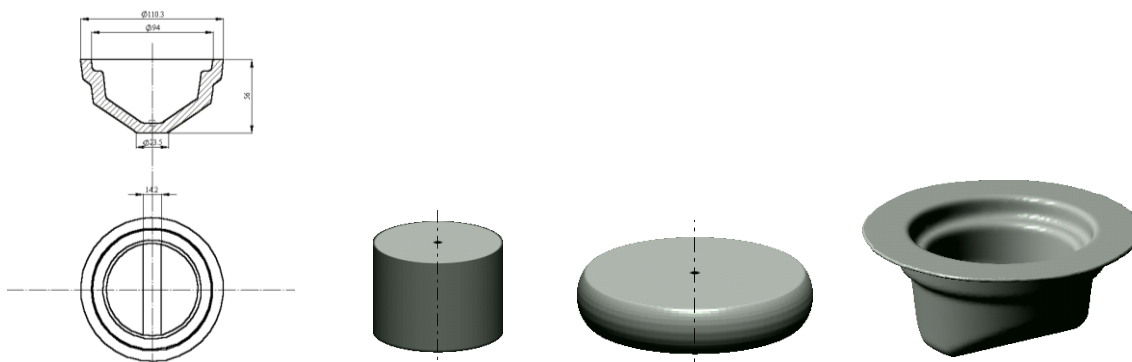
давать и произвольные названия.

Технологическая цепочка, подготовленная для расчета как последовательность операций, сохраняется в файле с расширением QFM. Файл с расширением QFM содержит все исходные данные. Результаты расчета технологических операций, из которых состоит технологическая цепочка, сохраняются в дополнительных файлах, имеющих расширение QFM. Файлы SST (StreamStoragefile) хранят расчетную информацию в виде иерархической структуры, похожей на файловую структуру операционной системы.

Файлы QFM обладают очень важным свойством. При открытии любого QFM файла при отсутствии по той или иной причине подчиненных ему SST файлов происходит их автоматическое восстановление на жестком диске. Кроме того, происходит восстановление недостающих данных в базе данных, а также генерация файлов с геометрической информацией (SHL файлов). Т.е. файл QFM обеспечивает автоматическое сохранение расчета в компактном виде.

Файл QFM обладает еще одним важным свойством – возможностью хранения в одном файле нескольких технологических цепочек. Такая необходимость возникает при отладке технологии штамповки, когда требуется в одном исследовании просчитать несколько вариантов технологии.

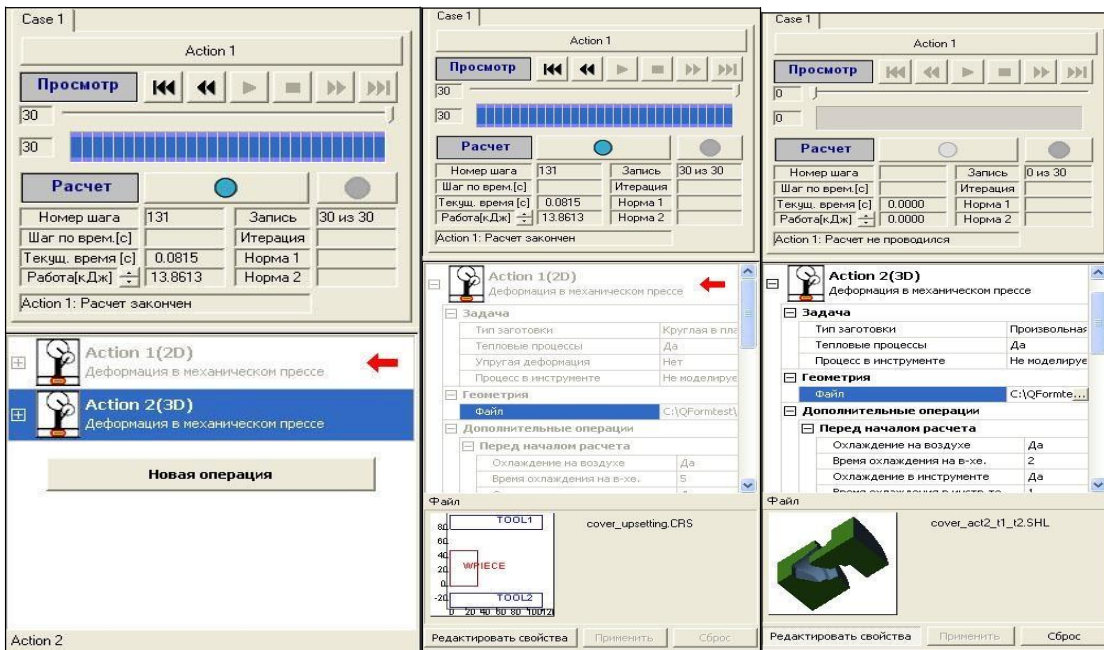
Рассмотрим пример подготовки исходных данных для моделирования технологии штамповки поковки Крышки. На рис. 1.8 показаны габаритные размеры детали Крышки и технологические переходы для получения поковки.



Осадка цилиндрической заготовки может быть рассмотрена как 2D или 3D операция. Двумерное моделирование значительно экономнее с точки зрения времени расчета и размера файла результатов. Рассмотрим первую операцию как двухмерное течение.

Щелкните левой кнопкой мыши на значок Новая операция. После этого запустится «Редактор подготовки исходных данных». Последовательность подготовки исходных данных стандартная. В окне Задача должна быть активна кнопка Круглая в плане (осесимметричная деформация). Геометрия в соответствующем окне задается в качестве исходного файла – «cover_upsetting.crs», который берется из каталога «\QFORM\Geometry». Технологические данные соответствуют исходным данным, приведенным выше.

После подготовки данных первого перехода щелкните опять кнопку Новая операция и подготовьте исходные данные для моделирования второго перехода. В окне Задача выберите кнопку Произвольное (трехмерное моделирование). Далее программа автоматически потребует для моделирования геометрический файл с расширением SHL, что означает трехмерную геометрию. Выберите файл «cover_act2_t1_t2.shl». Далее задайте данные в соответствии с исходной таблицей. На рис. 1.9 показана технологическая цепочка, состоящая из последовательности 2D и 3D операций. Для каждой из операций на том же рисунке приведены исходные геометрические файлы.



а

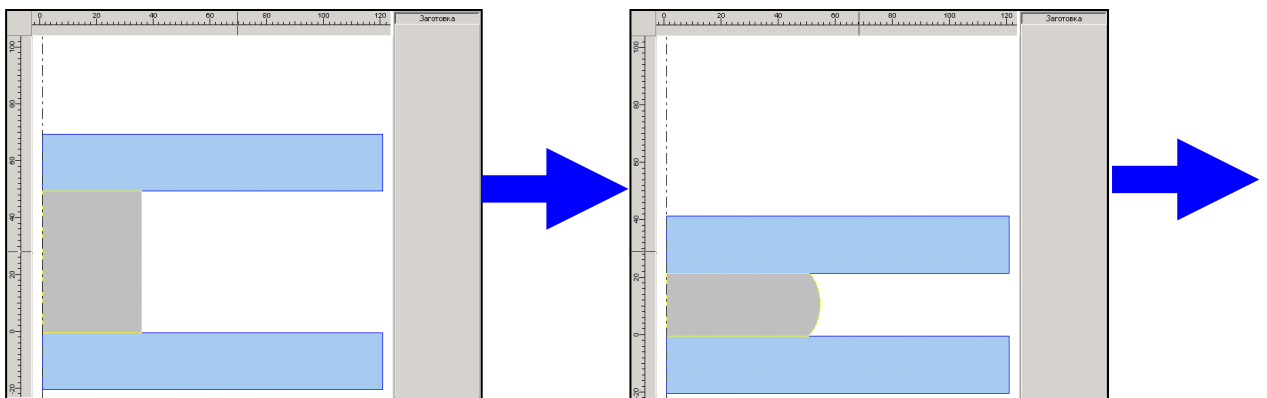
б

в

а – технологическая цепочка, состоящая из 2D и 3D операций, б – исходная геометрия 1-ой операции, файл CRS, в – исходная геометрия 2-ой операции, файл SHL

Рисунок 1.9. Таблица свойств и технологическая цепочка 2D-3D

На рис. 1.10 показана моделируемая технологическая цепочка, состоящая из двух операций.



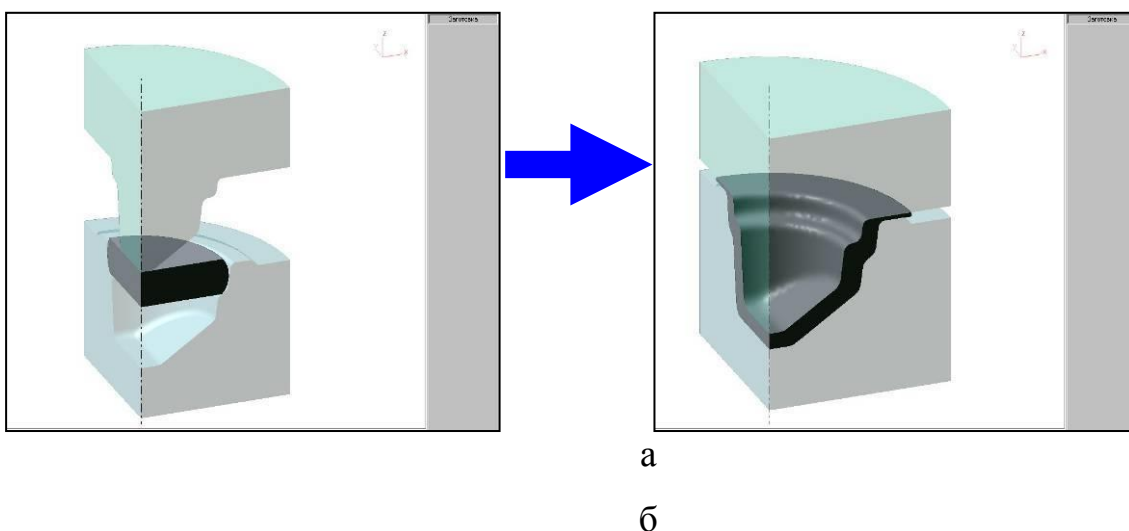


Рисунок 1.10. Моделирование технологического процесса как технологической цепочки, состоящей из 2D операции (осадка – а) и 3D операции (обратное выдавливание – б)

Из рис. 1.9 и 1.10 хорошо видна основная особенность моделируемого технологического процесса. Он рассматривается как технологическая цепочка, состоящая из двумерного и трехмерного деформирования. Кроме того, поковка Крышки имеет две плоскости симметрии, что позволяет упростить трехмерное моделирование, рассматривая четверть детали. В то же время при просмотре результатов QForm позволяет выводить результаты как для полной детали, так и в произвольном сечении. Более подробно вывод и анализ результатов моделирования поковки «Крышка» рассмотрен в главе 7 настоящего Руководства Пользователя.

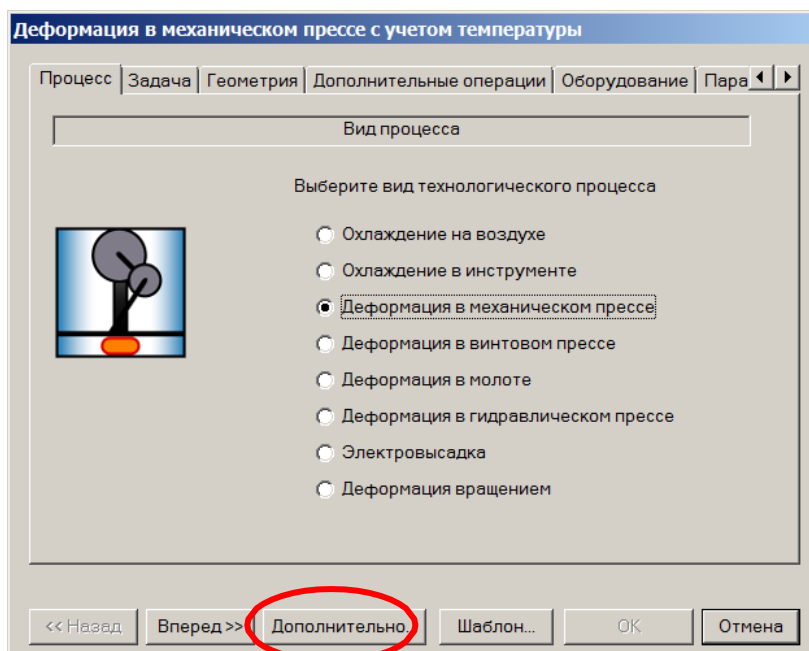
1.4 Дополнительные параметры расчета.

Кроме основных исходных данных, без которых невозможно запустить на счет подготовленный вариант расчета, в программе QForm можно задавать ряд дополнительных данных. Значения этих переменных всегда имеют некоторые

значения по умолчанию, но пользователь может их менять.

1.4.1 Инициализациязаготовки

Щелкните на кнопку Дополнительно в окне задания исходных данных.



Откроется окно Дополнительные параметры с несколькими закладками:

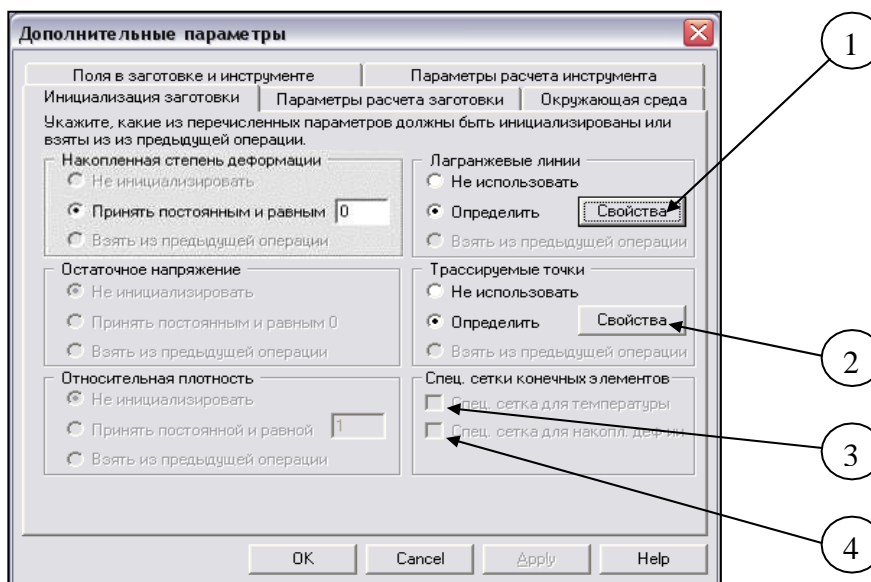
Инициализациязаготовки.

Параметры расчетазаготовки.

Параметры расчетаинструмента.

Окружающаясреда.

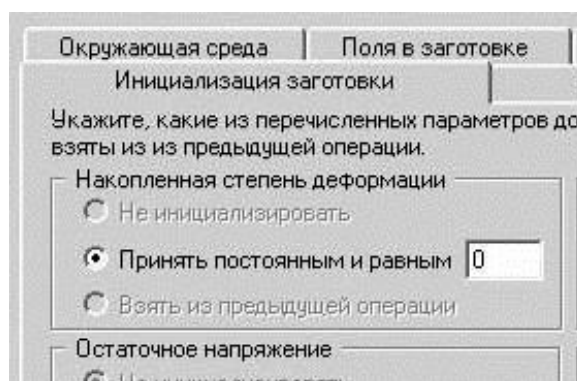
Поля в заготовке иинструменте.



Выбрав закладку (см. рис. выше) Инициализация заготовки, Вы сможете изменить некоторые параметры, назначенные по умолчанию. Например, Вы можете изменить количество линий делительной (Лагранжевой) сетки, нажав кнопку (1). Эта сетка показывает картину течения металла в процессе штамповки см. раздел 2.14 настоящего Руководства пользователя.

Для изменения настроечных параметров трассируемых точек необходимо нажать кнопку (2) см. раздел 2.15.

Если штамповка производится в несколько переходов, то между переходами может быть промежуточный подогрев. В этом случае вследствие протекания процессов динамической рекристаллизации в заготовке произойдет восстановление деформированной структуры. Для учета этого явления обнуляется поле накопленной степени деформации в заготовке как показано

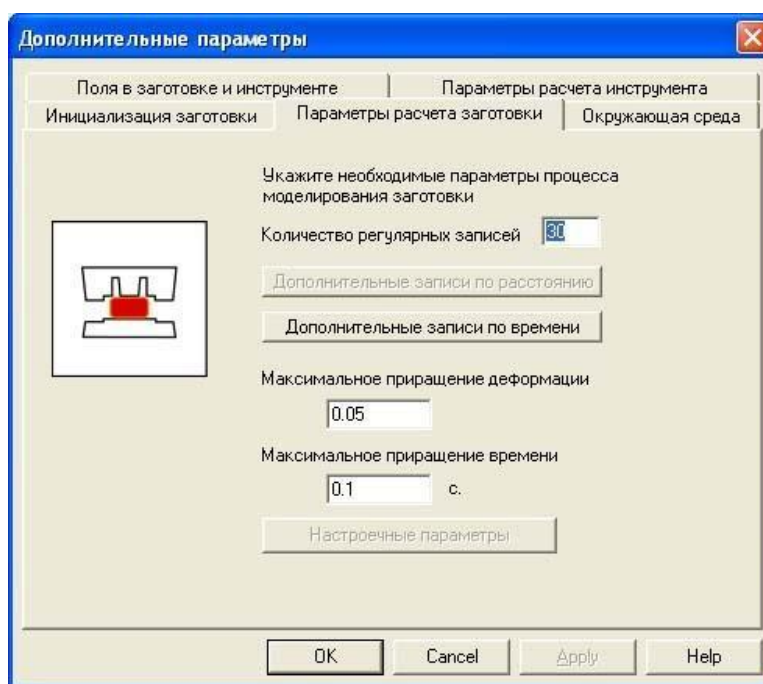


ниже.

По умолчанию при расчете многопереходной штамповки без промежуточного подогрева деформационное поле в заготовке передается от одного перехода к другому.

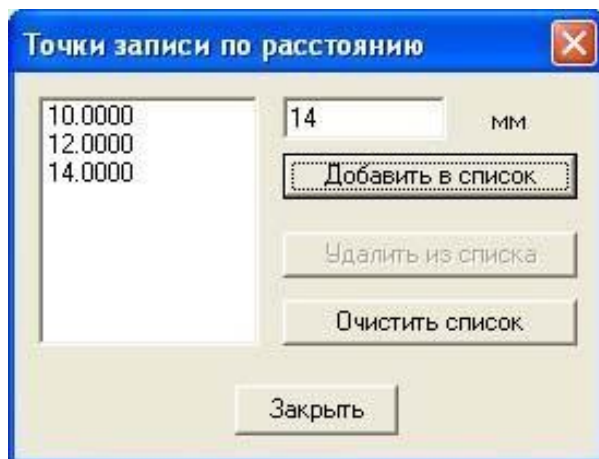
1.4.2 Параметры расчета заготовки

Используя закладку Параметры расчёта заготовки, Вы можете изменить количество регулярных записей в файл. Можно задать число регулярных записей с равными интервалами. По умолчанию их число равно 30. Для механического, гидравлического и универсального прессов регулярные записи производятся через равные промежутки времени. Записи результатов расчета для молота и винтового прессы осуществляются не только по расходу энергии, но и по перемещению инструмента, что обеспечивает подробное сохранение результатов в любом случае.



Кроме того, пользователь может задать дополнительные записи по расстоянию или по времени. Для того чтобы задать дополнительные записи по расстоянию, нажмите на кнопку **Дополнительные записи по расстоянию**. После

этого появится диалоговое окно Точки записи по расстоянию. Вы можете задать дополнительные записи по расстоянию в этом окне, занеся их в список при помощи кнопки Добавить в список (см. рис.ниже).

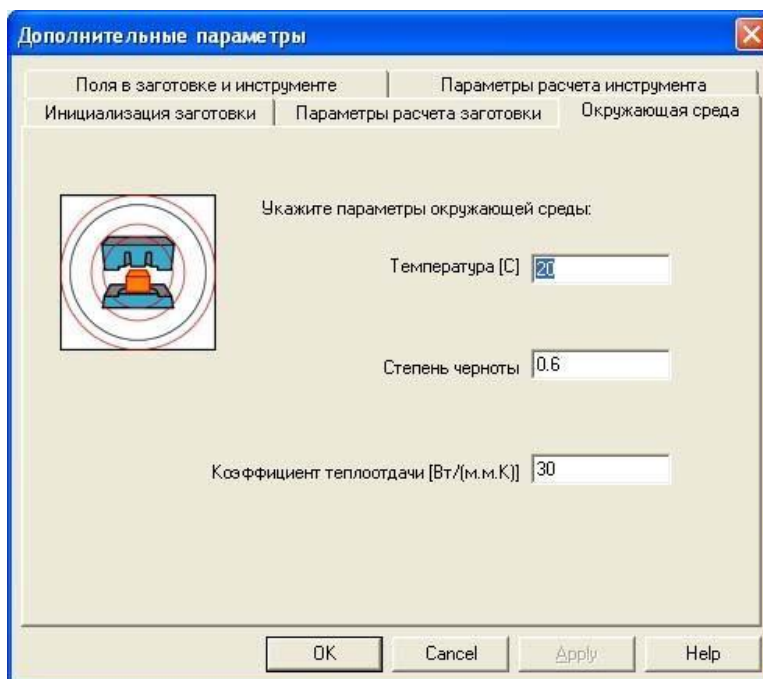


Аналогичным образом можно задать дополнительные точки по времени. Общее количество записей будет определяться суммой регулярных записей и дополнительных записей по времени и расстоянию.

В окне Параметры расчёта заготовки Вы также можете изменить максимальное приращение деформации и максимальное приращение времени. Обычно это не требуется, т.к. программа автоматически регулирует эти параметры. Данную функцию обычно используют при моделировании длительного процесса охлаждения. В этом случае удобно увеличить временной интервал между регулярными записями для уменьшения количества шагов.

1.4.3 Окружающая среда

Свойства окружающей среды, заданные по умолчанию, могут быть изменены в закладке Окружающая среда после нажатия кнопки Дополнительно Редактора подготовки исходных данных.



Задана температура окружающего воздуха 20°C , степень черноты 0.6 и коэффициент теплопередачи, соответствующий теплообмену на воздухе.

Значение степени черноты для расчета теплообмена излучением для металлов необходимо брать из справочников. Известно, что степень черноты поверхности стали может меняться от 0.14 до 0.97:

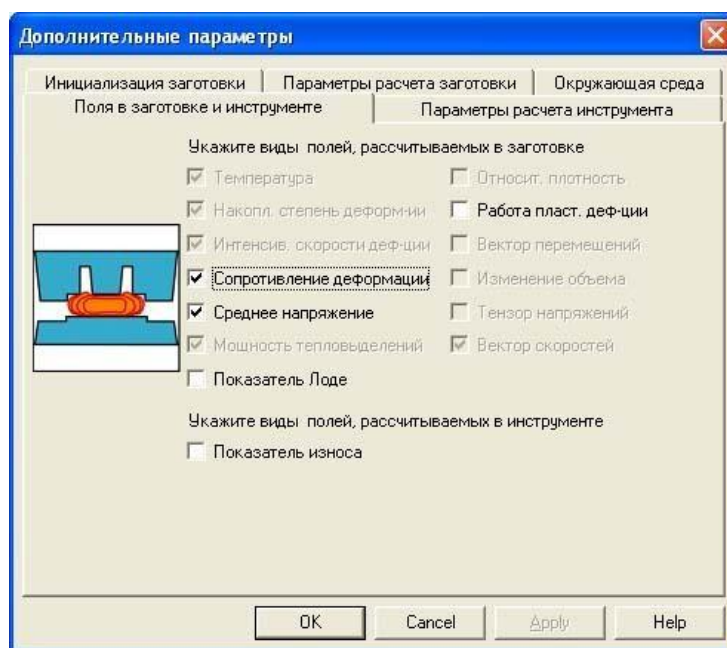
	Температура, $^{\circ}\text{C}$	Степень черноты
Стальной слиток	925-1115	0.87-0.95
Хромоникелевые стали и сплавы	50-1035	0.78-0.82
Поверхность с плотным слоем окалины	25	0.82
Стальной прокат с полированной поверхн.	425-1020	0.14-0.38
Никелевые сплавы –		0.58
Медные сплавы –		0.7
Алюминиевые сплав		0.5

1.4.4. Поля в заготовке и инструменте

По умолчанию в заготовке всегда рассчитывается минимальный

набор полей физических величин:

- температура;
- накопленная степень деформации;
- интенсивность скоростей деформаций;
- мощность тепловыделений;
- вектор скоростей.



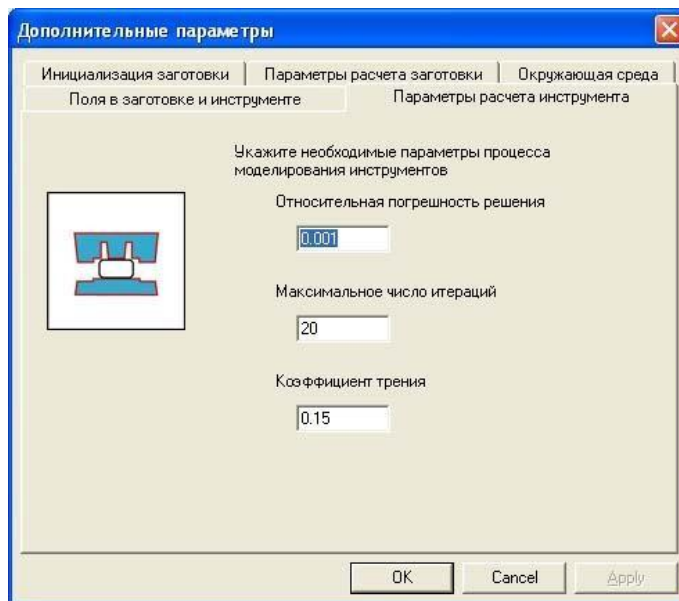
В случае необходимости можно задать дополнительные поля, пометив их во вкладке Поля в заготовке и инструменте, которую можно выбрать после нажатия кнопки Дополнительно Редактора подготовки исходных данных.

1.4.5 Параметры расчета инструмента

Первые два поля влияют на точность и скорость расчета инструмента. Рекомендуется задавать Относительную погрешность решения – 0.001 и Максимальное число итераций – 20.

Последний параметр – Коэффициент трения. Он определяет трение между деталями составного инструмента. Возможно для разных поверхностей

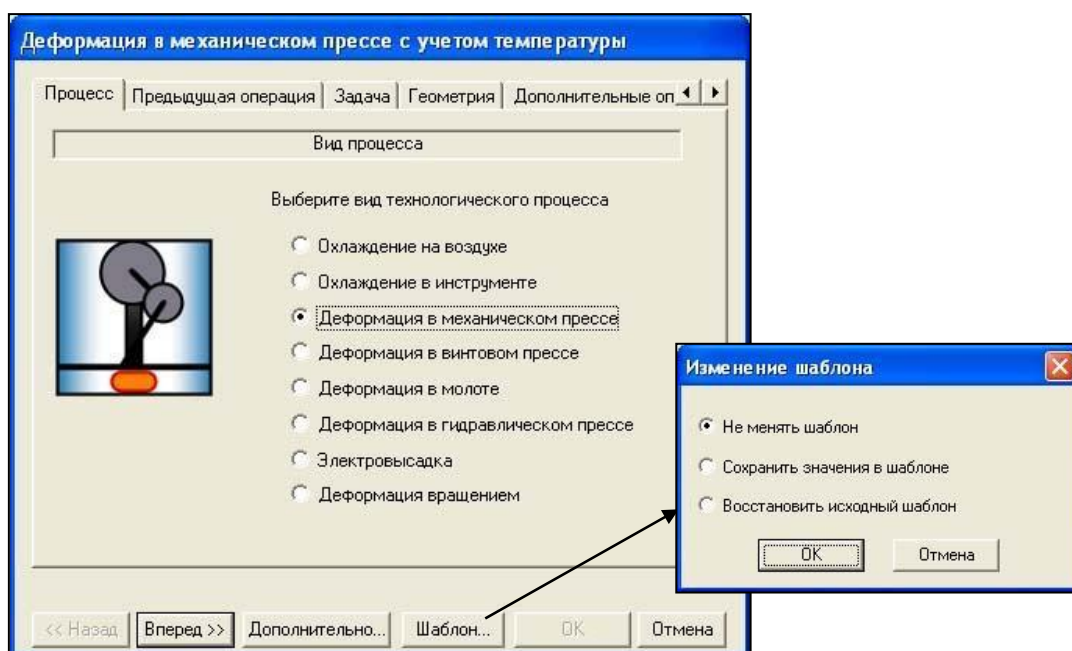
составного инструмента задавать различные величины коэффициента трения. Подробнее это описано в Руководстве Пользователя «2D Расчёт».



