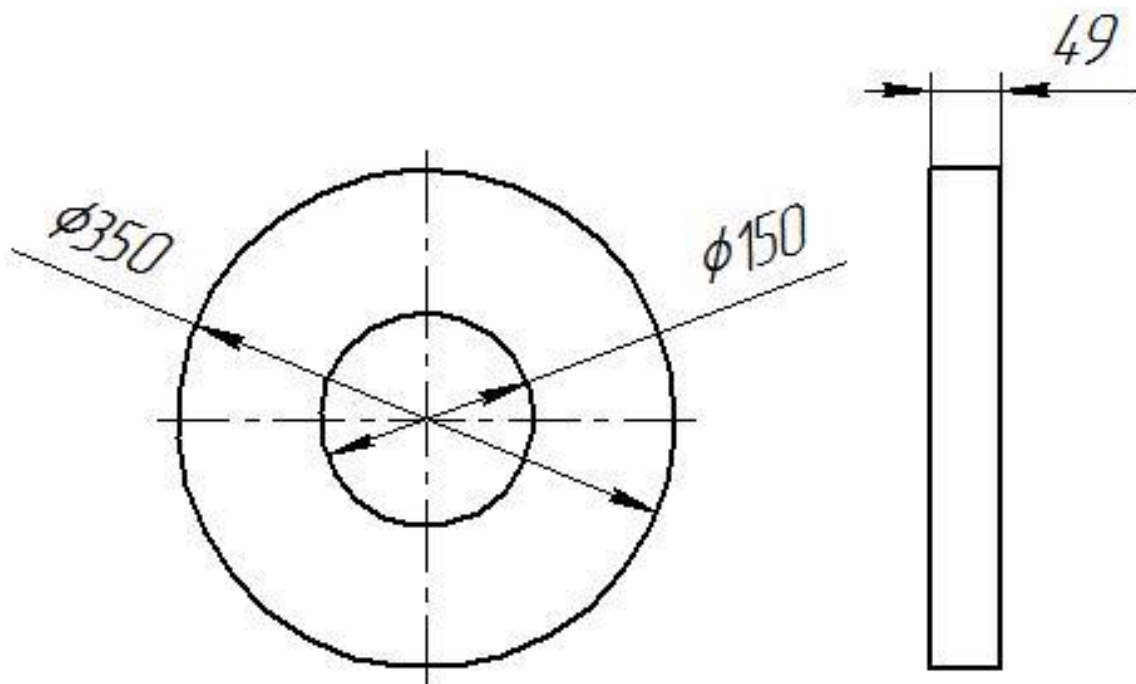


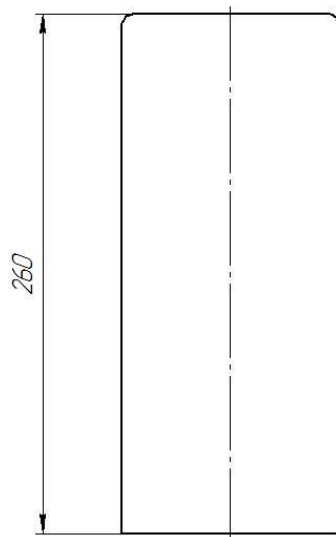
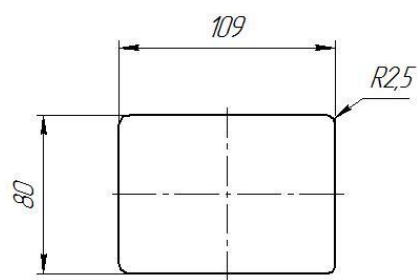
ПОРЯДОК ДЕЙСТВИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОПЕРАЦИИ РАСКАТКИ НА МОЛОТЕ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОСАДКОЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DEFORM 3D

Исходные данные для моделирования:

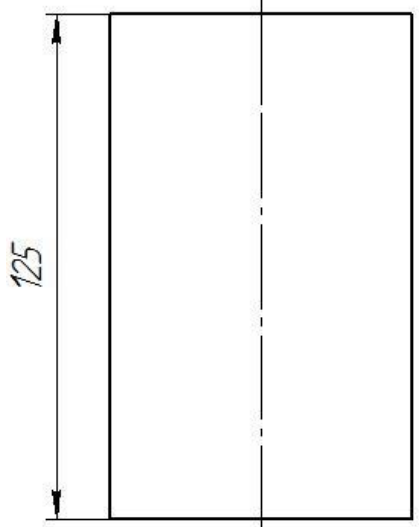
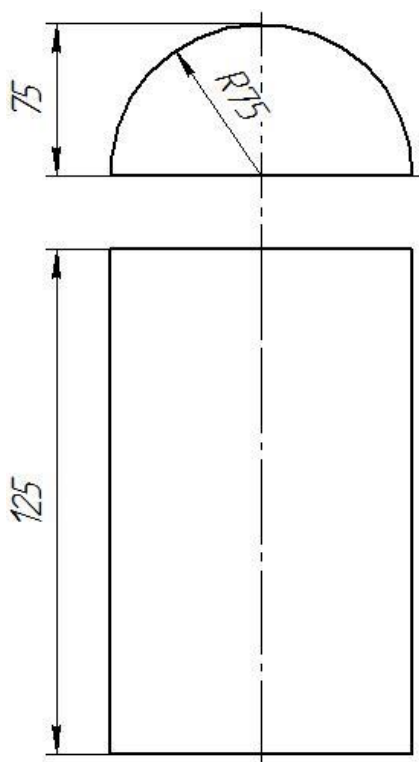
Моделирование проводилось в программном комплексе Deform 3D. В качестве заготовки использовалась 3D модель, выполненная в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D». Основные размеры заготовки показаны на эскизе 1. В качестве материала заготовки использовался материал INCONEL-718 (аналог ЭП718) из стандартной базы данных. В качестве бойка и оправки использовались 3D модели, также выполненные в системе автоматизированного проектирования «Компас-3D». В качестве материала бойка и оправки был использован материал А-286. Их размеры показаны на эскизах 2 и 3.



Эскиз 1 – Размеры заготовки

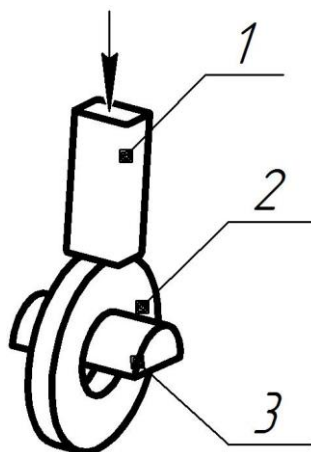


Эскиз 2 – Размеры бойка



Эскиз 3 – Размеры оправки


На эскизе 4 изображена схема раскатки на молоте.



Эскиз 4 – Схема раскатки на молоте

1 - боек, 2 - заготовка, 3 - оправка

1.1 Создание новой задачи

Запустите DEFORM-3D и создайте новую задачу, нажав на панели инструментов иконку **New Problem**  или выбрав в главном меню **File** → **New Problem** (рисунок 1). В появившемся окне выберите **DEFORM-3D Pre-processor** и нажмите **Next** для продолжения (рисунок 2).

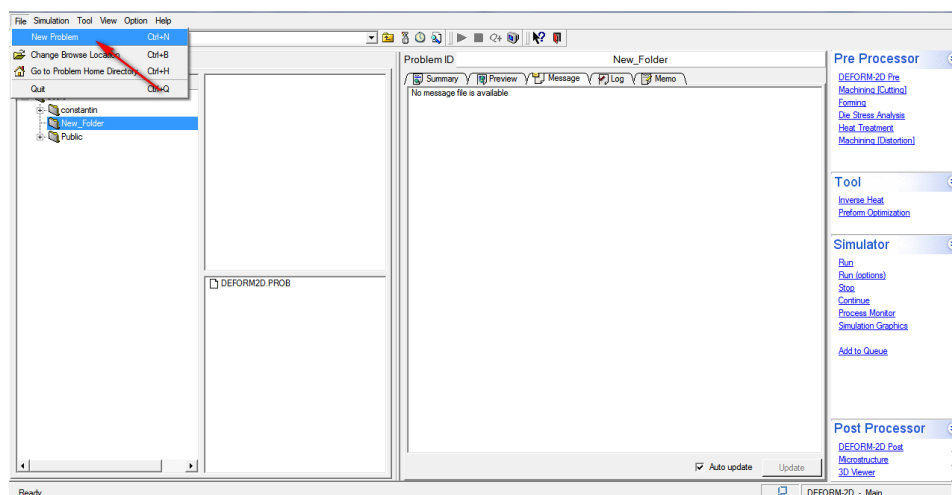


Рисунок 1 – Главное окно программы

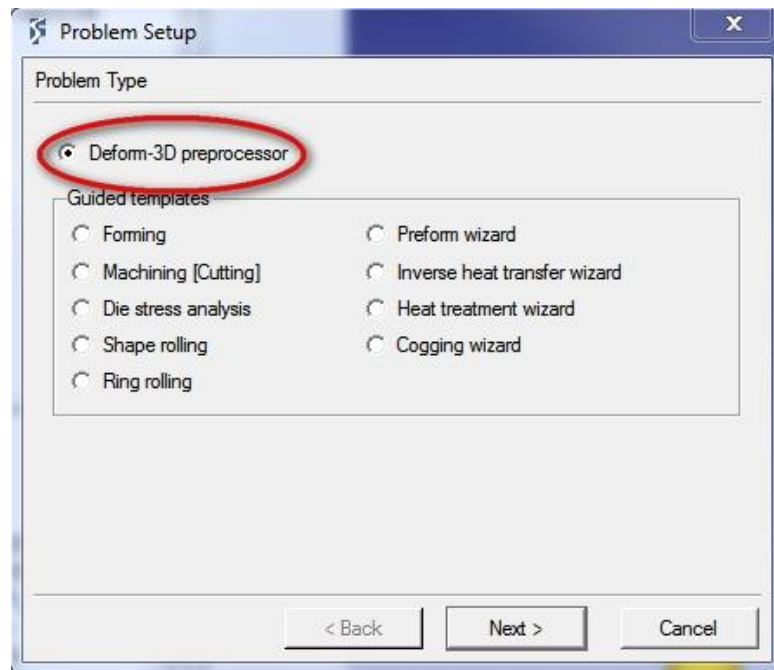


Рисунок 2 – Окно выбора типа решаемой задачи

Следующее окно позволяет выбрать директорию размещения новой задачи (рисунок 3). После указания необходимой директории нажмите кнопку *Next*. В появившемся окне назначения имени задачи введите имя задачи или оставьте имя по умолчанию. Нажмите кнопку *Finish* (рисунок 4).

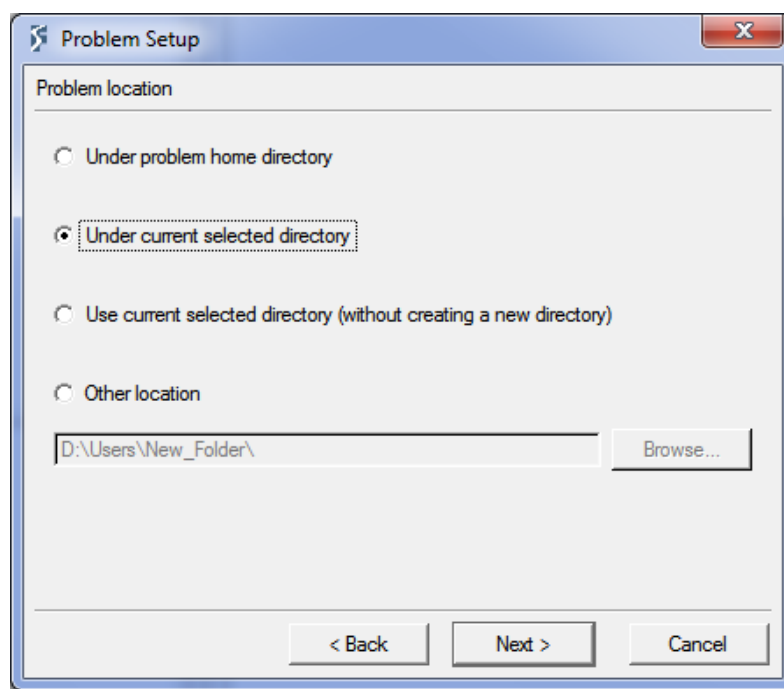


Рисунок 3 – Окно выбора директории размещения задачи

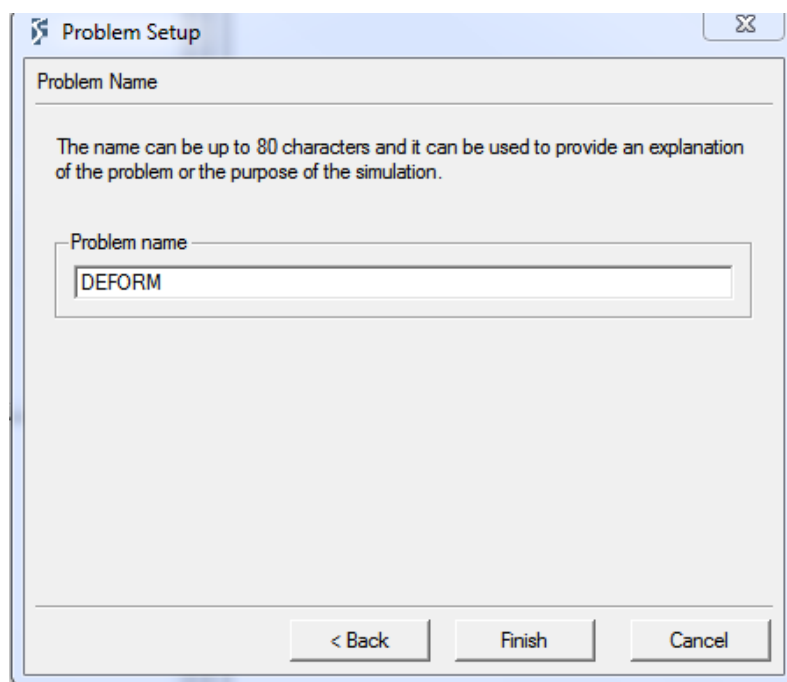



Рисунок 4 – Окно назначения имени задачи

1.2 Подготовка задачи в препроцессоре.

