



РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ЧЕРТЁЖНЫХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ ГТД НА БАЗЕ ИХ ГОРЯЧЕГО СОСТОЯНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОММЕРЧЕСКОГО ПАКЕТА STAR-CCM+

Щулепов К. В., Железов С. А., Кудрявцев А. Ю.
ООО «СИНЦ», п. Сатис, Нижегородская обл., Россия
E-mail: info@saec.ru

Цель и этапы работы

Цель работы – проведение сопряжённого расчёта (газодинамика, теплообмен, прочность) диска турбины и турбинной лопатки в одном программном пакете (STAR-CCM+)

1. Подготовка CAD-моделей в встроенном пакете 3D-CAD
2. Построение конечно-объёмных и конечно-элементных сеточных моделей
3. Тепло- газодинамический расчёт с учётом сопряжённого теплообмена
4. Прочностной расчёт деформации диска турбины и лопатки
5. Автоматизация итерационного алгоритма поиска холодной формы
6. Проведение обучения для специалистов Заказчика

CAD

СЕТКА

ГАЗОДИНАМИКА

ПРОЧНОСТЬ

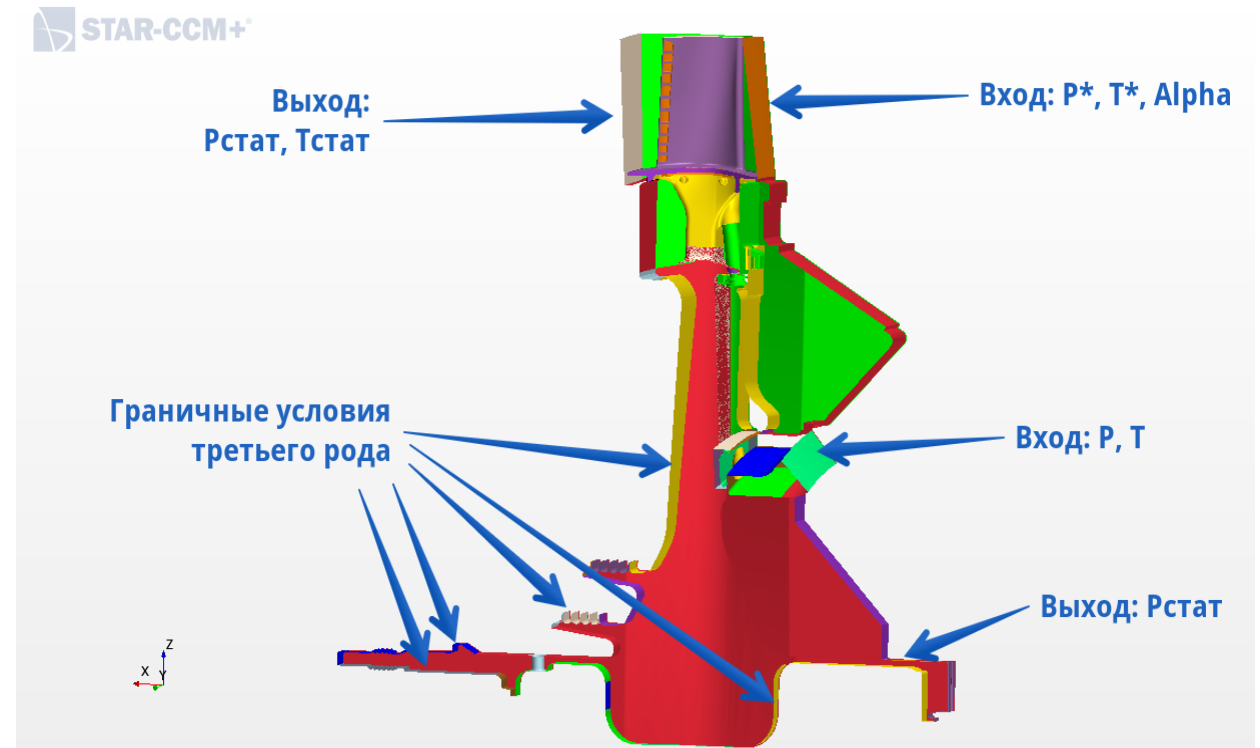
АВТОМАТИЗАЦИЯ

ОБУЧЕНИЕ

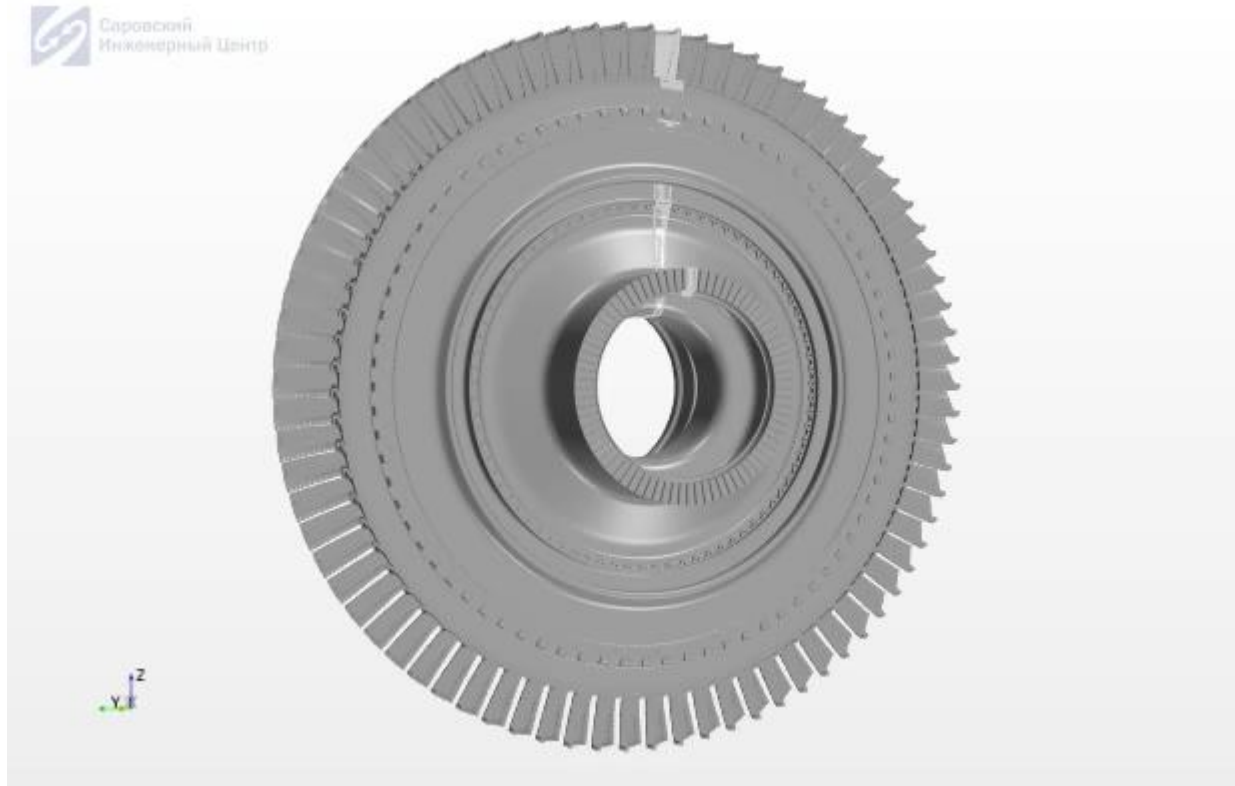
Постановка задачи

Исходные данные:

1. CAD-геометрия модели
2. Эпюры полного давления, полной температуры и угла потока на входе проточной части
3. Эпюра статического давления на выходе проточной части
4. Полное давление и полная температура на входе в аппарат закрутки
5. Коэффициенты теплообмена и температуры для граничных условий третьего рода по диску турбины