1.4.6 Шаблоны

Исходные данные для программы QForm делятся на две большие группы: Технологические данные, которые необходимо задавать в каждом новом расчете.

Данные для настройки конечно-элементной программы, которые имеют всегда начальные значения и используются расчетной программой на основе



принципа умолчания. Хранятся эти данные в шаблонах (см. ниже):

Данные, которые хранятся в шаблонах, можно менять через окно **Дополнительные параметры расчета**.

После изменения каких-либо данных в окне **Дополнительные параметры** через **Изменение шаблона** можно выбрать одно из следующих действий:

- Не менять шаблон.
- Сохранить значения в шаблоне, если Вы изменили какие-либо данные через окно **Дополнительные параметры расчета**.
- Восстановить исходный шаблон. Позволяет восстановить исходные значения **Дополнительных параметров** расчета, инициированных при установке системы на компьютер.

Приведем некоторые данные, которые могут эффективно повлиять на работу расчетной программы:

- **Количество записей.** Задается в закладке **Параметры расчета** заготовки. По умолчанию стоит значение 30 для механической задачи и 5 для тепловой. Уменьшение этого числа позволит сократить размер файла результатов.
- **Максимальное приращение времени.** Задается в закладке **Параметры расчета**. Оказывает влияние на время расчета операций охлаждения на воздухе и в инструменте. При задании времени охлаждения более 20 с рекомендуется увеличить **Максимальное приращение времени** так, чтобы количество шагов по времени не превышало 10-20.
- **Специальная сетка для температуры.** Задается только для 2D расчетов в закладке **Инициализация заготовки**. Имеет два состояния: да/нет. По умолчанию задано «нет». Применяется для увеличения точности расчета тепловых полей в заготовке.

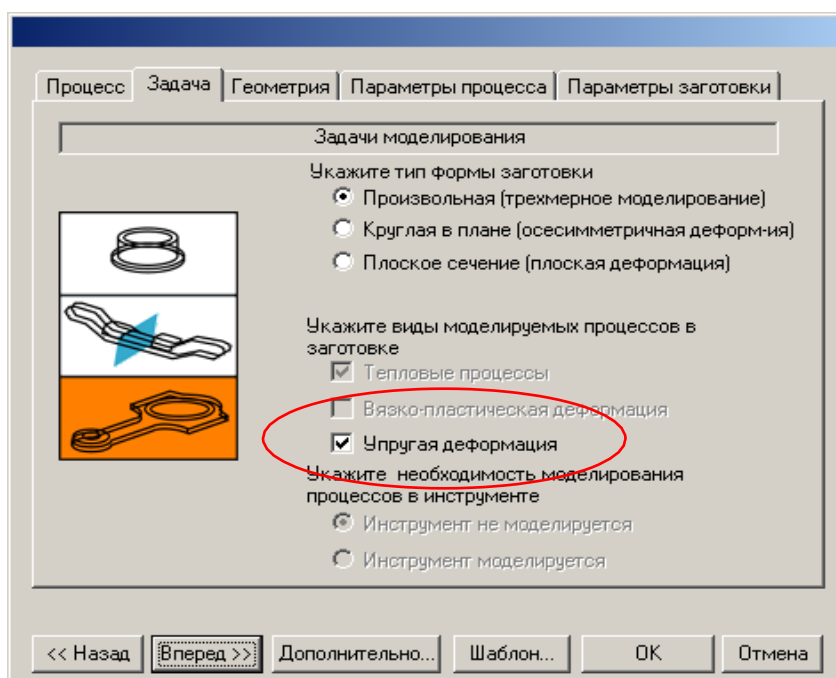
2 Дополнительные возможности программы

2.1 Учет упругой деформации при охлаждении заготовки

При охлаждении или нагреве заготовки на воздухе или в другой среде (вода, масло и т.д.) в материале заготовки возникают упругие деформации. Эти деформации могут быть существенно неравномерными, вследствие чего образуются локальные очаги напряжений, приводящие к растрескиванию металла, то есть к браку. Кроме того, в результате упругой деформации изменяется форма заготовки, ее объем. Эти процессы могут быть численно промоделированы программой QForm в режиме трехмерного моделирования.

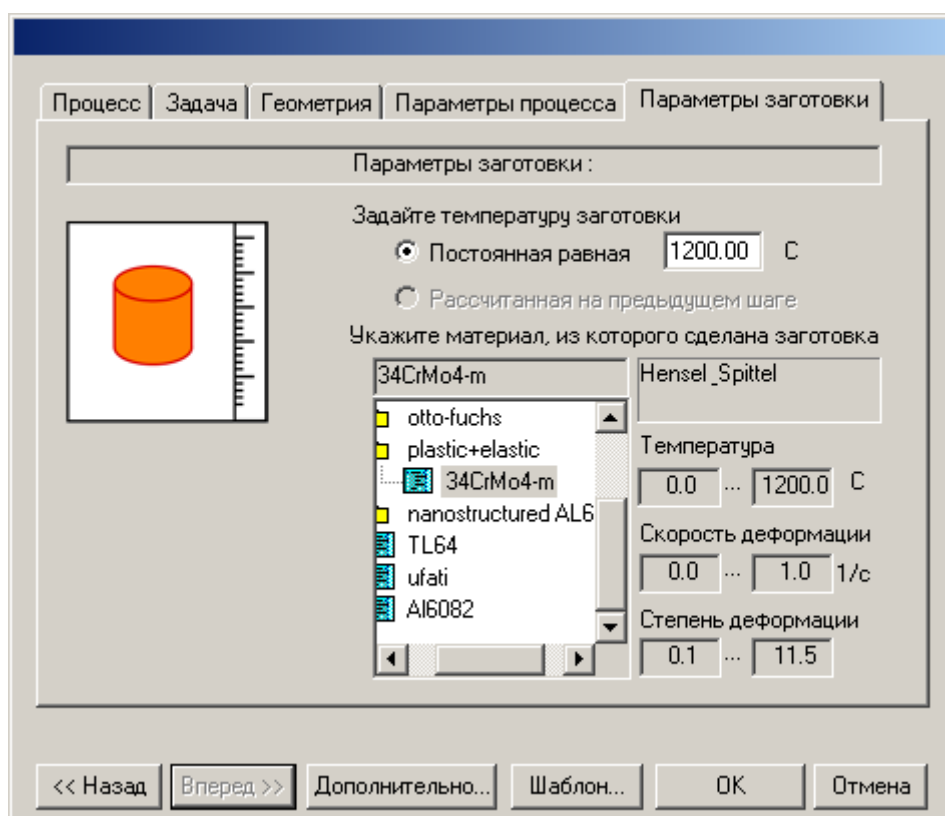
Рассмотрим для примера расчет упругой деформации при охлаждении цилиндра. Имя примера "Cooling_with_elastic_deformations", он находится в директории QForm/Sample. При создании операции необходимо выбрать тип "Охлаждение на воздухе", даже если охлаждение проходит в другой среде, такой как вода или масло. Цилиндр был выполнен из сплава 34CrMo4-m и имеет начальную температуру 850 °С.

В мастере подготовки исходных данных в закладке "Задача" необходимо включить опцию "Упругая деформация", как показано ниже.



Затем в закладке "Параметры заготовки" в списке доступных материалов заготовки будут присутствовать только такие, которые пригодны для расчета упругой деформации. Это означает, что помимо напряжения текучести и термических свойств, материал заготовки должен иметь значения модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Как правило, эти два параметра не требуются для моделирования процесса деформации, поскольку используется так называемая вязкопластическая модель, где упругие деформации отбрасываются, поскольку они очень малы по сравнению с большой пластической деформацией.

Ниже можно увидеть специальную папку "plastic-elastic", которая включает данные материала с определёнными упругими свойствами:



В случае, если используемый материал не имеет упругих параметров, они могут быть легко добавлены в базу. Для этого нужно открыть базу материалов, выбрать материал, как показано на рис. 5.1, затем найти список свойств в правом нижнем углу и поставить галочки напротив Модуля Юнга и Коэффициента Пуассона. Затем ввести их значения в соответствующие поля

базы данных. Для большинства сталей модуль Юнга составляет примерно 200000 МПа, а коэффициент Пуассона – около 0.3.

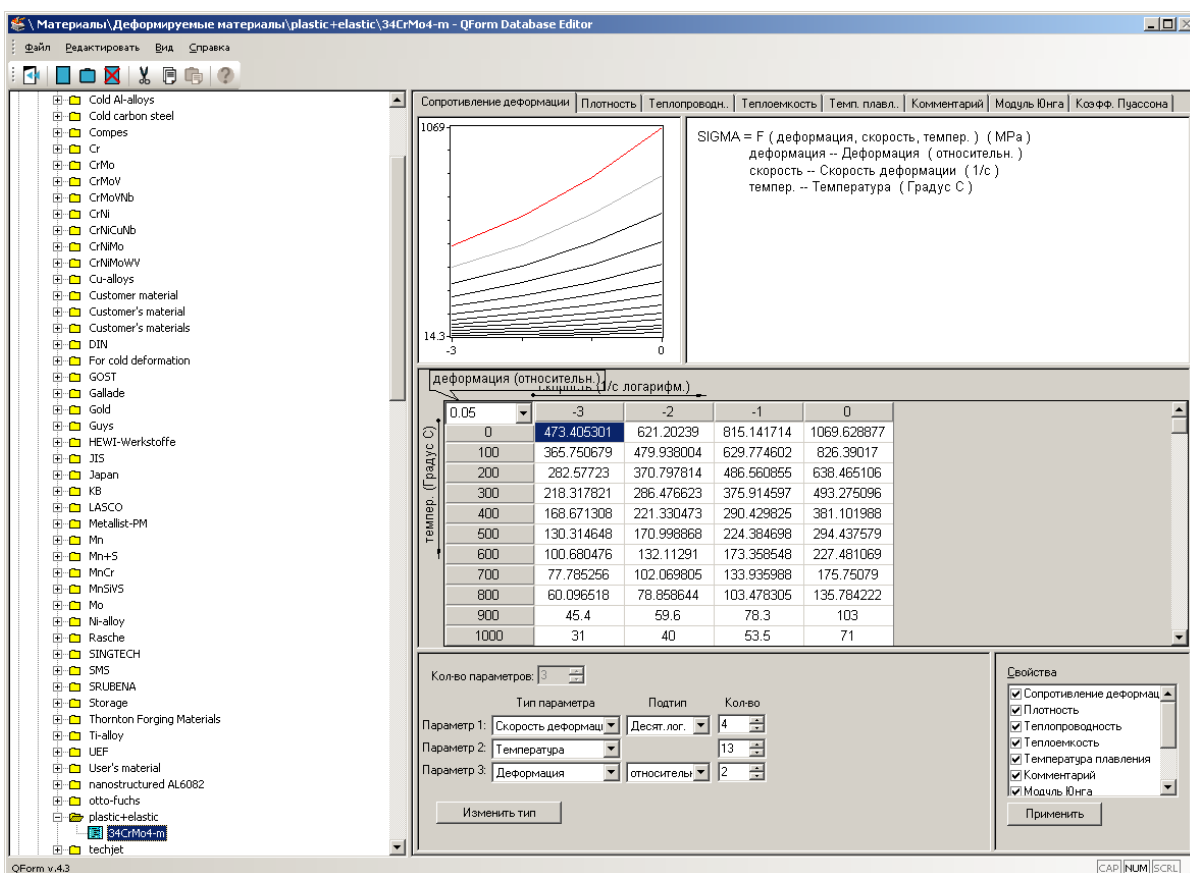
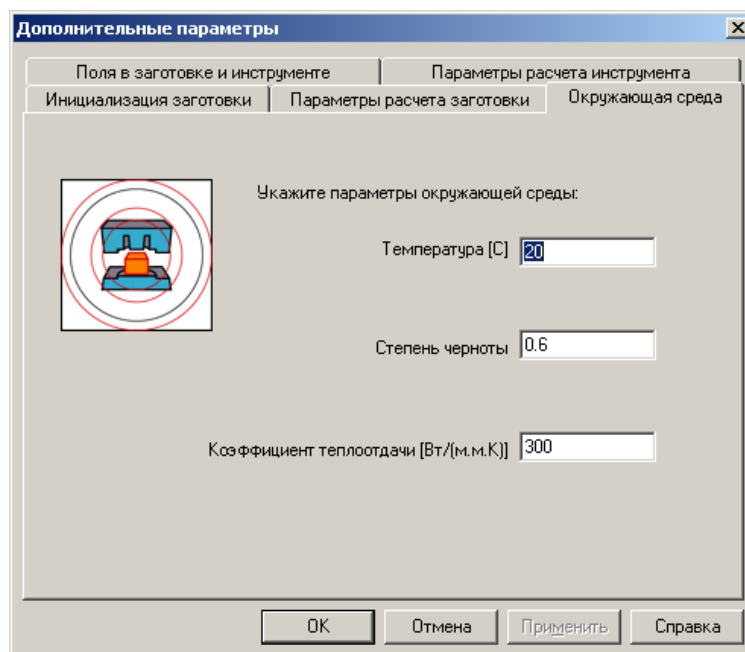
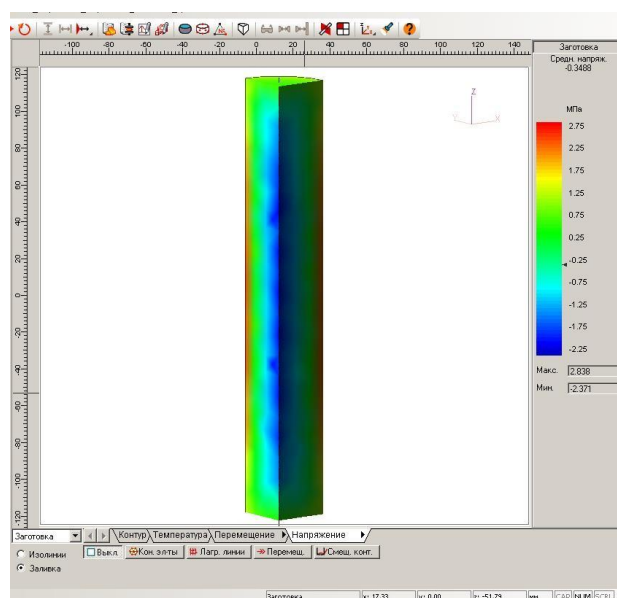


Рисунок 2.1 Окно База Данных Материалов

Для моделирования охлаждения в среде, отличной от воздуха, необходимо изменить параметры окружающей среды. Следует нажать кнопку «Дополнительно» и выбрать «Окружающая среда» и изменить параметр «Коэффициент теплоотдачи» с 30 Вт/(м²·К) на более подходящее значение в данных условиях. К примеру, для воды в определённых условиях этот параметр может достигать 6000 Вт/(м²·К). Действительное значение коэффициента теплоотдачи и степени черноты для различных сред закаливания и различных металлов можно найти в справочниках по термической обработке металлов. В данном случае в моделировании используется 300 Вт/(м²·К), как показано ниже. 1



Остальные параметры задаются аналогично тому, как это делается для обычного охлаждения на воздухе. После окончания задания исходных данных проводится моделирование. В процессе и по окончании его в окне визуализации, помимо поля температуры, можно наблюдать еще ряд различных полей. Это компоненты перемещений по каждой из осей, а также эквивалентное напряжение, среднее напряжение и компоненты тензора



напряжений (рис. 2.2).

Рисунок 2.2 -Отображение среднего напряжения

Кроме того, нажав кнопку , можно просмотреть векторы

перемещения для каждого узла модели. Масштаб этих векторов можно изменять в правой части окна (рис.2.3). Там же указано максимальное перемещение для всех узлов заготовки. Кнопка «Деформированный контур» показывает конфигурацию заготовки после сокращения (усадки) или расширения. Чтобы сделать относительно малые упругие деформации видимыми, может быть выбрана соответствующая шкала в поле справа от графического окна.

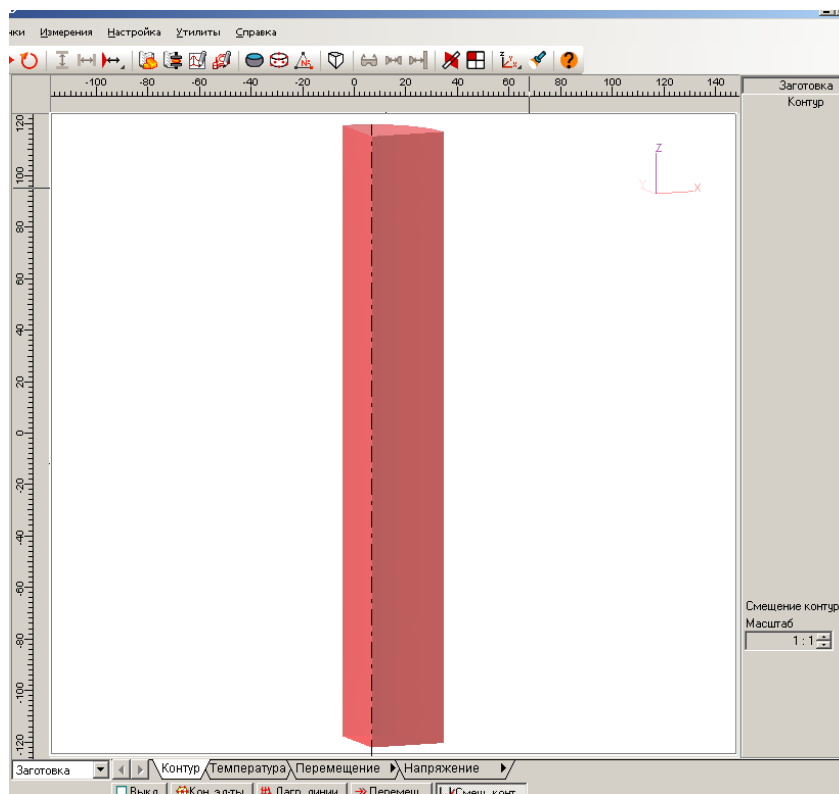


Рисунок 2.3 - Отображение смещения контура

Другой пример “cam_hot_cold_forging” иллюстрирует выполнение операции охлаждения, когда заготовка после деформирования в горячем состоянии охлаждается до комнатной температуры и затем деформируется в холодном состоянии. Операция охлаждения обеспечивает моделирование уменьшения объёма вследствие термического сжатия.

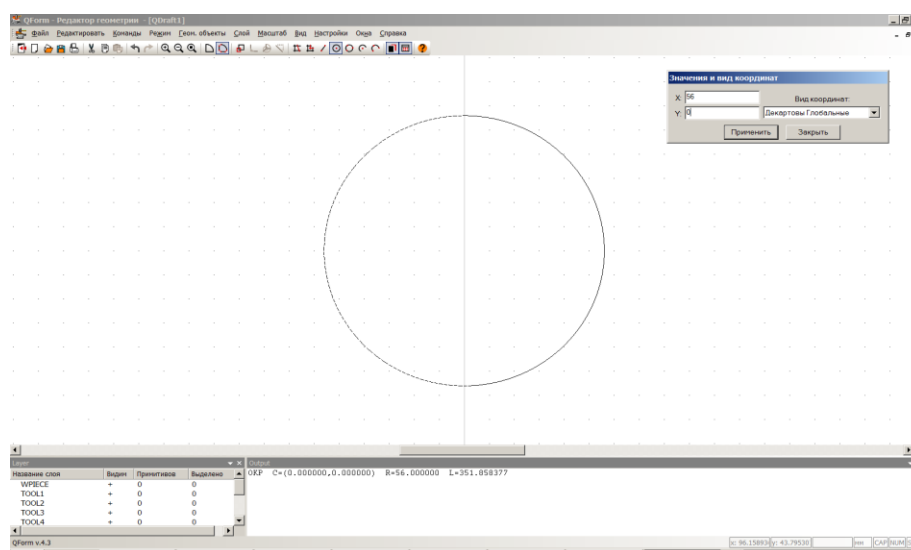
2.2 Подготовка контуров для пробивки отверстия и обрезки обля

Программа позволяет отделять части заготовки между операциями формоизменения, что соответствует пробивке отверстий и обрезке обля.

Пробивка или обрезка производятся по контуру, который записывается в тот же SHL файл, что и другая геометрическая информация. При этом должны быть выполнены следующие требования: контур должен быть замкнут, лежать в плоскости XY и быть помечен соответствующим образом. Кроме этого, для инструмента, имеющего одну или две плоскости симметрии, контуробрезки(пробивки) не должен совпадать с ними. В этом случае рекомендуется делать контур полным или с перекрытием за плоскости симметрии на некоторую глубину.

В качестве примера рассмотрим обрезку обля при расчете штамповки детали «Крышка» (файл «cover.qfm»). Обрезка осуществляется после второго перехода по окружности радиусом 56.0 мм. Контур (в данном случае окружность) можно импортировать из CAD как DXF-файл или двумерный IGES-файл. Кроме того, контур обрезки можно создать и редакторе создания двумерных контуров QDraft, входящего в QForm.

Обрезка обля в рассматриваемом примере cover.qfm производится после второго перехода контуром в виде окружности радиусом 56.0 мм. Окружность может быть легко создана в QDraft. Запустите Qdraft нажав соответствующую кнопку на панели инструментов QForm. Откройте новый документ и используя команду Создание окружности с заданным центром (0,0) и радиусом 56 мм



нарисуйте окружность как на рис.ниже.

Сохраните окружность как DXF файл и вернитесь из QDraft в QForm.

Запустите программу QShare с помощью иконки на панели инструментов (Рис 2.4).

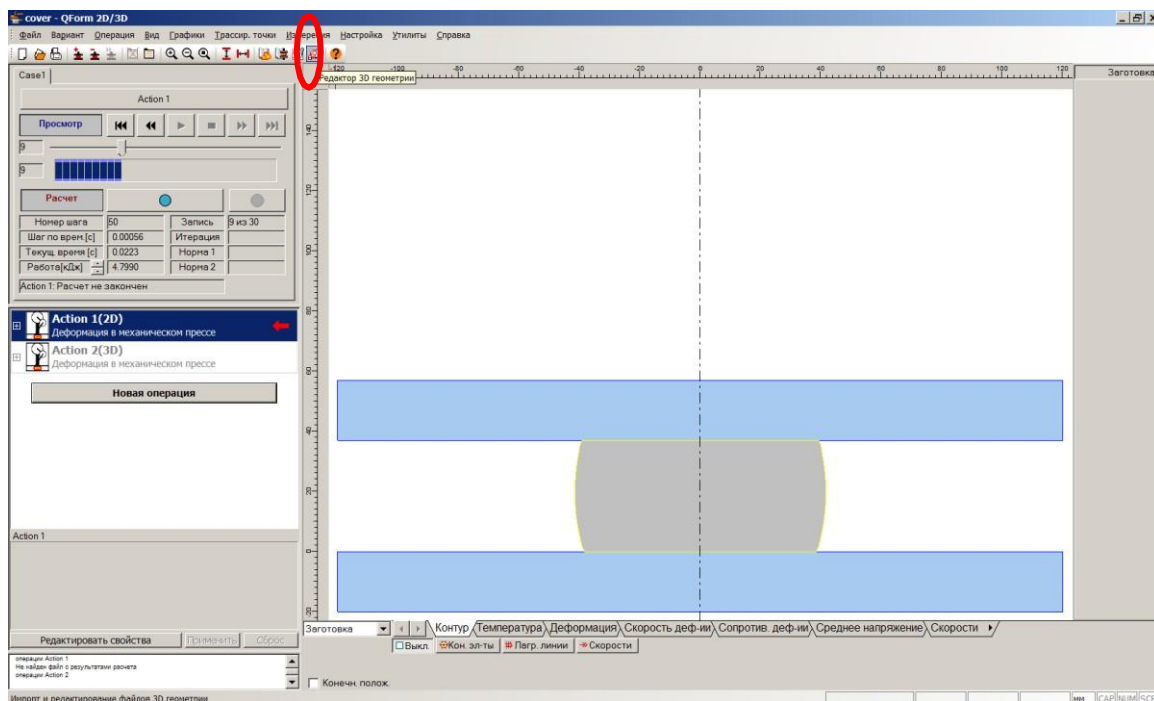


Рисунок 2.4 - Запуск редактора геометрии Qshare

Откройте с помощью программы QShare геометрический файл второго перехода из каталога QForm\Sample\«Cover_act2_t1_t2.shl».

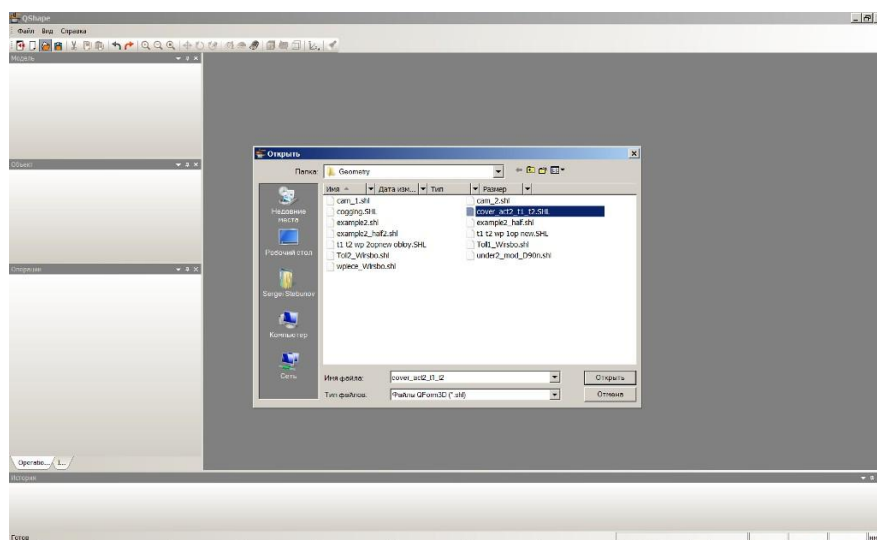


Рисунок 2.5 - Окно программы QShare при открытии файла «Cover_act2_t1_t2.shl»

Используя пункт меню Инструменты выберите команду Загрузить контур обрезки\Клипирования.

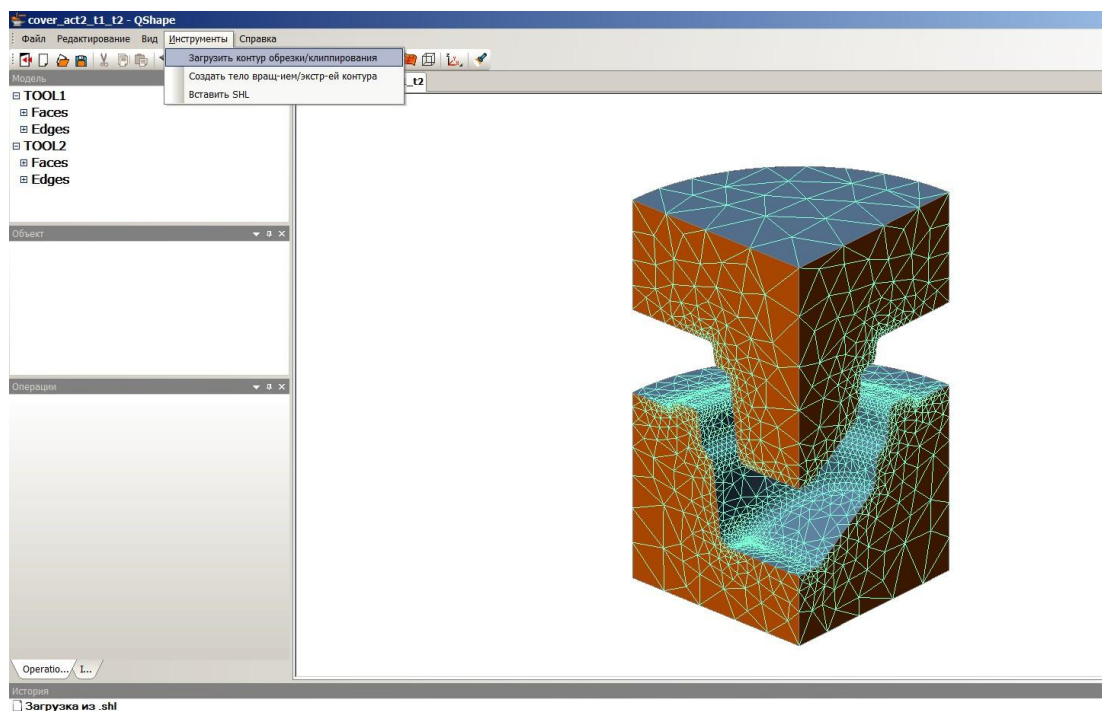
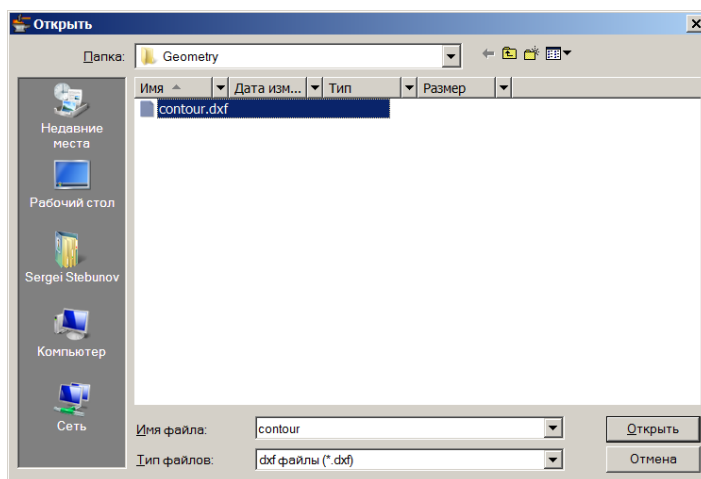


Рисунок 2.5. Загрузка контура обрезки

Выберите в каталоге QForm\Sample\contour.dxf или контур, который был создан в QDraft вами.