На панели инструментов нажмите иконку **Simulation Controls** . На закладке **Main** в окне **Simulation Controls** выберите систему измерения **SI** в поле **Units**. В появившемся окне **Change Units** оставьте настройки по умолчанию и нажмите **OK**. Также установите галочки в поле **Mode** напротив **Deformation**, **Heat Transfer** (рисунок 5). Нажмите **OK** и закройте окно **Simulation Controls**.

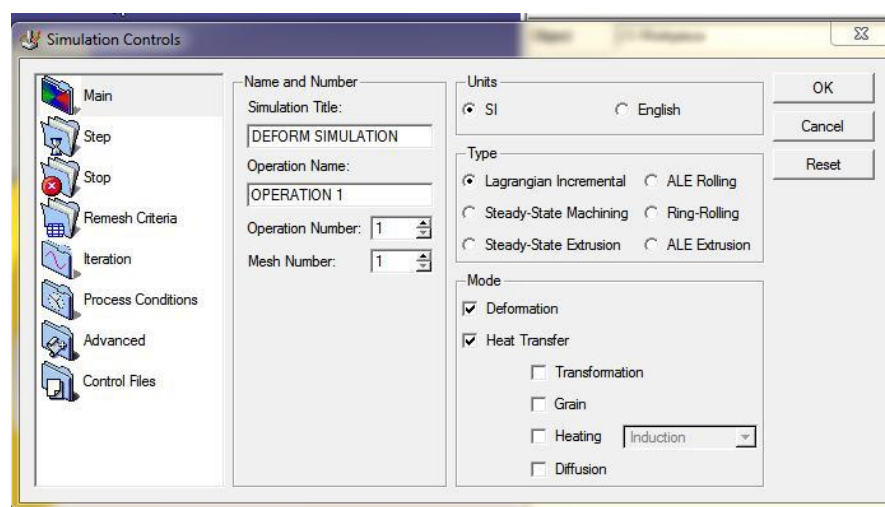


Рисунок 5 – Окно Simulation Controls

Для загрузки модели в препроцессор на панели **Option Window** выберите вкладку **Geometry**. Нажмите кнопку **Import Geometry** (рисунок 6) и в открывшемся окне укажите путь к модели заготовки и нажмите **Открыть**.

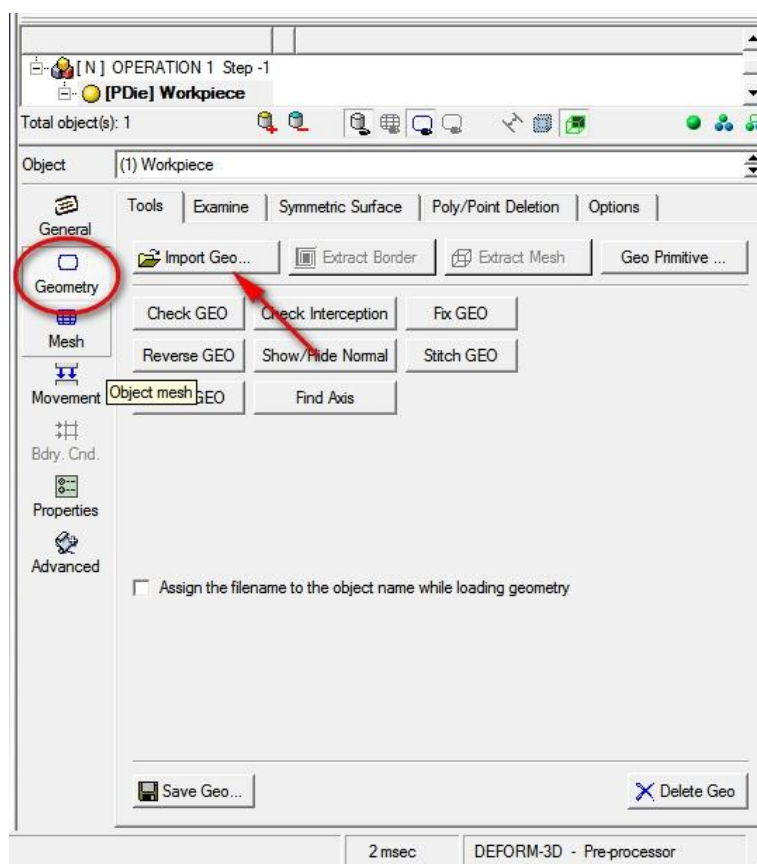


Рисунок 6 - Вкладка Geometry на панели Option Window

Далее перейдите на вкладку **General**. В поле **Object Type** укажите тип заготовки как **Plastic** (рисунок 7).

В поле **Temperature** нажмите кнопку **Assign temperature**. В окне **Object Temperature** установите температуру заготовки 800°C. Нажмите **ОК** (рисунок 8).

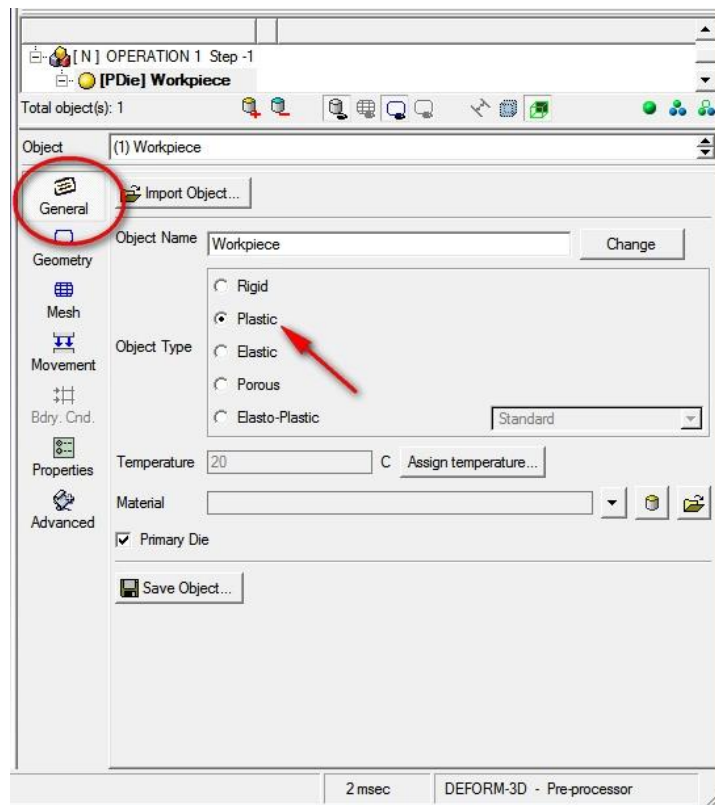


Рисунок 7 - Вкладка General на панели Option Window

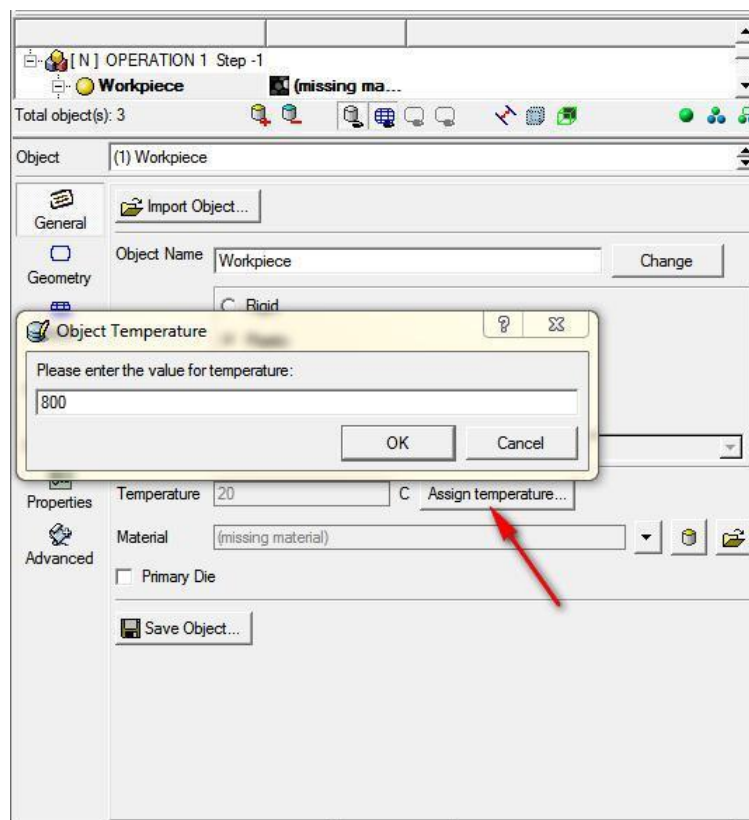


Рисунок 8 – Окно Object Temperature

В поле **Material** нажмите на кнопку **Load from lib** и загрузите из библиотеки материалов сплав **INCONEL-718-0**, который находится в категории **BetaMaterials** (рисунок 9). Нажмите кнопку **Load**.

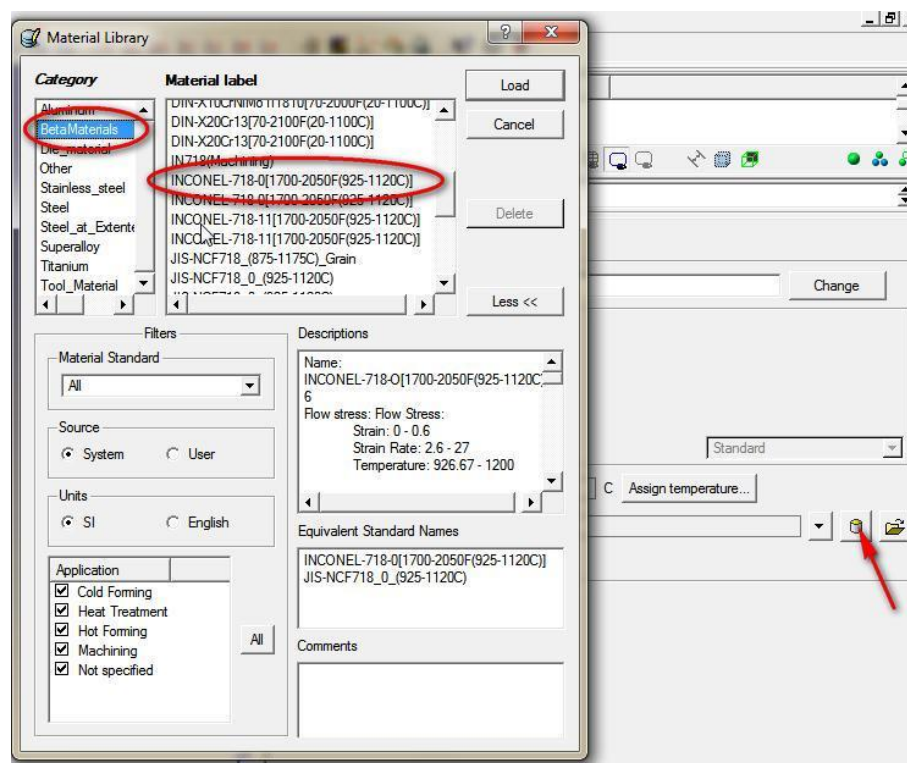


Рисунок 9 – Выбор материала.

