

Система компьютерного
моделирования литейных
процессов **ПОЛИГОН**

ООО «Полигон»



ЦНИИ материалов,
Санкт-Петербург

ПОЛИГОН

на ведущих заводах
аэрокосмического комплекса,
оборонного комплекса,
автопрома



**Система компьютерного
моделирования литейных
процессов «ПОЛИГОН»**

191014, Санкт-Петербург,
ул.Парадная, 8

тел. (812) 948-37-26

тел./ф. (812) 274-53-82

E-mail: poligon@poligonsoft.ru

Internet: www.poligonsoft.ru

- *заливка*
- *затвердевание*
- *раковины*
- *макропористость*
- *микропористость*
- *структурные параметры*
- *прочность*
- *твёрдость*
- *размыв формы*
- *пригар*



Основное назначение

- ✦ Отработка наиболее важных технологических параметров не на реальной отливке, а на её компьютерной модели
- ✦ Снижение затрат на проектирование и доводку литейной технологии
- ✦ Анализ существующих технологий на предмет устойчивости к изменению технологических параметров

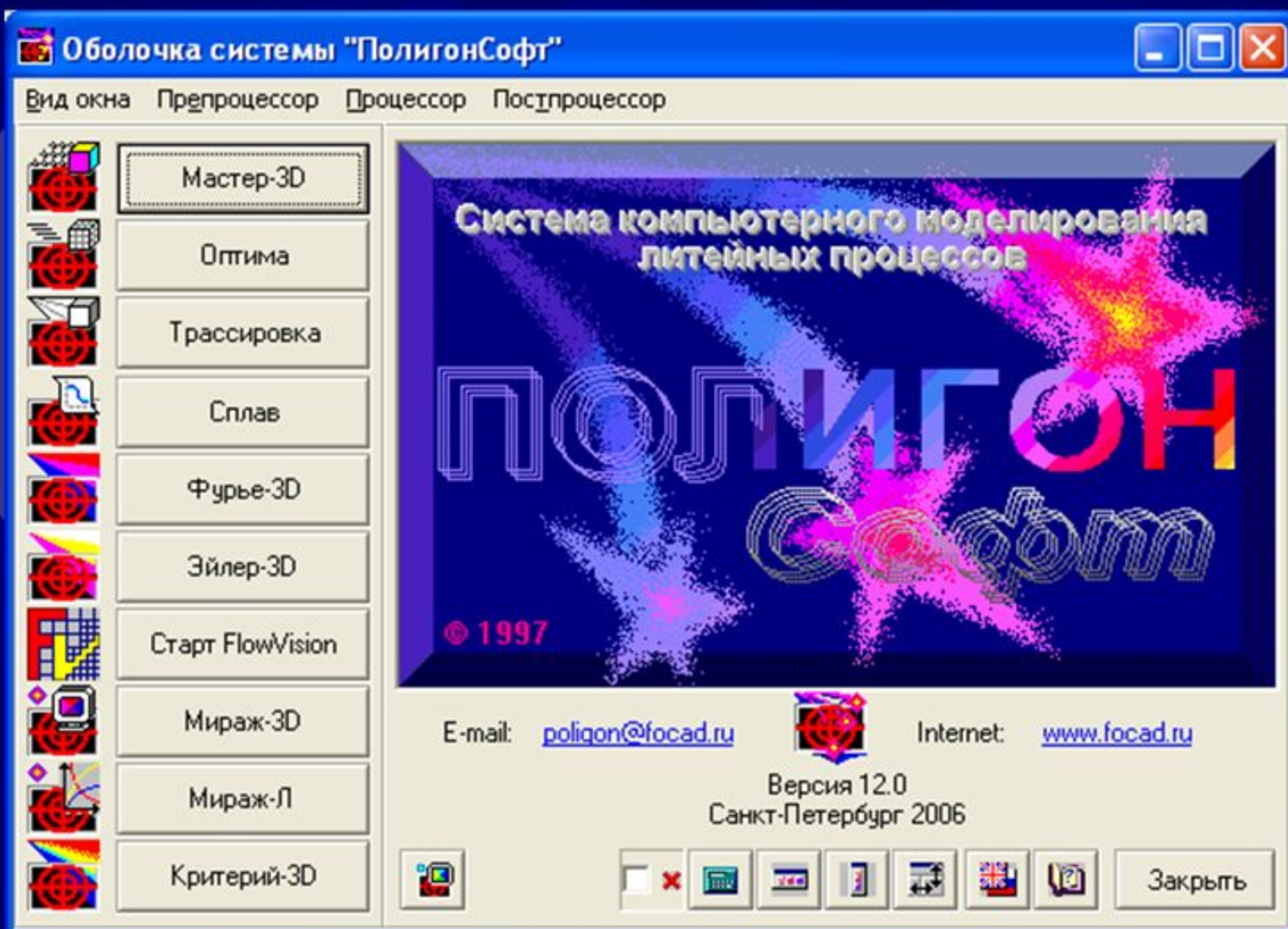
Основные задачи, решаемые при моделировании литейной технологии

- ☀ Гидродинамический расчёт заполнения литейной формы
- ☀ Тепловой расчёт затвердевания отливки в форме
- ☀ Усадочный расчёт образования зон микро- и макропористости

Структура СКМ ПОЛИГОН

- ☀ Препроцессор-
модули, предназначенные для подготовки данных и геометрической модели
- ☀ Процессор-
модули выполняющие расчёты
- ☀ Постпроцессор-
модули предназначенные для визуализации результатов расчётов

Оболочка СКМ ПОЛИГОН

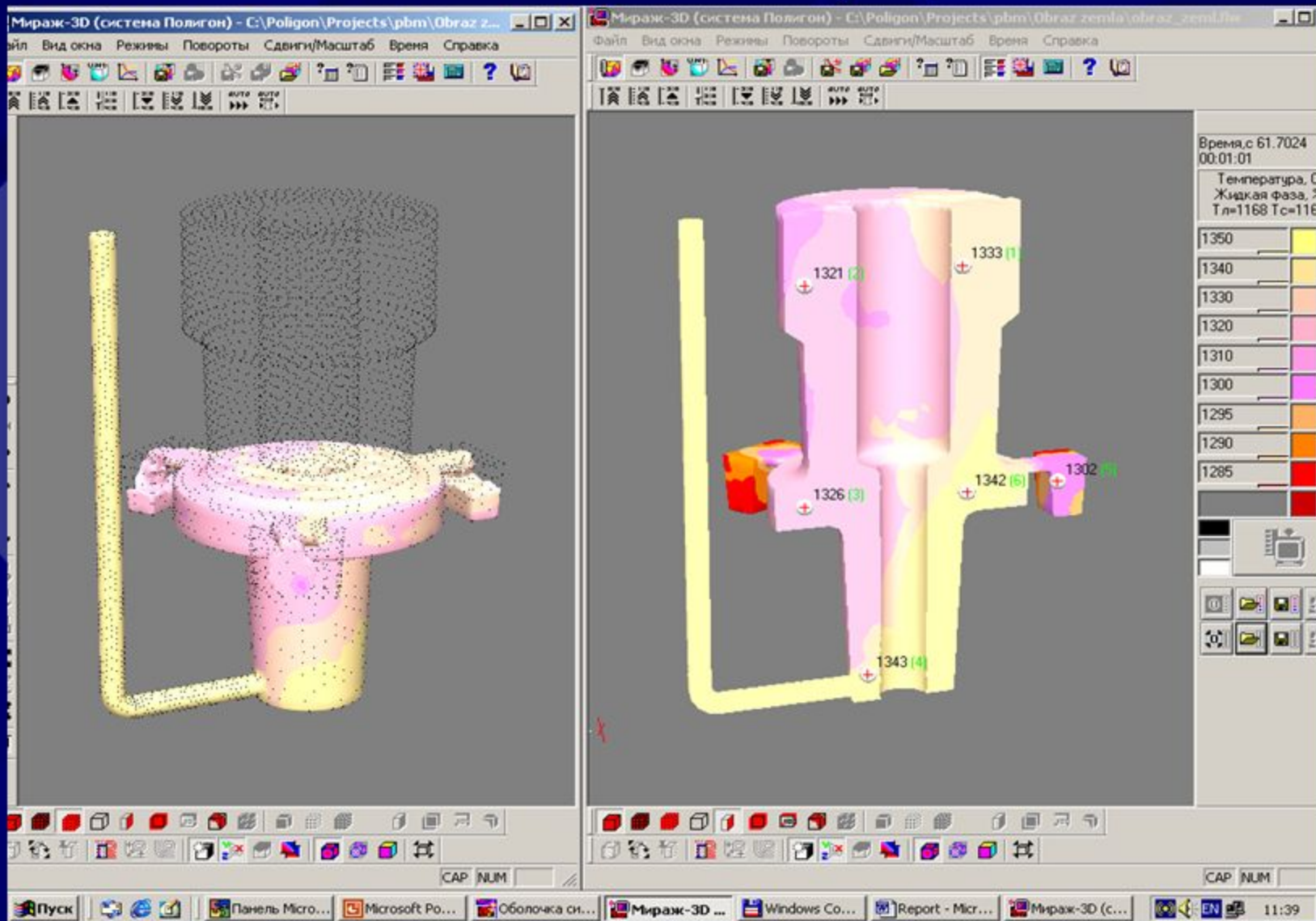


Гидродинамический расчёт заполнения формы

Даёт возможность:

- ☀ Моделировать заполнение формы жидким металлом
- ☀ Получить (и это главное) начальное распределение температурных полей в отливке с учётом взаимодействия расплава с формой

Пример расчета заполнения формы



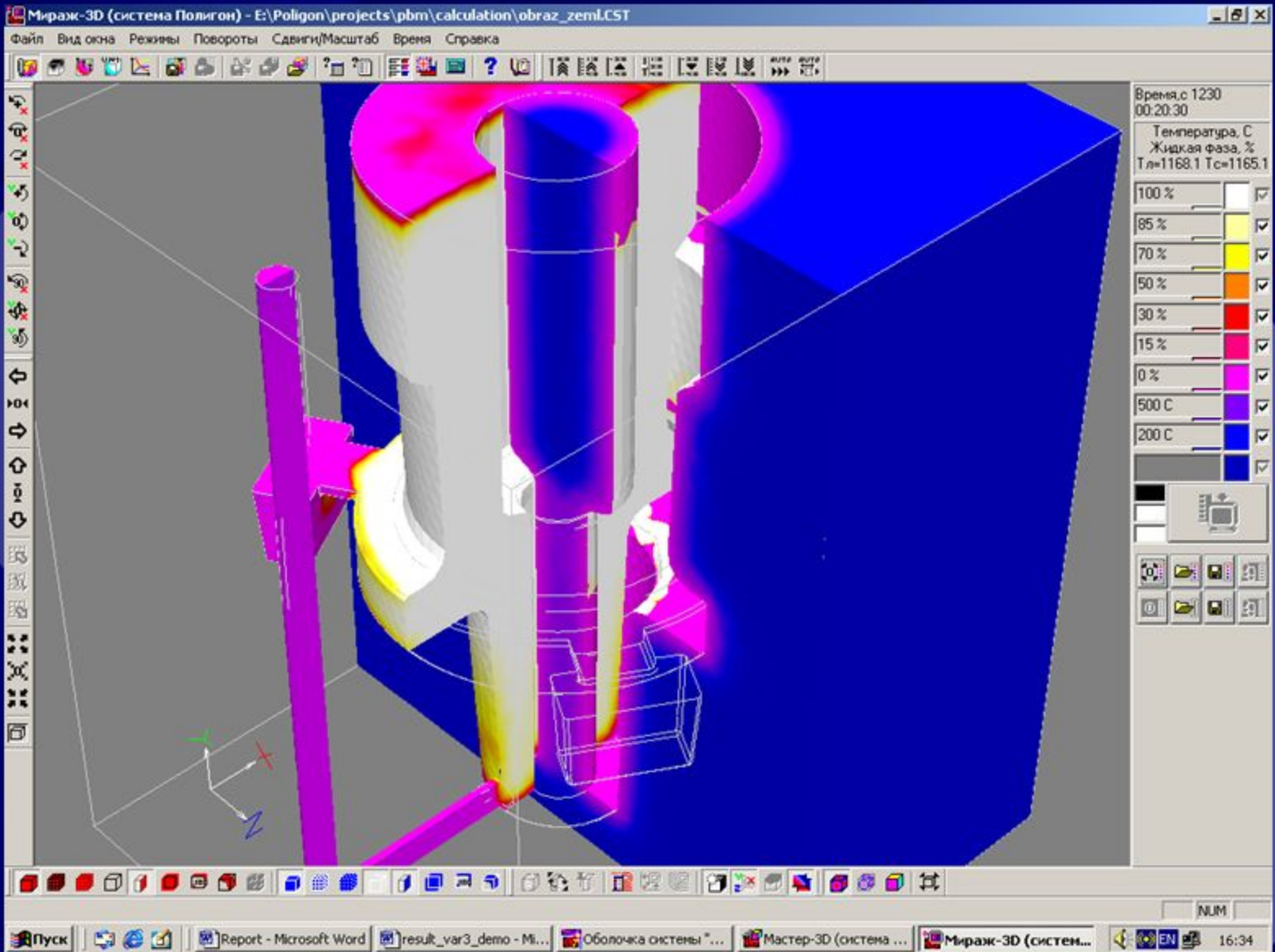
Распределение температур в металле на 20с. и в конце заполнения

Тепловой расчёт затвердевания отливки

Учитывает:

- ☀ Неравномерность выделения скрытой теплоты затвердевания
- ☀ Сложный характер тепловыделения на границе «отливка-форма»
- ☀ Межконтактные прослойки (окислы, краски)
- ☀ Теплопередачу теплопроводностью, конвекцией, лучеиспусканием

Пример теплового расчёта



Поля температур в отливке и форме на 21 мин. от начала затвердевания

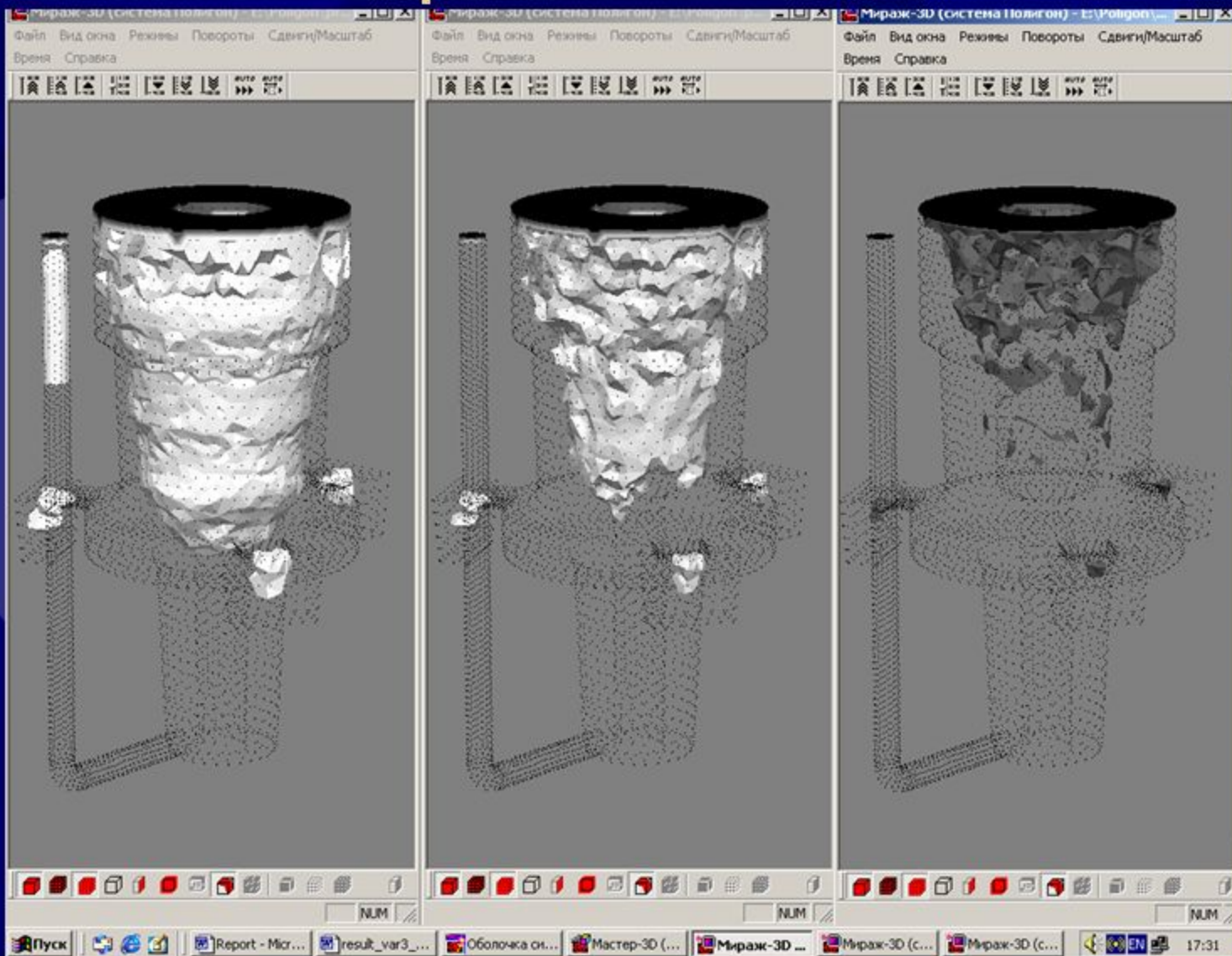
Усадочный расчёт образования зон макро- и микропористости

Рассматривает совместное протекание двух совершенно различных механизма образования усадочных дефектов:

- ☀ **первый** учитывает образование раковин и макропористости при недостатке питания
- ☀ **второй** учитывает образование микропористости из-за падения давления при фильтрационном течении расплава.

Позволяет получить распределение дефектов в объёме отливки

Пример усадочного расчёта

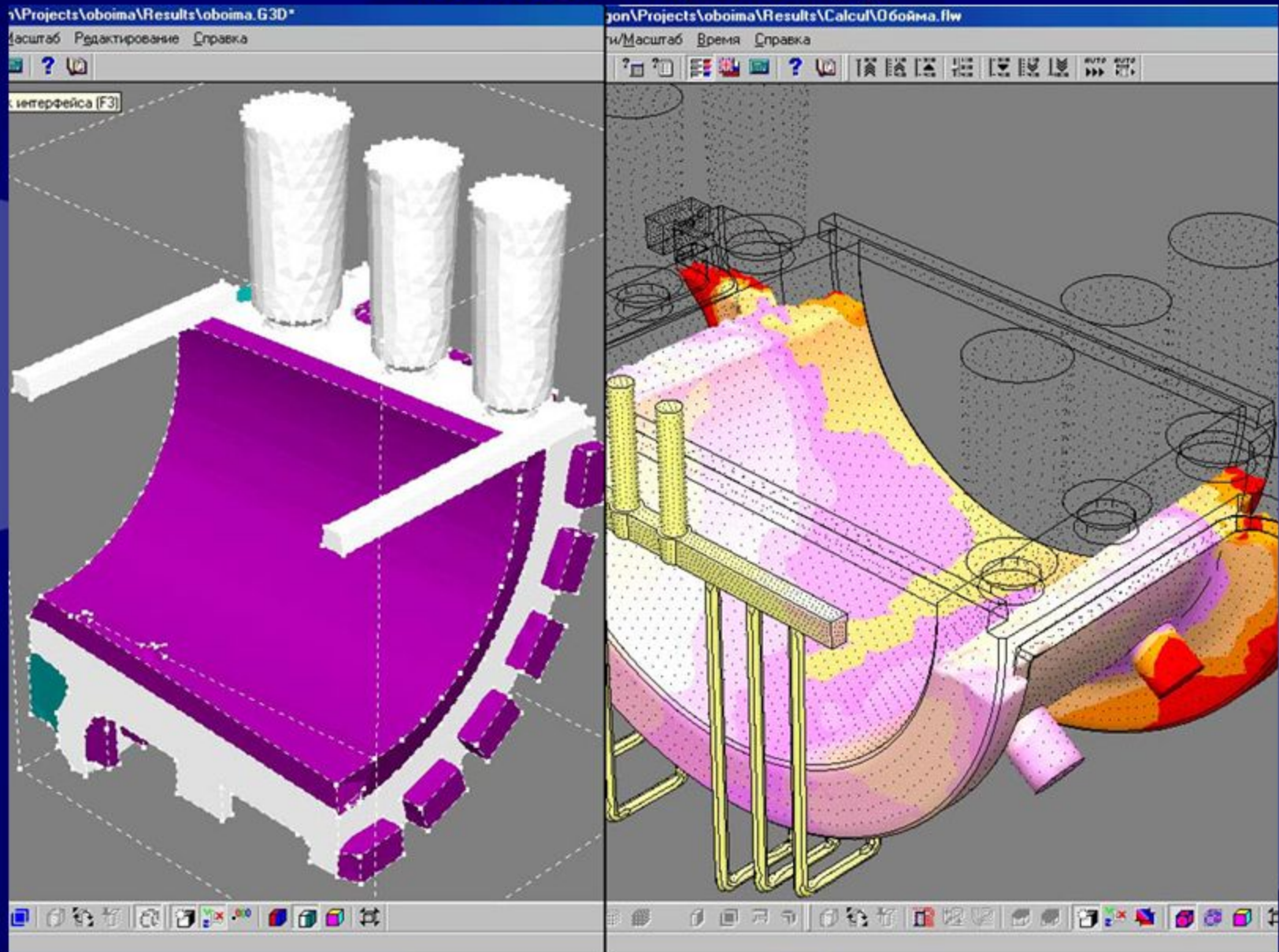


Области отливки с пористостью 2%, 20%, 75%

Расчет по критериям

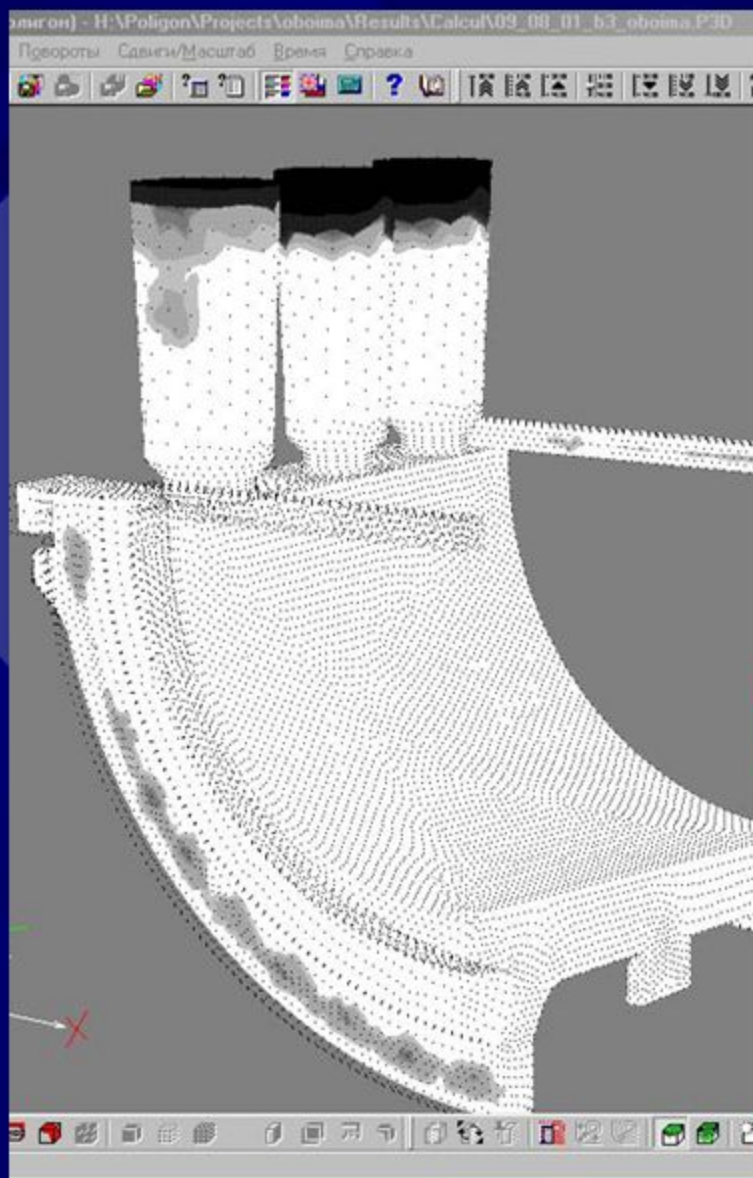
- ✿ Позволяет проанализировать расчётные поля, полученные в результате работы ПОЛИГОНа и получить сведения о прочности, твёрдости, структуре в различных частях отливки, сделать вывод о вероятности размыва формы и проч.
- ✿ Пользователь пользуется библиотекой критериев, может их беспрепятственно править и составлять новые

Отливка: «Обойма»
Технология: Литье в ПГС-форму
Сплав: Высокопрочный чугун

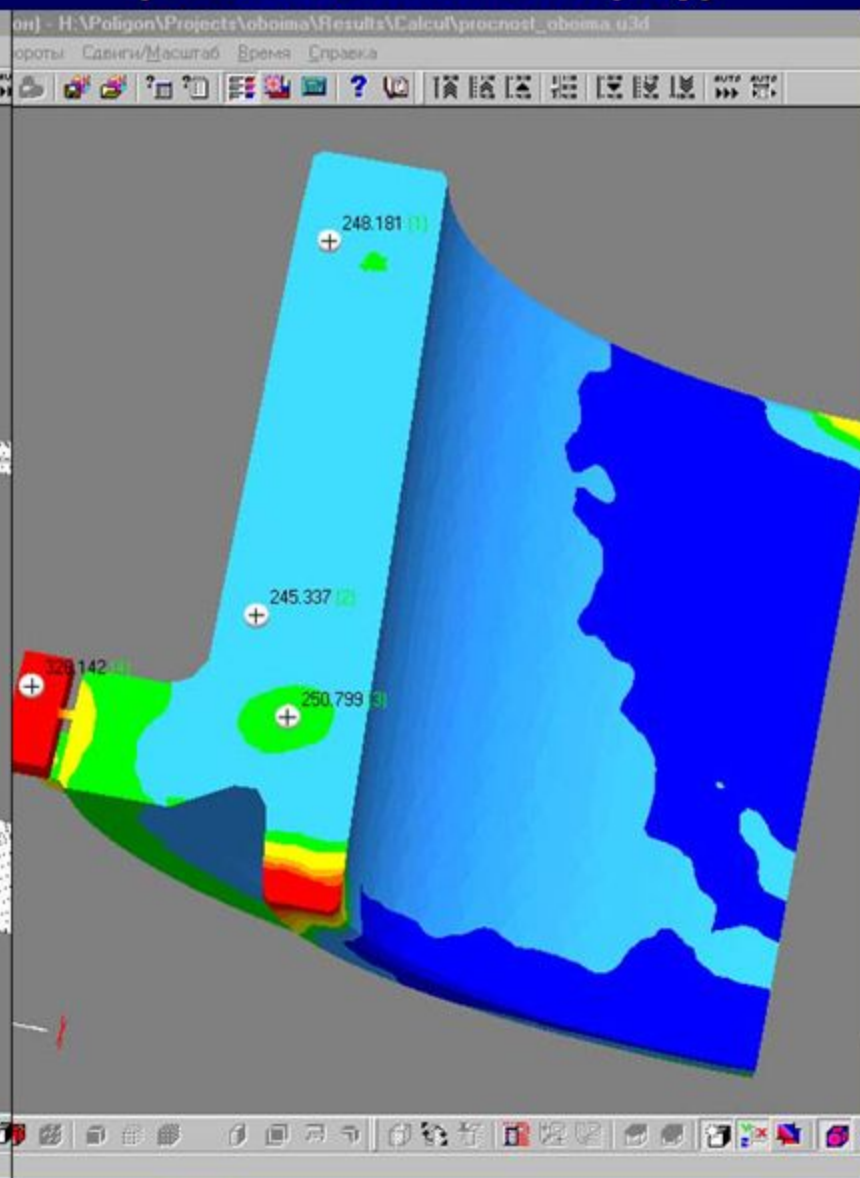


Технология: литье в ПГС-форму Сплав: высокопрочный чугун

Пористость в теле отливки

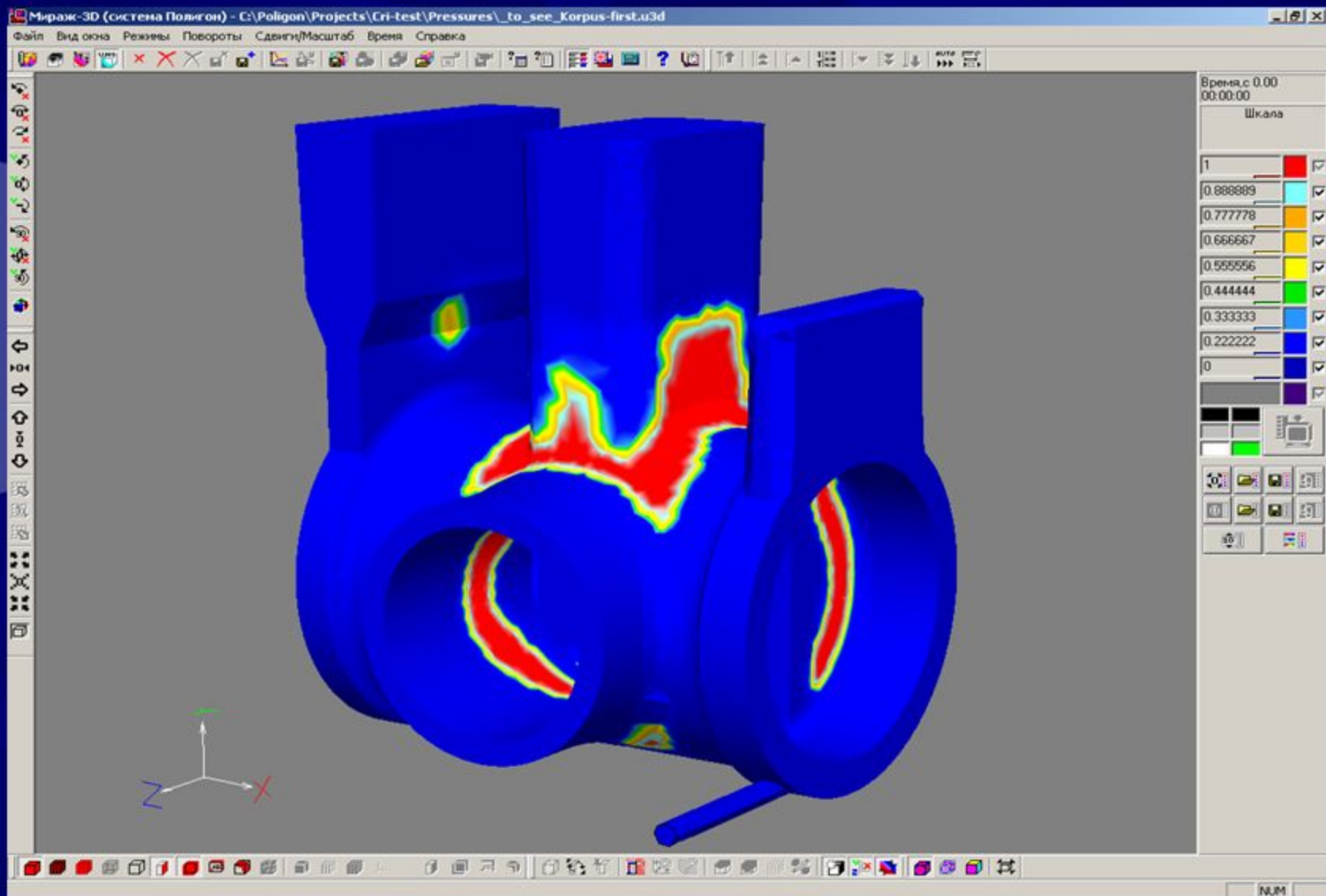


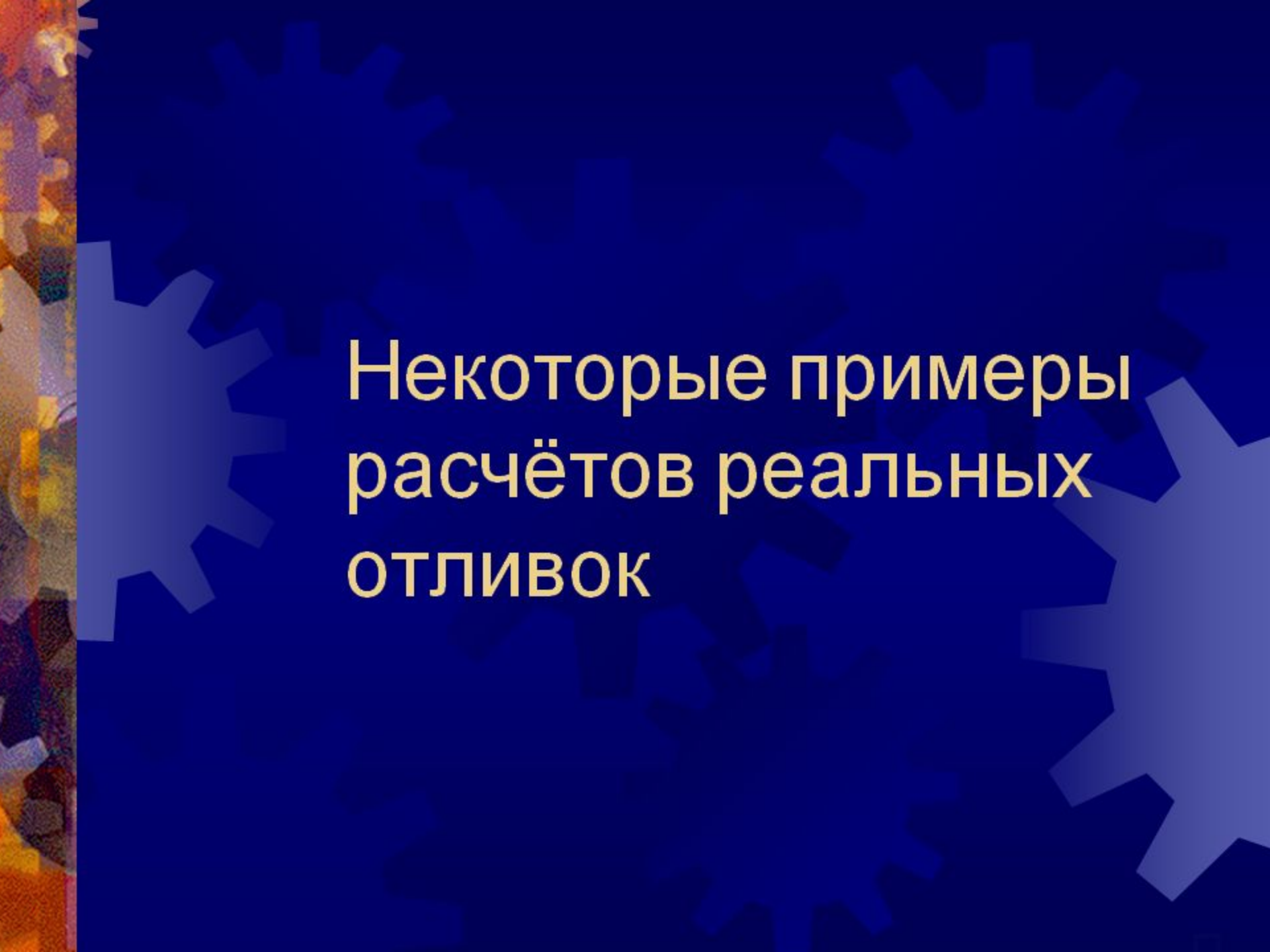
Поля твёрдости – критериальная обработка расчётных полей температур



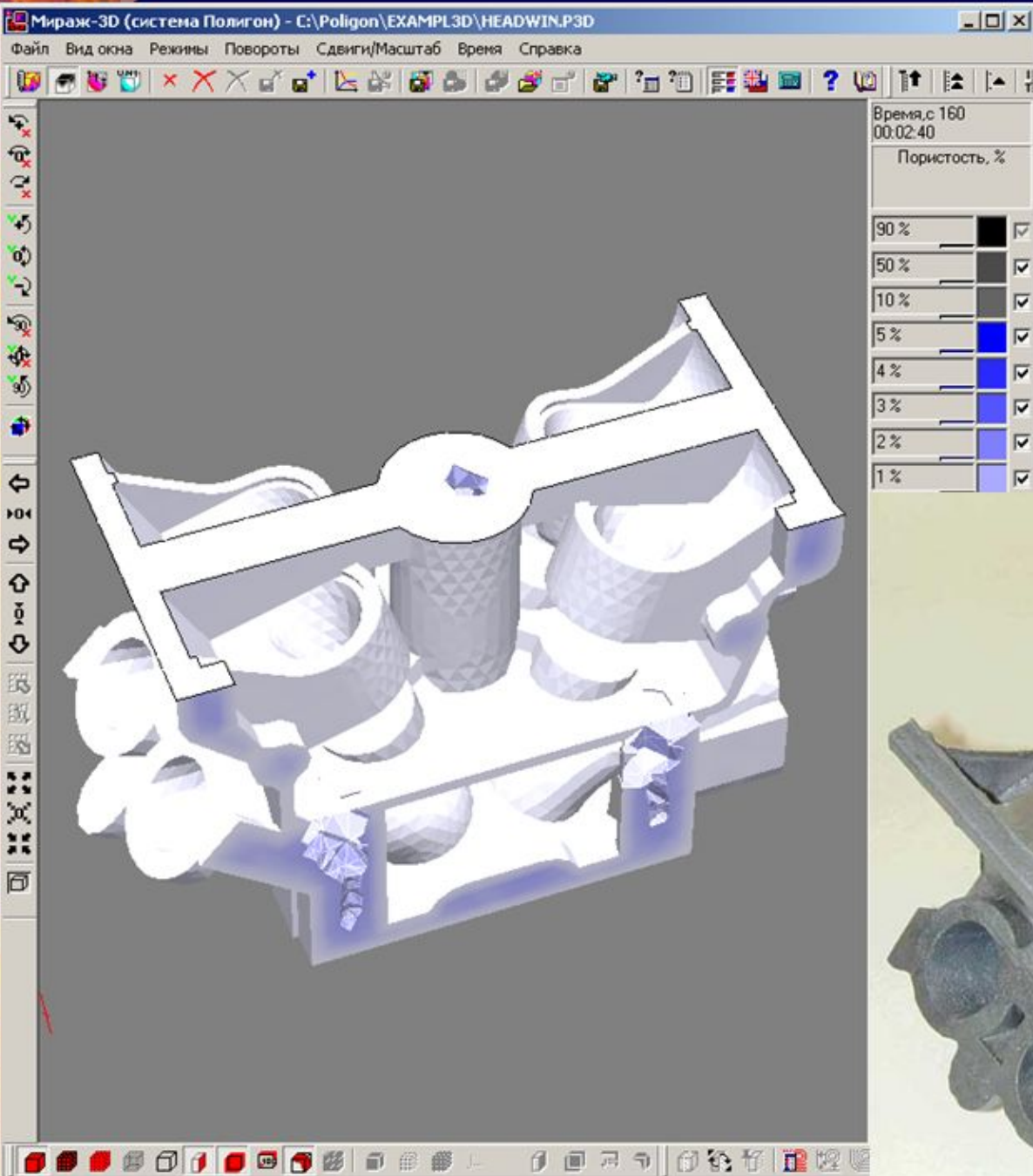
Технология: литьё в ПГС-форму Сплав: сталь 20Л

Места на поверхности отливки, в которых существует опасность появления пригара – критерияльная обработка расчётного поля давлений





Некоторые примеры расчётов реальных ОТЛИВОК



Отливка: «Головка блока цилиндров»
Технология: литьё в кокиль
Сплав: Al-сплав

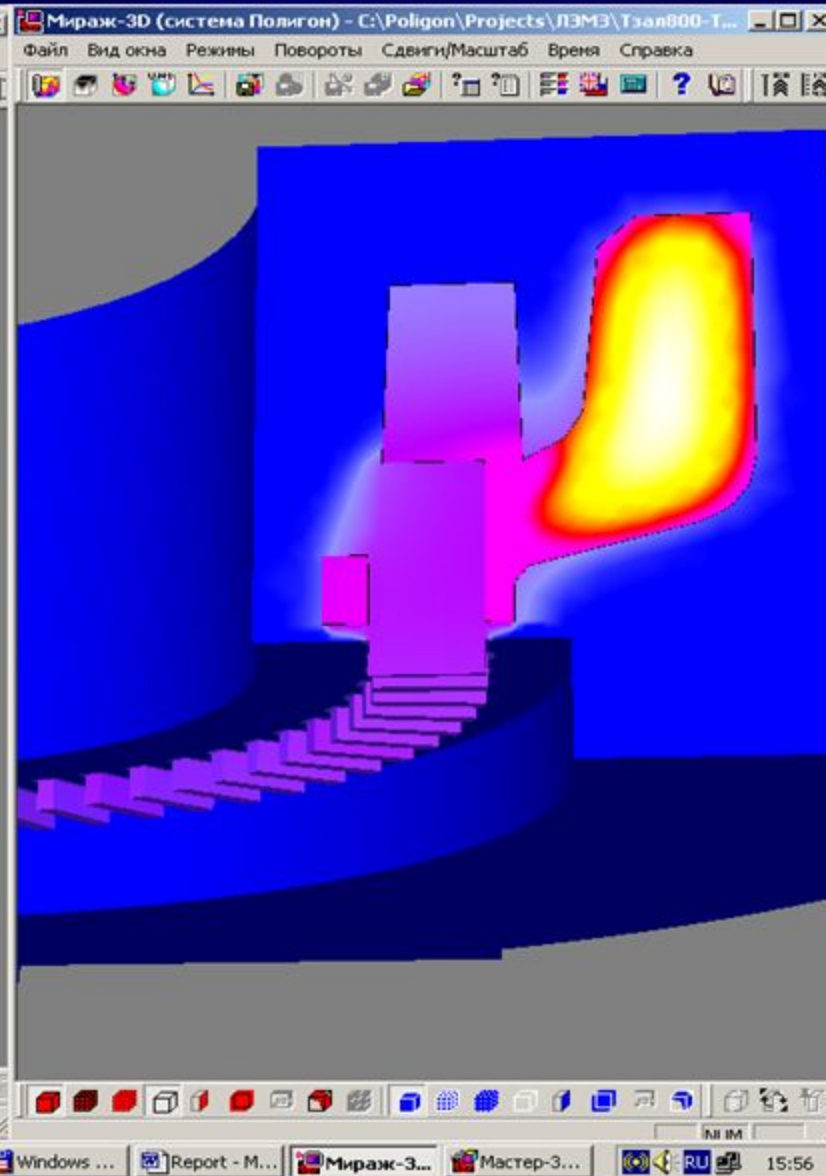
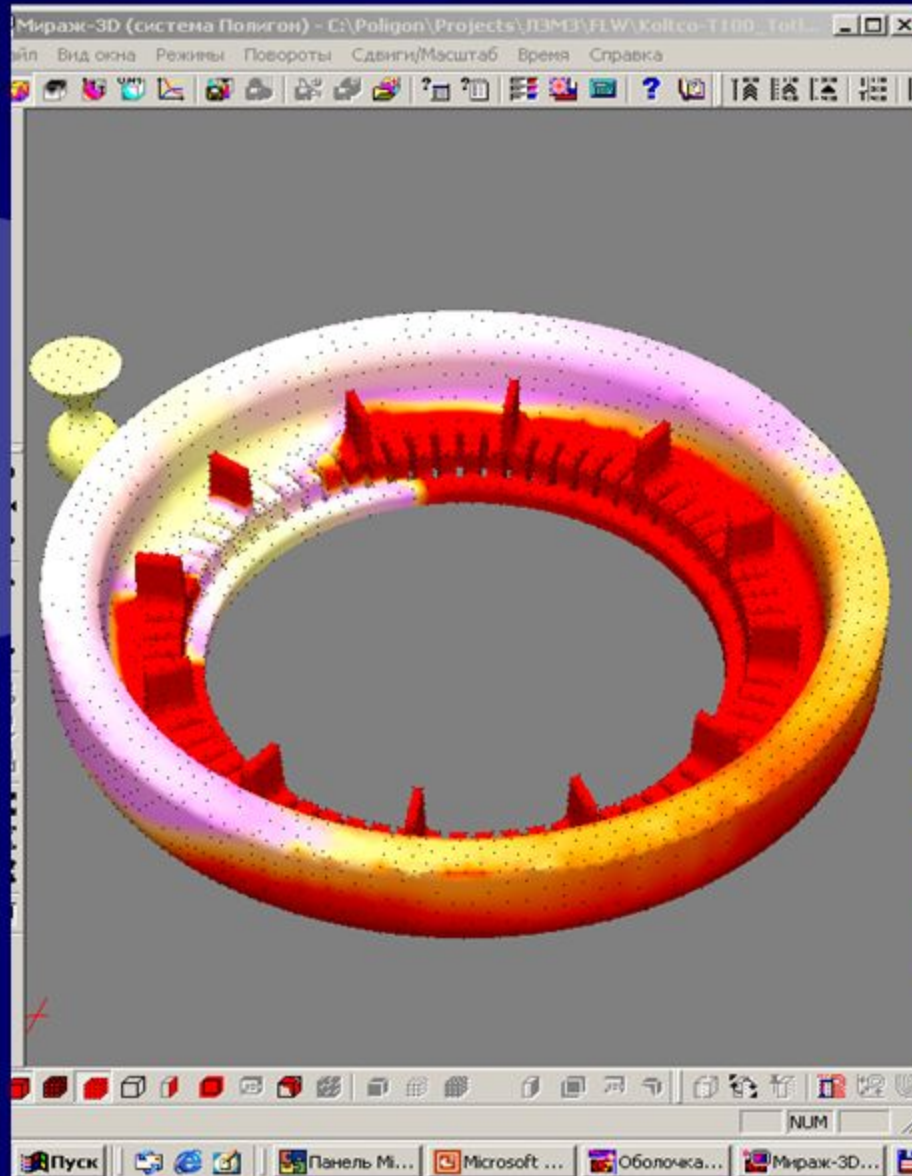
Рассчитанные в ПОЛИГОНе
дефекты в отливке

и

пористость в реальной отливке



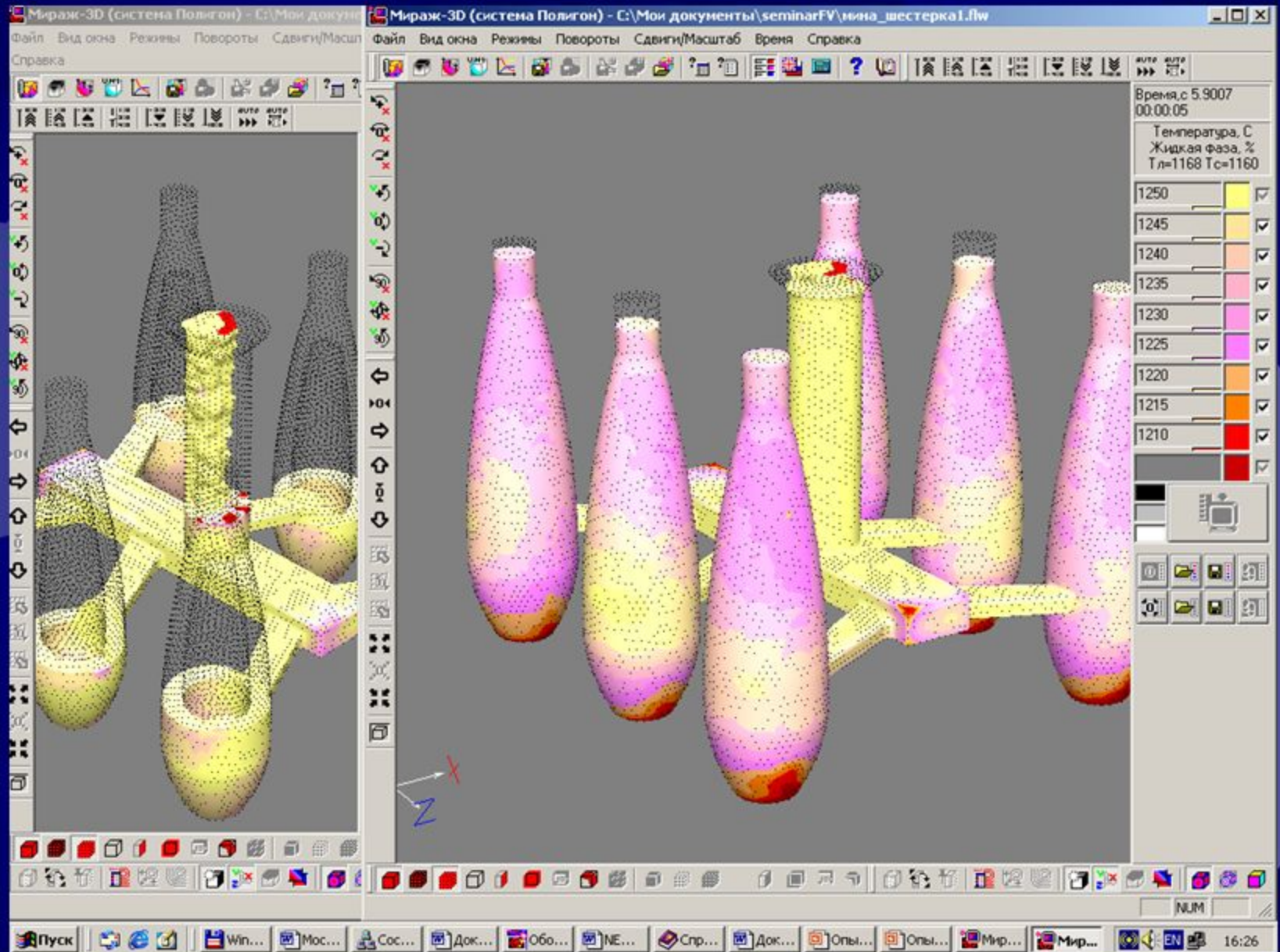
Отливка «Кольцо короткозамкнутого ротора»
Технология: литье в кокиль
Сплав: электротехнический алюминий



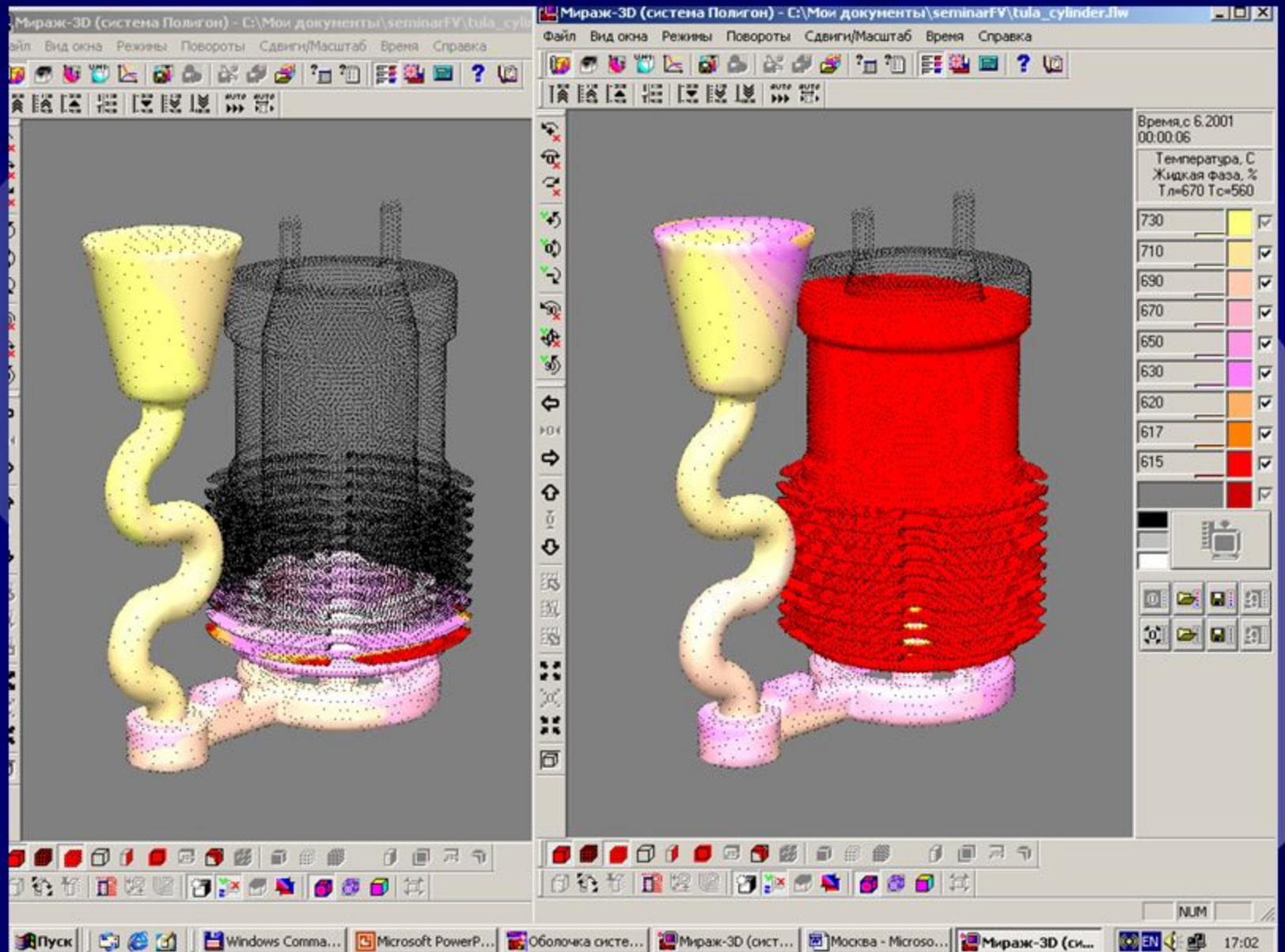
Отливка: «Хвостовик»

Технология: литье в вакуум-плёночную форму

Сплав: серый чугун



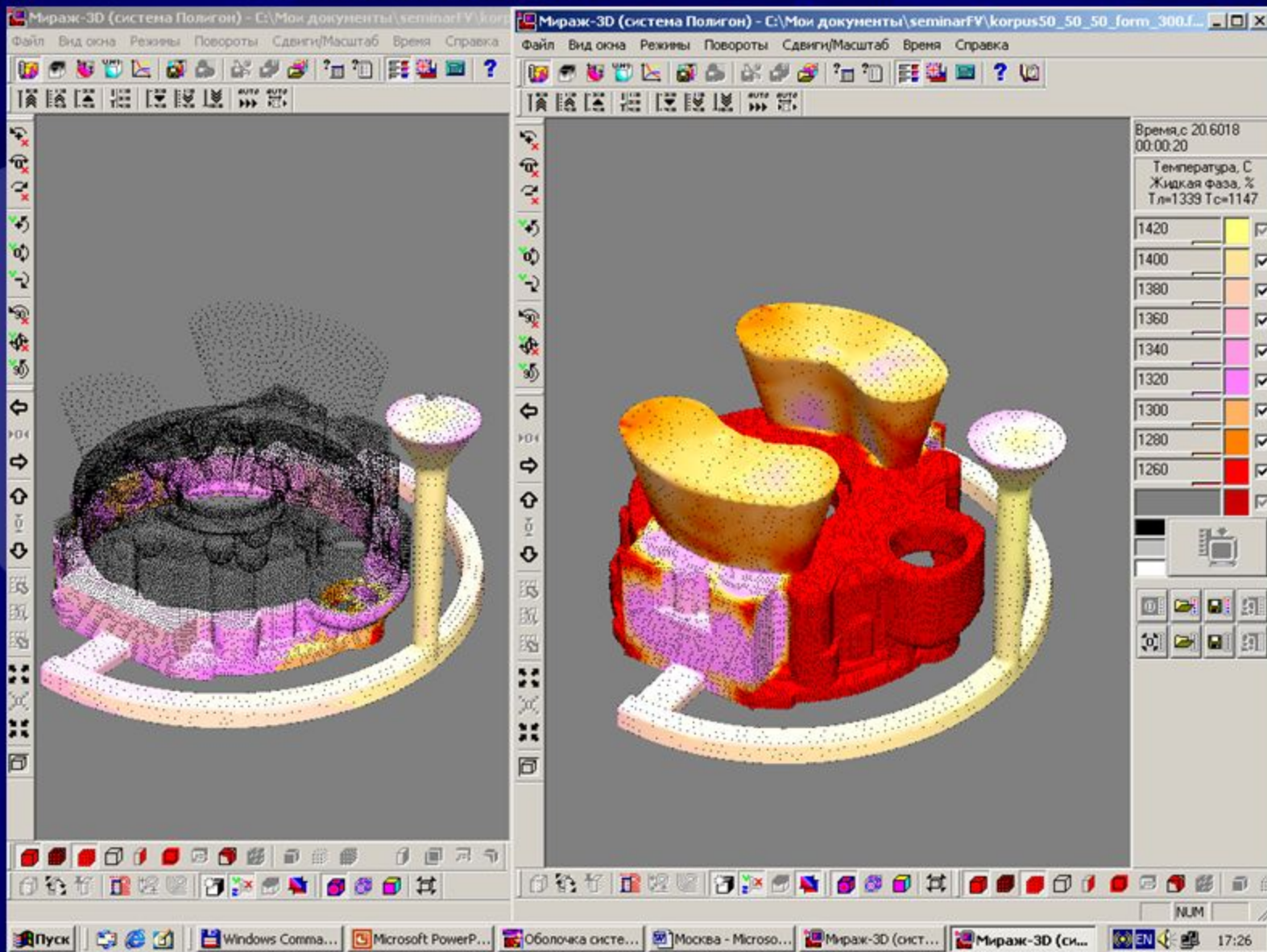
Отливка: «Цилиндр»
Технология: литье в кокиль
Сплав: Al - сплав