Расчётная модель и ресурсы

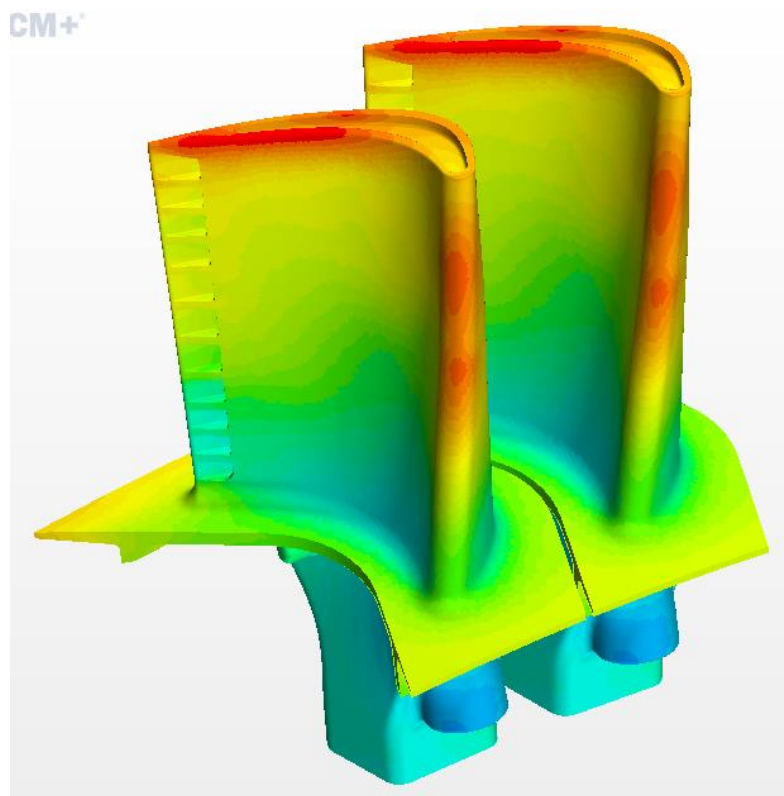


Расчётная модель и ресурсы:

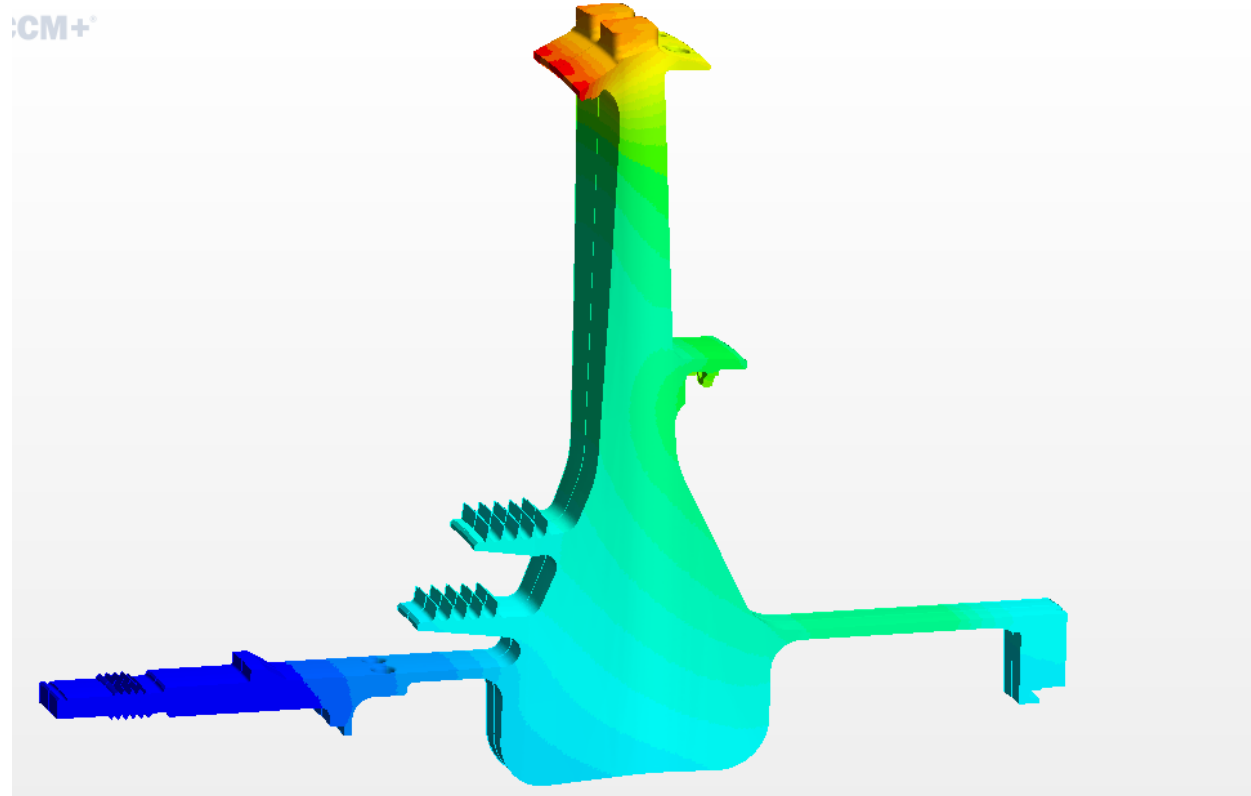
1. 102 млн ячеек с призматическими слоями и локальными измельчениями
2. Стационарный сопряжённый тепло-газодинамический расчёт на 300 ядрах кластера в течение 120 часов