Перейдите на вкладку **Mesh**. В поле **Number of Elements** и укажите число конечных элементов 15000. Нажмите кнопку **Generate mesh**. Система построит на заготовке сетку конечных элементов (рисунок 10).

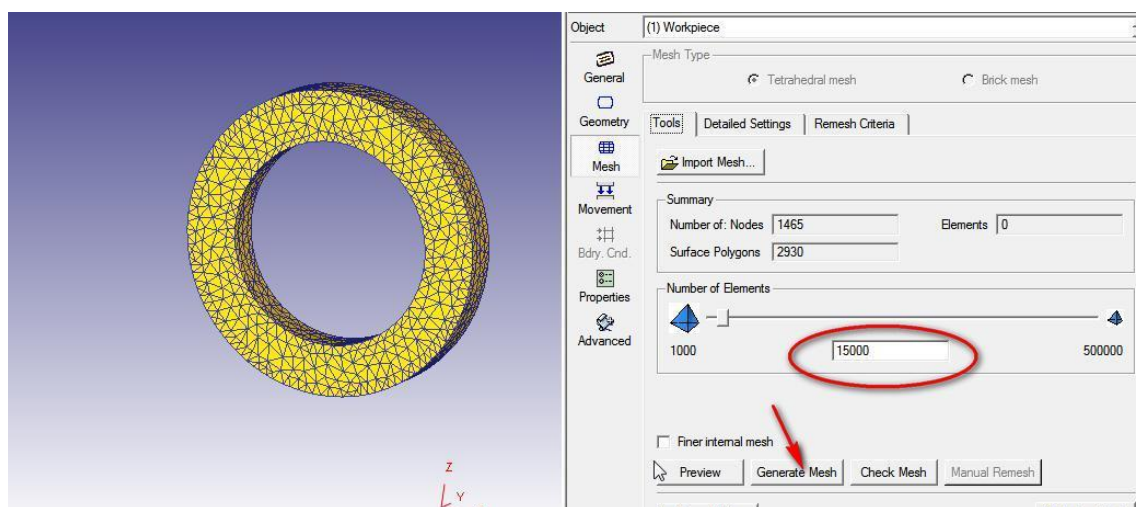


Рисунок 10 – Окно Mesh и заготовка с сеткой конечных элементов.

Перейдите на вкладку **Boundary Condition**. Для назначения поверхности теплообмена с окружающей средой выберите **Heat Exchange with Environment**. В меню **Pick nodes** нажмите All. Затем нажмите кнопку + (**Add Boundary Condition**) (рисунок 11).

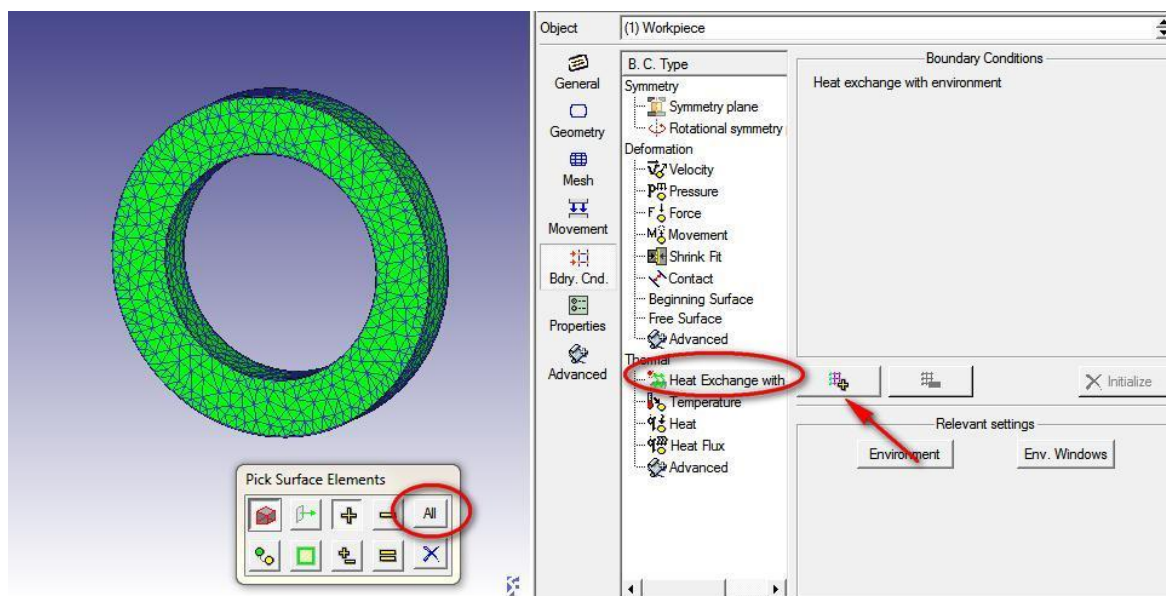



Рисунок 11 - Назначение поверхности теплообмена.

Для добавления инструментов в дерево моделирования нажмите два раза на иконку . Затем отметьте **Top Die** и перейдите на вкладку **Geometry**. Нажмите кнопку **Import Geometry** (рисунок 12) и в открывшемся окне укажите путь к модели бойка и нажмите **Открыть**.

ПРИМЕЧАНИЕ:

Все модели инструментов построены в той же системе координат, что и модель заготовки. Также каждый инструмент был построен с учетом его расположения относительно других объектов (на той же позиции, на которой он находится в сборке относительно заготовки и системы координат). Это позволяет избежать операции позиционирования моделей в препроцессоре системы Deform и упростить

процесс подготовки задачи, т.к. каждая модель импортируется в систему сразу на необходимую позицию.

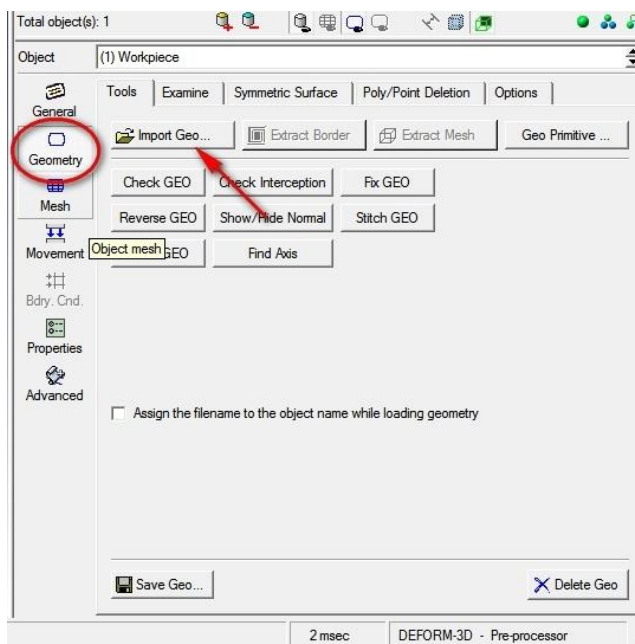


Рисунок 12 – Вкладка Geometry на панели Option Window.

Далее перейдите на вкладку *General*. В поле *Object Type* укажите тип заготовки как *Rigid* (рисунок 13).

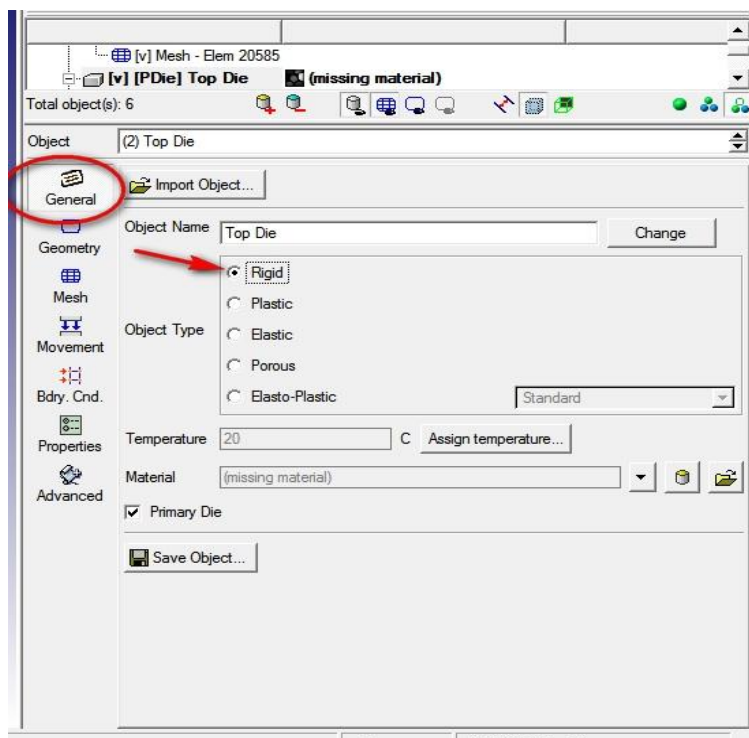


Рисунок 13 – Вкладка General на панели Option Window.

Перейдите на вкладку **Mesh** в поле **Number of Elements** и укажите число конечных элементов 10000. Нажмите кнопку **Generate mesh**. Система построит на объекте сетку конечных элементов (рисунок 14).

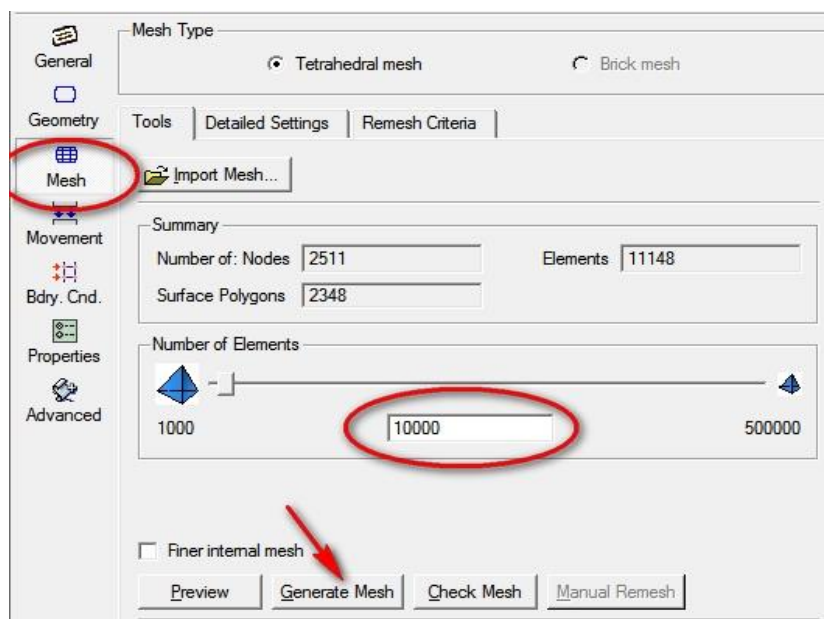


Рисунок 14 – Окно Mesh.

Далее перейдите на вкладку **General**. В поле **Material** нажмите на кнопку **Load from lib** (рисунок 15) и загрузите из библиотеки материалов сплав **A-286**, который находится в категории **Die_Materials** (рисунок 16). Нажмите кнопку **Load**.

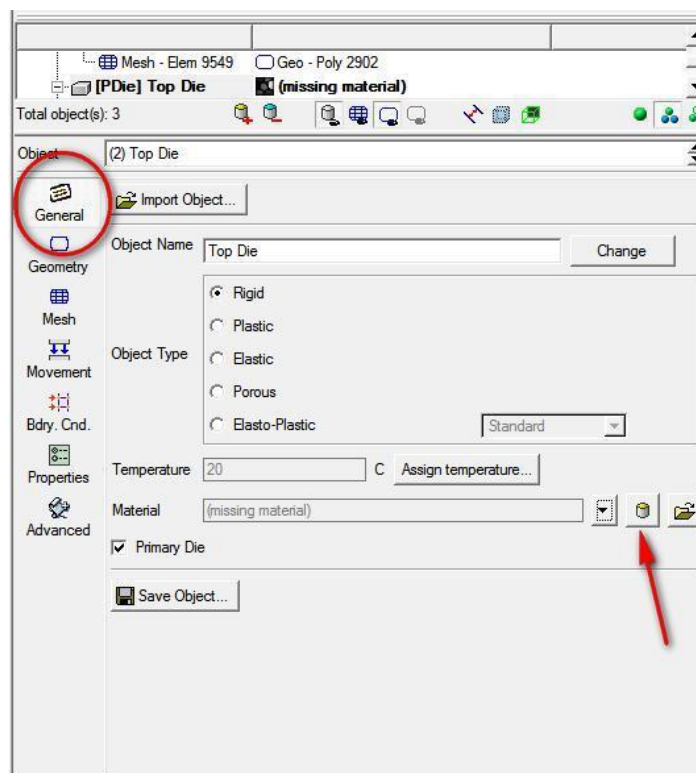


Рисунок 15 – Вызов библиотеки материалов.