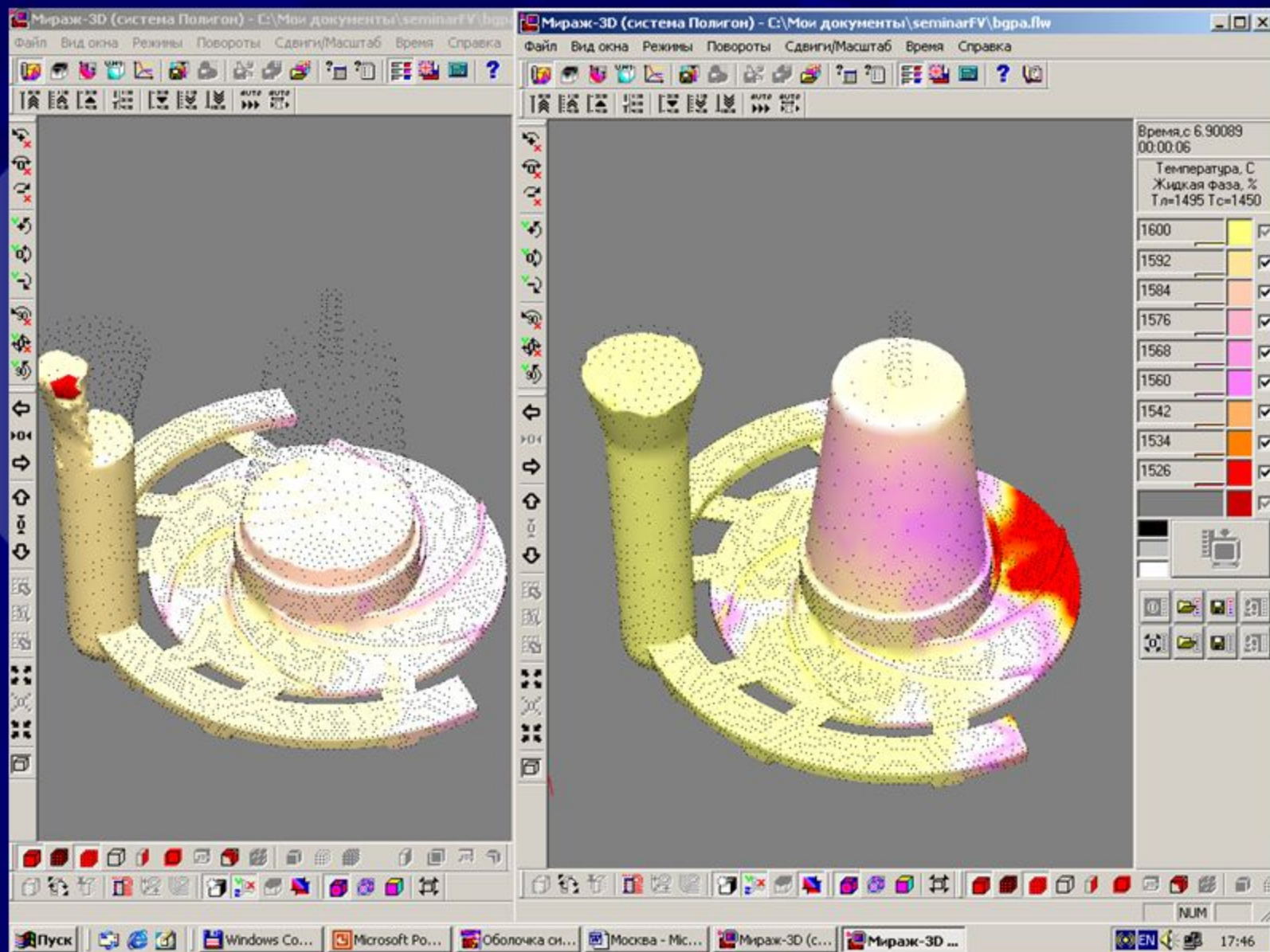
Отливка: «Корпус коробки передач»

Технология: литье в ПГС-форму

Сплав: ковкий чугун



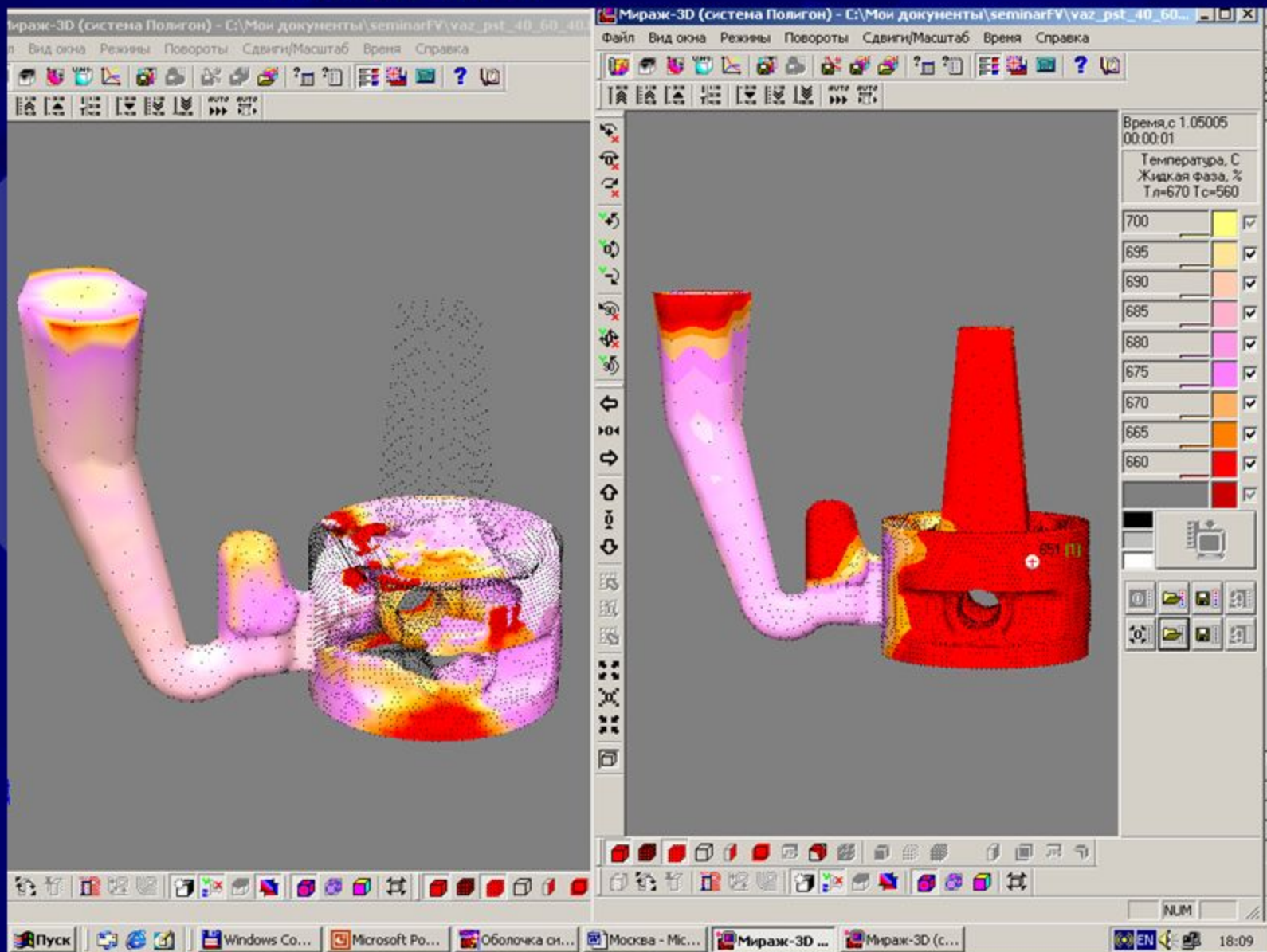
Отливка: «Колесо»
Технология: литье по выплавляемым моделям
Сплав: сталь



Отливка: «Поршень»


Технология: литье в кокиль

Сплав: Al - сплав



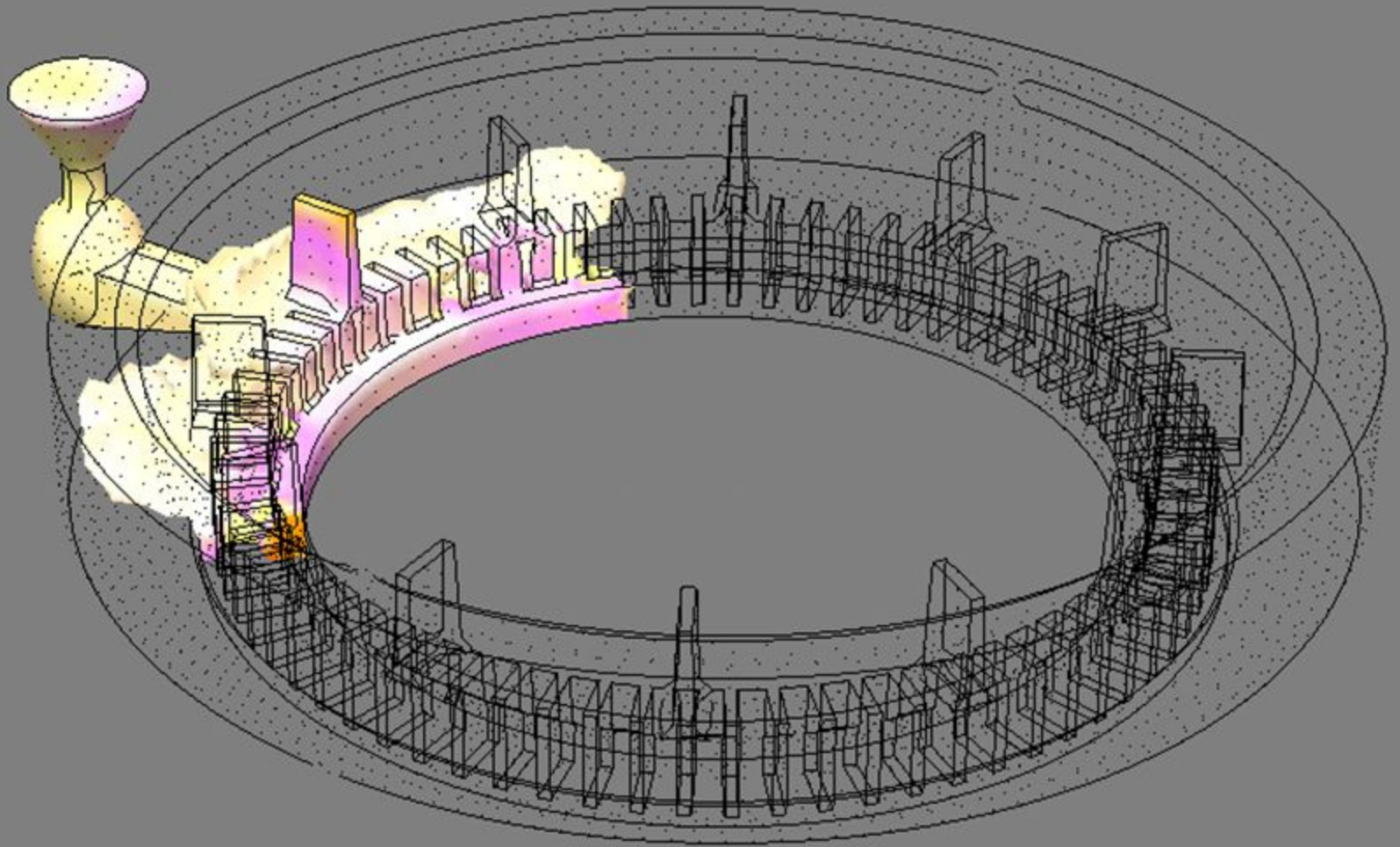
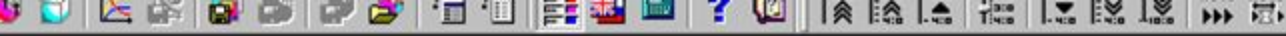
The background is a dark blue field filled with faint, semi-transparent gear shapes of various sizes. On the left side, there is a vertical strip with a colorful, abstract, textured pattern in shades of orange, yellow, and brown.

Основные результаты работы с СКМ ЛП ПОЛИГОН



Гидродинамический расчёт заполнения формы металлом

Выполняется модулем
Эйлер-3D



Время, с 0
00:00:00

Температура
Жидкая фаза
Тл=66

720

712

704

696

688

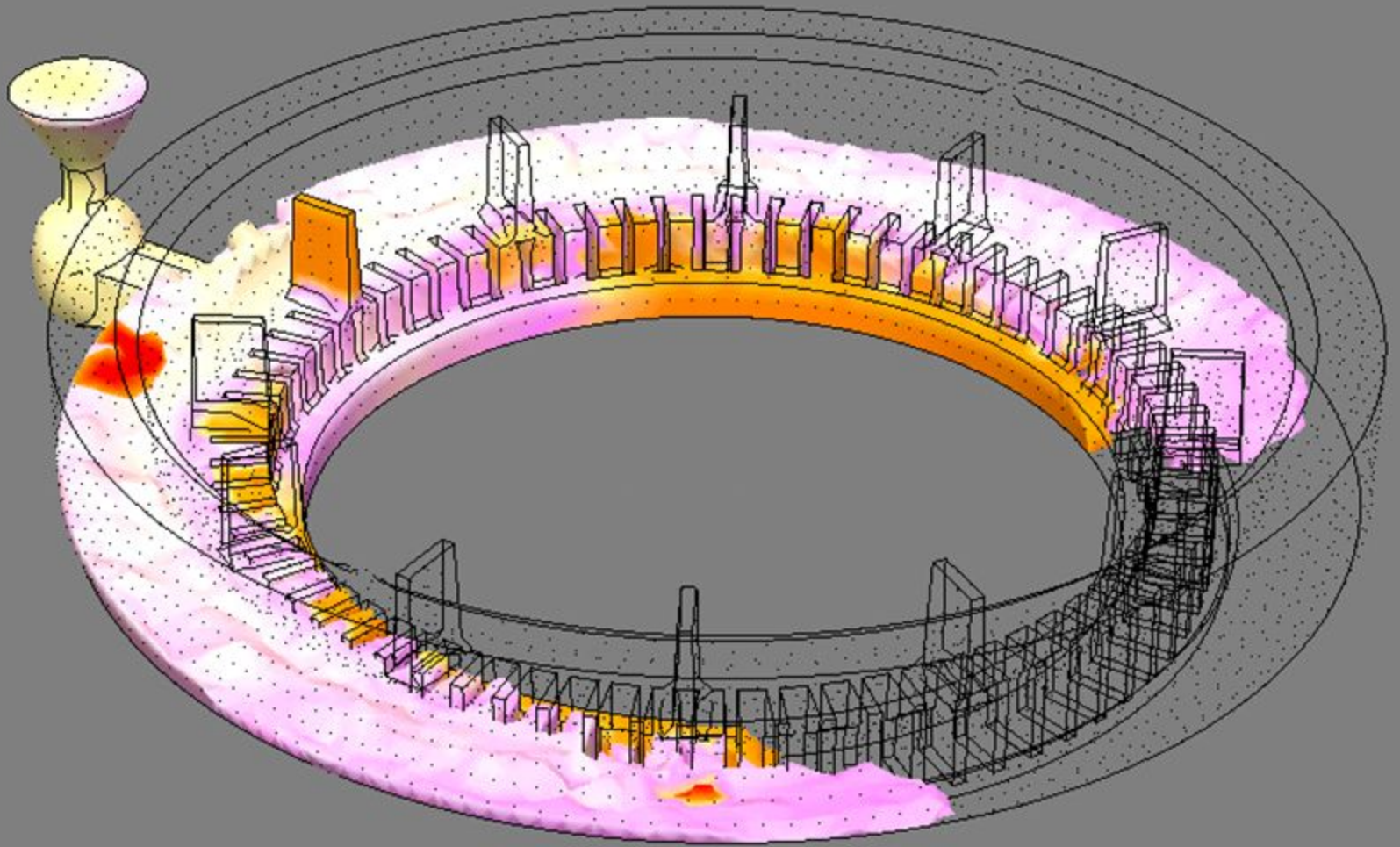
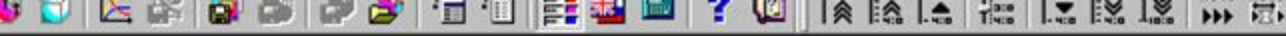
680

672

664

656





Время, с
00:00:01

Температура
Жидкая фаза
Тл=660

720

712

704

696

688

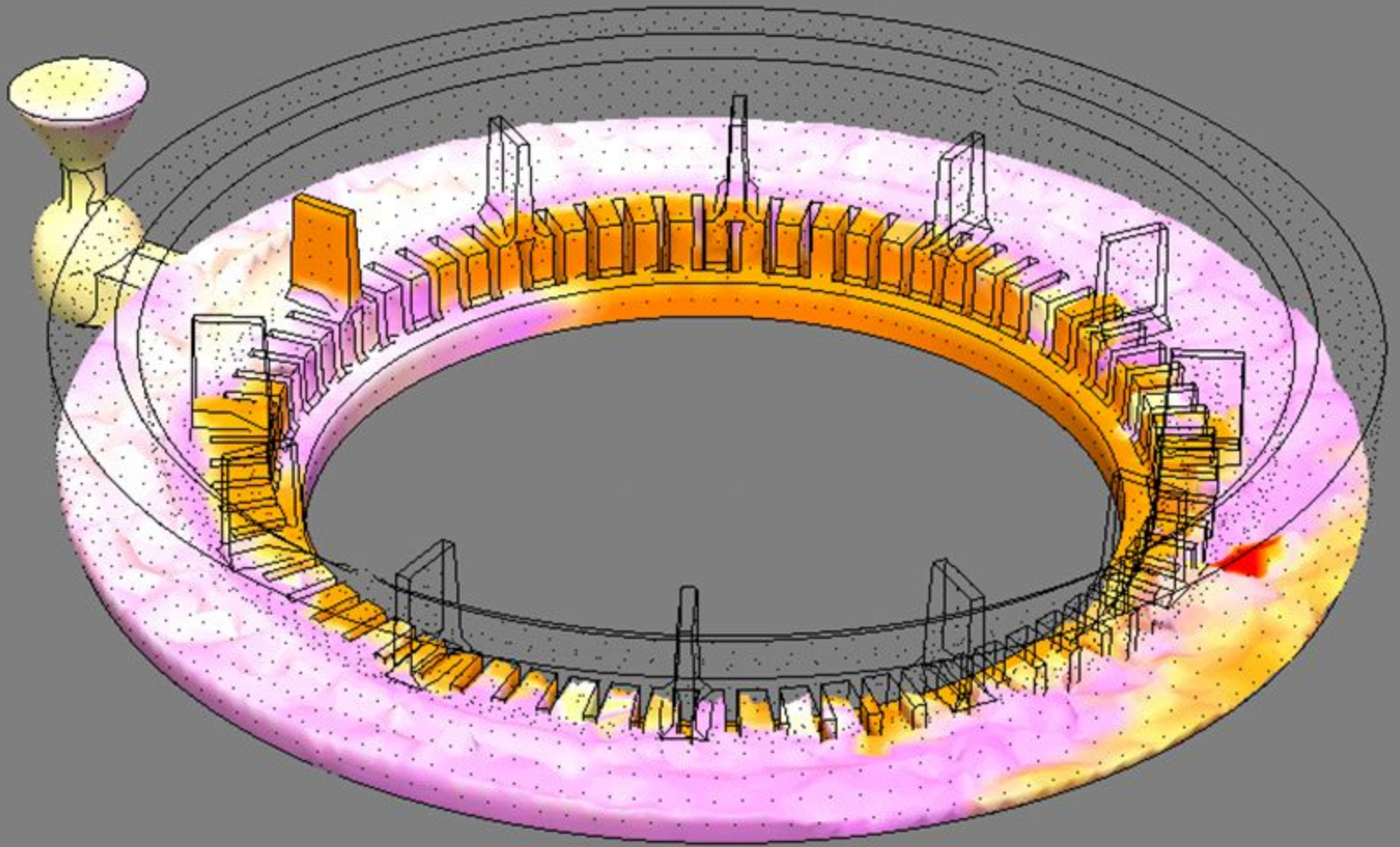
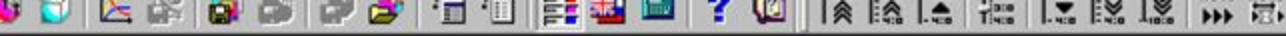
680

672

664

656





Время, с 2
00:00:02

Темпер
Жидкас
Тл=66

720

712

704

696

688

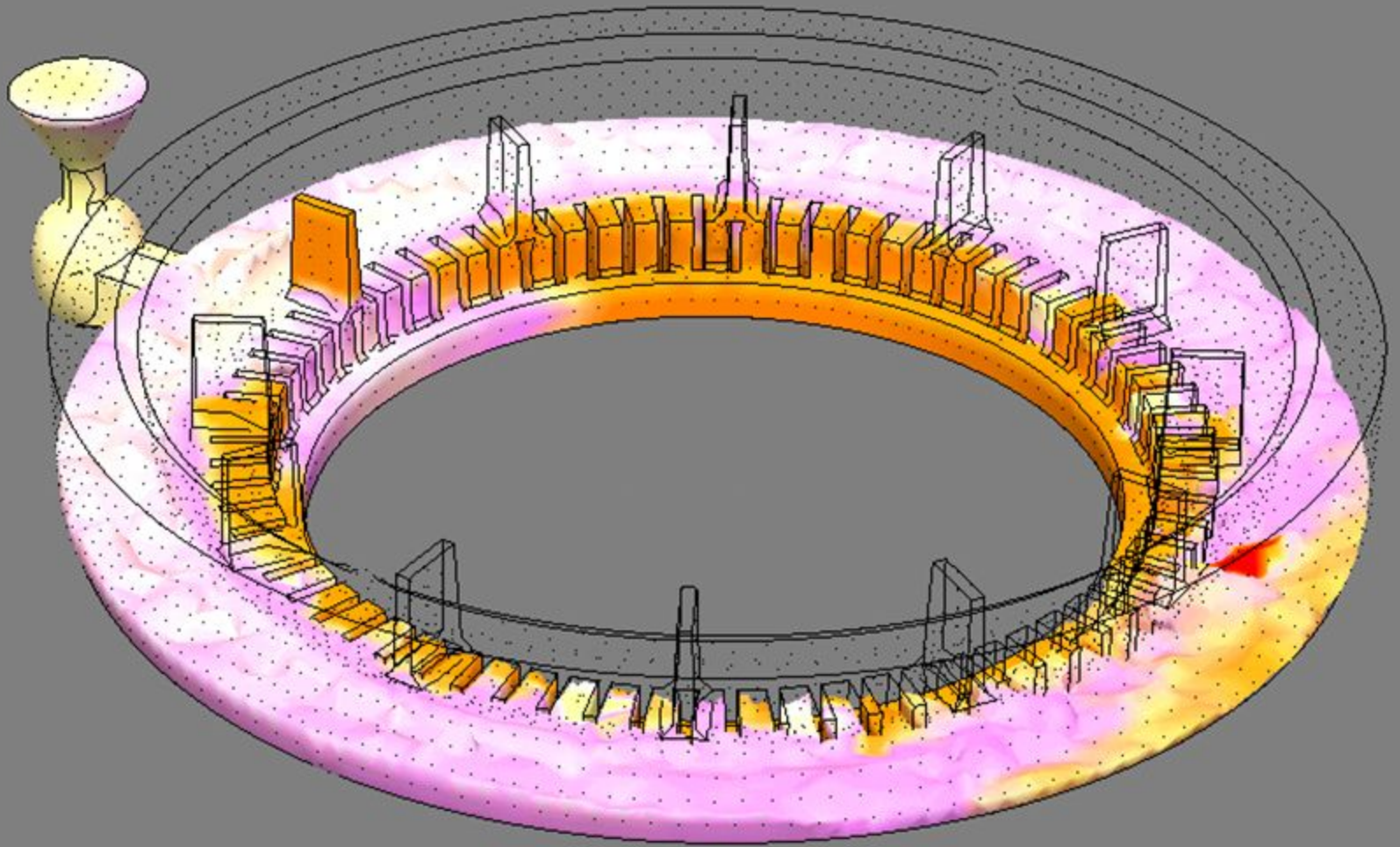
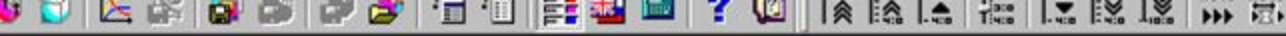
680

672

664

656





Время, с 2
00:00:02

Темпер
Жидка
Тл=66

720

712

704

696

688

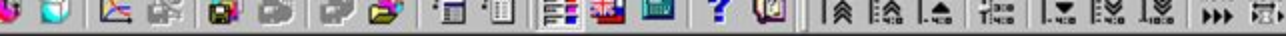
680

672

664

656



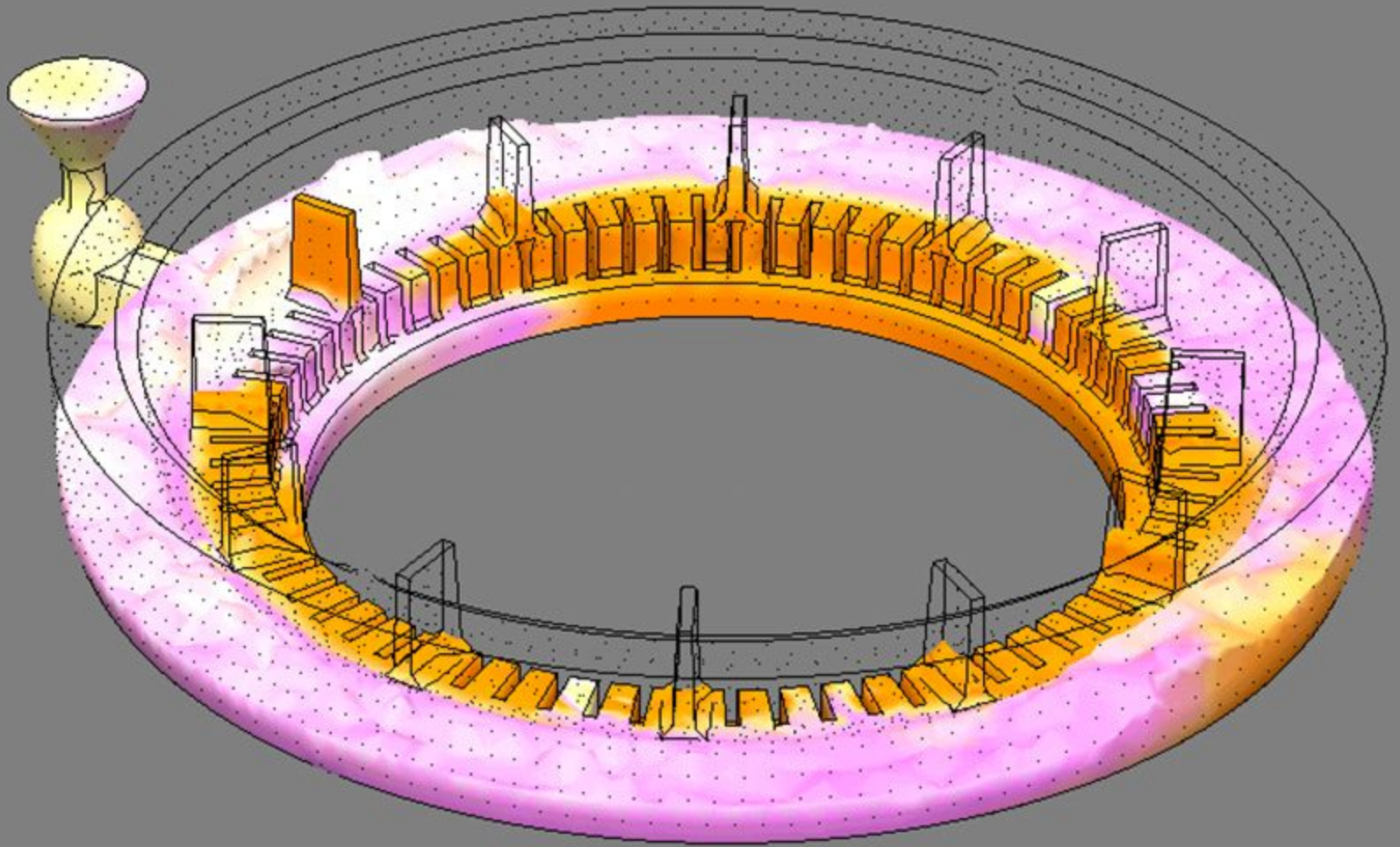


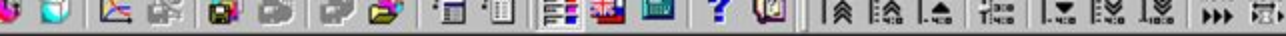
Время, с 2
00:00:02

Темпер
Жидка
Тл=66

- 720
- 712
- 704
- 696
- 688
- 680
- 672
- 664
- 656

A vertical sidebar containing various CAD software controls such as viewports, zoom tools, and navigation buttons.

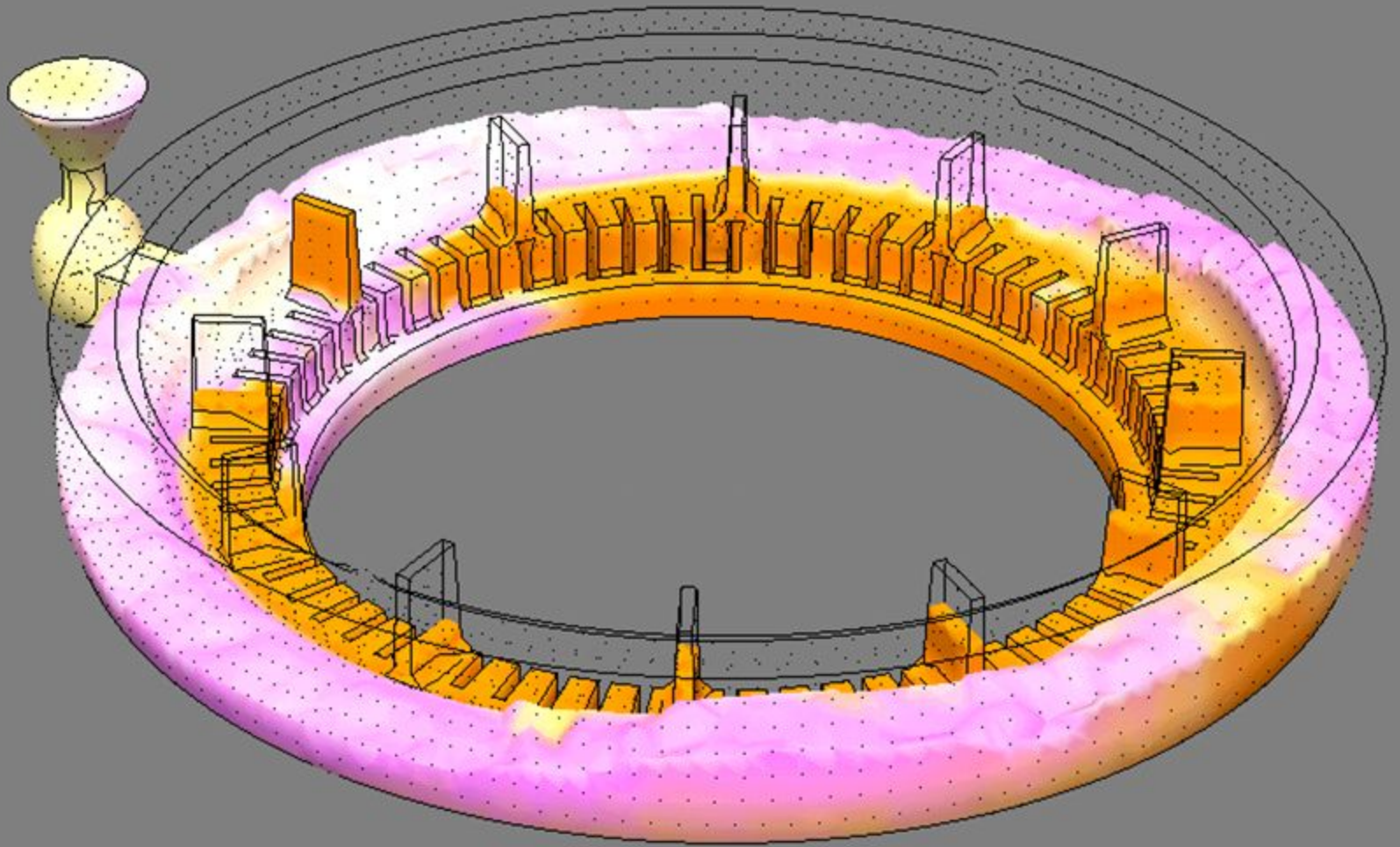


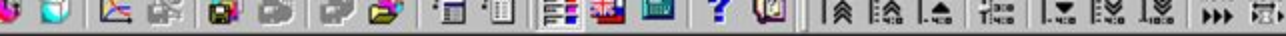


Время, с
00:00:03
Темпер
Жидка
Тл=66

- 720
- 712
- 704
- 696
- 688
- 680
- 672
- 664
- 656

A vertical panel of CAD software controls including a coordinate system icon, a view rotation icon, and a zoom in/out icon.



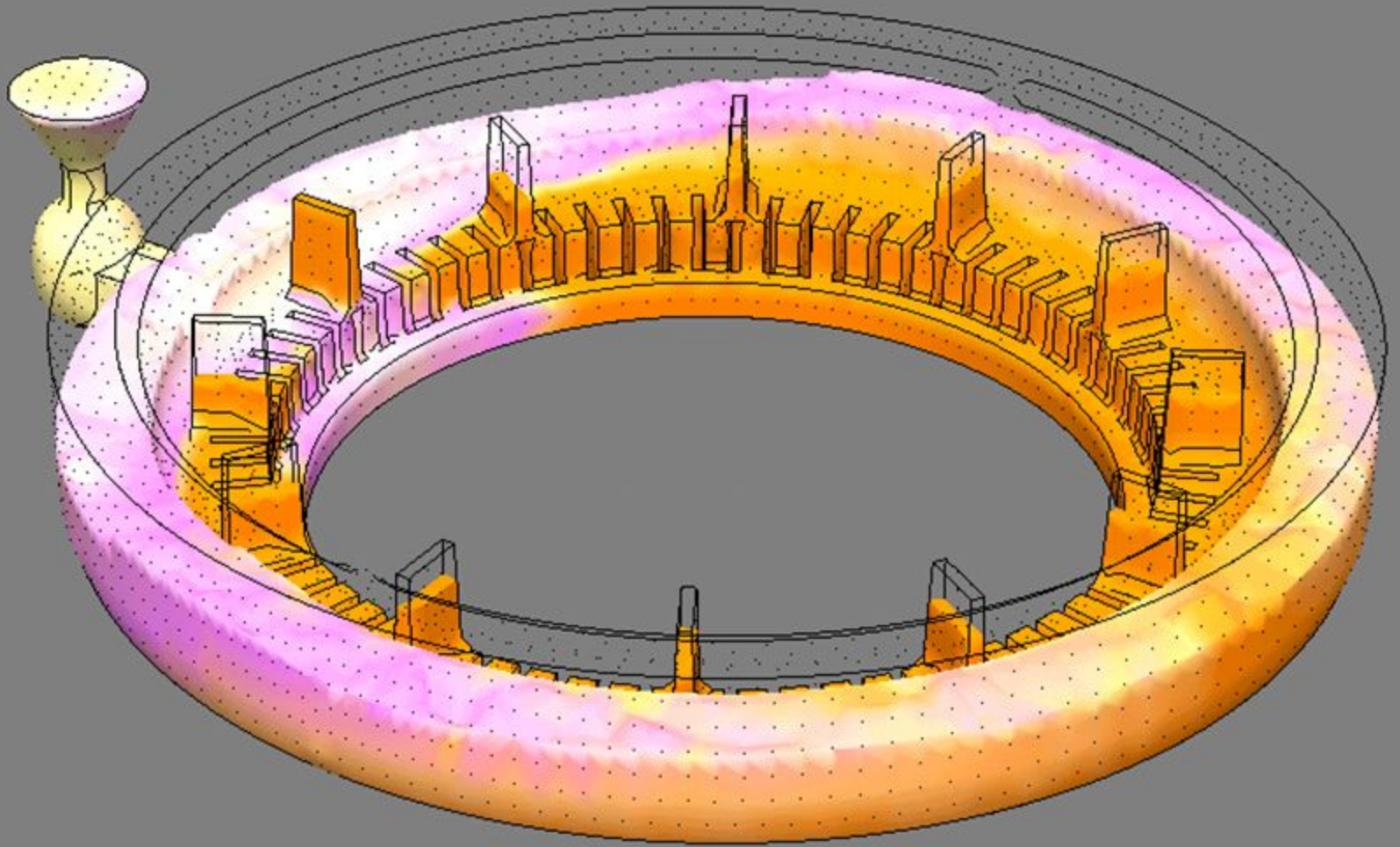


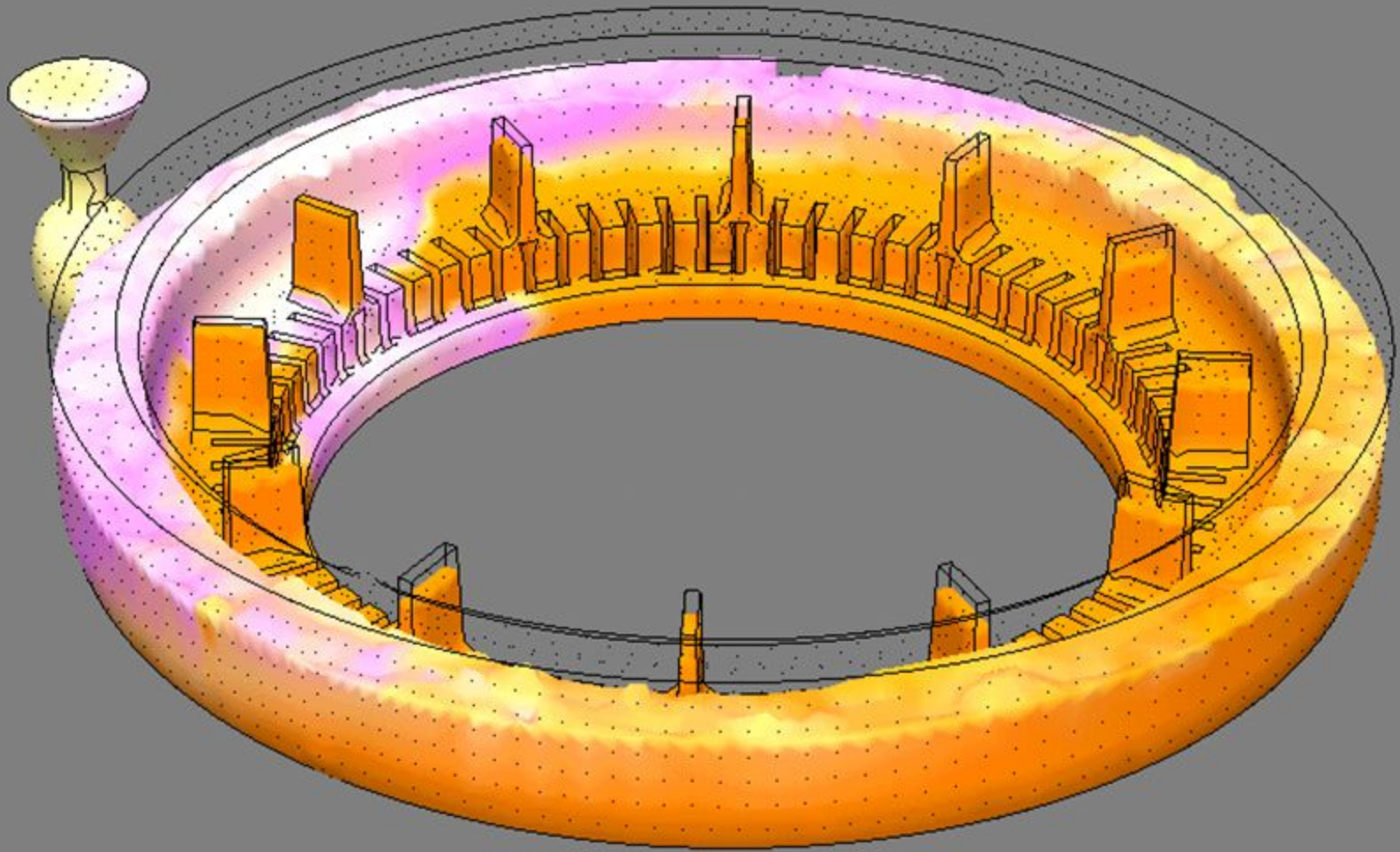
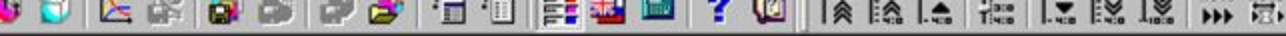
Время, с
00:00:03

Темпер
Жидка
Тл=66

- 720
- 712
- 704
- 696
- 688
- 680
- 672
- 664
- 656

A vertical sidebar of CAD software controls including icons for view manipulation (isometric, top, bottom, front, back) and zooming (fit, zoom in, zoom out).





Время, с 4
00:00:04

Темпер
Жидка
Тл=66

720

712

704

696

688

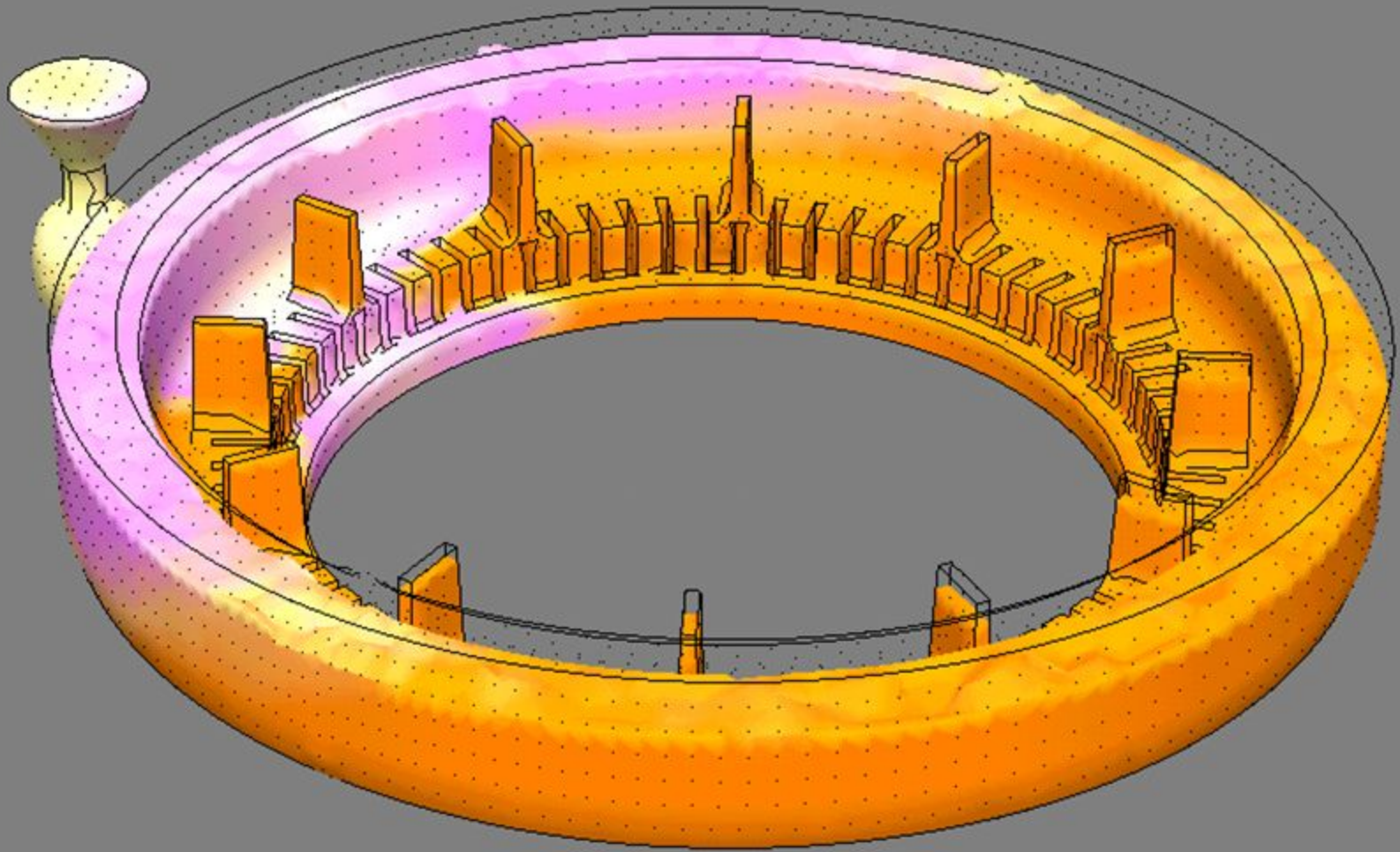
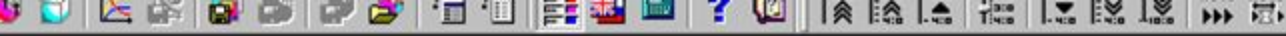
680

672

664

656





Время, с 4
00:00:04

Темпер
Жидка
Тл=66

720

712

704

696

688

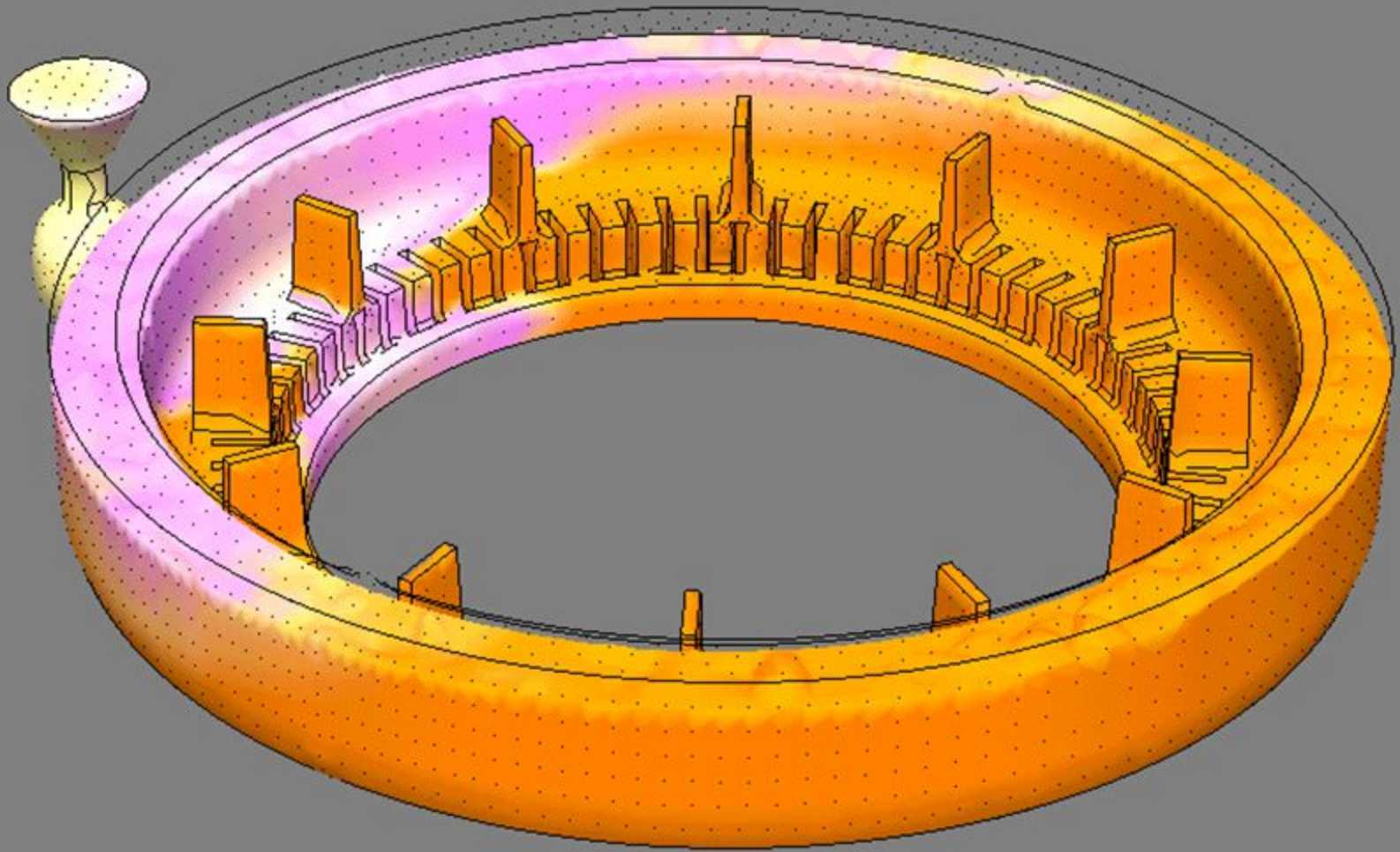
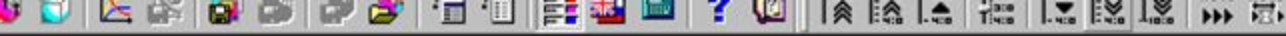
680

672

664

656





Время, с
00:00:05

Темпер
Жидка
Тл=66

720

712

704

696

688

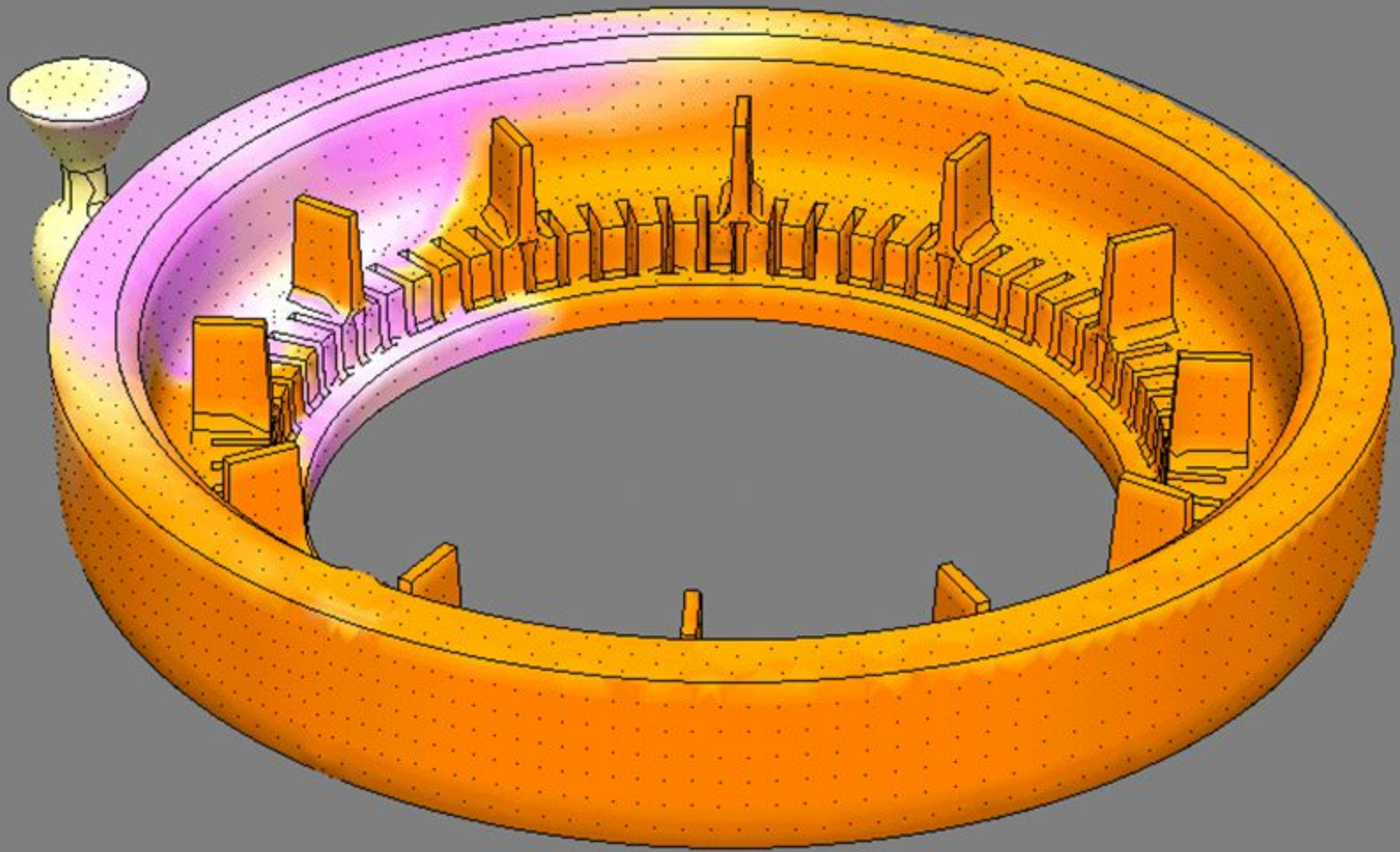
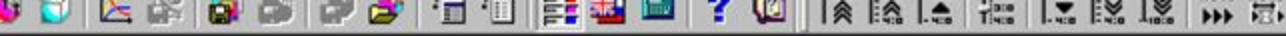
680

672

664

656





Время, с 00:00:06

Температура
Жидкая
Тл=660

720

712

704

696

688

680

672

664

656

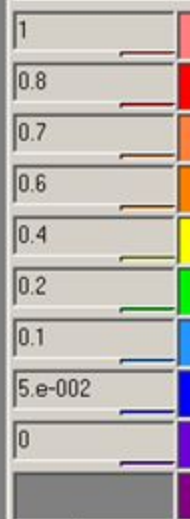




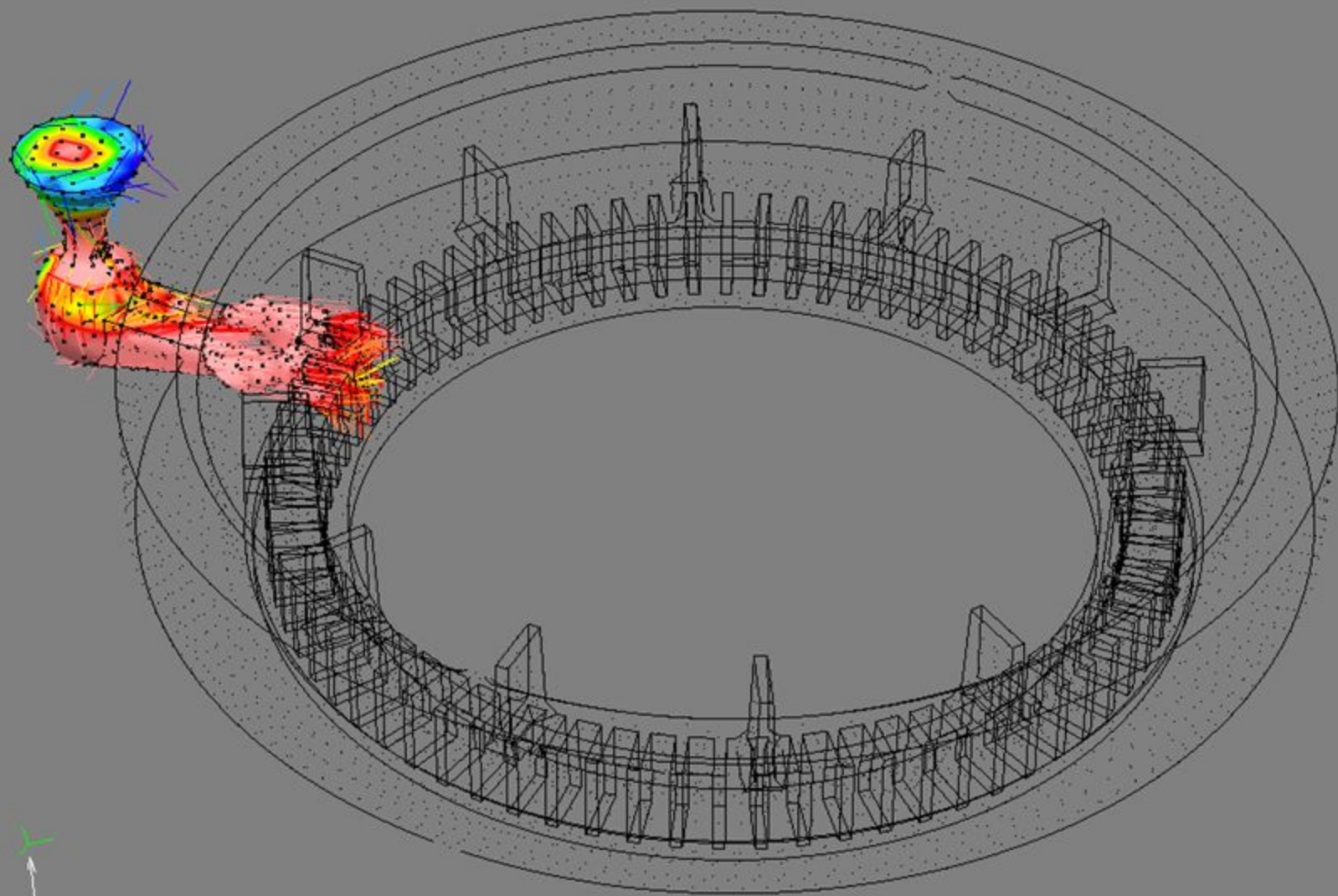
Визуализация полей скоростей потока металла

00:00:00

Скорость, м



A control panel for the simulation software. It includes a 'RELEASE' button with a downward arrow, a grid of six icons for different simulation settings (e.g., mesh, boundary conditions), and a zoom control icon at the bottom left.