Загрузится цилиндрический контур в плоскости X0Y, на который натягивается цилиндрическая поверхность, образованная вытягиванием окружности, как видно на рис 2.6

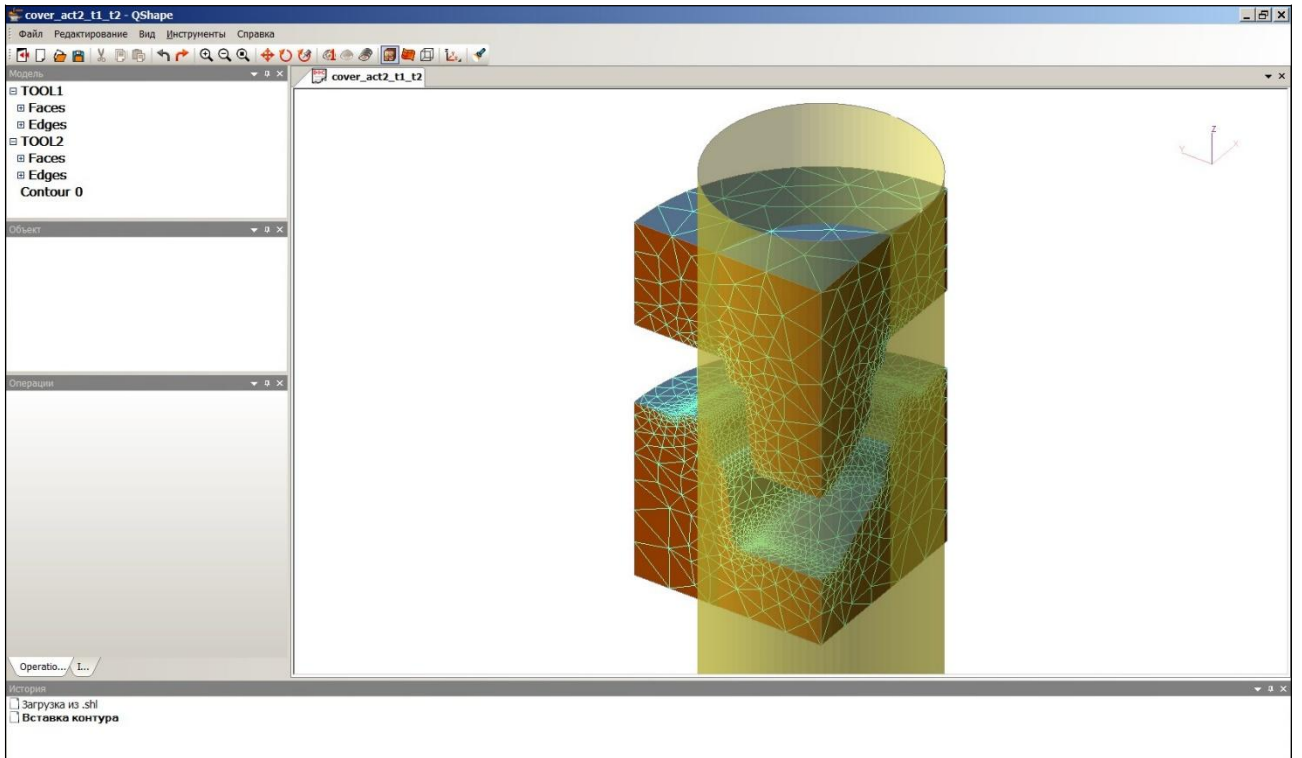


Рисунок 2.6. Контур обрезки после его вставки в 3D геометрию Выберите Contour0 в окне Модель как на рис 2.7.

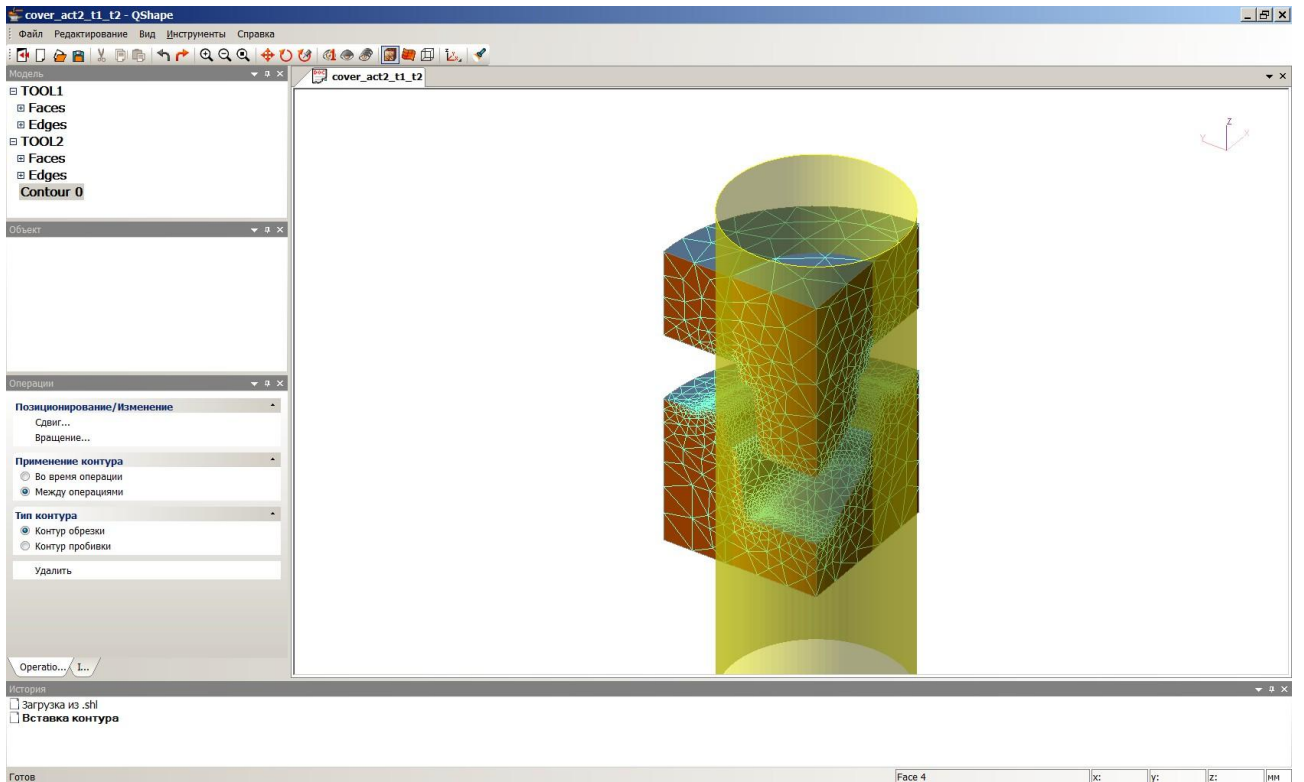


Рисунок 2.7. Команды доступные для работы с контуром после выбора Contour в окне Модель

Использование контура задается радиокнопками. Имеются две команды Применение контура и Тип контура, Команда Применение контура задает, когда контур может быть использован: во время расчета или между операциями. Вторая команда Тип контура определяет, как именно он может быть использован: для пробивки отверстия или обрезки обля.

В приводимом примере контур используется после второго перехода (то есть между операциями) для обрезки обля, как следует из строки в нижнем окне (рис.2.7).

2.3 Задание произвольного направления движения инструмента

На данный момент возможно использование до 20 индивидуально движущихся инструментов, которые могут двигаться в любом направлении. При задании нестандартного оборудования в редакторе базы данных оборудования инструментам следует задать

направление их движения. Направление может быть задано вдоль или против одной из осей координат, а также может быть установлено любое другое произвольное движение.

Рассмотрим пример “3_tools_120_degrees” в директории QForm/Sample. Заготовка деформируется 3 инструментами. Нижний инструмент (Tool 3) неподвижный, тогда как два верхних инструмента движутся под углом 60 градусов к вертикальной оси (рис.2.8).

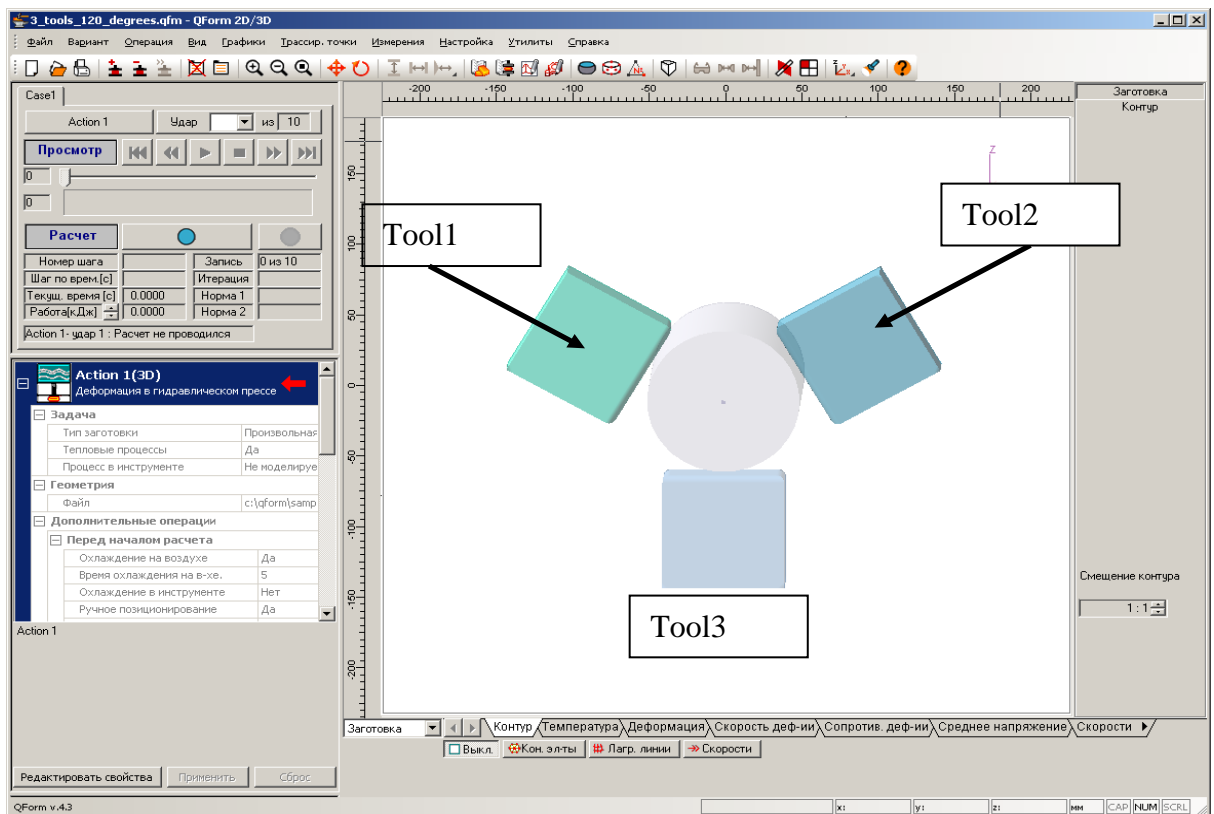


Рисунок 2.8. Пример моделирования с индивидуально движущимися инструментами

Для того чтобы установить направление скорости, следует выбрать опцию «заданное» для параметра «направление» в редакторе базы данных оборудования, как показано на рис. 2.9.

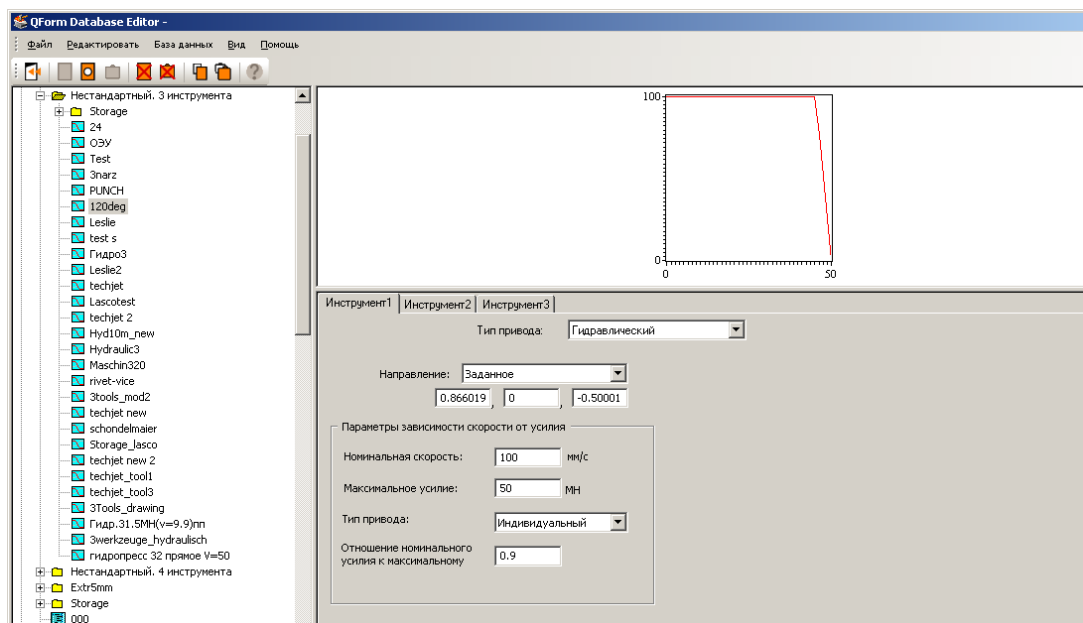


Рисунок 2.9 Назначение параметров инструмента

Как только направление движения инструмента задано, оно используется как для движения инструмента в процессе позиционирования перед операцией деформирования, так и для операции моделирования процесса деформирования. К примеру, если направление инструмента установлено как «против OZ», то в таком случае инструмент движется вниз в процессе автоматического позиционирования, пока он не придёт в контакт с заготовкой. Если необходимо, чтобы инструмент был неподвижен в процессе позиционирования, то следует в списке "Направление" выбрать значение "Независимый".

В том случае, когда направление движения инструмента не совпадает ни с одной из осей координат, то в списке "Направление" необходимо выбрать "Заданное". В этом случае станут доступны три поля, расположенные под этим списком, в которые необходимо занести направляющие косинусы вектора направления скорости движения инструмента. Например, если инструмент движется вниз под углом 60 к оси OZ, то как "Направление" мы должны установить следующие компоненты вектора: (0.866; 0; -0.5).

Эти поля содержат проекции вектора направления на оси OX, OY и OZ соответственно. Длина вектора должна быть равна 1. Это означает, что сумма квадратов его проекций будет равна 1. Это условие проверяется программой. В случае нарушения этого условия значения проекций вектора автоматически будут скорректированы.

После задания направления вектора становится возможным задать скорость вдоль него обычным способом, подобно тому, как это делается для гидравлического или механического пресса.

2.4 Моделирование штамповок стремян и четырёх инструментами

Расчет формоизменения заготовки при деформации тремя или четырьмя инструментами может проводиться на оборудовании с механическим или

гидравлическим приводами.

Расчет штамповки несколькими инструментами характеризуется следующими особенностями, которые необходимо принять во внимание:

- Для проведения расчета необходимо ввести в БД QForm соответствующее оборудование с тремя или четырьмя инструментами.
- Необходимо обязательно включать ручное позиционирование инструментов.
- Начальное или конечное положение движущихся инструментов по-разному определяется для гидравлического и механического прессов.

Рассмотрим пример расчета процесса штамповки корпуса трубопроводной арматуры (тройника) из медного сплава на гидравлическом и механическом прессах. На рис. 2.10 показана схема процесса. Цилиндрическая заготовка помещается в составной штамп и затем деформируется одним вертикальным и двумя горизонтальными пресс-штемпелями.

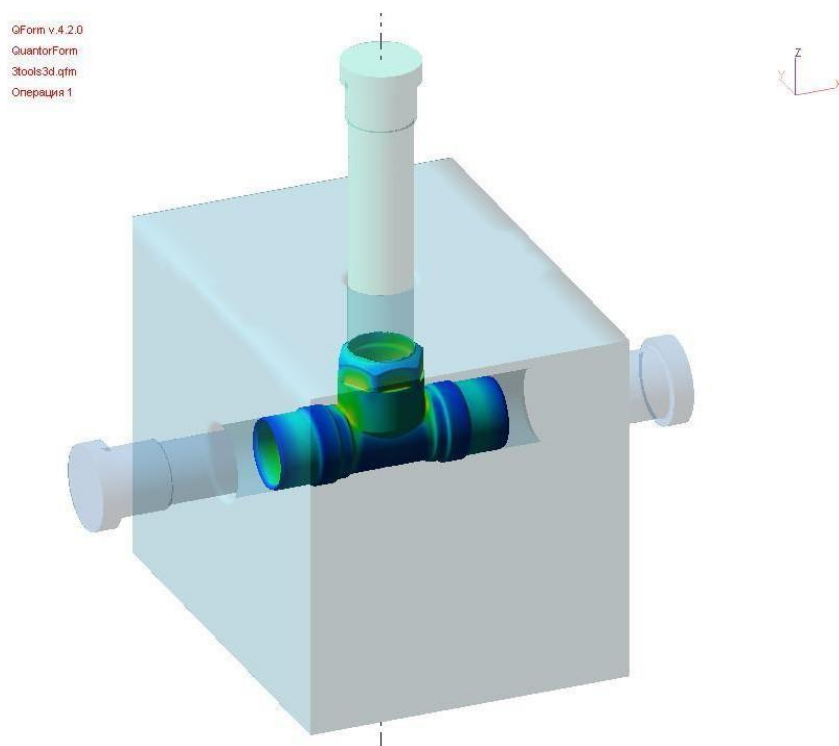


Рисунок 2.10 Схема штамповки корпуса трубопроводной арматуры

(тройника)

Ниже приведены исходные данные для расчета:

Исходная геометрия

После установки программы на компьютер с дистрибутивного диска в каталоге в каталоге QForm\Sample присутствует файл проекта «test3tools.qfm», который содержит исходные данные штамповки с тремя инструментами. В проекте находятся два варианта. В первом – “Hydraulic” — рассмотрена штамповка на гидравлическом прессе, а во втором – “Mechanical” — на механическом. После открытия проекта (файла «test3tools.qfm») в каталоге QForm\Sample появится геометрический файл, который иллюстрируют расчет штамповки с тремя инструментами «I-joint1n.shl». Файл содержит геометрические модели заготовки и инструментов с учетом симметрии процесса.

С учетом симметрии процесса может быть рассмотрена $\frac{1}{4}$ часть исходной геометрии, которая приведена на рис. 2.11. Мы имеем 3 инструмента:

- вертикальный прессштемпель Tool1,
- неподвижный контейнер Tool2,
- горизонтальный прессштемпель Tool3.

В контейнере находится цилиндрическая заготовка WPiece. Горизонтальный прессштемпель движется в положительном направлении оси OX. Вертикальный прессштемпель движется вниз в отрицательном направлении оси OZ.

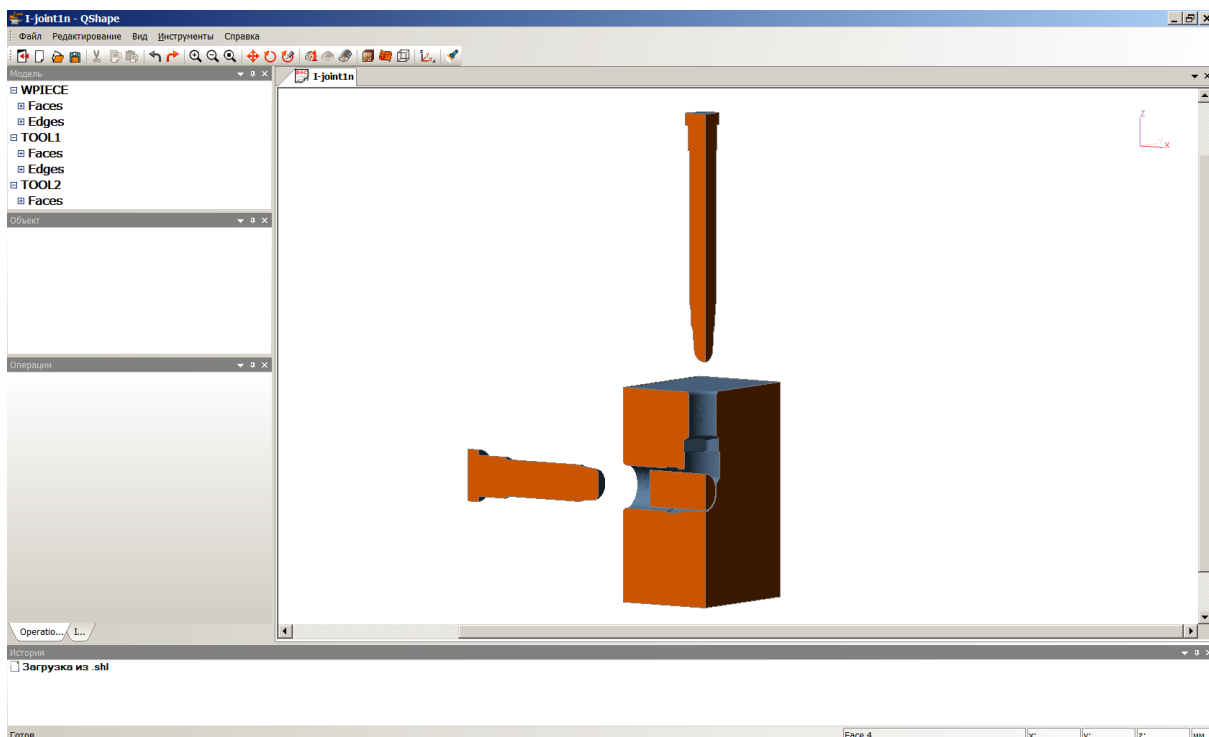


Рисунок 2.11 - Исходная геометрия для расчета штамповки корпуса трубопроводной арматуры (тройника) с учетом симметрии процесса

2.Оборудование

Первым рассмотрим вариант расчета на гидравлическом прессе. На рис. 2.12 показаны копии экранов при задании гидравлического пресса в БД оборудования QForm. Изображены три закладки для всех инструментов и заданы их характеристики. Пресс открыт в папке:

Гидравлические прессы\Нестандартный\Три инструмента и появляется в БД после открытия проекта «test3tools.qfm», вариант “Hydraulic”.

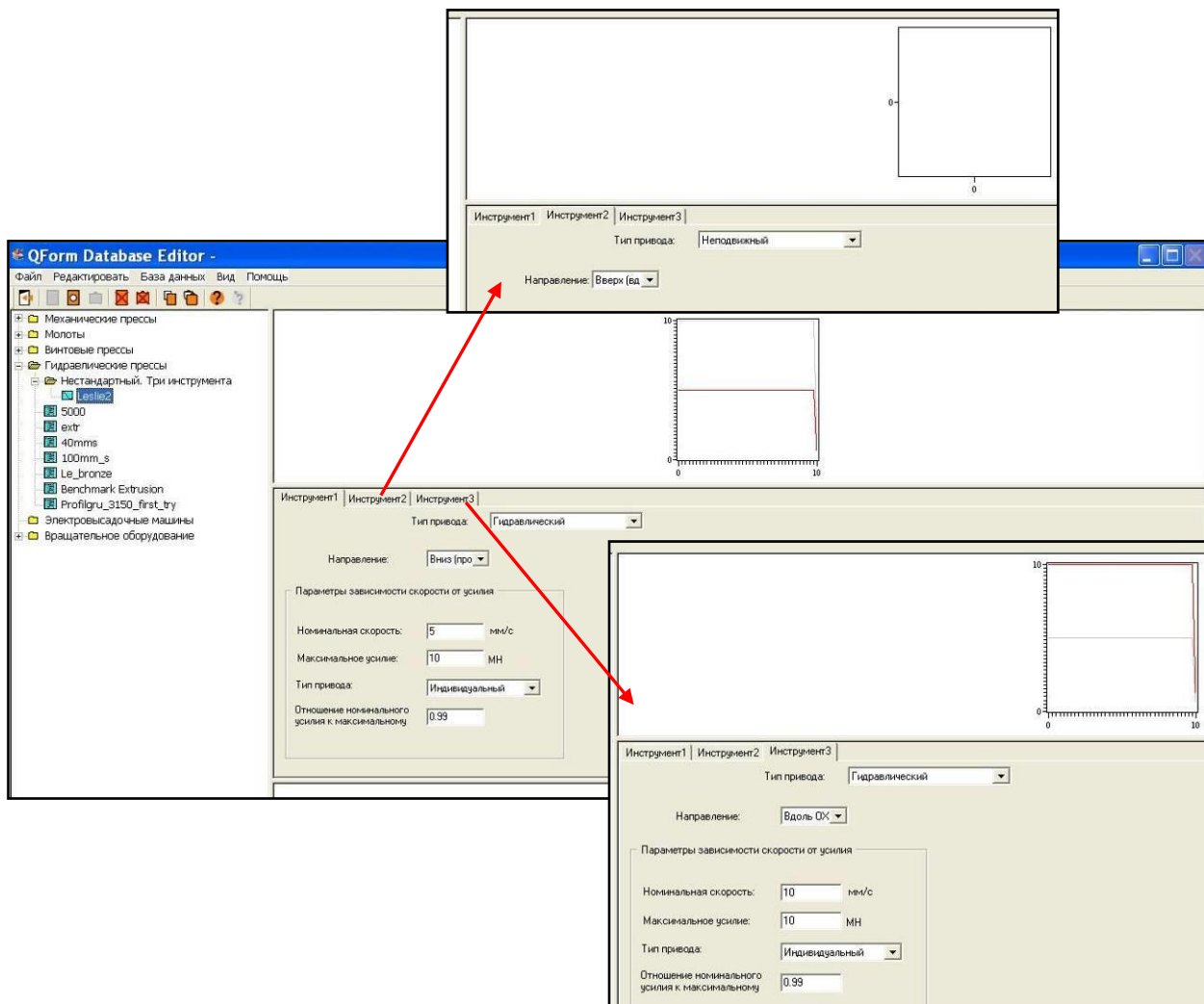


Рисунок 2.12. Задание гидравлического прессы в БД Оборудования QForm. Изображены три закладки для всех инструментов, и заданы их характеристики.

Пресс открыт в папке: Гидравлические прессы\Нестандартный\Три инструмента

Температура нагрева заготовки принята 700 °С

Материалзаготовки

Медный сплав. Его обозначение в стандартах DIN и ГОСТ, соответственно, CuZn28Sn (DIN) и ЛОМШ 7-1 -0,04 –(ГОСТ).

Смазка

Графит в воде для горячей штамповки медных сплавов хранится в БД QForm под именем “Gw-cu-h”.

Температура инструментов 200°С

Конечное и начальное положение подвижных инструментов

Конечное и начальное положение инструментов, если их больше чем два, задается по-разному для гидравлического и механического прессов следующим образом:

Гидравлический пресс

Позиционированием можно задать только начальное положение инструментов. Конечное положение определяется пройденным расстоянием инструмента, которое вычисляется на основании заданного Времени протекания процесса и Скорости движения инструментов в БД Оборудование. Конечное положение отсчитывается от начального позиционированного положения. При задании исходных данных для штамповки на гидравлическом прессе появляется экран: Параметры технологического процесса, в котором необходимо задать: Время протекания процесса (рис 2.13).