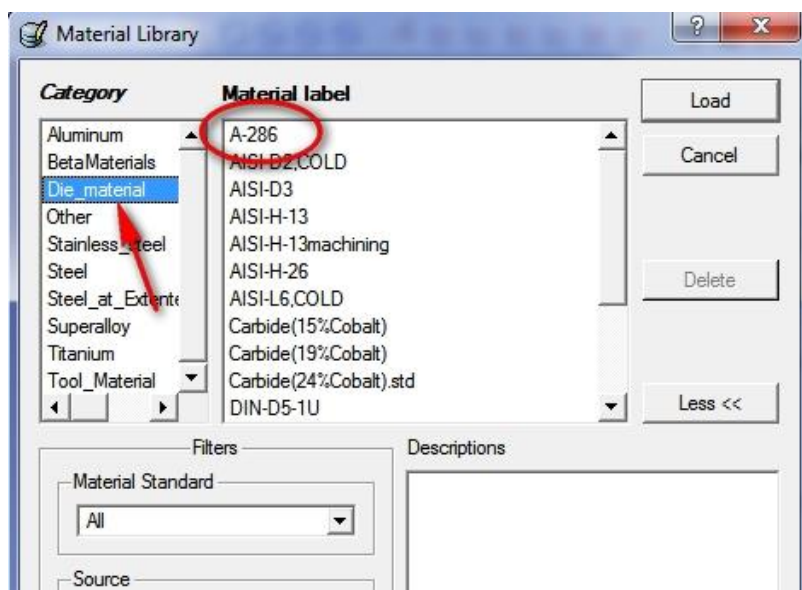


Рисунок 16 – Выбор материала.

Перейдите на вкладку **Movement**. Для установки движения бойка в поле **Type** отметьте **Hammer**. В поле **Direction** укажите направление движения бойка **-Z**. В соответствующие графы вводим **Energy** (Энергия удара) – $80 \cdot 10^6$ мДж; **Blow efficiency** (КПД удара) – 0,80; **Hammer mass** (Масса падающих частей) – 3,15 тонн (рисунок 17).

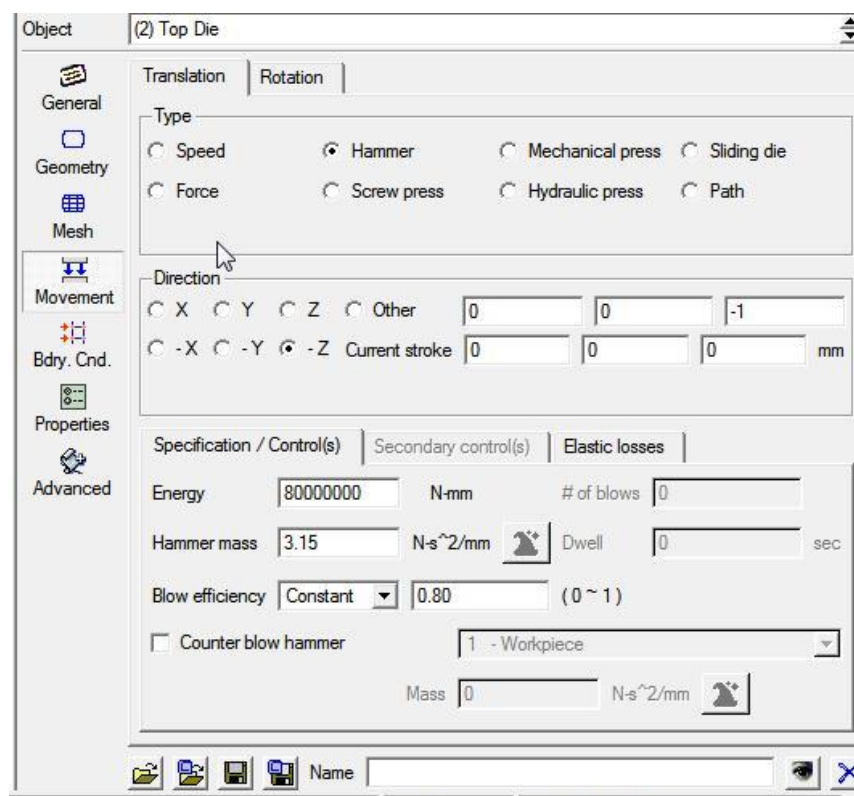


Рисунок 17 – Установка перемещения бойка.

Загрузите в препроцессор модель оправки. Также определите типы модели, как жесткий (Rigid), укажите число конечных элементов 10000, для. Материал для оправки назначьте такой же, как и для бойка (сплав А-286). Порядок действий для этих операций такой же, как при назначении аналогичных операций для пуансона. На рисунке 18 изображено взаимное расположение моделей инструментов и заготовки.

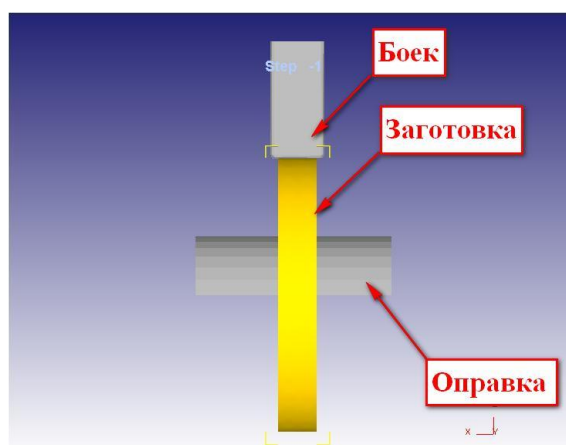


Рисунок 18 – Взаимное расположение моделей инструментов и заготовки.

После загрузки всех объектов необходимо задать параметры взаимосвязи между объектами. Нажмите иконку **Inter-Object**. В появившемся окне пары объектов должны быть определены аналогично рисунку 19. Нажмите кнопку **Edit** в окне **Inter-Object**. В появившемся окне **Inter-Object Data Definition** выберите закладку **Deformation**. Отметьте тип трения по Колумбу (Coulomb). Установите значение коэффициента трения 0,3 (рисунок 20). Затем выберите закладку **Thermal** и установите коэффициент теплопередачи 11 (рисунок 21). Закройте окно **Inter-Object Data Definition**, нажав **Close**.

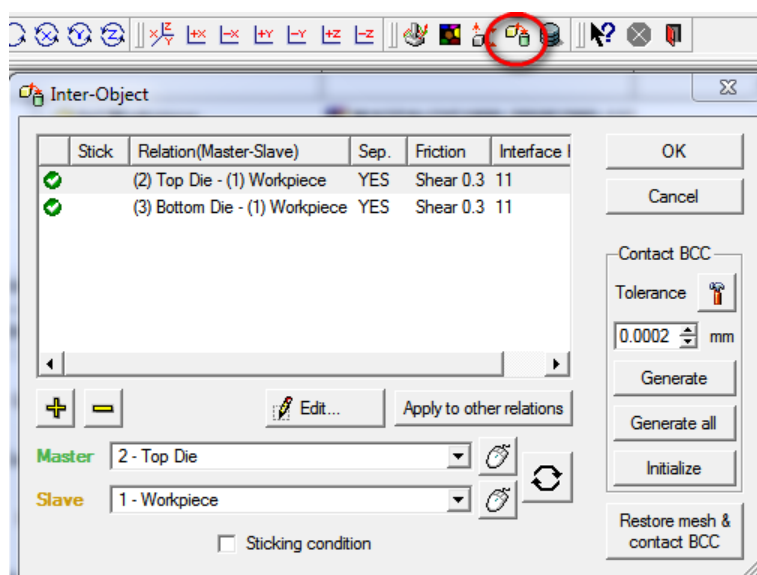


Рисунок 19 – Окно Inter-Object.

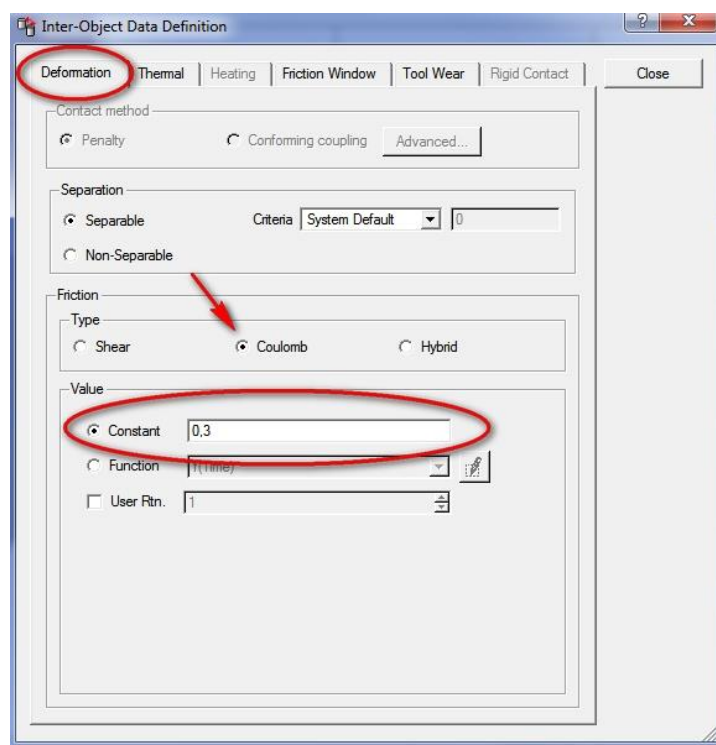


Рисунок 20 – Назначение коэффициента трения.

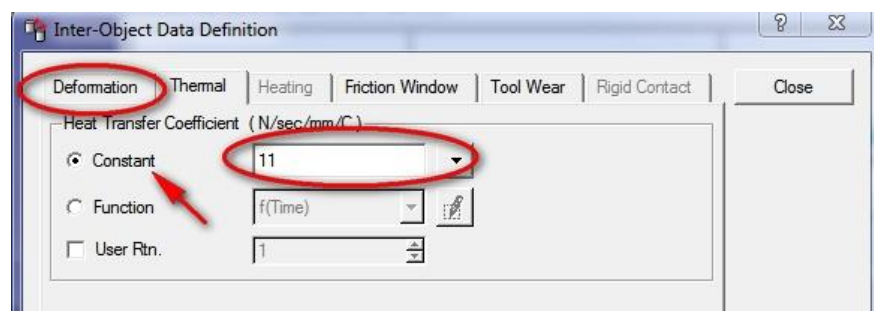



Рисунок 21 – Назначение коэффициента теплопередачи.

В окне *Inter-Object* нажмите *Apply to other relations*. Затем нажмите иконку . После этого нажмите кнопки *Initialize* и *Generate all* (рисунок 22). Нажмите кнопку *OK*.

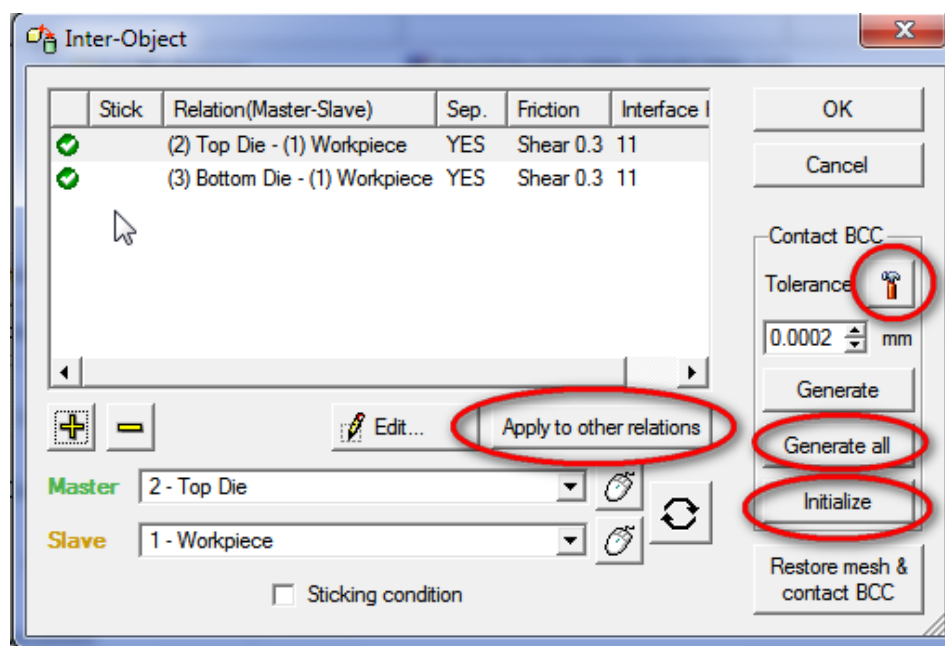



Рисунок 22 – Окно Inter-Object.