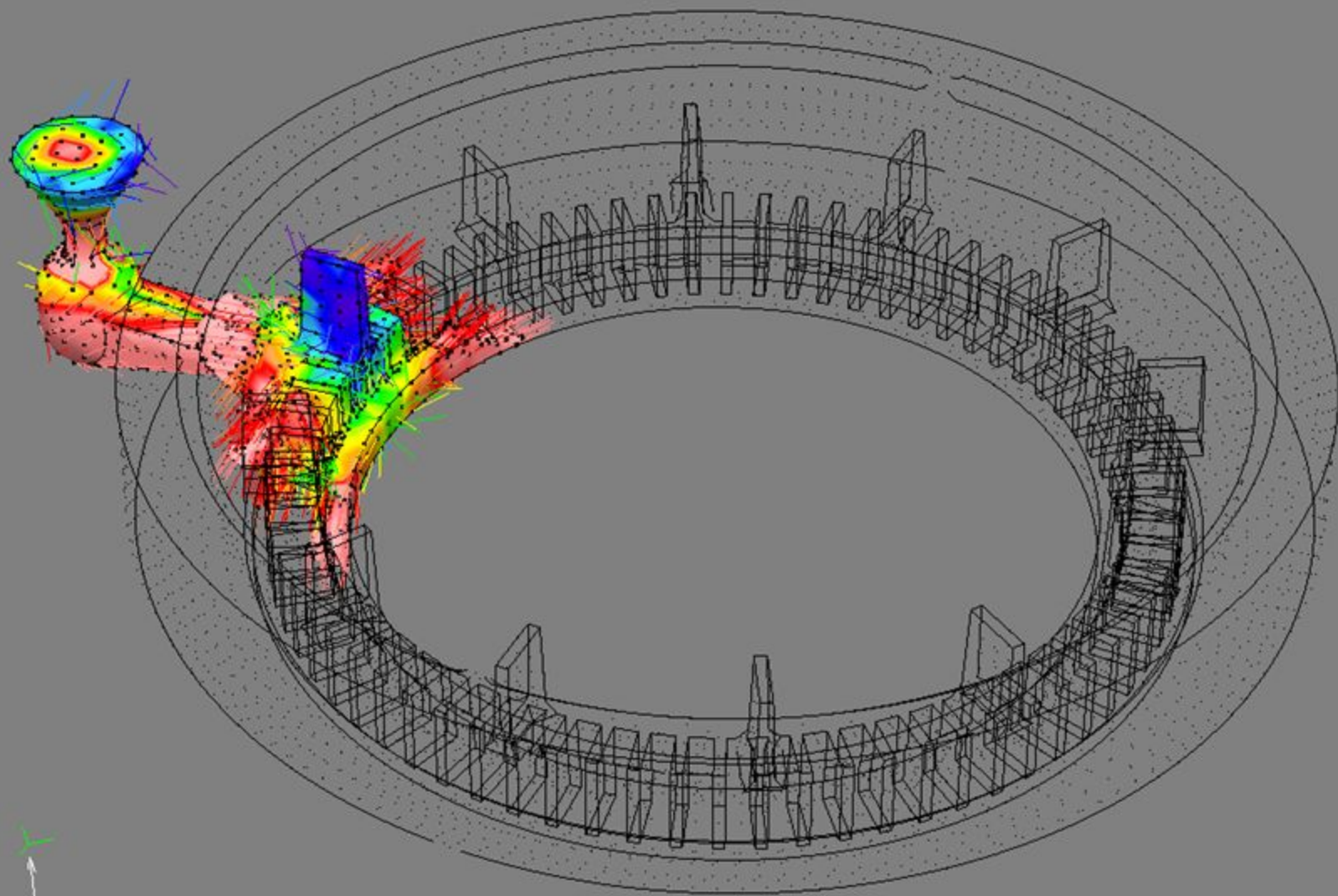


00:00:00

Скорость, м



A control panel for the simulation software, featuring several icons for navigation and visualization, including a camera icon, a refresh icon, and a zoom icon.

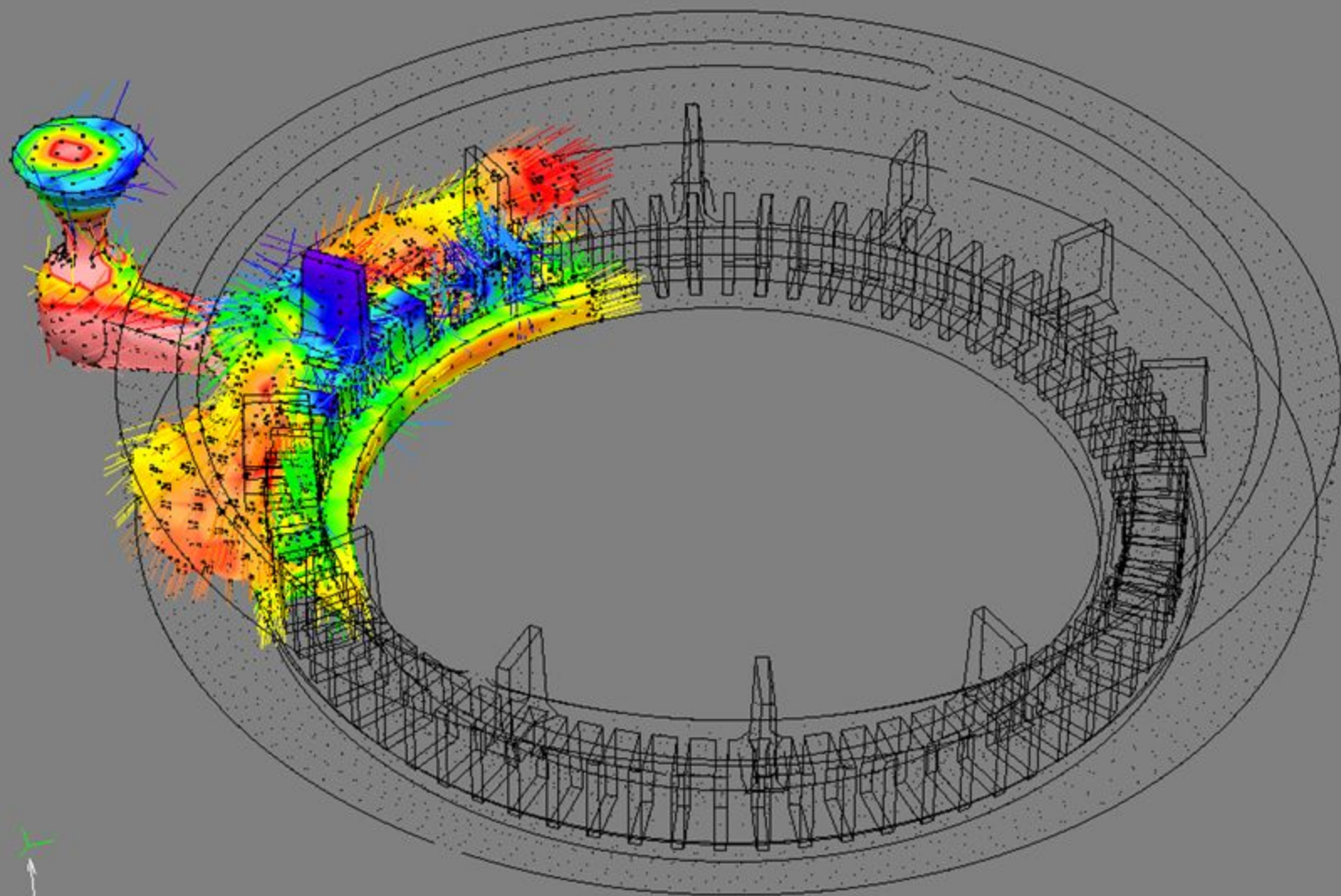


00:00:00

Скорость, м

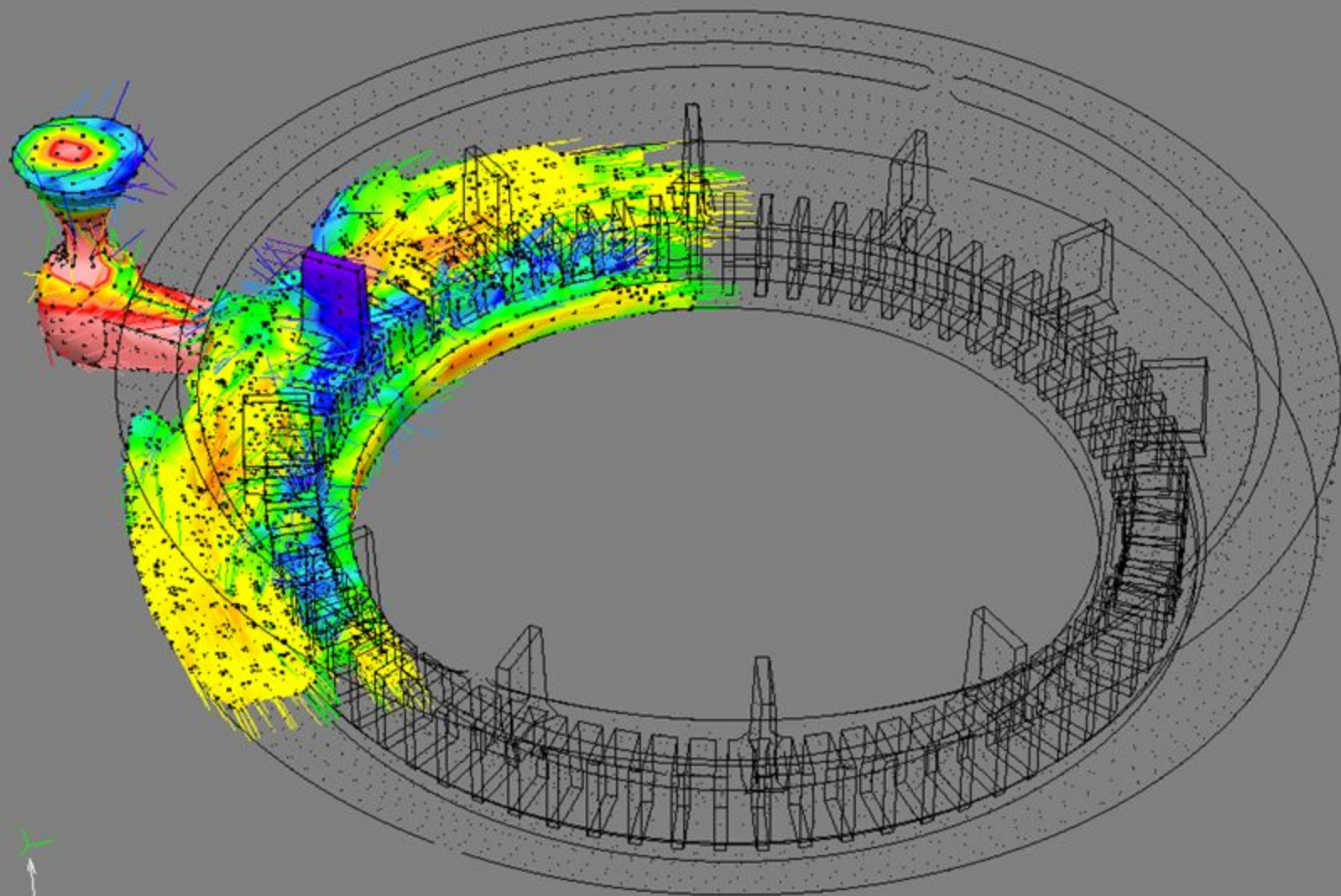
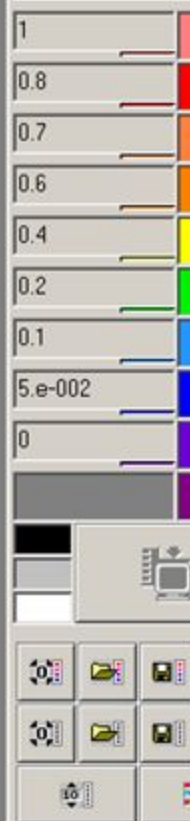


A set of software interface controls including a 'RELEASE' button with a downward arrow, a grid of six icons for different simulation views (e.g., wireframe, shaded, hidden), and a zoom control icon with a double-headed arrow.



00:00:01

Скорость, м

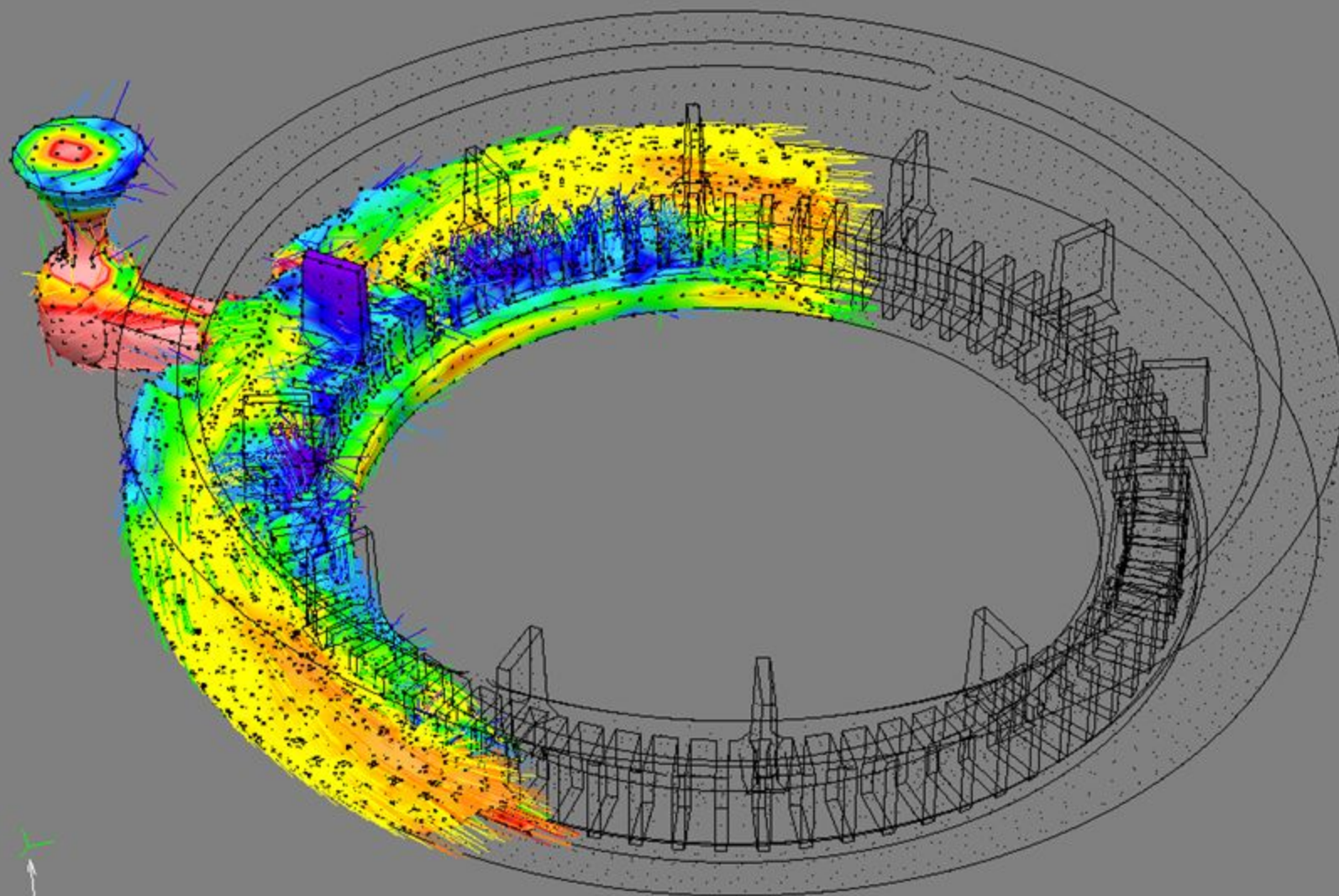


00:00:01

Скорость, м



A control panel for the simulation, including a 'RELEASE' button with a downward arrow, a 'HELP' button with a question mark, and several icons for simulation settings and visualization options.

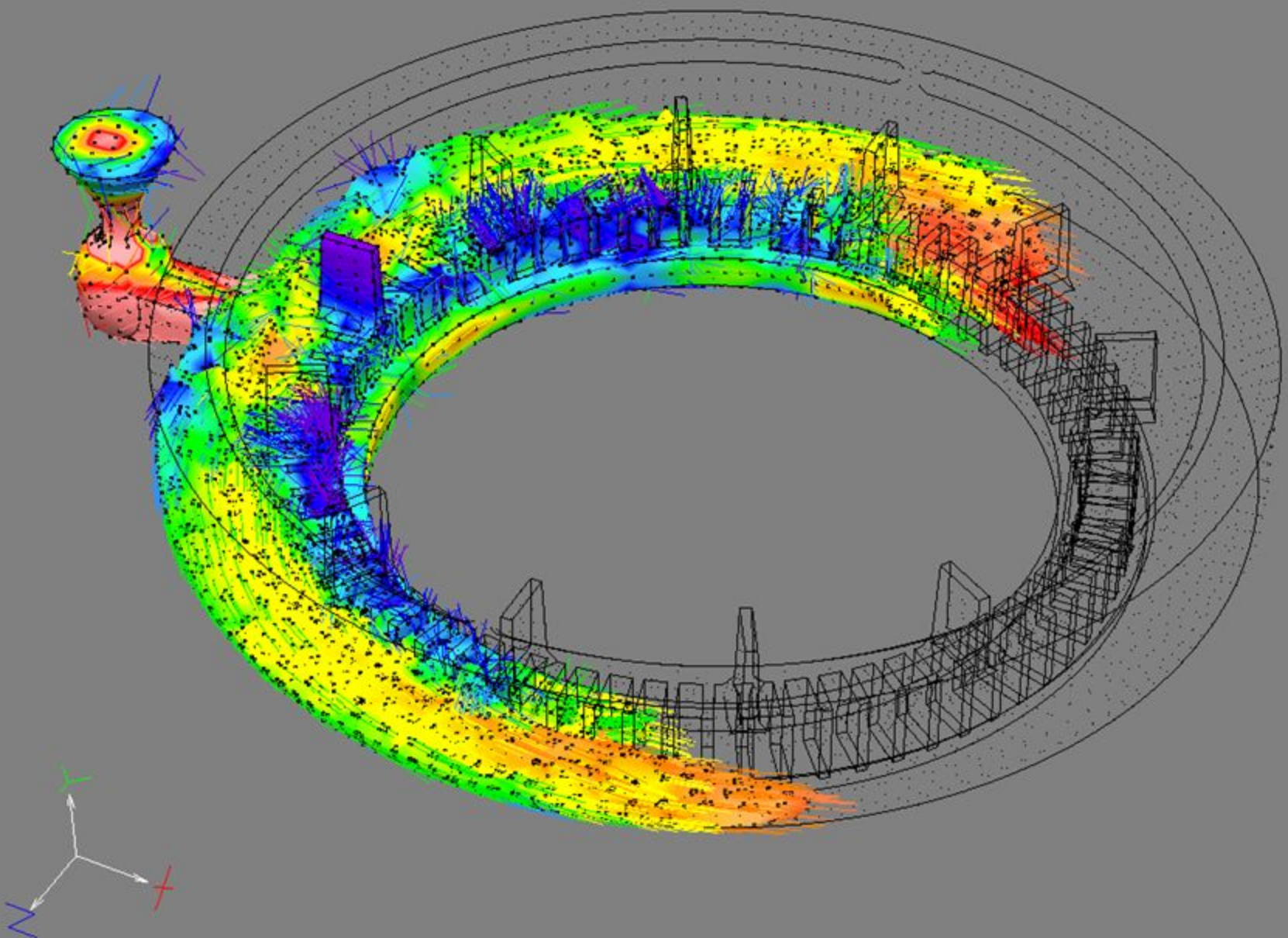


00:00:01

Скорость, м

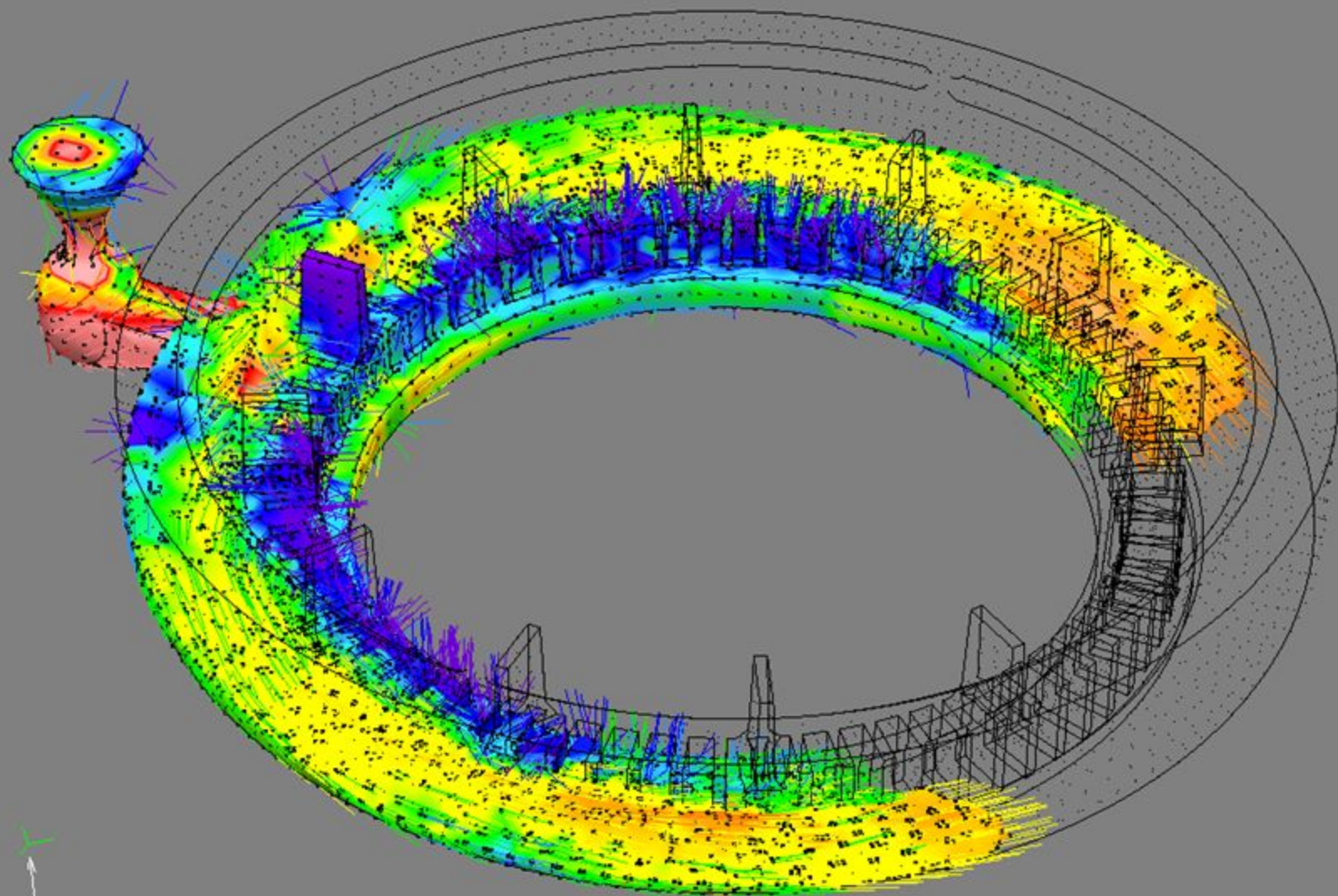
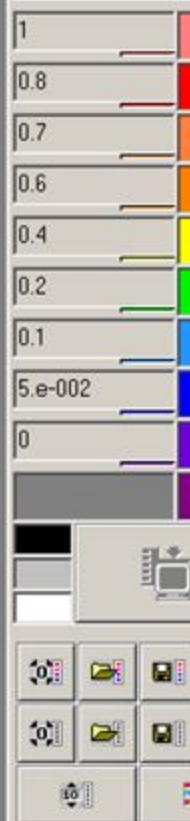


A set of software interface controls including a 'RELEASE' button with a downward arrow, a grid of six icons for different views or settings, and a zoom-in icon at the bottom.



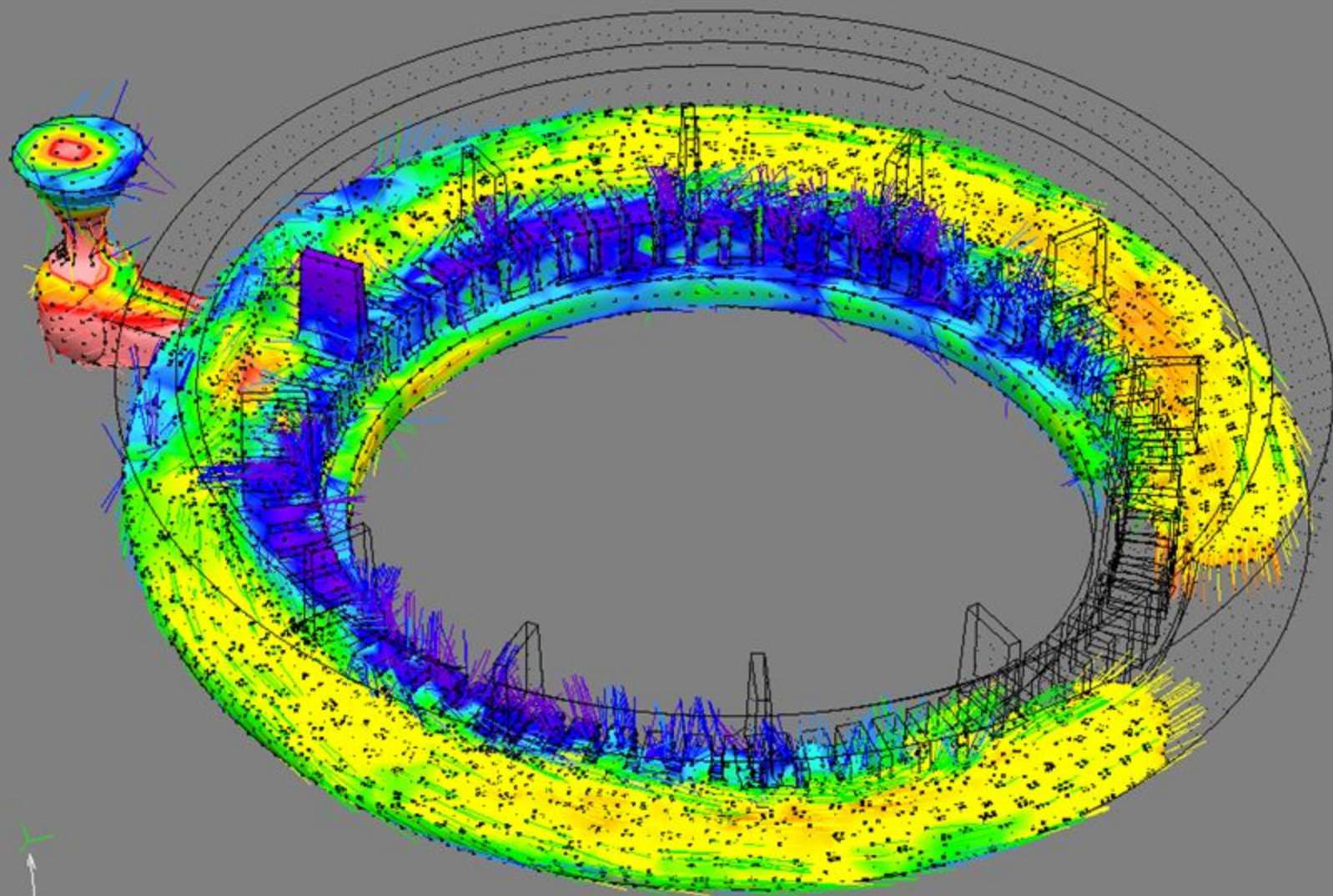
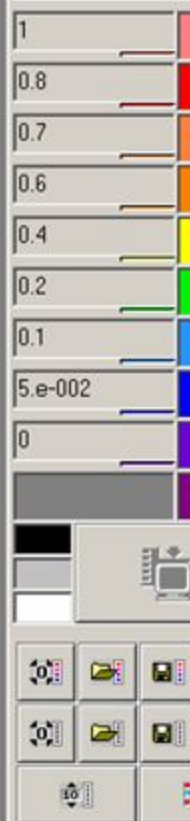
00:00:01

Скорость, м



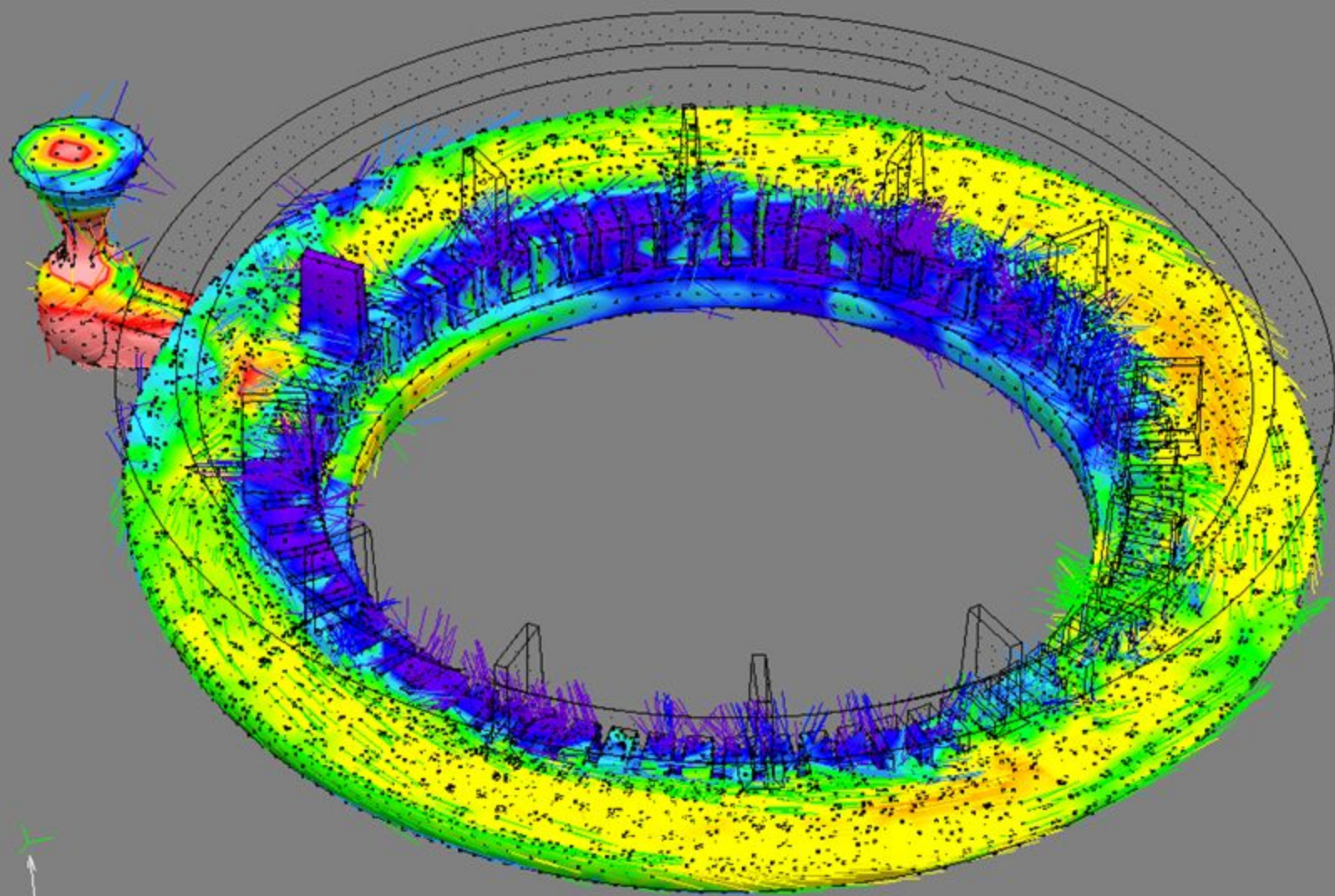
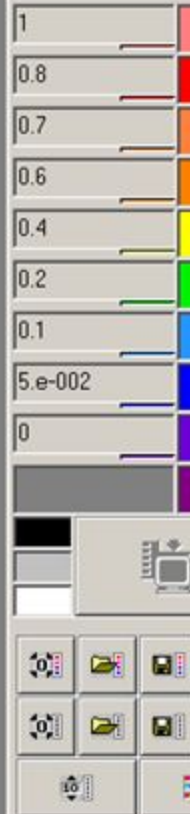
00:00:02

Скорость, м



00:00.02

Скорость, м

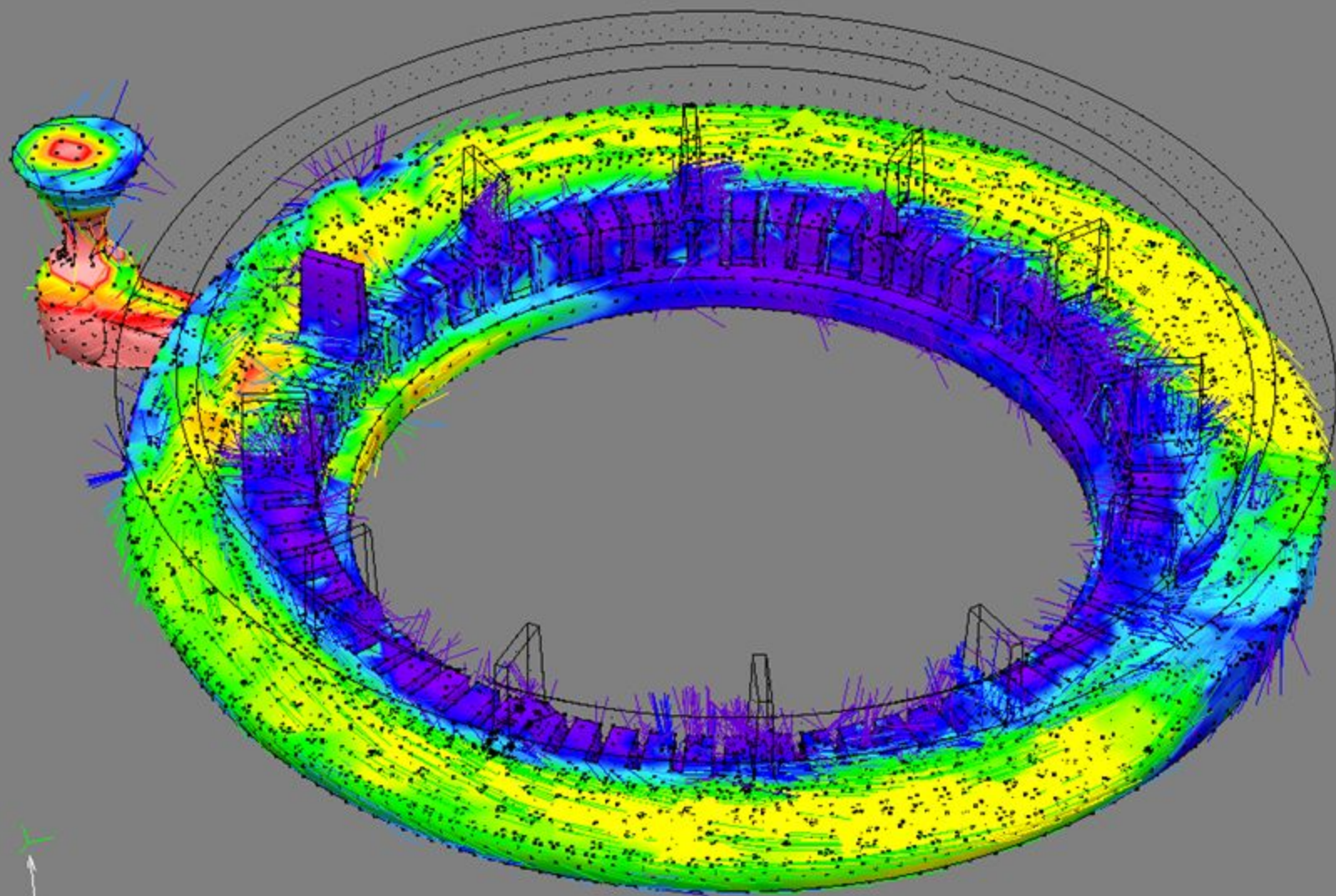


00:00:02

Скорость, м

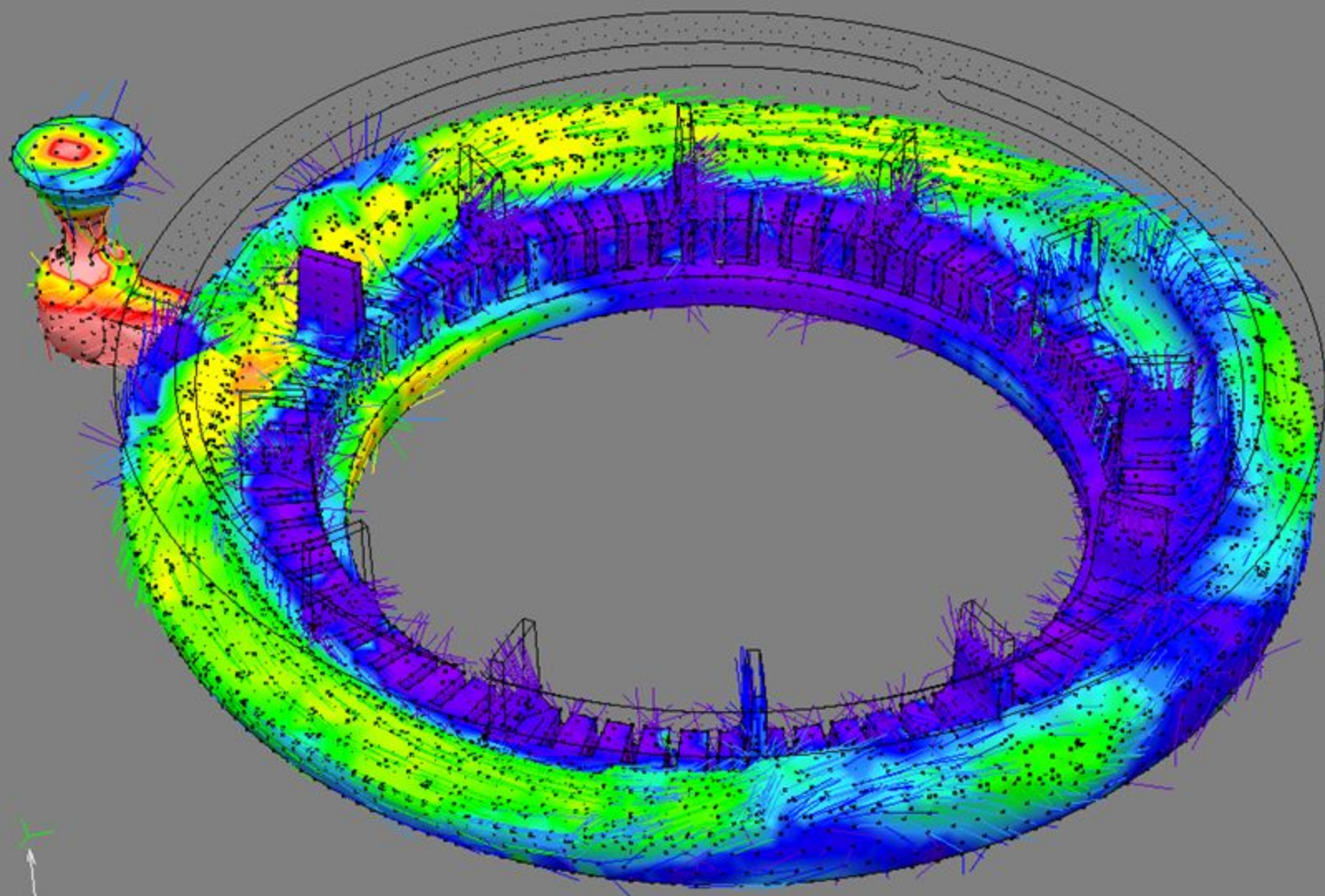


A set of control buttons for the software interface, including icons for zooming, panning, and other navigation functions.



00:00:03

Скорость, м

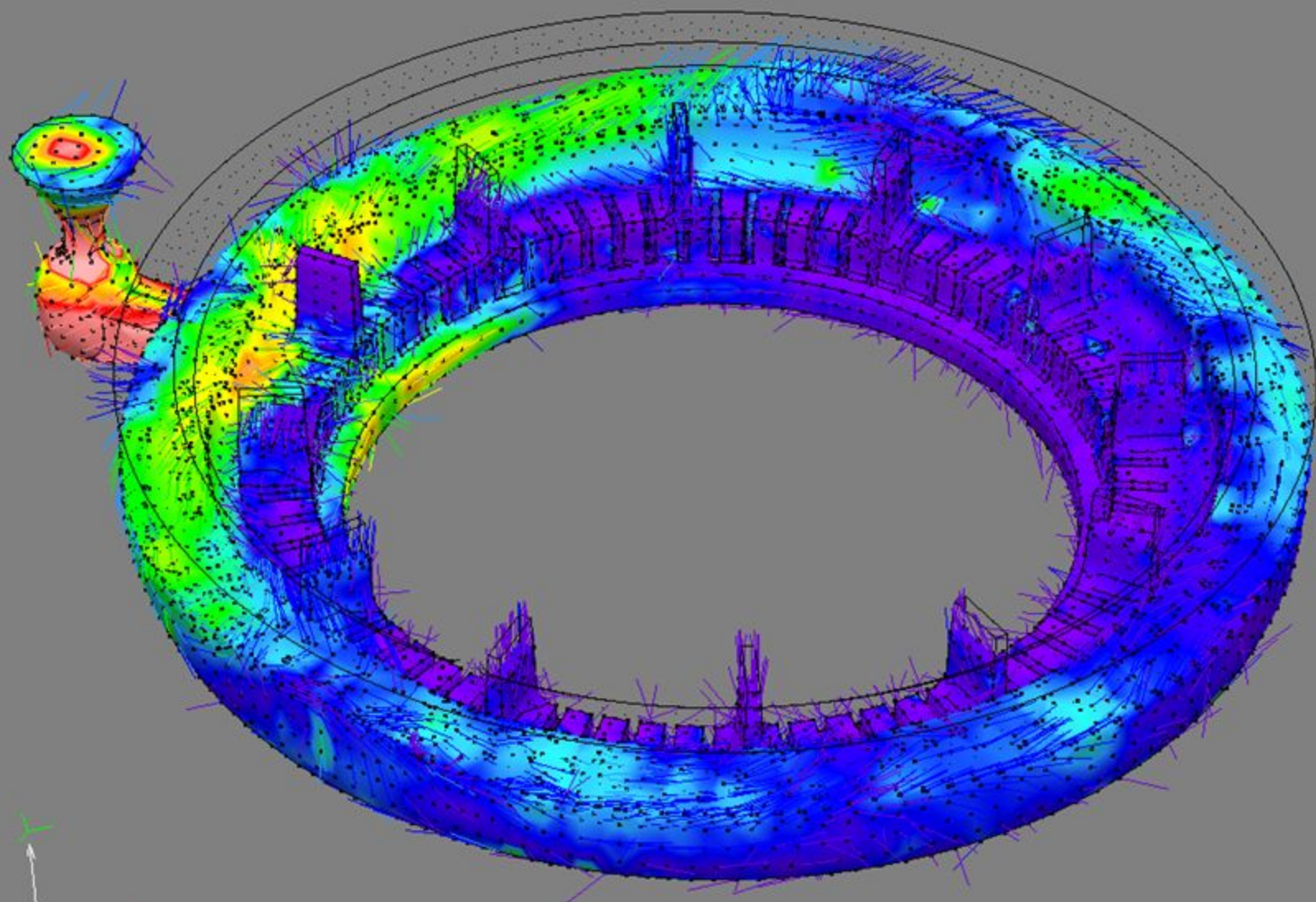


00:00.03

Скорость, м



A set of control icons for the simulation, including a play button, a refresh button, and a zoom-in button.

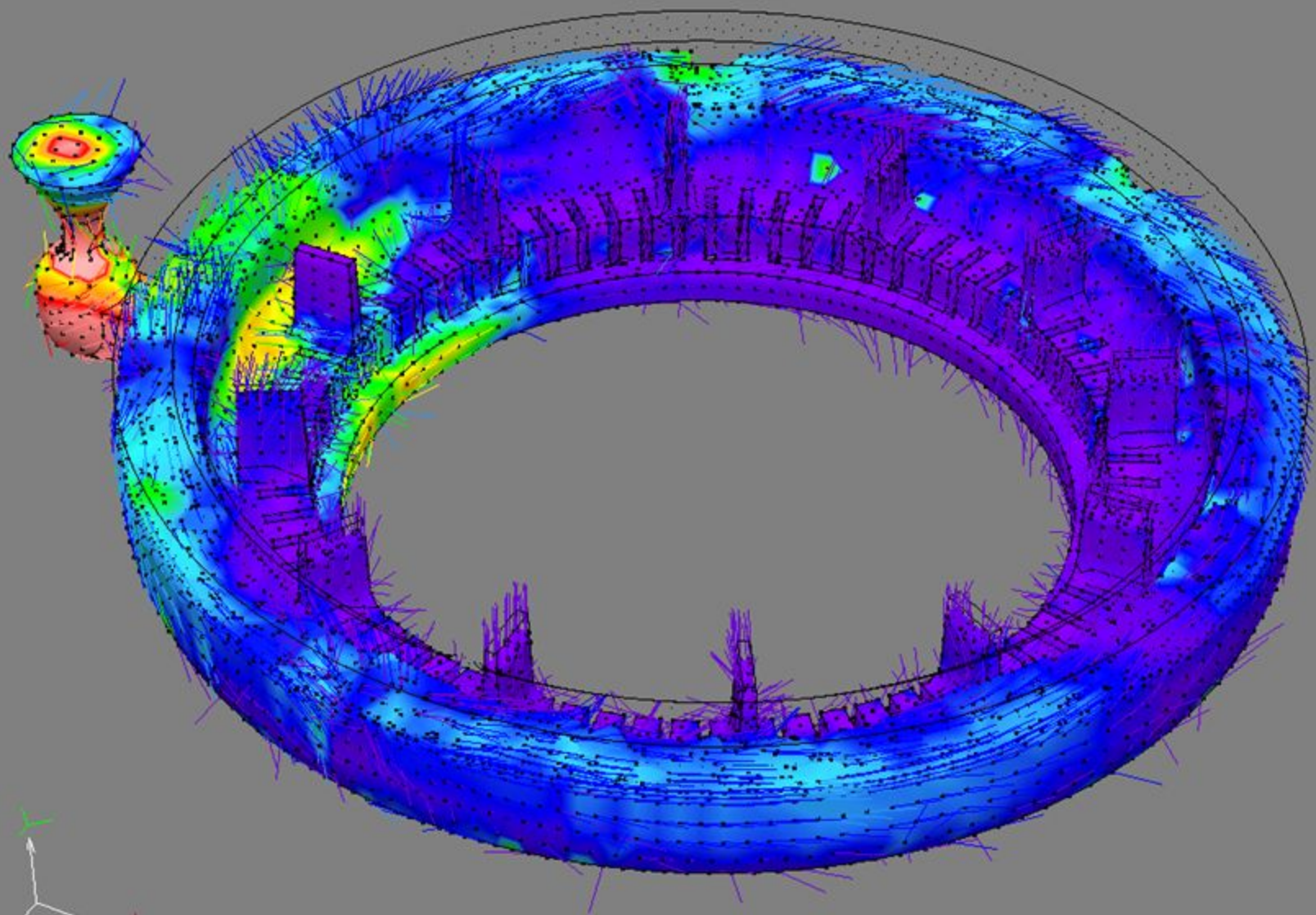


00:00:04

Скорость, м

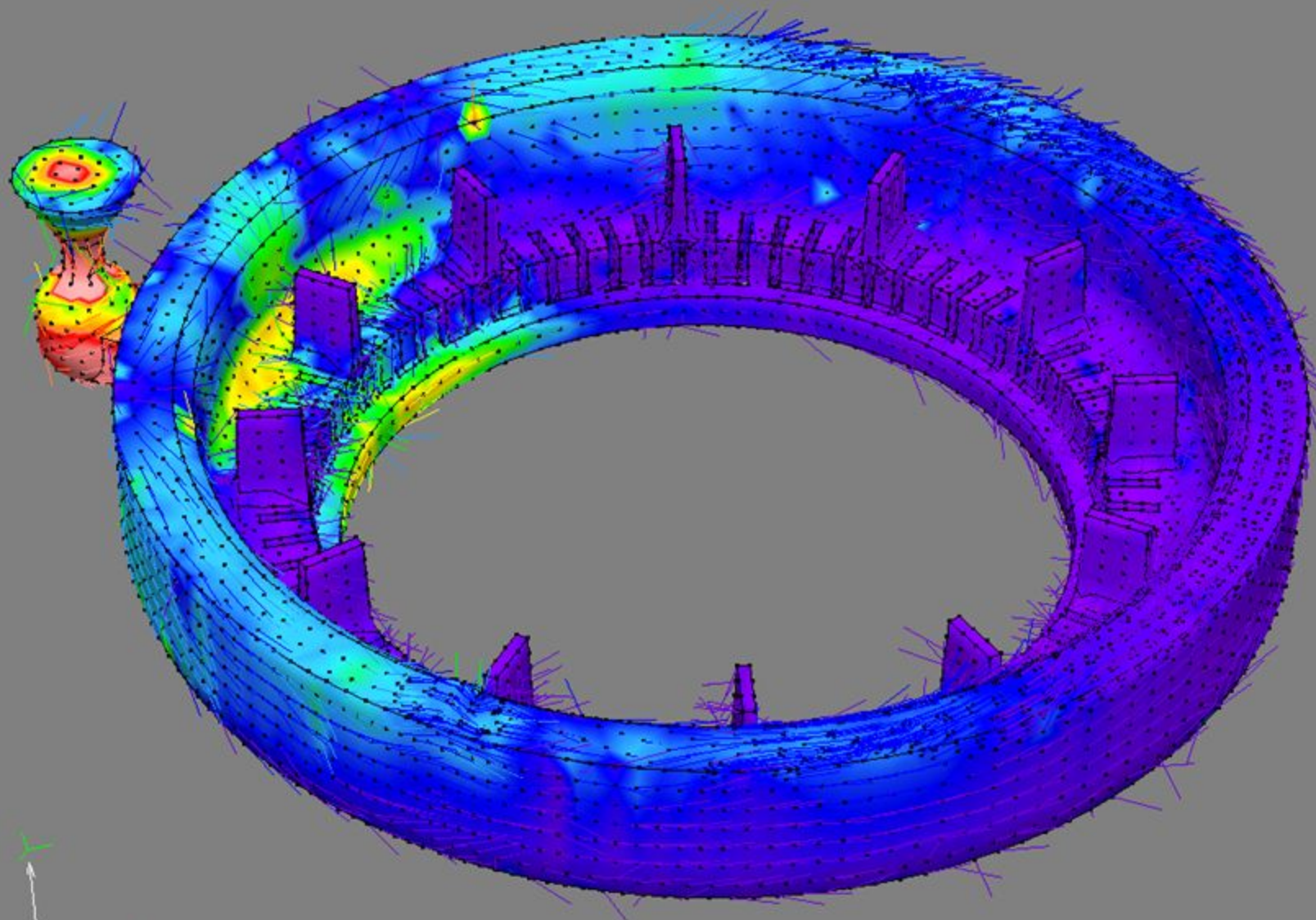
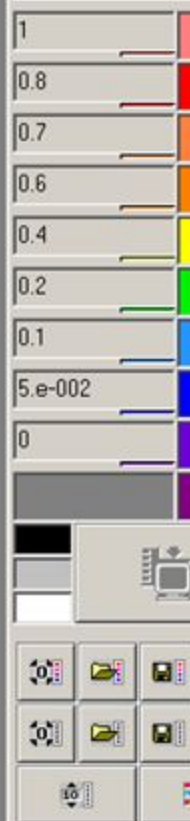


A control panel for the simulation software. It includes a 'RELEASE' button with a downward arrow, a 'PAUSE' button with a square icon, and several other icons for simulation control. Below these are three rows of icons: the first row has three icons (a cube, a cylinder, and a sphere), the second row has three icons (a cube, a cylinder, and a sphere), and the third row has two icons (a cube and a cylinder).