Поле температур

Лопатка



Диск



КЭМ рабочего колеса

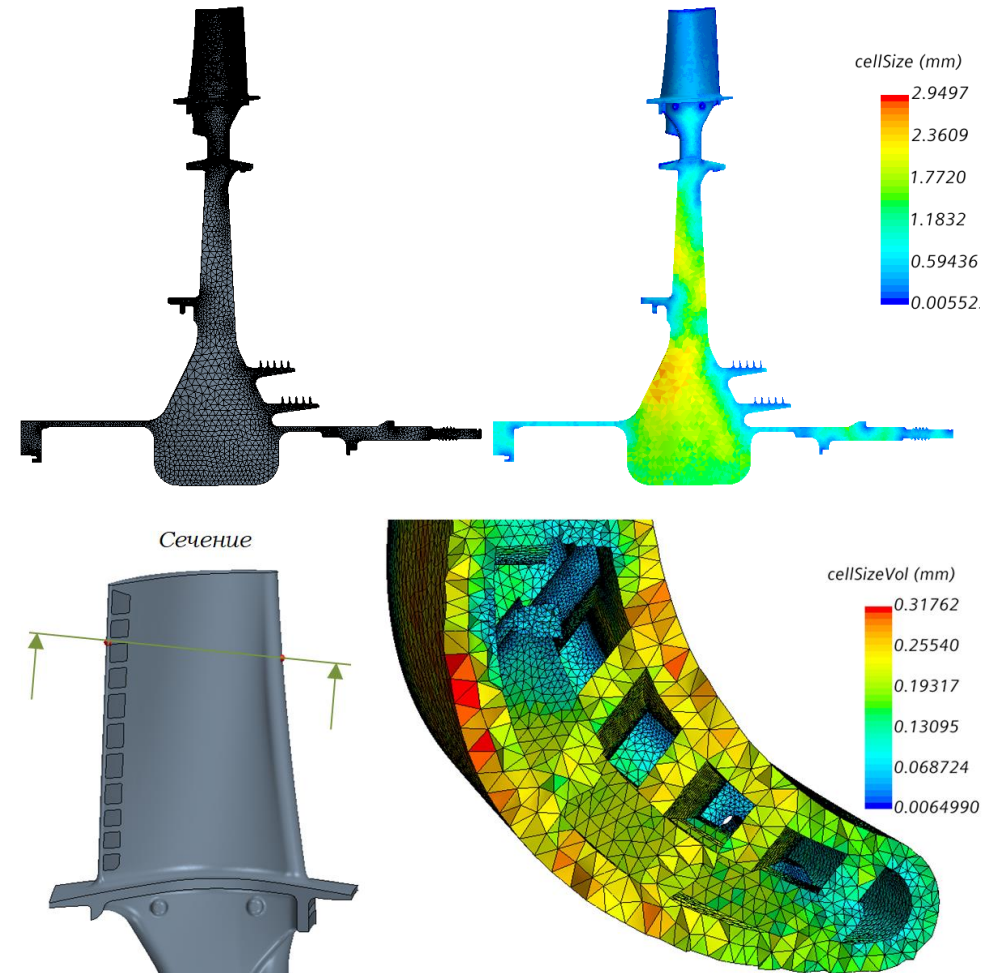
Тип КЭ: STAR_QUADRATIC_TETRA

2,5 млн. ячеек

3,9 млн. узлов

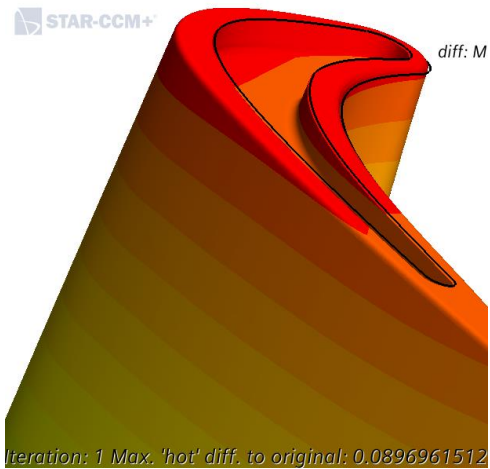