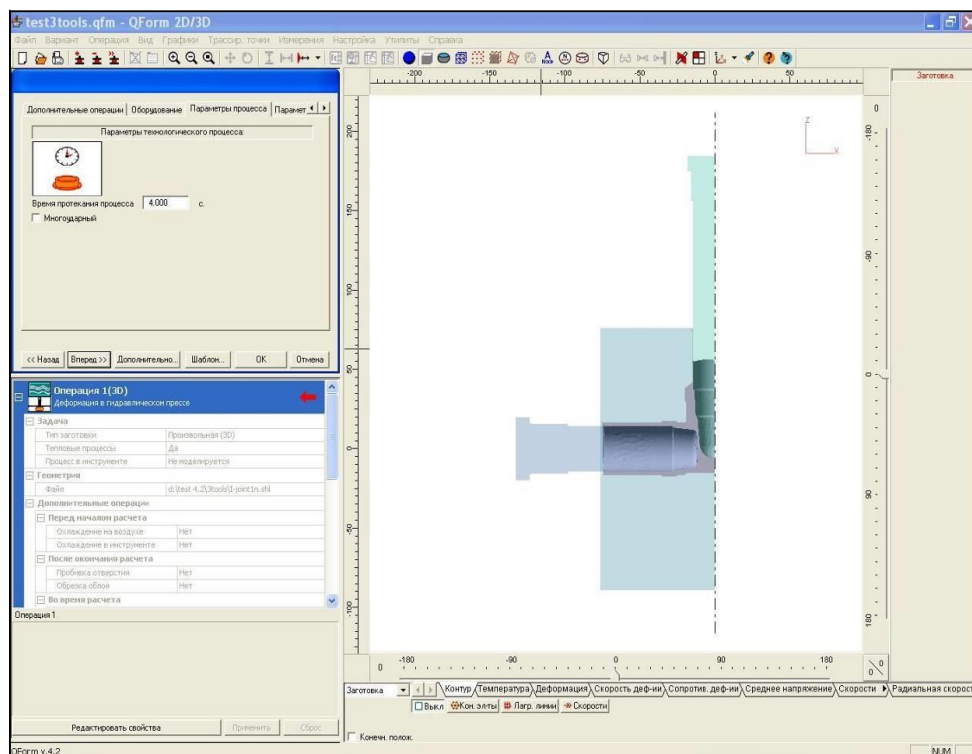


Рисунок 2.13. Задание параметра: Время протекания процесса в Окне Параметры технологического процесса при задании исходных данных

Этим временем определяется конечное положение инструментов в процессе расчета. В данном случае:

Скорость движения инструмента Tool1 (вертикального) = 5мм/с

Скорость движения инструмента Tool3 (горизонтального) = 10мм/с.

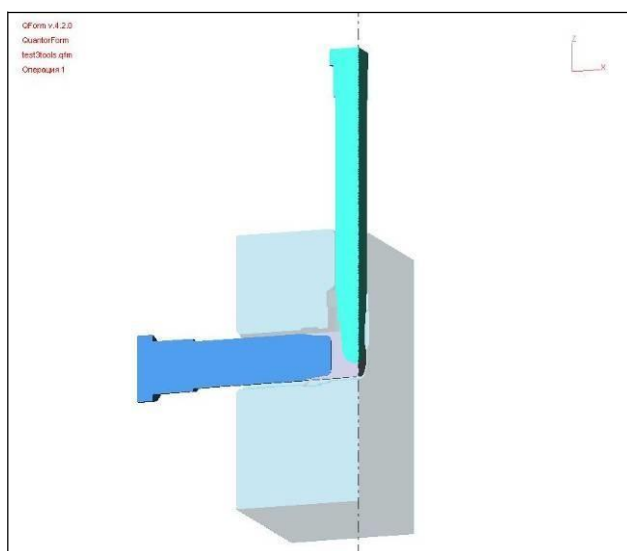
При заданном времени 4 сек. инструменты, соответственно, должны пройти дистанцию в процессе штамповки:

Дистанция перемещения инструмента Tool1 (вертикального) = 20мм

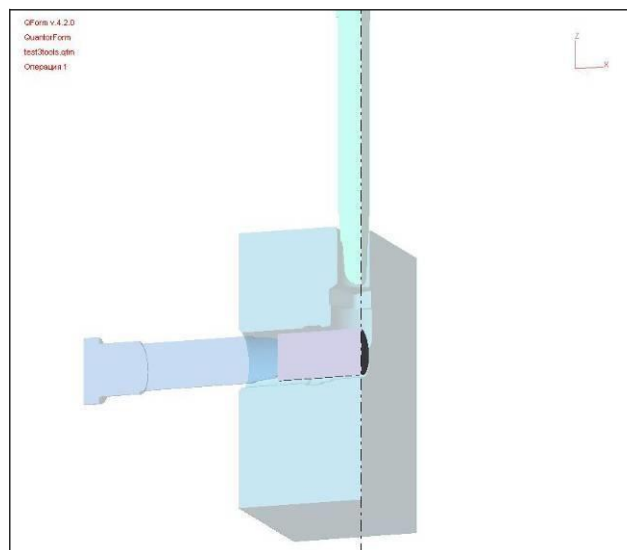
Дистанция перемещения инструмента Tool3 (горизонтального) = 40мм.

Механический пресс

Для расчета на прессе с механическим приводом задается конечное положение инструментов. Откройте проект «test3tools.qfm», вариант “Mechanical”. Начальное положение инструментов будет вычислено программой автоматически, исходя из конечного положения и кинематики кривошипного привода для каждого из инструментов (рис.2.14).



а.



б.

Рисунок 2.14. Конечное положение инструментов (а), заданное позиционированием перед расчетом, и начальное положение инструментов (б), вычисляемое программой автоматически, исходя из кинематики кривошипного привода

Из рис. 2.14 б видно, что в начальный момент первым касается заготовки

горизонтальный инструмент, в то время как вертикальный инструмент до заготовки еще не дошел. Программа вычислила и переместила инструменты в начальное положение, исходя из кинематики привода и их конечного положения после позиционирования. На рис. 2.15 показаны характеристики кривошипного пресса с вертикальным и горизонтальным инструментами, который появится в БД после открытия проекта «test3tools.qfm», вариант “Mechanical”.

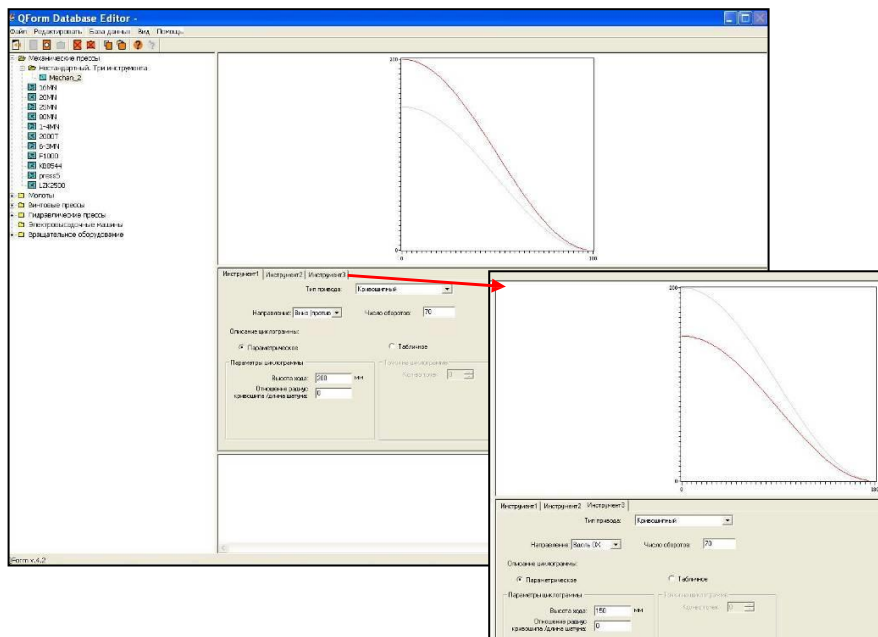


Рисунок 2.15 - Задание механического пресса с тремя инструментами в БД Оборудование QForm.

Показаны закладки для подвижных инструментов с кривошипным приводом. Пресс открыт в папке: Механические прессы\Нестандартный\Три инструмента.

2.5 Ротационная симметрия

2.5.1 Что такое ротационная симметрия

Ротационная симметрия возникает, если целое тело может быть представлено в виде сектора, повторяющегося путем поворота на некоторый угол. Типичным примером ротационной симметрии является зубчатое колесо с криволинейными зубьями. Применение опции ротационной симметрии

позволяет заменить моделирование цельной поковки расчетом определенной ее части, то есть периодически повторяющегося сектора. Это дает экономию времени расчета, а также приводит к повышению точности.

На рис. 2.16 показаны два типа ротационной симметрии:

Плоскостная ротационная симметрия. Ротационная симметрия первого типа имеет место, если из одной заготовки штампуются две одинаковые поковки (рис. 2.16). Исходная заготовка имеет форму цилиндра, который может быть разрезан пополам и имеет ротационную плоскость. Кроме того, может быть и внутренняя ротационная симметрия в одной поковке (рис.2.17);

Секторная ротационная симметрия. Ротационная симметрия второго типа характеризуется наличием повторяющихся элементов поковки (секторов) относительно оси, например, колесо вентилятора с криволинейными образующими (рис.2.18). Для расчета в заготовке выделяется сектор.

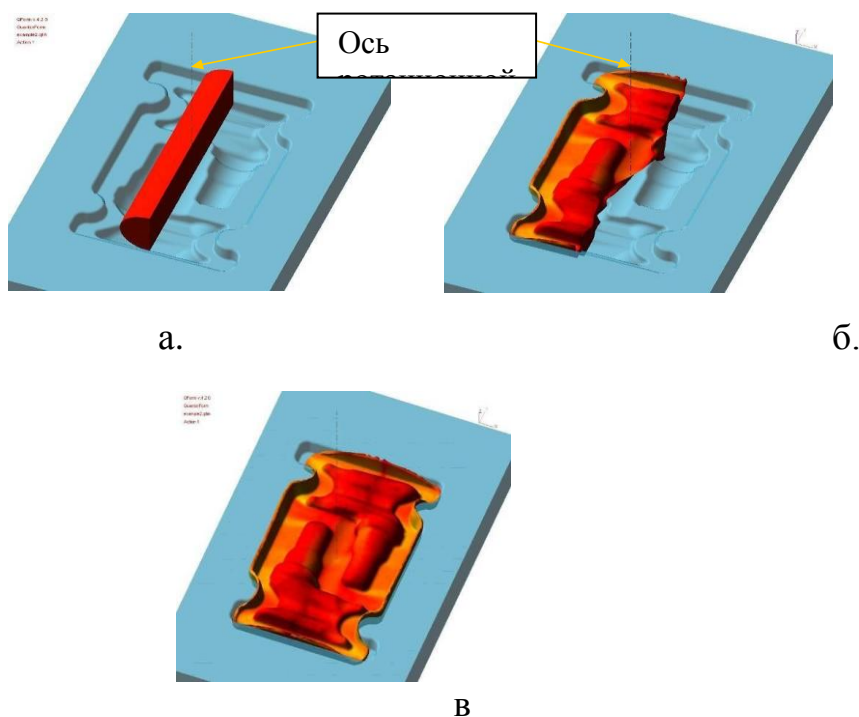


Рисунок 2.16 -Ротационная симметрия первого типа имеет место, если из одной заготовки штампуются две одинаковые поковки. При расчете использована половина заготовки

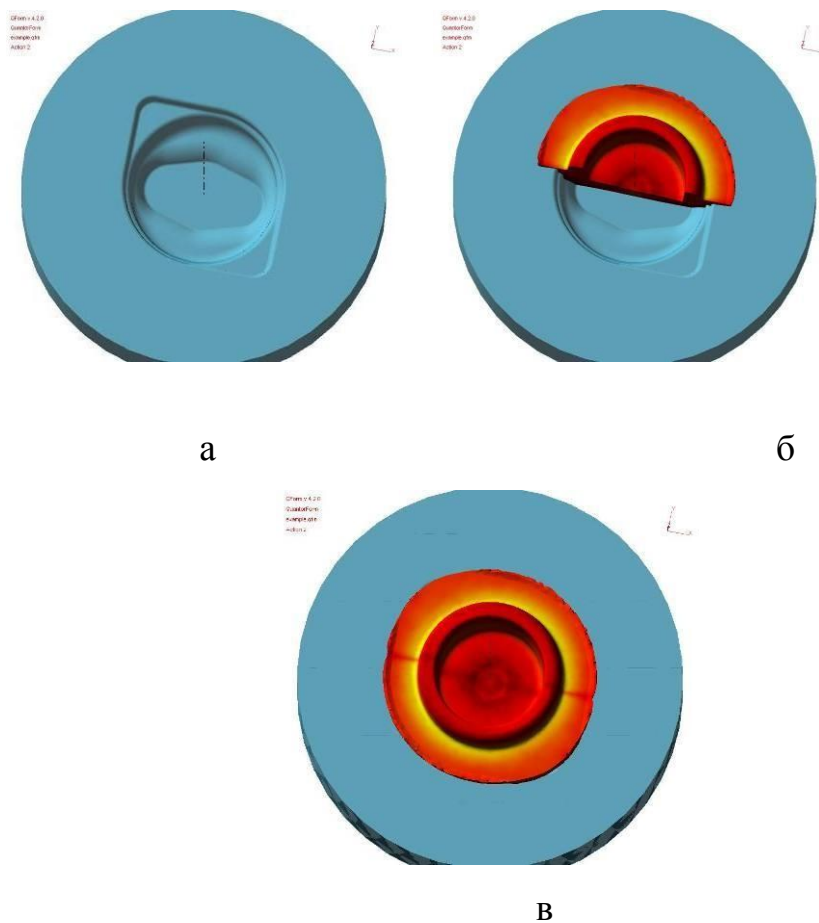


Рисунок 2.17. Расчет поковки с внутренней ротационной симметрией: (а) – нижний инструмент; (б) – для расчета используется половина заготовки; (в) – цельная поковка, вид сверху

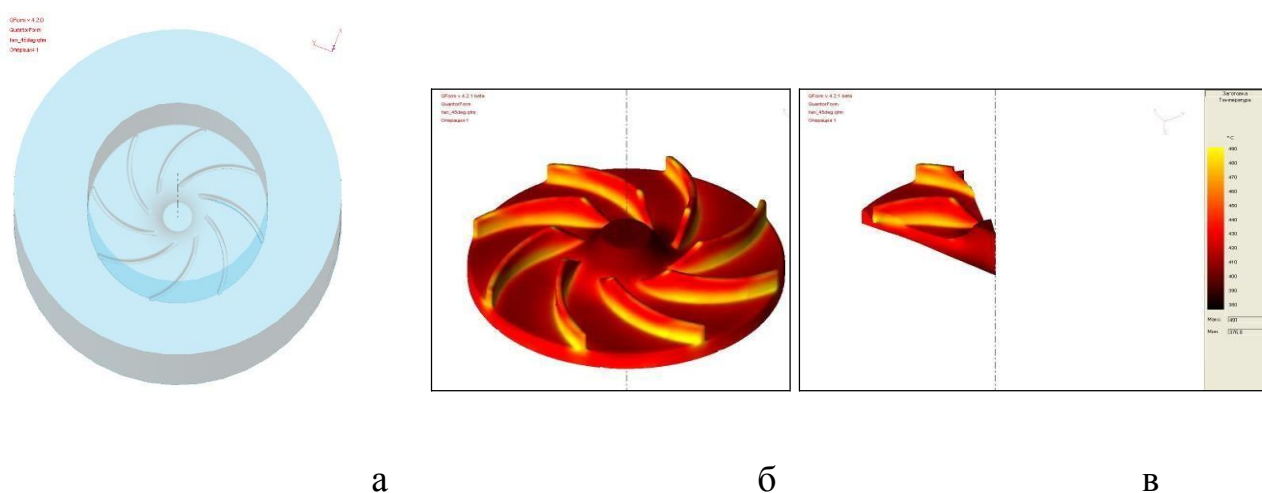


Рисунок 2.18. Ротационная симметрия второго типа характеризуется наличием повторяющихся элементов поковки относительно оси. Показан нижний инструмент (а), полное колесо вентилятора (б) и сектор (в), который

использовался для моделирования

Рассмотрим особенности задания исходных данных при расчете штамповки с ротационной симметрией. После установки программы на компьютер с дистрибутивного диска в каталоге QForm\Geometry можно найти геометрические файлы, которые иллюстрируют настоящее руководство пользователя:

«example2.shl» - штампы и цельная заготовка;

«example2_half.shl» - штампы и половина заготовки с продольной симметрией (см. рис. 2.19а);

«example2_half2.shl» - штампы и половина заготовки с поперечной симметрией (см. рис. 2.19б).

В каталоге QForm\Sample присутствует файл проекта «example2.qfm», который содержит исходные данные штамповки с ротационной симметрией.

2.5.2 Расчет плоскостной ротационной симметрии

Для проведения расчета с плоскостной ротационной симметрией необходимо иметь полные штампы и половину заготовки, как на рис. 2.19. Плоскость ротационной симметрии может быть введена как вдоль, так и поперек заготовки (рис.2.19 а, б).

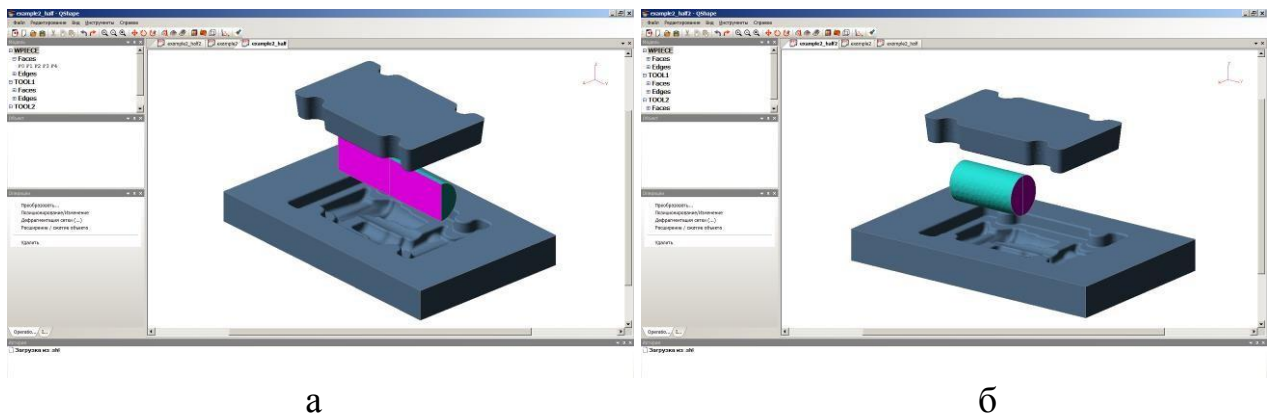


Рисунок 2.19. Поковка с плоскостной ротационной симметрией:

- (а) – плоскость ротационной симметрии введена вдоль заготовки;
- (б) – плоскость ротационной симметрии введена поперекзаготовки.

После импорта в QShape геометрии штампов и половины заготовки необходимо перед сохранением в STL формате обозначить одну или две плоскости на заготовке, которые обладают свойством ротационной симметрии. Для задания ротационной симметрии в пункте выберите плоскость , а затем в Окне Операции выберите команду Задать ротационную симметрию (рис. 2.20).

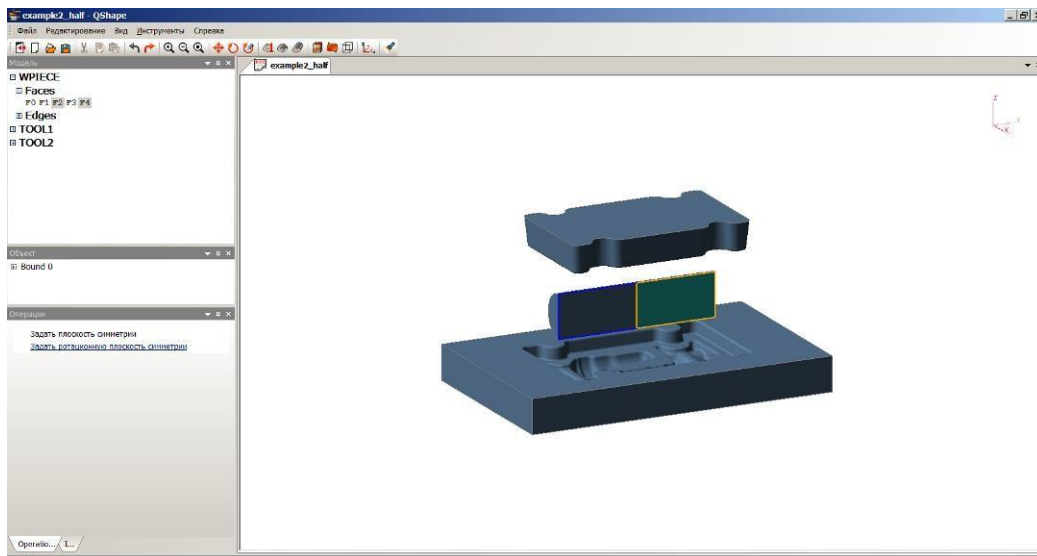


Рисунок 2.20. Задание плоскости ротационной симметрии в QShape. Выбор команды Задать плоскость ротационной симметрии

. Появится окно с другим вопросом Определить одну и ту же плоскость для ротационной симметрии? Необходимо ответить Yes(Да) (рис. 2.21).

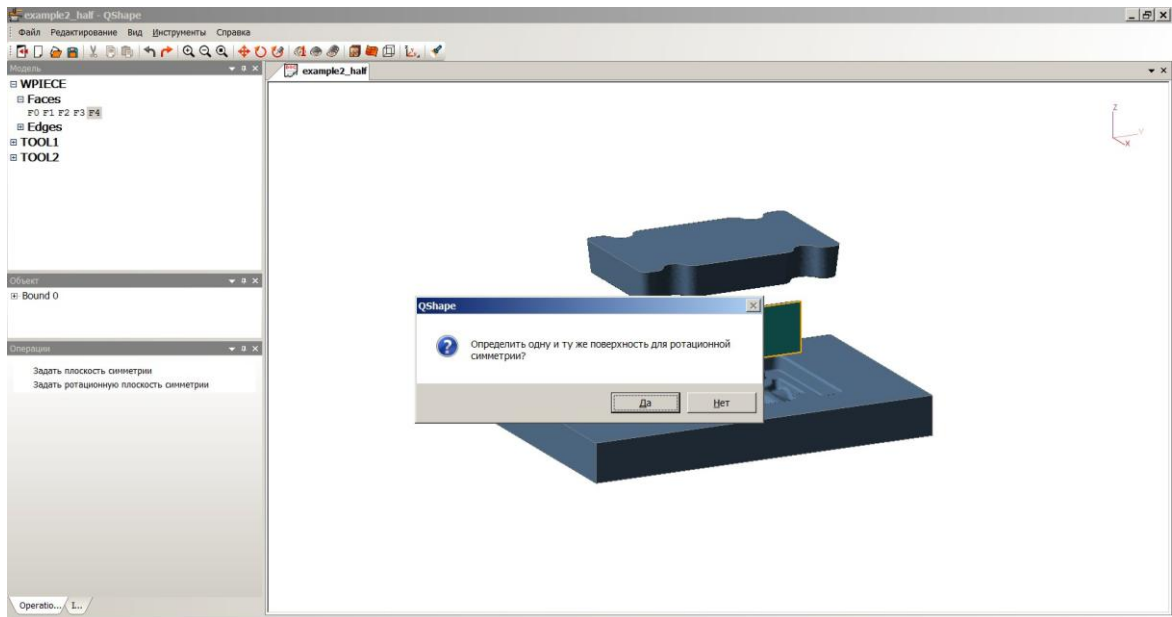
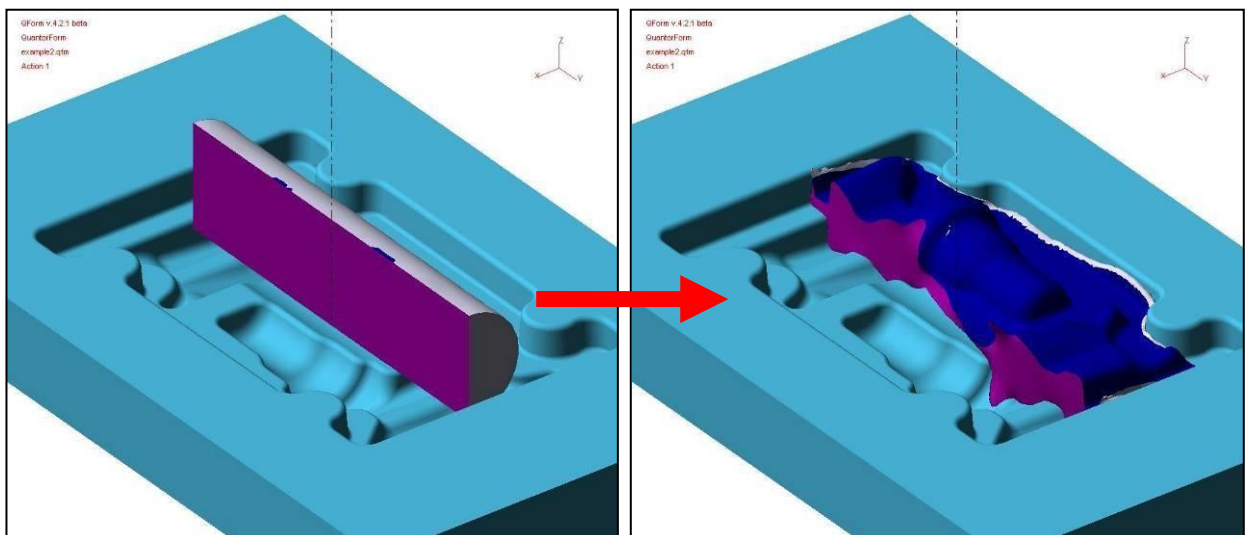
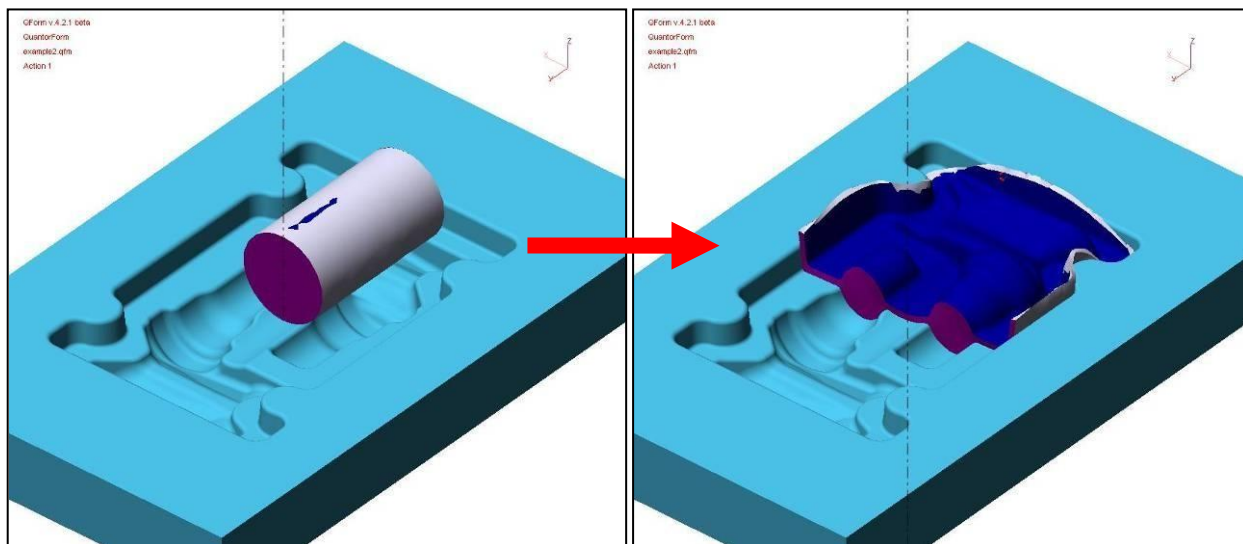


Рисунок 2.21. Задание одной плоскости ротационной симметрии.

Плоскость ротационной симметрии может быть введена как в продольном (рис. 2.22 а), так и в поперечном направлении (рис. 2.22 б) заготовки. Предпочтительной схемой является второй вариант, т.к. исходная плоскость меньше искривляется в процессе расчета. На рис. 2.22 а и 2.22 б, соответственно, показаны результаты расчета для двух направлений выбора ротационной плоскостисимметрии.