На панели инструментов нажмите иконку *Simulation Controls* . В появившемся окне *Simulation Controls* перейдите на закладку *Step*. В поле *Number of Simulation Step* введите количество шагов 1000. Для назначения периода сохранения шагов введите 10 в поле *Step Increment to Save*. В поле *With Die Displacement* введите расстояние перемещения бойка за шаг 1,5 мм (рисунок 23).

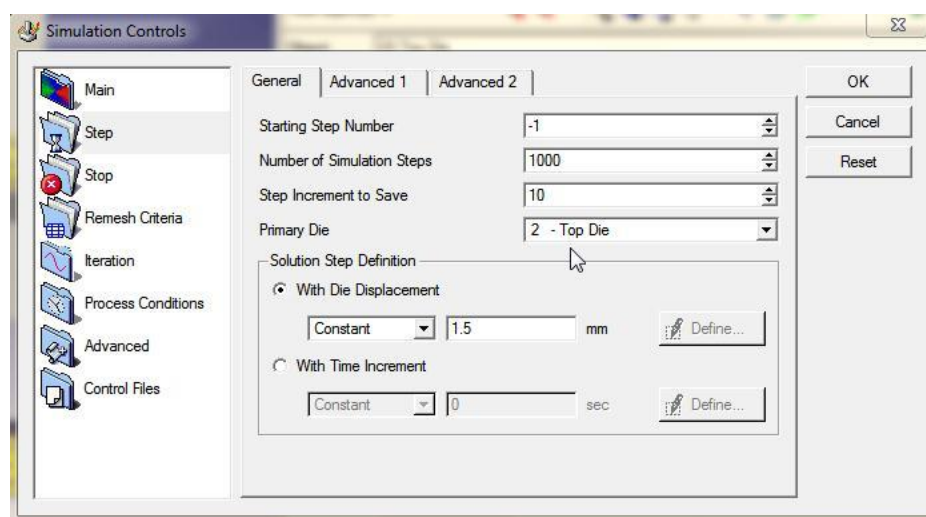


Рисунок 23 – Закладка Step окна Simulation Controls.

Перейдите на закладку **Process Conditions**. В поле **Environment Temperature** установите значение температуры окружающей среды 20°C. В поле **Convection Coefficient** установите значение коэффициента конвекции 0,02. Нажмите **OK** (рисунок 24).

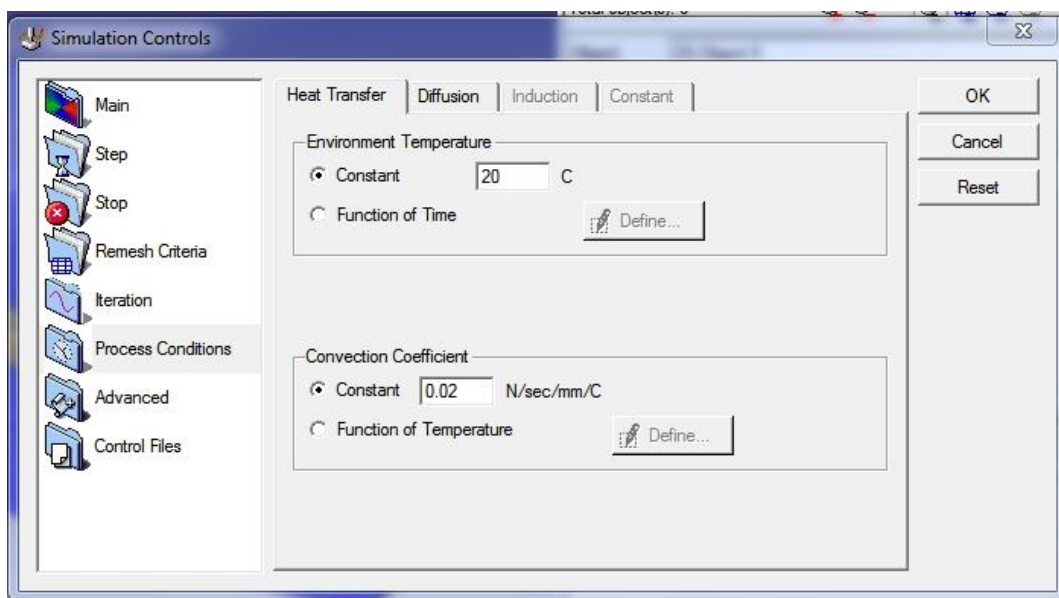



Рисунок 24 – Закладка Process Conditions.

Для генерации базы данных на панели инструментов нажмите иконку **Database generation** . В появившемся окне **Database generation** нажмите кнопку Check. Программа проверит правильность подготовки задачи. Если ошибок нет, нажмите кнопку **Generate**. Программа сгенерирует базу данных. Закройте окно **Database generation**, нажав кнопку **Close** (рисунок 25).

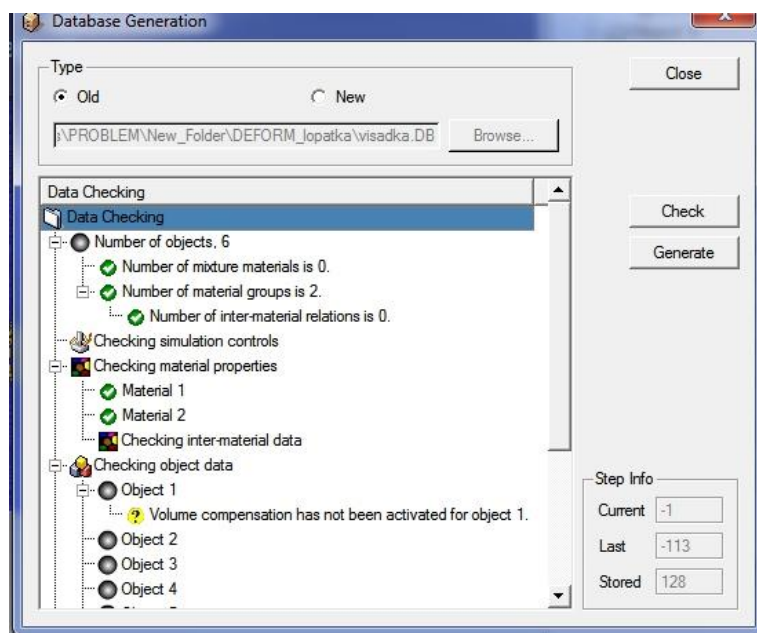



Рисунок 25 – Окно Database generation.

Выйдите из препроцессора, нажав иконку **Quit**  на панели инструментов. Для запуска расчета задачи нажмите иконку **Run** в главном окне программы (рисунок 26).

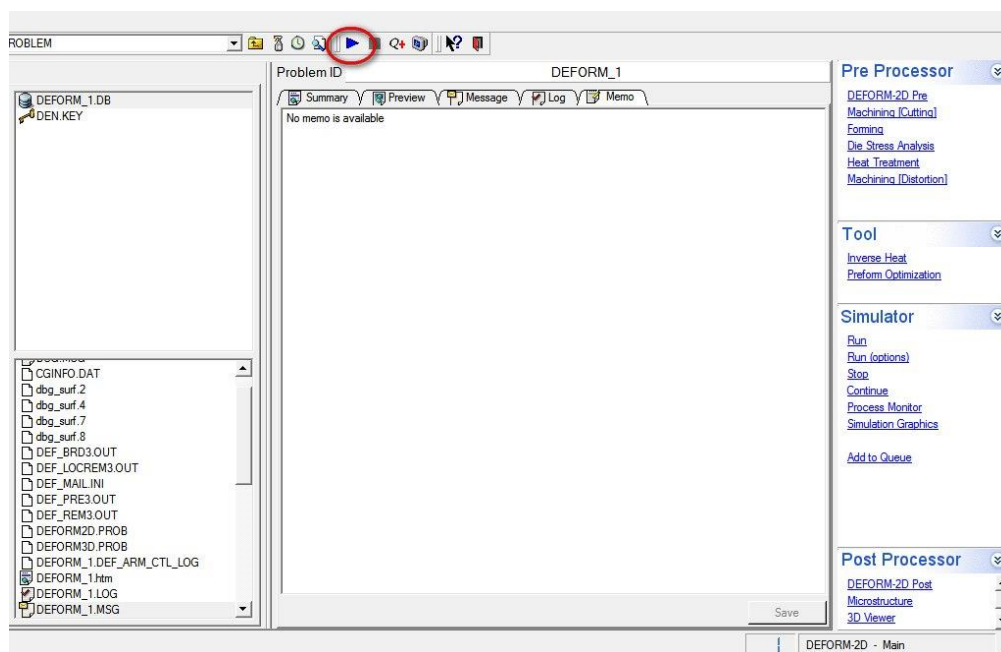


Рисунок 26 – Запуск задачи на расчет.

1.3 Просмотр результатов в постпроцессоре.

После того, как расчет остановится и в закладке **Message** появится сообщение **Hammer energy has been fully consumed** (энергия молота была полностью поглощена), в главном окне программы в поле основных компонентов системы нажмите Deform-3D Post (рисунок 27).



Рисунок 27 – Вызов постпроцессора.

Для просмотра распределения эффективной деформации после первого удара бойка на панели инструментов в поле **State Variable** выберите **Strain – Effective**. (рисунок 28).

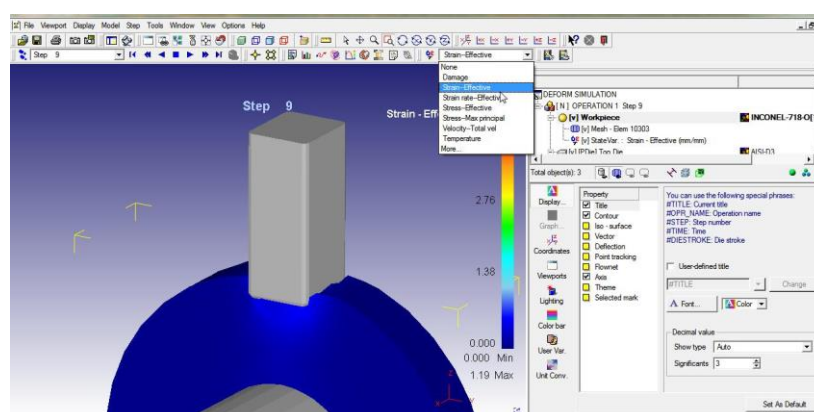


Рисунок 28 – Поле State Variable

1.4 Моделирование второго (и последующих) удара.

Сообщение во вкладке *Message* «**Hammer energy has been fully consumed**» означает, что энергия молота была полностью поглощена и первый удар был совершен. Для назначения второго удара нажмите в главном окне программы Deform-3D Pre и в окне *Select Database Step* выберите последний шаг моделирования (рисунок 29).

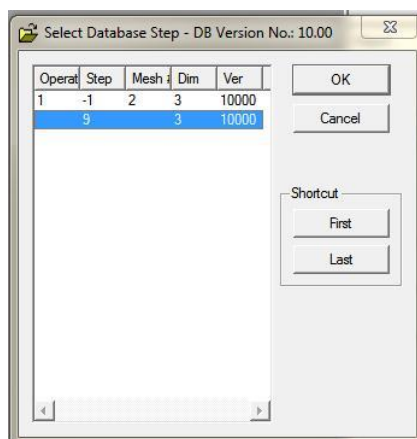



Рисунок 29 – Выбор последнего шага моделирования

Далее необходимо выполнить позиционирование объектов относительно друг друга для второго удара. Нажмите иконку  (*Object positioning*). В появившемся окне перейдите на вкладку *Rotational*. Напротив надписи *Positioning object* выберите *Workpiece*. В поле *Axis* отметьте *X*. В поле *Angle* введите значение угла 25° (рисунок 30). Нажмите кнопку *Apply*. Заготовка повернется вокруг оси *X* на 25° (рисунок 31).