Минимальный размер ячейки: 0,006 мм

Максимальный размер ячейки: 3 мм

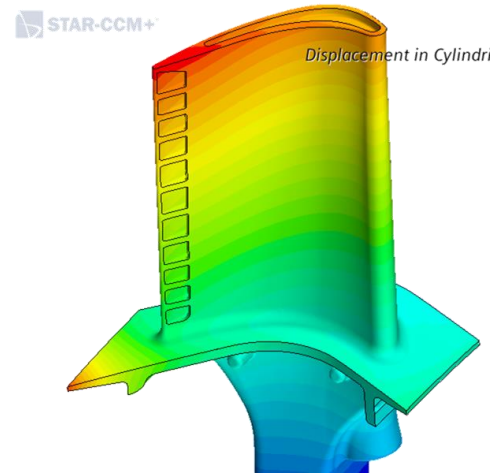


Результаты прочностного расчёта после 1-й итерации

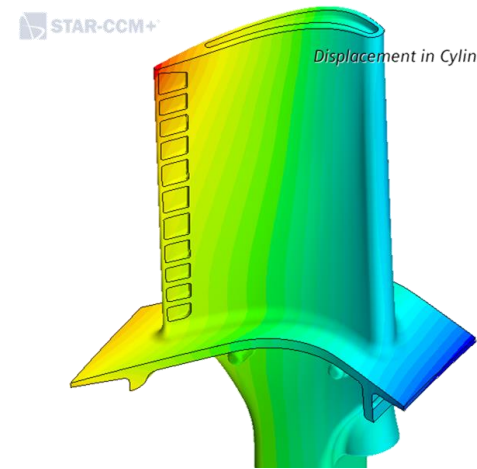
Локализация максимума $|D|$