а



б

Рисунок 2.22. Результаты расчета формоизменения для двух направлений выбора плоскости ротационной симметрии. (а) – расчет заготовки с продольной плоскостью, (б) – расчет заготовки с поперечной плоскостью

2.5.3 Расчет с секторной ротационной симметрией

Секторная ротационная симметрия задается для двух сторон минимального сектора, который путем поворота на некоторый угол должен полностью «покрывать» штампуемую поковку (рис. 2.23).

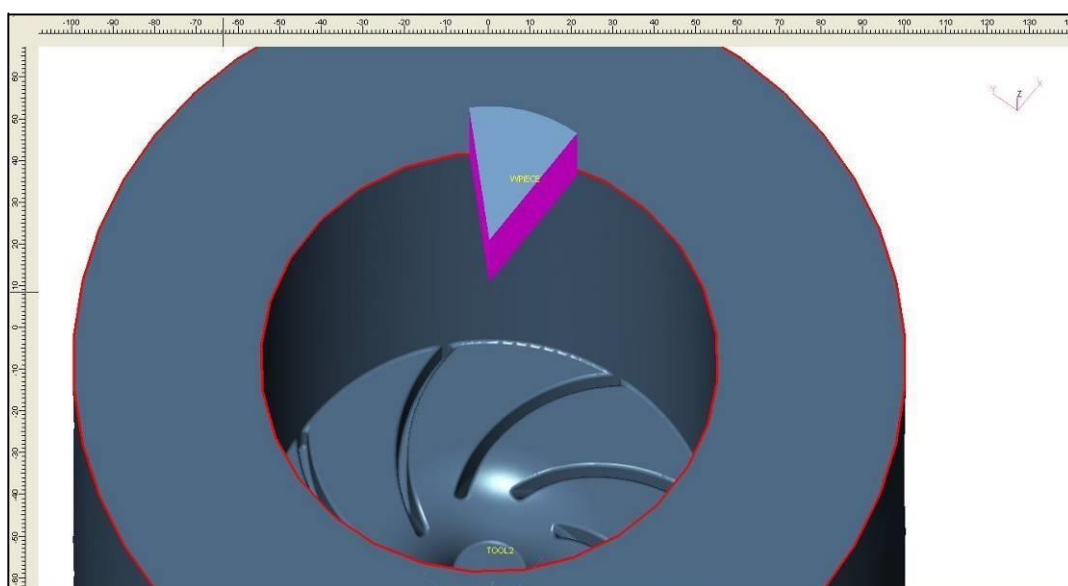


Рисунок 2.23. Поковка с секторной ротационной симметрией

После импорта геометрии в QDraft выберите из меню Команды строку Задать ротационную симметрию. Ротационная симметрия задается для двух плоскостей сектора. На рис. 2.24 показан результат расчета заготовки с секторной ротационной симметрией.

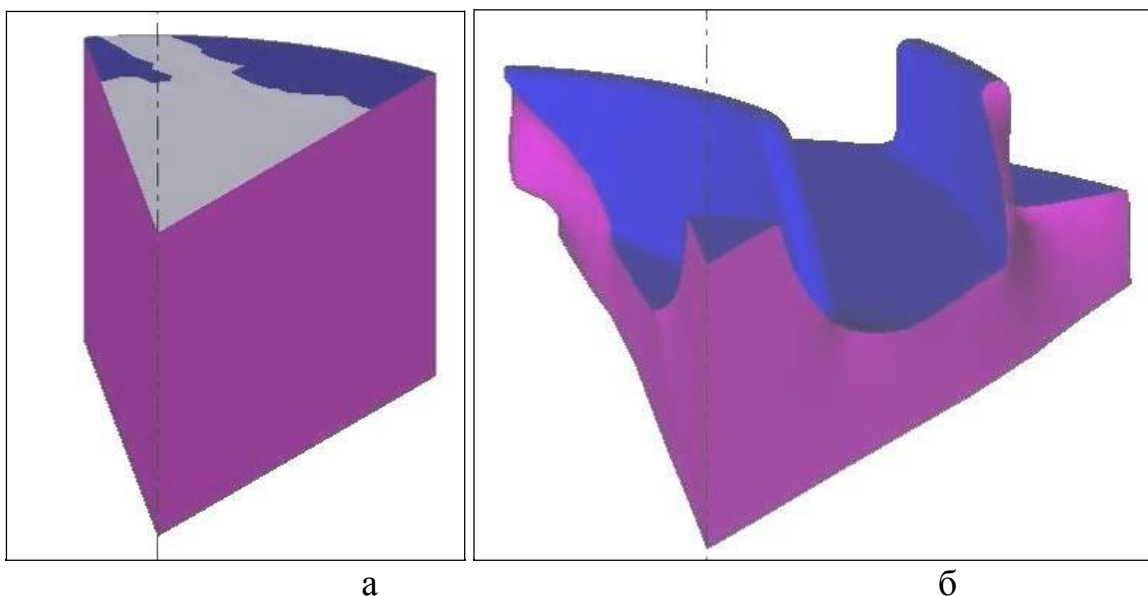


Рисунок 2.24. Результаты расчета формоизменения для поковки с секторной ротационной симметрией: (а) – начало расчета, (б) – конечная стадия. Показаны плоскости ротационной симметрии и контактные зоны с инструментом

2.6 Действия с инструментом при позиционировании

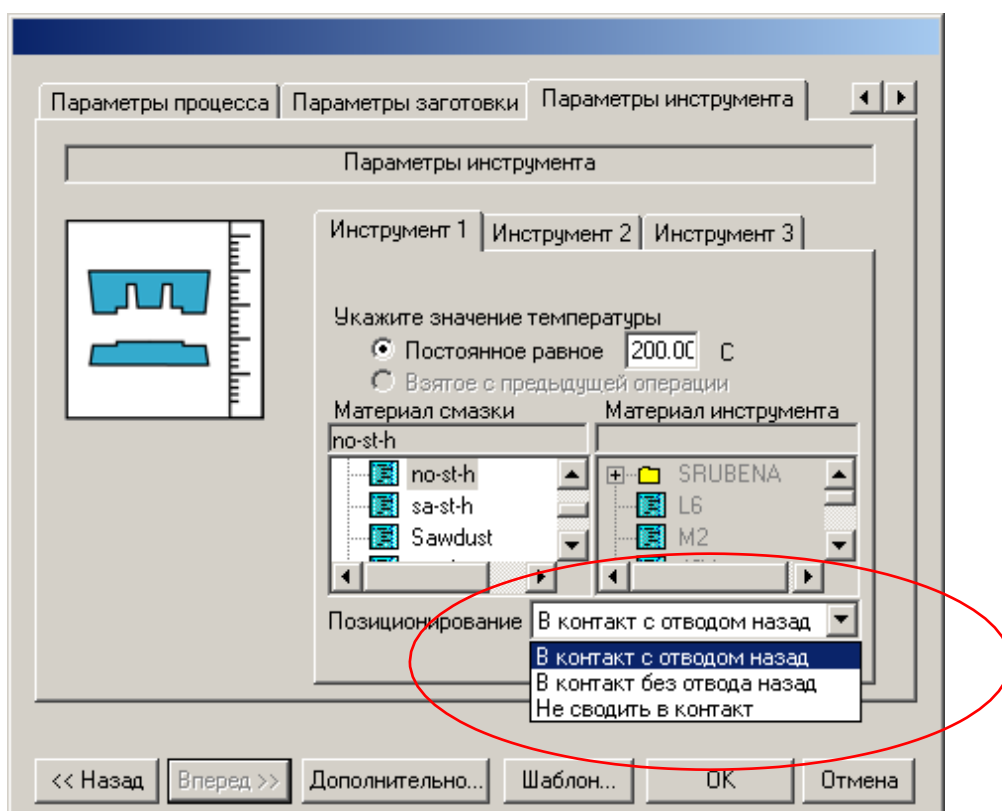
Перед началом моделирования инструменты сводятся в контакт с заготовкой посредством позиционирования. В файле геометрии инструменты могут пересекать заготовку. Поэтому в течение позиционирования инструменты движутся на определенное расстояние в направлениях, которые противоположны их движению в процессе штамповки. Такой обратный ход перед сведением объектов в контакт гарантирует отсутствие проникновения инструментов в заготовку.

Заготовка остаётся неподвижной, и только инструменты перемещаются в обратном и прямом направлениях. Для контроля этого движения была

добавлена новая возможность к вкладке «Параметры инструмента» мастера подготовки исходных данных. Снизу вкладки есть пункт «позиционирование», где пользователь может выбрать один из трёх доступных вариантов:

- В контакт с отводомназад
- В контакт без отводаназад
- Не сводить вконтакт

Первый вариант стоит по умолчанию и хорошо работает для большинства случаев. Вариант «Вконтакт без отвода назад» необходим тогда, когда заготовка находится в некоторой впадине внутри инструмента и при его ходе обратно может не попасть в ту же самую позицию. Последний вариант «Не сводить в контакт» запрещает программе двигать инструмент в процессе позиционирования, и он остается в том же самом положении, в которое был установлен в файле геометрии.



Для примера рассмотрим систему, состоящую из заготовки и трех инструментов (рис2.25).

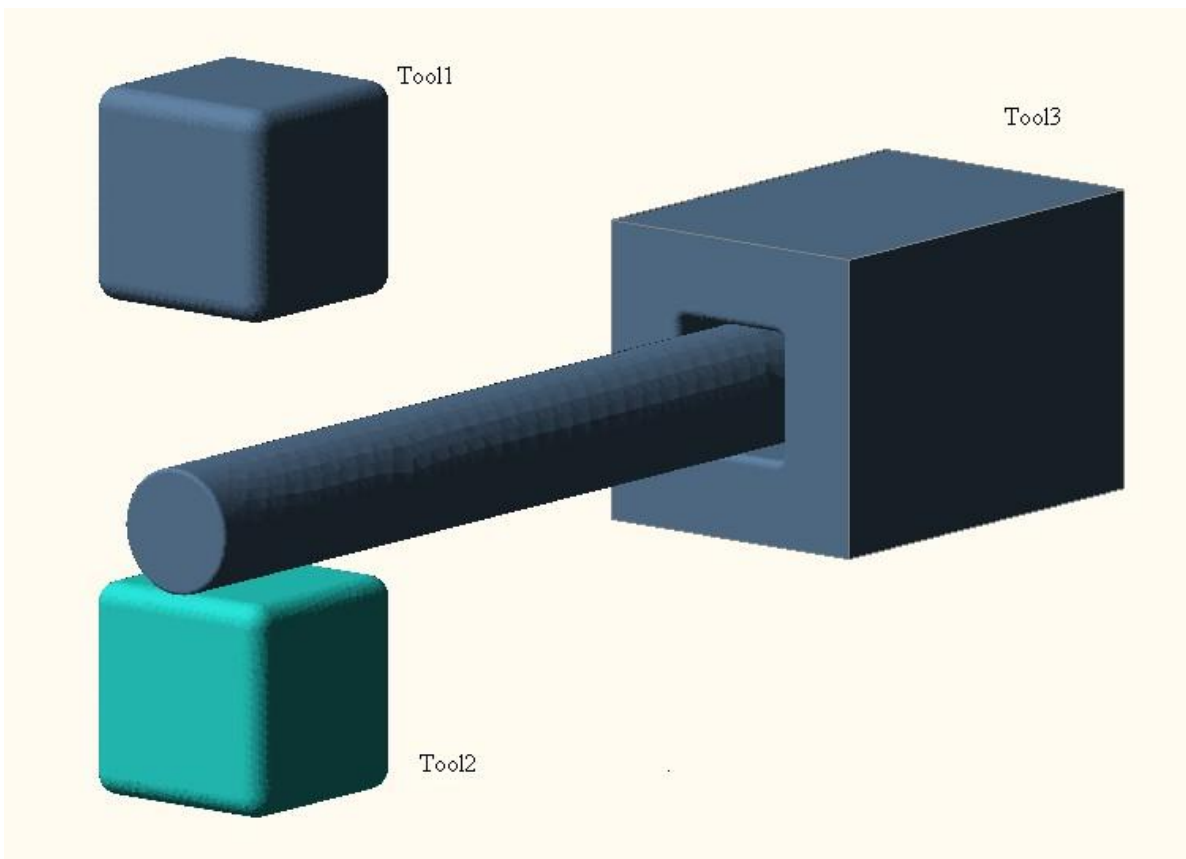


Рисунок 2.25. Расчётная модель из заготовки и трёх инструментов

Инструмент Tool2 установлен в надлежащую позицию, и нет необходимости сводить его в контакт. Таким образом, можно использовать вариант «Не сводить в контакт». Инструмент Tool1 находится в некоторой промежуточной позиции, в этом случае можно использовать либо «Вконтакт с отводом назад», либо «Вконтакт без отвода назад». Результат будет одинаковым.

Инструмент Tool3 не находится в контакте с заготовкой, но, если мы выбираем вариант «В контакт с отводом назад», он будет помещен на заготовку, как показано на рис.2.26. Для того чтобы получить надлежащее положение, следует выбрать вариант «В контакт без отвода назад».

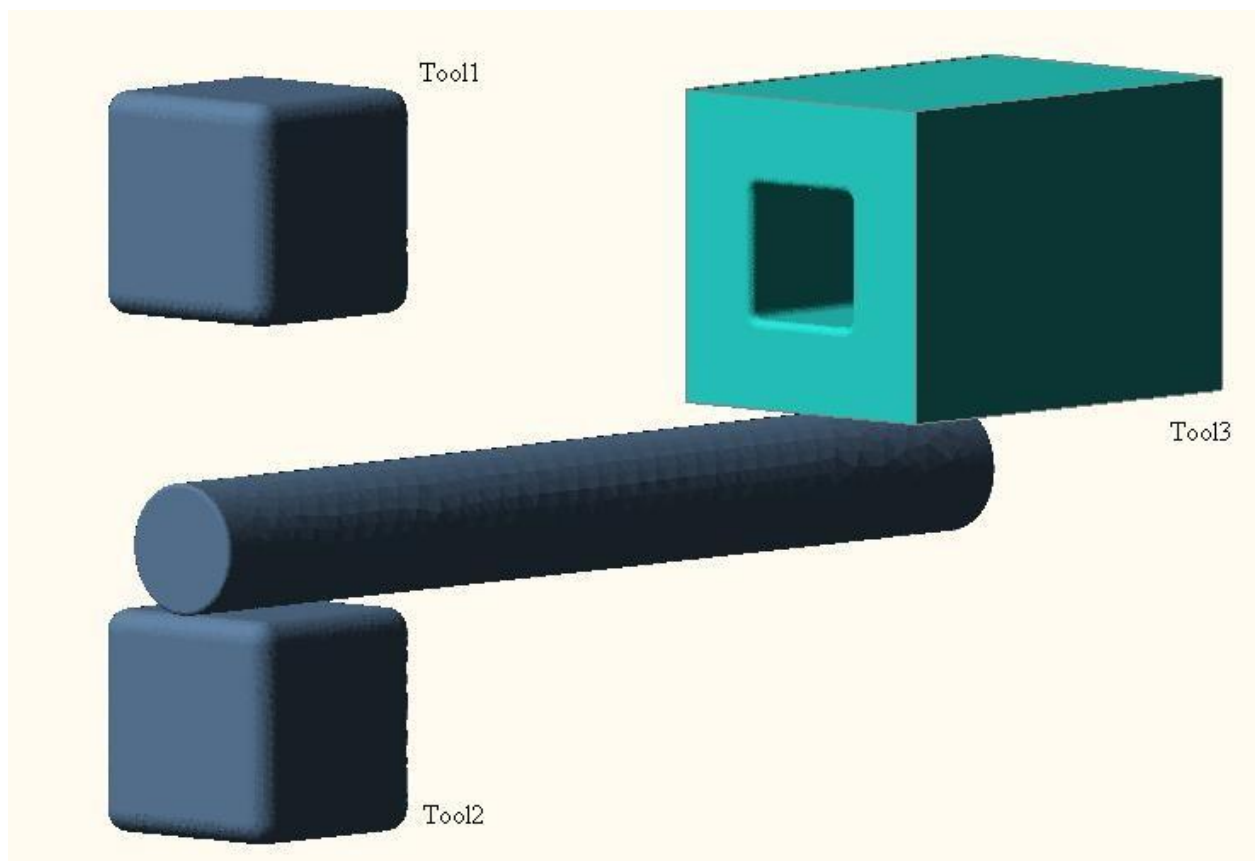


Рисунок 2.26. Позиционирование «В контакт с отводом назад»

Используя варианты «В контакт без отвода назад» и «Не сводить в контакт», следует быть осторожным и уверенным, что инструмент не пересекает заготовку. В случае варианта

«В контакт с отводом назад» пересечения инструментом заготовки не будет: это гарантируется программой, но в двух последних вариантах за это ответственен пользователь. Проникновение инструмента вовнутрь заготовки вызывает сбой моделирования.

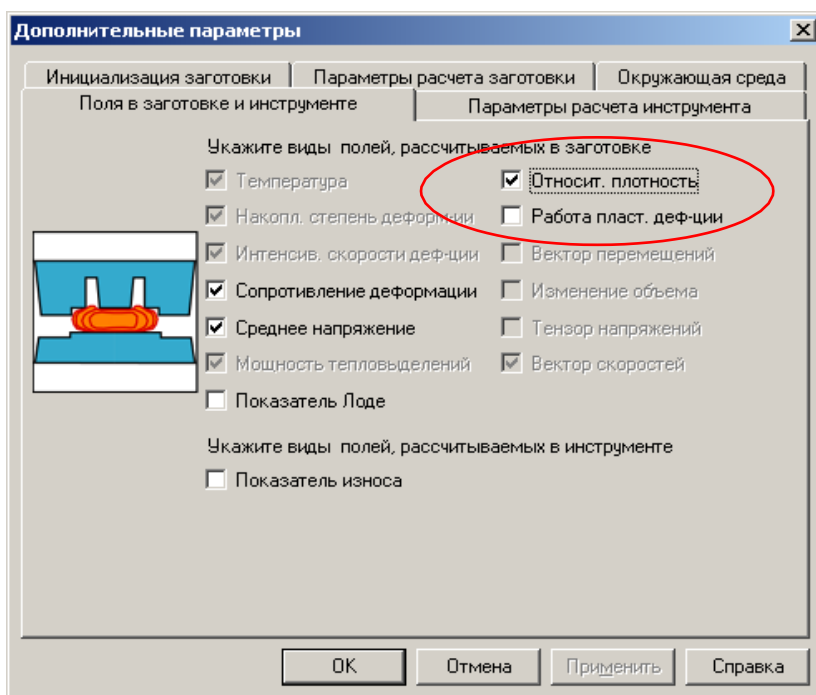
2.7 Моделирование пористых материалов

В программе QForm возможно моделирование пористых материалов, то есть таких материалов, которые имеют относительную плотность не меньше 0.7. Процедура подготовки данных пористых материалов включает те же самые шаги, как для катаных материалов, кроме одной опции, специфичной для

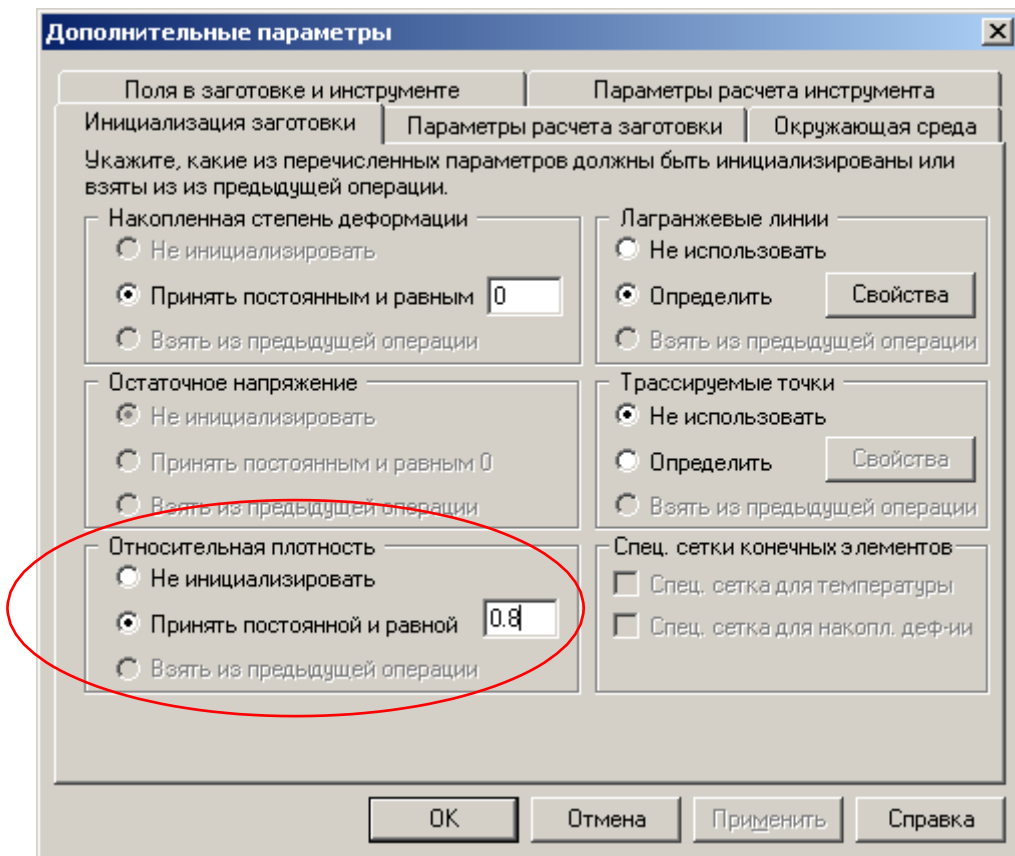
порошковых материалов.

Рассмотрим пример “Comraction3D”. Чтобы активировать эту опцию моделирования пористых материалов, следует нажать кнопку «Дополнительно», затем обратиться к вкладке

«Поля в заготовке и инструменте» и поставить галочку в поле «Относительная плотность». Этот выбор активирует опцию моделирования пористых материалов.

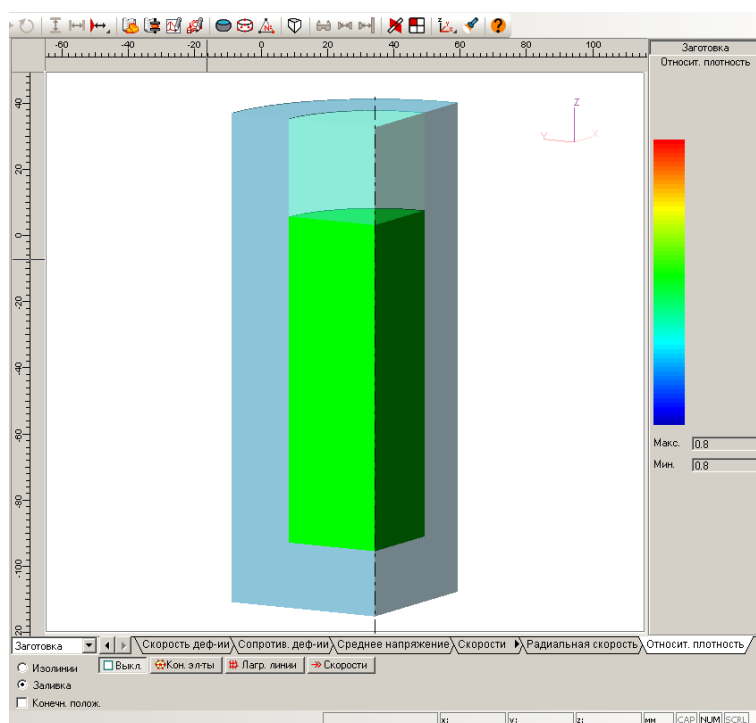


Затем на вкладке «Инициализация параметров заготовки» следует установить исходную относительную плотность, которая предполагается однородной до начала деформации, но затем становится неоднородной вследствие уплотнения материала. В случае второй и последующих операций вместо задания исходной относительной плотности пользователю следует выбирать опцию «Взять заготовку из предыдущей операции».



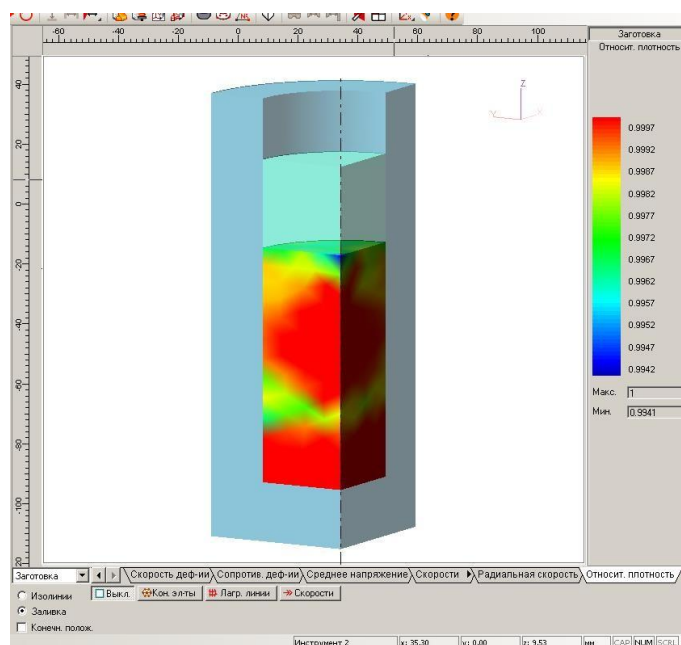
Рассмотрим пример деформирования пористого материала в закрытых штампах. Начальное и конечное положение моделирования показаны на рис. 2.27. Исходное значение относительной плотности равнялось 0.8. Если при моделировании пористого материала выбрать закладку «Относительная плотность» снизу графического окна, то будет показано поле распределения относительной плотности заготовки.

После завершения моделирования значение относительной плотности



равно примерно 1. Моделирование останавливается, потому что дальнейшее движение инструмента невозможно, то есть нет свободного места и нет возможности дальнейшего уплотнения материала.

а



б

Рисунок 2.27 - Моделирование с учётом относительной плотности: а – начальное положение; б – конечное положение

2.8 Дополнительные промежуточные операции

Дополнительные операции задаются на специальной странице. Дополнительные операции и разделены на три группы, исходя из последовательности выполнения, а именно: выполняемые перед началом расчета, после завершения расчета и непосредственно во время расчета.

Перед началом расчета возможно:

Охлаждение на воздухе и винструменте

Кантовка на 180 градусов (только для 2D)

Пробивка отверстия и обрезка облоя

Ручное позиционирование (только для 3D)

Позиционирование под действием силы тяжести (только для 3D) После окончания расчета:

Имеется возможность пробивать отверстие и обрезать облой непосредственно во время расчета

Можно периодически удалять металл внутри и снаружи, то есть как бы постоянно пробивать отверстие и обрезать облой в ходе расчета, что позволит уменьшить размер задачи и избежать нежелательных складок в зоне вне очага деформации.

Для примера «Крышка» на втором переходе, моделируемом в 3D, можно ввести обрезку облоя после завершения расчета, как показано ниже. Необходимо учесть, что файл геометрии уже должен содержать контур обрезки. При этом количество записей в файле результатов будет на одну больше, то есть 31. После отсечения облоя по окружности с радиусом 56 мм в конце перехода поковка будет выглядеть, как показано на рис. 2.28.

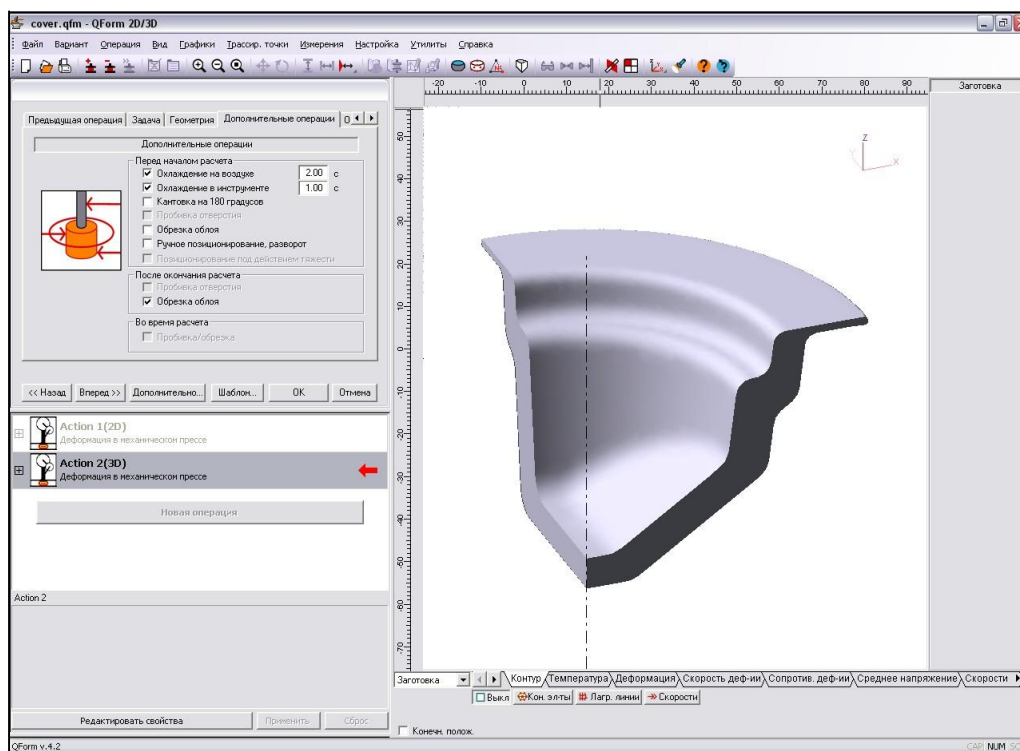



Рисунок 2.28 - Назначение дополнительных операций для примера «Крышка»

Ручное позиционирование и позиционирование под действием силы тяжести для данного примера невозможны, поскольку имеются две плоскости симметрии, которые однозначно определяют положение заготовки по отношению к инструментам.