00:00:06

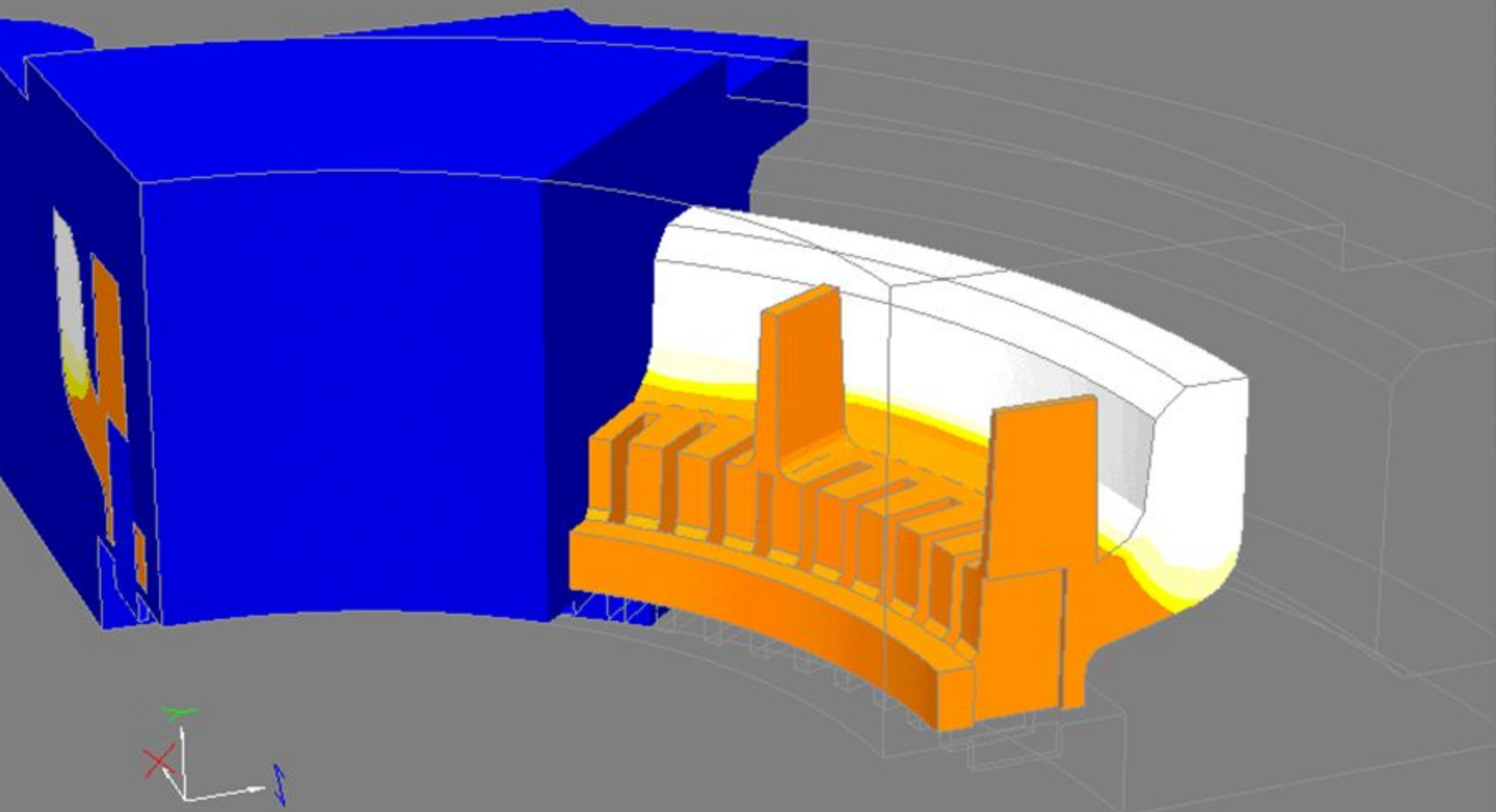
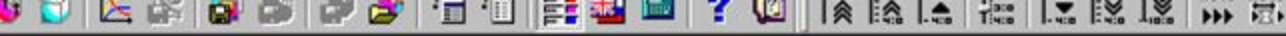
Скорость, м





Тепловой расчёт затвердевания отливки в форме

Выполняется модулем
Фурье-3D



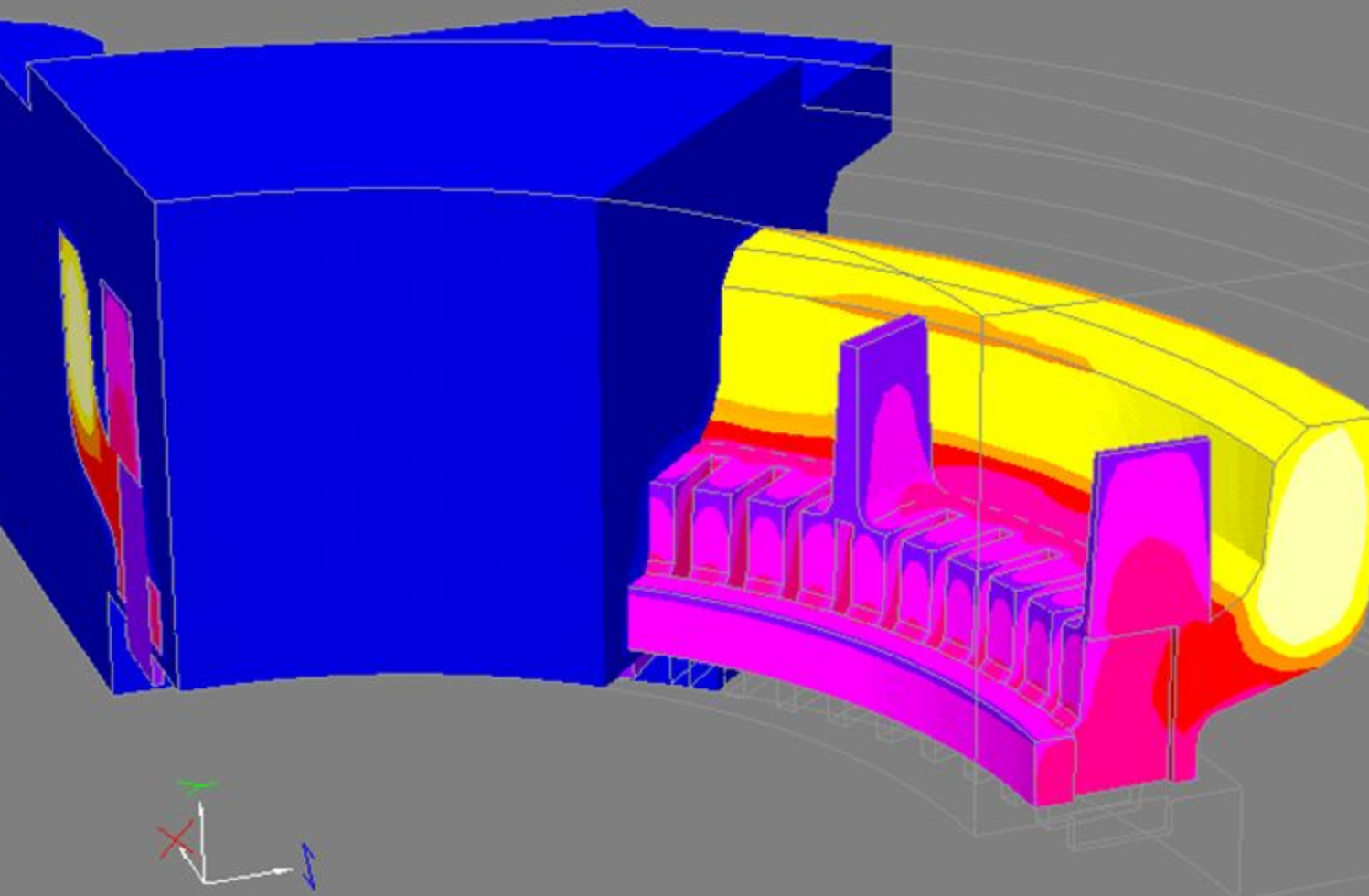
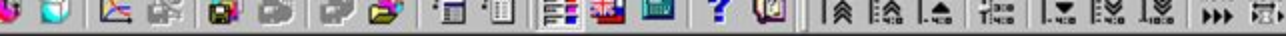
Время, с
00:00:00

Температура
Жидкая фаза
T л=66

100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
500 C
200 C

10

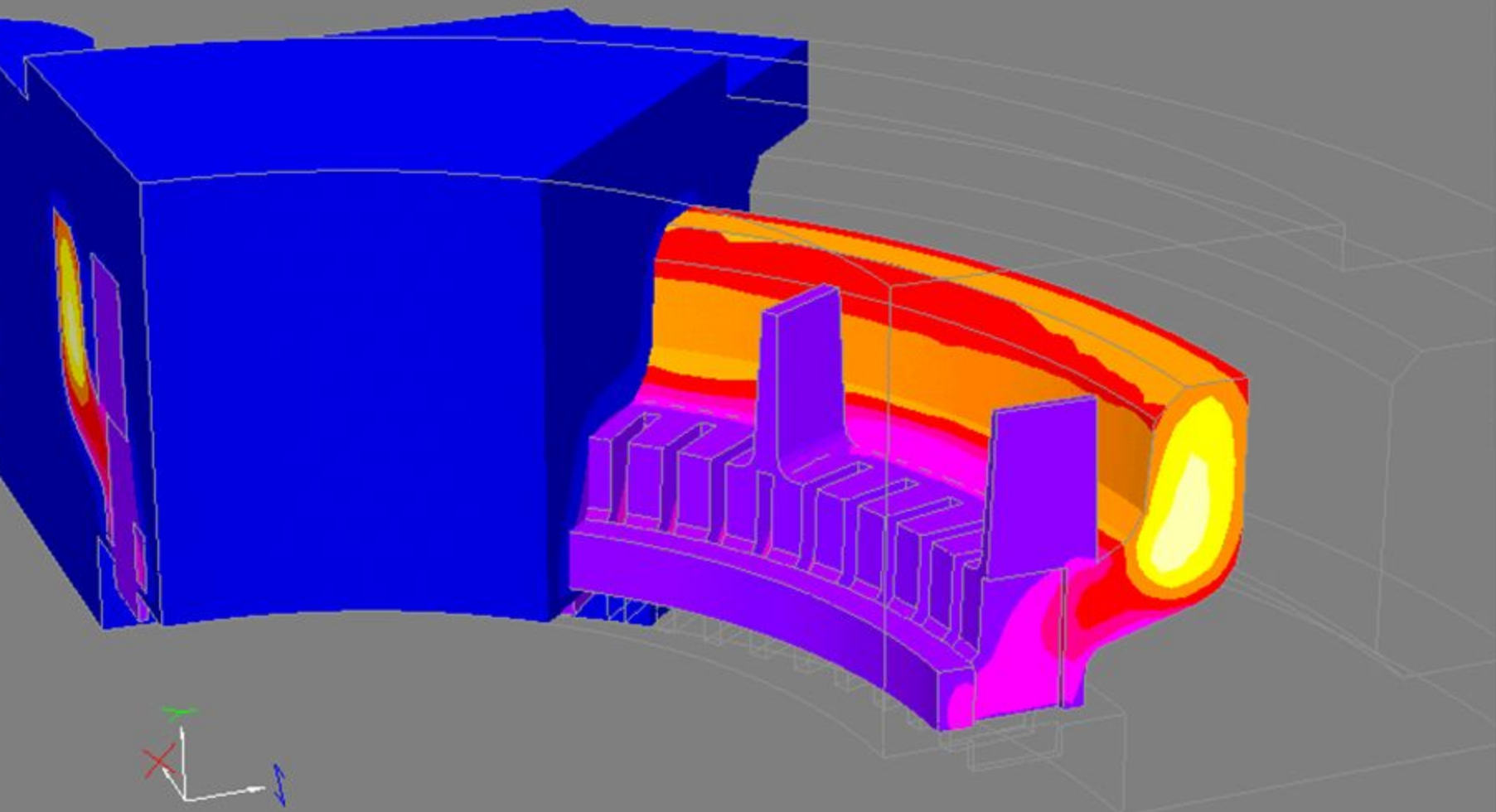
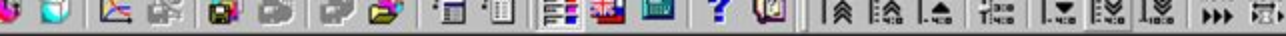




Время, с 5
00:00:05
Темпер
Жидка
Тл=66

- 100 %
- 85 %
- 70 %
- 50 %
- 30 %
- 15 %
- 0 %
- 300 C
- 200 C





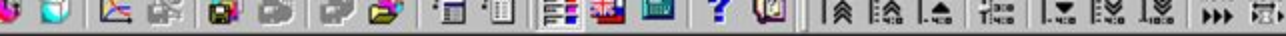
Время, с
00:00:10

Температура
Жидкая фаза
Тл=660

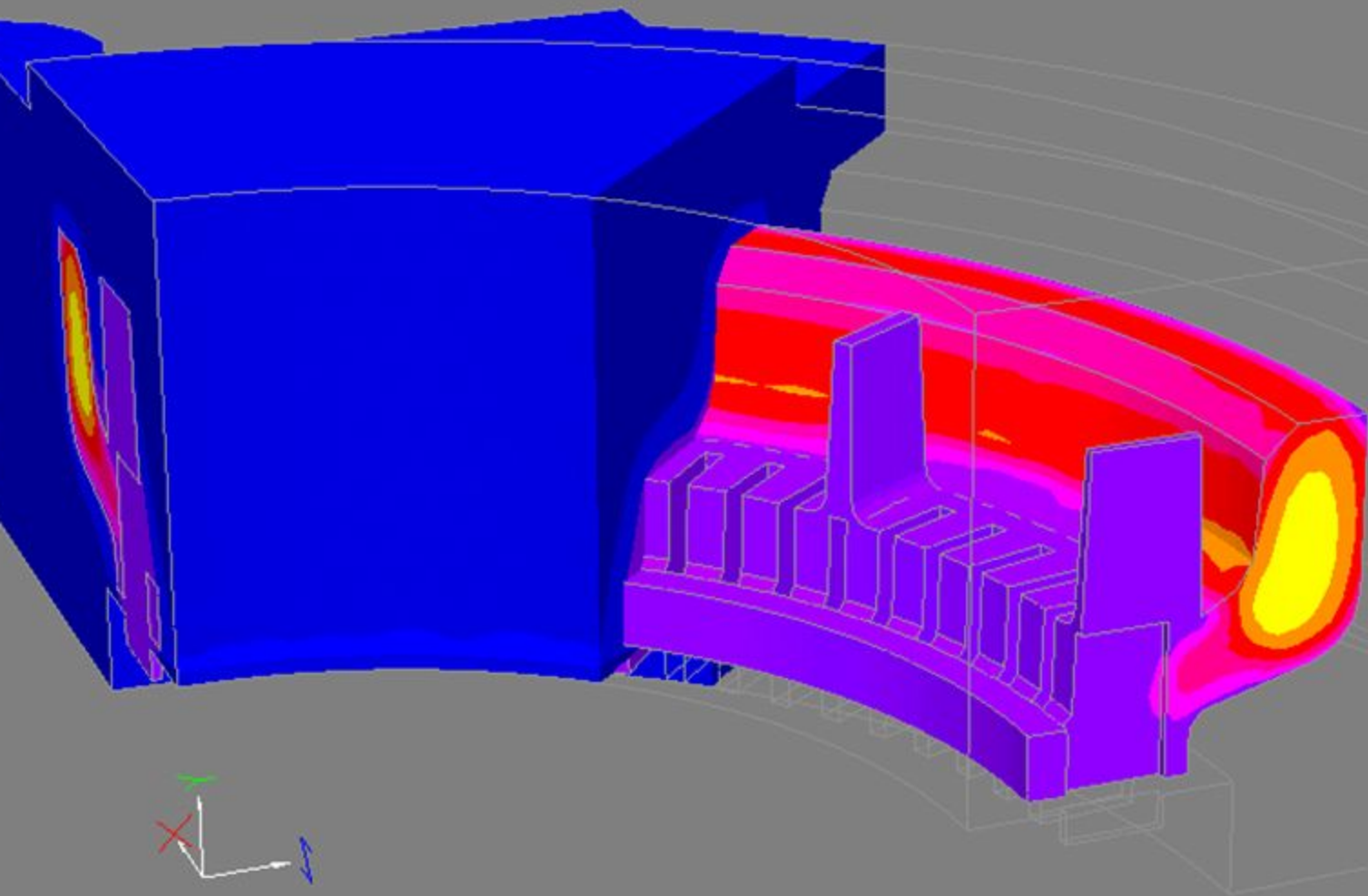
100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

Navigation and control icons for the software interface, including buttons for zooming, panning, and other view manipulation functions.





Время, с 1
00:00:15
Темпер
Жидка:
Тл=66

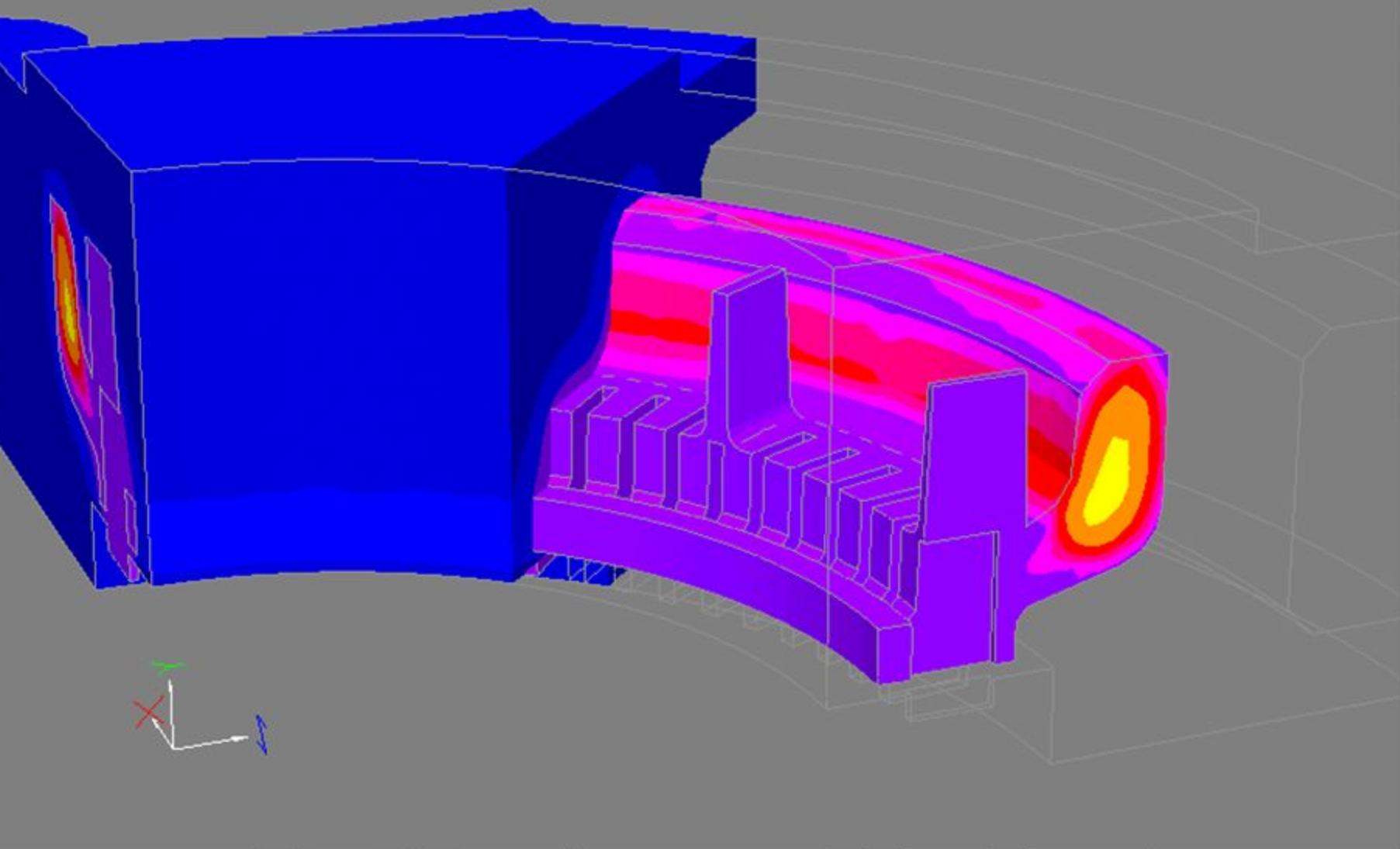
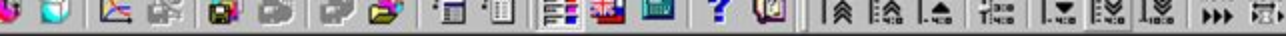


100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C





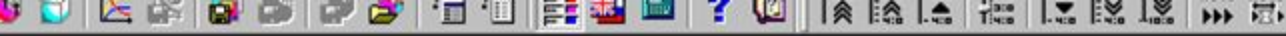
Время, с 2
00:00:20

Температура
Жидкая фаза
T л = 660

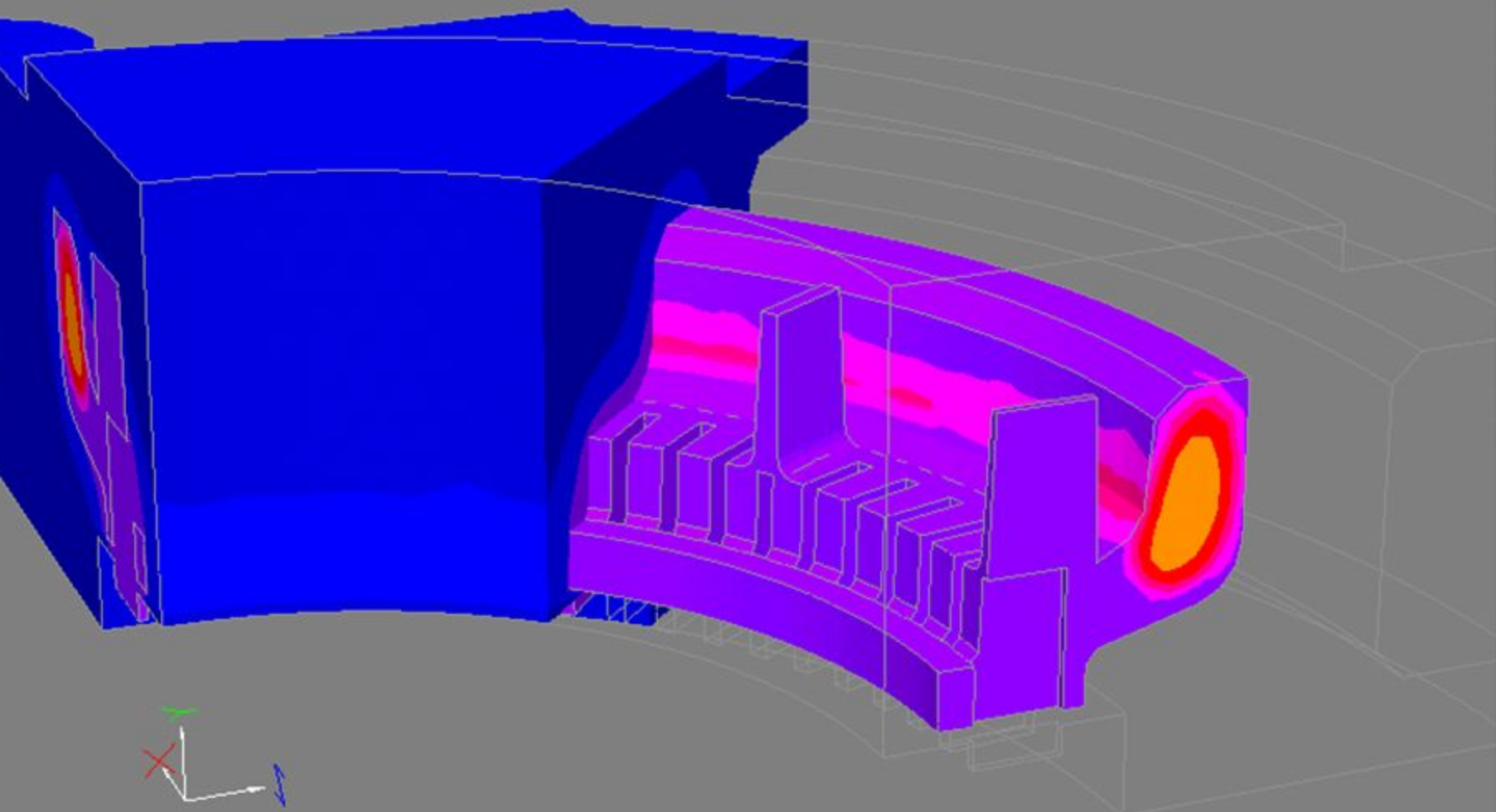
100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

0
10





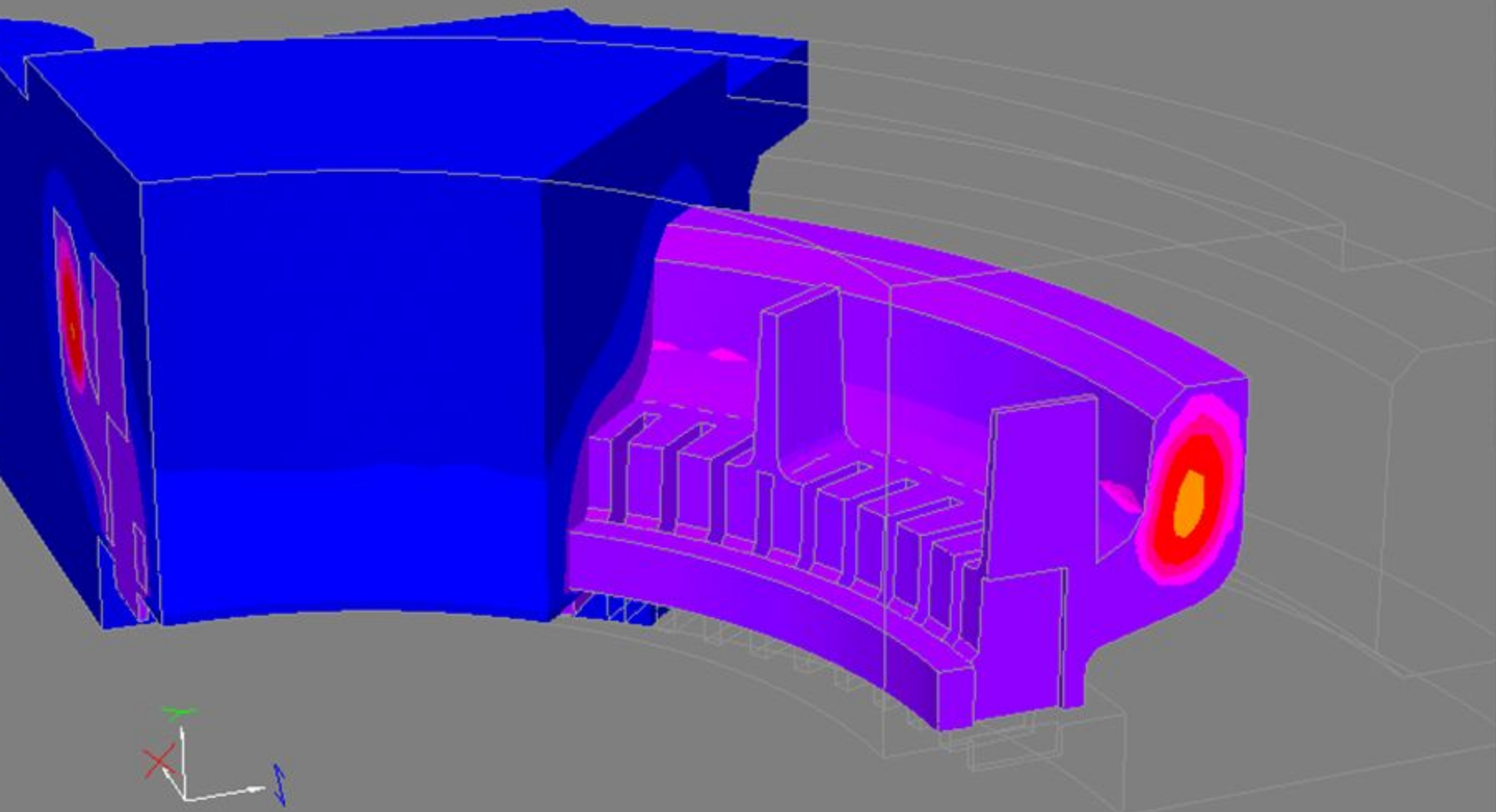
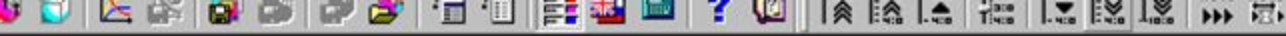
Время, с 2
00:00:25
Темпер
Жидка:
Тл=66



100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

Info
View
Zoom





Время, с 3
00:00:30

Темпер
Жидкас
Тл=66

100 %

85 %

70 %

50 %

30 %

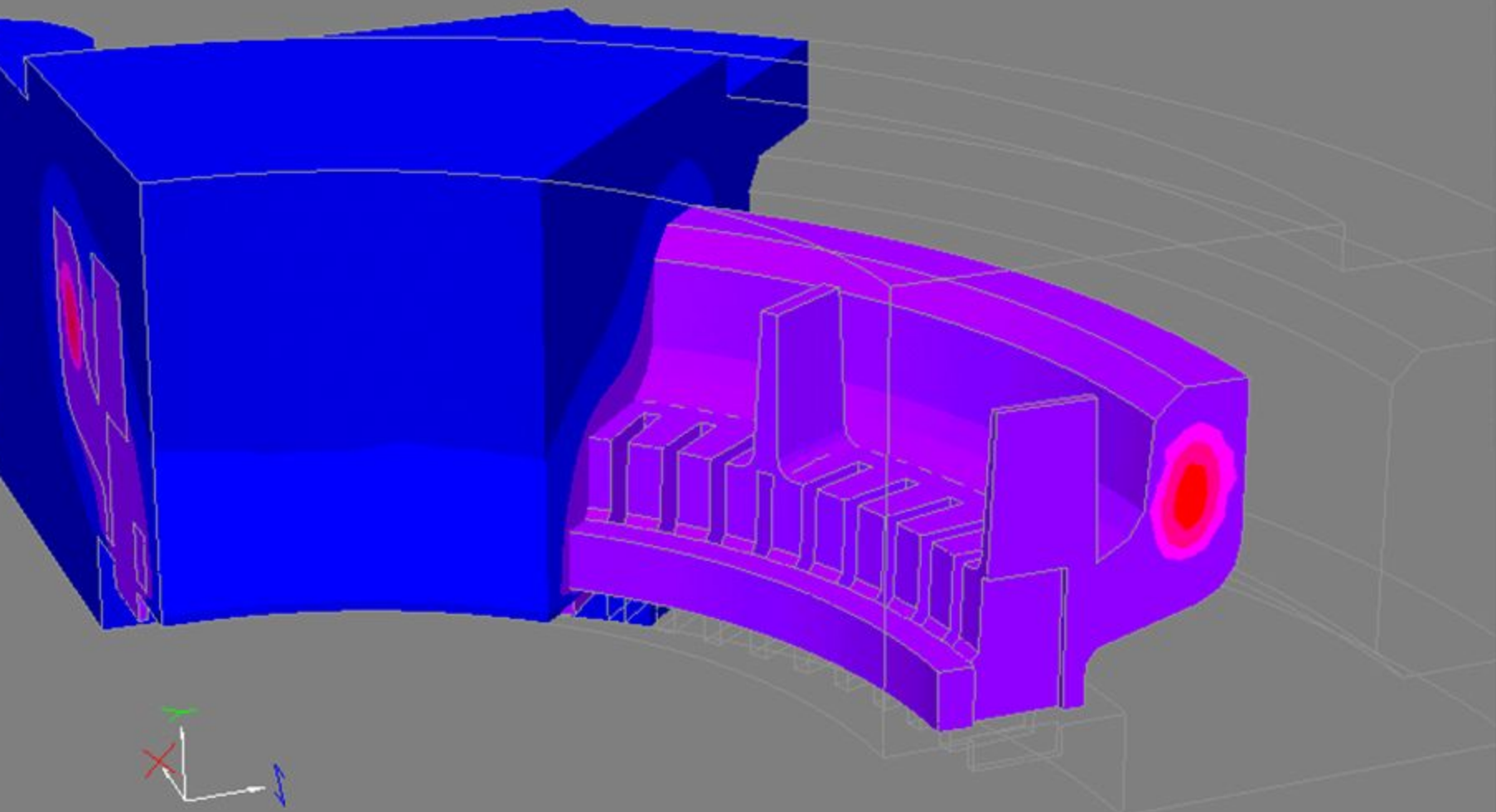
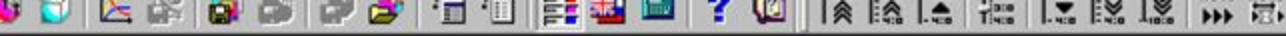
15 %

0 %

300 C

200 C





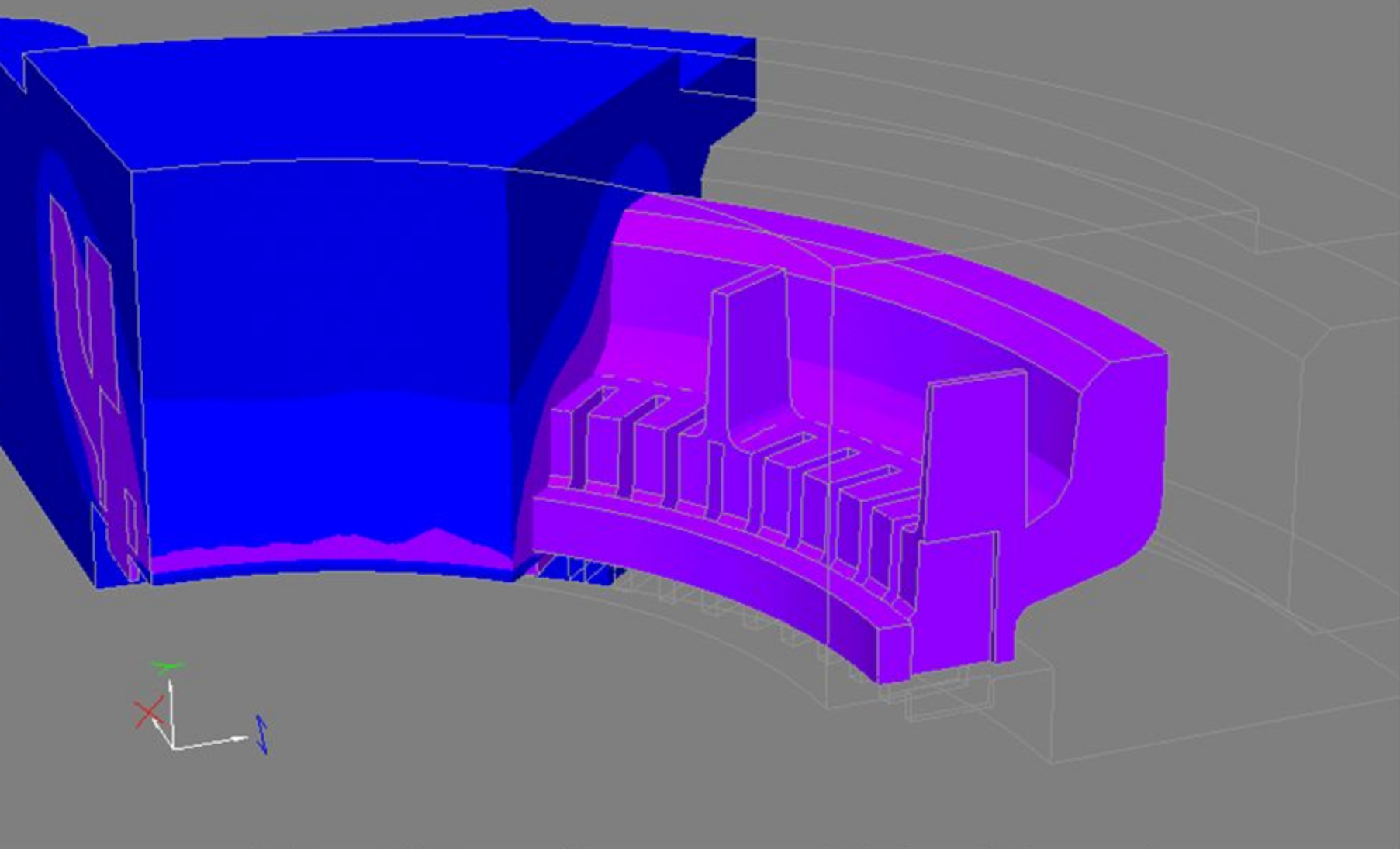
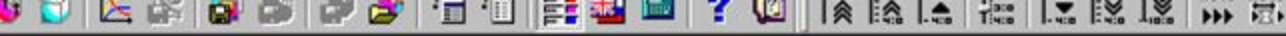
Время, с 3
00:00:35

Темпер
Жидкас
Тл=66

100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

10





Время, с 4
00:00:43

Темпер
Жидка:
Тл=66

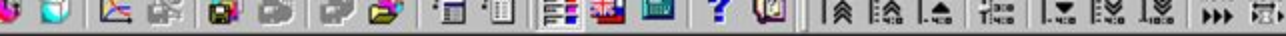
100 %
85 %
70 %
50 %
30 %
15 %
0 %
300 C
200 C

A vertical panel of controls for a CAD application. It includes a zoom slider with percentage markers (100%, 85%, 70%, 50%, 30%, 15%, 0%), temperature settings (300 C, 200 C), and several icons for view manipulation such as rotate, pan, and zoom in/out.



Усадочный расчёт образования макро- и микропористости

Выполняется модулем
Фурье-3D



Время, с
00:00:00

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

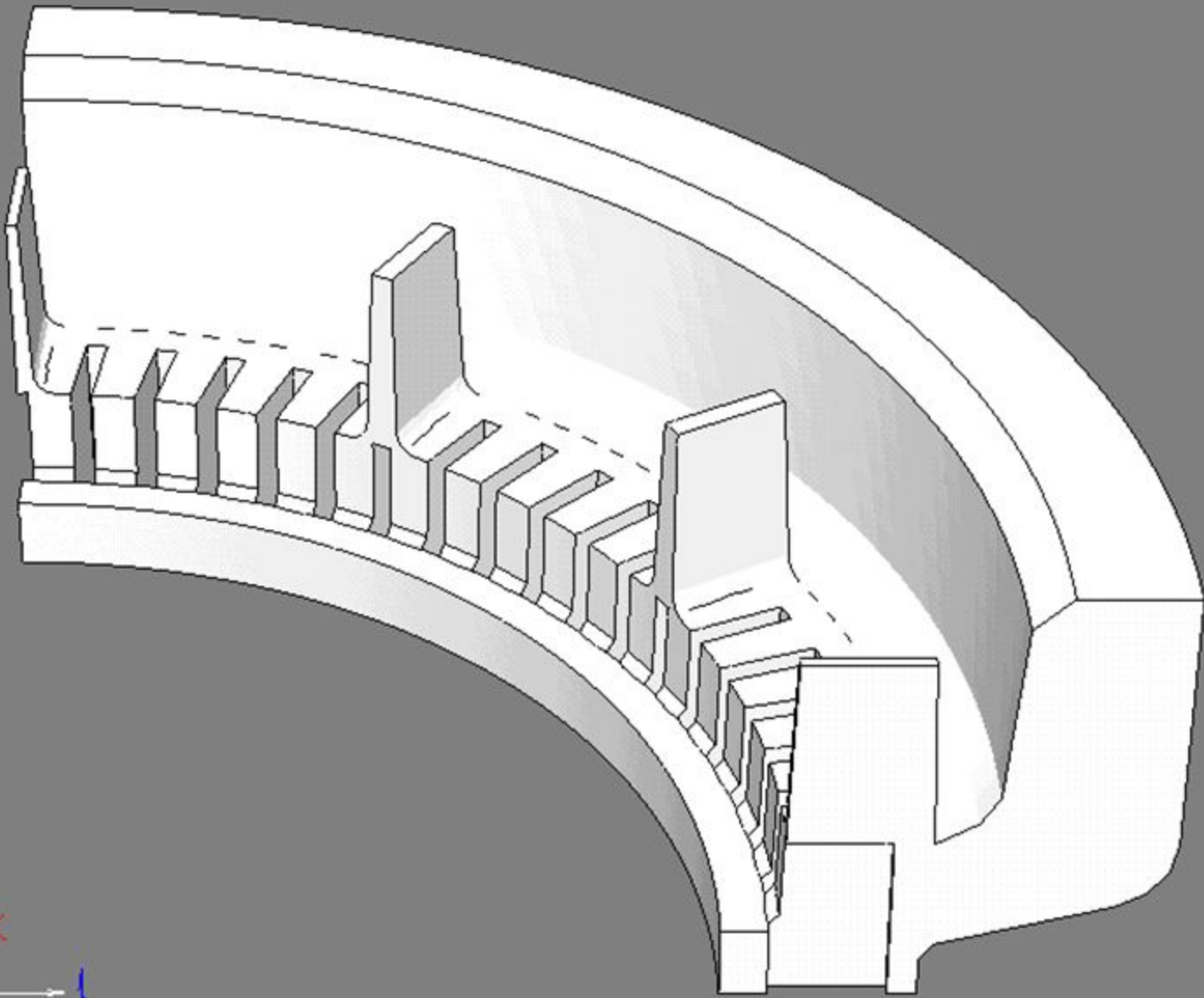
4 %

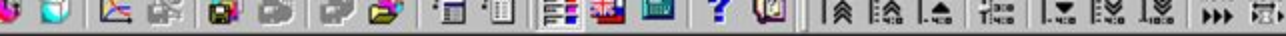
3 %

2 %

1 %

0.5 %

A vertical sidebar on the right side of the CAD software window. It contains a list of zoom levels (90%, 50%, 10%, 5%, 4%, 3%, 2%, 1%, 0.5%) and a set of icons for various CAD functions such as isometric view, hidden lines removal, and other display options.



Время, с 1
00:00:01

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

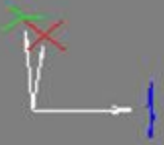
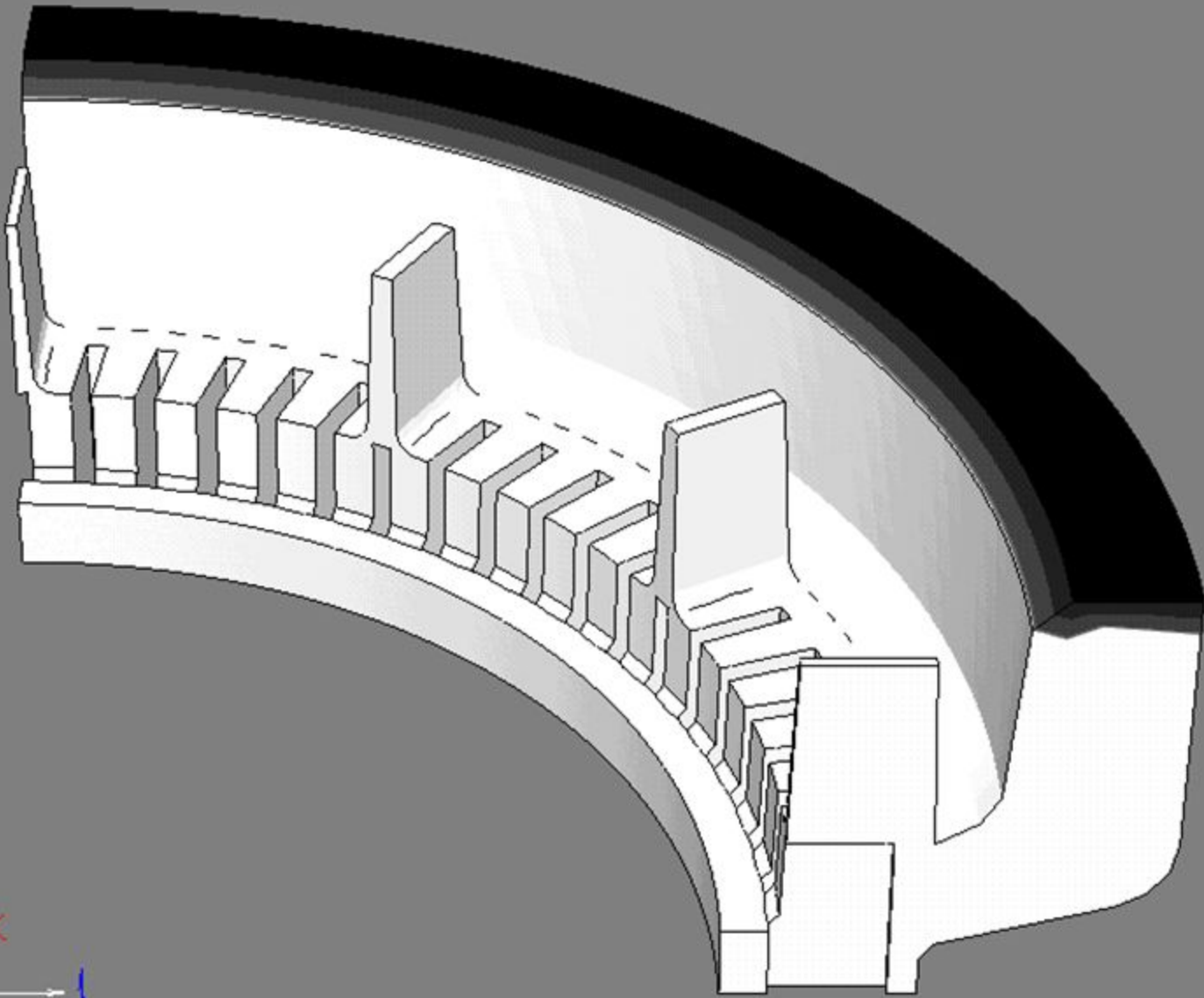
4 %

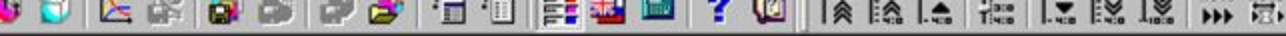
3 %

2 %

1 %

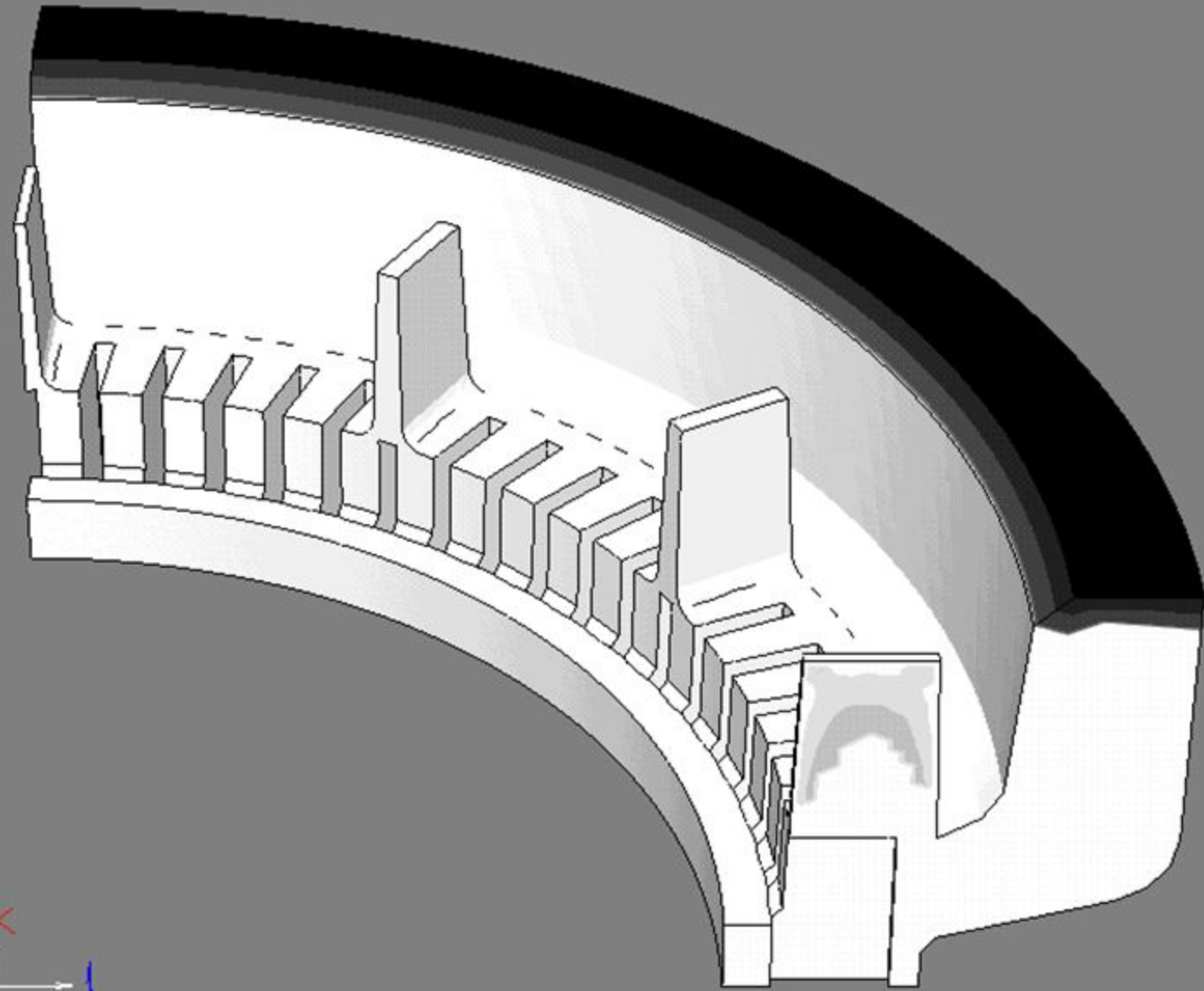
0.5 %

A set of navigation icons including a home button, a search button, and a refresh button.



Время, с 3
00:00:03

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

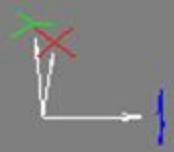
4 %

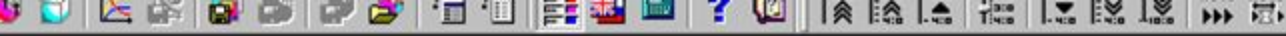
3 %

2 %

1 %

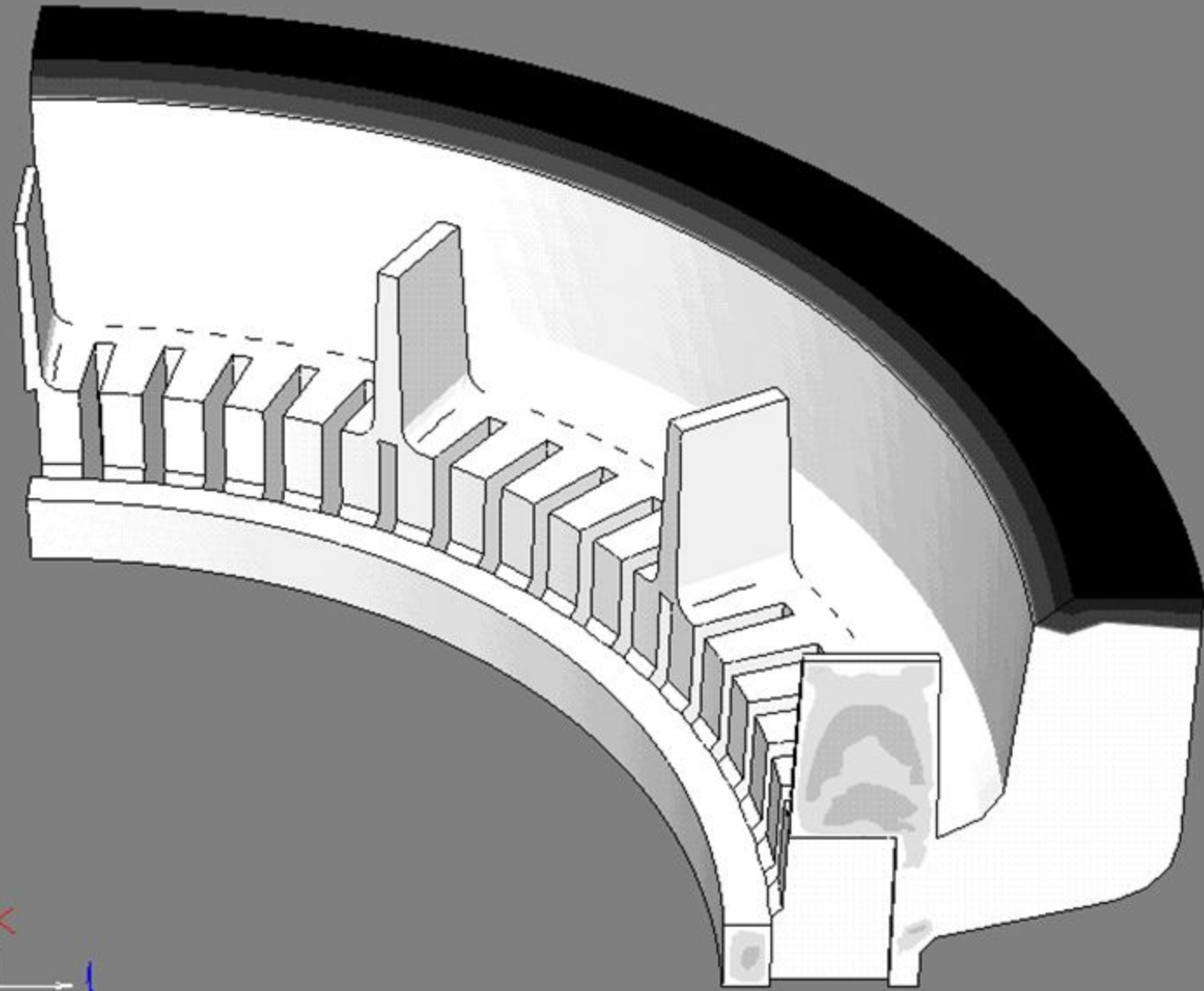
0.5 %





Время, с
00:00:10

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

4 %

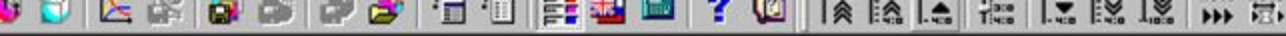
3 %

2 %

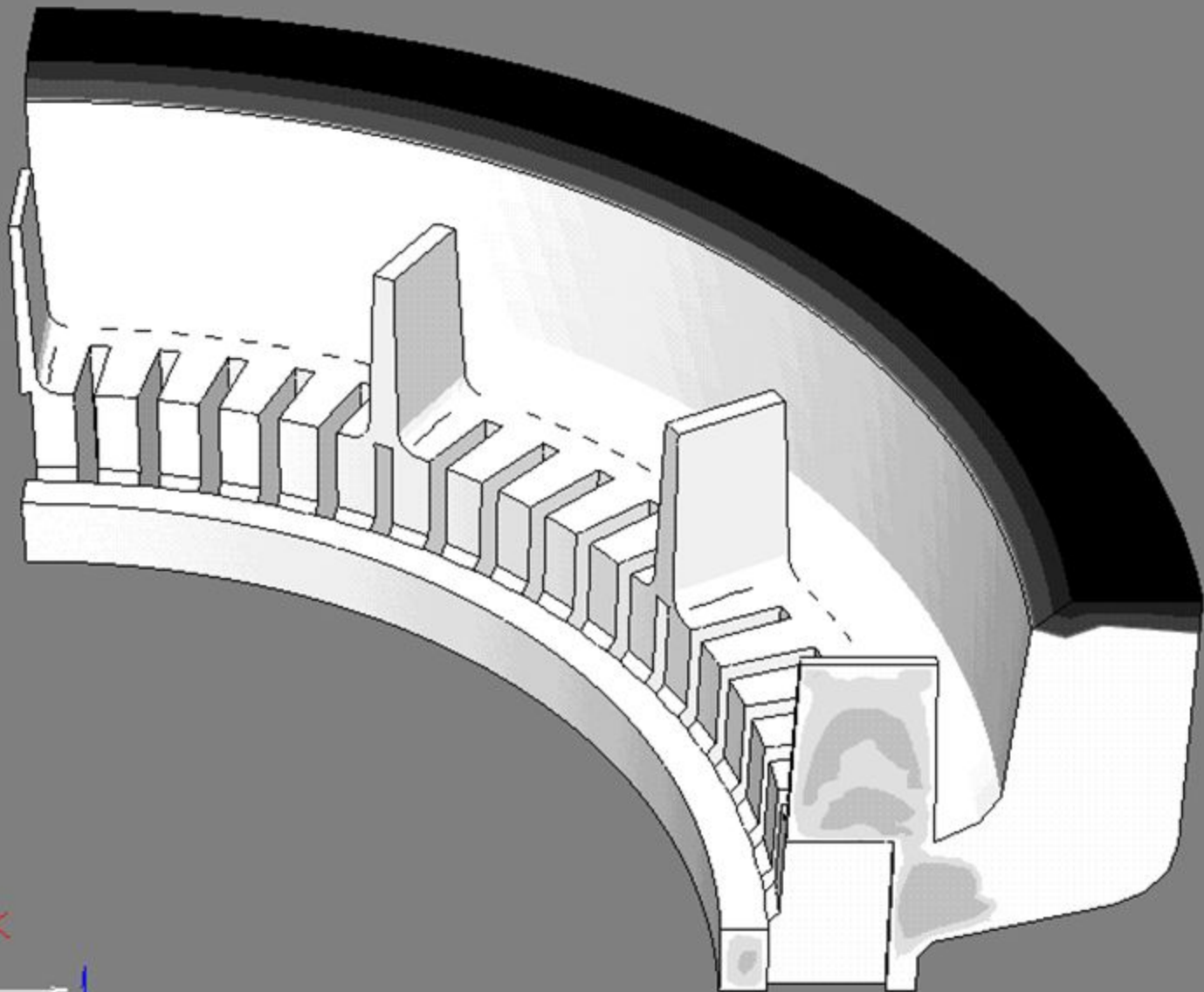
1 %

0.5 %





Предыдущий Шаг (Shift+стрелка вверх)



Время, с
00:00:15

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

4 %

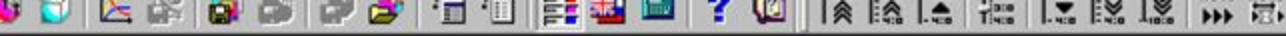
3 %

2 %

1 %

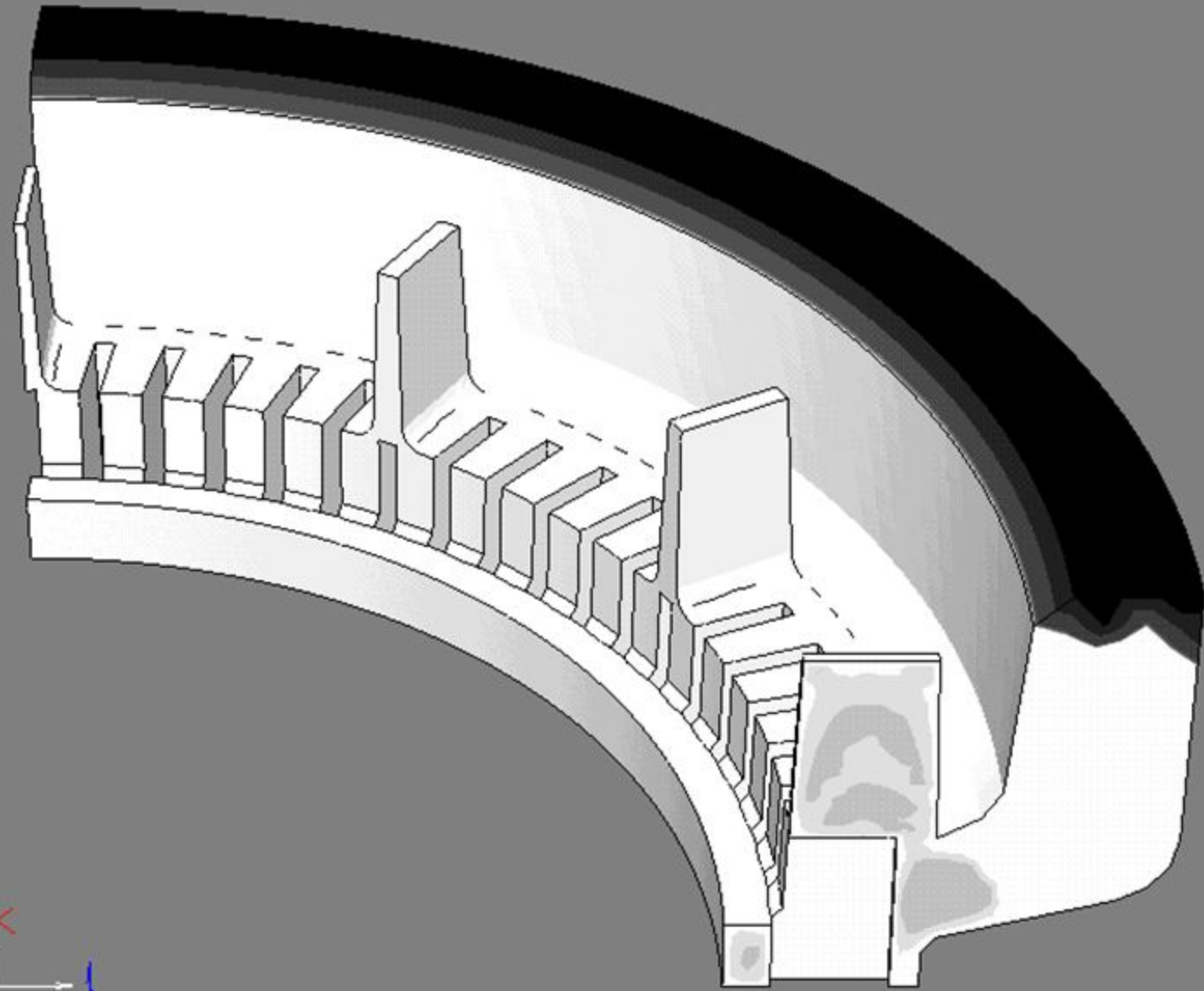
0.5 %





Время, с 2
00:00:20

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

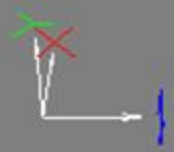
4 %

3 %

2 %

1 %

0.5 %





Время, с 2
00:00:25

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

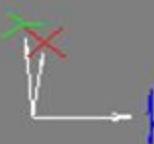
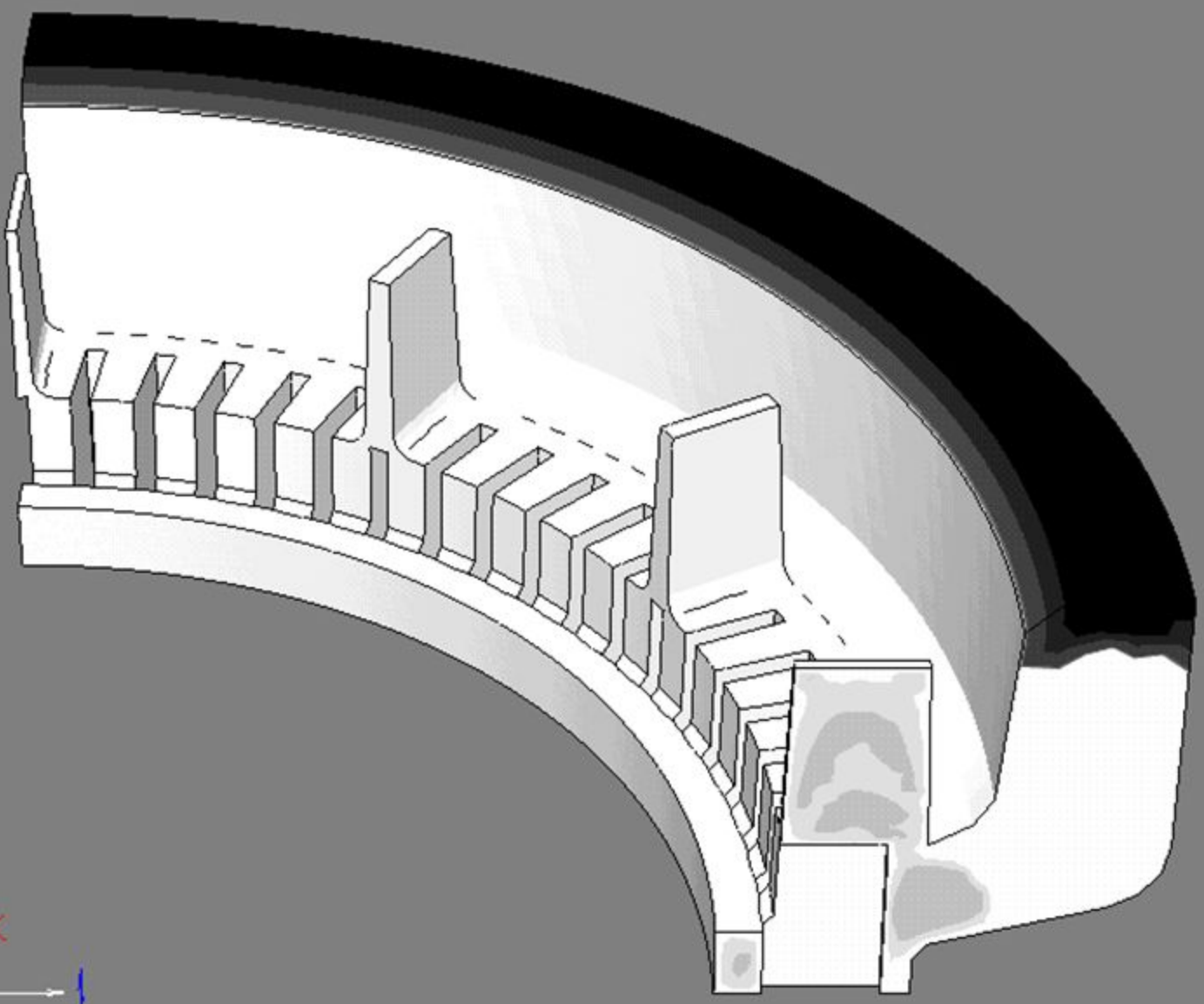
4 %

3 %

2 %

1 %

0.5 %

This panel contains various CAD software controls. It includes a zoom slider with percentage markers (90%, 50%, 10%, 5%, 4%, 3%, 2%, 1%, 0.5%), a view orientation button (isometric), a hidden lines button, and a zoom in/out button.