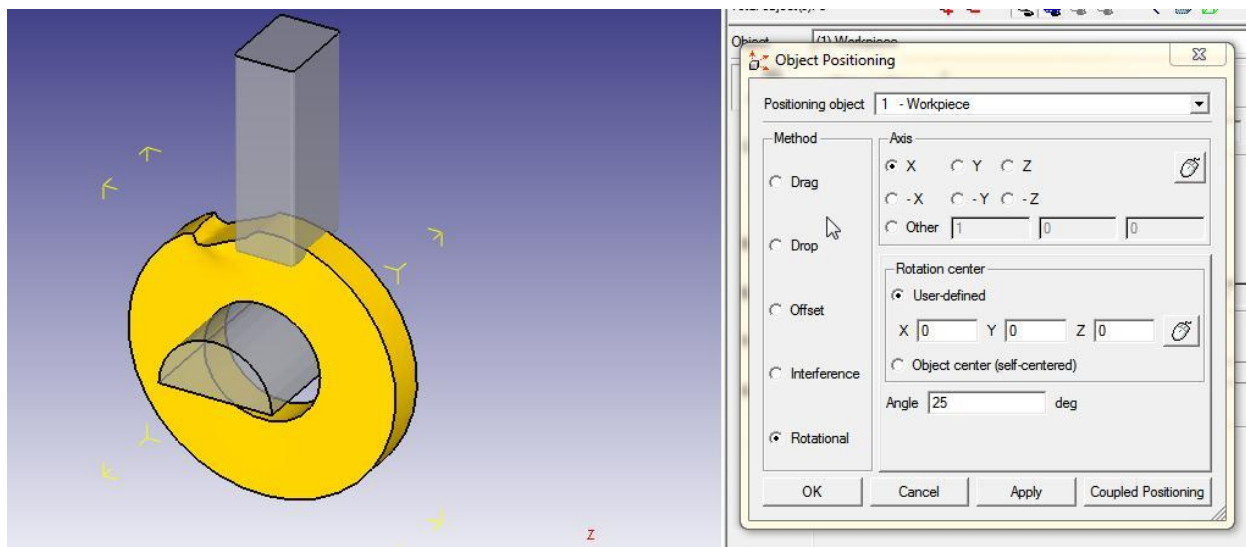


Рисунок 30 – Установки для поворота заготовки вокруг оси X.

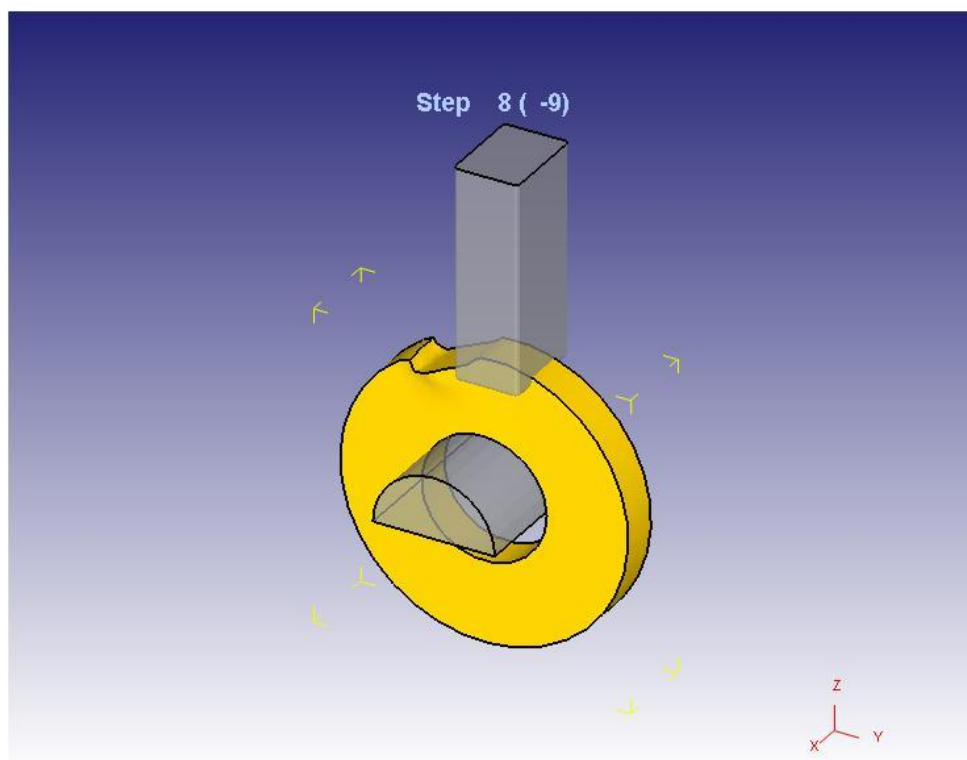


Рисунок 31 – Положение заготовки после операции поворота вокруг оси X

Затем перейдите на вкладку **Interference**. Напротив надписи **Positioning object** выберите **Top Die**, напротив надписи **Reference** выберите **Workpiece**. В поле **Approach direction** отметьте **-Z**. Нажмите кнопку **Apply** (рисунок 32). Боек займет необходимую позицию (рисунок 33).

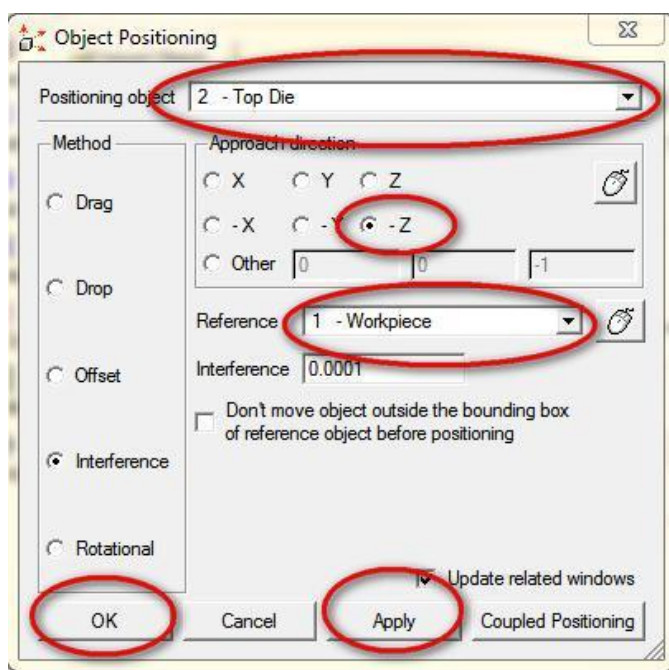


Рисунок 32 - Установки для позиционирования бойка

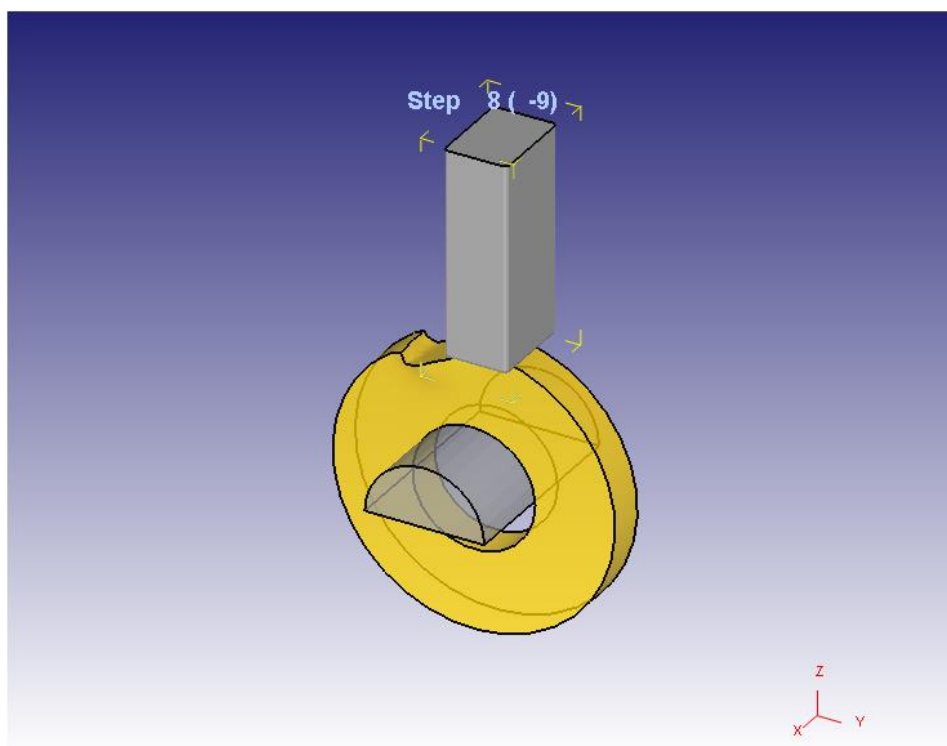



Рисунок 33 - Положение бойка после операции Interference

Затем нажмите кнопку **OK**. Поочередно появятся два окна предупреждающих о необходимости заново задать параметры взаимодействия объектов. Нажмите в первом окне **Yes**, во втором **OK**. Нажмите иконку **Inter-Object**. В окне **Inter-Object** нажмите иконку . После этого нажмите кнопки **Initialize** и **Generate all** (рисунок 34). Нажмите кнопку **OK**.

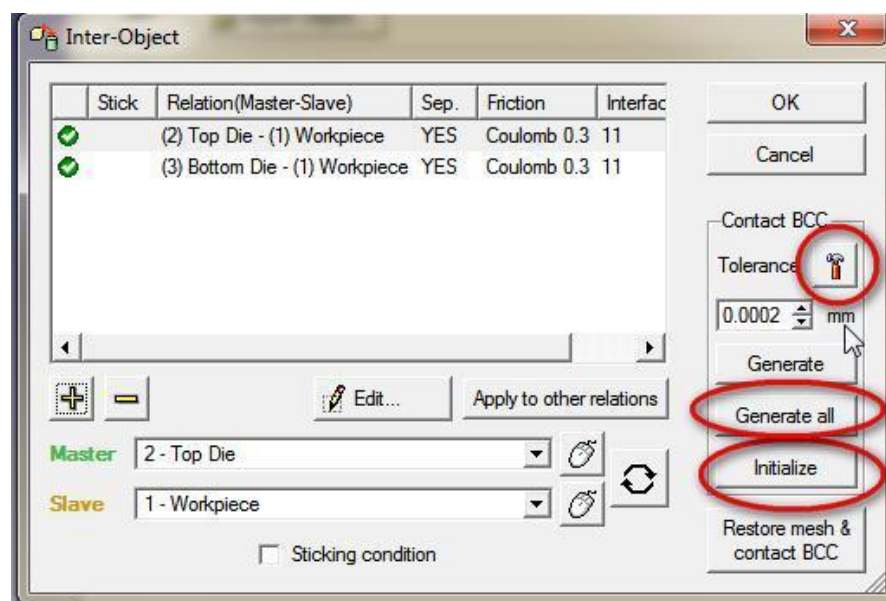


Рисунок 34 – Окно Inter-Object

Далее необходимо заново задать энергию удара. Для этого перейдите на вкладку **Movement**. В графу **Energy** введите $-80 \cdot 10^6$ мДж (рисунок 35).

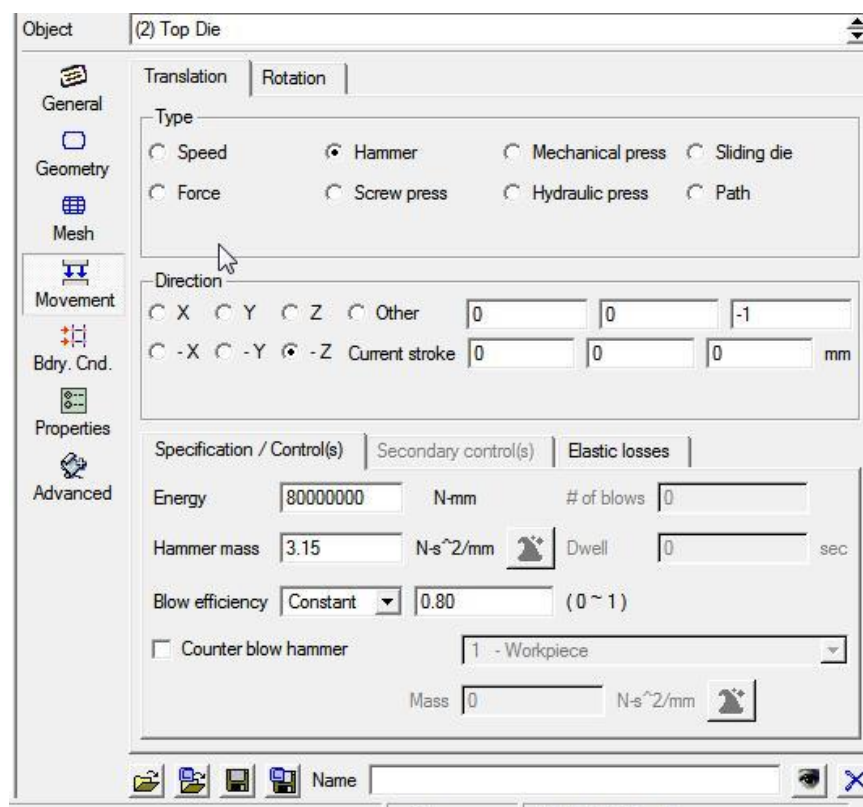


Рисунок 35 – Установка энергии удара.