В случае, если плоскость симметрии одна или симметрии вообще нет, то возможно ручное и гравитационное позиционирование. В частности, для примера с кулачком («sam_sq.qfm») на первом переходе возможно ручное и гравитационное позиционирование. Для их включения пометьте соответствующие строки на закладке **Дополнительные операции** Мастера Редактор подготовки исходных данных.

При нажатии на кнопку  появляется окно управления позиционированием, приведенное ниже. При этом нужно учесть, что для установки всех объектов в плоскости симметрии используется кнопка **Совместить**. После совмещения двигать и вращать можно только в плоскости

симметрии, чтобы не нарушить результатсовмещения.

Одновременно можно двигать или вращать только один объект, который выделен (объявлен активным). Выделить объект можно, щелкнув правой клавишей по графическому окну, а затем, используя строку Сделать активным всплывающего меню, выбрать заготовку или один из инструментов. Имя активного объекта показано в строке под графическим окном. Здесь же, выбирая из списка другой объект, его можно активизировать. При помощи упомянутого всплывающего меню можно скрывать и снова показывать объекты для удобствапозиционирования.

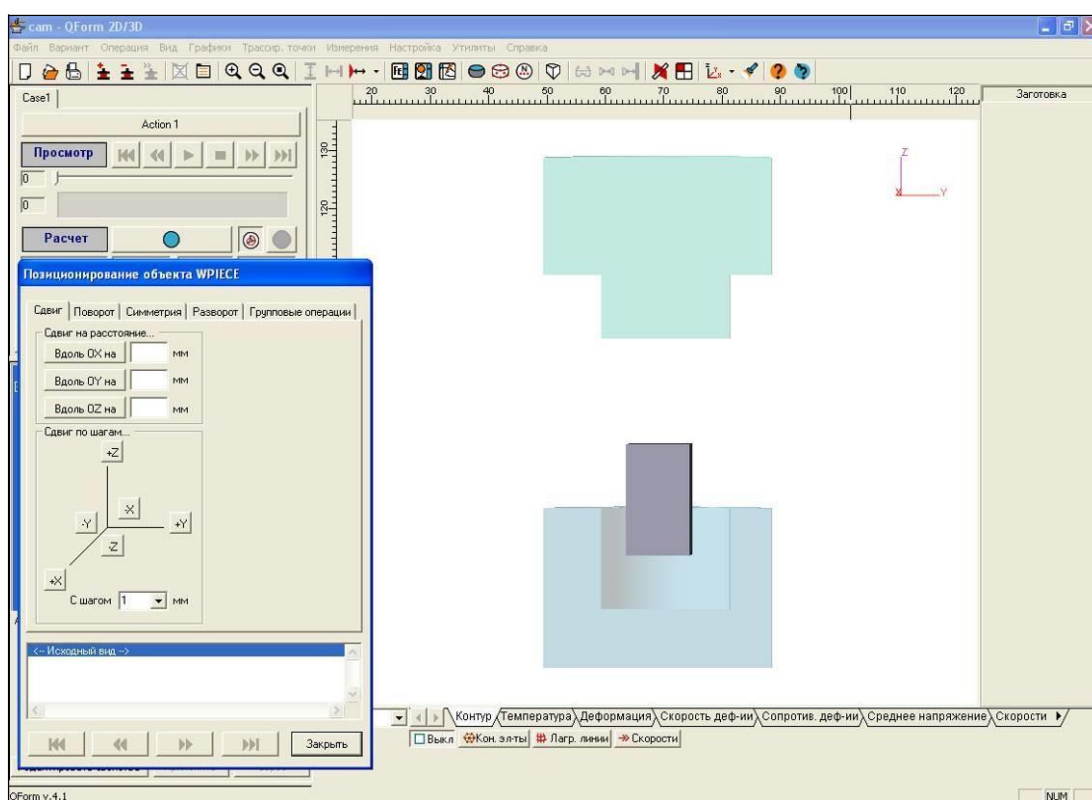


Рисунок 2.29 - Окно управления позиционированием

После завершения ручного позиционирования нужно закрыть окно. При этом появится окно (рис. 2.29), где следует выбрать первую опцию для продолжения расчета или вторую для возврата кпозиционированию.

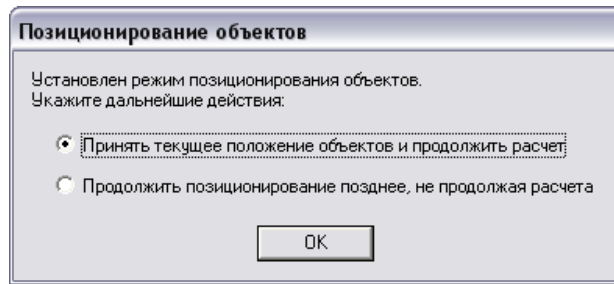


Рисунок 2.30 - Окно выбора

При принятии положения объектов программа готова к запуску моделирования. При нажатии на кнопку Начать расчет программа автоматически переходит к гравитационному позиционированию, если оно было активизировано, и по его завершении приводит верхний инструмент в контакт с заготовкой, и затем начинается процесс моделирования деформирования заготовки.

Внимание: ручное позиционирование отключает автоматическое сведение штампов на первом этапе препроцессинга. Поэтому, если заготовка по какой-либо причине вошла в инструмент, то программа не сможет ее извлечь. При ручном позиционировании рекомендуется развести штампы достаточно далеко друг от друга, чтобы гарантировать отсутствие контакта между ними.

При моделировании движения заготовки под действием гравитации, в случае ее неустойчивого положения, возможно ее опрокидывание или выпадение из штампов. Естественно, что при этом последующее моделирование деформации становится невозможным. В этом смысле моделирование аналогично реальности, и, если заготовка выкатилась из штампов, деформация невозможна.

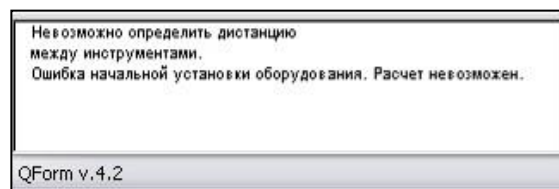
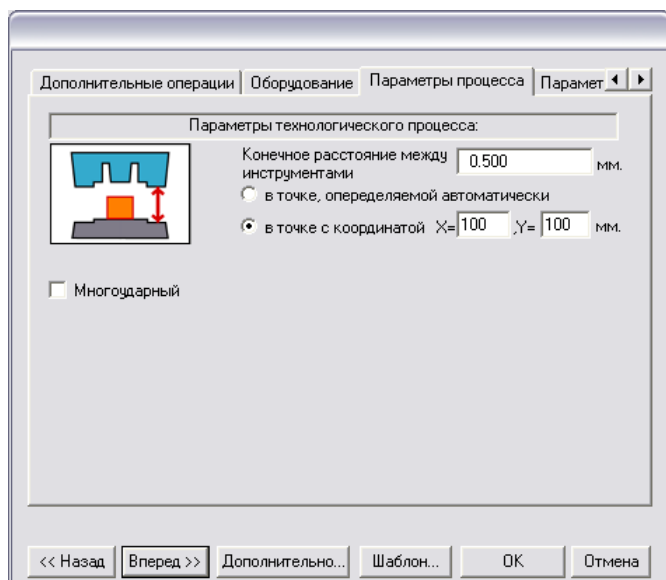
2.9 Задание конечного расстояния между штампами в произвольной точке

Конечное расстояние между штампами можно задавать двумя способами:

В точке, где расстояние между штампами минимально. Положение этой точки определяется автоматически.

В точке, определяемой пользователем и задаваемой координатами X и Y.

В приведенном ниже примере конечное расстояние между штампами 0.5 мм задано в точке с координатами X=100 мм, Y=100 мм. Приближенное значение координат можно определить при помощи курсора мыши в графическом окне.



По завершении подготовки исходных данных нажмите ОК. Затем запустите моделирование. На этом этапе при задании ошибочных координат (например, если точка с этими координатами окажется за пределами штампов) в окне диагностики выводится следующее

сообщение и программа останавливается. В этом случае необходимо задать правильные координаты и продолжить.

2.10 Сохранение ручного позиционирования в QFM файле

Все передвижения заготовки и инструментов в процессе ручного позиционирования между переходами штамповки сохраняются в файле проекта. Это позволяет изменять исходные данные и легко повторять расчет для многопереходных процессов. На рис. 2.31 показан момент моделирования

протяжки с помощью программы QForm.

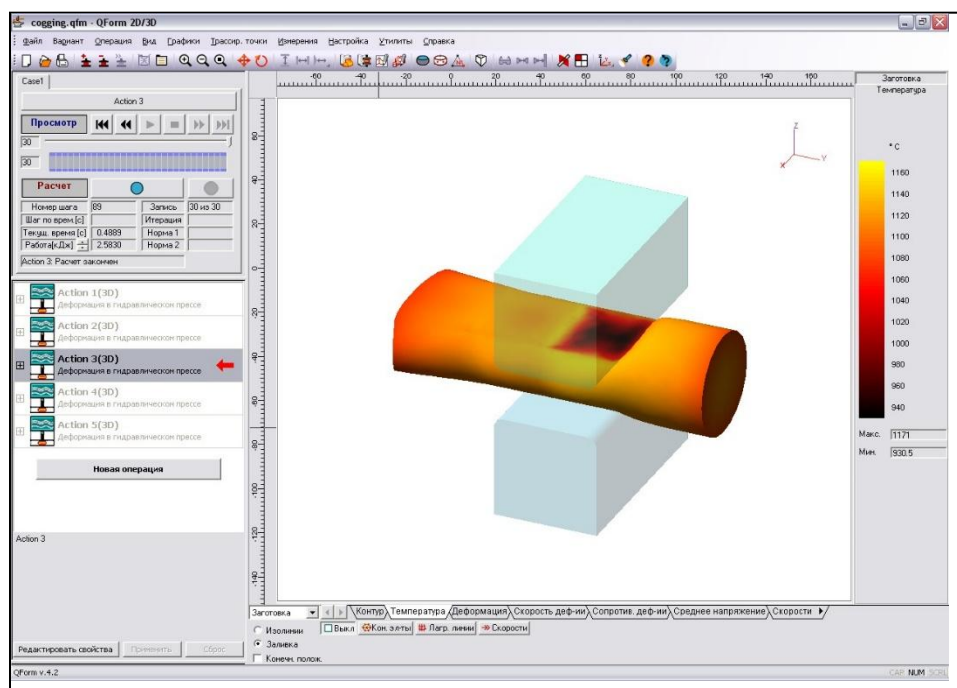


Рисунок 2.31 - Момент моделирования операции протяжки

Обращаем внимание, что QForm реализован в режиме программного позиционирования заготовки, который удобен для моделирования операций типа операции протяжки.

Технологическая цепочка состоит из 5 последовательных ударов с продвижением заготовки вперед между ударами. Первоначально такую технологическую цепочку можно рассчитать, последовательно позиционируя заготовку после каждого удара.

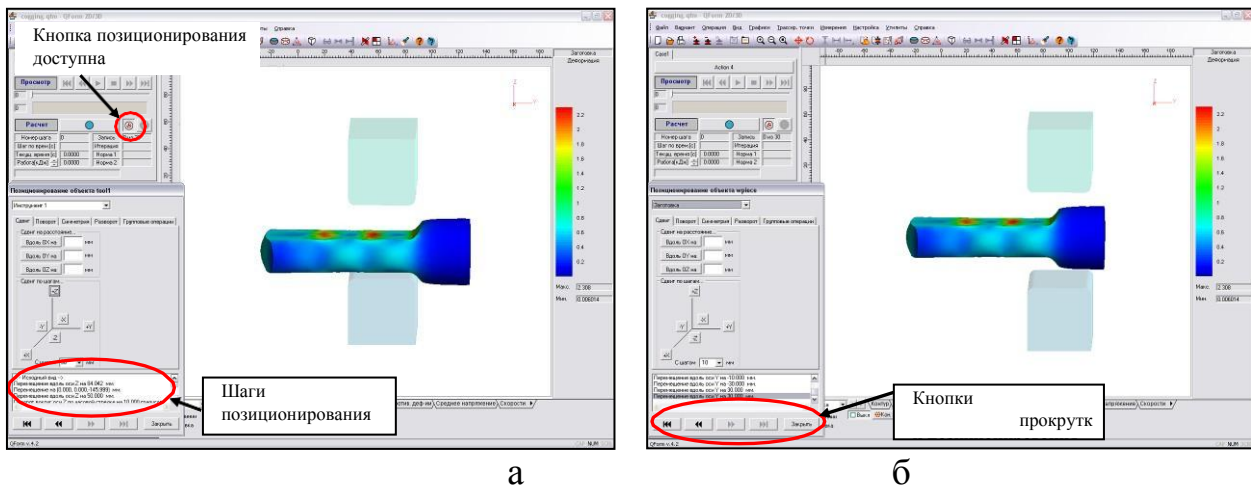


Рисунок 2.32 - Начальная позиция после очередного удара (а) и после продвижения вдоль Y на 30 мм (б)

Откройте проект «cogging.qfm» в каталоге «QForm\Sample» и запустите на счет. После окончания расчета очередного удара станет доступной Кнопка позиционирования.

После ее нажатия появится панель управления позиционированием заготовки. Используя Кнопки прокрутки позиционирования, проведите позиционирование заготовки и нажмите кнопку Заккрыть. Согласитесь с результатом позиционирования и нажмите кнопку ОК.

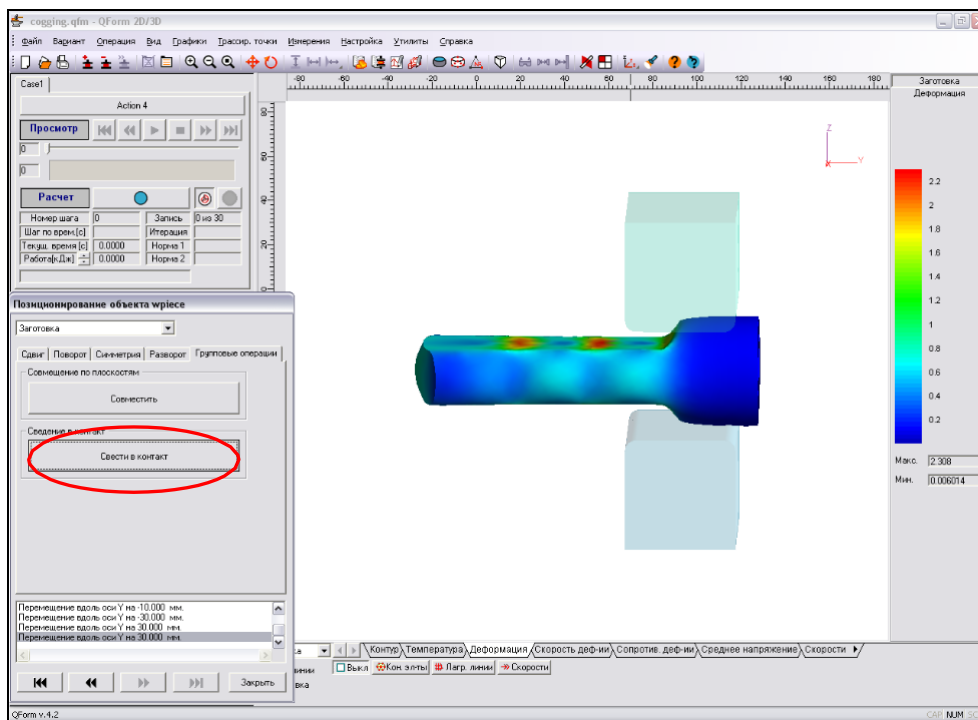


Рисунок 2.33 - Кнопка введения в контакт инструментов и заготовки

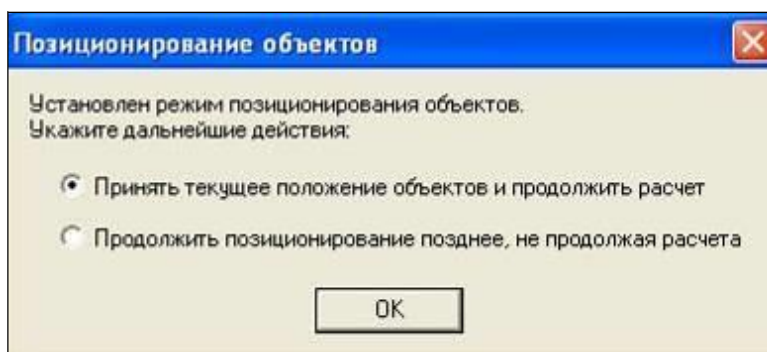


Рисунок 2.34 - Меню для принятия или продолжения ручного позиционирования

После позиционирования можно запускать на счет очередной удар и т.д.

2.11 Моделирование операции протяжки

Технологические процессы ковки и объемной штамповки могут осуществляться с кантовкой и перемещением заготовки при обработке одним и тем же инструментом. Типичный пример такого процесса – операция протяжки.

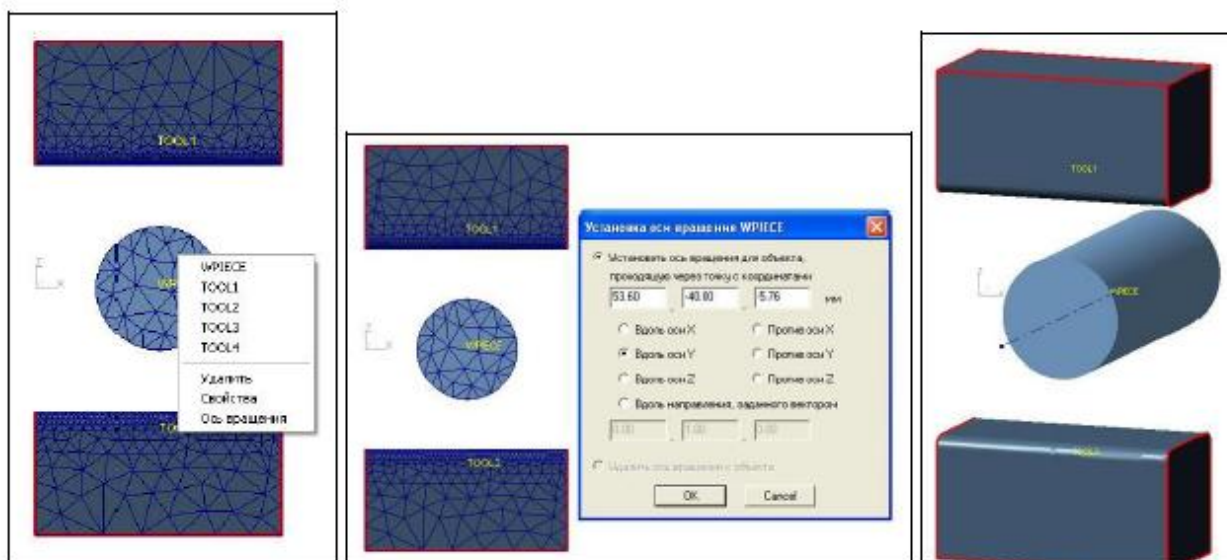
В предыдущей версии QForm для моделирования протяжки приходилось создавать последовательность операций, причем перед каждым ударом заготовку приходилось позиционировать вручную. Начиная с версии

появилась возможность моделировать подобный технологический процесс воднооперацию многоударной штамповки с заданием программы перемещения и кантовки заготовки в ходе операции.

Кантовка заготовки выполняется относительно оси вращения. Эта ось может быть задана в редакторе геометрии QDraft несколькими способами. Простейший способ — это нажать правой кнопкой мыши на точку поверхности заготовки, через которую будет проходить ось. Выбрать в выпавшем контекстном меню пункт *Ось вращения* (рис. 2.35 а) и нажать ОК в появившемся диалоговом окне. Ось будет пересекать поверхность под прямым углом в указанной точке.

Координаты точки пересечения оси могут быть заданы численно. Для этого их необходимо ввести в диалоговом окне задания оси. Например, на рис. 2.35 б ось проходит через точку с координатами $X=50$ мм и $Z=0$. Значение координаты Y не играет роли, так как ось вращения параллельна оси OY . Направление оси должно быть также задано. В примере направление оси задано как «Вдоль оси OY », то есть в положительном направлении. Ось может быть задана в отрицательном направлении («Против оси OY »). Созданная ось отображается штрихпунктирной линией. Начало вектора оси вращения помечено небольшим квадратом (рис. 2.35 в). Ось может быть удалена в диалоговом окне задания оси.

Предупреждение: Ось должна быть определена, а геометрический файл — записан перед заданием данных операции многоударной штамповки.



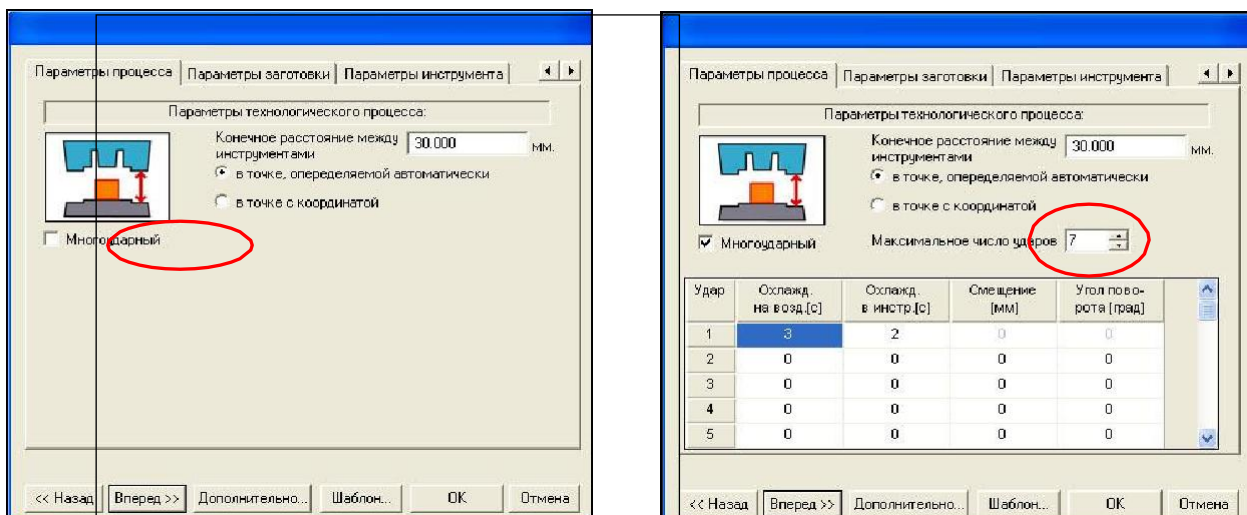
а

б

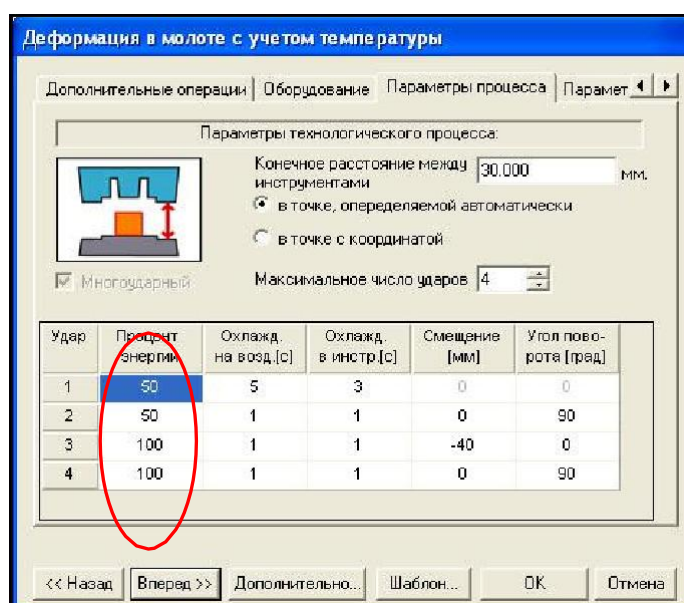
в

Рисунок 2.35 - Установка оси вращения заготовки

Режим программного перемещения заготовки включается в редакторе подготовки исходных данных на закладке Параметры процесса (это можно сделать для любого типа оборудования). Для этого необходимо включить бокс Многоударный. На вкладке станет доступной таблица программирования перемещения заготовки для нескольких последовательных ударов. Перед заполнением таблицы задается максимальное количество ударов в операции (например, 7). Затем для каждого удара необходимо задать время охлаждения на воздухе и в инструменте, смещение в направлении оси вращения и угол поворота заготовки. Пример заполнения таблицы представлен на рисунке ниже.



Заготовка деформируется до момента когда конечное расстояние между инструментами составит 30 мм, причем каждый четный удар она кантуется на угол 90 градусов и каждый нечетный удар – смещается в направлении, обратном направлению оси, на 40 мм. Оставшиеся данные такие же, как для операции с одним ударом. В случае использования молота или винтового прессы в таблице присутствует колонка для задания энергии каждого удара в процентах от максимальной.



Для двух первых ударов установлено использование 50% энергии молота, для последних двух – 100%. При моделировании деформирования на молоте или винтовом прессе, если недостаточна энергия удара, может быть не достигнуто заданное конечное расстояние между инструментами. В этом случае программа перейдет к расчету следующего этапа. Будет выполнена кантовка/смещение, затем — следующий удар.

Программа моделирует удар за ударом, выполняя заданные в таблице смещения и вращения заготовки. Фотографии первых четырех ударов, которые соответствуют заданным выше в таблице параметрам, показаны на рис. 2.36.