Время, с 3
00:00:30

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

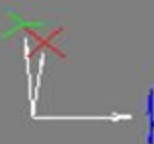
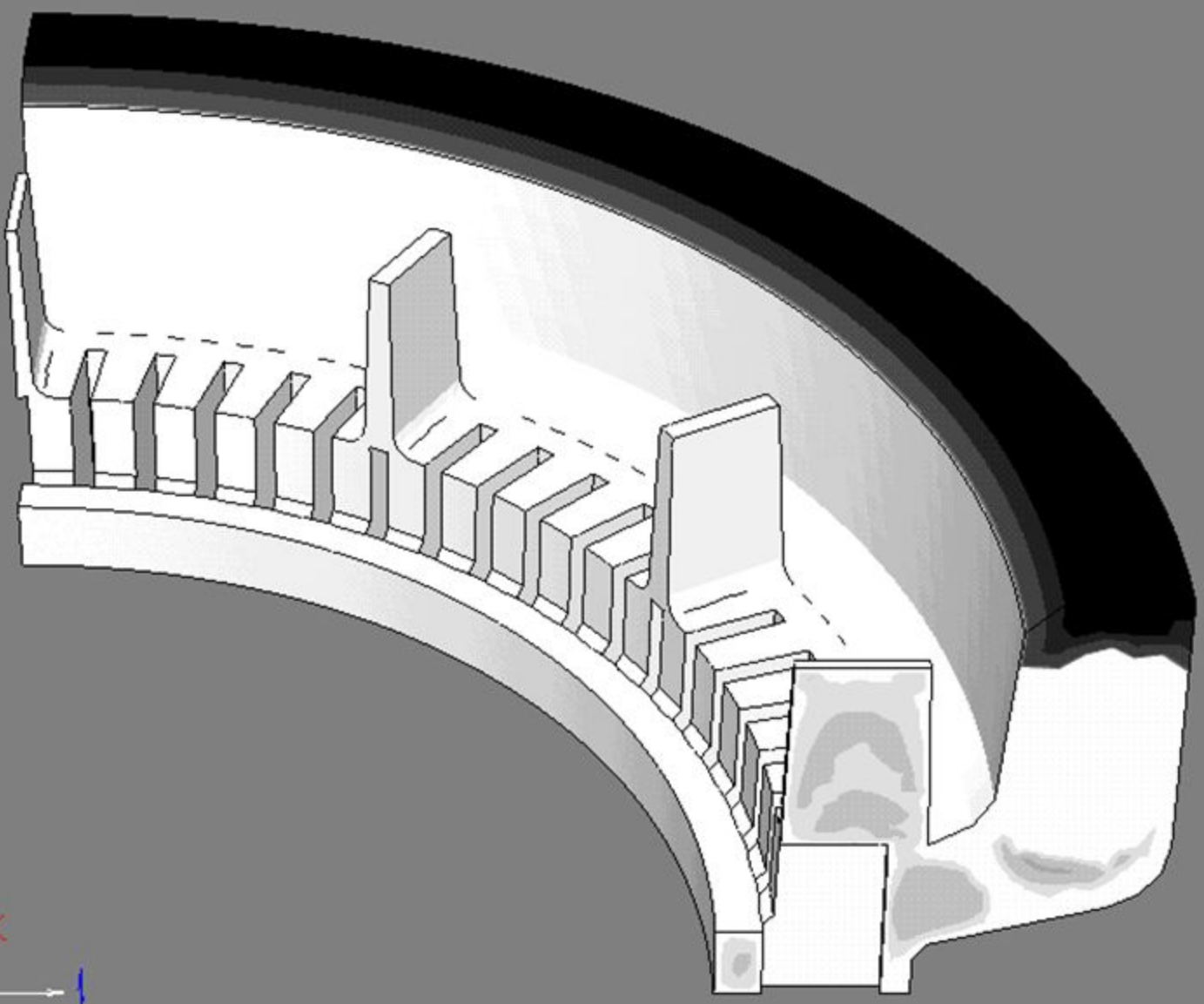
4 %

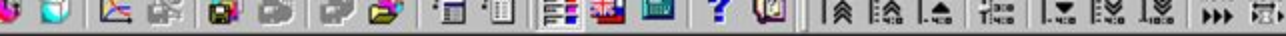
3 %

2 %

1 %

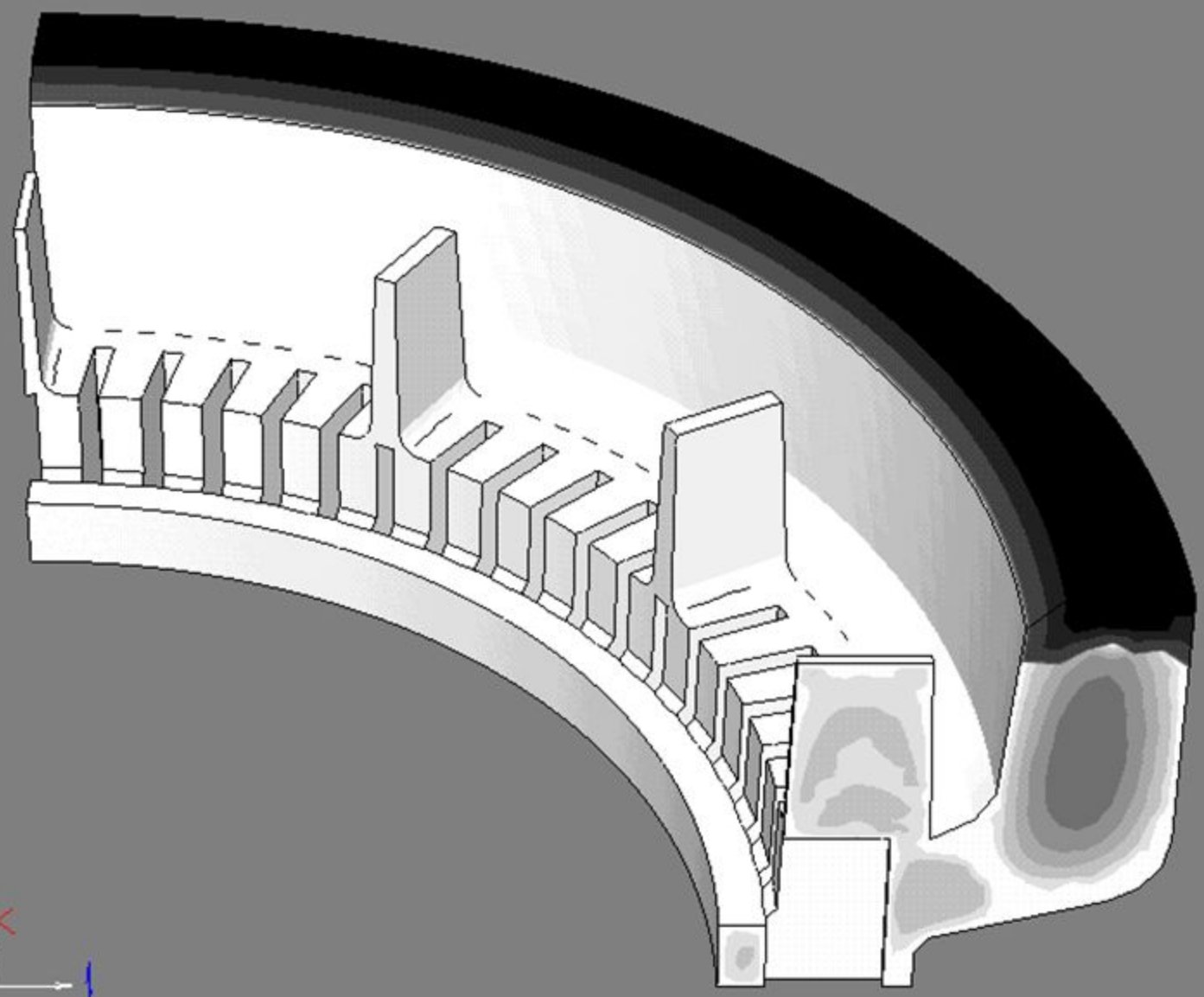
0.5 %

A vertical sidebar on the right side of the CAD software interface. It contains a coordinate system with red, green, and blue axes and a vertical list of zoom percentages ranging from 0.5% to 90%. Below the zoom list are several icons for different CAD functions like pan, rotate, and zoom.



Время, с 3
00:00:35

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

4 %

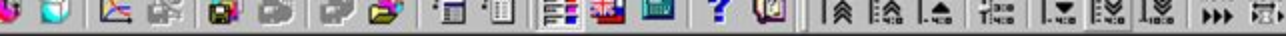
3 %

2 %

1 %

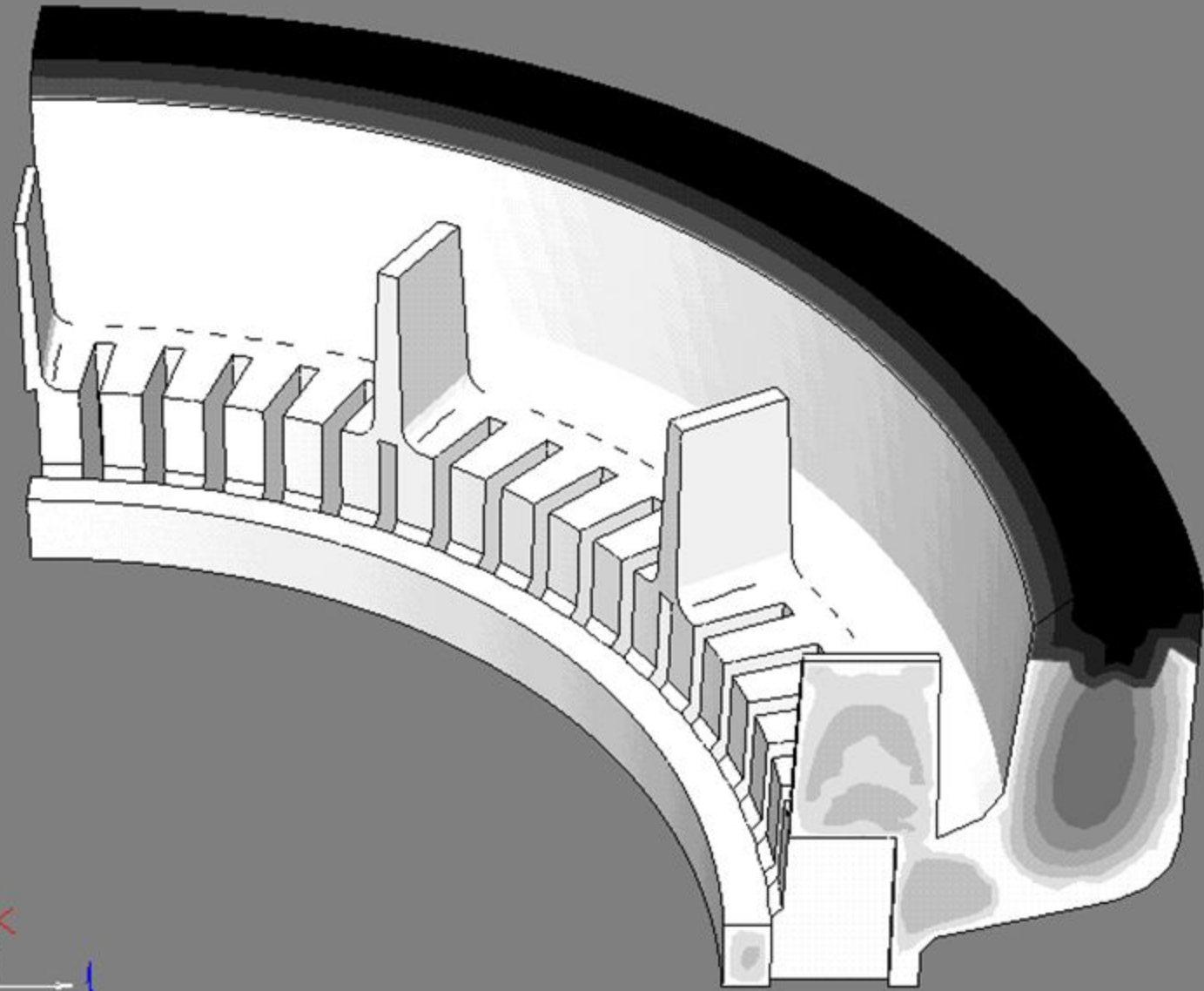
0.5 %





Время, с 4
00:00:45

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

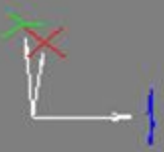
4 %

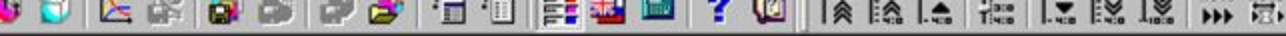
3 %

2 %

1 %

0.5 %





Время, с 5
00:00:50

Порис

90 %

50 %

10 %

5 %

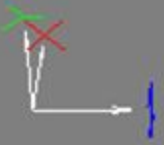
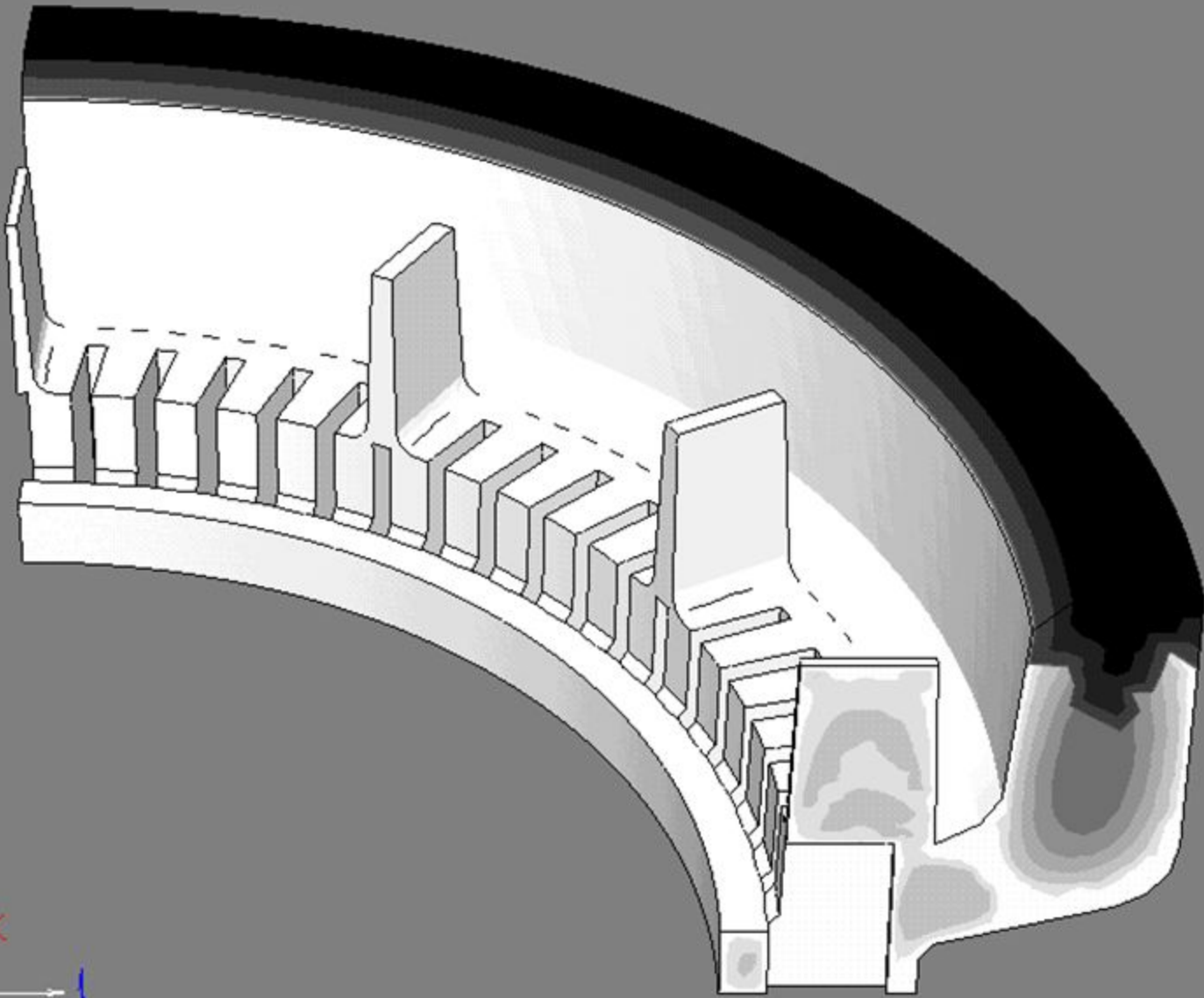
4 %

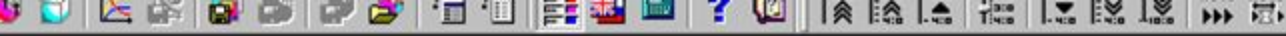
3 %

2 %

1 %

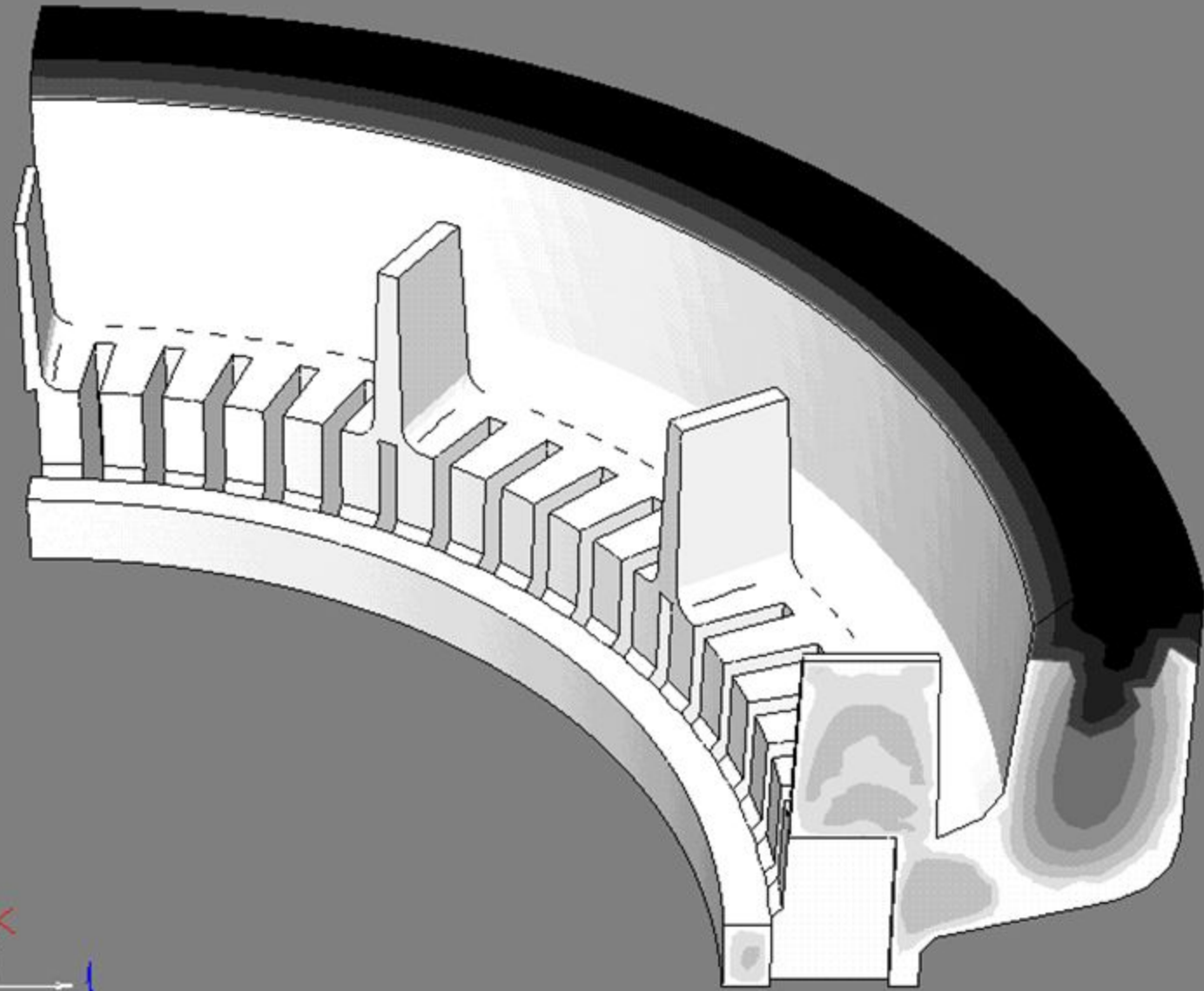
0.5 %

A vertical sidebar containing various CAD software controls such as a 3D view toggle, a 2D view toggle, a zoom slider, and a coordinate system icon.



Время, с 5
00:00:55

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

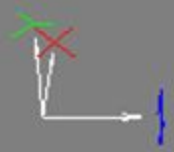
4 %

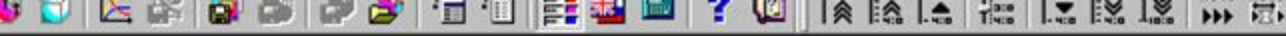
3 %

2 %

1 %

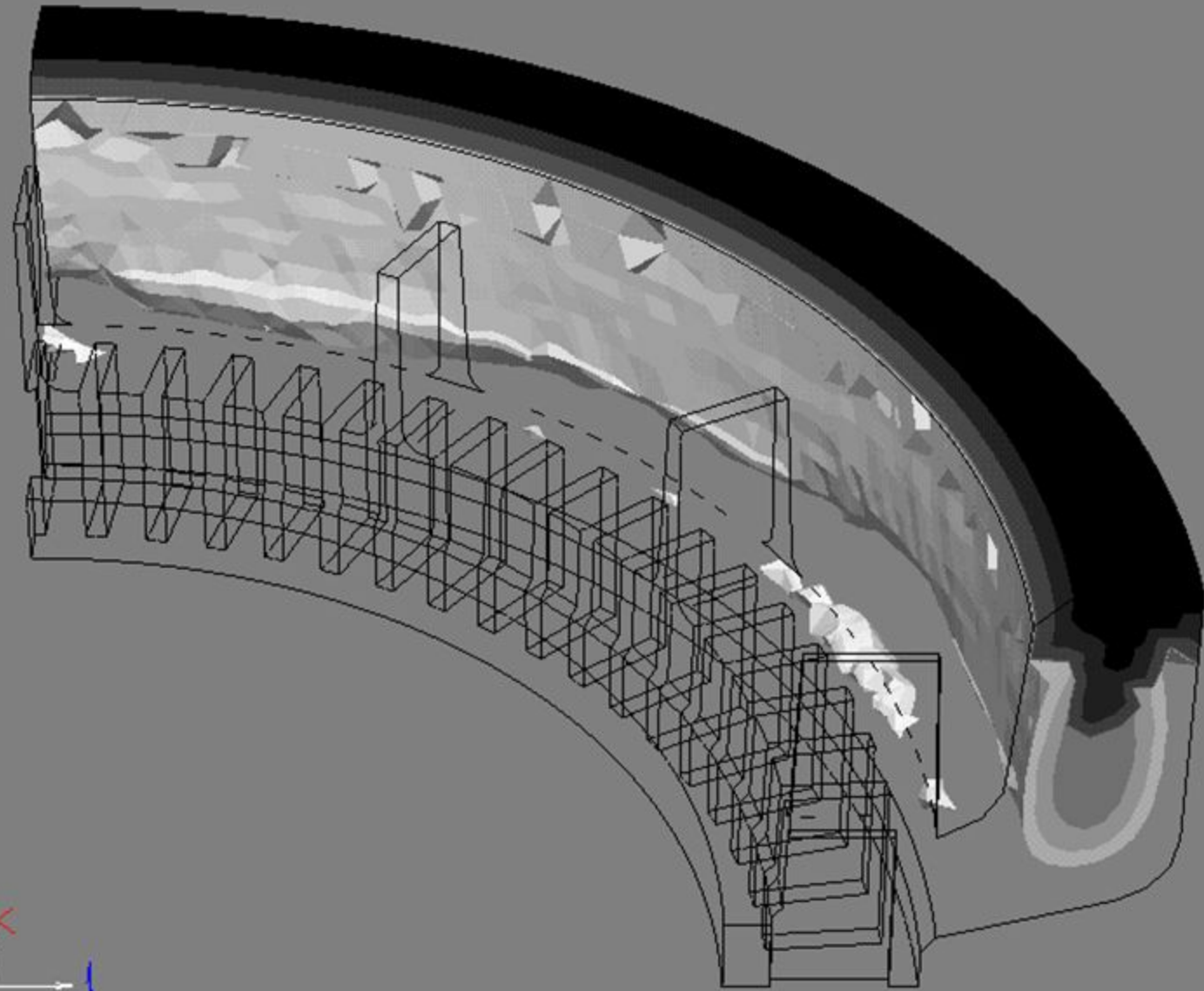
0.5 %





Время, с 5
00:00:55

Порис



90 %

50 %

10 %

5 %

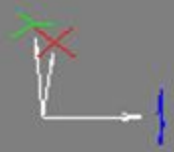
4 %

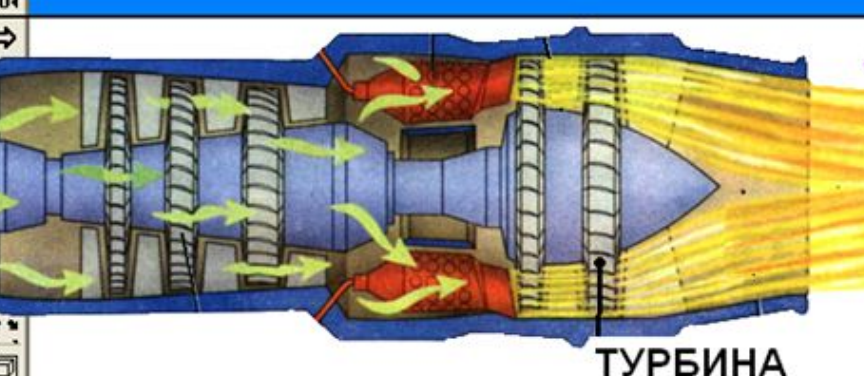
3 %

2 %

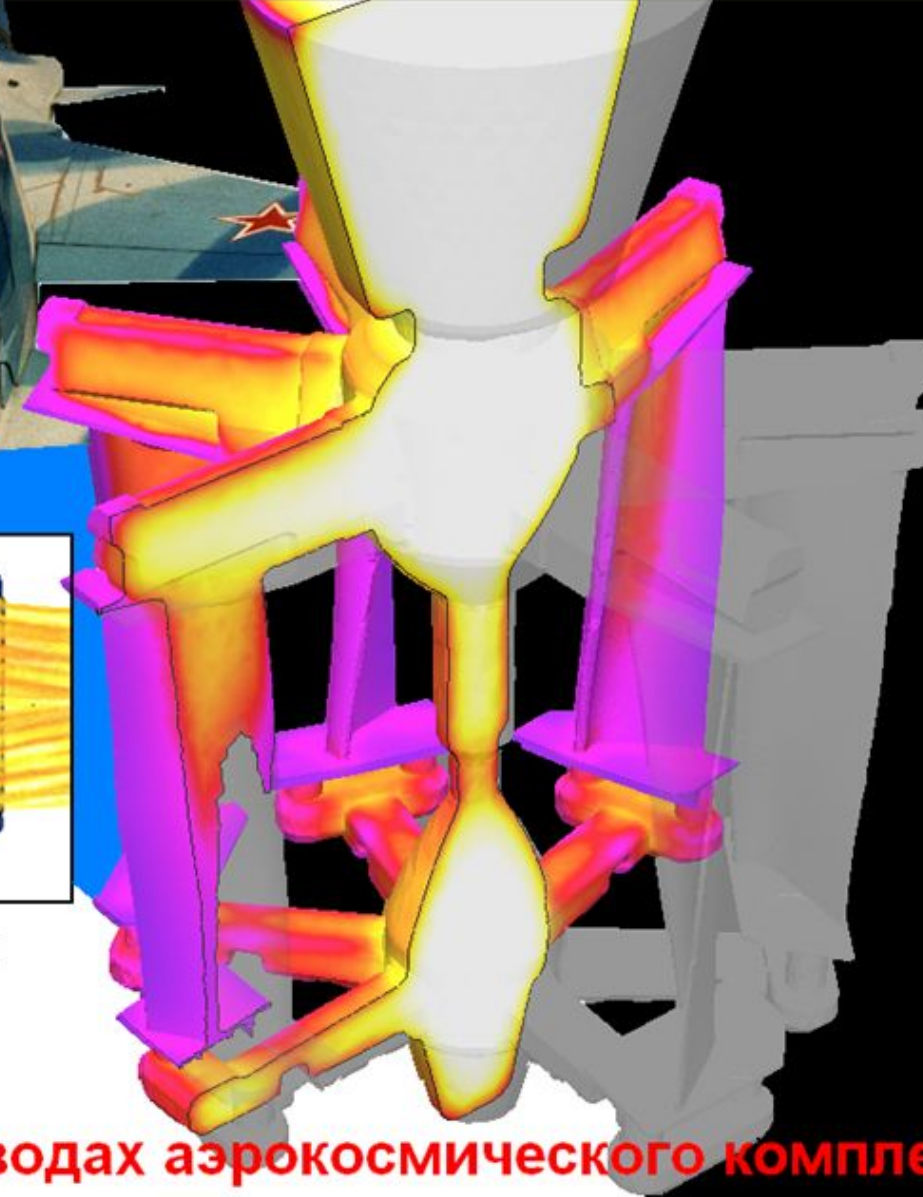
1 %

0.5 %





ТУРБИНА



Время, с 10
00:00:10

Температура, С
Жидкая фаза, %
Тл=1370 Тс=1250

100 %

85 %

70 %

50 %

30 %

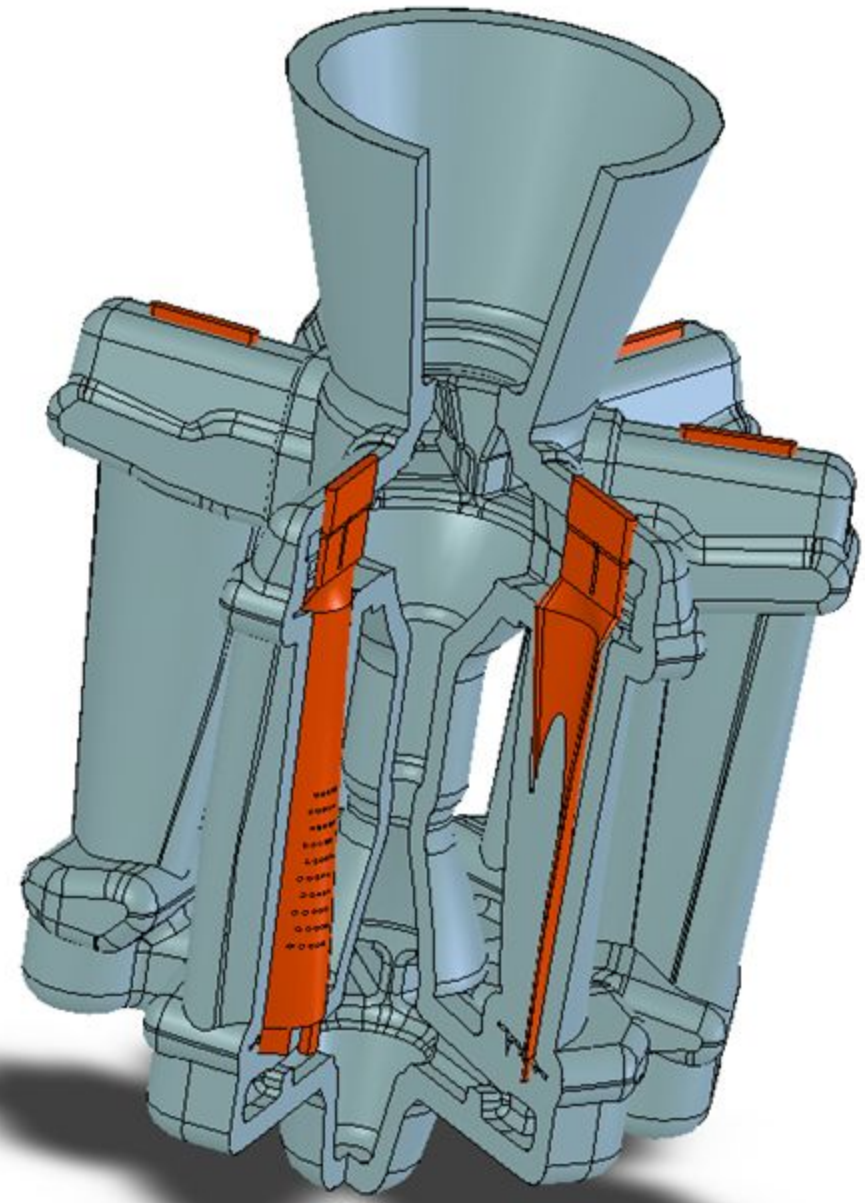
15 %

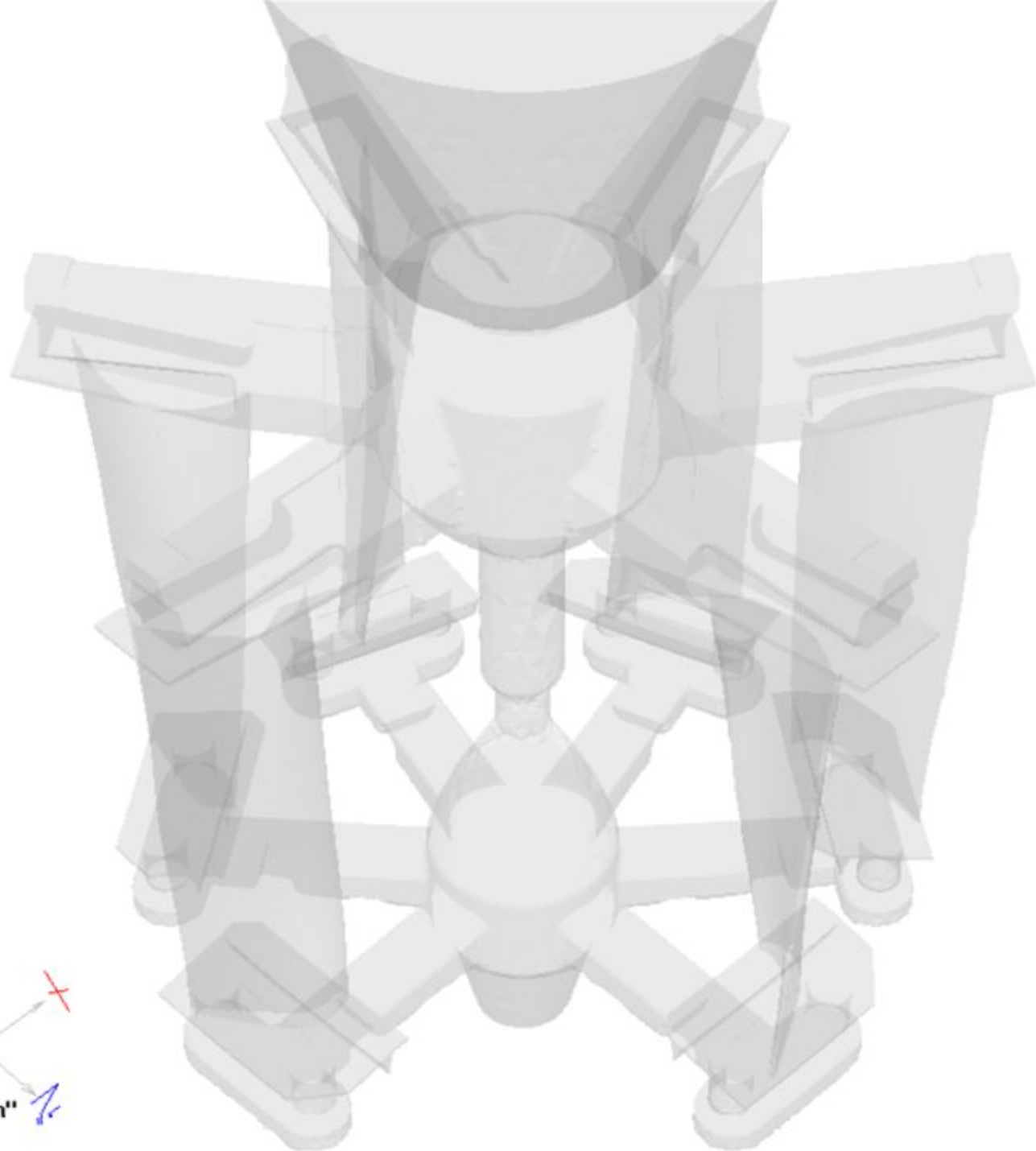
0 %

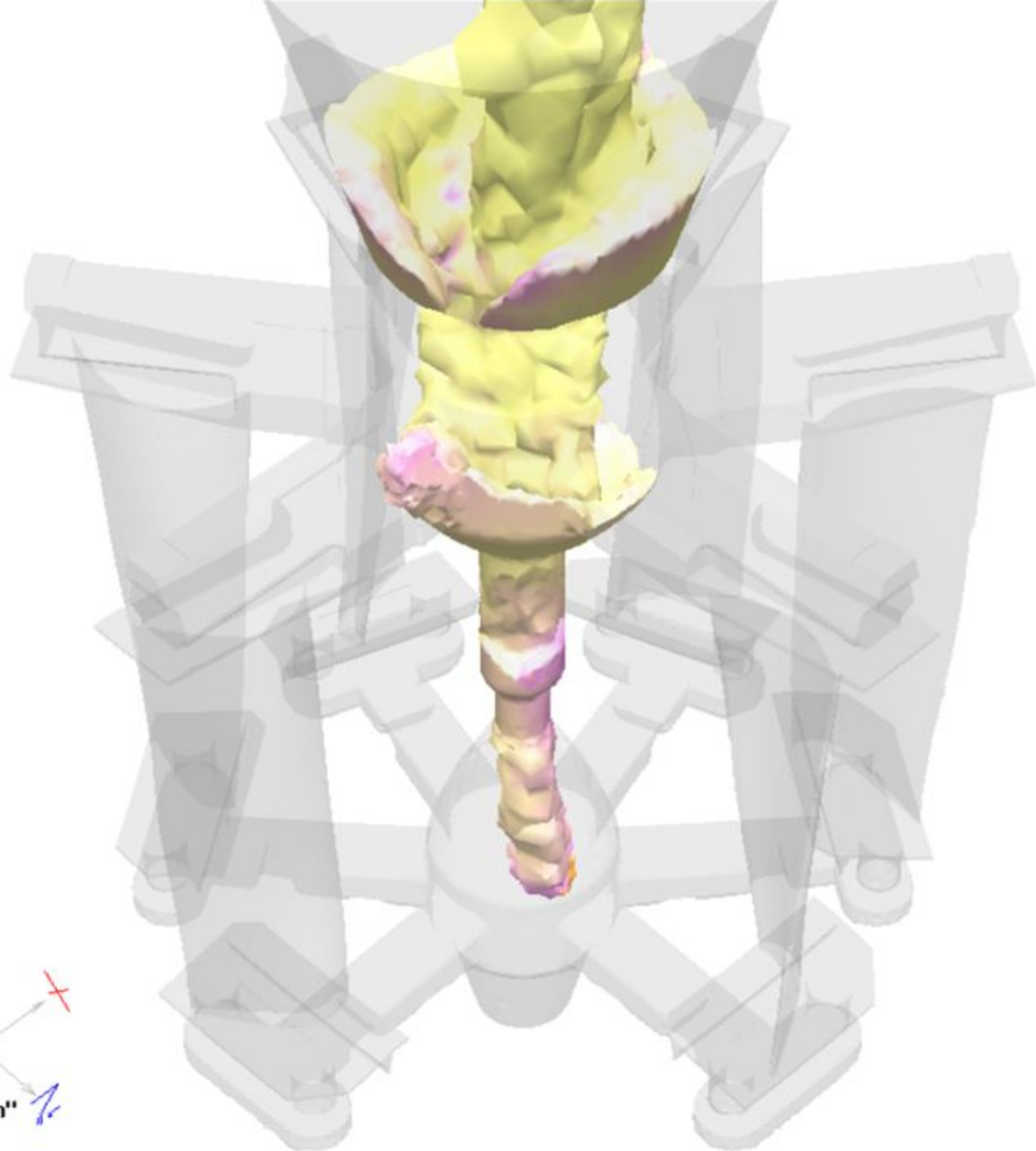
500 С

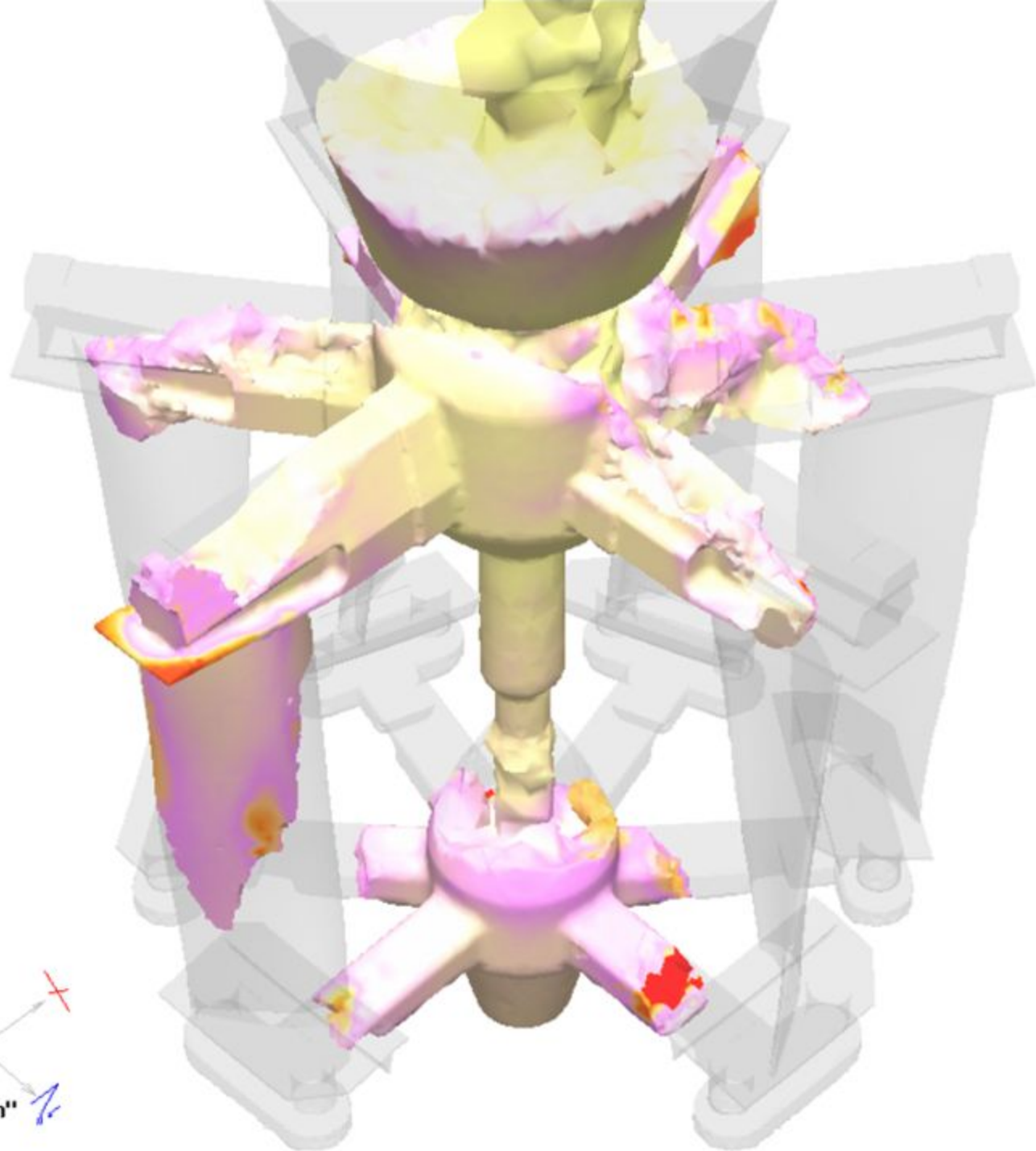
200 С

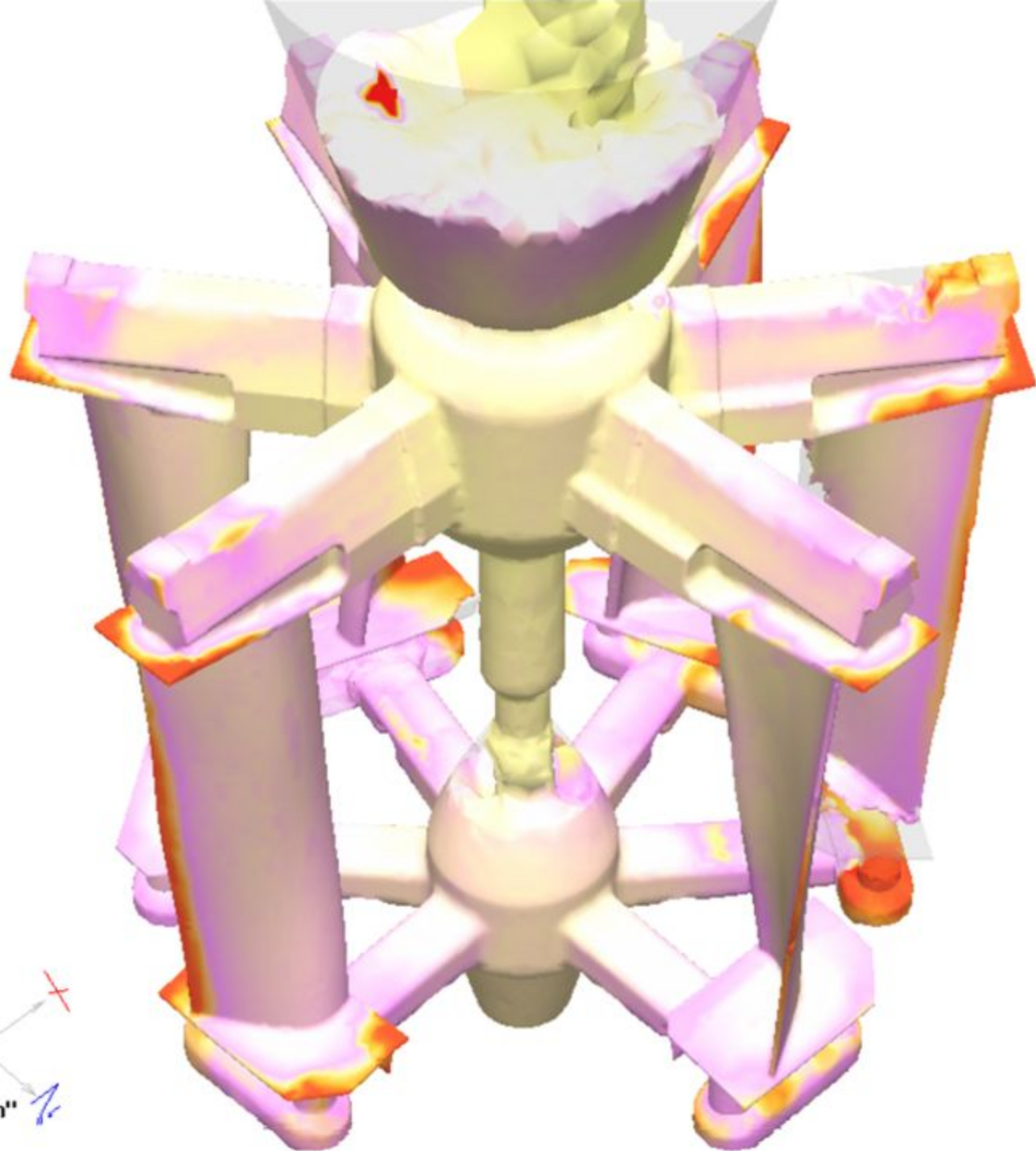
ПОЛИГОН применяют для отработки сложнейших литейных технологий турбинных лопаток **на заводах аэрокосмического комплекса**

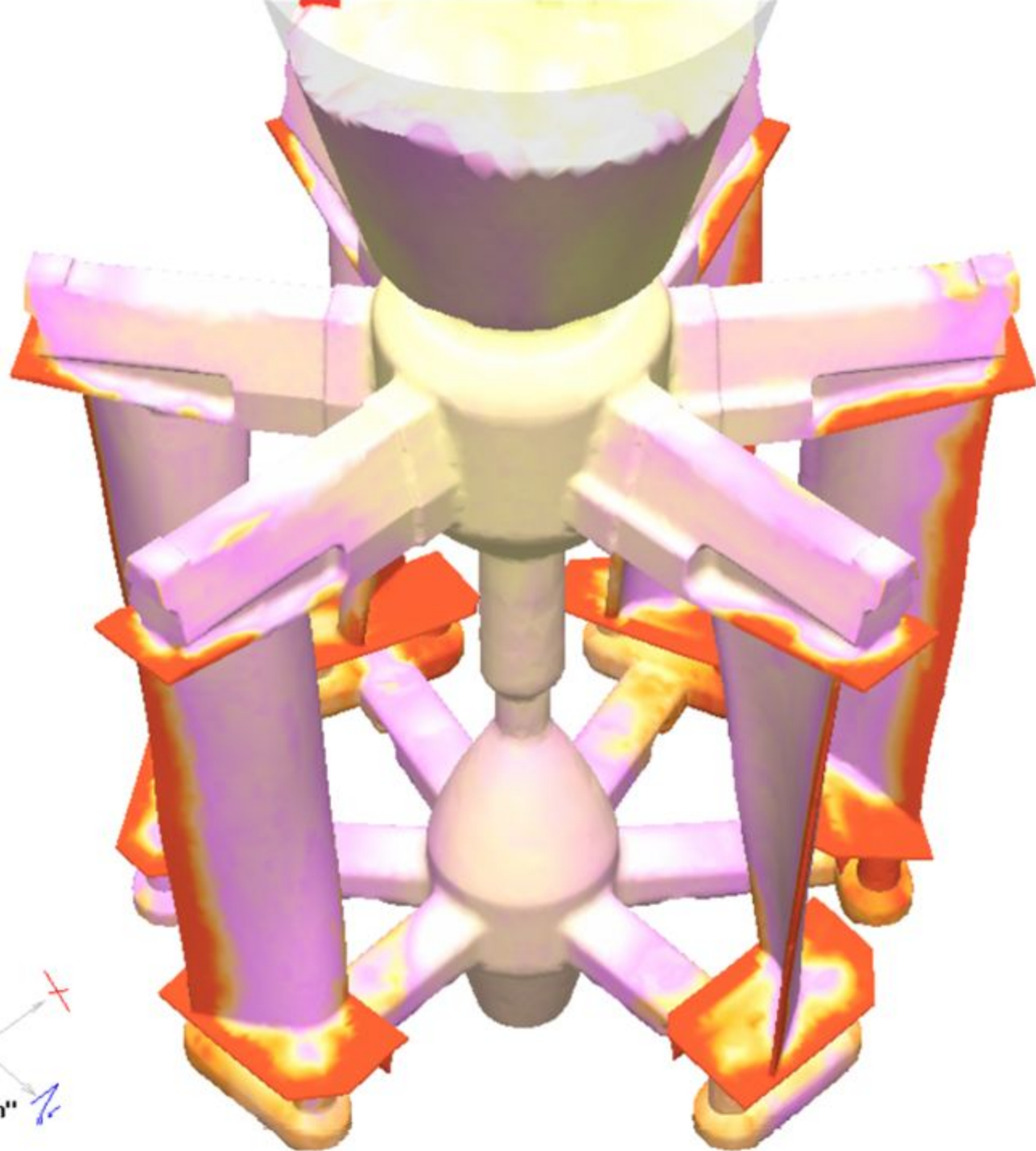


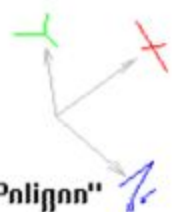
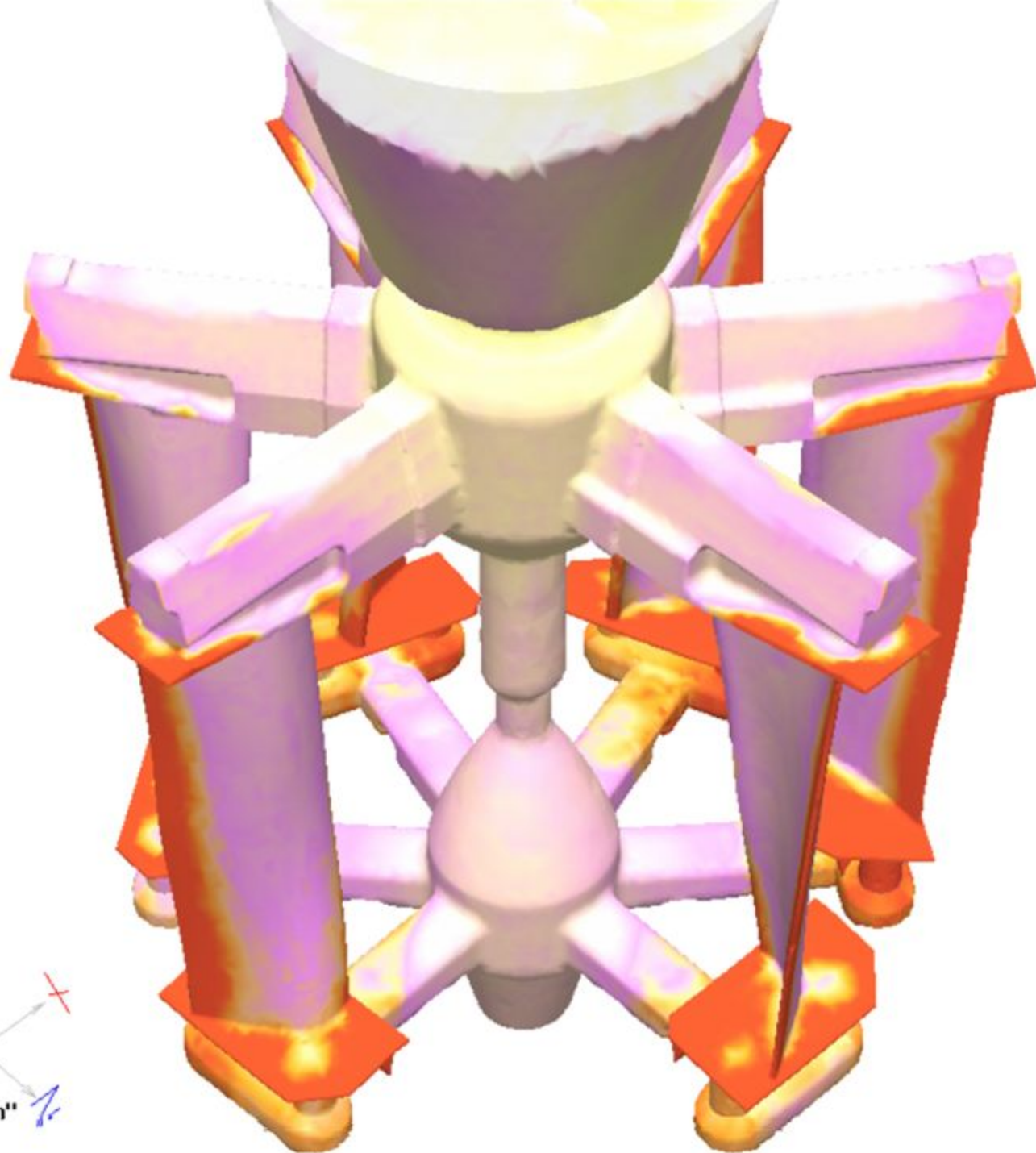


