

Применение отечественного ПО для разработки и оптимизации технологий литья и ОМД

Кучин Павел Сергеевич

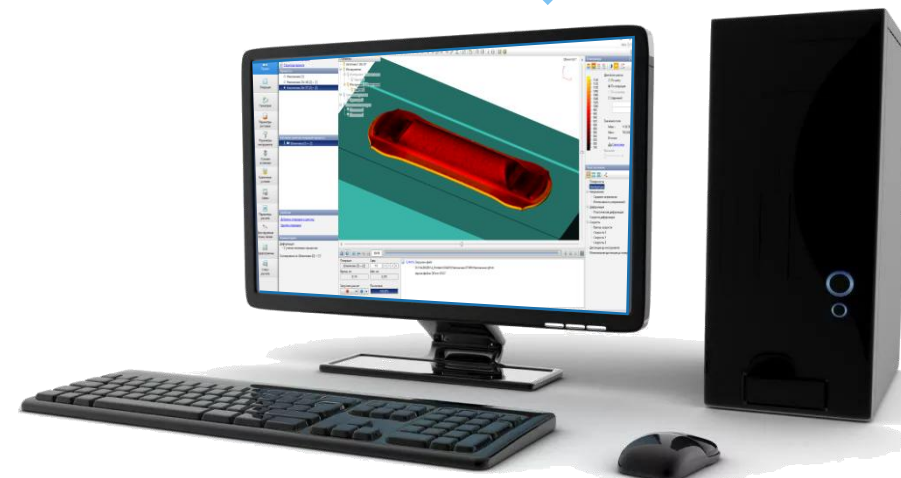
Руководитель отдела технической поддержки

Зачем нужно моделирование?

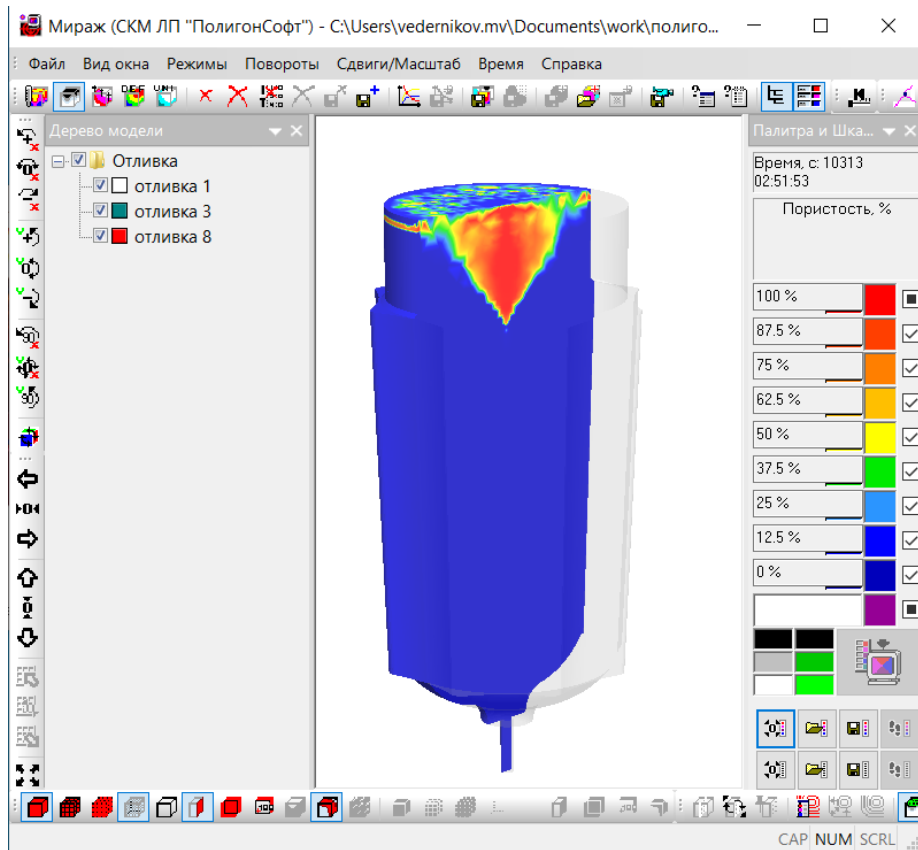
Перенести эксперименты **из цеха на компьютер.**

За счет этого можно:

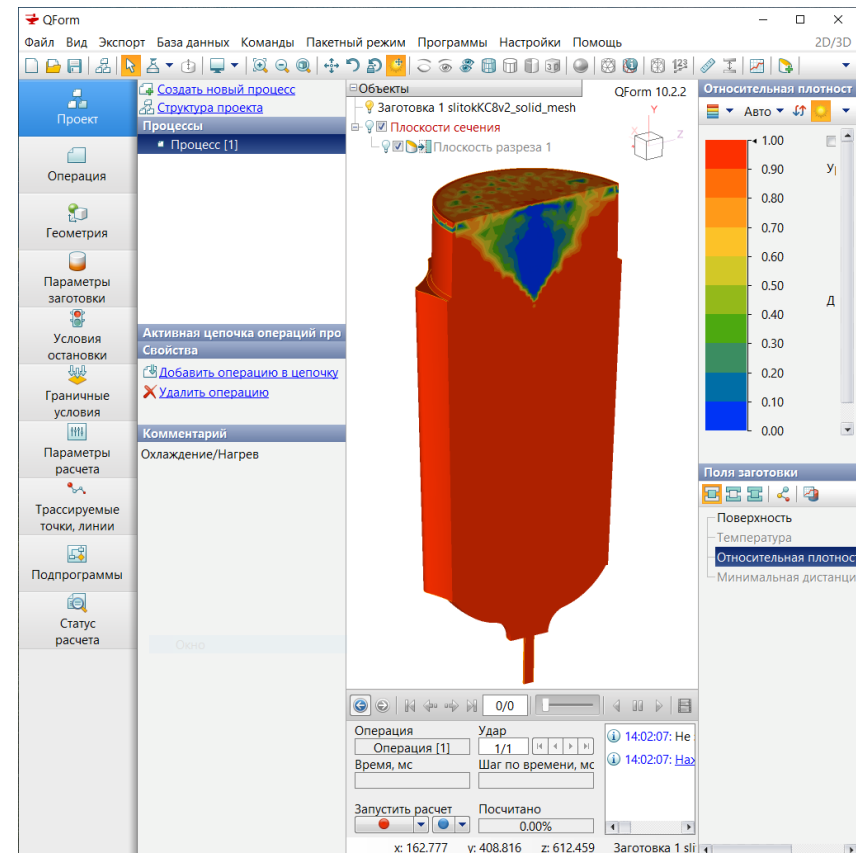
- ✓ выявление дефектов в заготовке на стадии разработки технологического процесса;
- ✓ лучшее понимание процесса и причин образования дефектов;
- ✓ оптимизация существующей технологии;
- ✓ снизить расхода металла;
- ✓ увеличить стойкость оснастки;
- ✓ оптимизировать загрузку оборудования;
- ✓ сократить время запуска новой технологии;
- ✓ улучшить эксплуатационные качества изделий.



Отечественное технологическое ПО

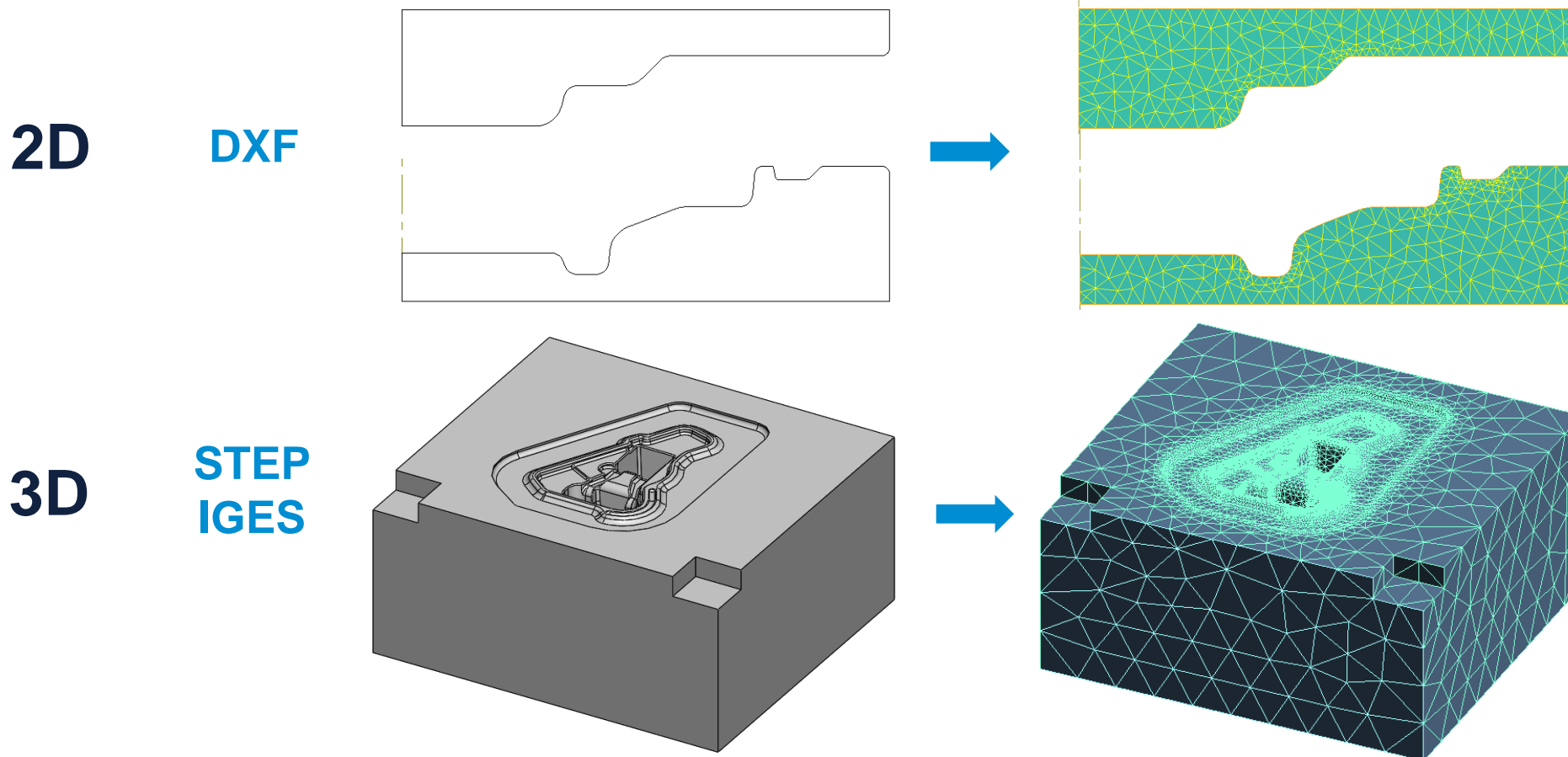


Реестровая запись 3378 от 03.05.2017

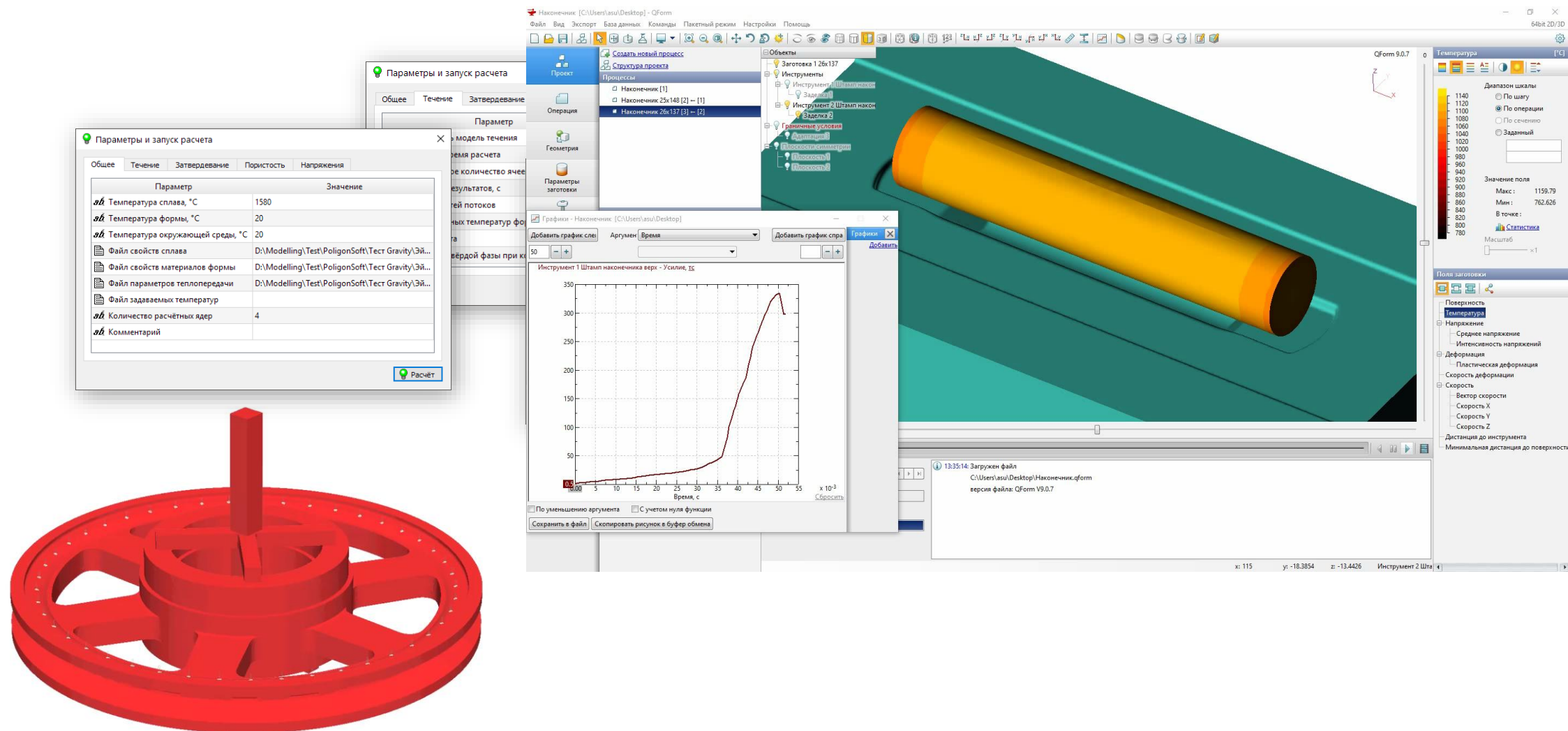


Реестровая запись №438 от 18.04.2016

Геометрия из любой CAD системы



Единая среда подготовки расчета

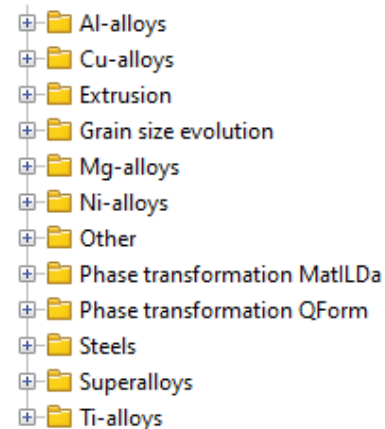


Базы данных

- Готовые библиотеки данных
- Литейные сплавы
 - Стали
 - Чугунные
 - Алюминиевые
 - Магниевые
 - Медные
 - Никелевые
 - Титановые
 - Драгоценные металлы
- Материалы формы
 - Пески
 - Стали
 - Керамики
 - Огнеупоры
 - Теплоизоляция
 - Экзотермики
- Стопорные ковши (профили скорости)