Далее сгенерируйте базу данных и запустите задачу на расчет. Для этого сделайте те же действия, что и для генерации базы данных и запуска расчета для первого удара. После моделирования второго удара повторите все действия для моделирования третьего и последующих ударов. Поворачивая на каждом шаге заготовку на необходимый угол, под боек подается новый участок заготовки. В итоге заготовка сделает полный оборот на 360° . В результате деформации заготовки в процессе моделирования может возникнуть необходимость изменения позиции бойка и заготовки. Используйте при этом инструменты меню **Object positioning**. Для перемещения объектов вдоль осей используйте инструмент **Drag**. Для вращения вокруг осей – инструмент **Rotational**. Также необходимо всегда обращать внимание на температуру заготовки и вводить значение 800°C , если температура заготовки ниже этого значения.

Если после моделирования требуется еще увеличить наружный диаметр и уменьшить толщину стенки заготовки, повторите все действие для повторного обжатия.

1.5 Результаты моделирования раскатки на молоте

На рисунках 36-40 показаны распределение интенсивной деформации на разных шагах моделирования.

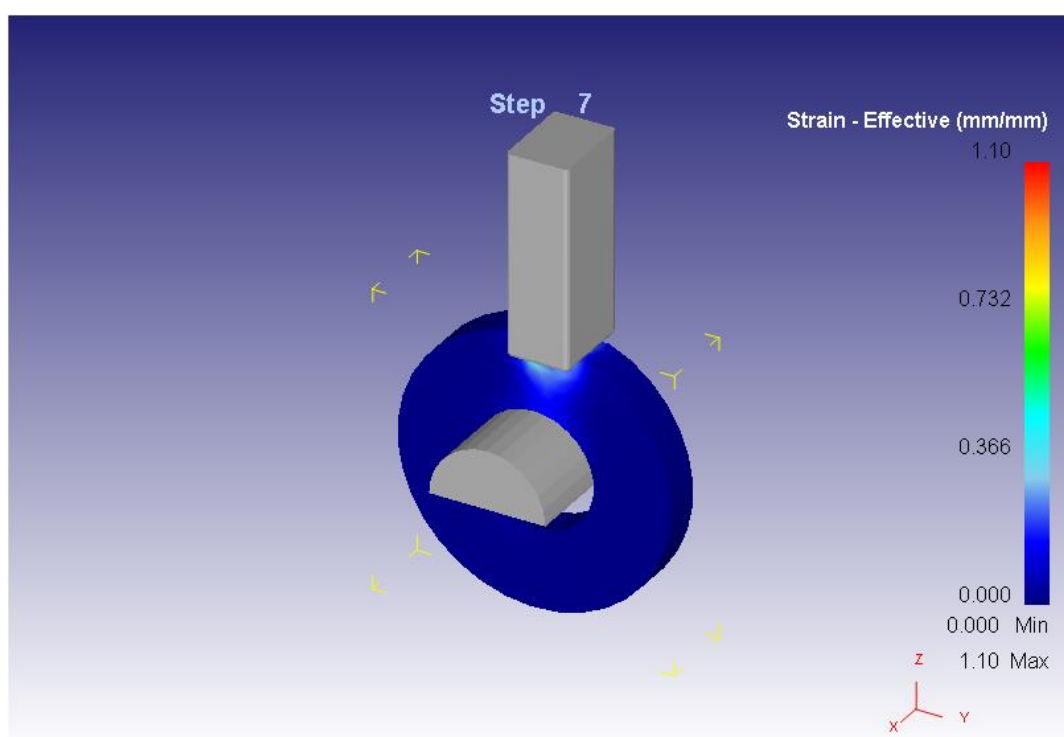


Рисунок 36 – 7 шаг моделирования

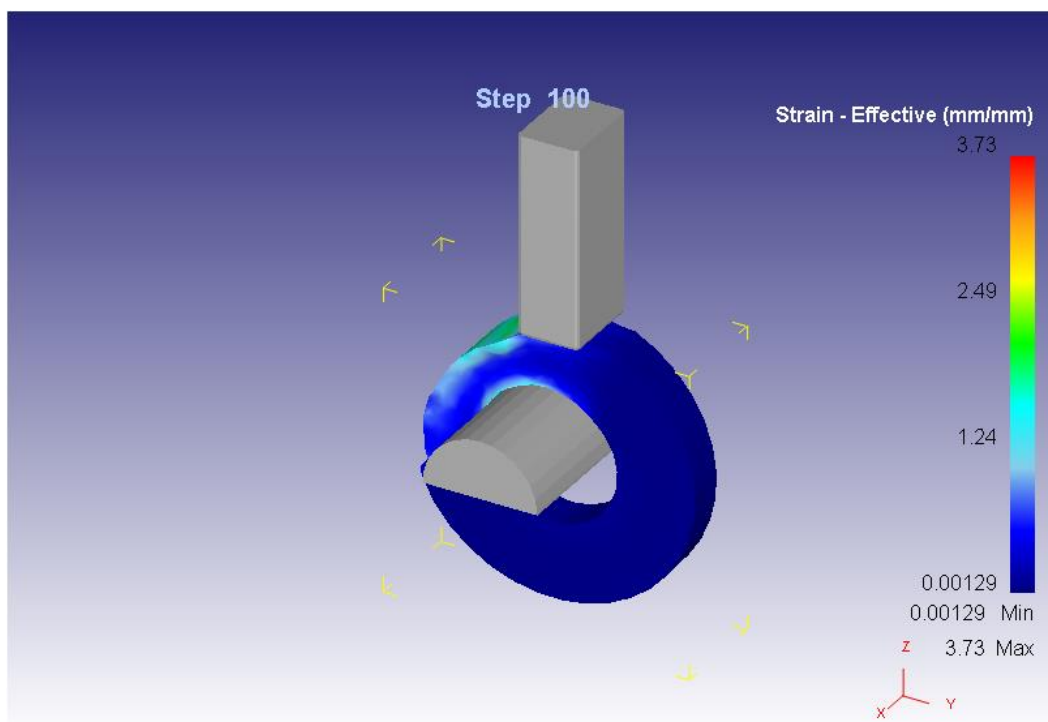


Рисунок 37 – 100 шаг моделирования

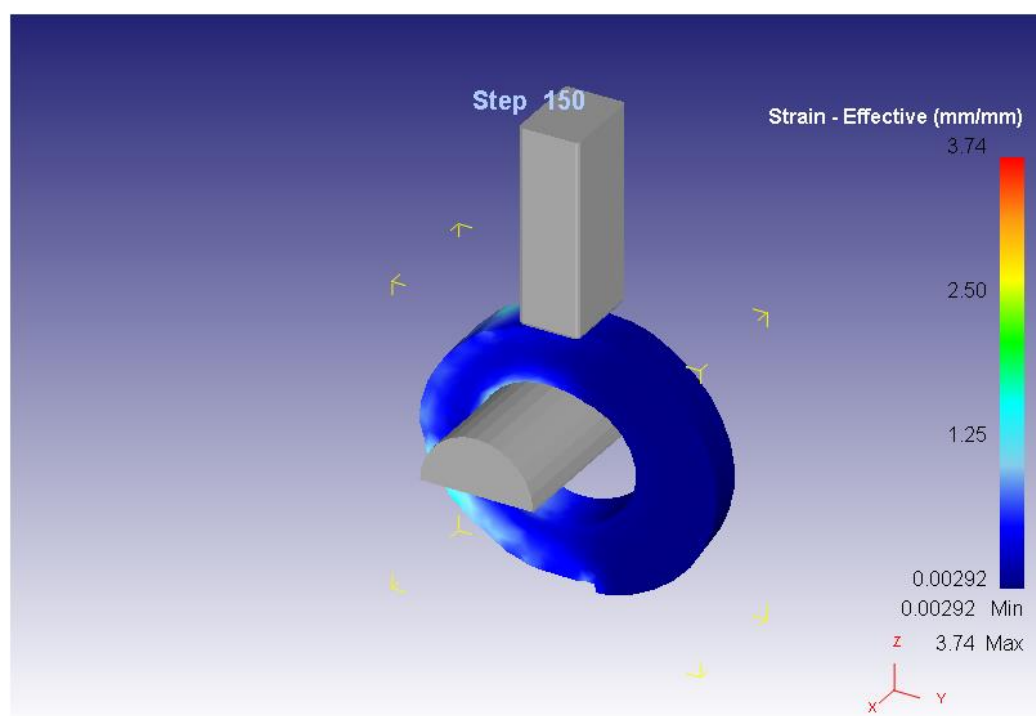


Рисунок 38 – 150 шаг моделирования

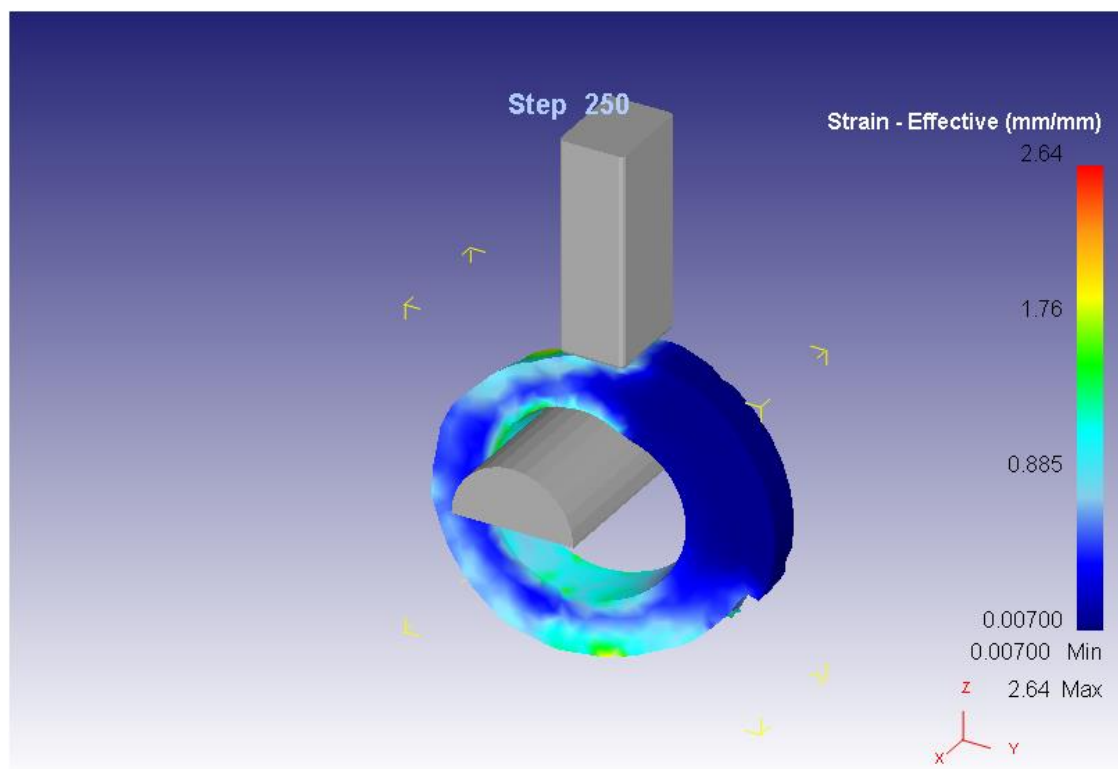


Рисунок 39 – 250 шаг моделирования

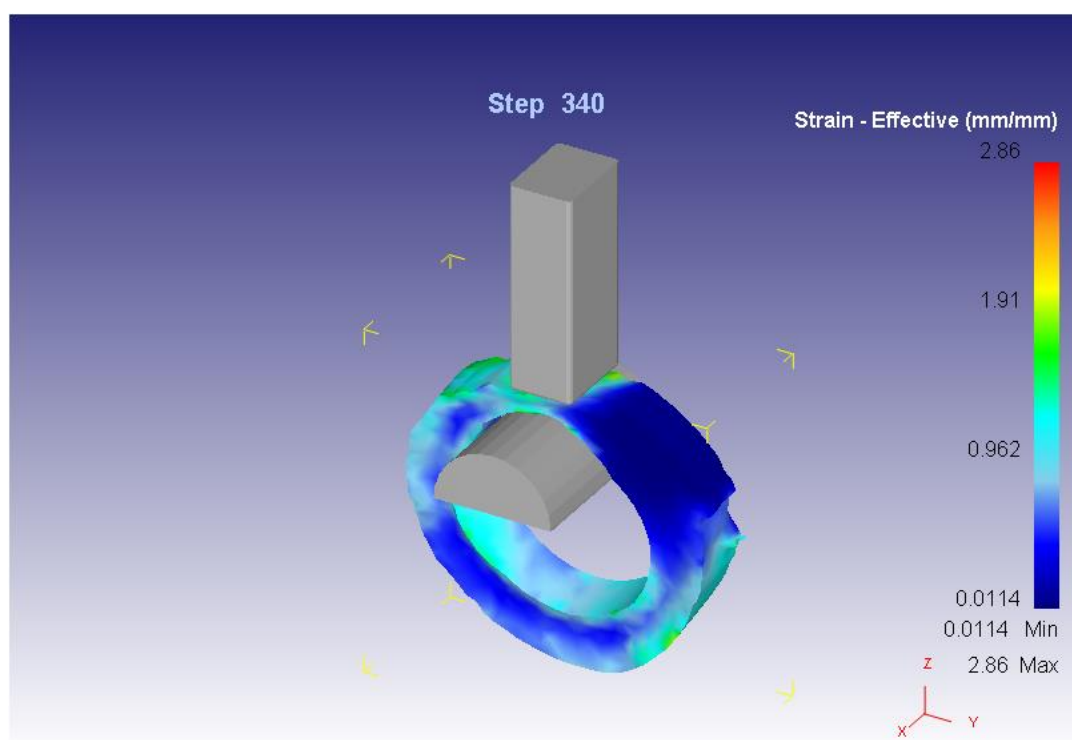


Рисунок 40– 340 шаг моделирования

На рисунках 41-44 показаны распределение напряжений на разных шагах моделирования.