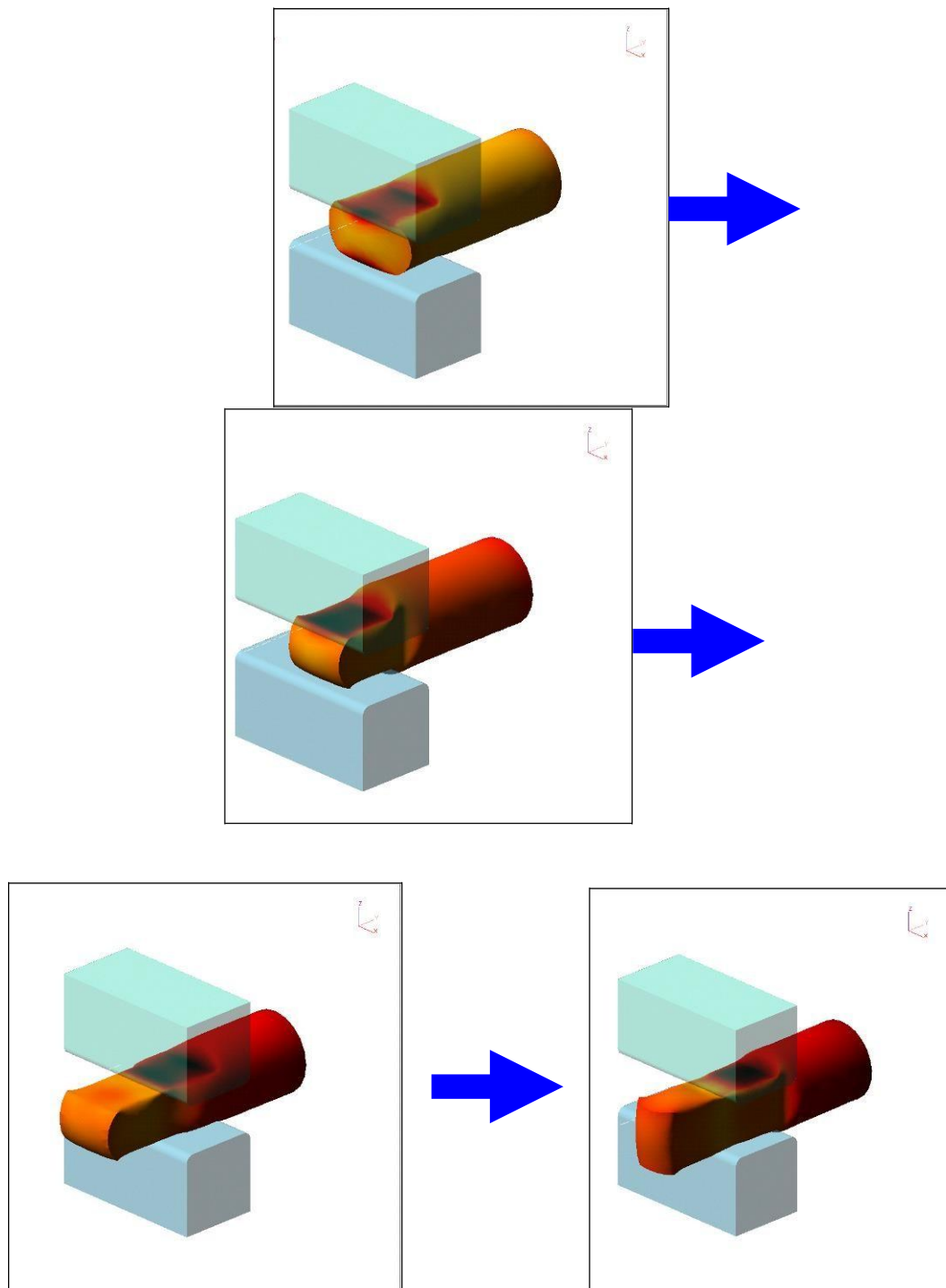


Рисунок 2.36 - Моделирование операции протяжки

2.12 Восстановление цельной формы заготовки по ее симметричной части (одной восьмой, четверти или половине)

Использование свойства симметричности поковки дает возможность сократить время моделирования. К примеру, если поковка симметрична в плане, значительно быстрее рассчитать только ее половину. Однако

последующая операция может выполняться несимметричным инструментом, и тогда для расчета потребуется цельная форма заготовки. В QForm реализован аппарат для преобразования симметричной части заготовки в симметричную часть с меньшей степенью симметрии (например, одну восьмую в одну четвертую заготовки) или для восстановления ее цельной формы. Такая последовательность преобразования показана ниже.

На рис. 2.37 показано моделирование осадки одной восьмой части заготовки.

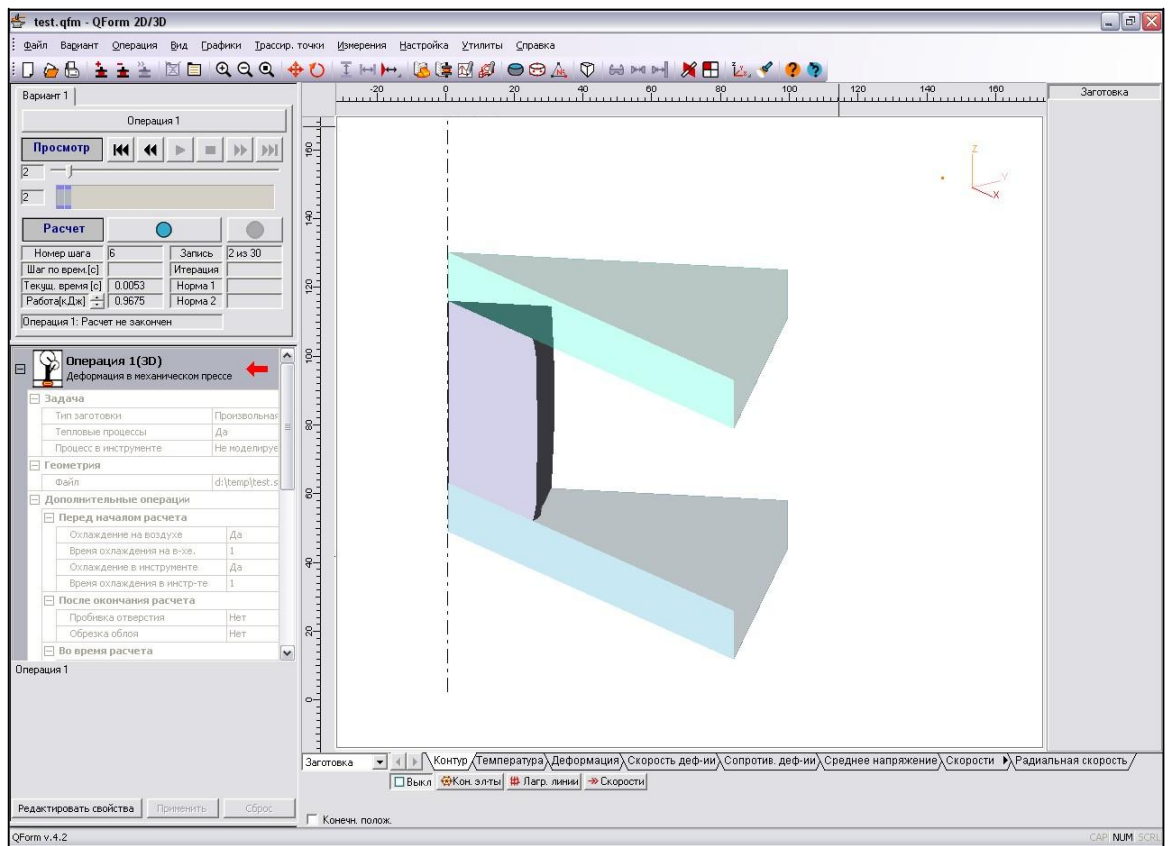


Рисунок 2.37 - Окно моделирования осадки одной восьмой части заготовки

Включение режима Ручное позиционирование, разворот на закладке Дополнительные операции в редакторе подготовки исходных данных позволяет в дальнейшем открыть диалоговое окно позиционирования кнопкой Вкл. Позиционирование, как показано на рис. 2.35. В этом окне на закладке Разворот расположены кнопки, позволяющие восстанавливать заготовку во всех возможных направлениях в соответствии с расположением плоскостей

симметрии. В представленном примере присутствуют две вертикальные плоскости симметрии, дающие возможность зеркально восстановить заготовку влево, вправо и воссоздать ее полную форму, используя одновременно обе плоскости. Доступные операции для работы с объектом активны.

Нажатие на кнопку Верт. (влево), как показано ниже, восстанавливает заготовку с сектора в 45° в сектор в 90° .

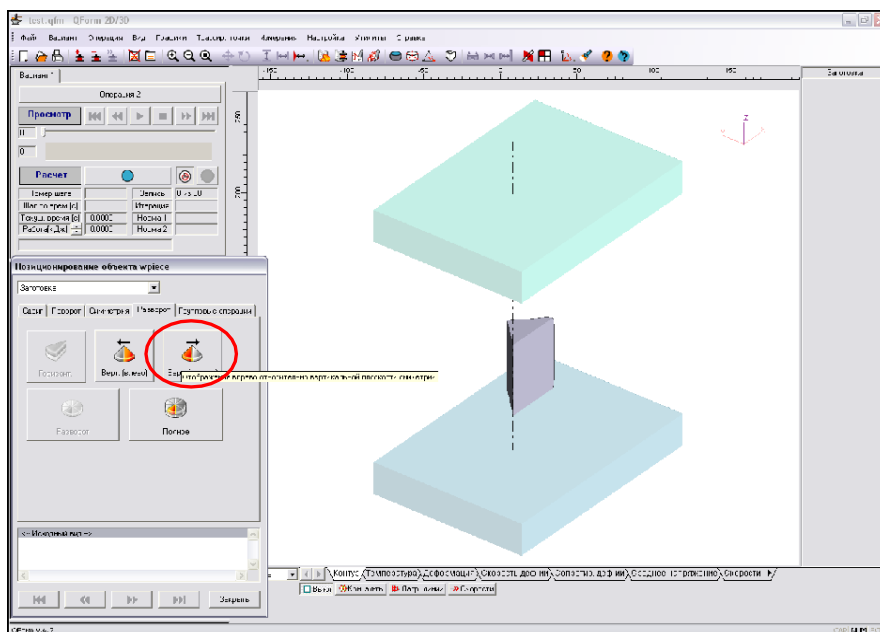


Рисунок 2.38. Функция разворота геометрии в окне позиционирования

Затем, если необходимо, «новая» заготовка может быть совмещена с плоскостями симметрии штампов. Для этого необходимо перейти на закладку Групповые операции и нажать кнопку Совместить, как показано на рис. 2.39.

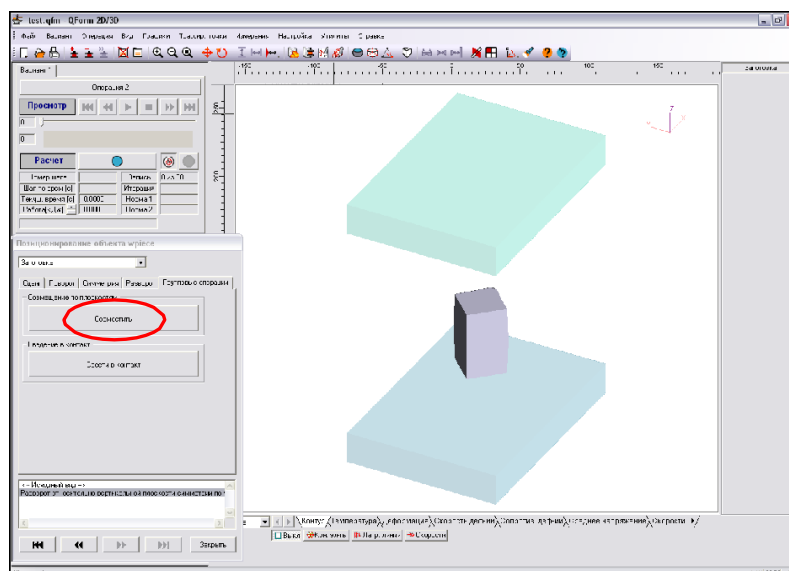


Рисунок 2.39. Групповые операции при позиционировании
 Результат такой операции показан на рис. 2.40. Одна четвертая часть заготовки совмещена с плоскостями симметрии штампов.

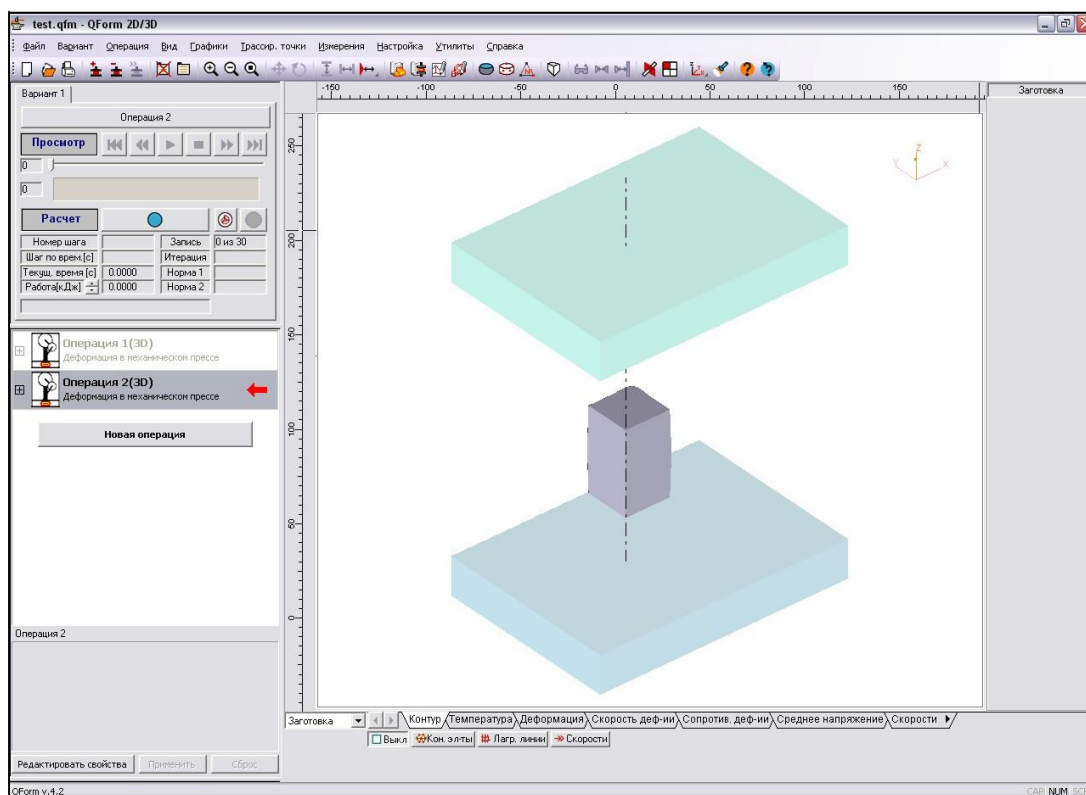


Рисунок 2.40. Результат операции позиционирования

Ниже показаны другие способы восстановления. На рис. 2.41 а заготовка восстанавливается до половины только по одной плоскости симметрии. На рис. 2.41 б заготовка восстановлена до полной формы. По мере использования плоскостей симметрии для восстановления соответствующие кнопки становятся недоступными.

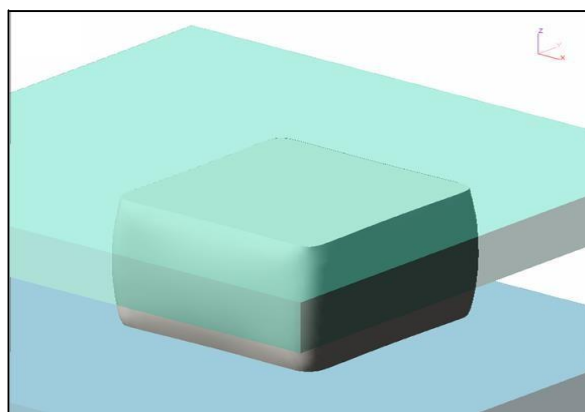
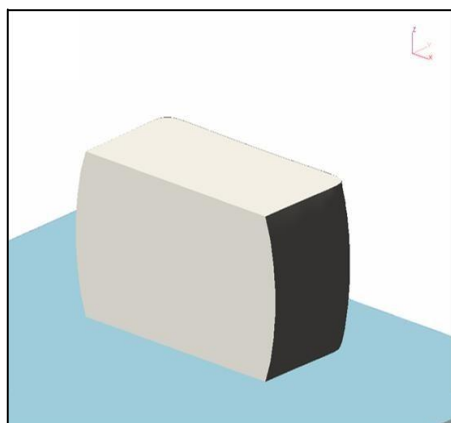
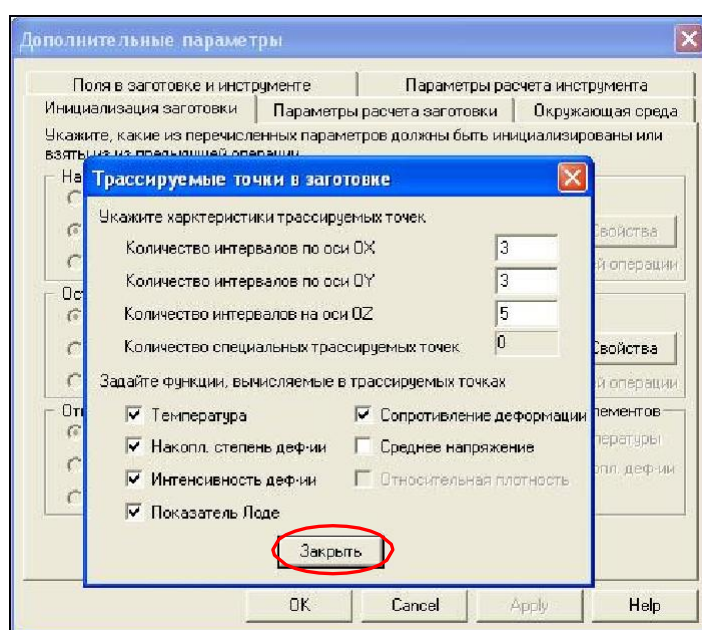


Рисунок 2.41 - Способы восстановления геометрии

Функция Разворот также доступна в QDraft. Ее можно применить для обоих инструментов и для заготовки. Однако существует важное различие между восстановлением в QForm и QDraft. Если заготовка восстанавливается в QForm, то при этом также дополняются поля, просчитанные в заготовке при моделировании, такие как поле напряжений, температурное поле и т.д. В QDraft – только геометрия заготовки.

Предупреждение: сетка Лагранжевых линий не «дополняется». Просмотр сетки возможен только для рассчитанной части заготовки.



2.13 Моделирование складки

В новой версии полностью переработаны алгоритмы моделирования складок, что позволило существенно повысить надежность программы. Появление складки в процессе расчета идентифицируется красными точками на заготовке, которые показывают контакт поверхности заготовки самой с собой. Затем они разрастаются в пятно контакта. Появление складки не приводит к прерыванию расчета. Необходимо отметить, что алгоритм моделирования складок является собственной разработкой КванторФорм и является уникальной опцией программы QForm. На рис. 2.42 показан результат

моделирования складки при горячей штамповке фланца из стальной цилиндрической заготовки в режиме 2D. Складка показывается красной линией.

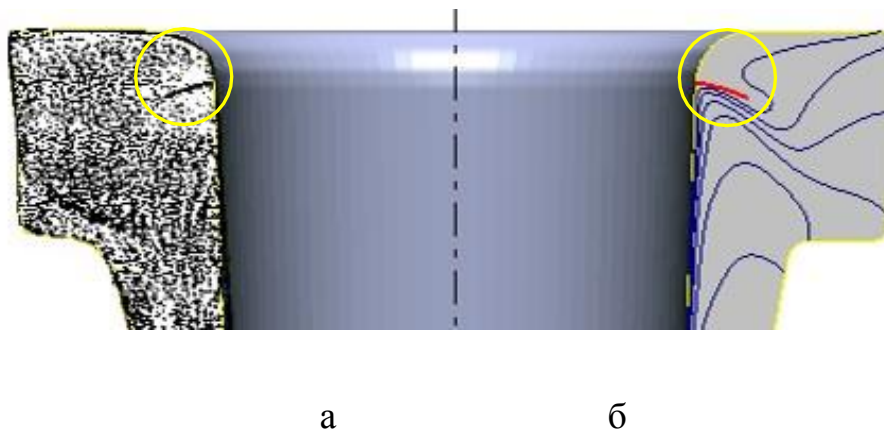


Рисунок 2.42. Оценка местоположения складки программой QForm2D: а – фото макроструктуры; б – расчет по QForm

При моделировании штамповки того же фланца в режиме 3D (рис. 2.43 б) складка показывается набором красных точек, которые отражают «схлопывание» поверхности заготовки в местах складкообразования. На этом же рисунке показано трехмерное изображение фланца, смоделированного в режиме 2D (см. рис. 2.43 а).

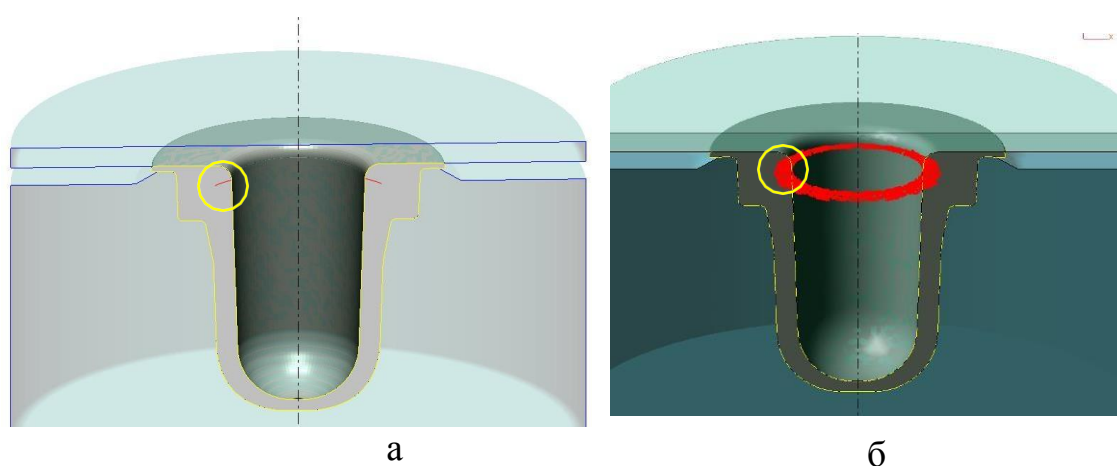
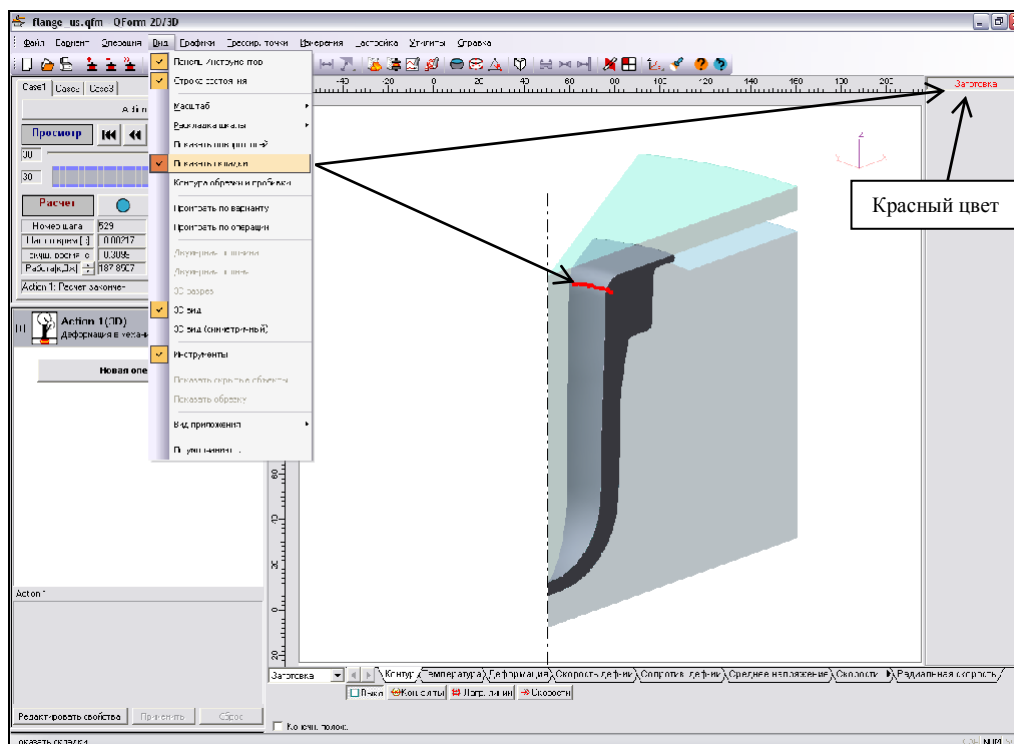


Рисунок 2.43 - Моделирование складки программой QForm2D (а) и программой QForm3D (б)

В программе предусмотрено изменение режима показа складки, а



именно, — показывать складку или нет. На рис. 2.43 показано как меняется режим показа складки, используя пункт Вид\Показать складки главного меню QForm. При появлении складки QForm автоматически меняет цвет надписи Заготовка на красный (рис. 2.44).

Рисунок 2.44 - Режим показа складки активизируется из меню Вид QForm

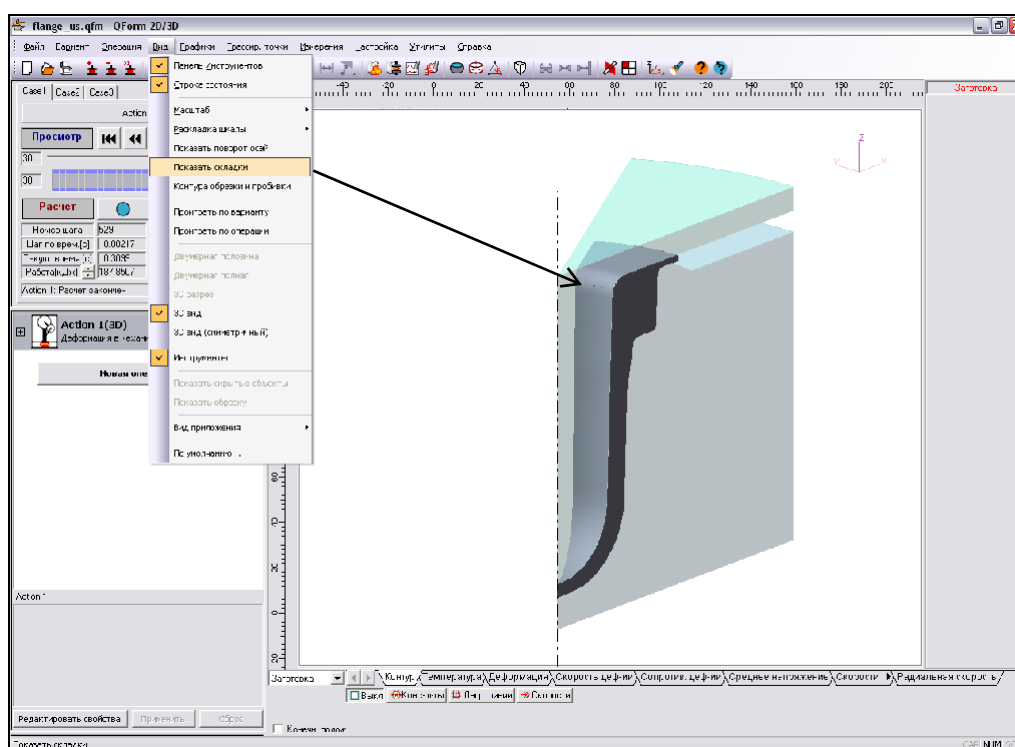


Рисунок 2.45 - Режим отмена показа складки (пункт Показать складку не отмечен)

Ниже приведены несколько иллюстраций, показывающие возникновение и развитие складки при моделировании горячей штамповки.

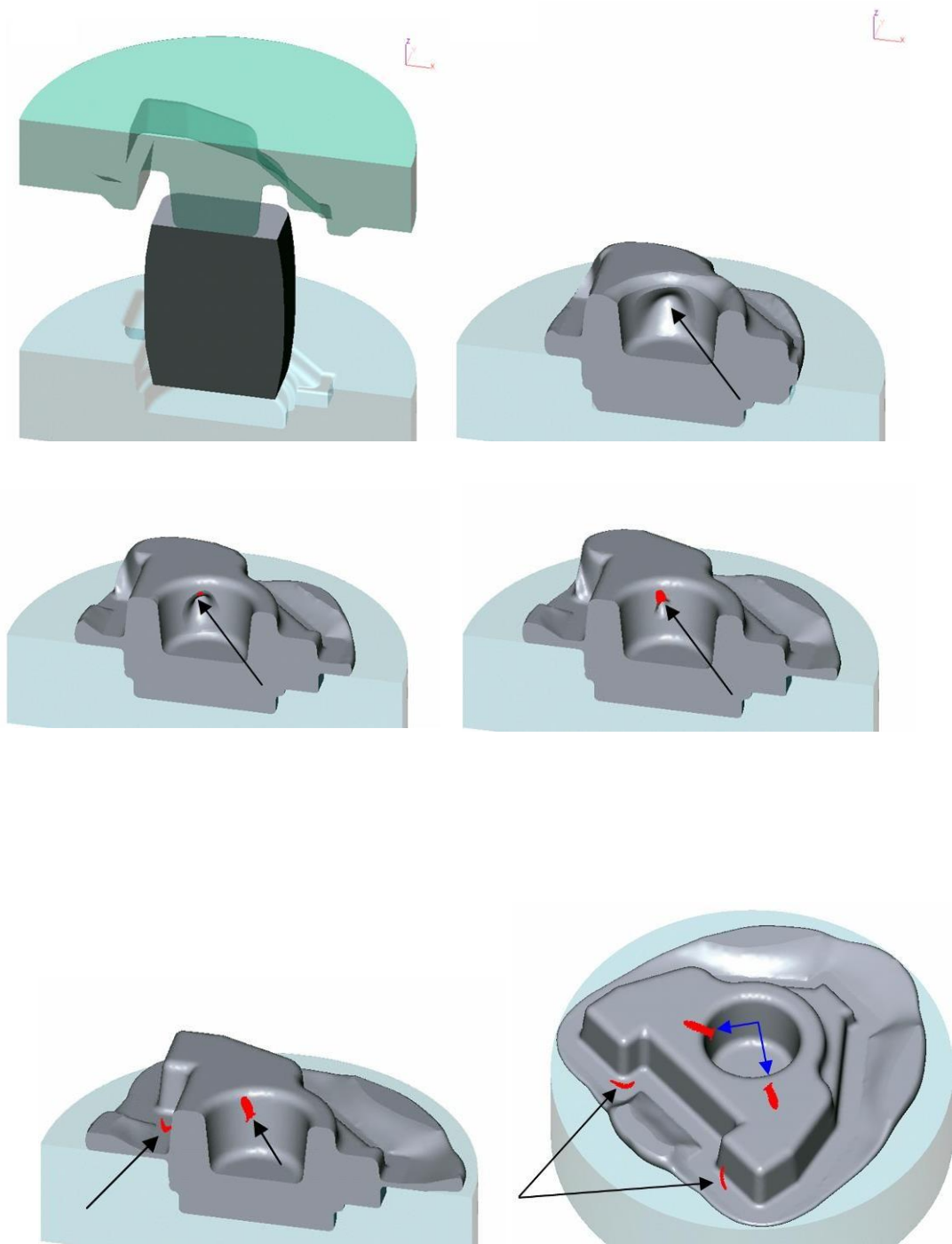


Рисунок 2.46 - Моделирование складки в QForm3D

2.14 3D Лагранжевыелинии

Внутри деформируемой заготовки возможно размещение Лагранжевых линий, которые как бы «вморожены» в деформируемое тело, и их форма позволяет проанализировать течение металла. Имеется три семейства Лагранжевых линий, параллельных, соответственно, осям OX, OY и OZ. Семейство линий, первоначально ориентированное вдоль продольной оси заготовки, совпадает с волокнами прокатной текстуры заготовки. Деформированная форма этих волокон дает картину текстуры в заготовке.