Встроенные базы данных:

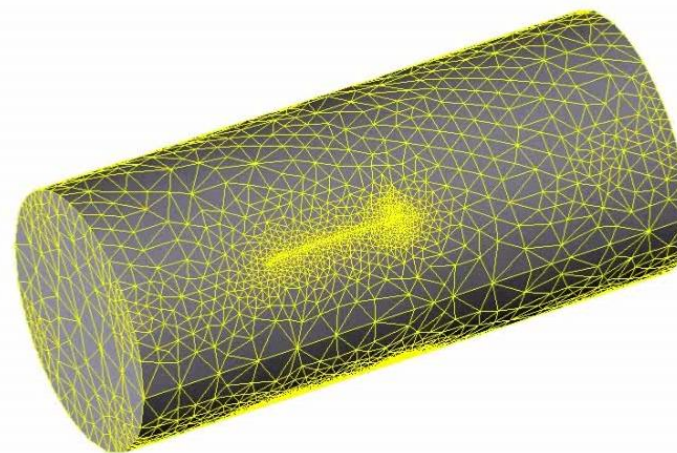
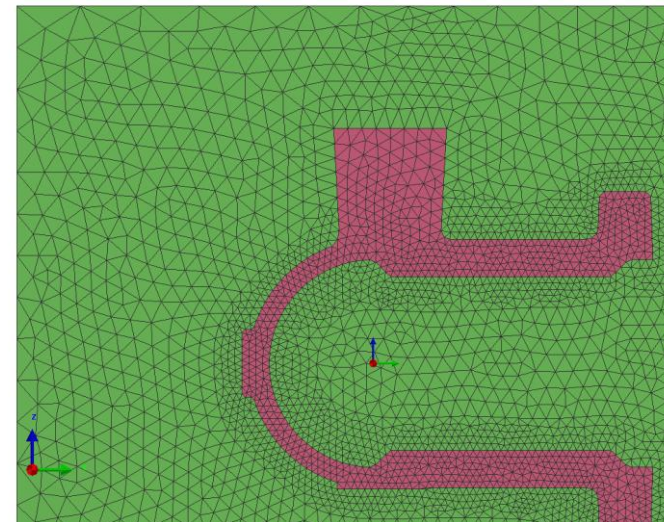
- ✓ Деформируемых материалов и инструмента (ГОСТ и другие стандарты);
- ✓ Оборудования;
- ✓ Смазок и т.д.



Метод конечных элементов

Преимущества МКЭ:

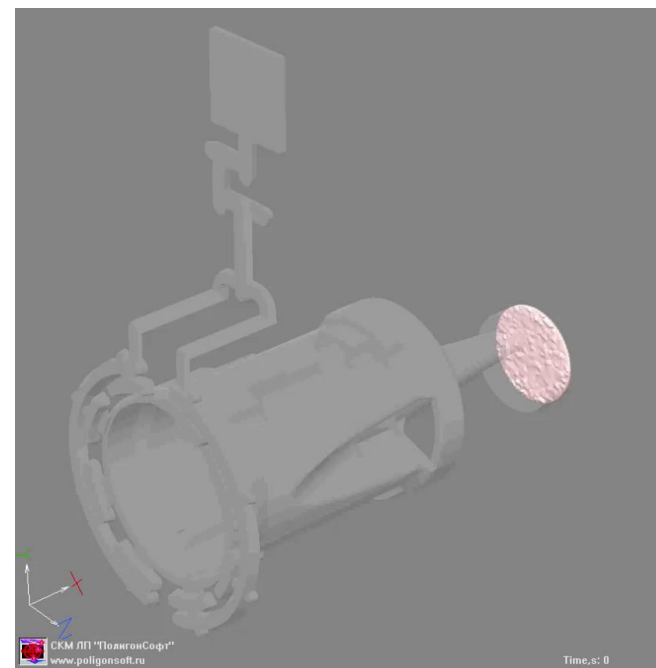
1. Точное описание геометрии и заготовка-форма.
2. Возможность изменять размер ячеек сетки, в зависимости от сложности геометрии и расчетных возможностей расчетного ПК.
3. Более полное и точное решение задачи напряженно-деформированного состояния.
4. Возможность расчета коробления отливки в реальном времени.
5. Возможность выгрузки расчетной сетки и результатов расчета для последующего анализа в инженерных CAE программах.



СКМ ЛП «ПолигонСофт»

Моделируемые технологии

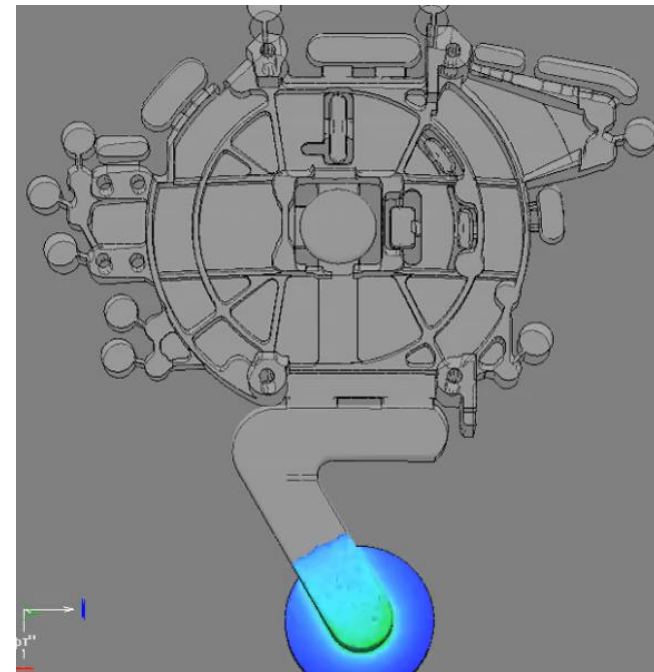
- В песчаные формы с любым связующим и без него
- В кокиль (нагреваемый и охлаждаемый)
- Литье по выплавляемым моделям
- Литье в вакууме (в том числе направленная кристаллизация)
- Литье под высоким давлением
- Литье под низким давлением
- Непрерывное литье
- Жидкая штамповка
- Центробежное литье
- Термическая обработка*
- Моделирование структуры зерна



Заполнение формы
при литье под давлением

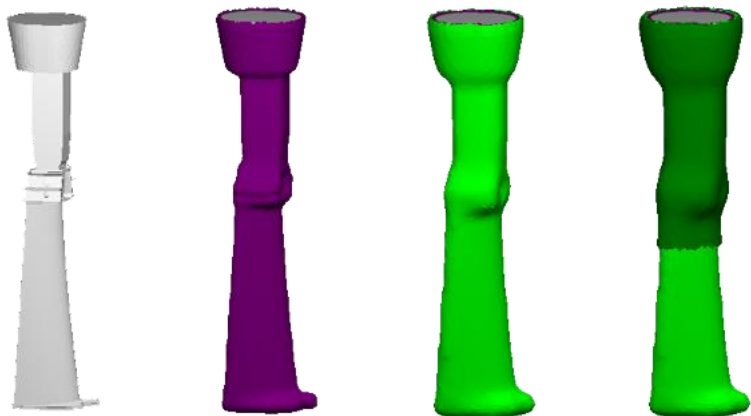
Результаты моделирования

- Дефекты, связанные с заполнением
- Усадочные раковины
- Макро- и микропористость
- Остаточные напряжения
- Деформации и коробление
- Трещины (горячие и холодные)
- Пригар
- Размыв формы
- Зеренная структура
- Твердость и прочность серых чугунов

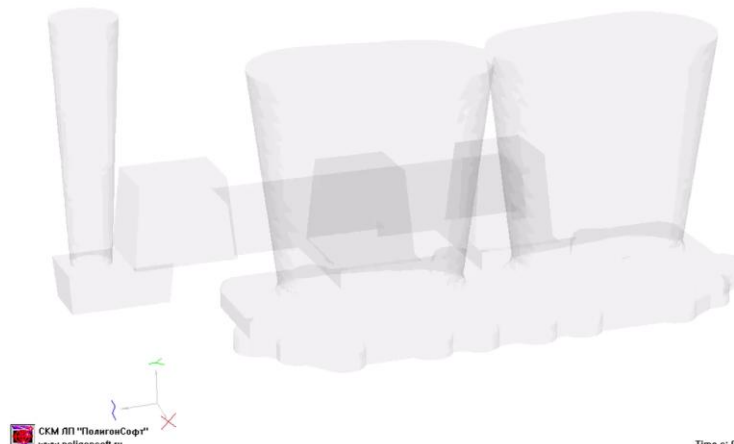


Заполнение формы
при литье под давлением

Дополнительные технологические инструменты



Автоматическое создание керамических форм и слоев теплоизоляции



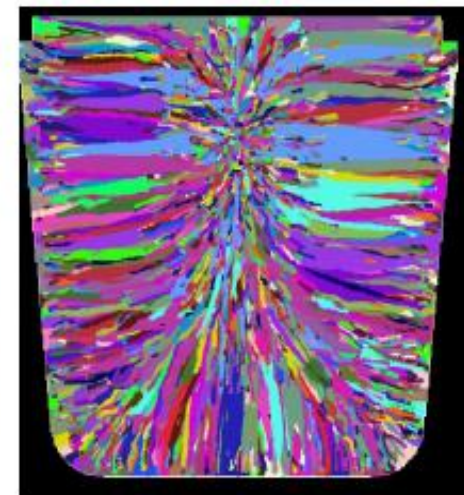
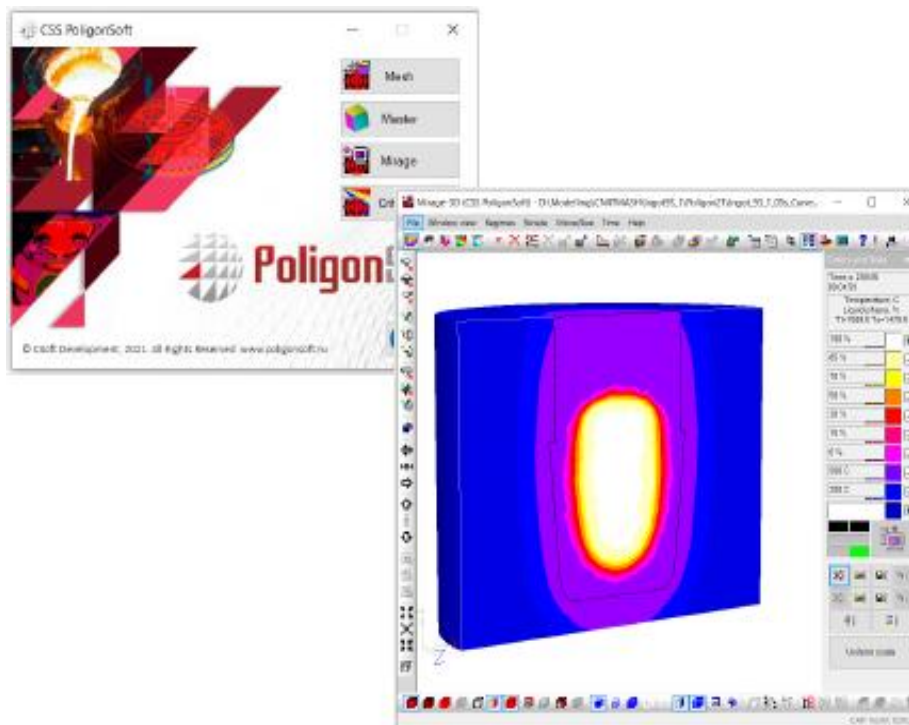
Заливка отливки с интервалом и/или с доливкой, в т.ч. несколько точек заливки