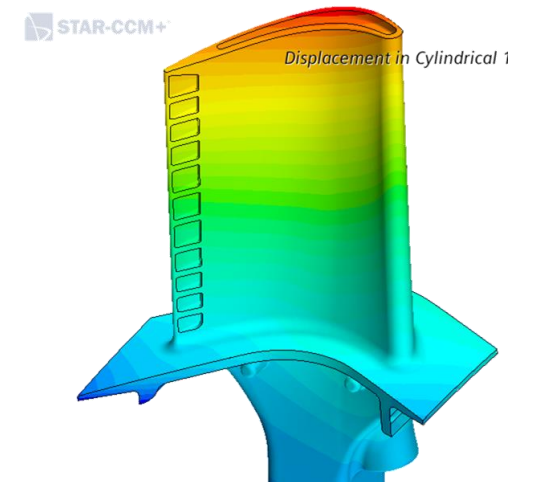
Поле радиальных перемещений



Поле осевых перемещений



Поле окружных перемещений



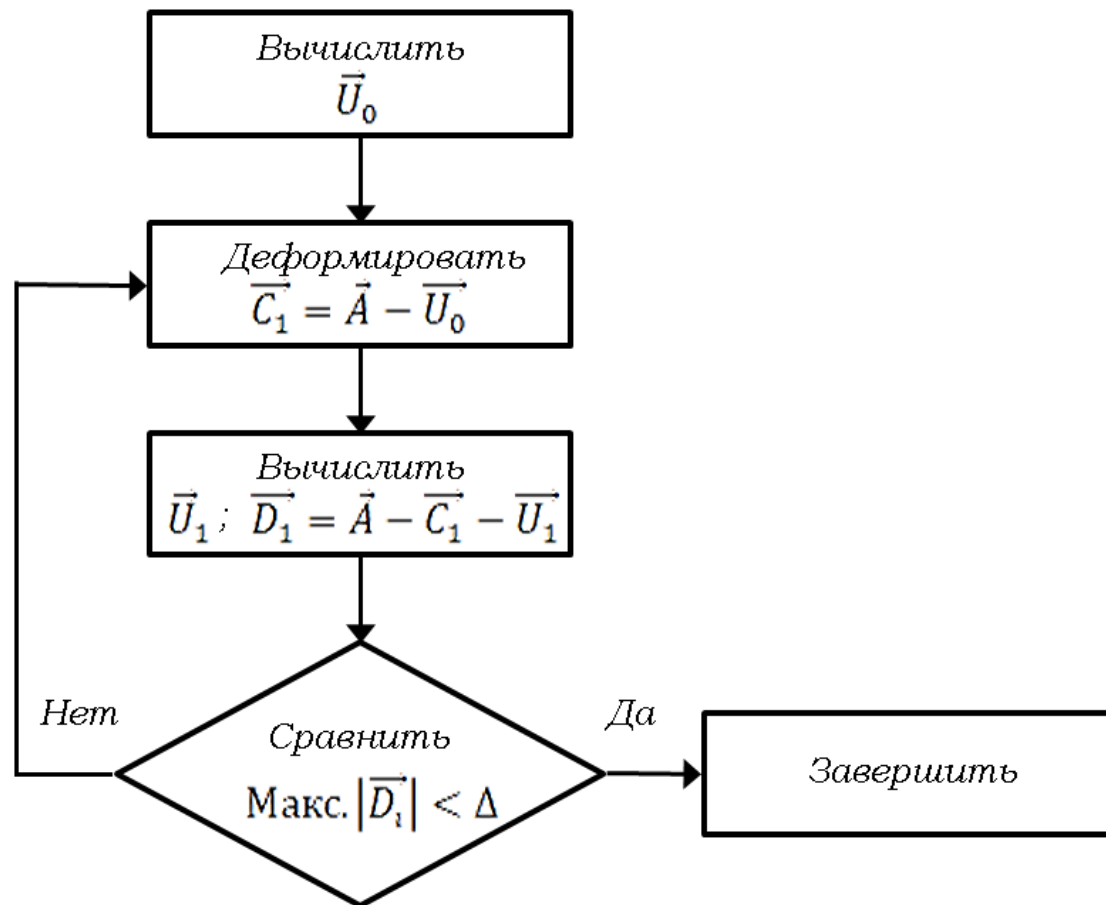
Алгоритм определения «холодных» размеров