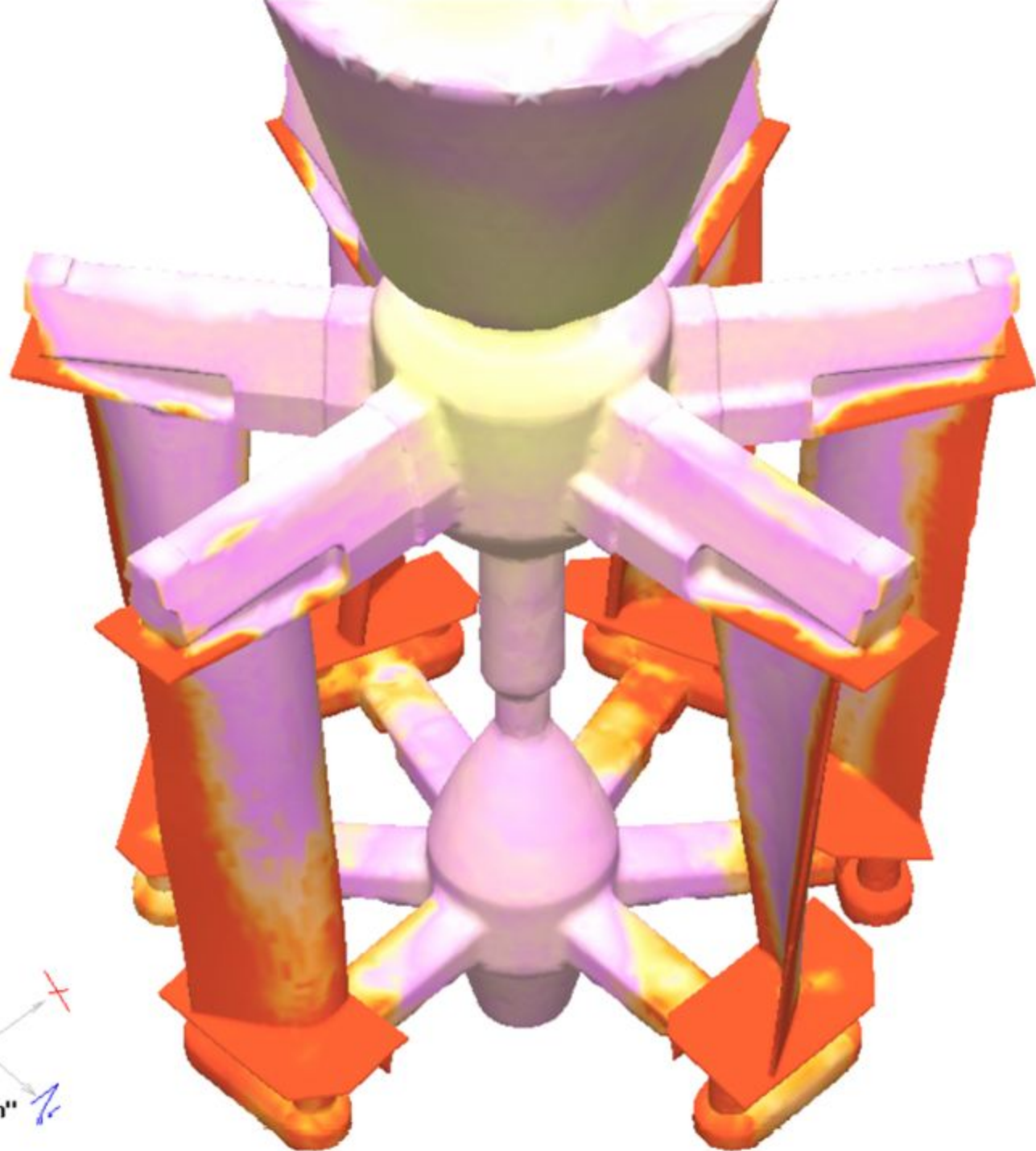


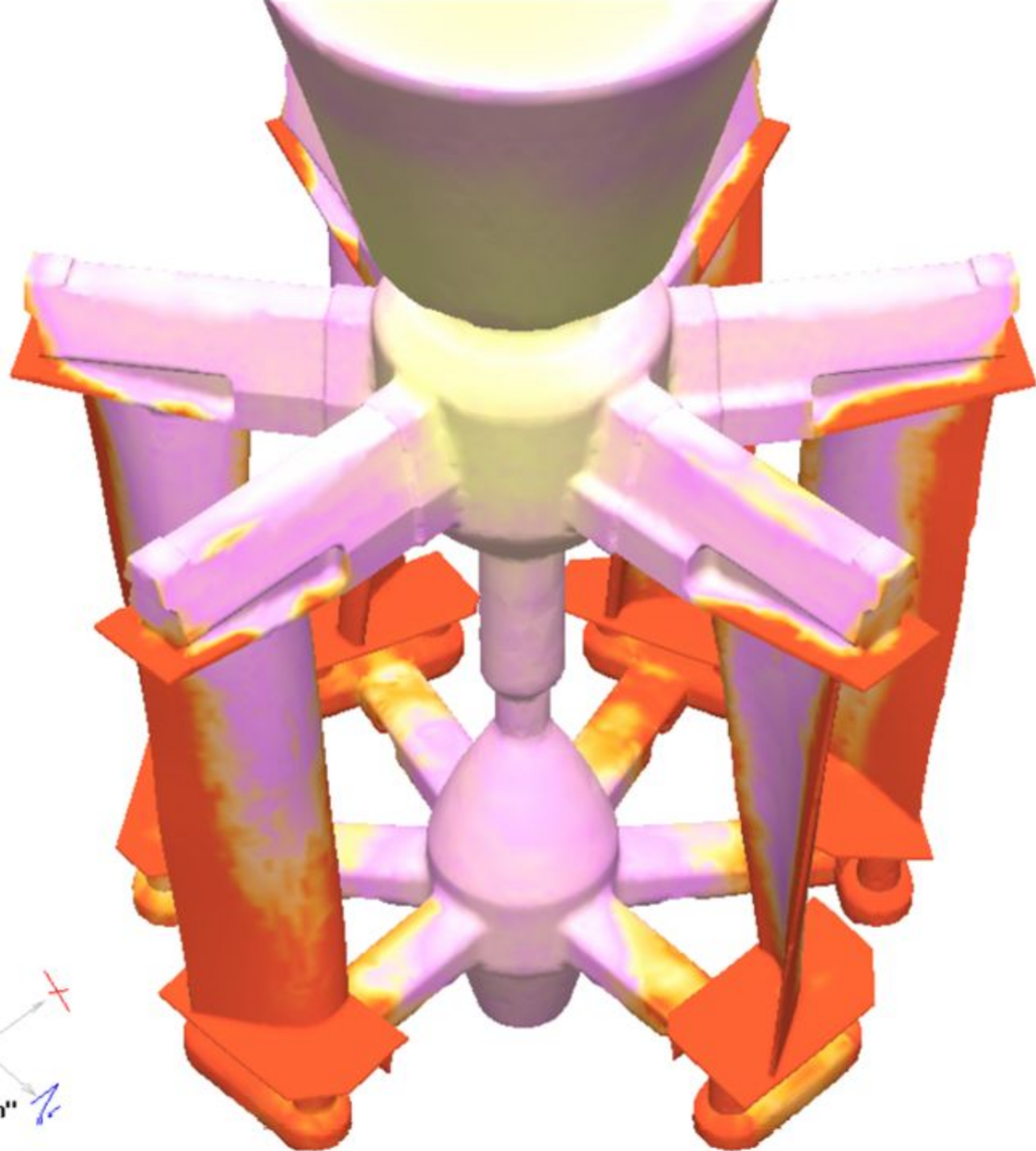


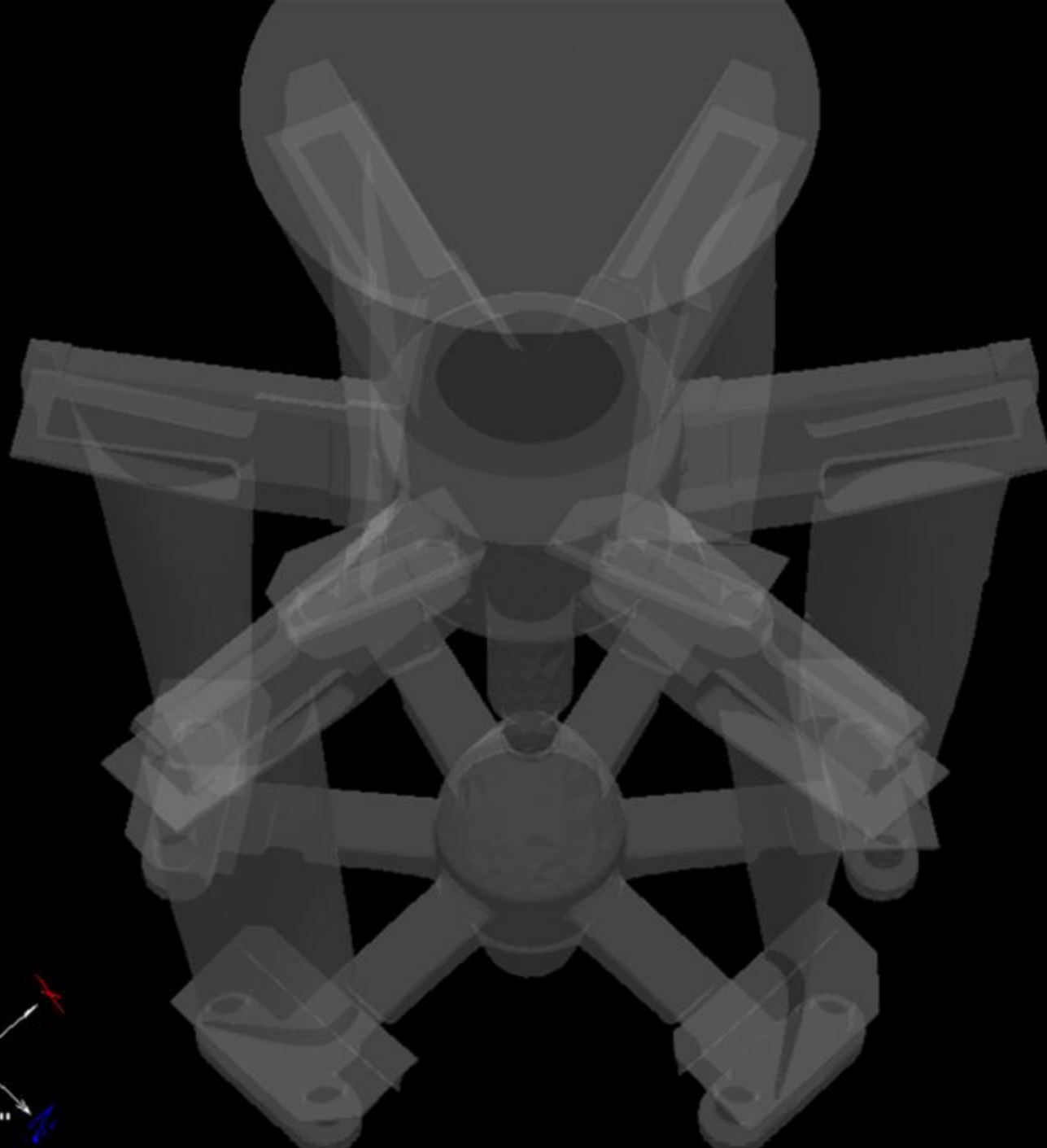


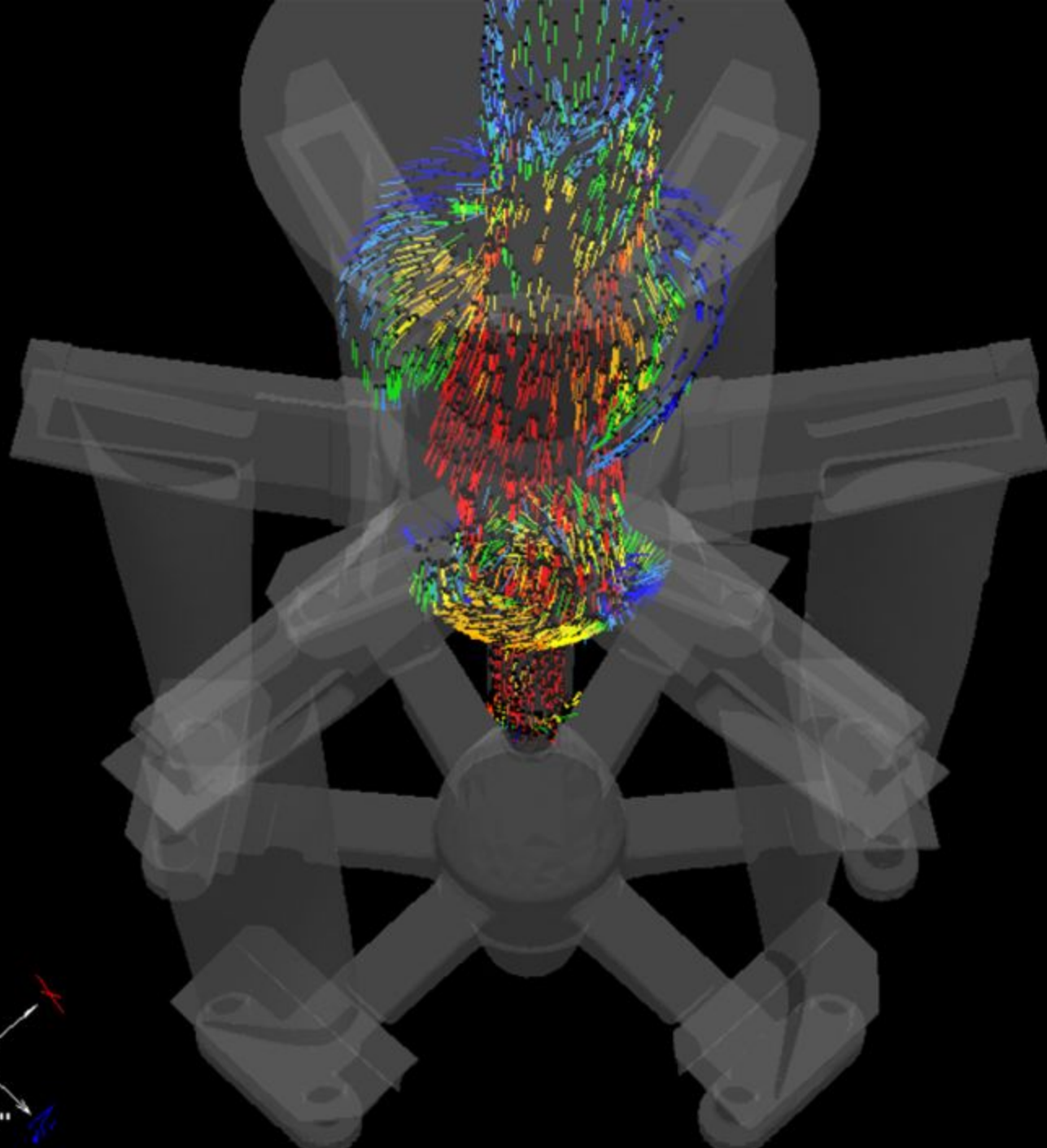


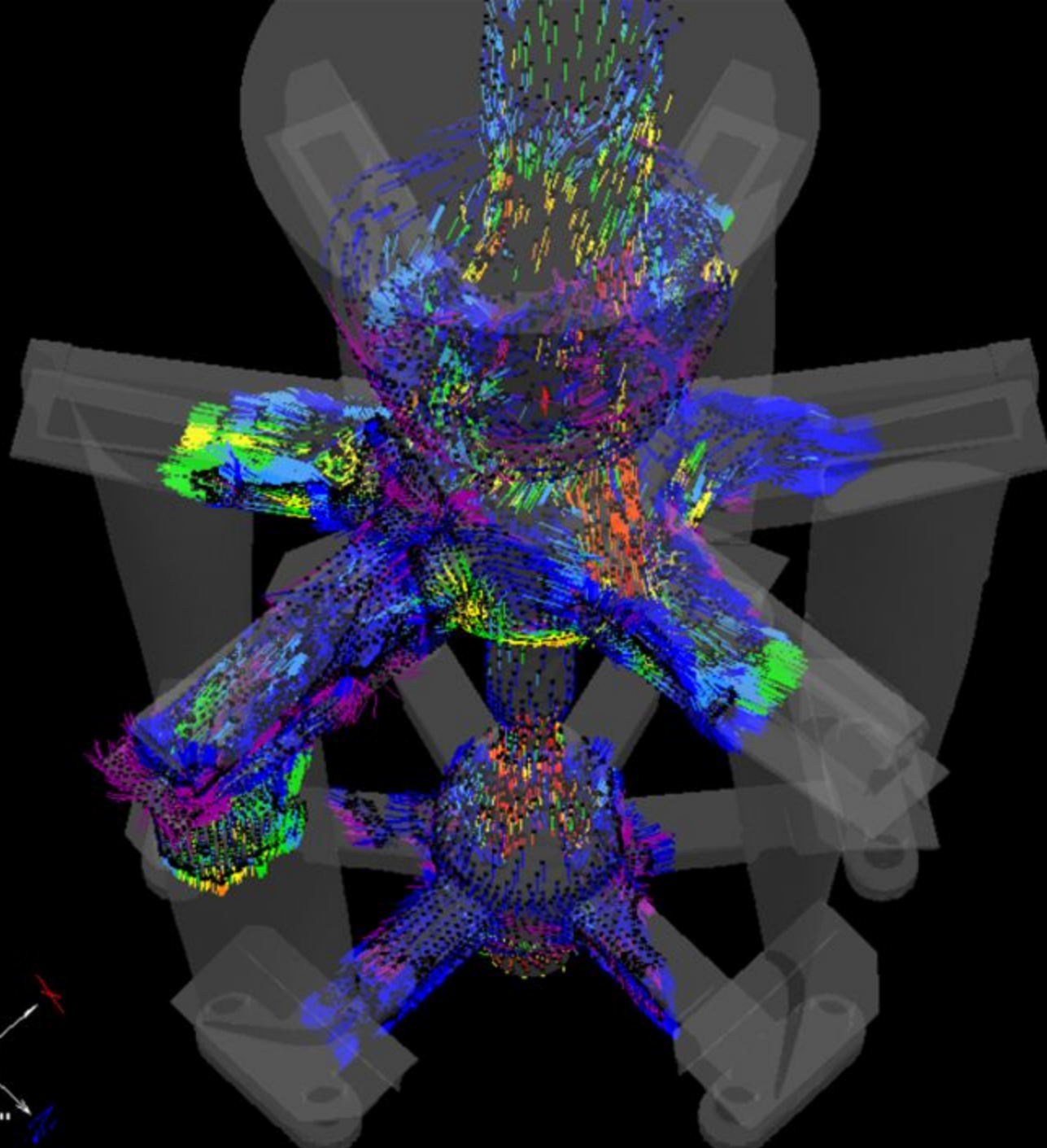


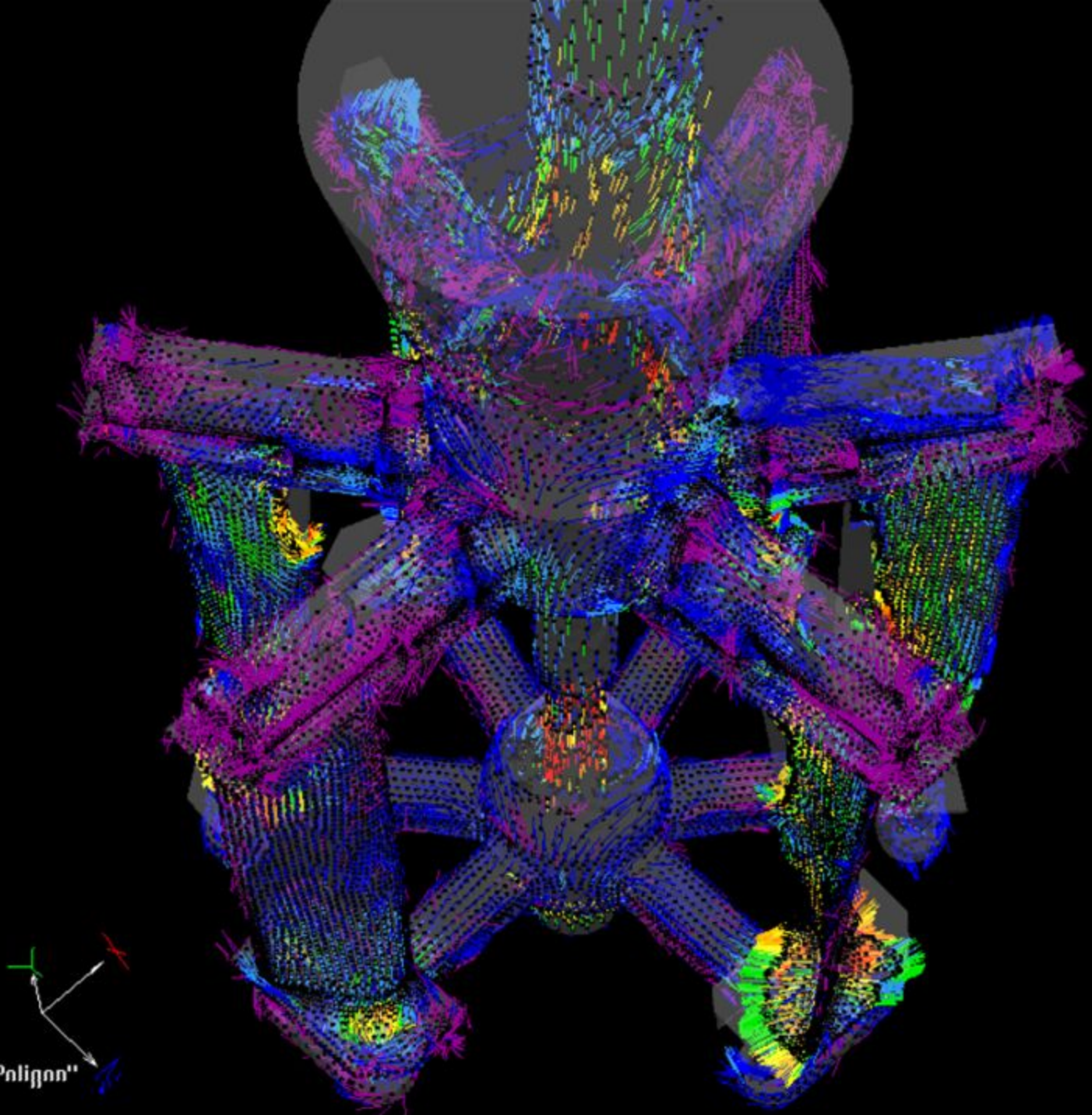


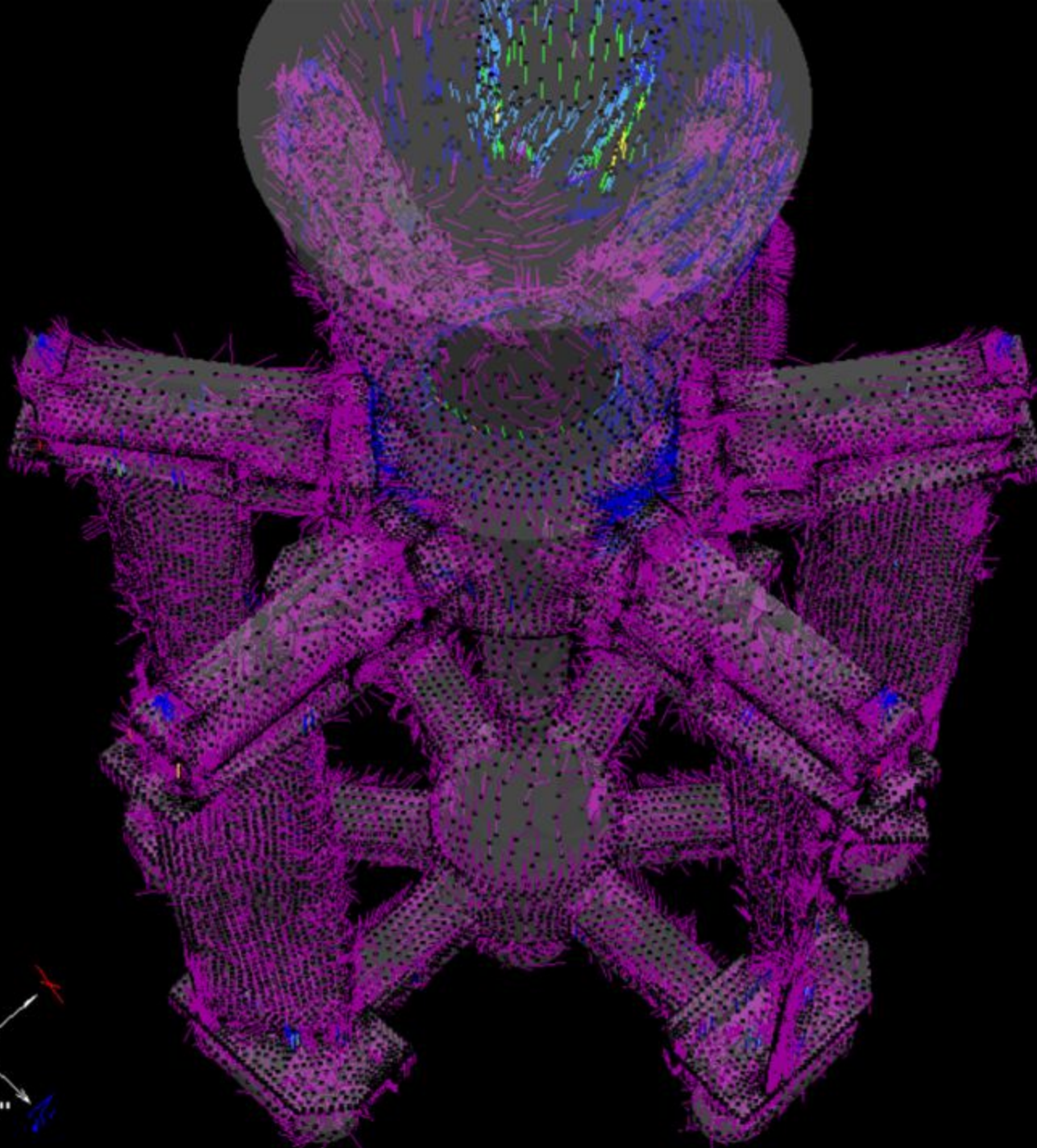


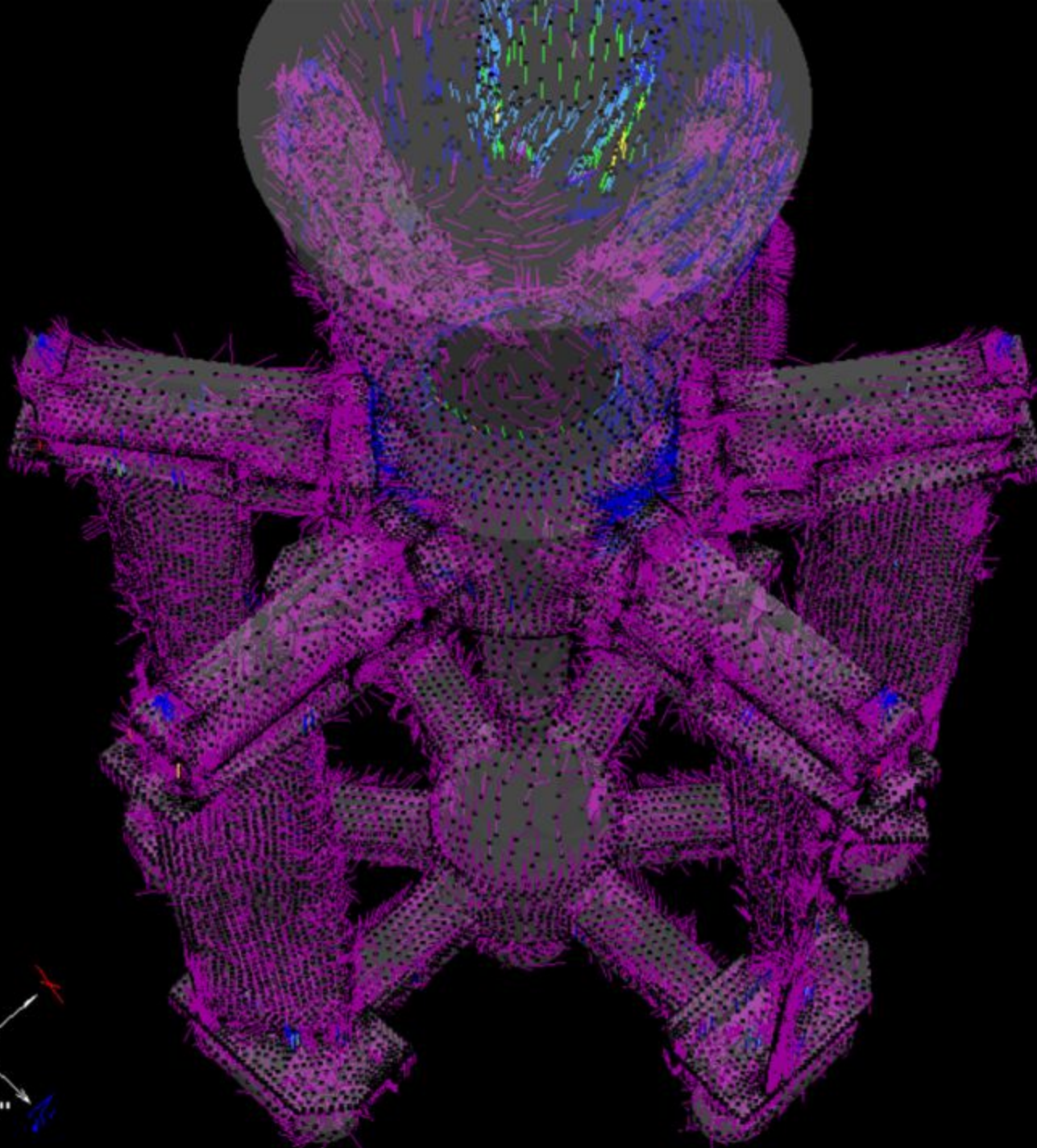


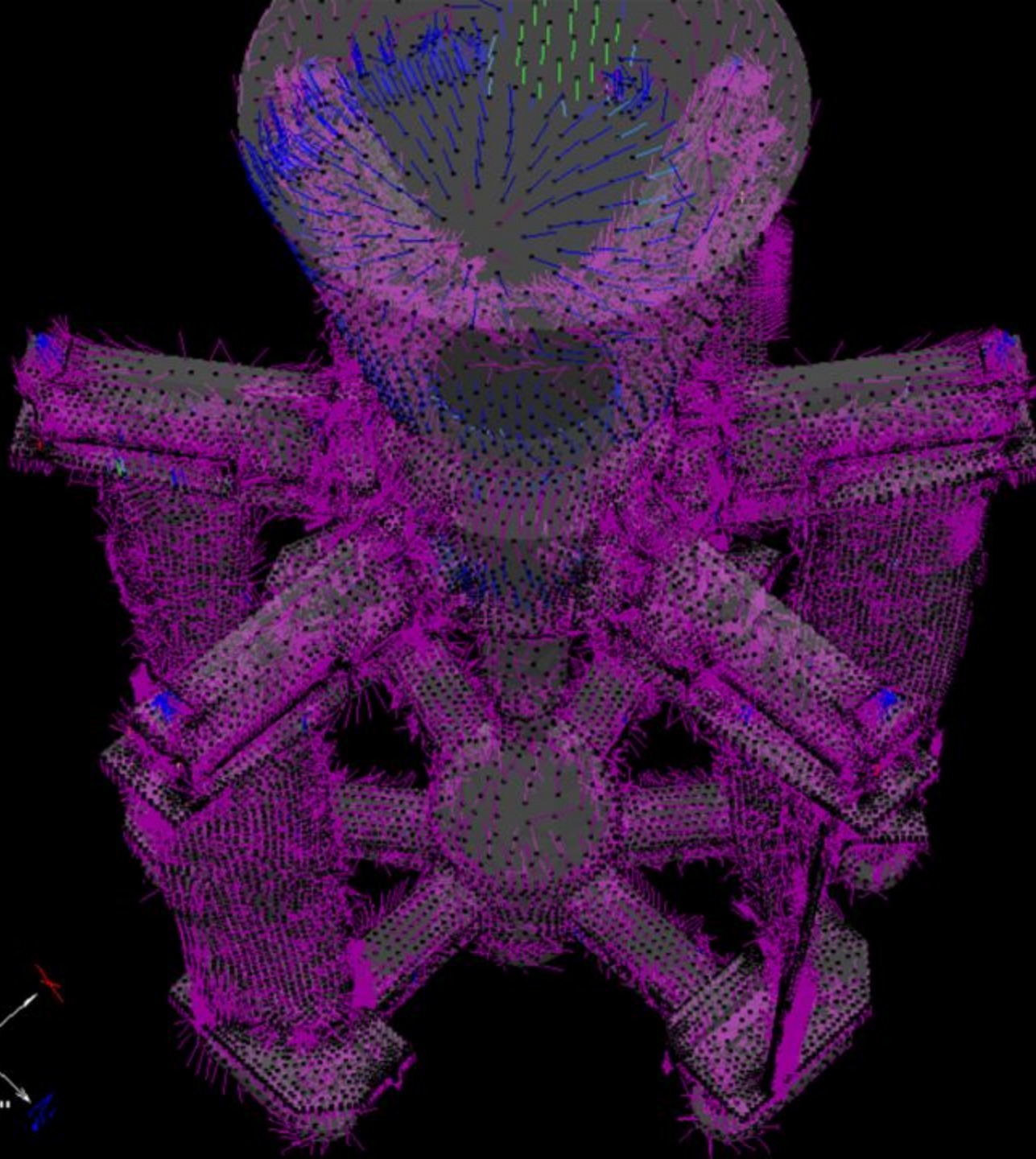


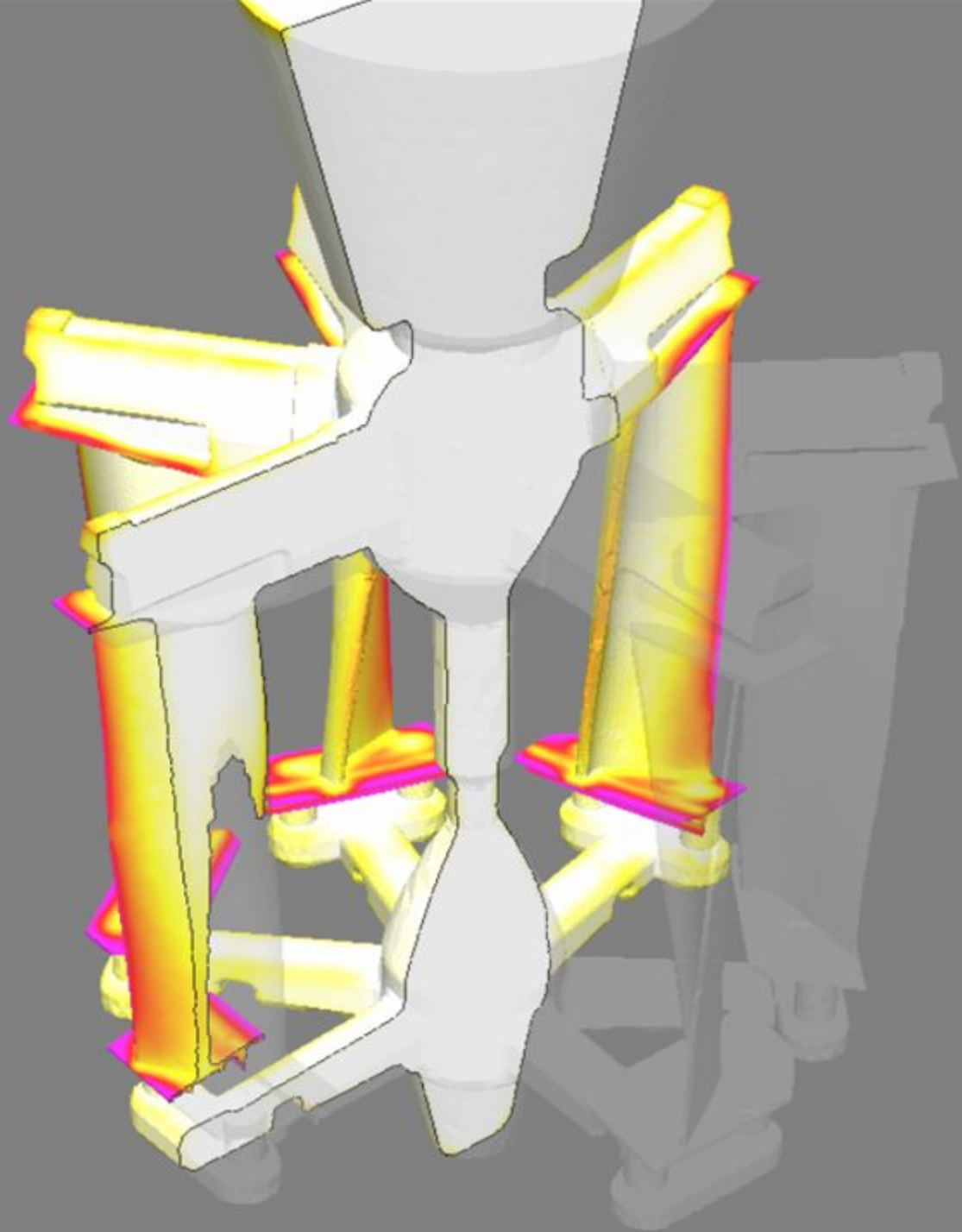


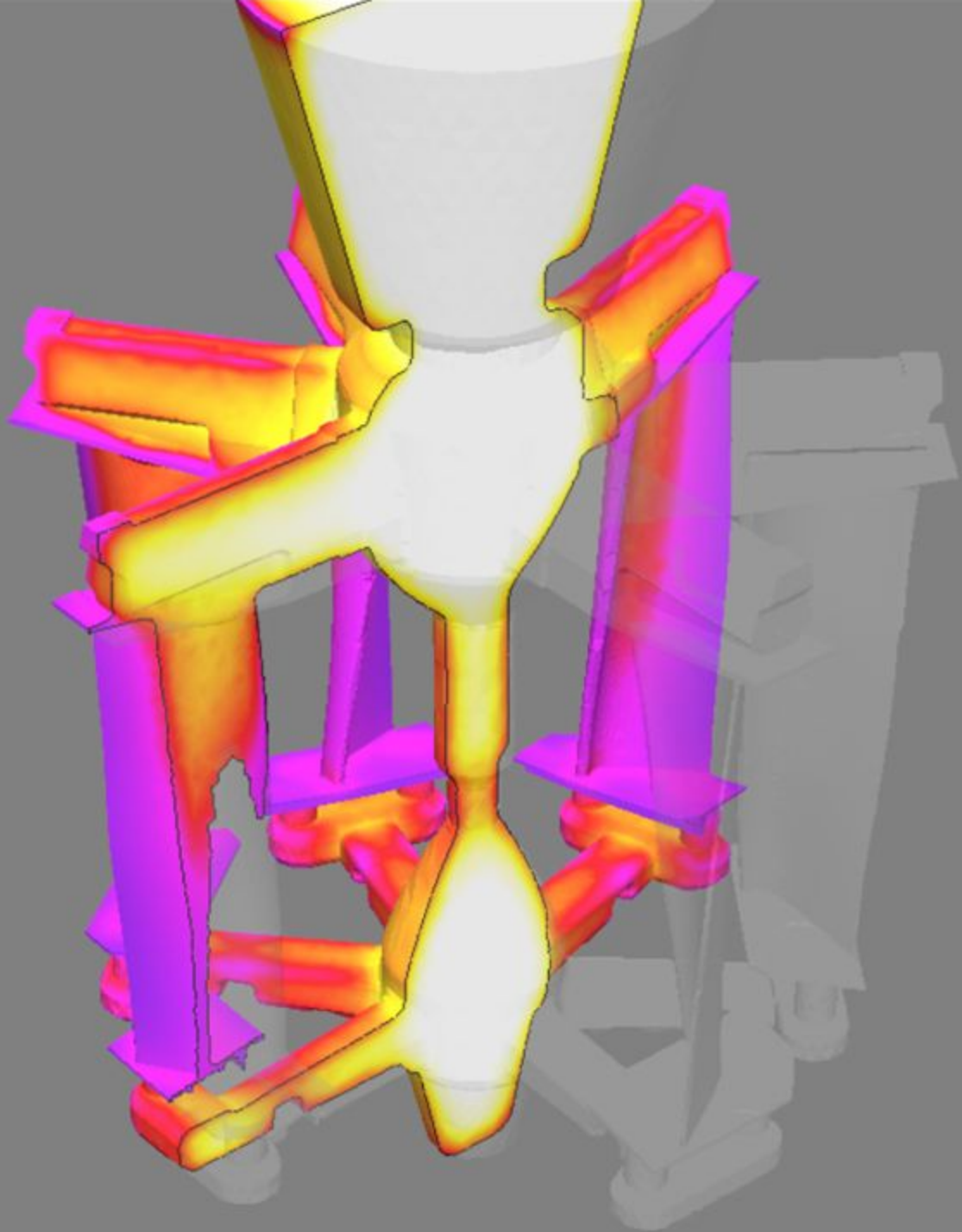




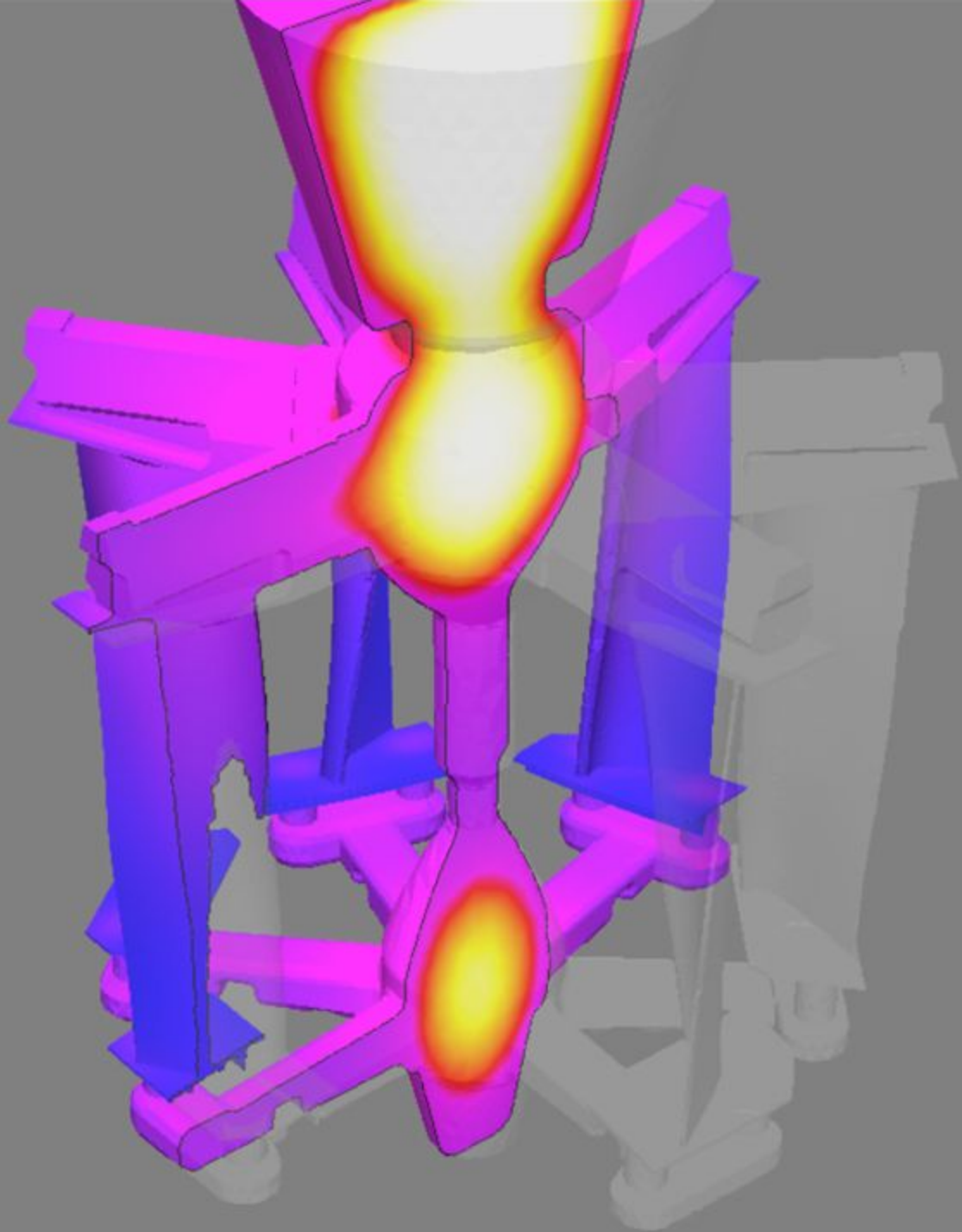


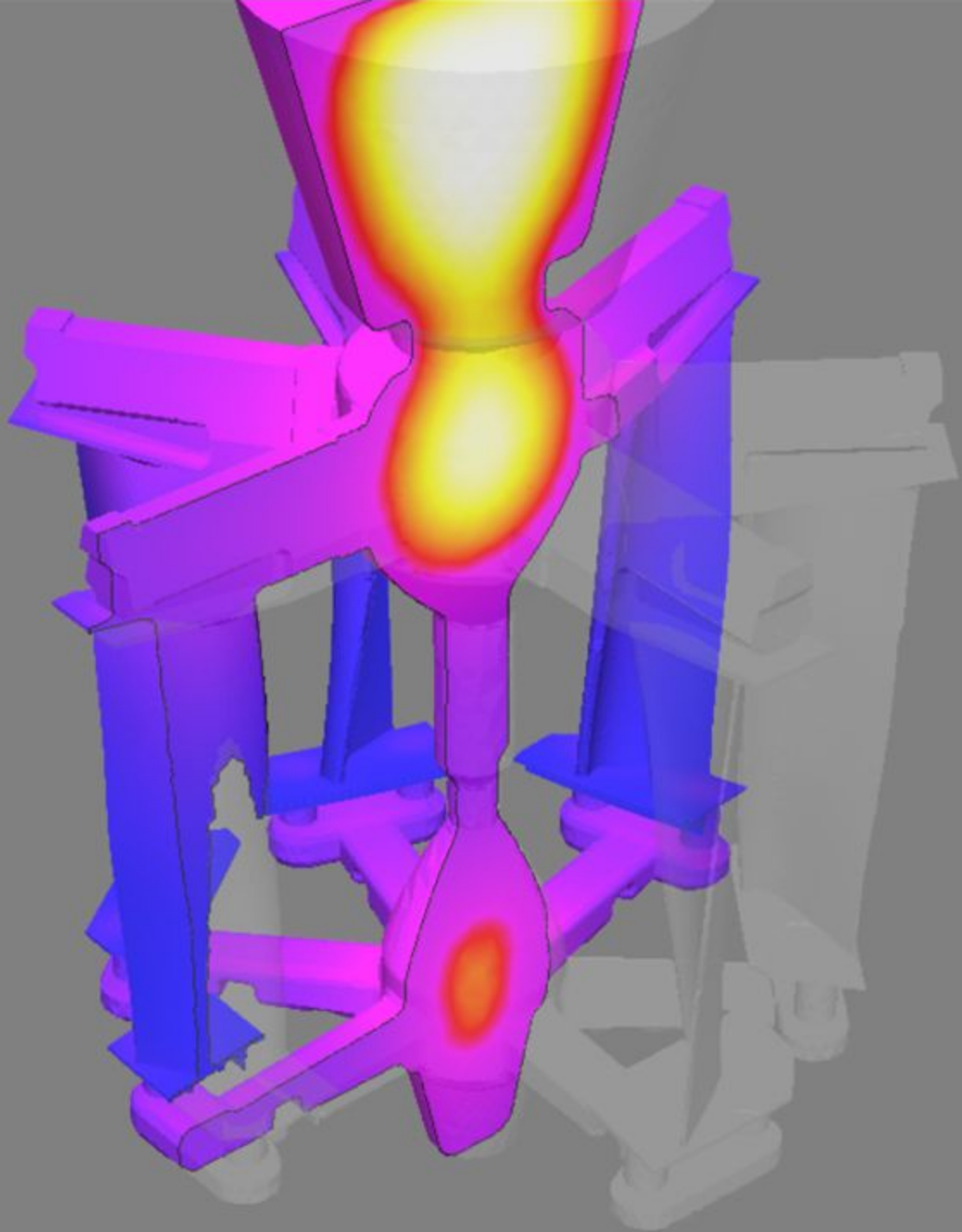


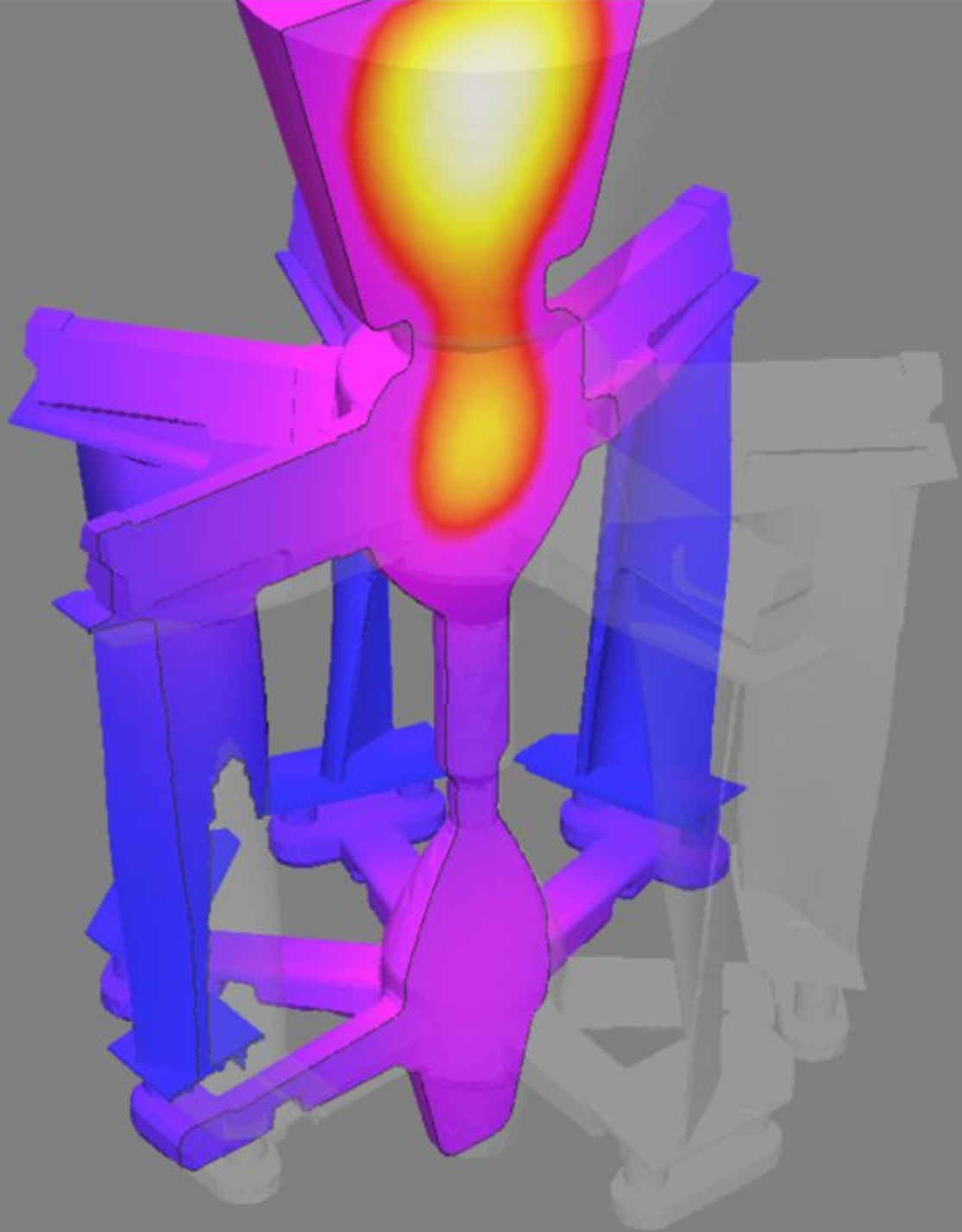