Слив и наполнение стопорного ковша

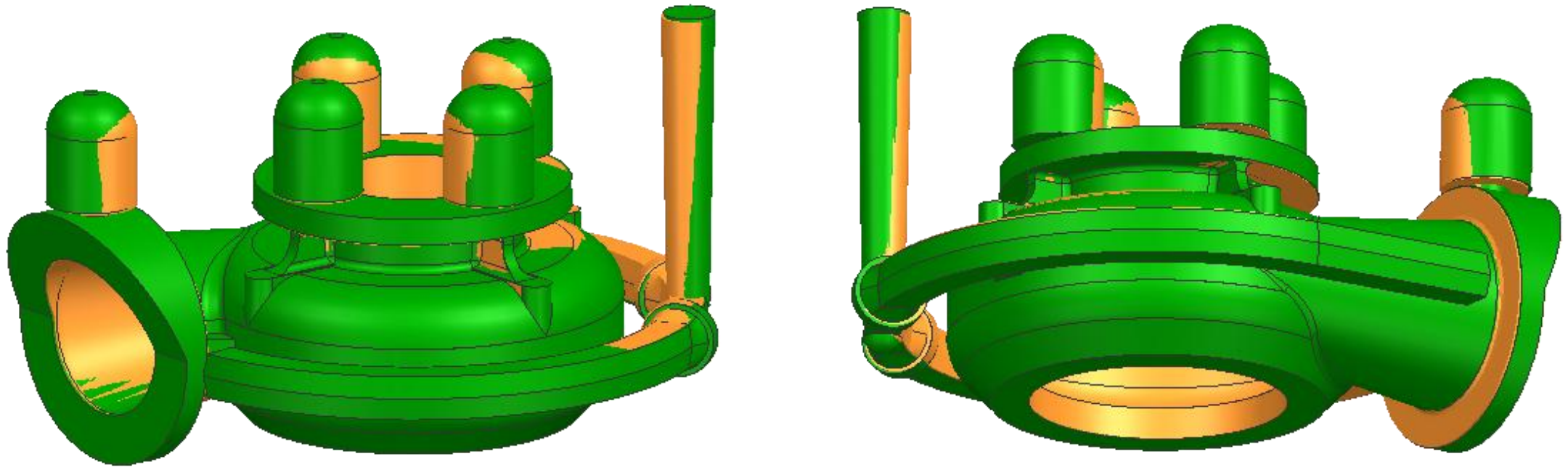
Моделирование зерна отливок. Модуль «Структура 2D»

- **Основные возможности:**
- - Прогнозирование как столбчатой, так и равноосной структуры зерен;
- - Прогнозирование перехода от столбчатого к равноосному зерну;
- - Конкурентный рост зерна в столбчатой зоне;
- - Прогнозирование паразитных кристаллов в монокристаллических деталях.



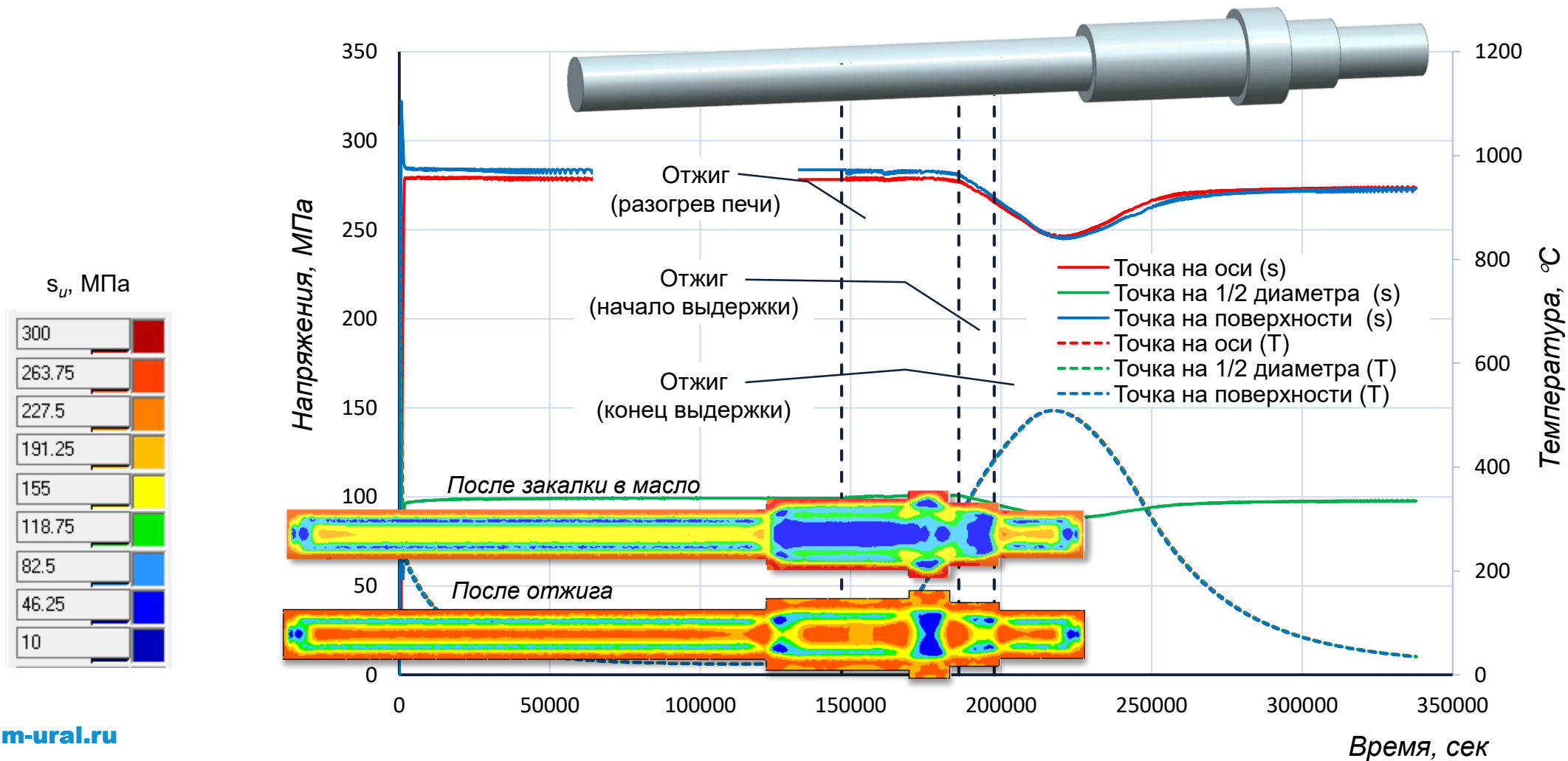
Примечание: Расчет структуры зерна выполняется после теплового расчета с использованием ПолигонСофт.

Импорт деформированной STL-модели в CAD



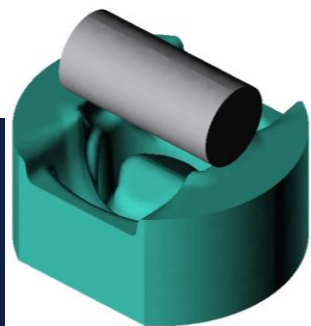
Позволяет оценить достаточность размера припуска на механическую обработку для получения конечной детали, соответствующей КД по размерам и допускам