A – Начальная (заданная) форма

U - Вектор перемещения

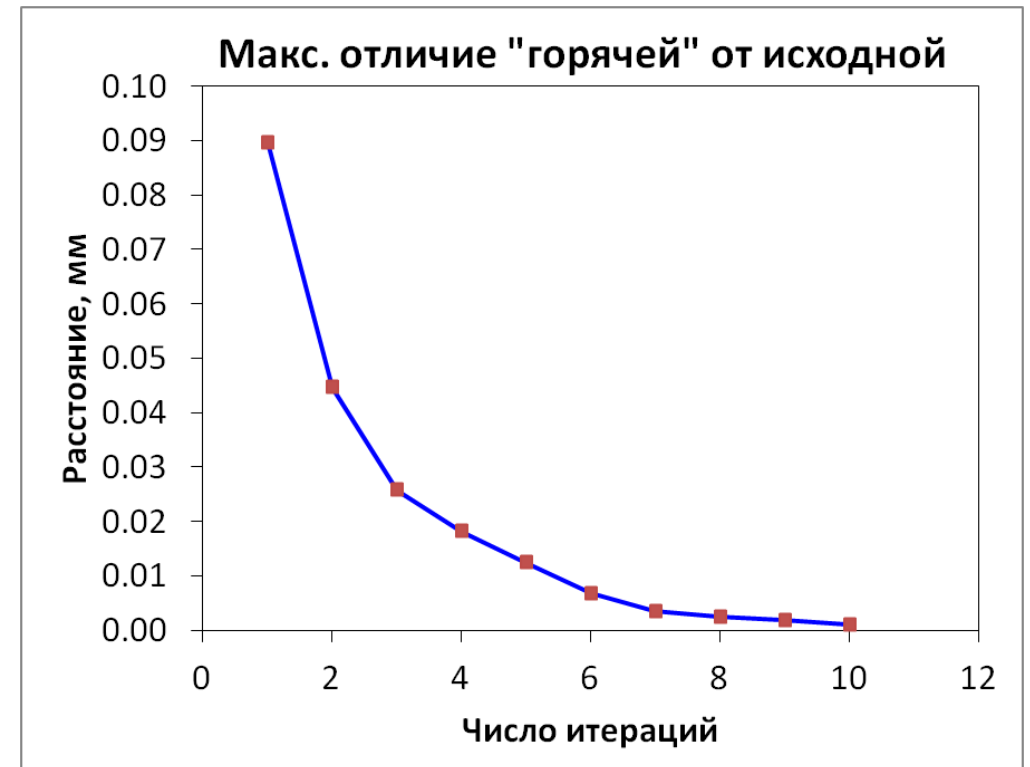
C – «Холодная» форма

D – Отличие «горячей» формы от начальной



Проверка сходимости максимальной величины вектора D

1. Зависимость максимального расстояния между «горячей» и исходной формами от числа итераций
2. Расстояние монотонно уменьшается с увеличением числа итераций
3. Выбранный алгоритм вычисления «холодной» формы колеса с заданной погрешностью можно считать работоспособным.



Максимальное расстояния между формами

Заключение

1. Разработана методика вычисления «холодной» формы рабочего колеса ГТД на базе «горячей» с заданной погрешностью
2. Выполнена серия прочностных расчётов для вычисления «холодной» формы колеса методом последовательных приближений на основе лицензионного программного комплекса STAR-CCM+
3. Уже на первой итерации максимальное расстояние между «горячей» и исходной формами составило $\sim 0,035\%$ радиального размера рабочего колеса, что меньше заданного в ТЗ допуска $0,06\%$.
4. С увеличением числа итераций расстояние монотонно уменьшается, что свидетельствует о работоспособности выбранного алгоритма

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Нижегородская обл., Дивеевский район, п. Сатис,
ул. Парковая 1, стр.3, Технопарк "Саров"



saec.ru



info@saec.ru



+7 (831) 469-03-41



Саровский
Инженерный Центр