На рис. 2.47 показаны три семейства Лагранжевых линий до начала деформации и после.

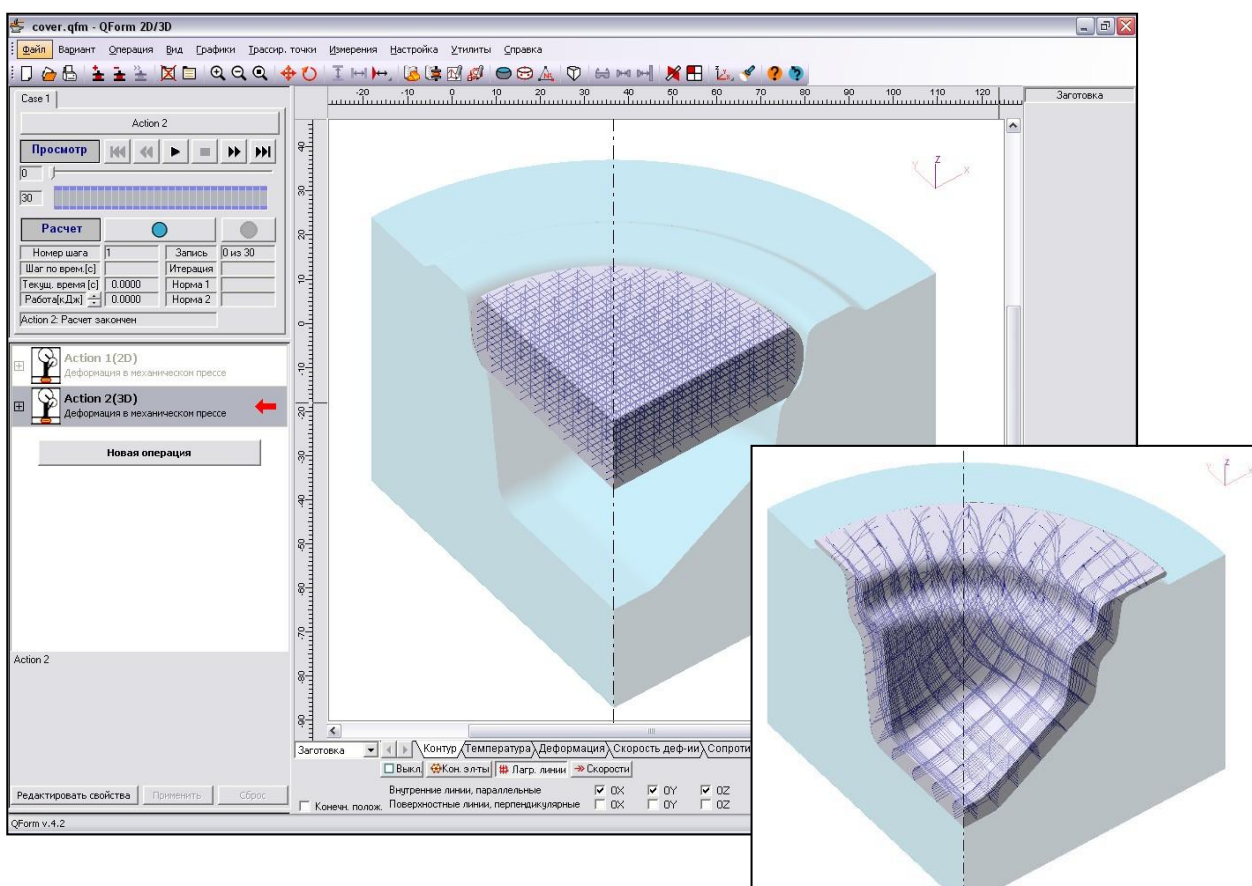


Рисунок 2.47. Объемные Лагранжевые линии в заготовке показывают картину течения металла в процессе деформирования заготовки

Показывать и убирать семейства линий можно при помощи «галочек» в соответствующих строчках внизу (см. Рис.2.48. Количество линий в каждом семействе по умолчанию 10. Его можно заменить до начала расчета, используя кнопку Дополнительно Редактора подготовки исходных данных, а затем поменять свойства Лагранжевых линий на странице Инициализация заготовки.

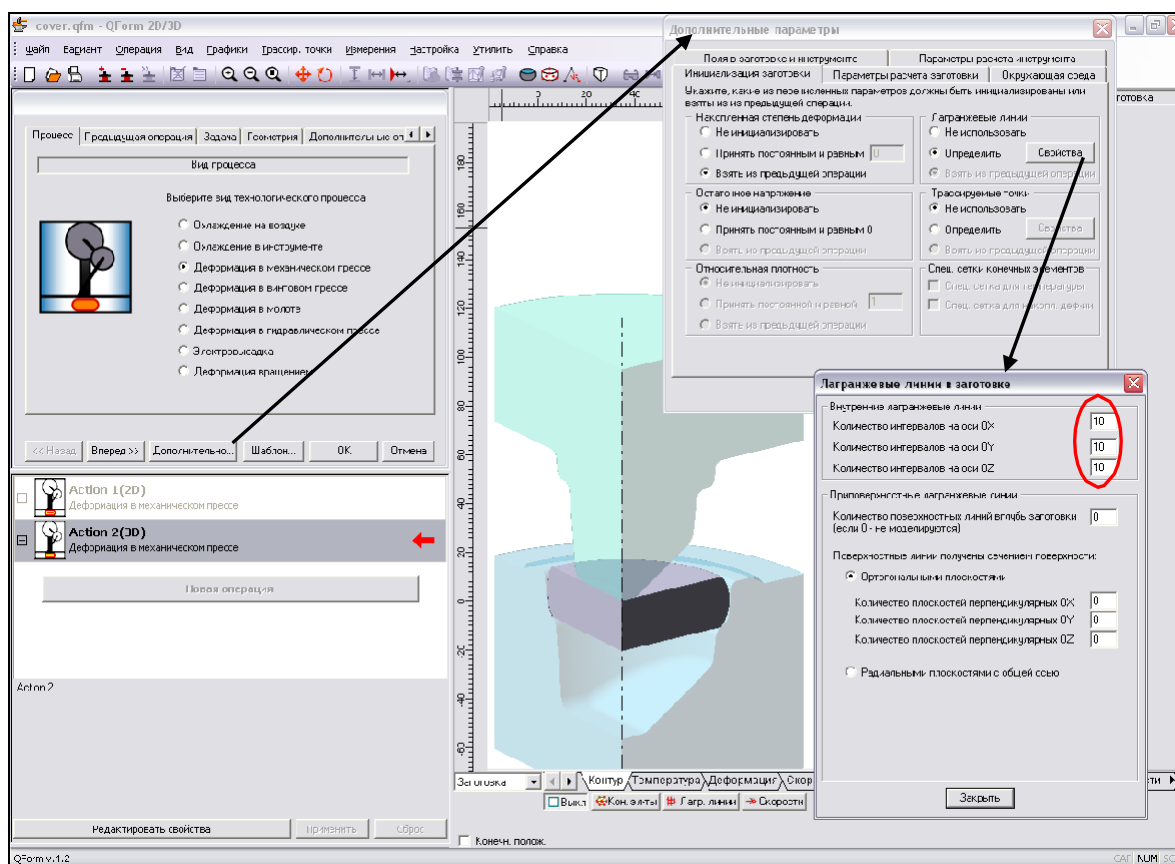


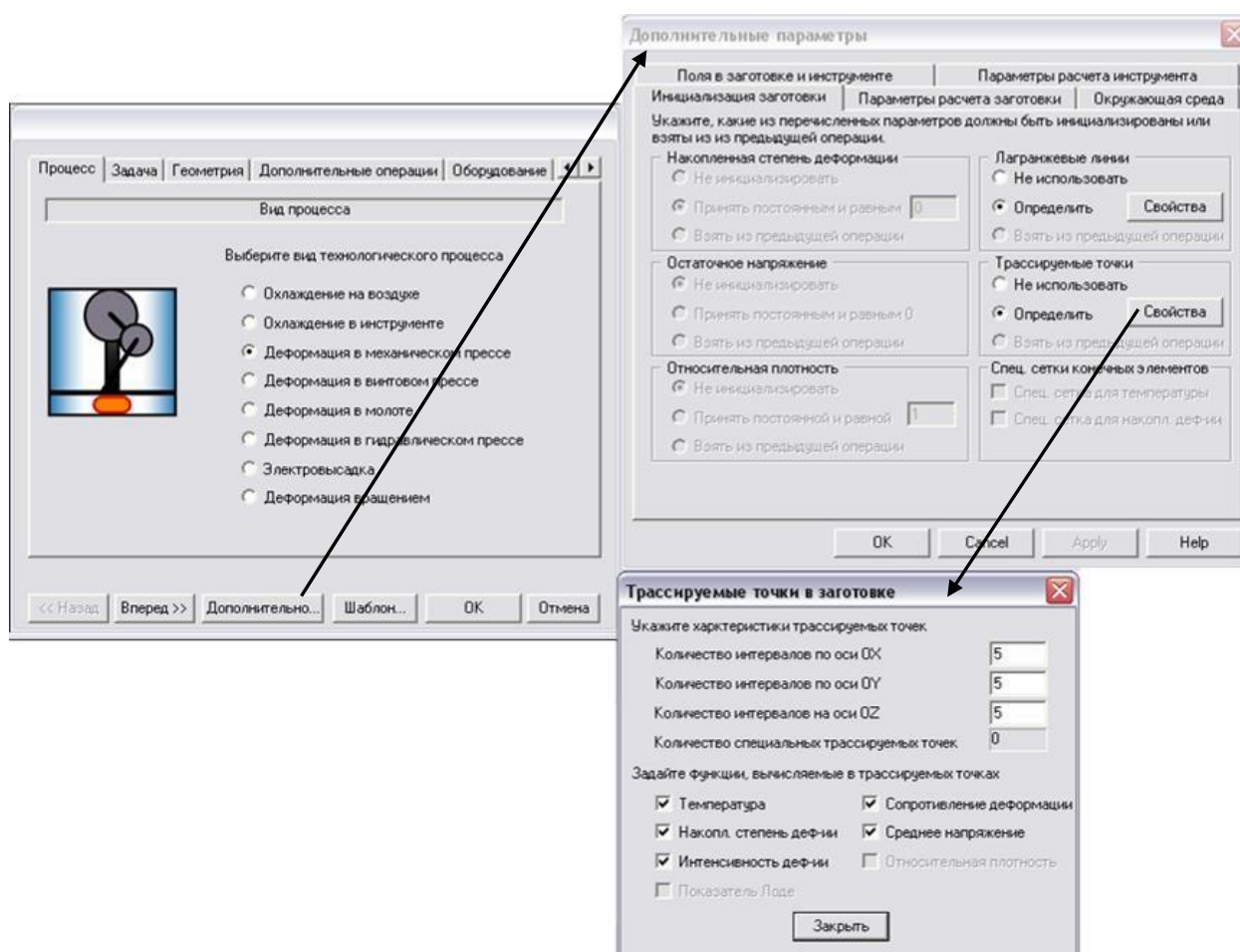
Рисунок 2.48 - Задание сетки внутренних Лагранжевых линий выделить точку, нажав на нее левой кнопкой мыши. Затем, нажав правую кнопку мыши, в открывшемся меню выбрать параметр для просмотра.

2.15 Трассируемые точки в 3D расчетах

Начиная с версии 4.1 можно применять 3D трассируемые точки. Задание точек подобно тому, как это реализовано для 2D режима. Устанавливается количество линий вдоль каждой из осей OX, OY и OZ. Узлы заданной таким образом сетки определяют местонахождение трассируемых точек.

Задать трассируемые точки можно, нажав кнопку Дополнительно... редактора подготовки исходных данных, а затем — Свойства в разделе Трассируемые точки. Здесь необходимо задать интервалы разбиения по осям (см. рис. ниже). Здесь же задается список функций, вычисляемых в трассируемых точках. Для того чтобы вычислялись функции Показатель Лоде и Относительная плотность для трассируемых точек, необходимо предварительно в редакторе подготовки исходных данных во вкладке Поля в заготовке инструменте кнопки Дополнительно включить вычисление соответствующих полей в заготовке

Предупреждение: большое число трассируемых точек и большое количество вычисляемых функций приводит к генерации большого файла для записи результатов и снижает скорость расчета и просмотра. Отключите ненужные функции и, по возможности, уменьшите количество трассируемых точек.



На рис. 2.49 показаны трассируемые точки поверхности поковки до и после деформирования.

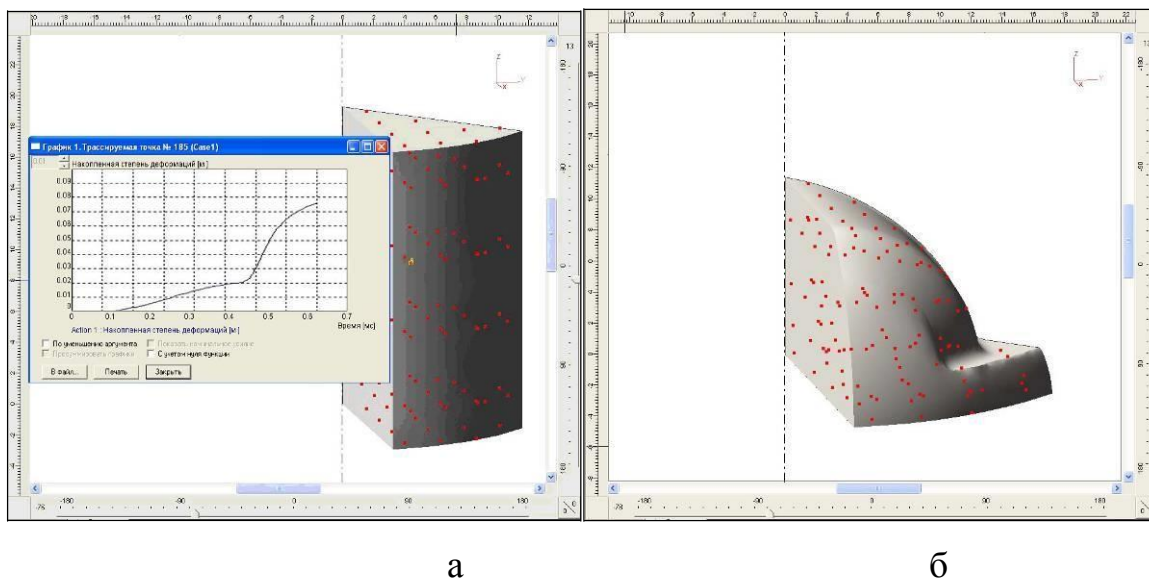


Рисунок 2.49 - Трассируемые точки: а – до деформирования; б – после деформирования

Для вывода графиков функций, рассчитанных в точке (рис. 2.49 а), необходимо выделить точку, нажав на нее левой кнопкой мыши. Затем, нажав правую кнопку мыши, в открывшемся меню выбрать параметр для просмотра.

2.16 Оценка возможности «прострела» с помощью приповерхностных линий

Значительно сложнее определяется появление дефектов типа «прострел» при объемной штамповке. При складках или зажимах возникает складывание поверхности заготовки, и это «схлопывание» поверхности заготовки отмечается красными точками. При «прострелах» схлопывания поверхности не происходит, хотя на поверхность заготовки при «простреле» может выходить полоска трещины (см. рис. 2.51 а). На рис. 2.50 показан стальной диск, при штамповке

которого возникает «прострел».

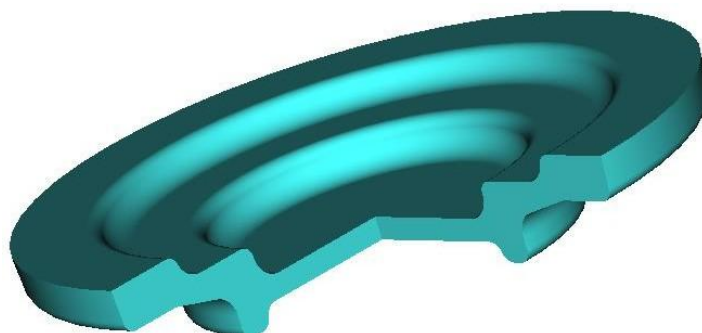


Рисунок 2.50 - Диск из стали С43, штампуемый в 2 перехода:
осадка и формовка

«Прострел» на фото поковки (см. рис. 2.51 а) выглядит, как трещина, хотя механизм образования складки и «прострела» совершенно разный.

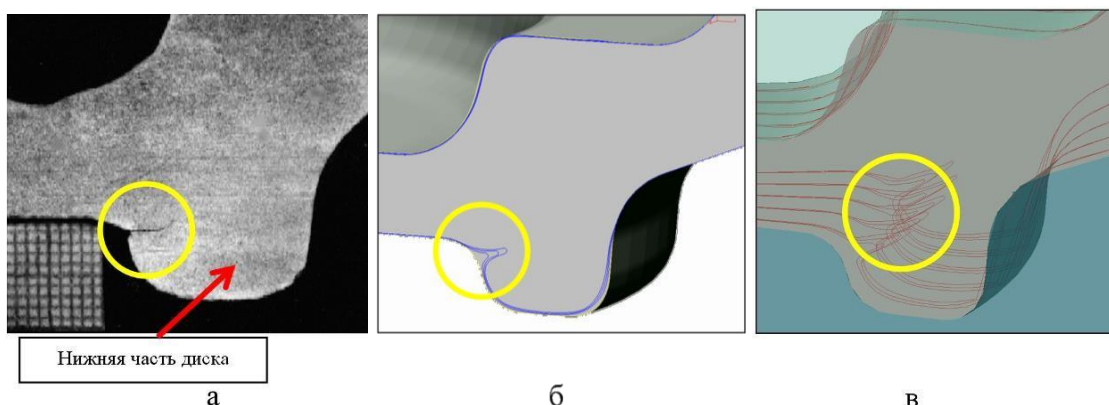
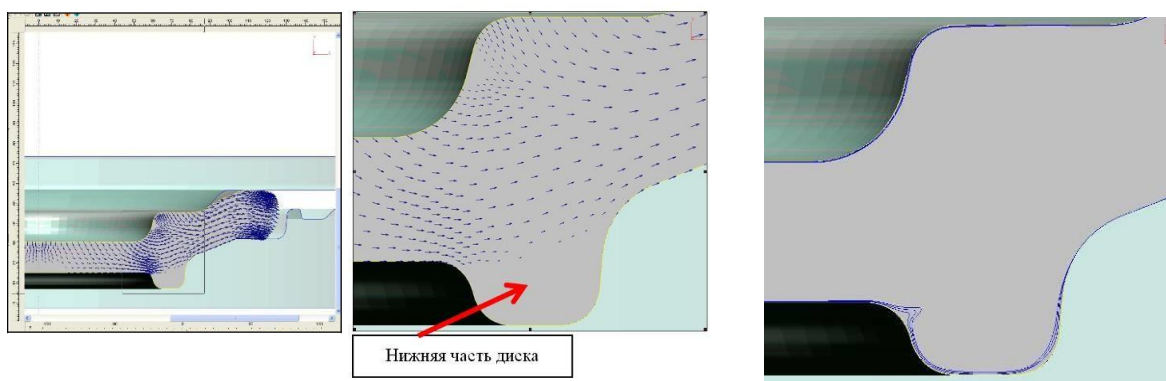


Рисунок 2.51 - «Прострел» при горячей штамповке стального диска: а – фото поковки с дефектом; б – 2D моделирование; в – 3D моделирование

При «простреле» после заполнения нижней части диска образуется



мертвая зона (рис.2.52).

а

б

в

Рисунок 2.52 - Образование «прострела» при штамповке и идентификация его при поверхностными линиями

Материал из центральной части поковки, минуя мертвую зону, интенсивно течет в периферийную часть, вовлекая в полосу интенсивного сдвига смазку и окислы с поверхности инструмента. В зоне интенсивного сдвига образуется «прострел», который при охлаждении поковки проявляется как трещина (см. рис. 2.52 а).

Для предсказания возникновения «прострелов» в QForm были включены специальные приповерхностные Лагранжевые линии. Изгиб этих линий однозначно говорит об интенсивном сдвиге в этом месте и, как следствие, о высокой вероятности «прострелов» в поковке. Эти линии для расчета задаются через пункт Дополнительные параметры Редактора подготовки исходных данных (рис. 2.53). Для сравнения на рис. 2.51 показаны результаты моделирования «прострела» при штамповке осесимметричного диска как при 2D расчете (рис. 2.51 б), так и при 3D расчете (рис. 2.51 в).

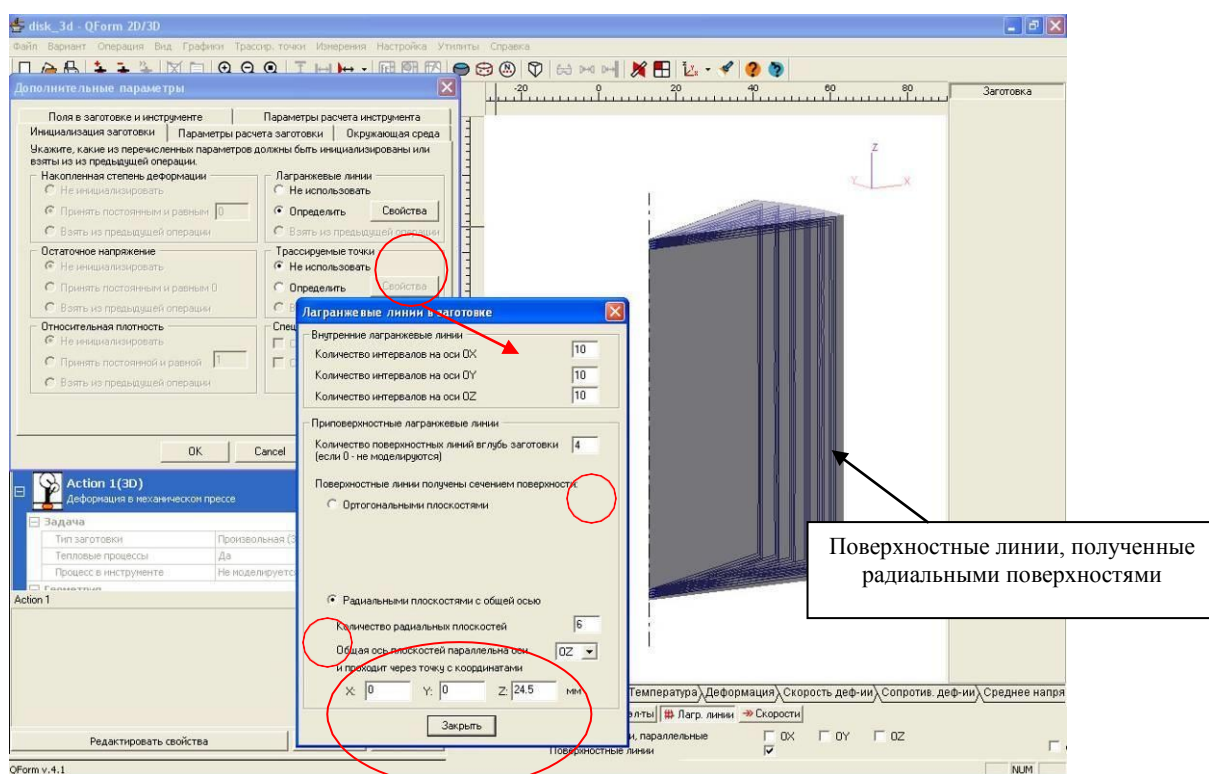


Рисунок 2.53 - Включение в расчет поверхностных радиальных

Лагранжевых линий

Выберите кнопку Дополнительно Редактора подготовки исходных данных и щелкните кнопку Свойства раздела Лагранжевые линии (рис. 2.53). В появившемся окне в заготовке можно задать два типа Лагранжевых поверхностных линий, получаемых сечением заготовки следующими плоскостями:

- радиальными с общей осью (рис.2.53);
- ортогональными (рис. 2.52).

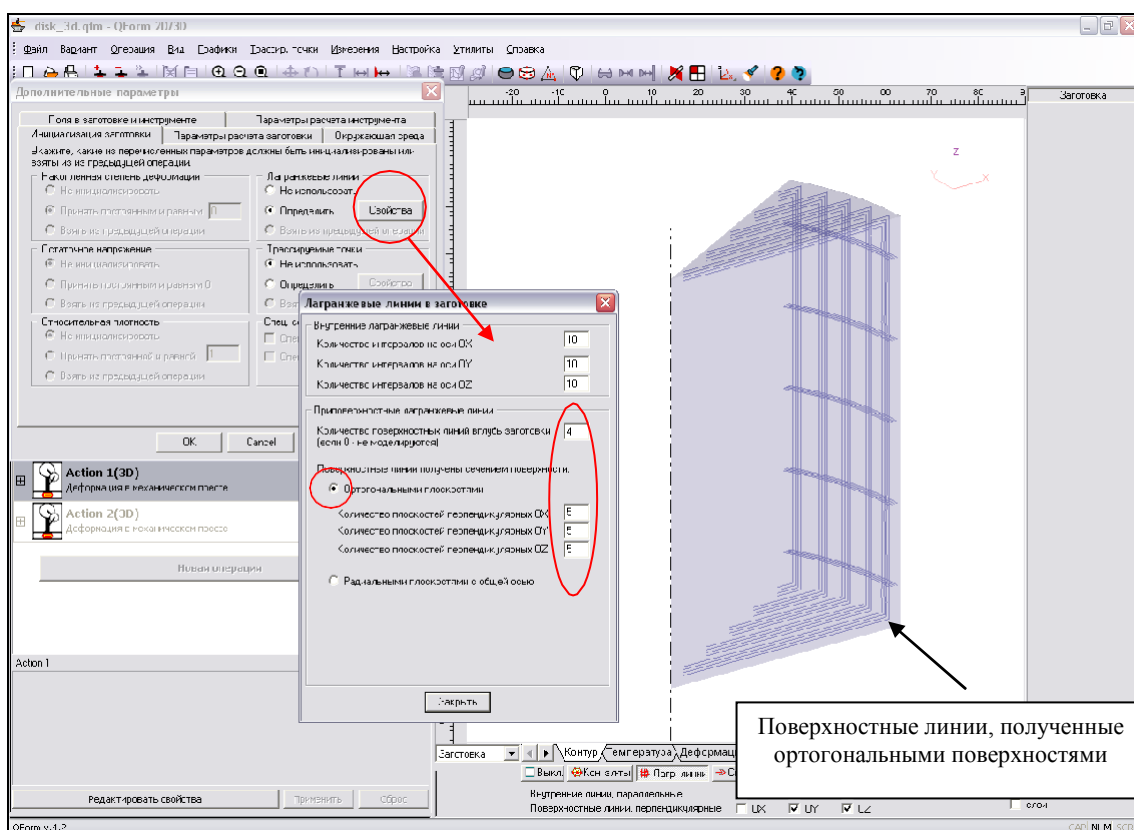


Рисунок 2.54 - Включение в расчет поверхностных ортогональных Лагранжевых линий

Поверхностные линии очень точно предсказывают возникновение «прострелов» (см.рис. 2.52 б, в).