Моделирование термообработки вала

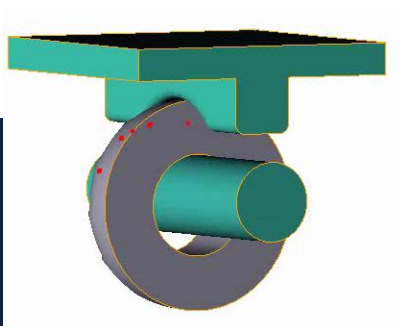


QFORM

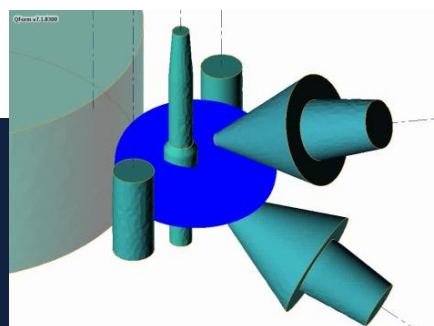
Моделируемые процессы



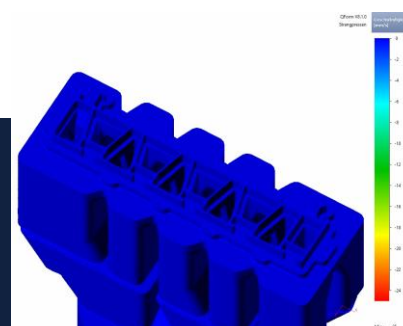
Объемная штамповка



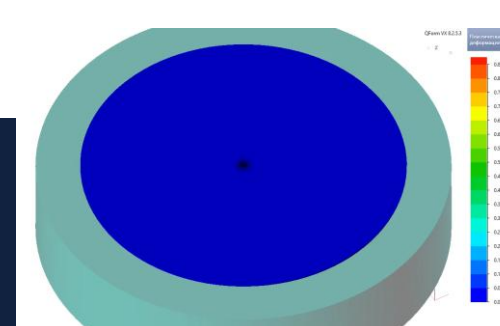
Ковка



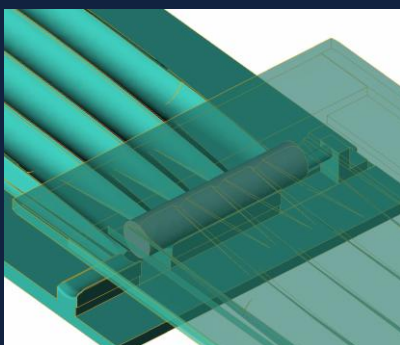
Раскатка колец



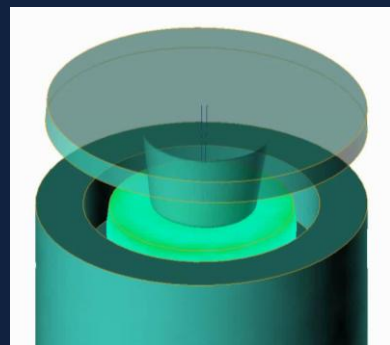
Прессование



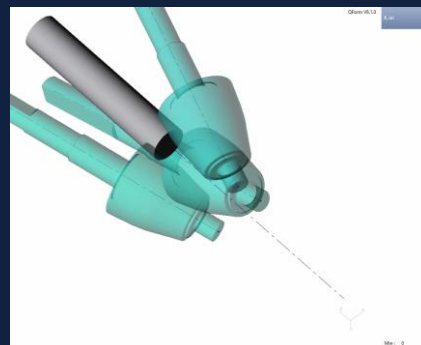
Листовая штамповка



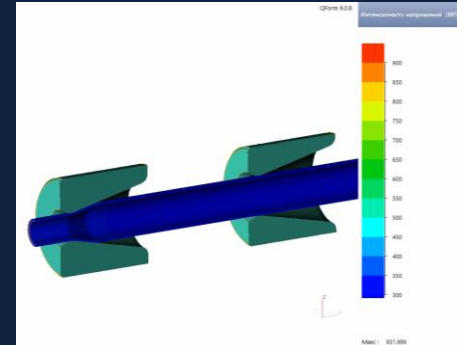
Поперечно-клиновья
прокатка



Орбитальная
штамповка



Поперечно-винтовая
прокатка



Волочение

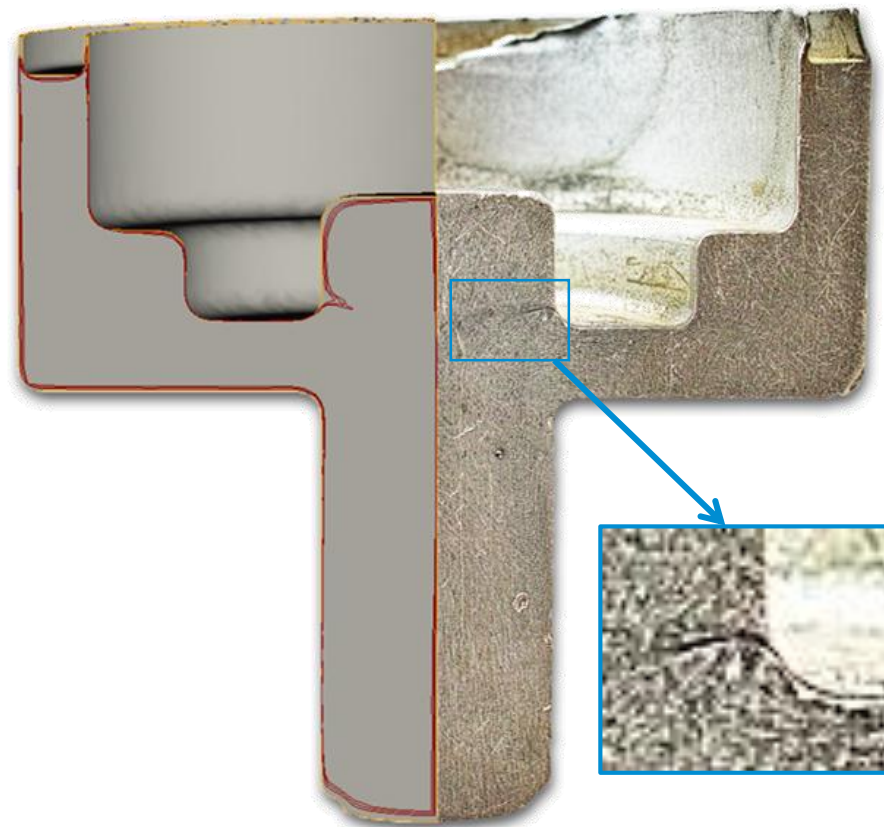


Термообработка
и прогнозирование
микроструктуры

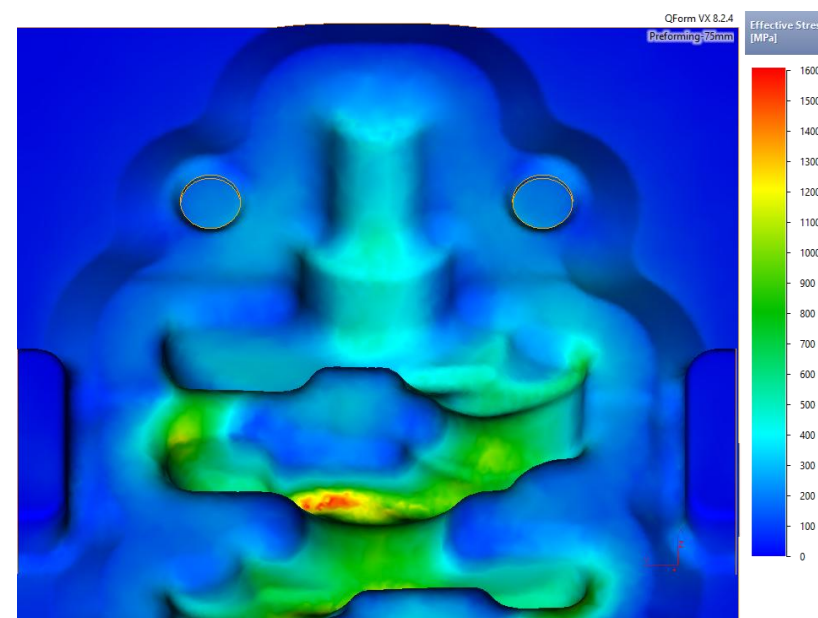
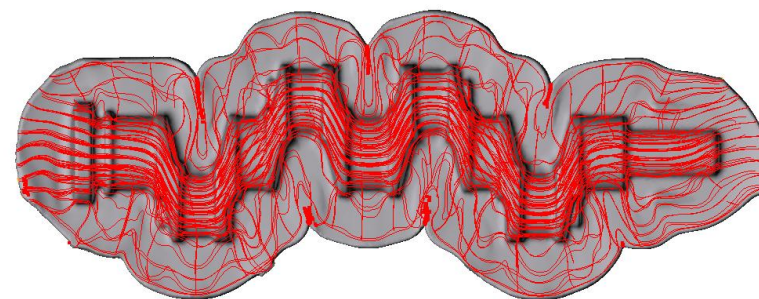
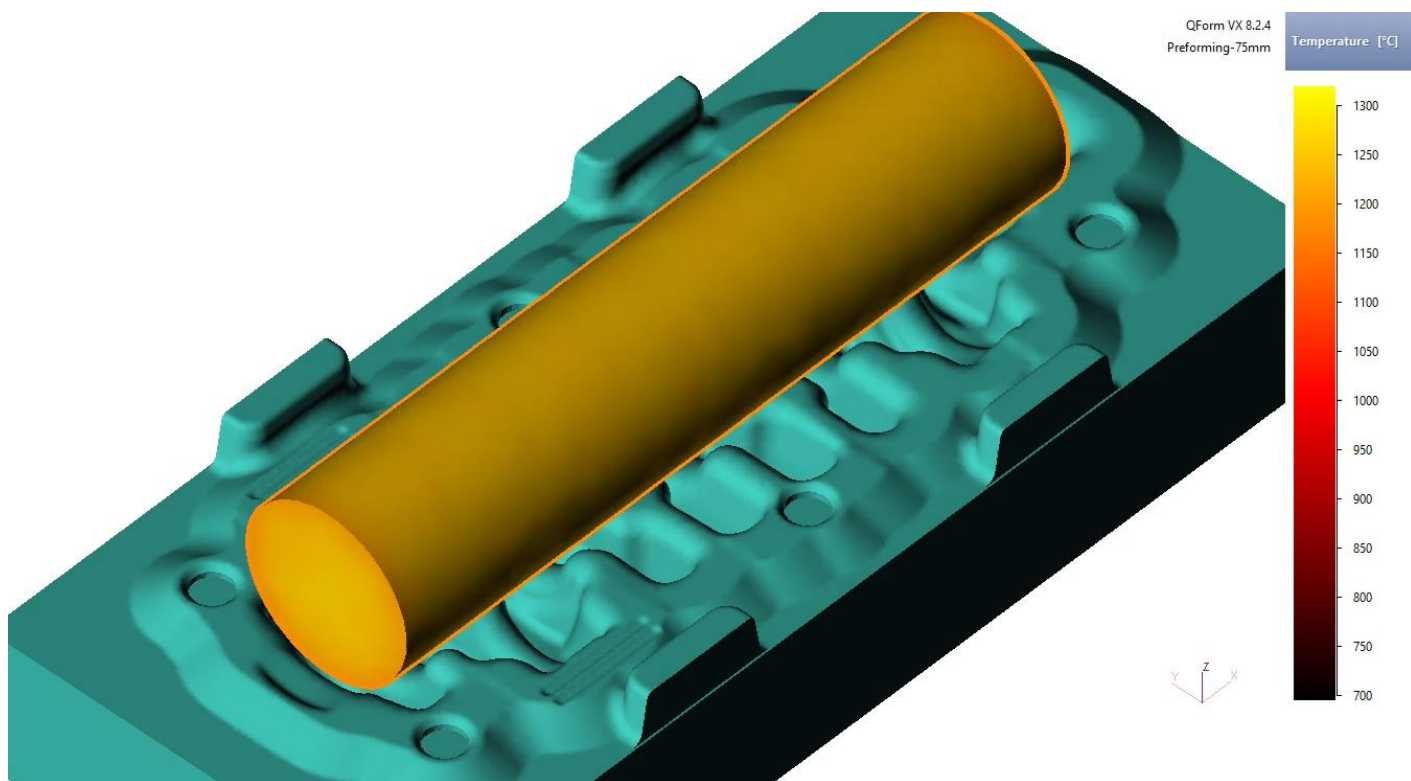
Результаты моделирования

Основные возможности:

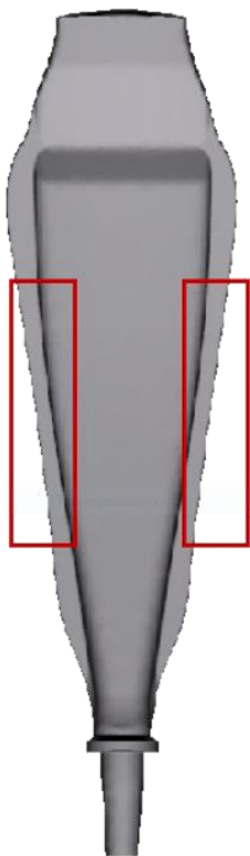
- Анализ заполнения гравюры штампа;
- Наличие дефектов в поковке (складки, поверхностные дефекты, разрушение);
- Прогноз макро- и микроструктуры поковки;
- Расчет температур, напряжений и деформаций;
- Анализ стойкости штампов;
- Расчет силы и работы: подбор оборудования.



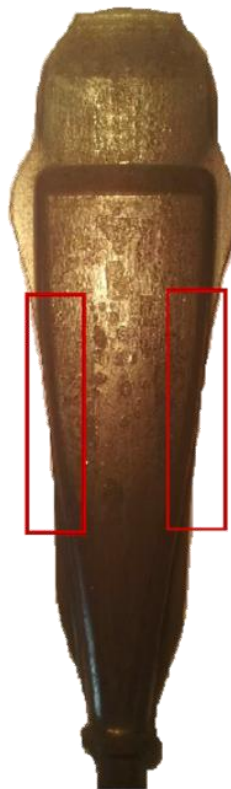
Основные возможности QForm



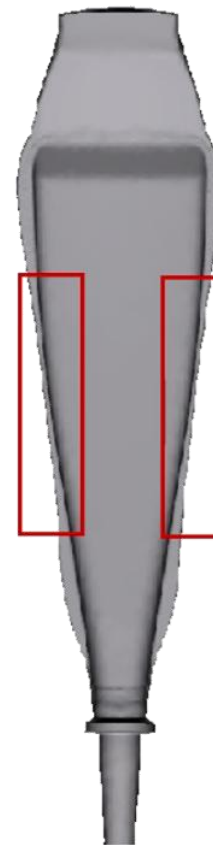
Совместная деформация инструмента и заготовки