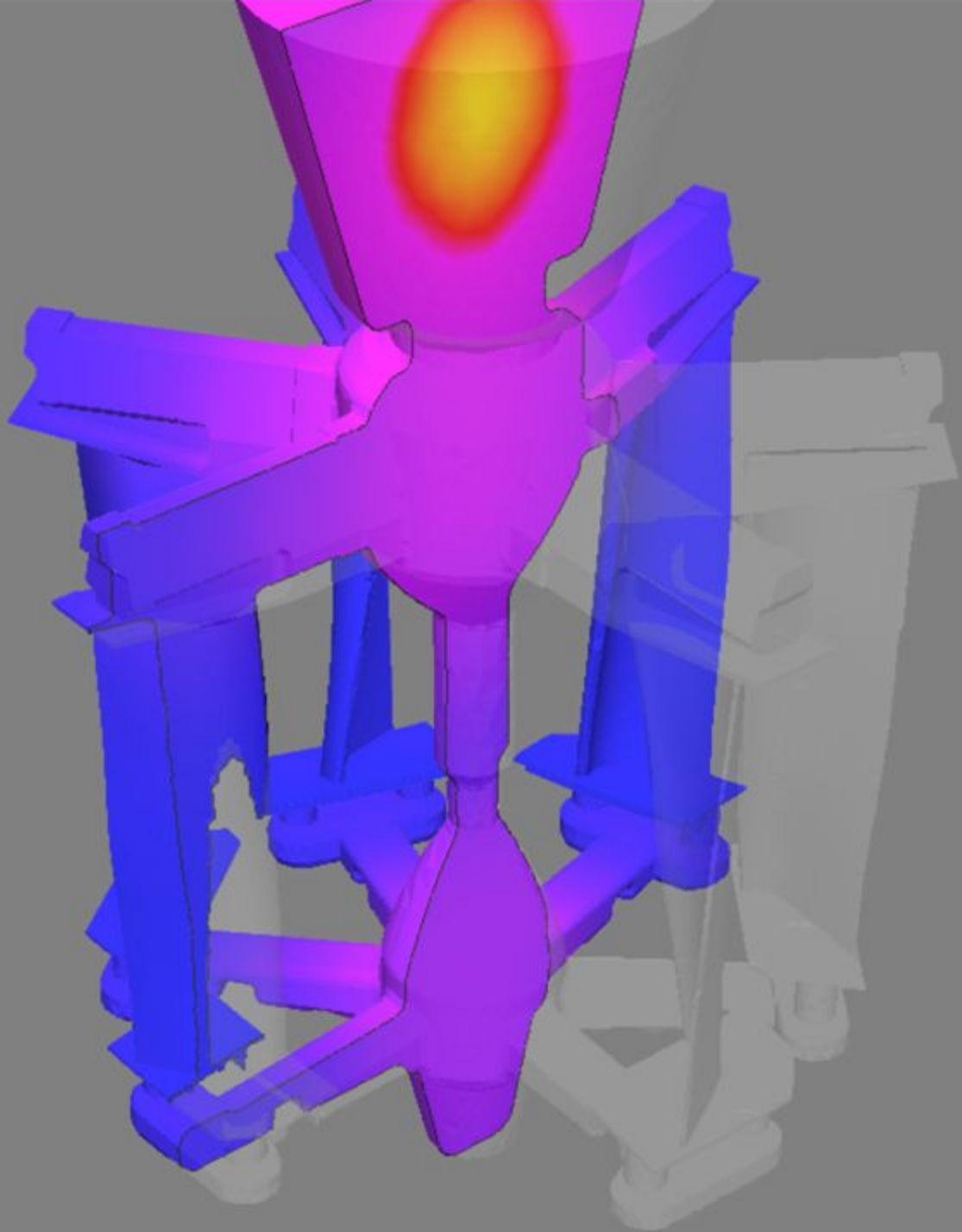


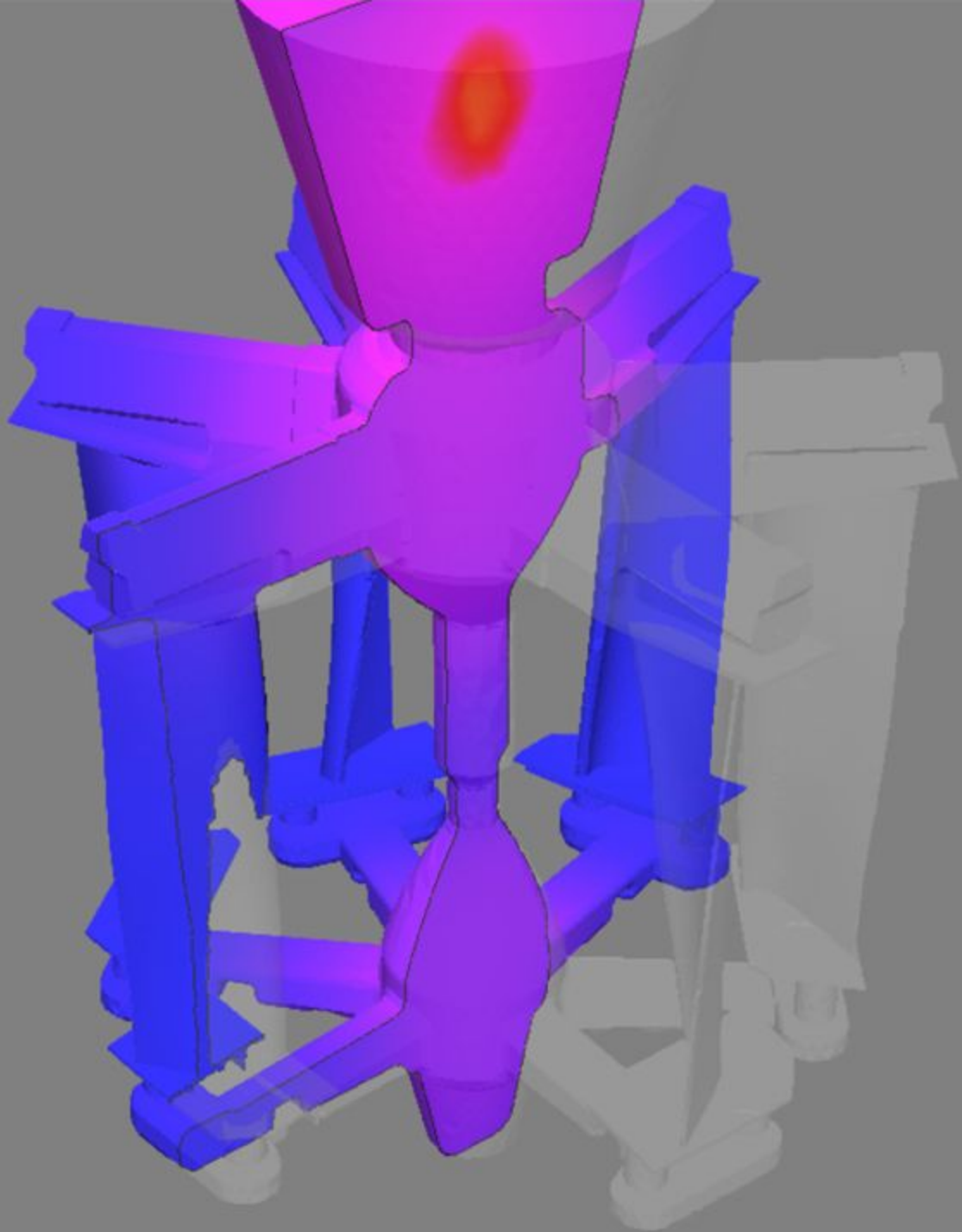


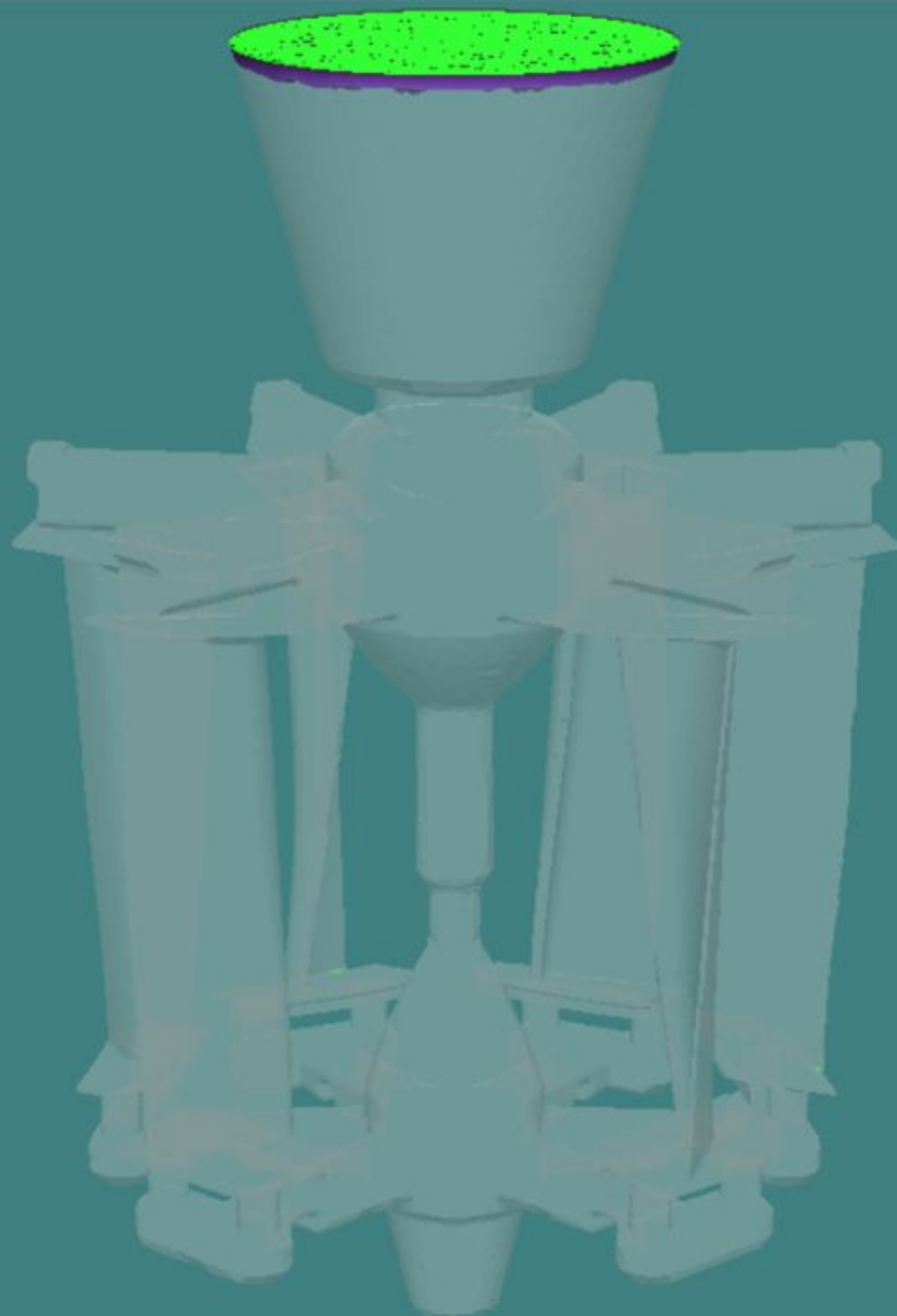


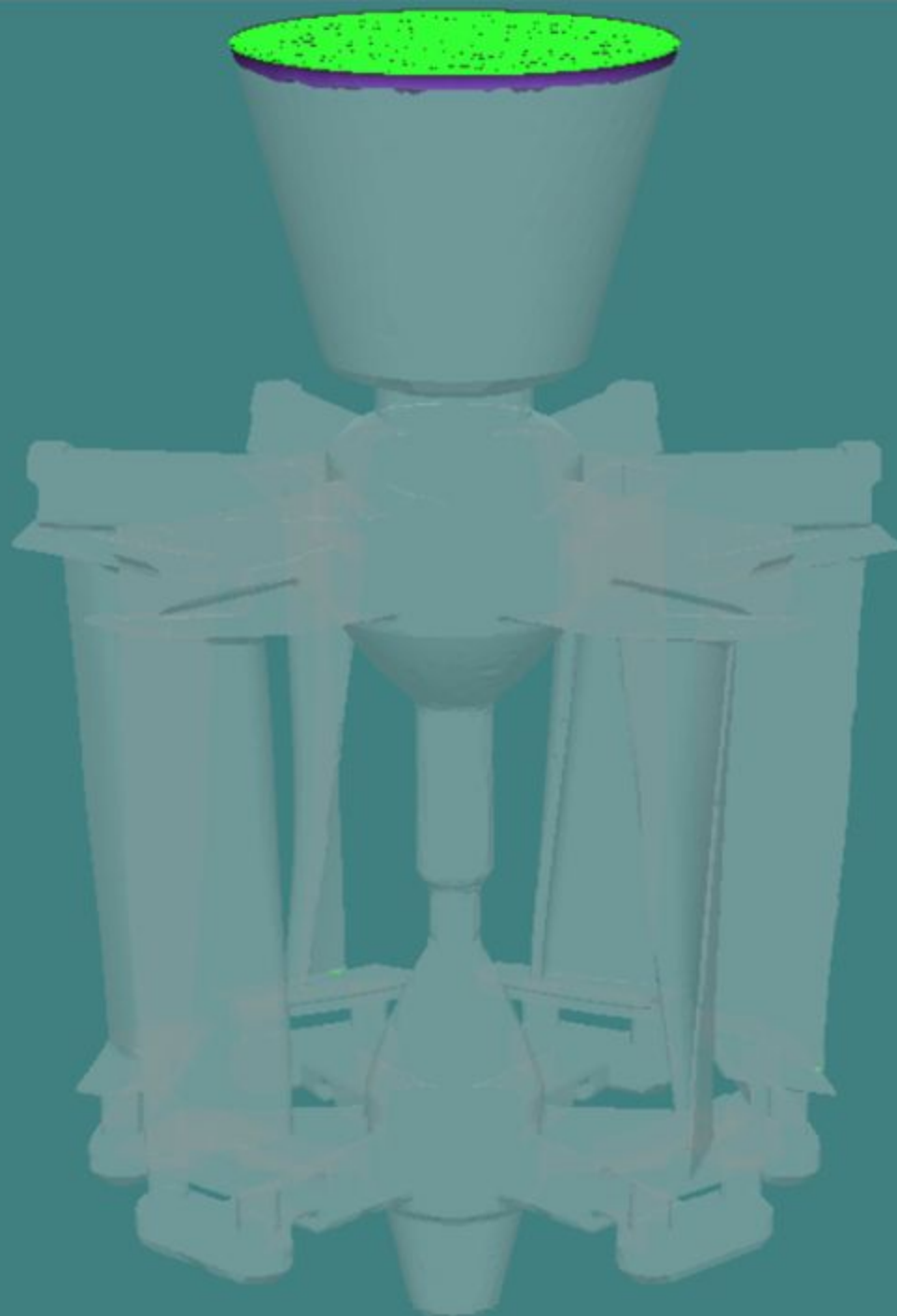


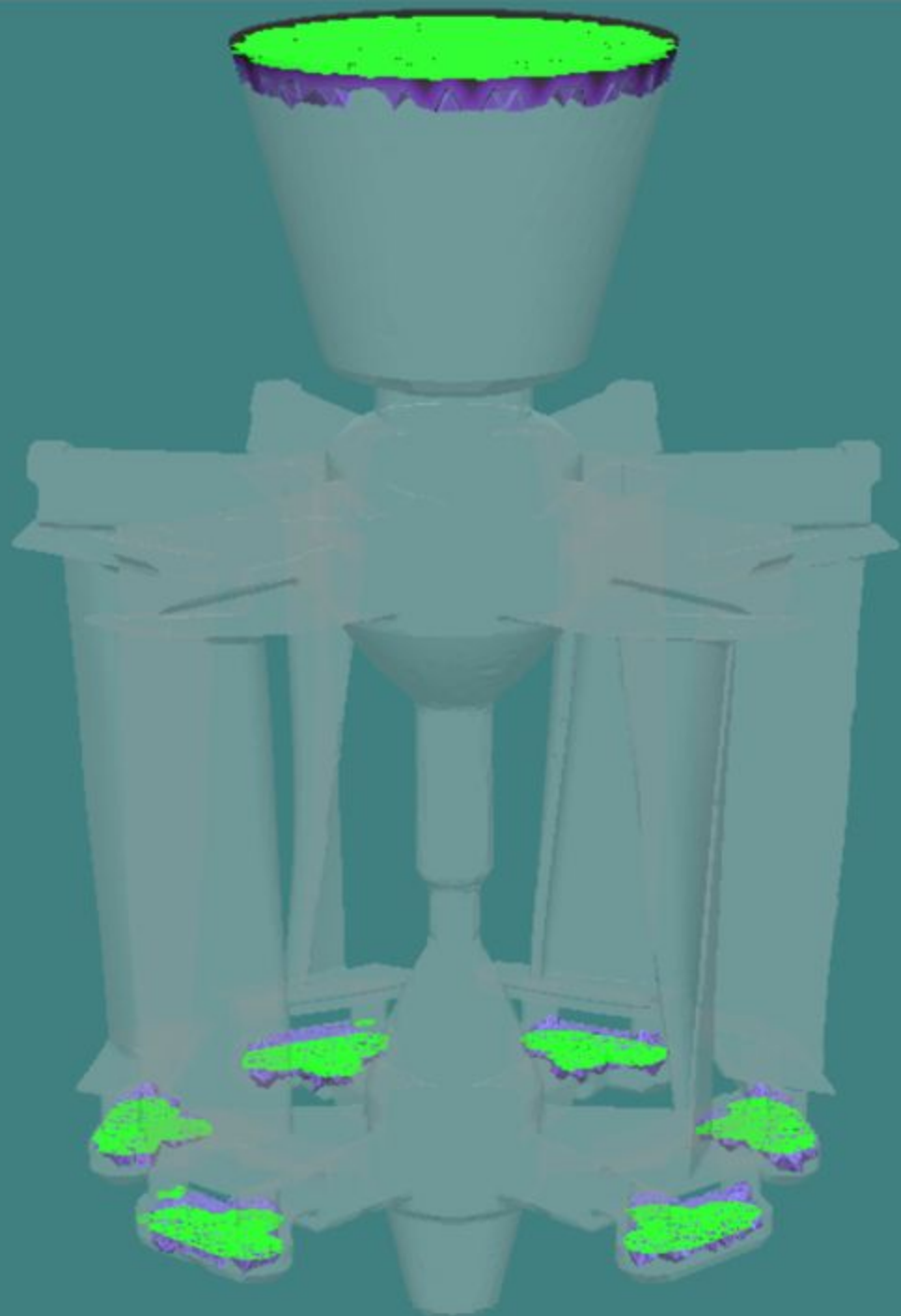


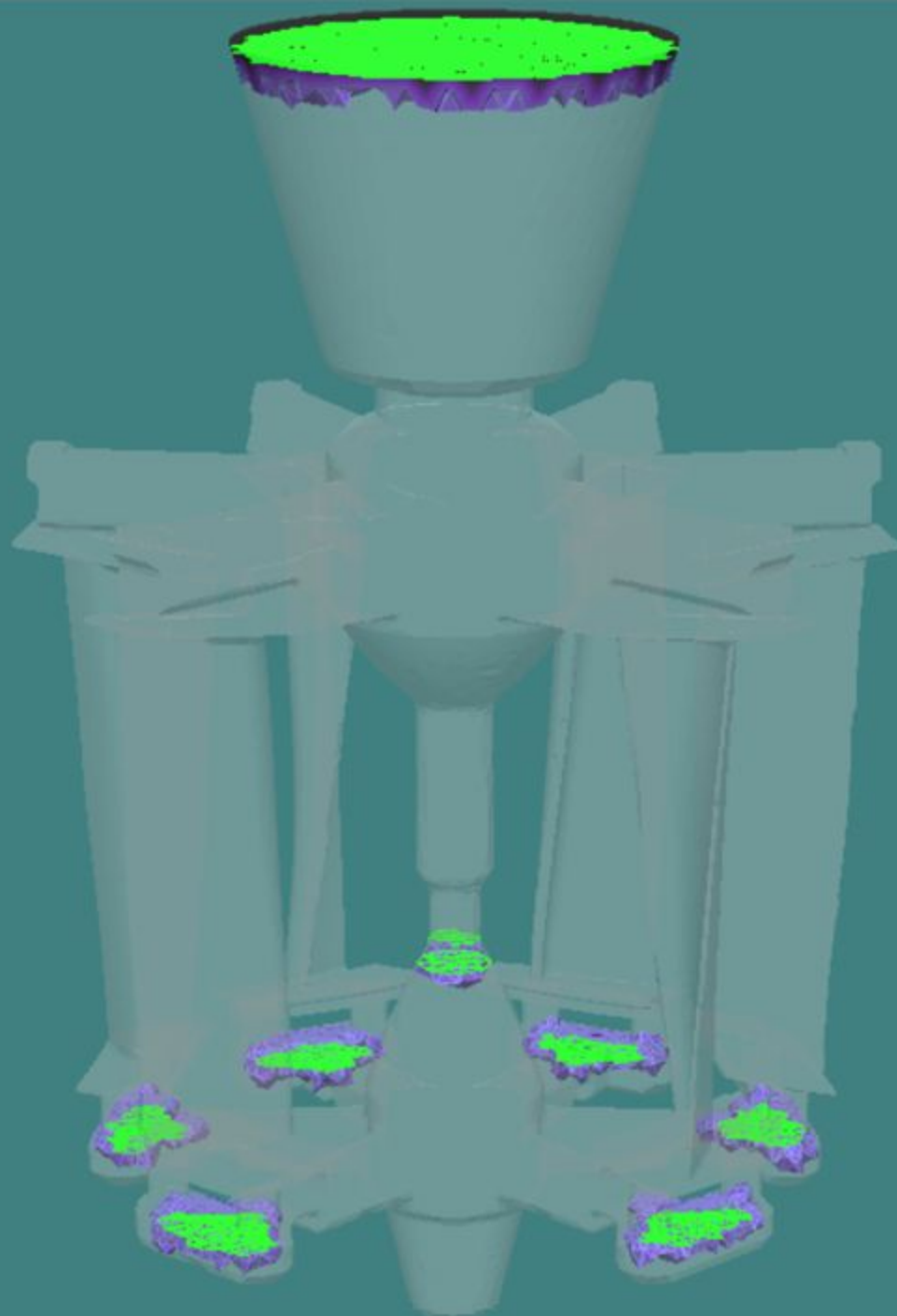


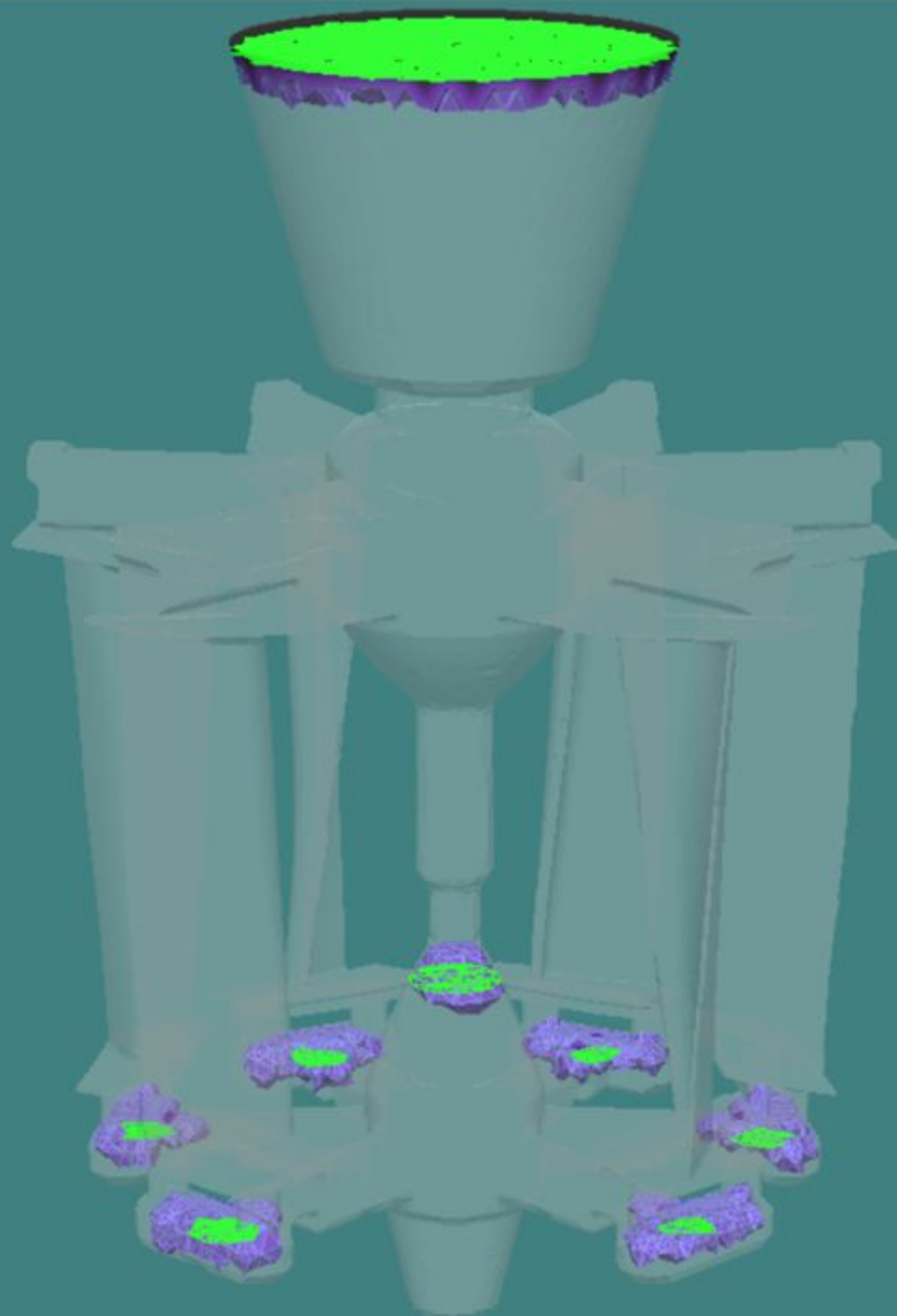


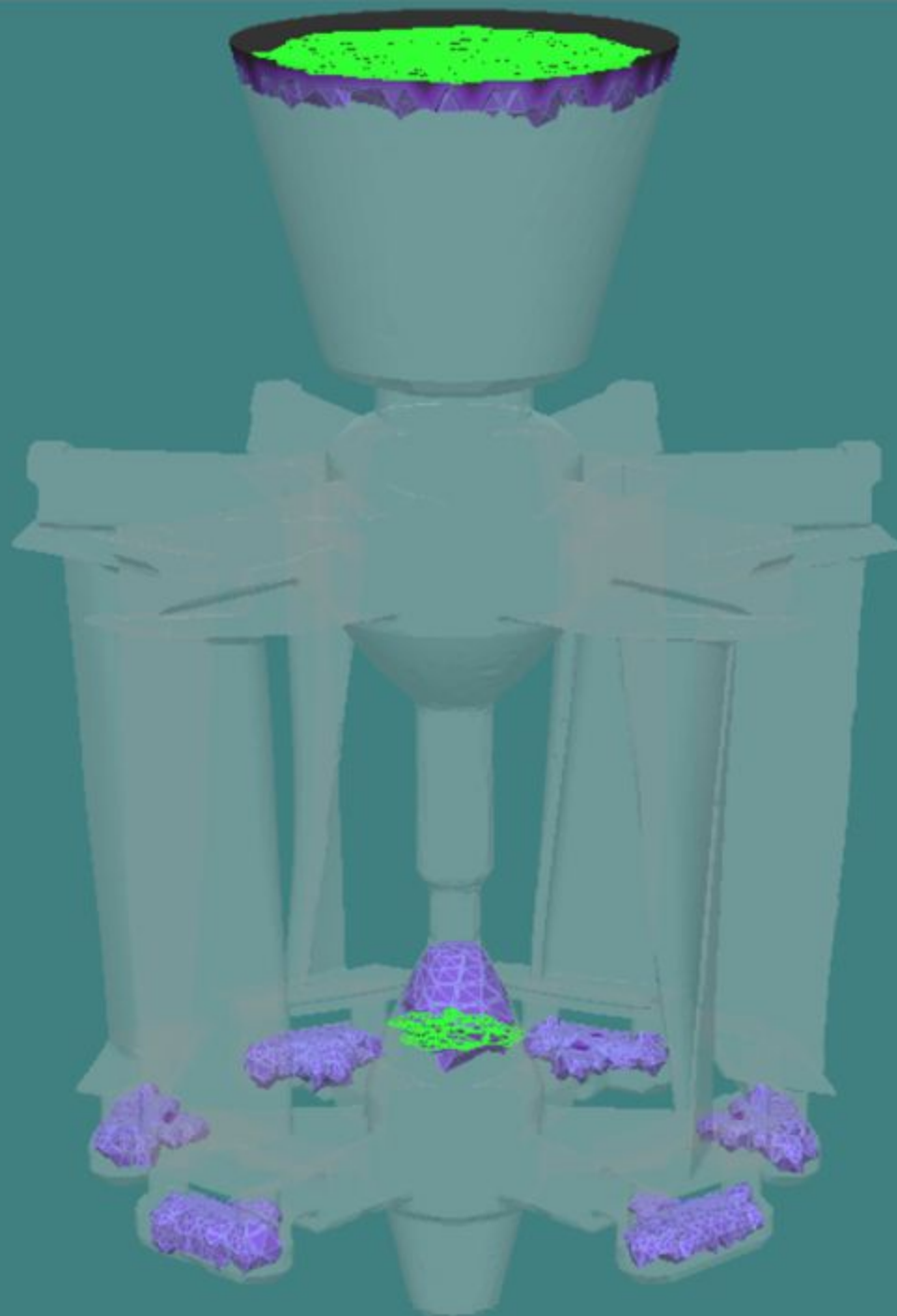


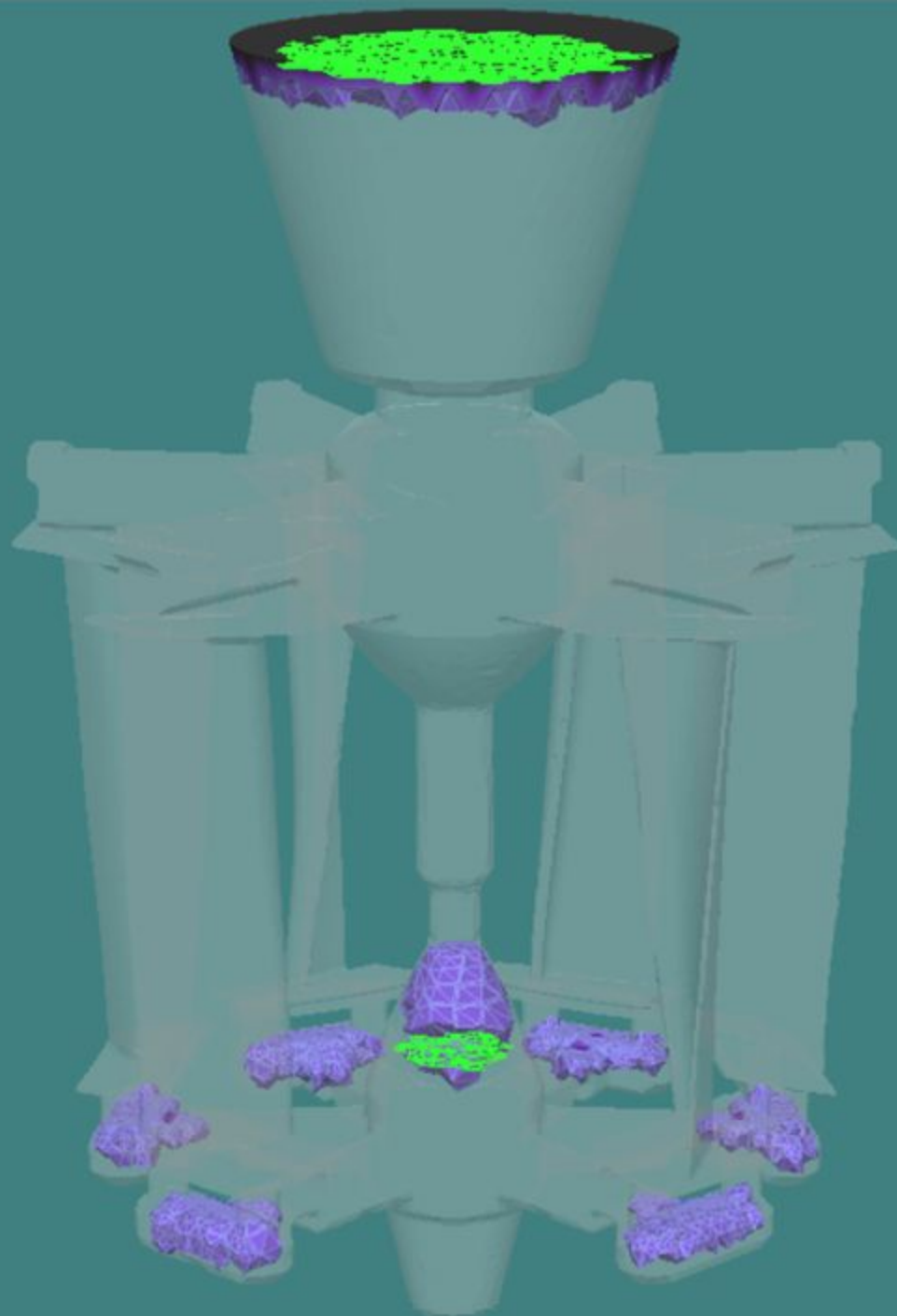


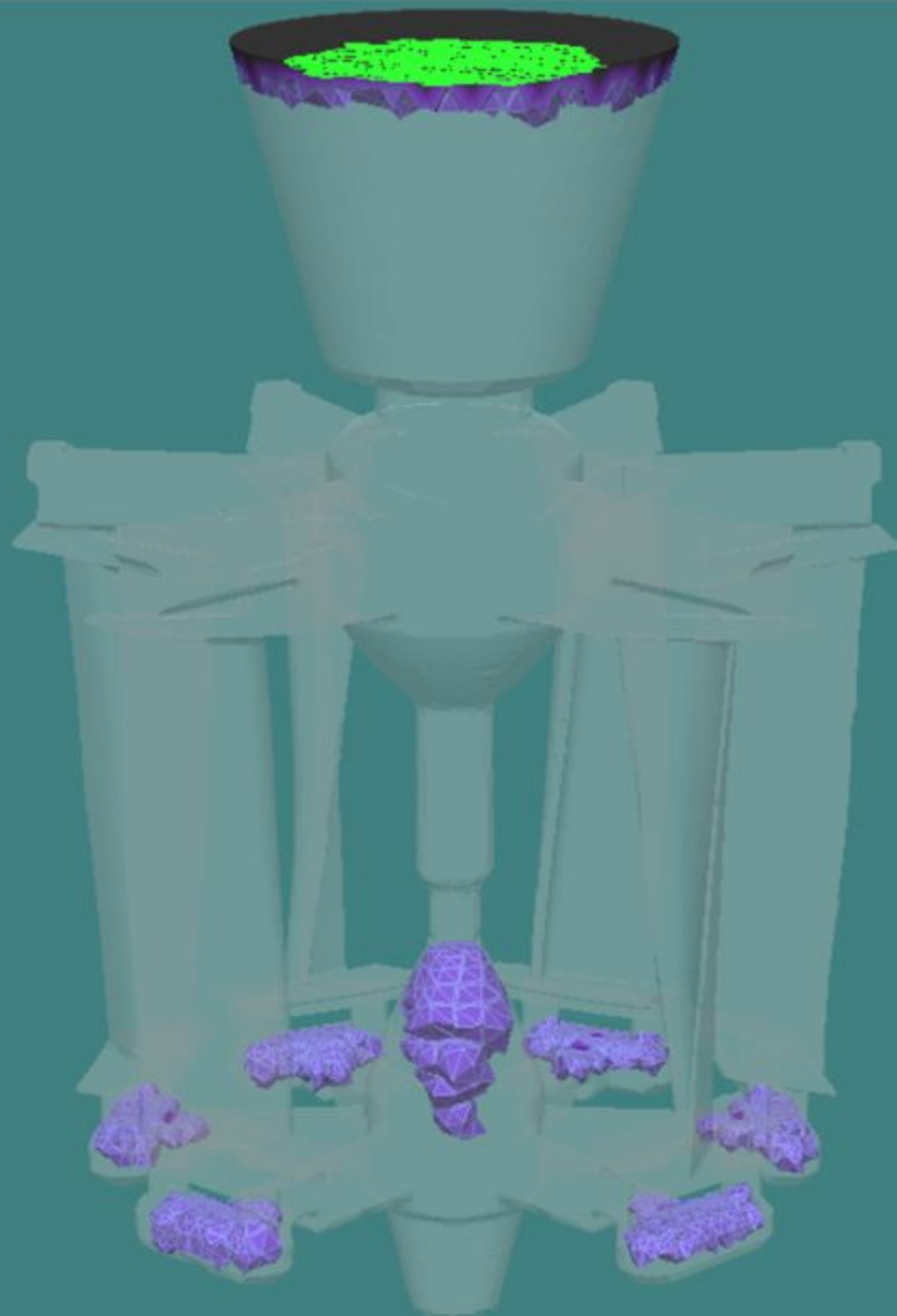


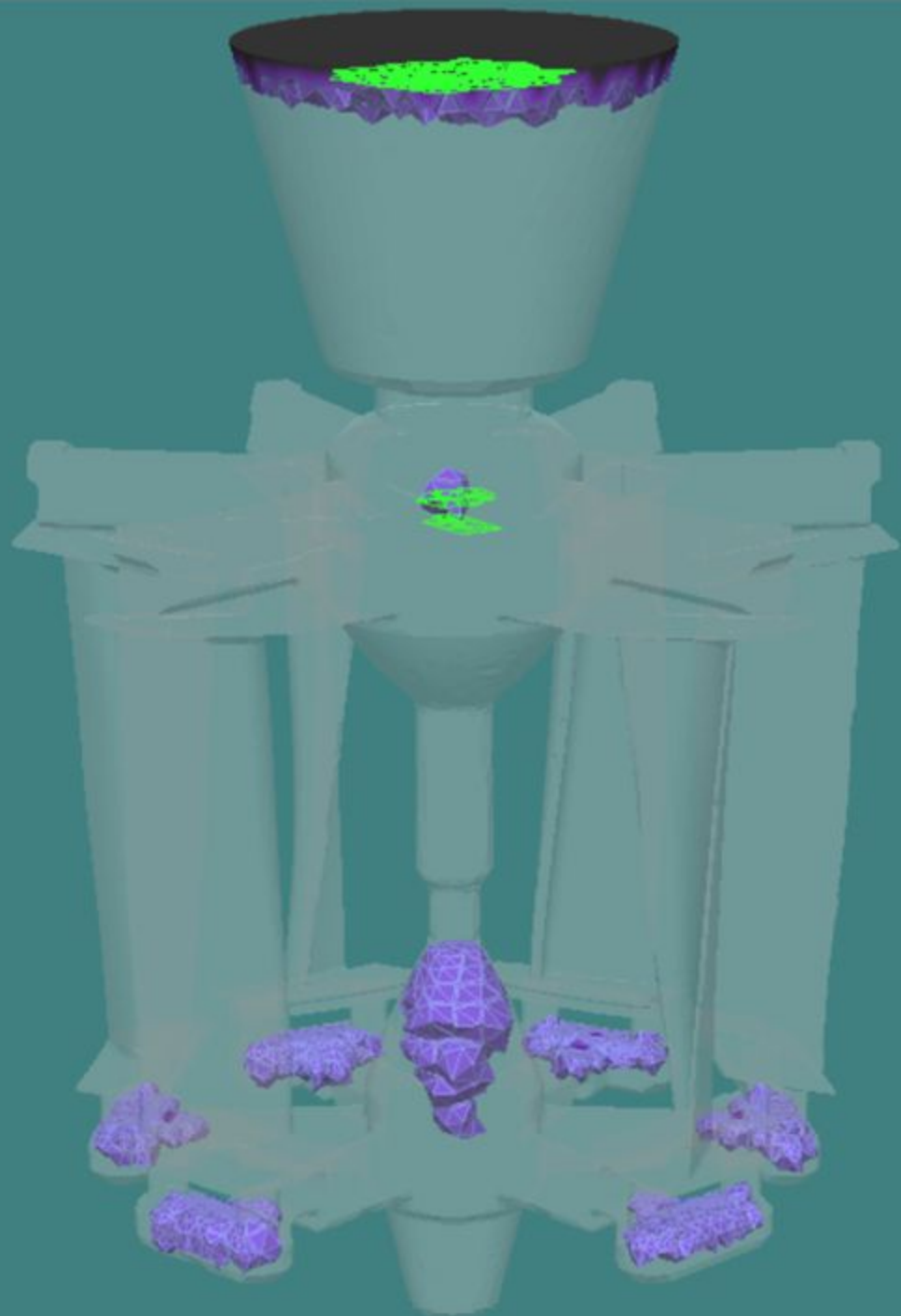


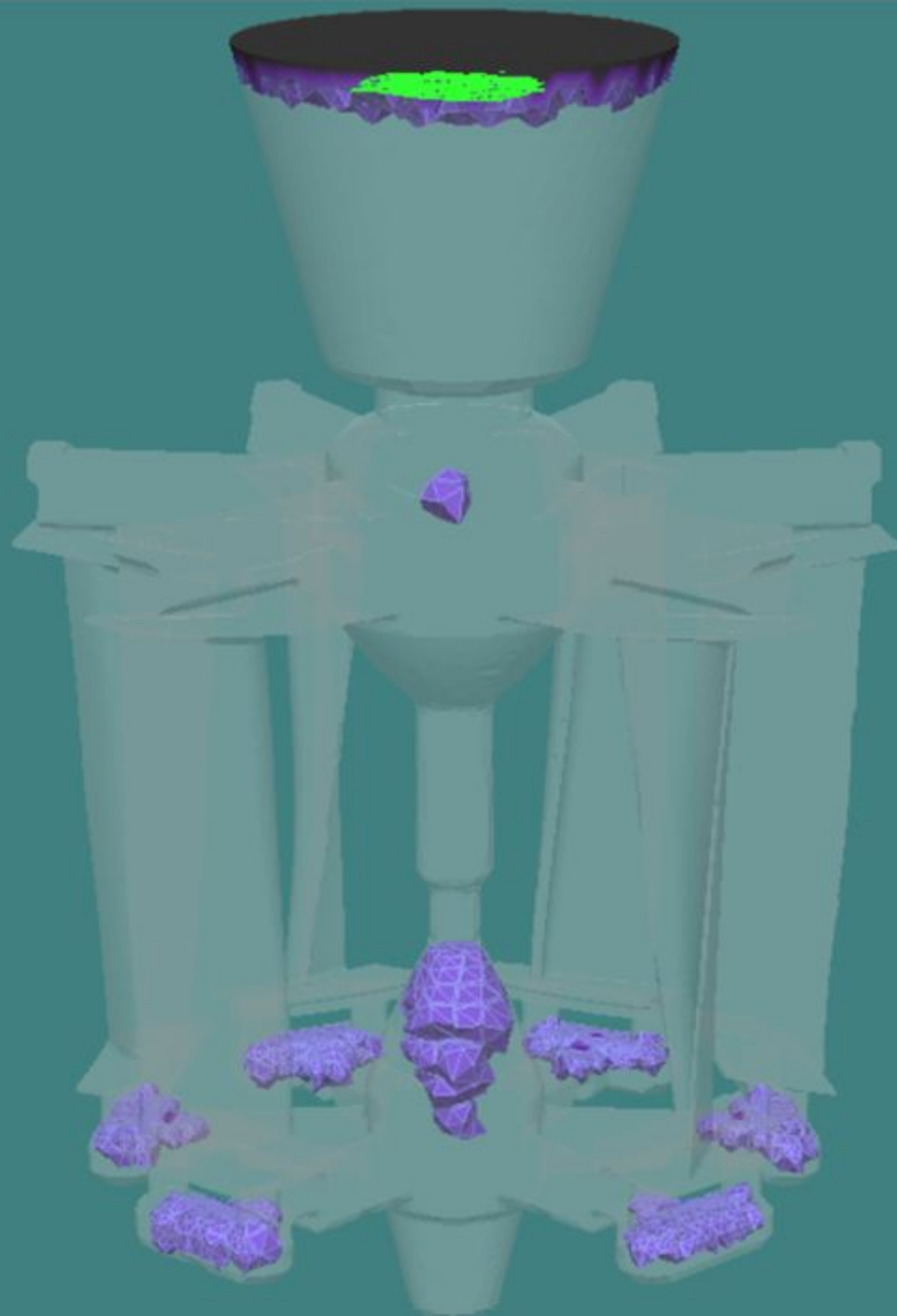


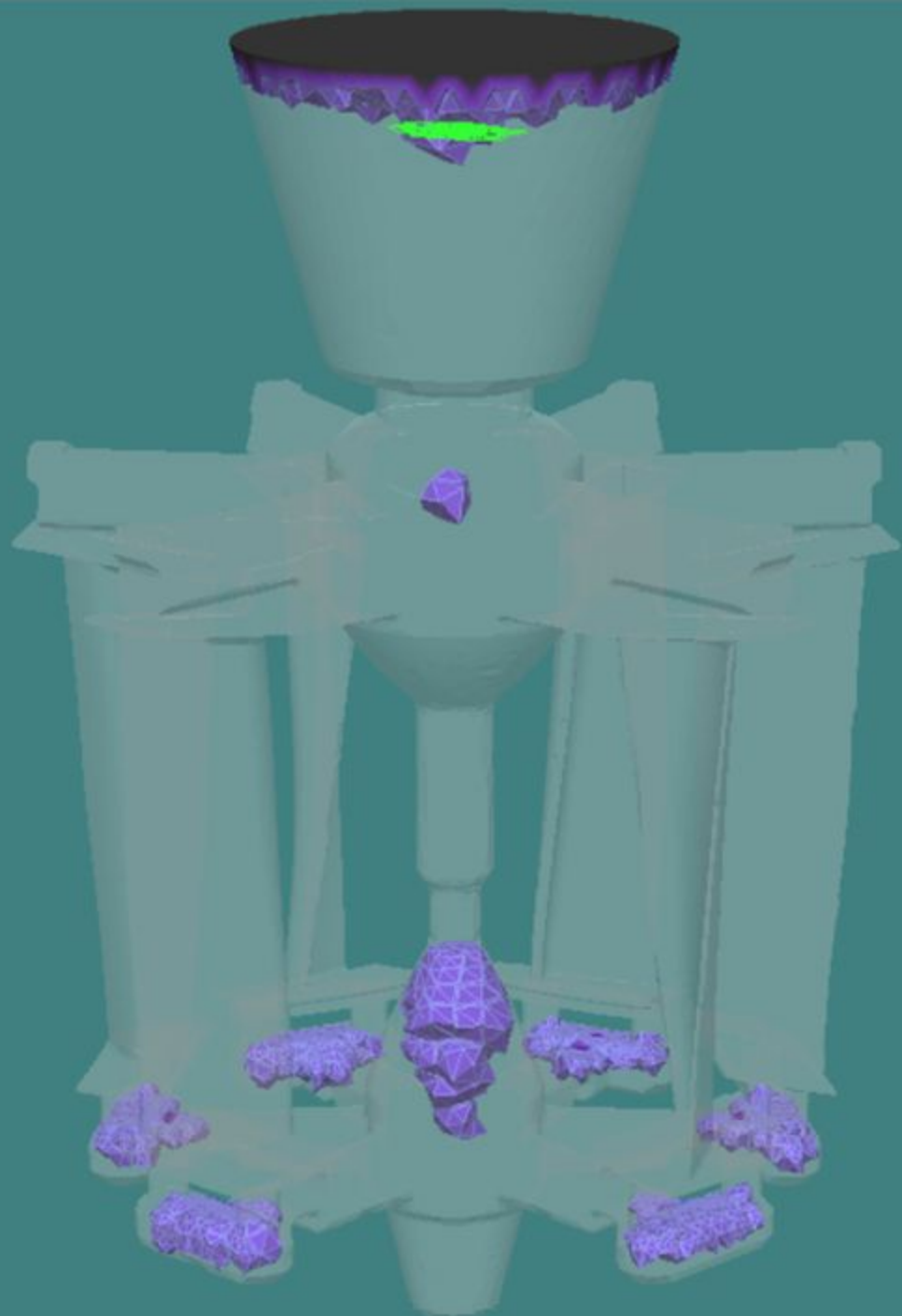


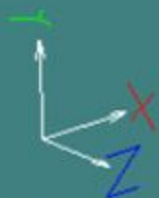
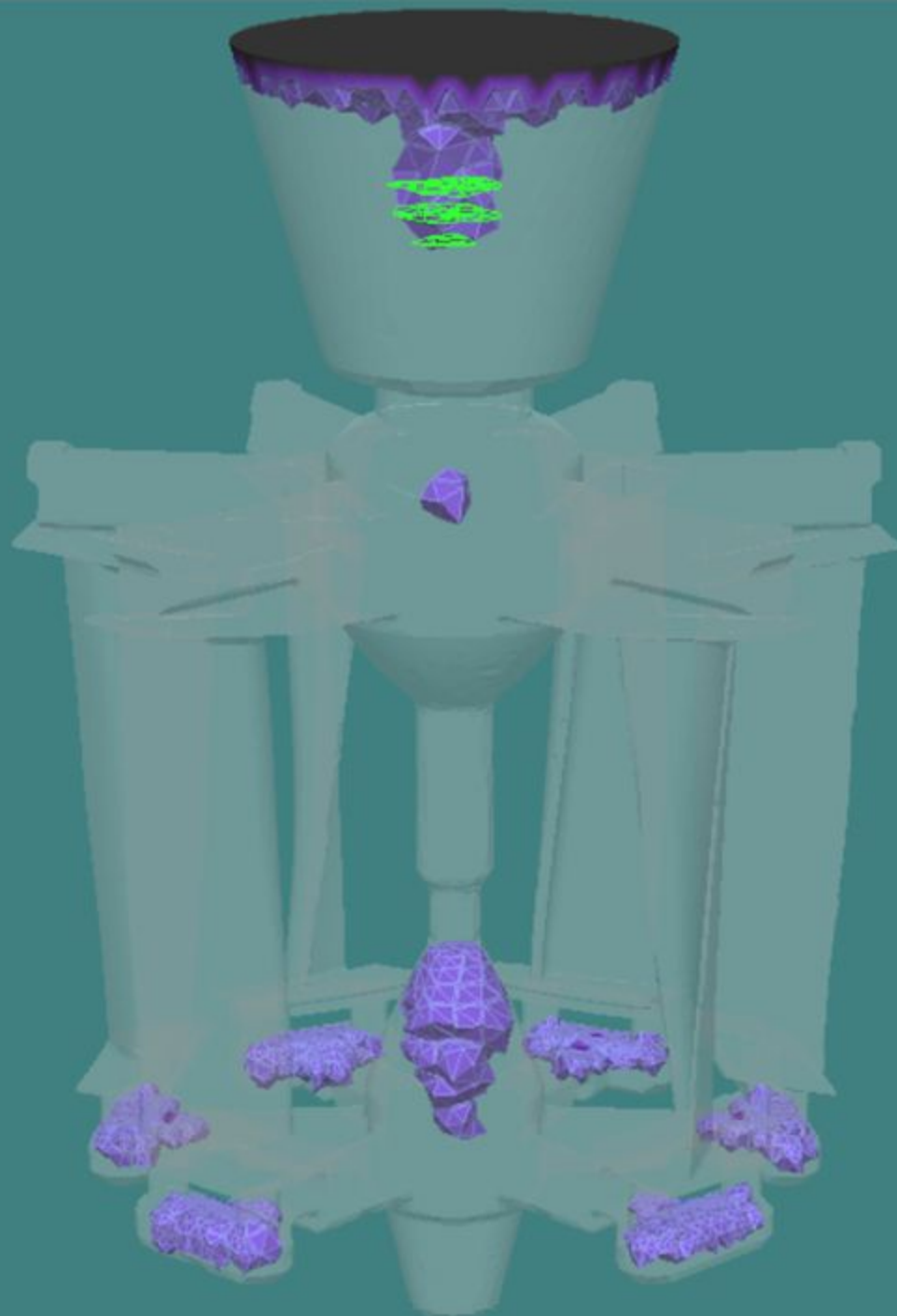