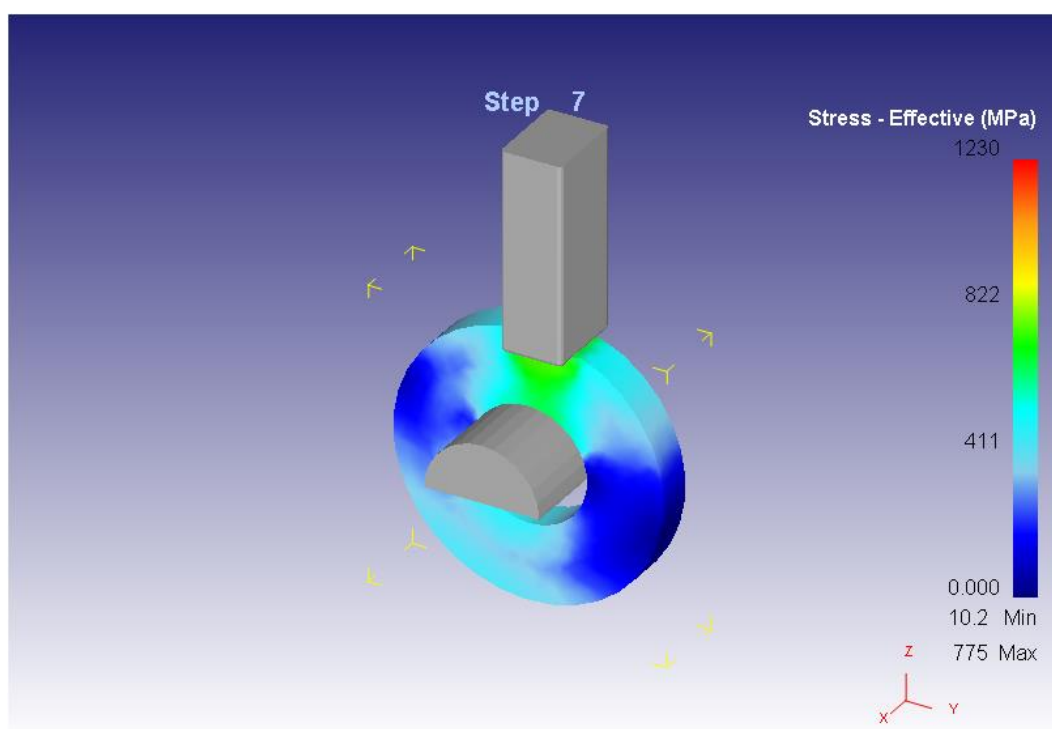


Рисунок 41 – 7 шаг моделирования

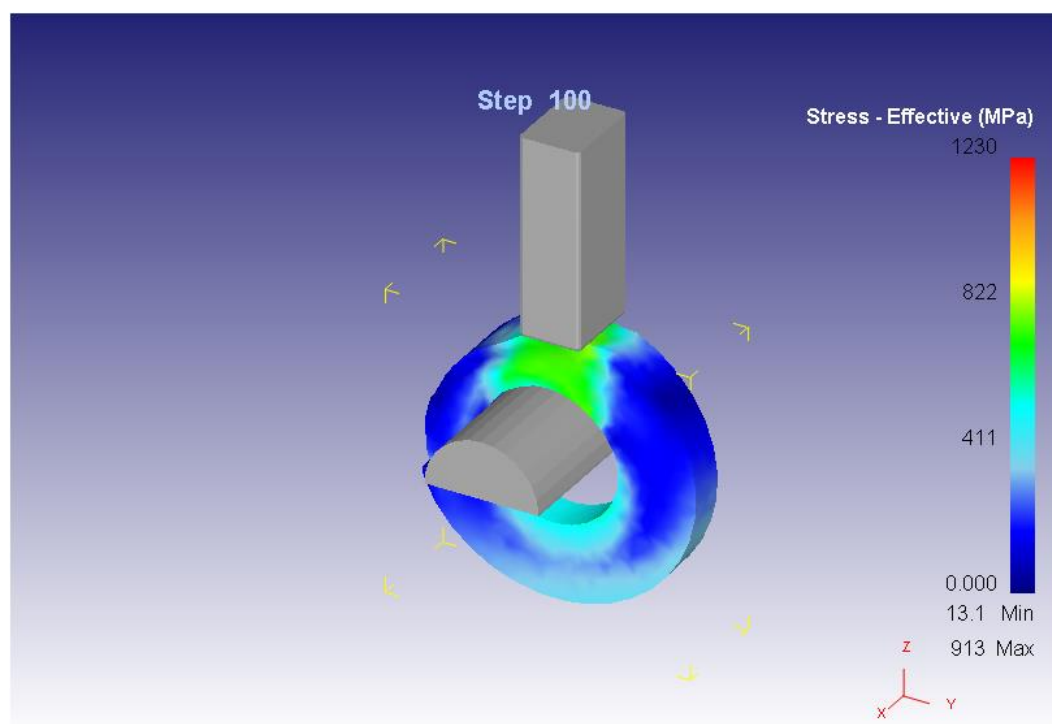


Рисунок 42 – 100 шаг моделирования

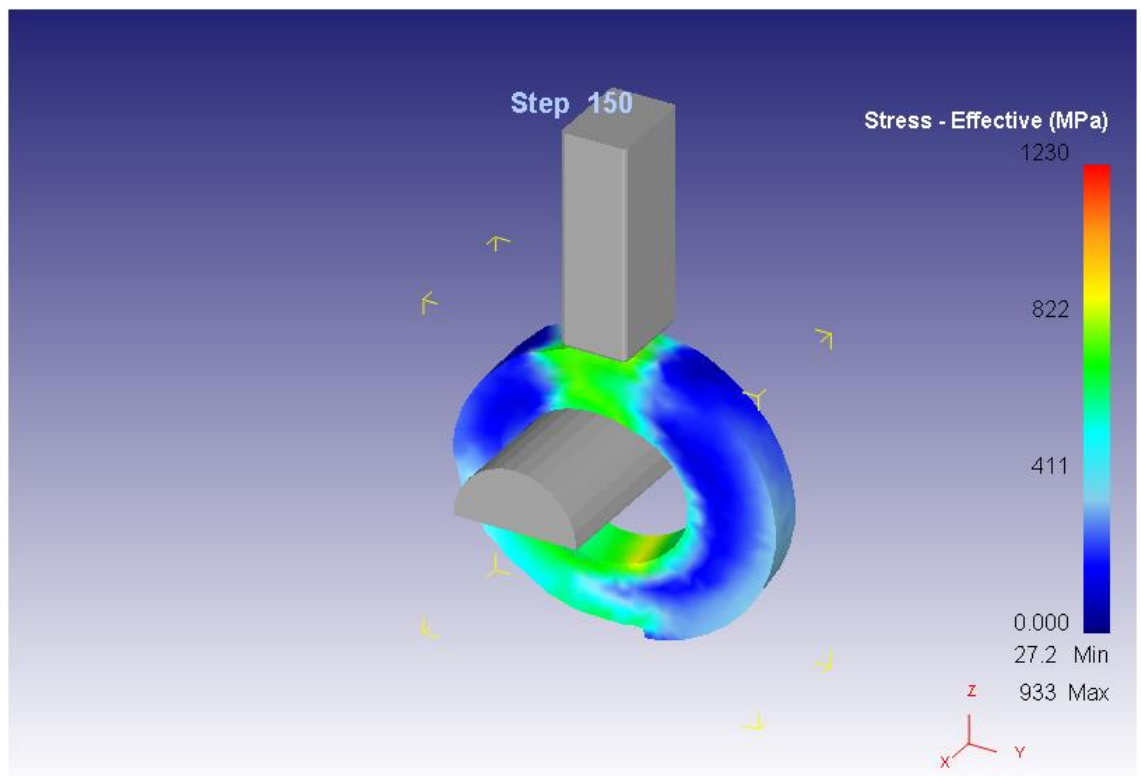


Рисунок 43 – 150 шаг моделирования

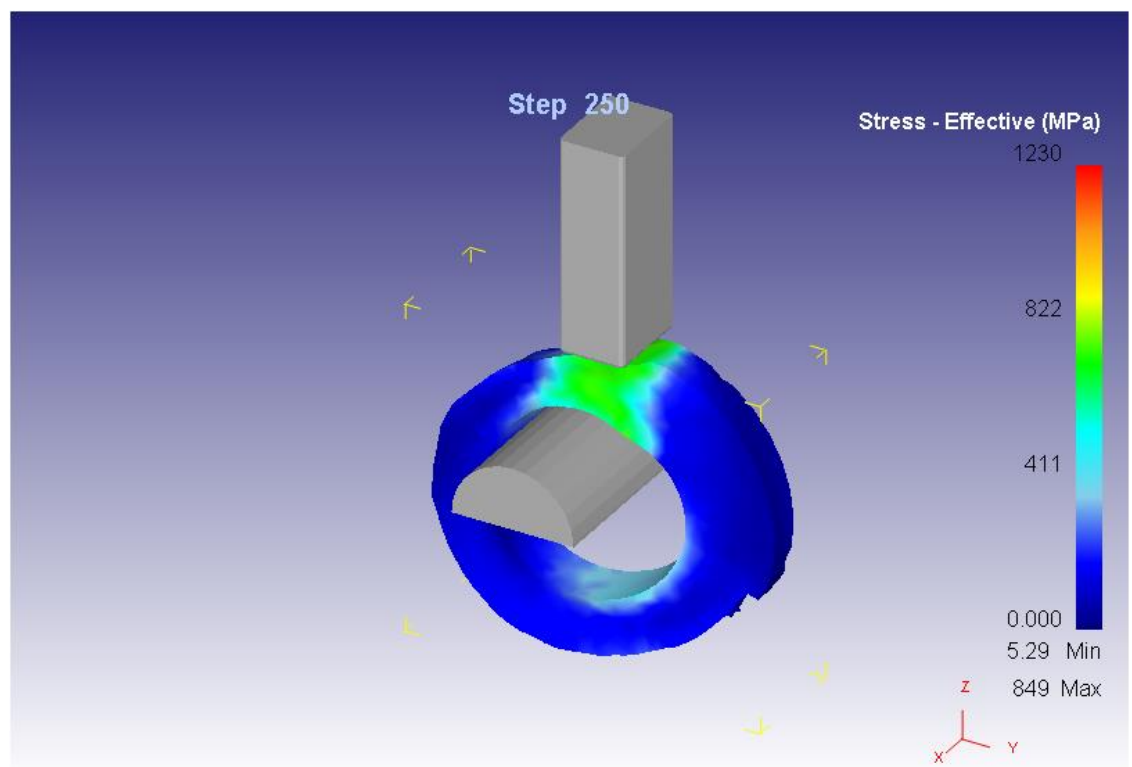


Рисунок 44 – 250 шаг моделирования