«Жесткий» инструмент

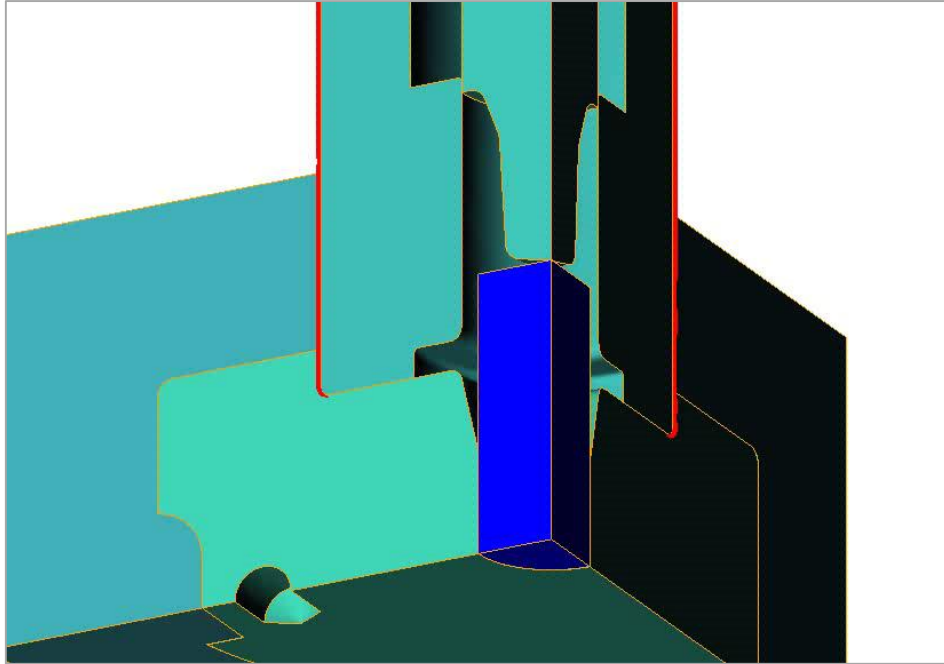


Эксперимент



Совместная деформация

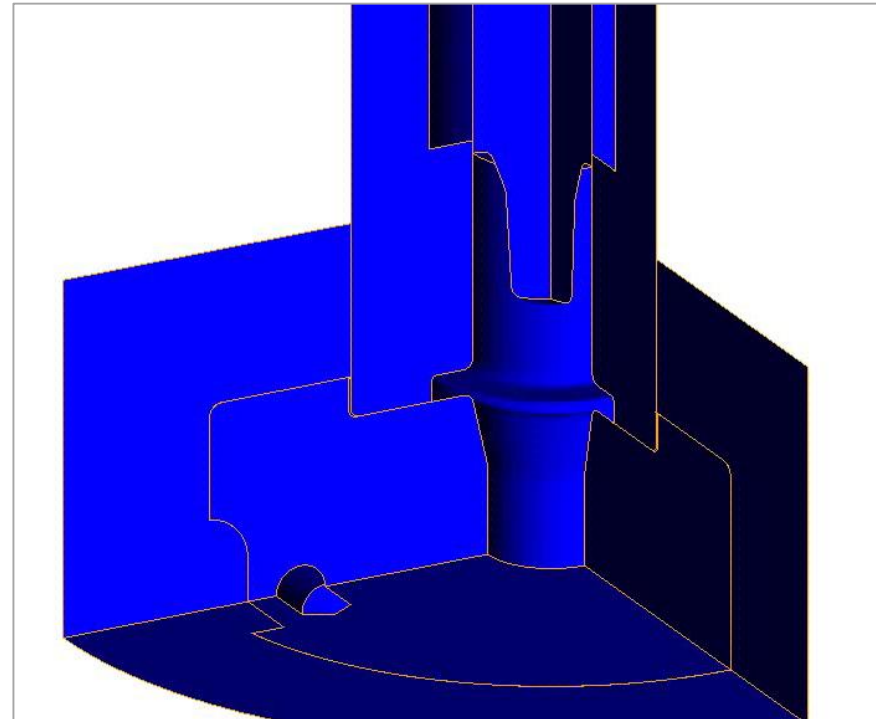
Составной инструмент



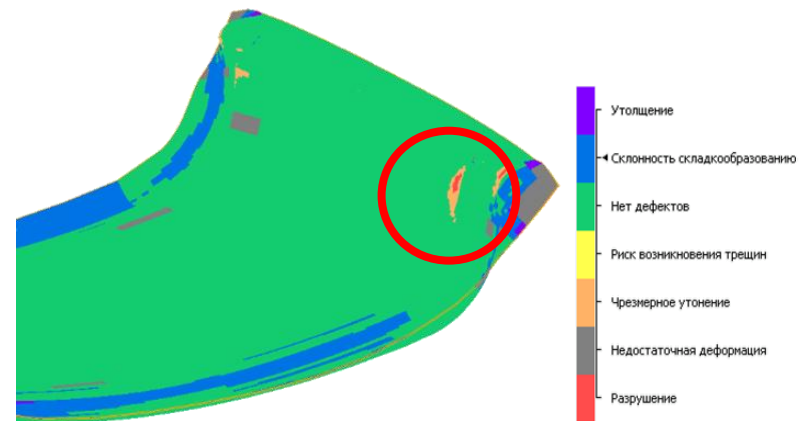
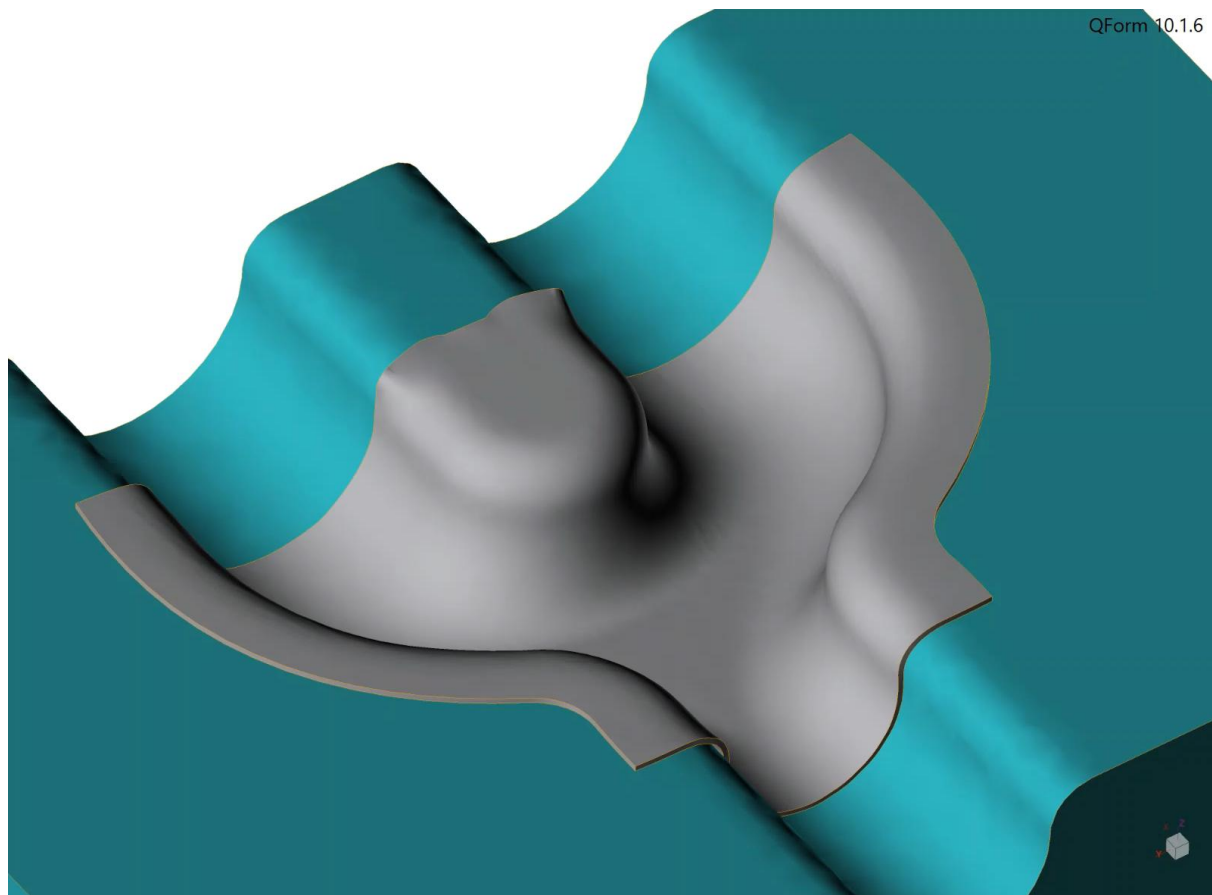
Распределение эквивалентных
напряжений в инструменте



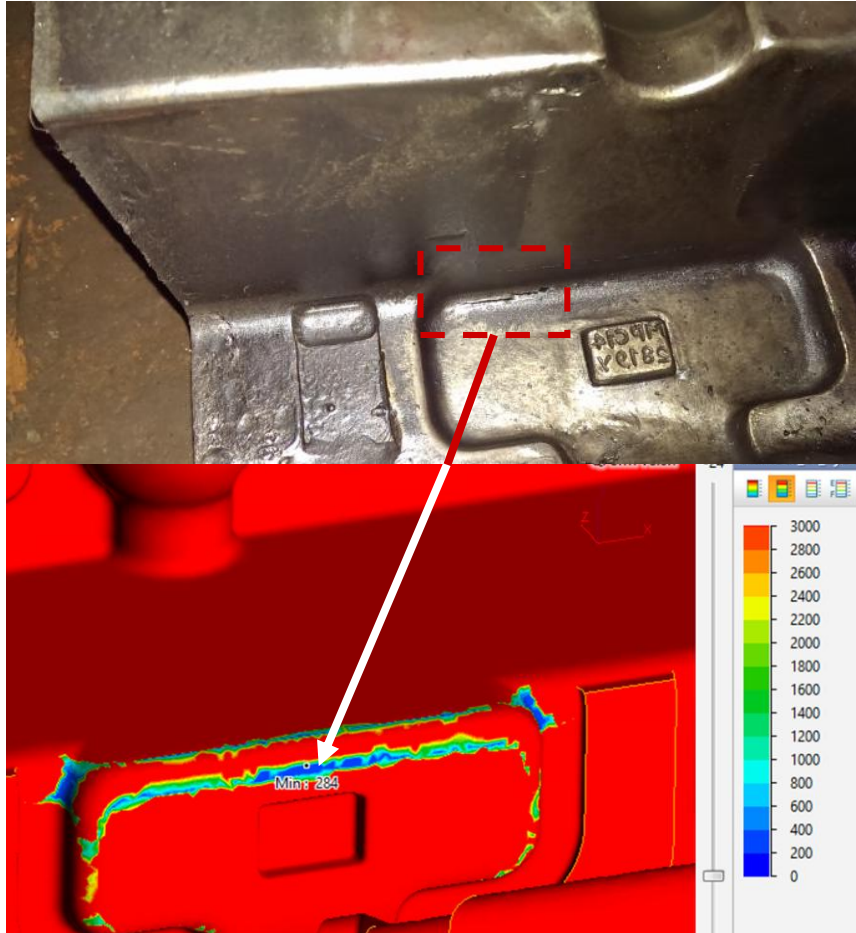
← Распределение пластической
деформации в заготовке



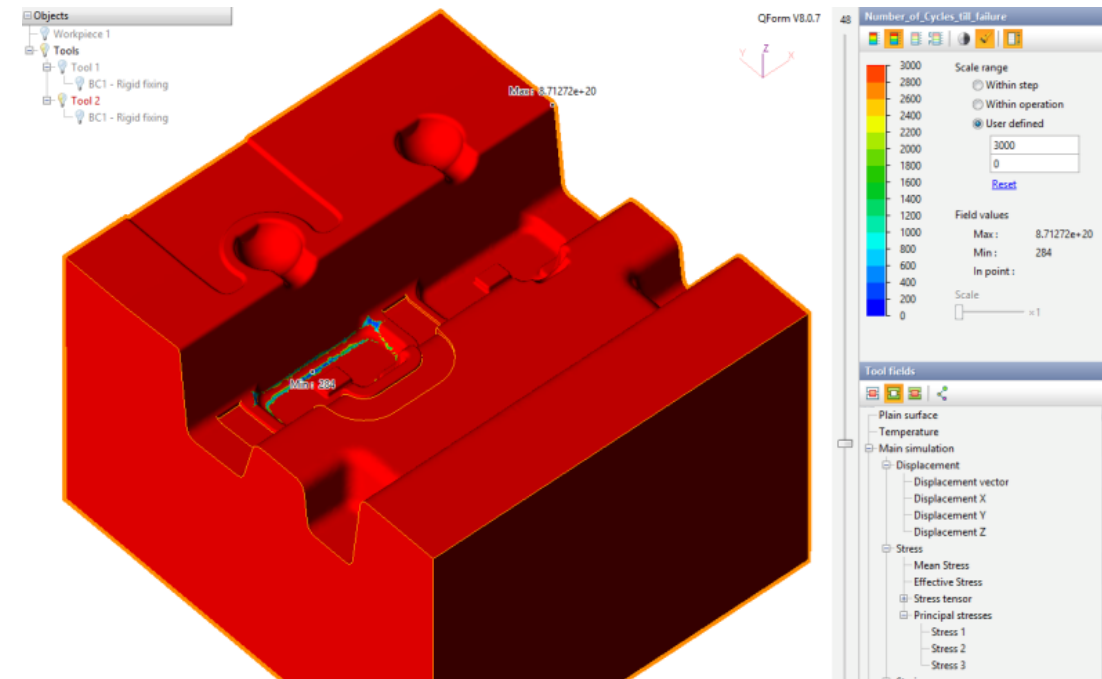
Прогнозирование гофр и разрывов



Прогноз стойкости штампов

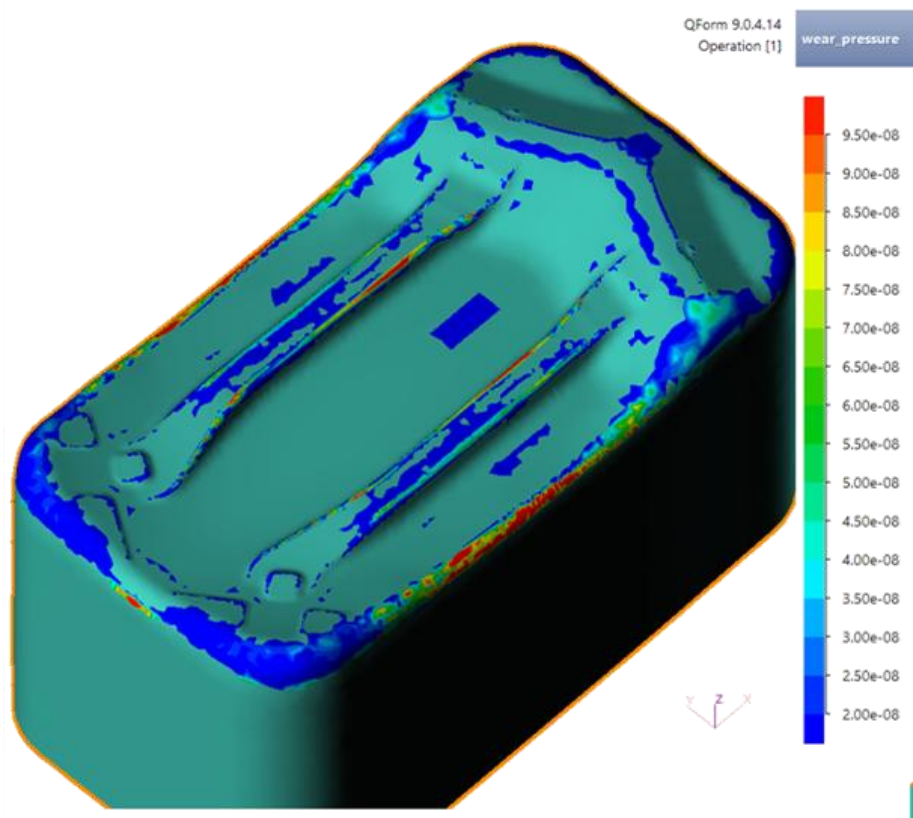


Поле «Число циклов до разрушения»:

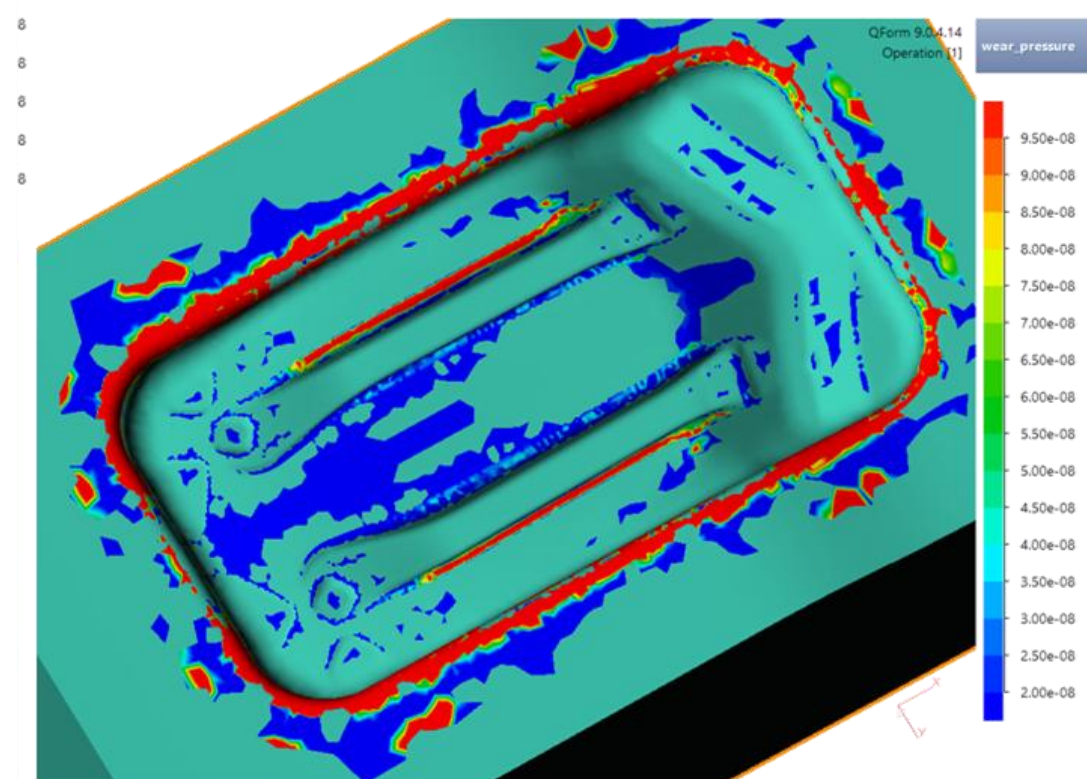


Разрушение инструмента после ≈ 200 циклов

Листовая штамповка. Износ штампа

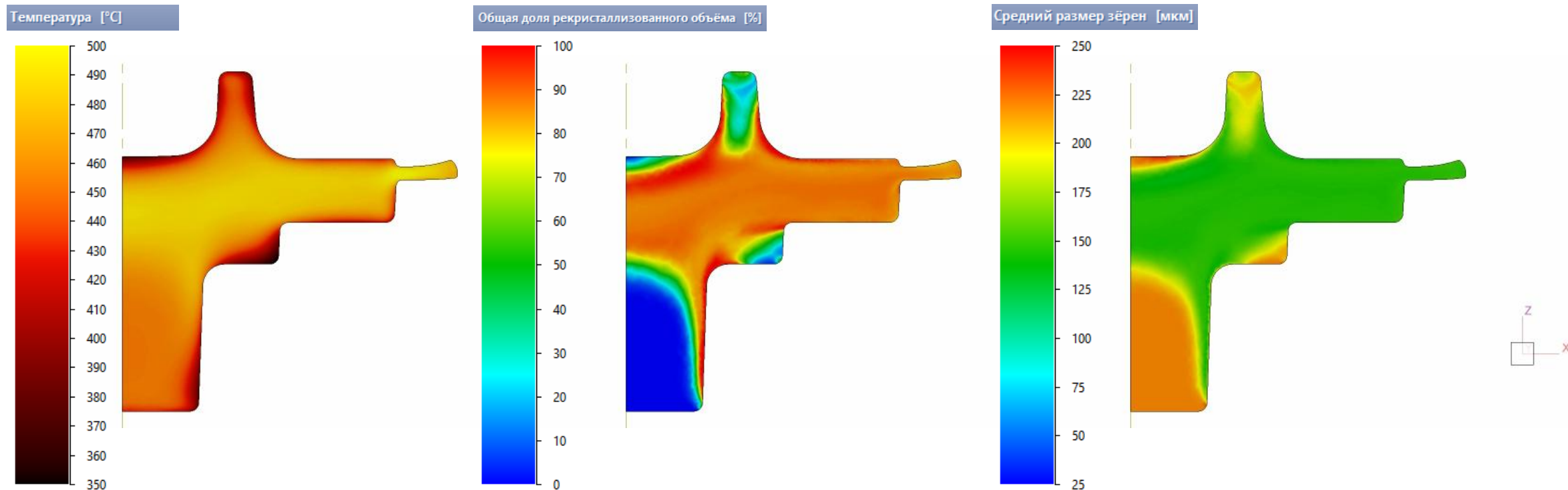


Износ нижнего штампа

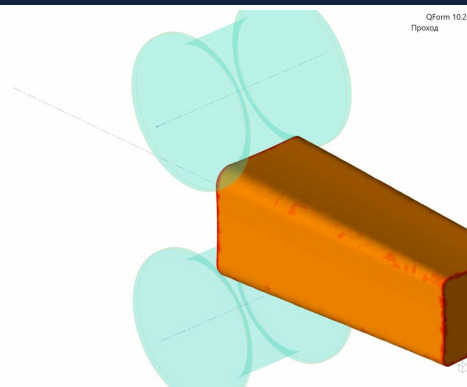
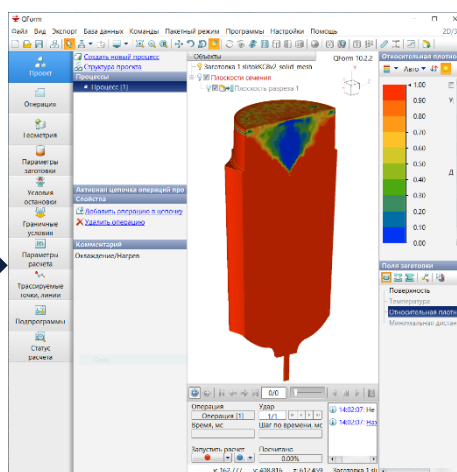
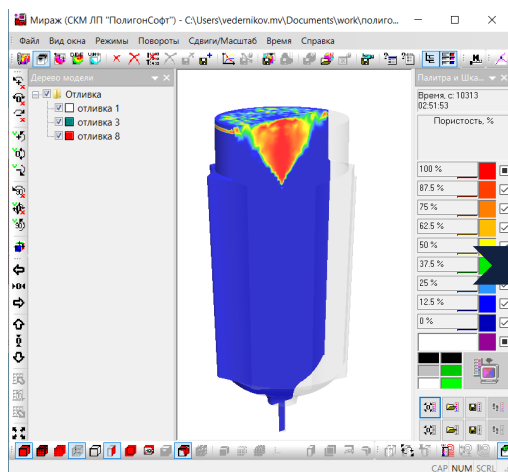


Износ верхнего штампа

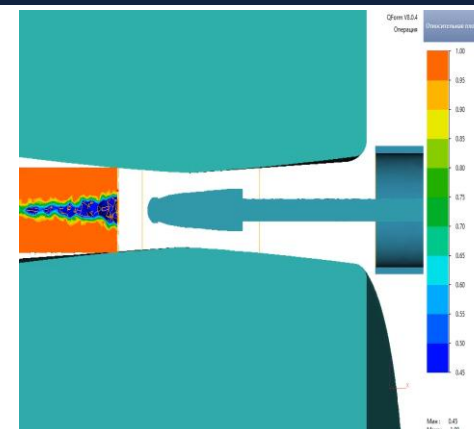
Термическая обработка



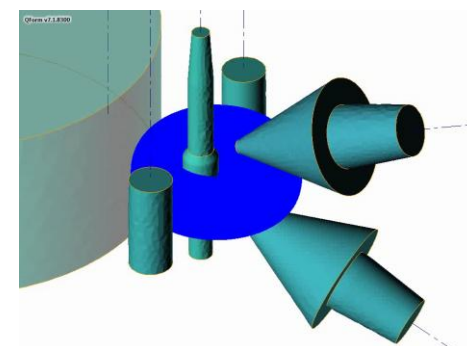
Задачи сквозного моделирования



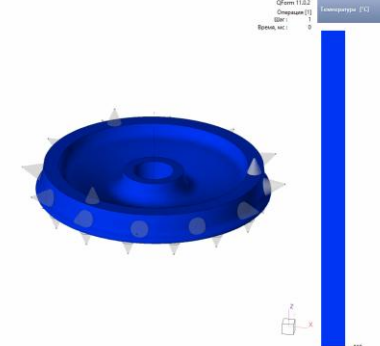
QForm 10.2.4
Проклад



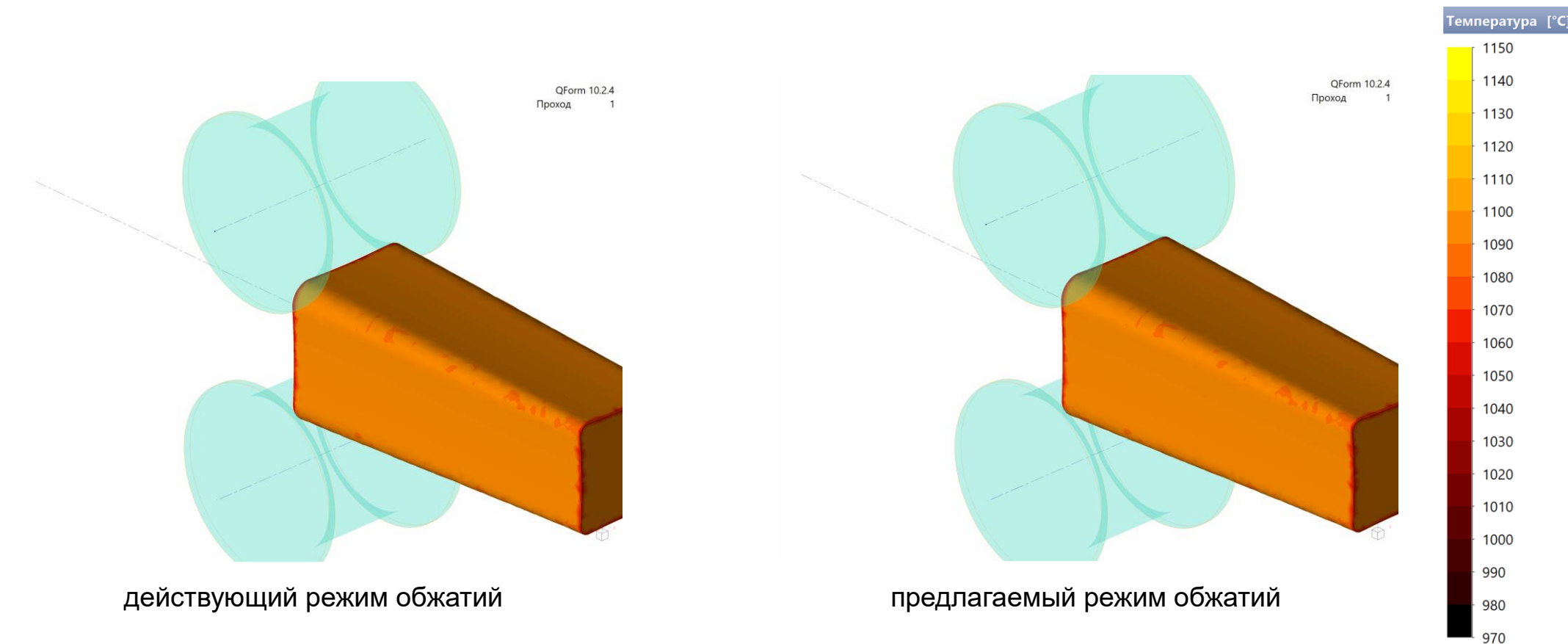
QForm 10.2.4
Операция



QForm 11.0.2
Операция

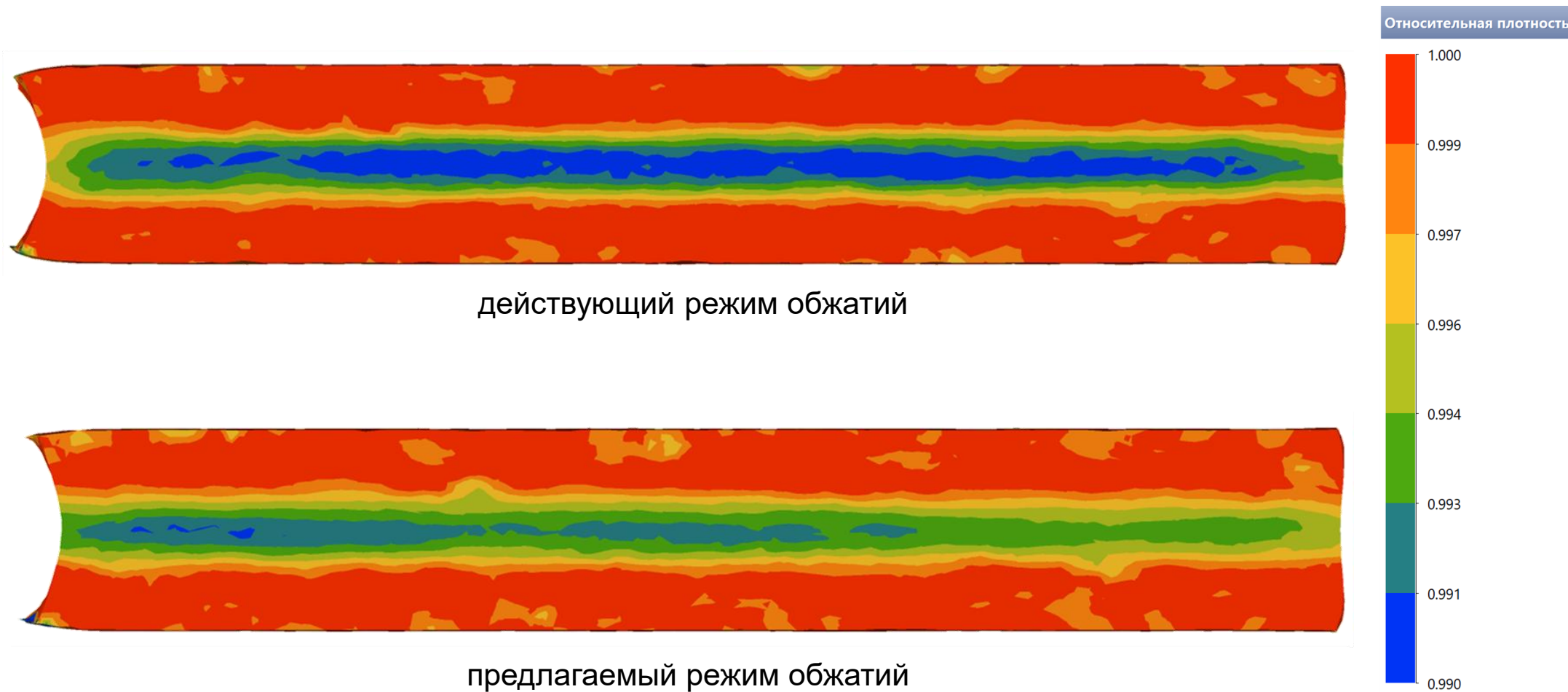


Анимация прокатки с полем температуры



Для ускорения расчета производилась обрезка заготовки по длине перед прокаткой в следующем калибре

Распределение относительной плотности



Интеграция, оптимизация и прогноз

- DT Seven предназначен для:
 - Автоматизации процессов проектирования и интеграции внешних программ и данных в единую цепочку
 - Решения инженерных задач при помощи набора инструментов для исследования, оптимизации и предиктивного моделирования
- DT Seven позволяет:
 - Собирать модели поведения изделия на основе наборов данных, аналитических или расчетных моделей
 - Исследовать и оптимизировать эти модели с помощью инструментов исследования и оптимизации
 - Прогнозировать поведение новых вариантов изделий или режимов их работы при помощи инструментов предиктивного моделирования

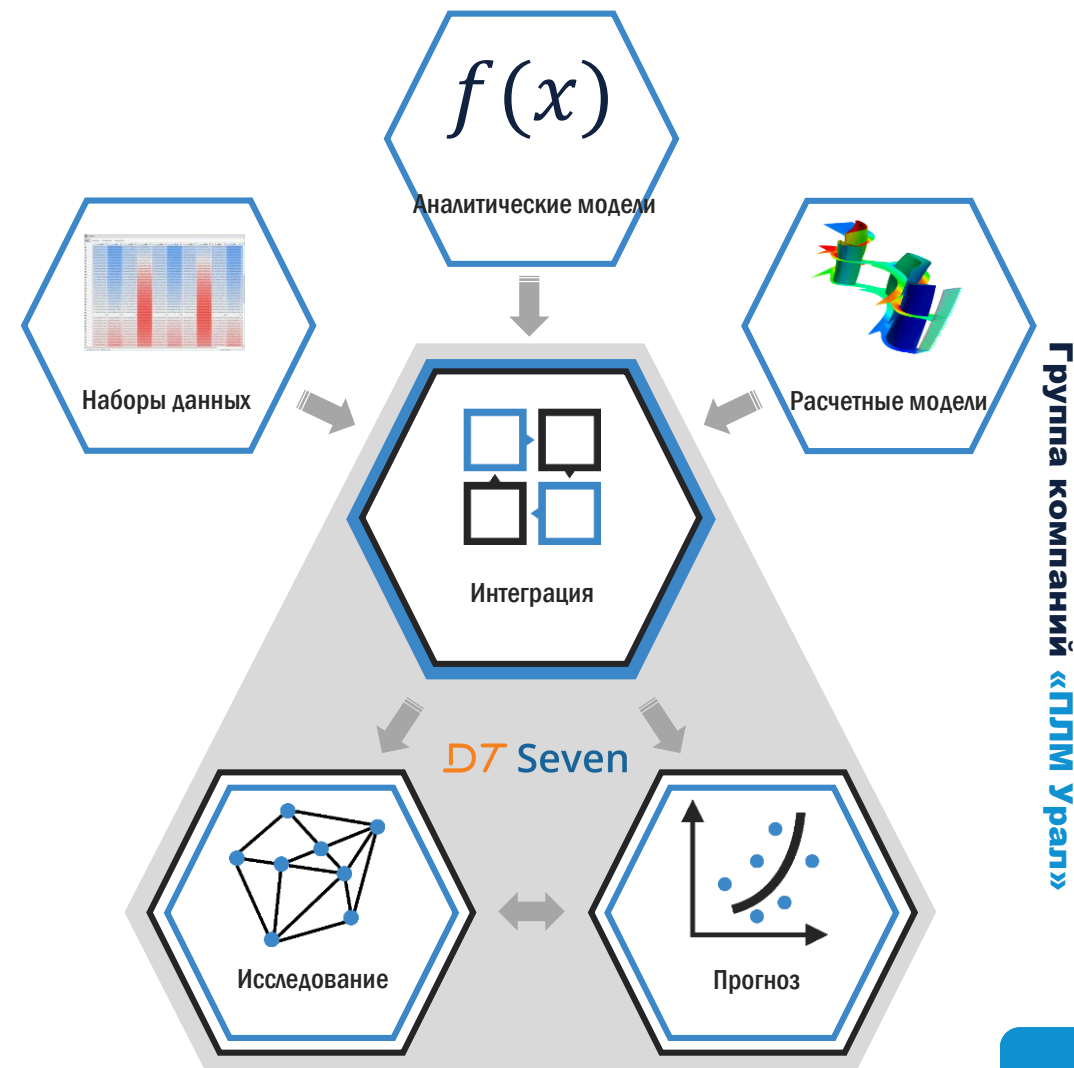


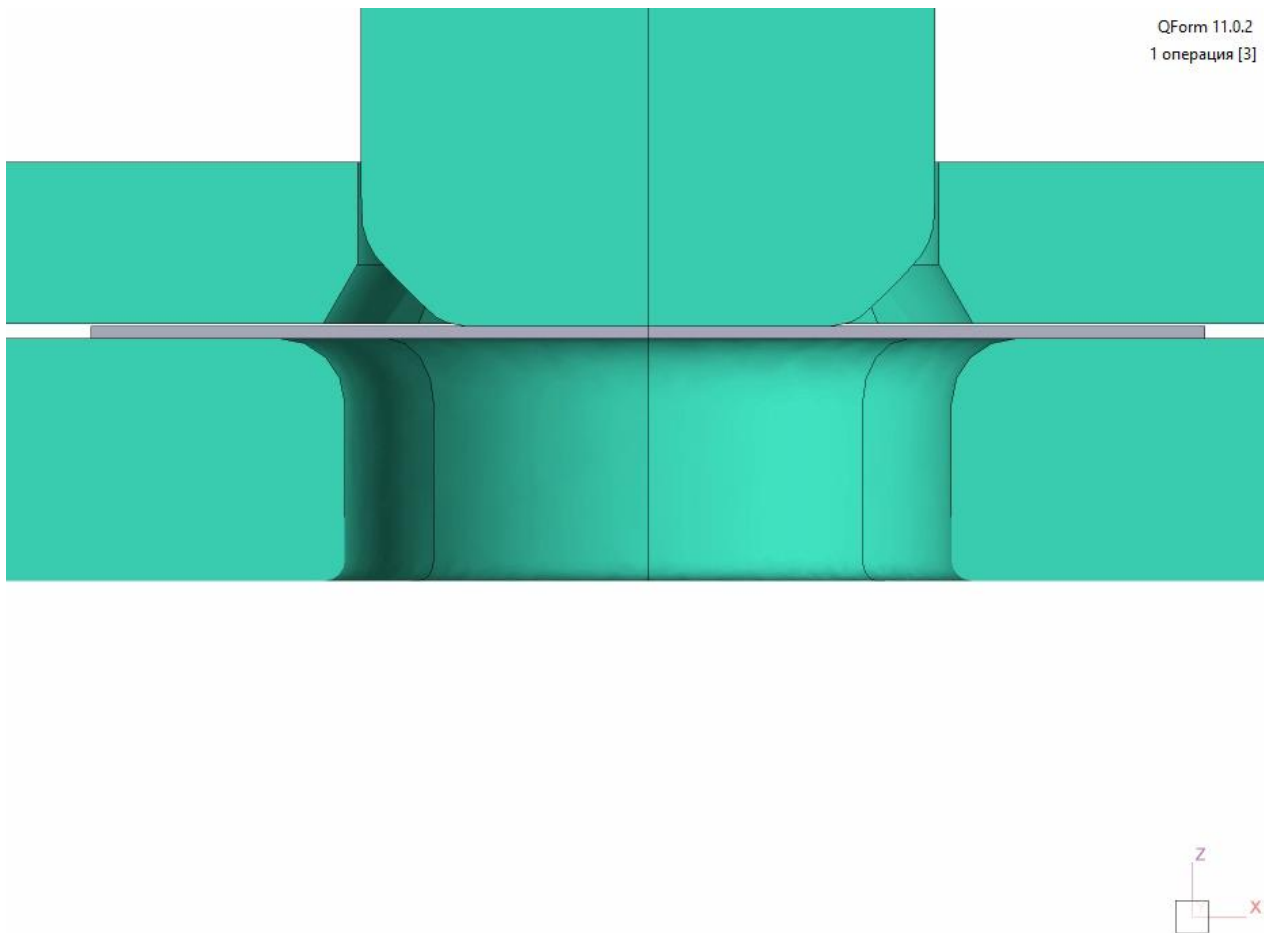
Схема взаимодействия ПО



Цели работы

1. Поиск варианта технологии, который позволит **повысить минимальную толщину заготовки** после первых четырех переходов.
2. Поиск оптимального варианта технологии должен быть произведен **в автоматизированном режиме**.

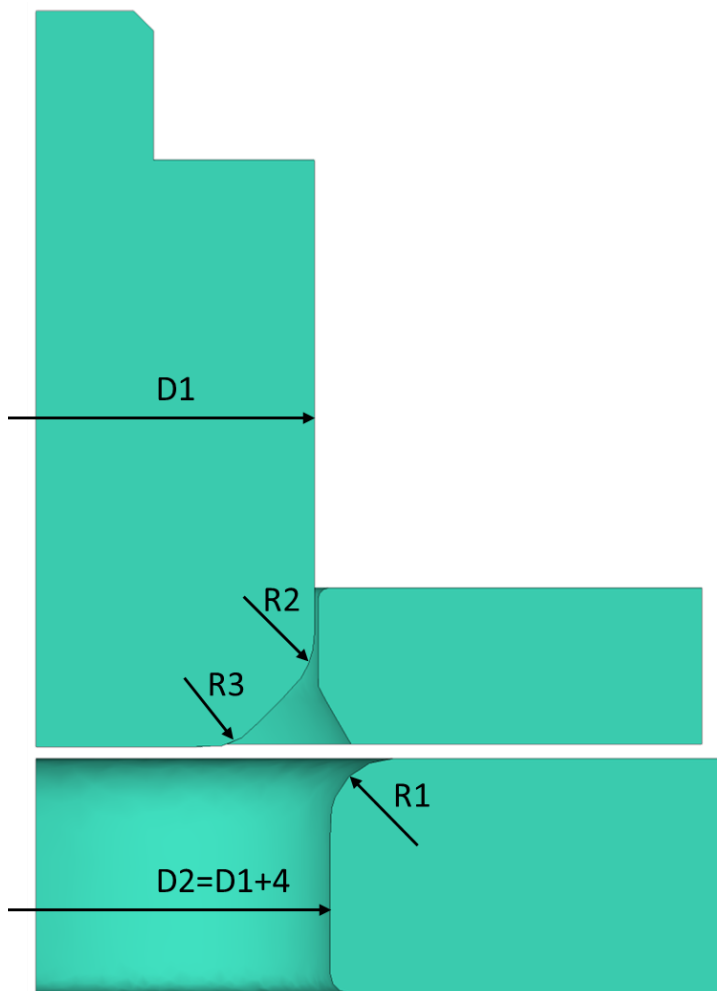
Постановка задачи



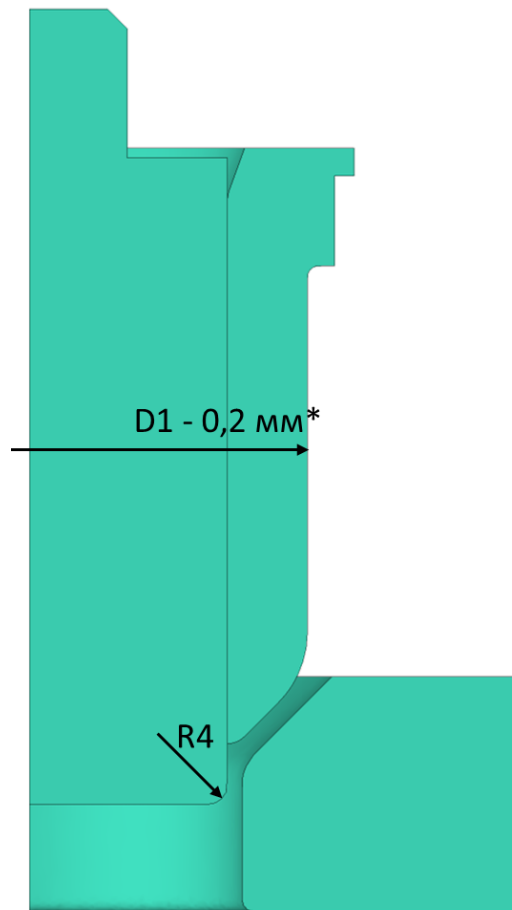
| Параметры исходной заготовки | |
|------------------------------|----------|
| Марка материала | сталь 10 |
| Диаметр заготовки, мм | Ø276 |
| Толщина заготовки, мм | 3 |

Анимация существующего процесса вытяжки

Постановка задачи



Инструмент первого перехода



Инструмент второго перехода

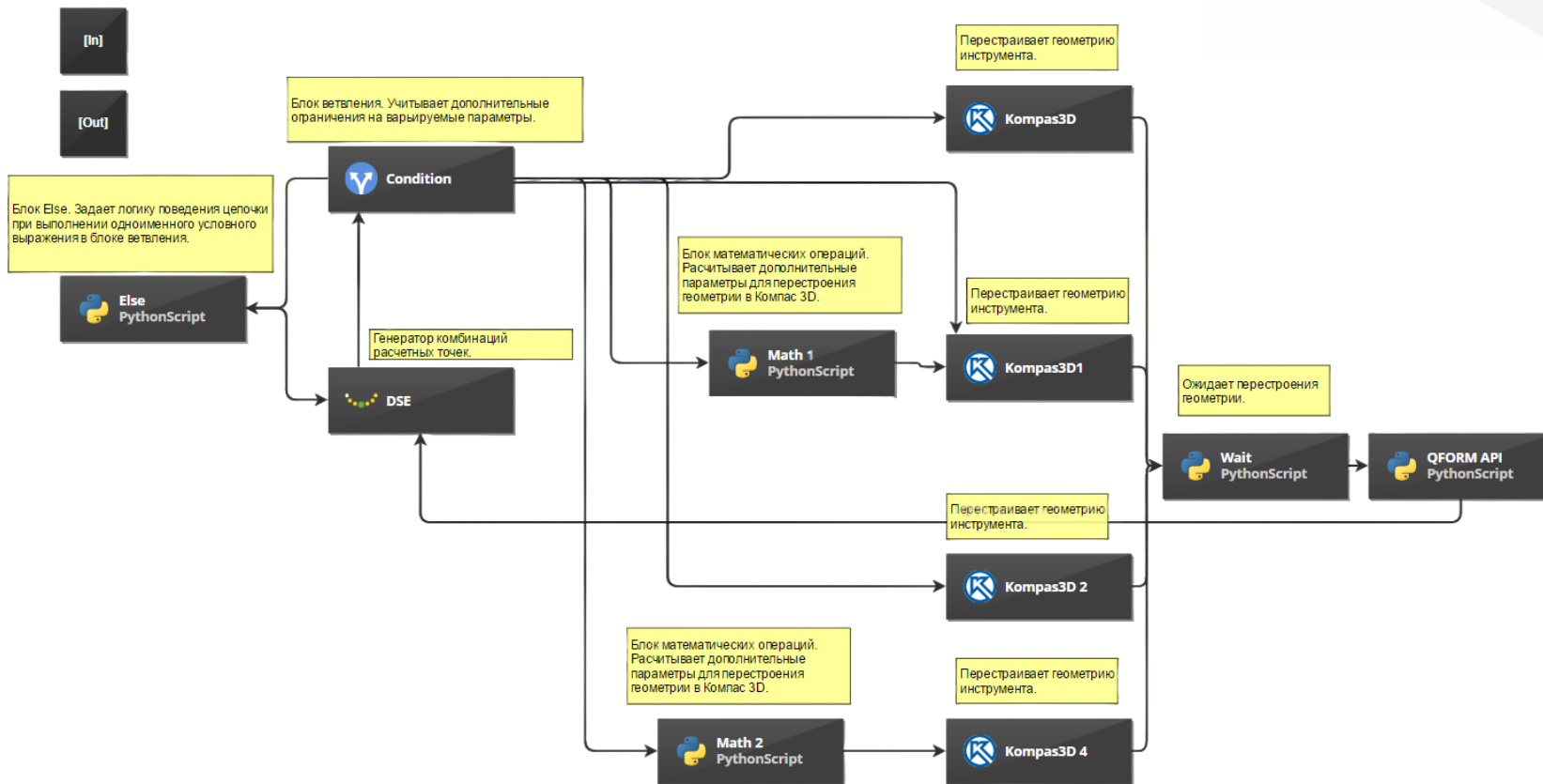
Примечание:

На распределение толщины после четырех операций наибольшее влияние оказывает деформация в первом и втором штампах, поэтому поиск наилучшего варианта технологии подразумевал поиск их оптимальной геометрии, путем изменения размеров указанных ниже:

| Размер | Номинальный размер | Диапазон размера |
|--------|--------------------|------------------|
| R1 | 16 мм | 16-25 мм |
| R2 | 20 мм | 20-40 мм |
| R3 | 14 мм | 14-29 мм |
| R4 | 5 мм | 5-10 мм |
| D1 | 71,1 мм | 65-75 мм |

Расчетная цепочка (pSeven)

Расчетные точки:



Информация о расчете

Число итераций: 121

Число успешно обработанных сбоев в QFORM: 2

Время расчета: 72 часа

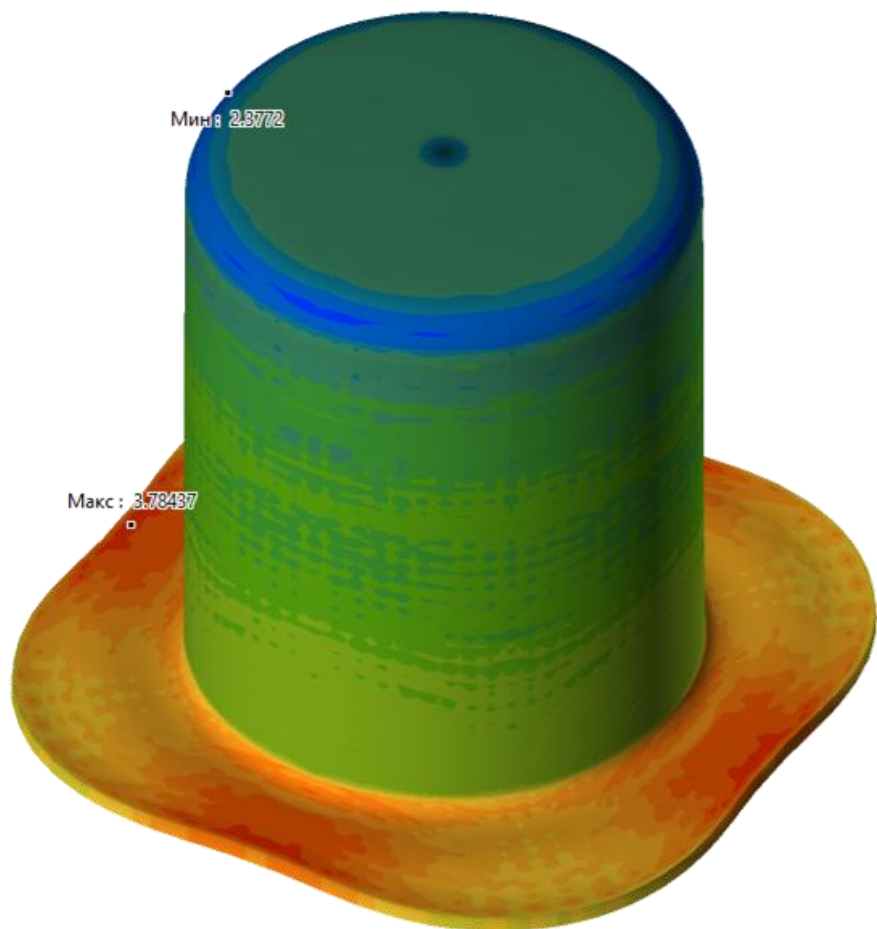
www.plm-ural.ru

Оптимальная расчетная точка:

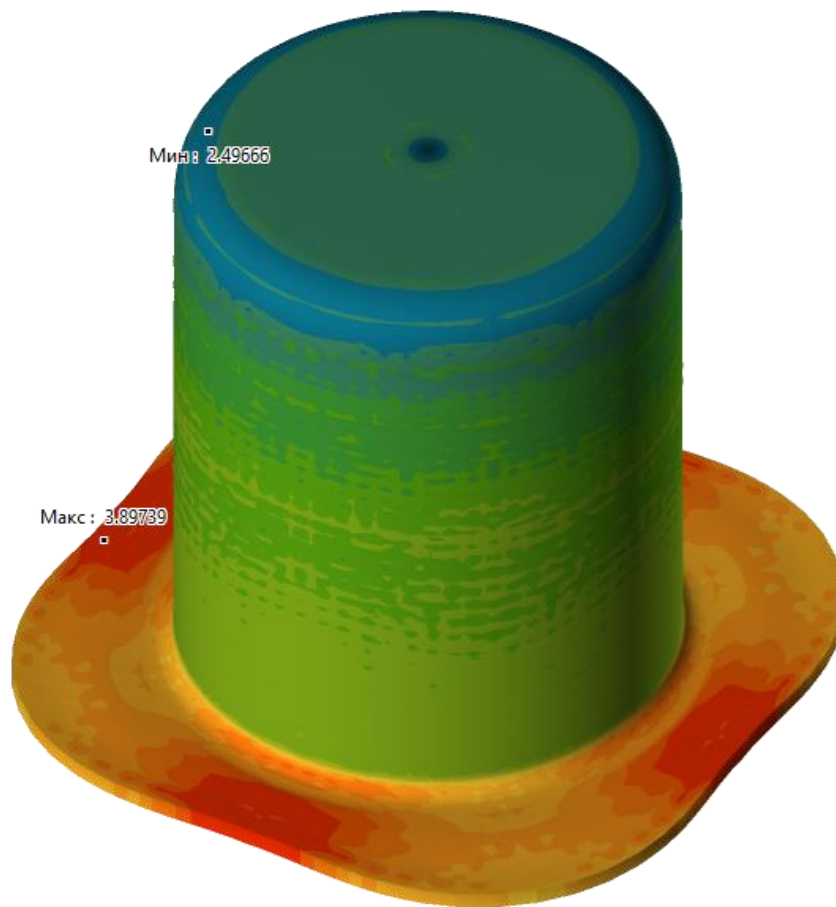
| D1 | R1 | R2 | R3 | R4 | result_min_value |
|------|------|------|------|-----|------------------|
| 73,0 | 24,6 | 23,4 | 27,7 | 9,4 | 2,59 |

Результаты

Распределение толщины после четвертого перехода:



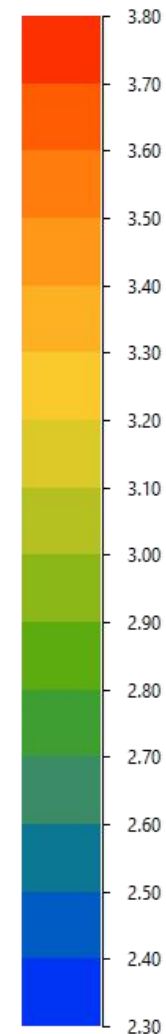
Исходная технология
(минимальная толщина **2,38 мм**)



Оптимизированная технология
(минимальная толщина **2,50 мм**)

QForm 11.0.2
4 переход [12]

thickness [mm]



Компетенции ГК ПЛМ Урал

- Предпроектное обследование
- Автоматизация инженерных процессов предприятия
- Разработка методик использования программных продуктов
- Внедрение
- Техническая поддержка
- Обучение и повышение квалификации
- Сопровождение работы специалистов
- Доработка стандартного функционала
- Проведение технологических расчетов
- Аренда программных и аппаратных инструментов для инженерного анализа
- Технологическая помощь в импортозамещении и получении субсидий на внедрение

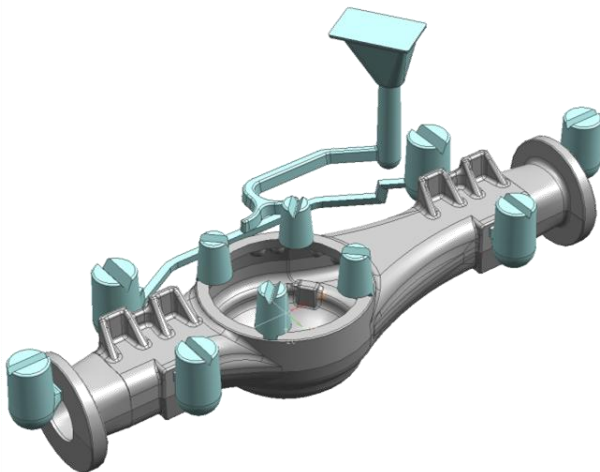


ОАО «Камаз-металлургия»

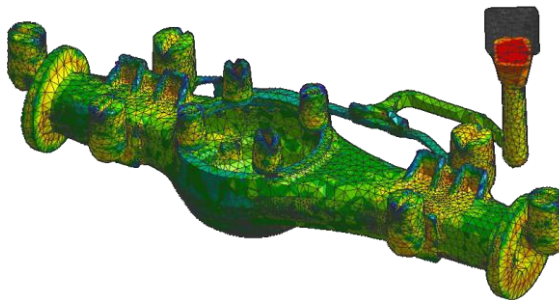


Расчет технологии изготовления отливки «Балка переднего моста» и оценка прочности изделия

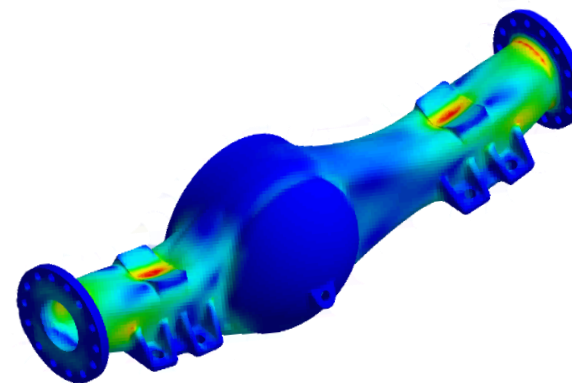
Определение дефектов усадочного происхождения и остаточных напряжений, образующихся при литье балок, а также влияние литейных дефектов на эксплуатационные свойства конечного изделия.



Геометрия отливки



Температура металла при
заполнении формы



Расчет на прочность готового
изделия с учетом литейных
дефектов

Пользователи ПолигонСофт в России

Авиационная и космическая промышленность



Оборонная промышленность



Атомная промышленность



Пользователи ПолигонСофт в России

Металлургическая промышленность



Железнодорожное машиностроение



Энергетическое машиностроение



SIEMENS



Судостроение



Машиностроение



Автомобильная промышленность



BELAZ



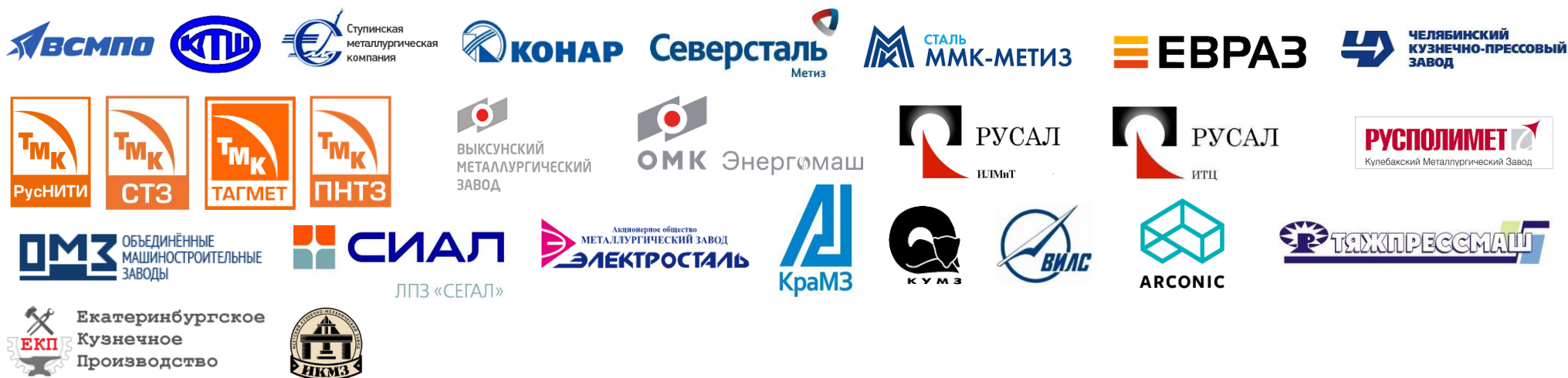
BELARUS
Минский тракторный завод

Пользователи в России и СНГ

Авиационная промышленность



Металлургическая промышленность



Пользователи в России и СНГ

Ракетно-космическая промышленность



Оборонная промышленность



Атомная промышленность и энергетическое машиностроение



Пользователи в России и СНГ

Машиностроение



Автомобильная промышленность

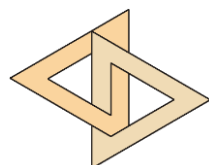
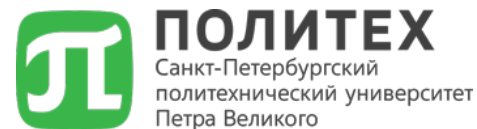


Жд промышленность



Пользователи в России и СНГ

ВУЗы и Технопарки



Спасибо **за внимание!**

ГК «ПЛМ Урал»
620131, г. Екатеринбург,
ул. Metallургов, 16 Б

phone: 8-800-500-1993
e-mail: info@plm-ural.ru
[https://](https://www.plm-ural.ru) www.plm-ural.ru