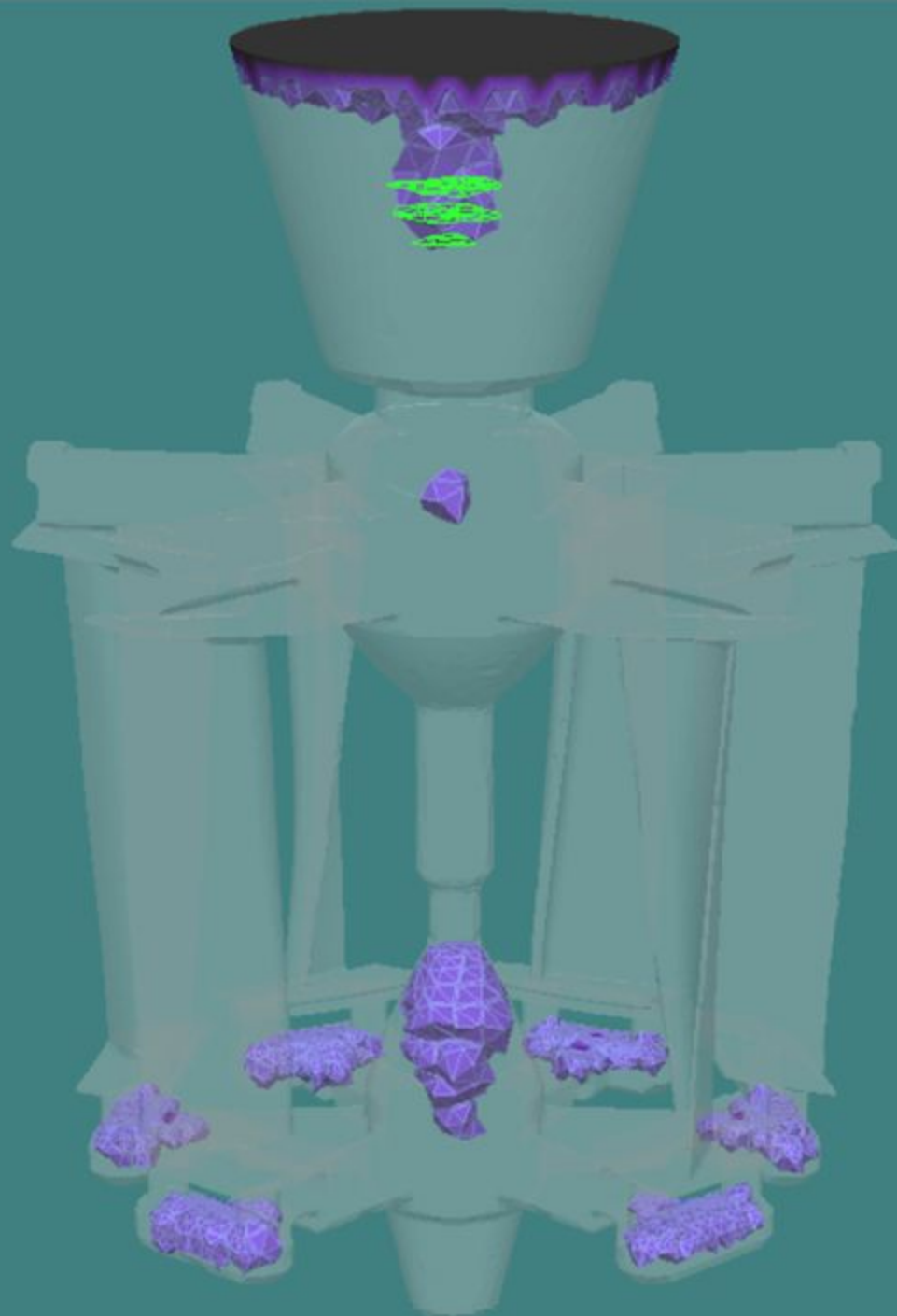


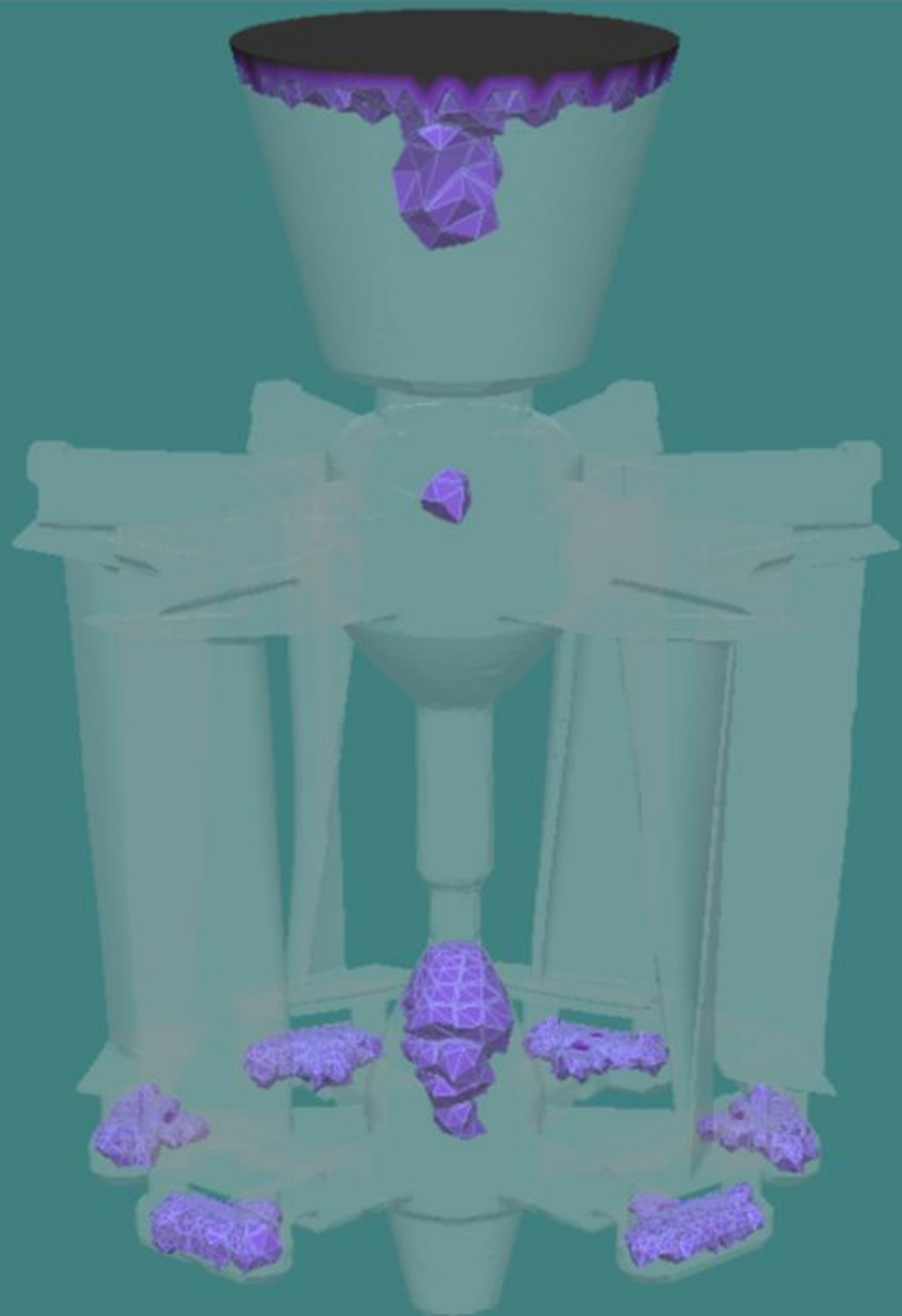


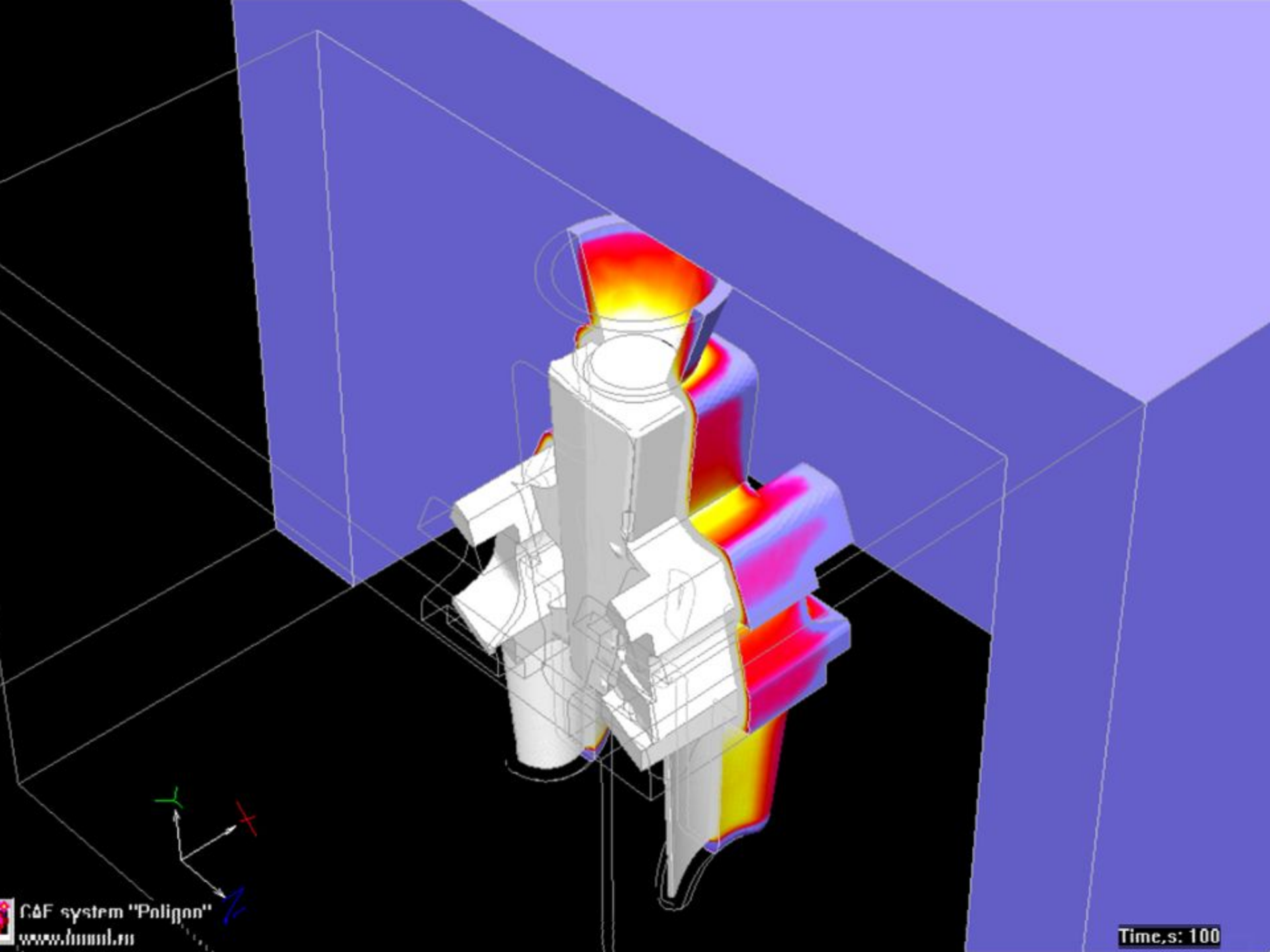


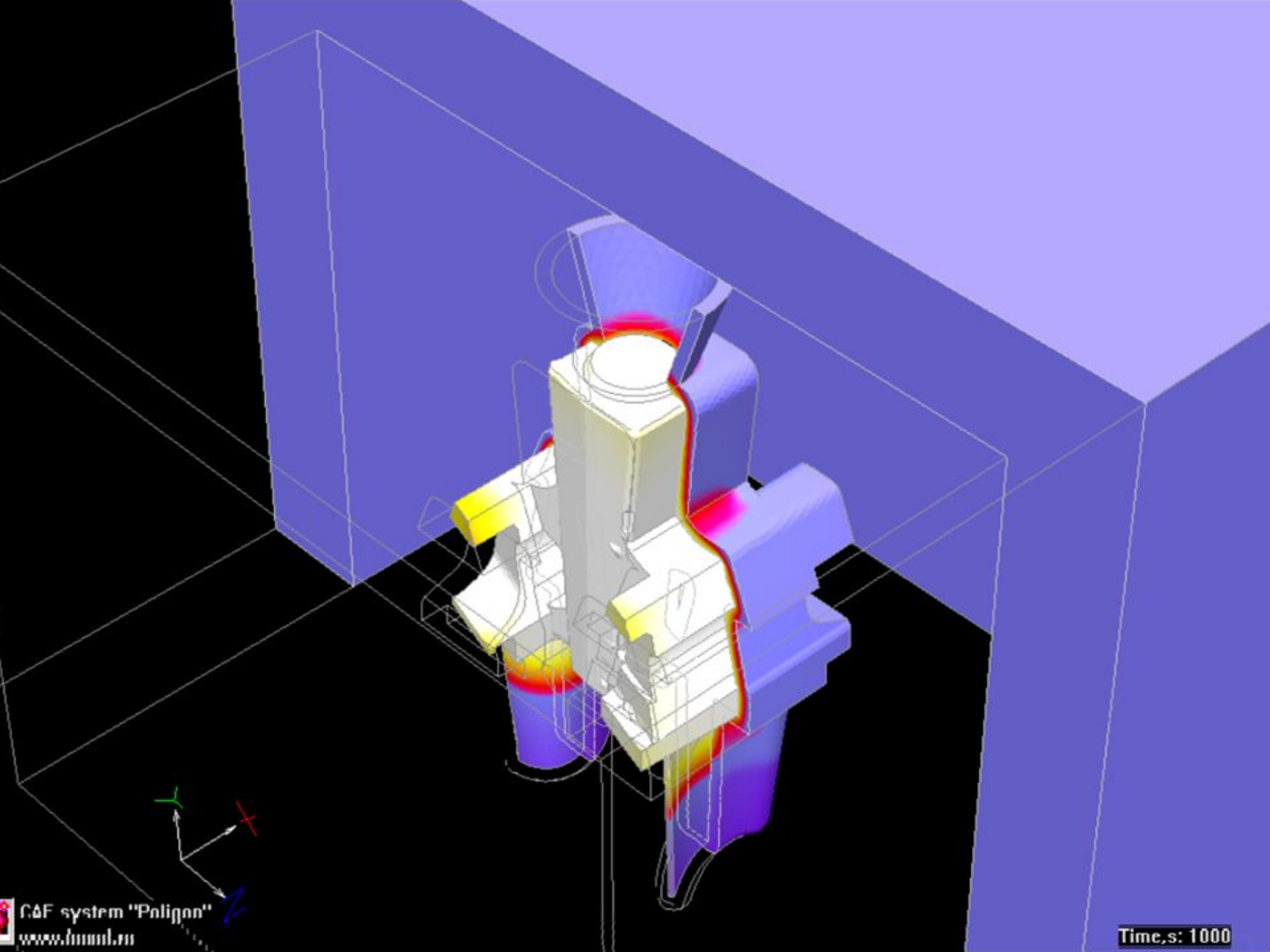


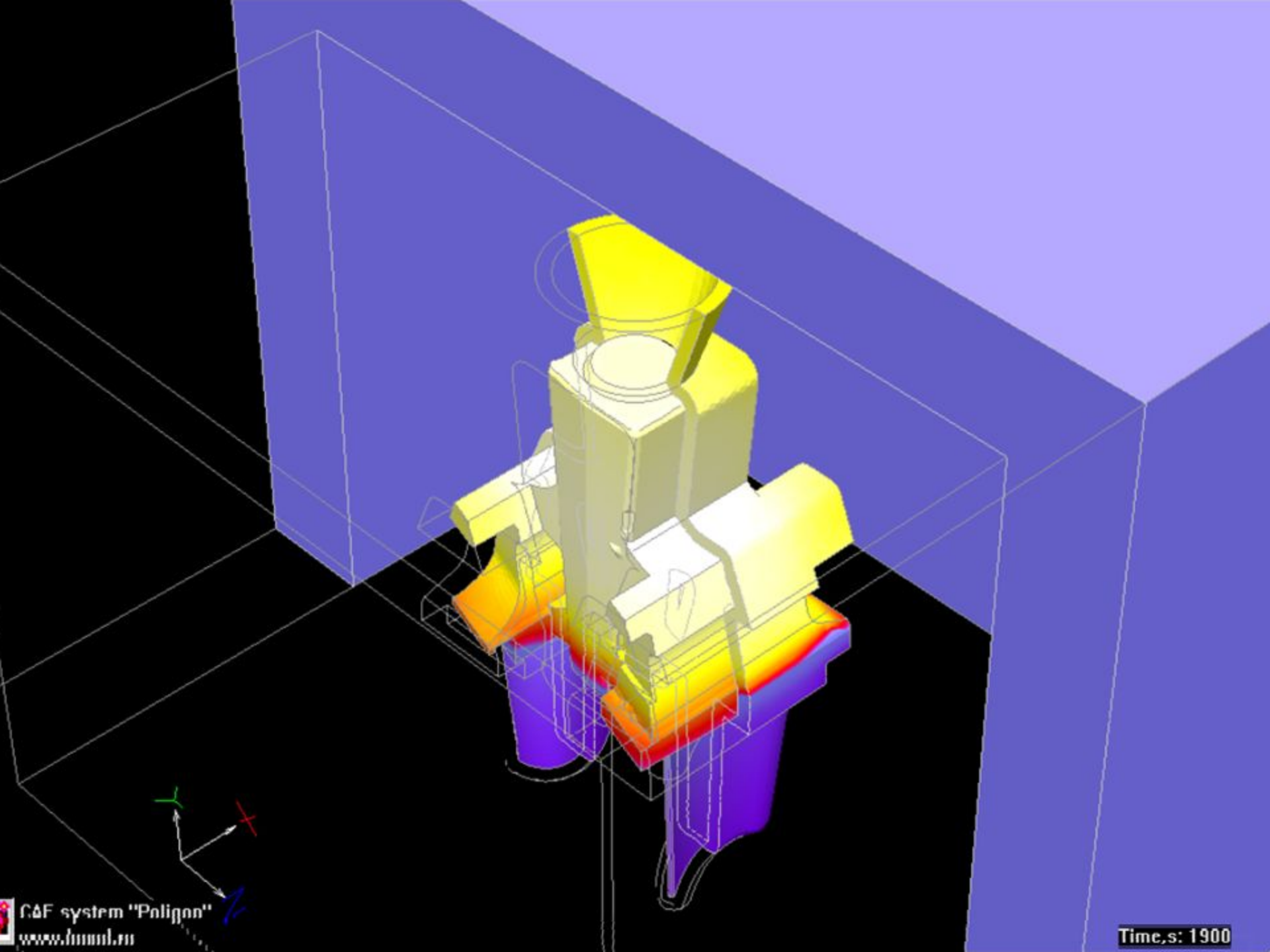


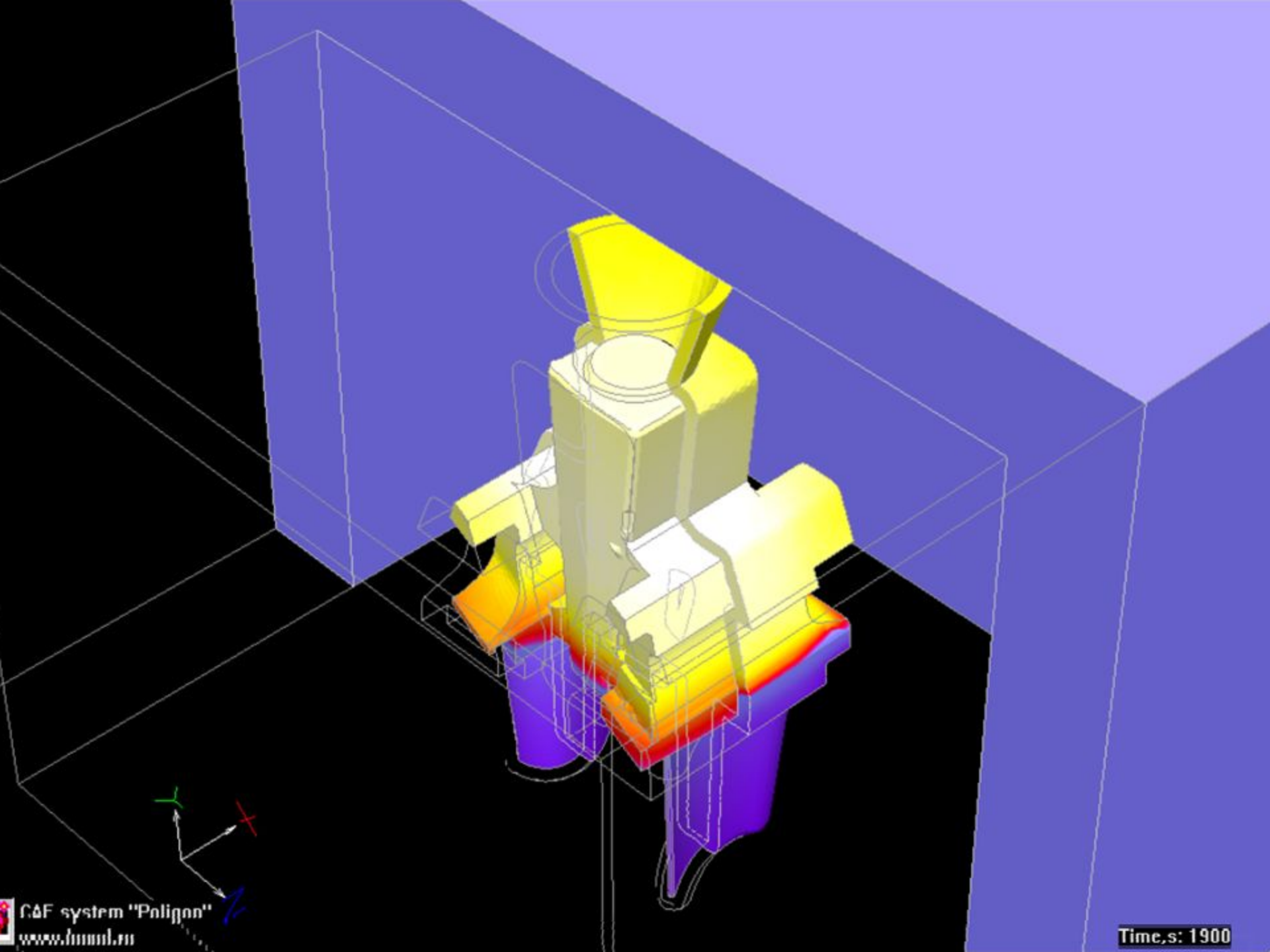


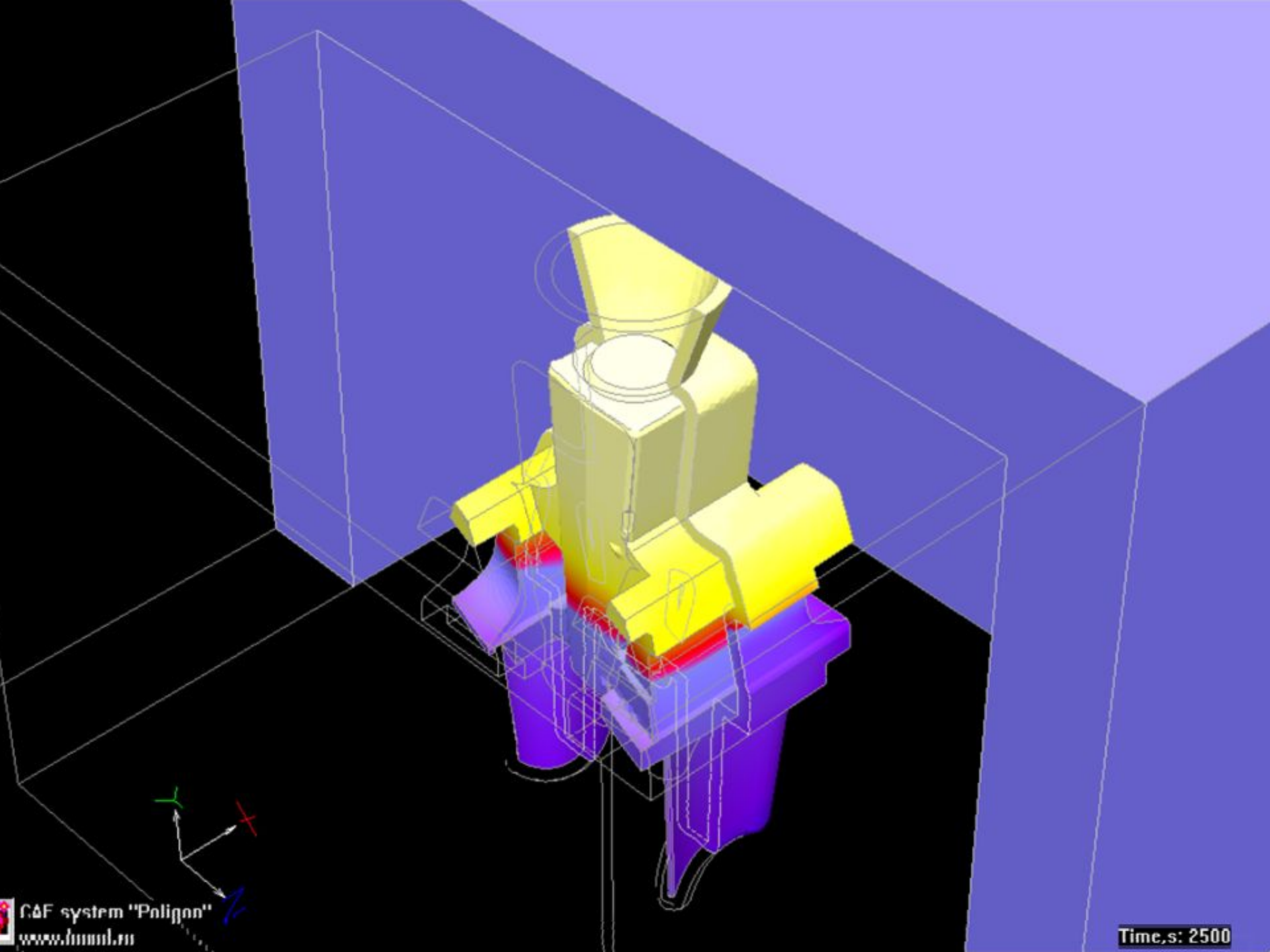


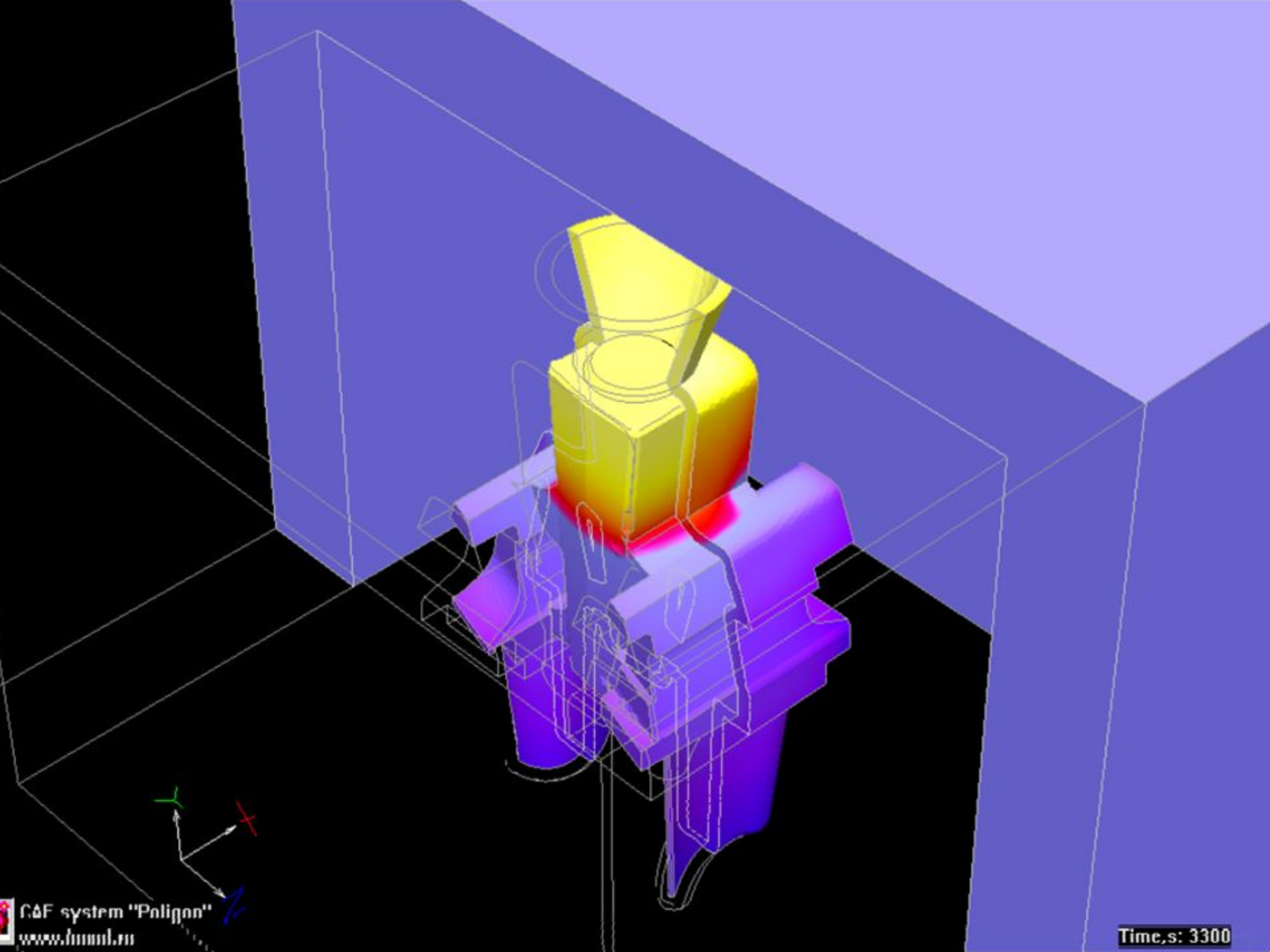


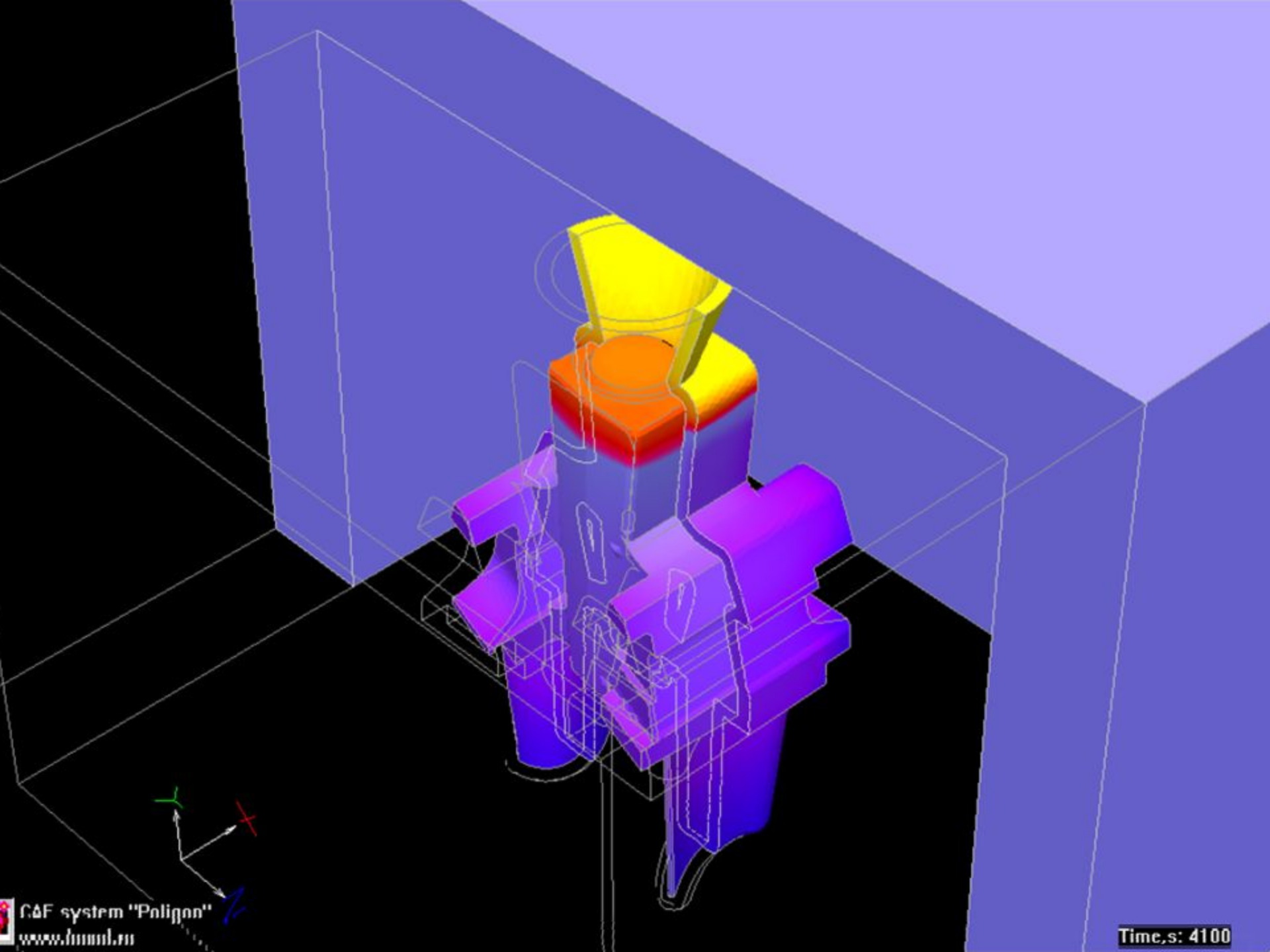


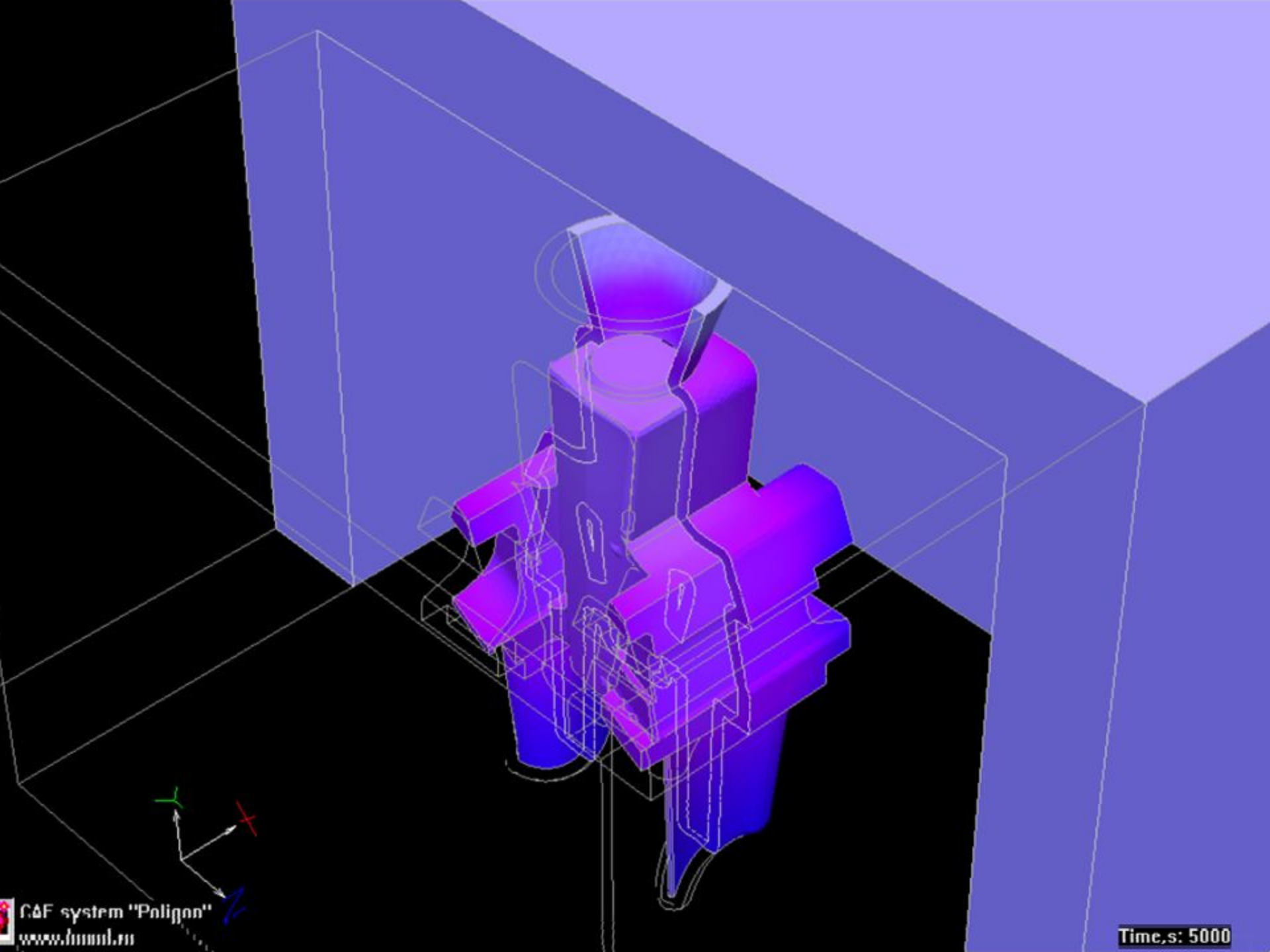


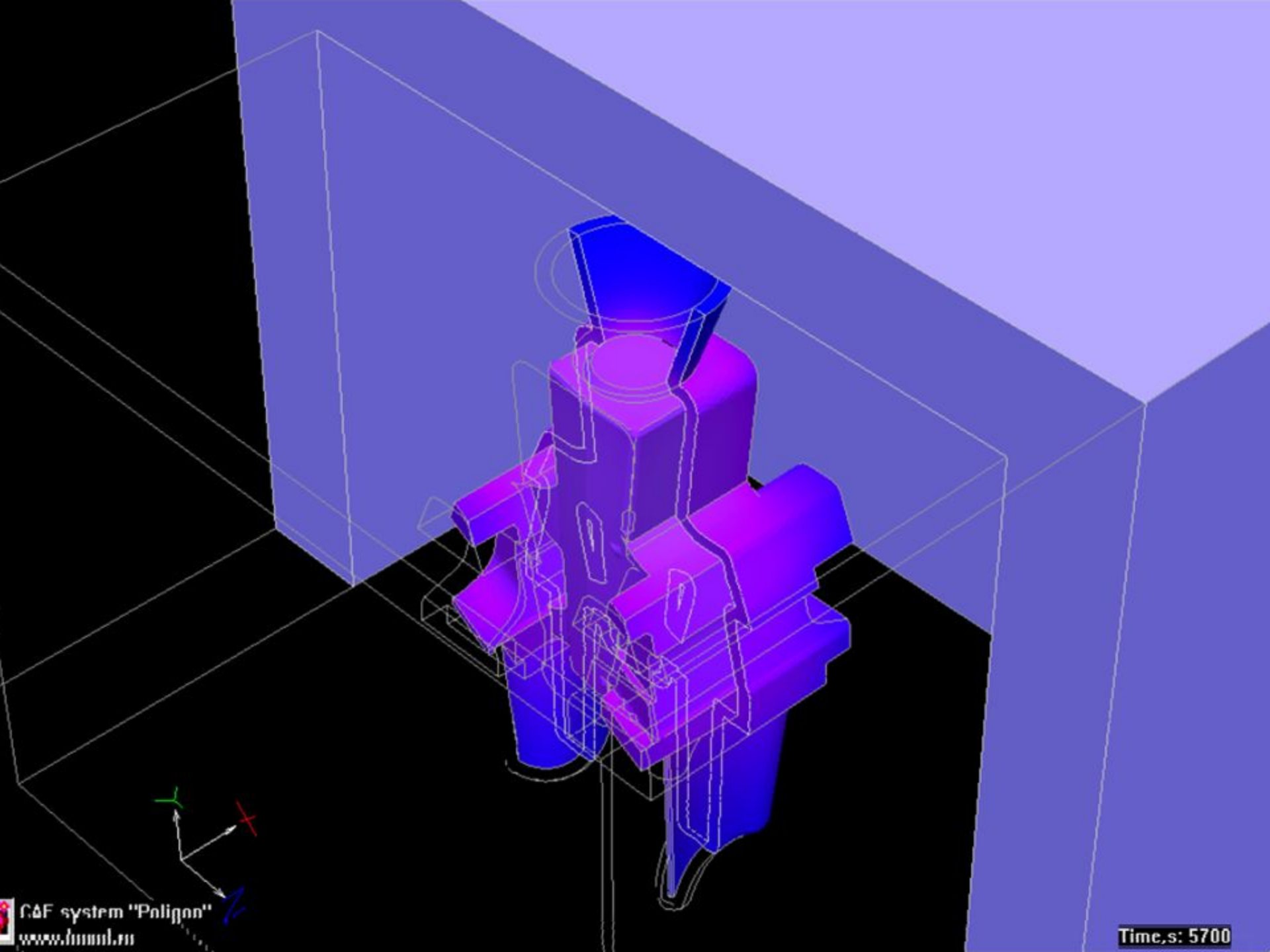














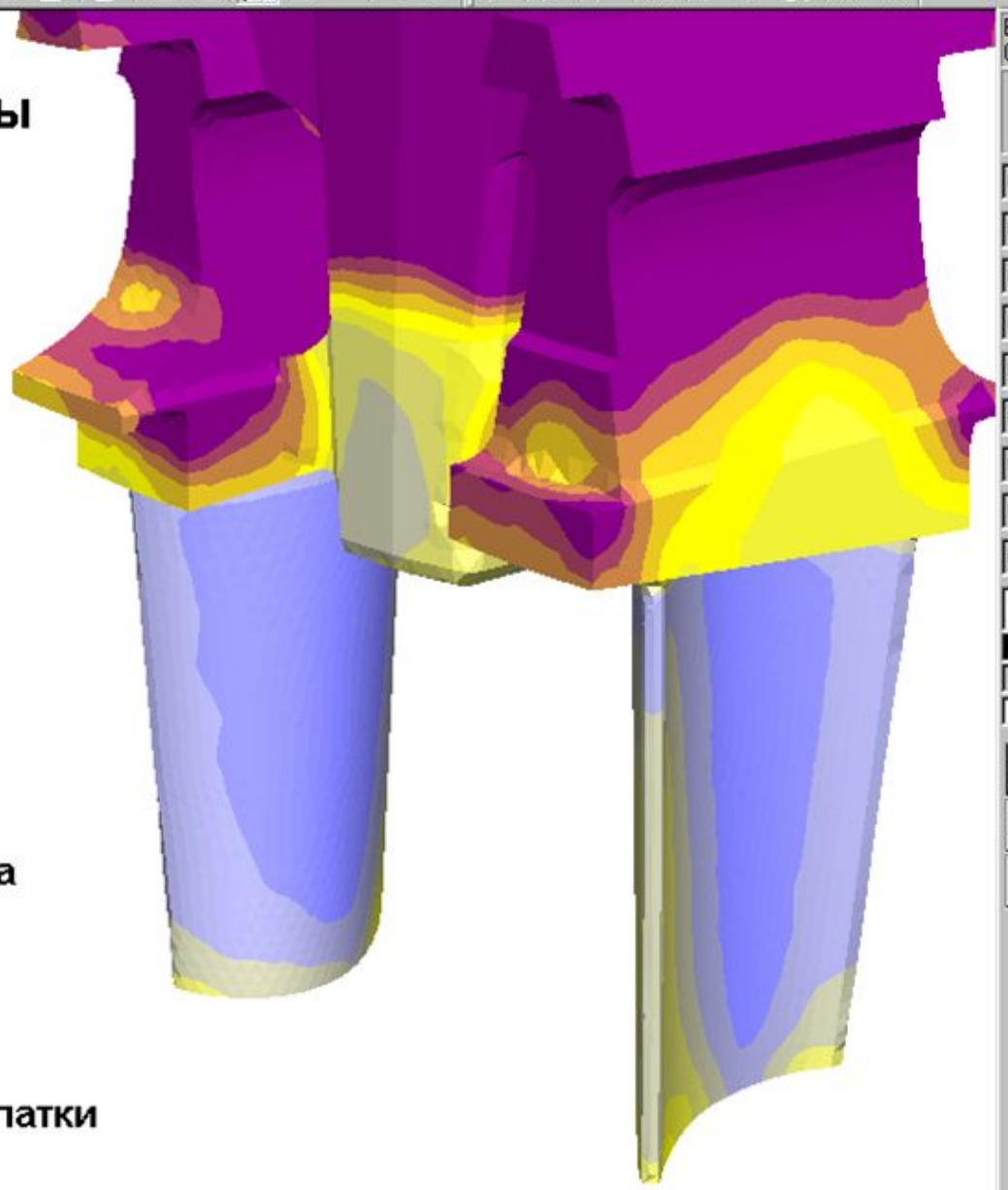
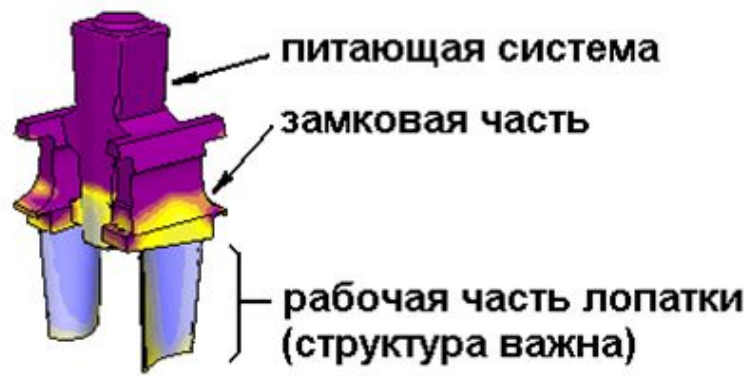
Расчет отклонения направленности структуры от продольной оси



ПалитраШк

Шкала cos(a)

| | | |
|------|-------------------------------------|-----------|
| 0.95 | <input checked="" type="checkbox"/> | хорошо |
| 0.85 | <input type="checkbox"/> | |
| 0.75 | <input type="checkbox"/> | |
| 0.65 | <input type="checkbox"/> | |
| 0.55 | <input type="checkbox"/> | |
| 0.45 | <input checked="" type="checkbox"/> | допустимо |
| 0.35 | <input type="checkbox"/> | |
| 0.25 | <input type="checkbox"/> | |
| 0.15 | <input type="checkbox"/> | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> | плохо |



Время, с: 0.00
00:00:00

Шкала cos(a)

| | |
|------|-------------------------------------|
| 0.95 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 0.85 | <input type="checkbox"/> |
| 0.75 | <input type="checkbox"/> |
| 0.65 | <input type="checkbox"/> |
| 0.55 | <input type="checkbox"/> |
| 0.45 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 0.35 | <input type="checkbox"/> |
| 0.25 | <input type="checkbox"/> |
| 0.15 | <input type="checkbox"/> |





Время, с 60
00:01:00

Температура, С
Жидкая фаза, %
Тл=1189 Тс=1161

| | |
|-------|-------------------------------------|
| 100 % | <input type="checkbox"/> |
| 85 % | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 70 % | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 50 % | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 30 % | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 15 % | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 0 % | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 500 С | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 200 С | <input checked="" type="checkbox"/> |

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

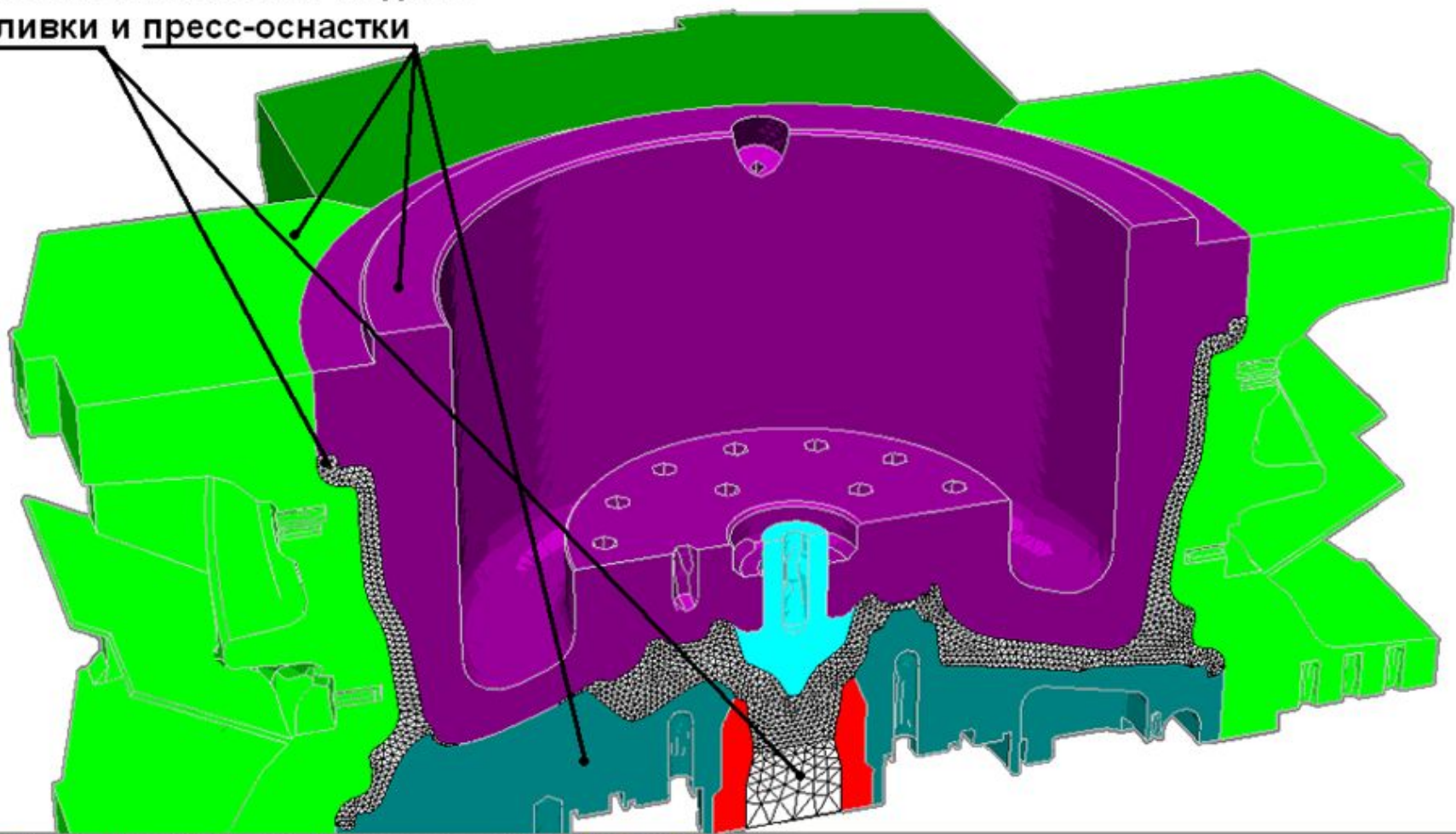
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ПОЛИГОН
 применяют для
 отработки литейных
 технологий на ведущих заводах
автомобильной
промышленности

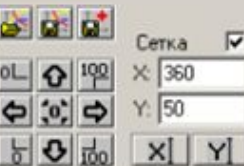


МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСКОВ КОЛЕС МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ В СЛОЖНОСОСТАВНОЙ ПРЕССФОРМЕ

Конечно-элементная модель
отливки и пресс-оснастки



| | |
|----|--------------------|
| 1 | D:\s_v_all\cv1.LIN |
| 2 | D:\s_v_all\cv2.LIN |
| 3 | D:\s_v_all\cv3.LIN |
| 4 | D:\s_v_all\cv4.LIN |
| 5 | D:\s_v_all\cv5.LIN |
| 6 | D:\s_v_all\cv6.LIN |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |



Параметры графика

Точек: 196
Min X: 0
Max X: 2070
Min Y: 20
Max Y: 356

$X = X' * Kx + Dx$
 $Y = Y' * Ky + Dy$

Dx: 0 Kx: 1
Dy: 0 Ky: 1

Закрывать

T, °C

570

520

470

420

370

320

270

220

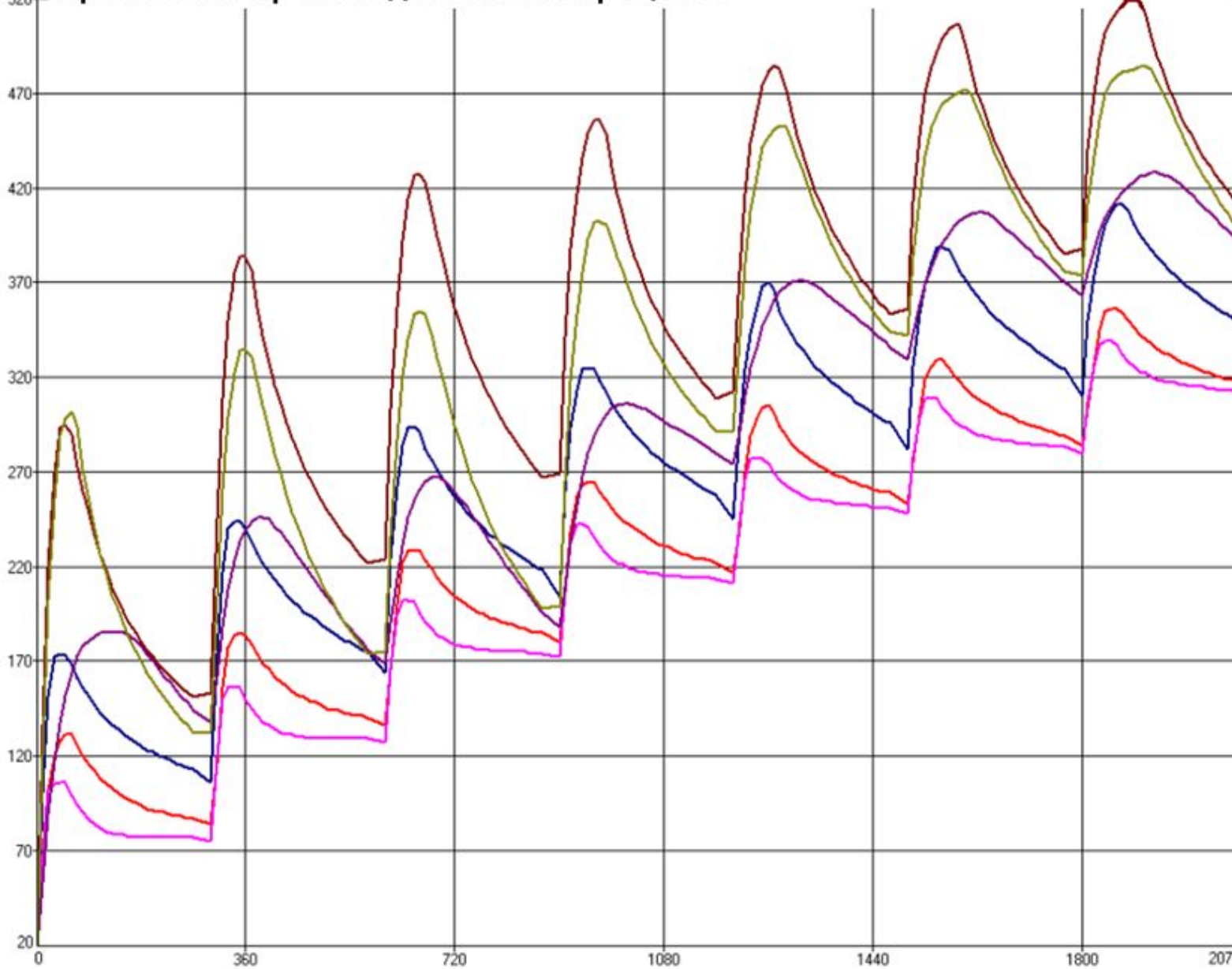
170

120

70

20

Моделирование температурного циклического режима прессформы в реальном производственном процессе



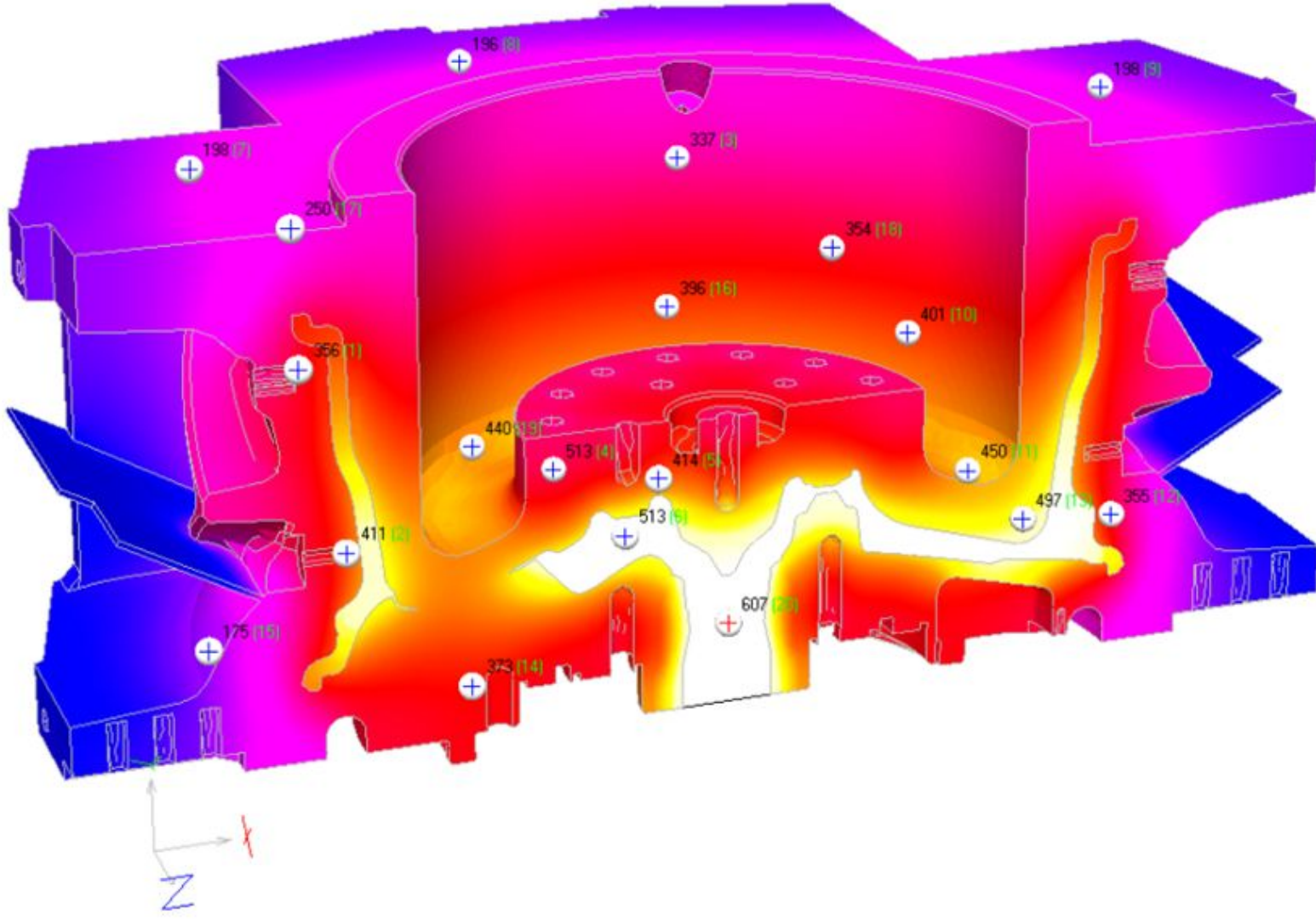
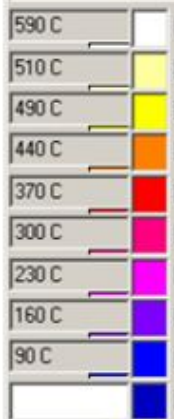
t, c



Моделирование затвердевания отливки и наргева прессформы

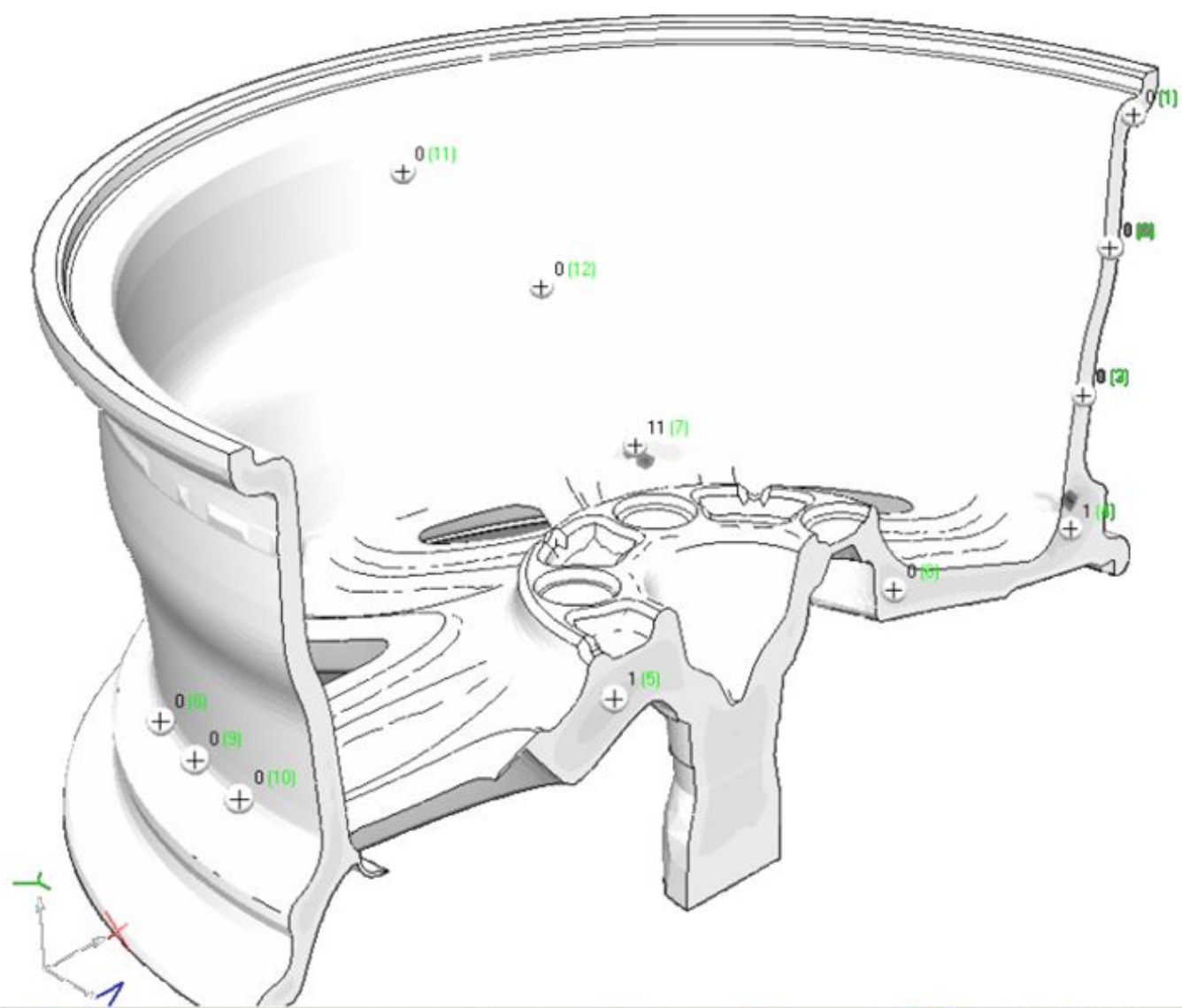
Время, с: 1860
00:31:00

Температура, С
Жидкая фаза, %
Тл=610 Тс=570





Пористость в диске при выходе на постоянный температурный режим пресс-оснастки

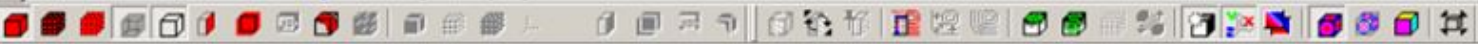


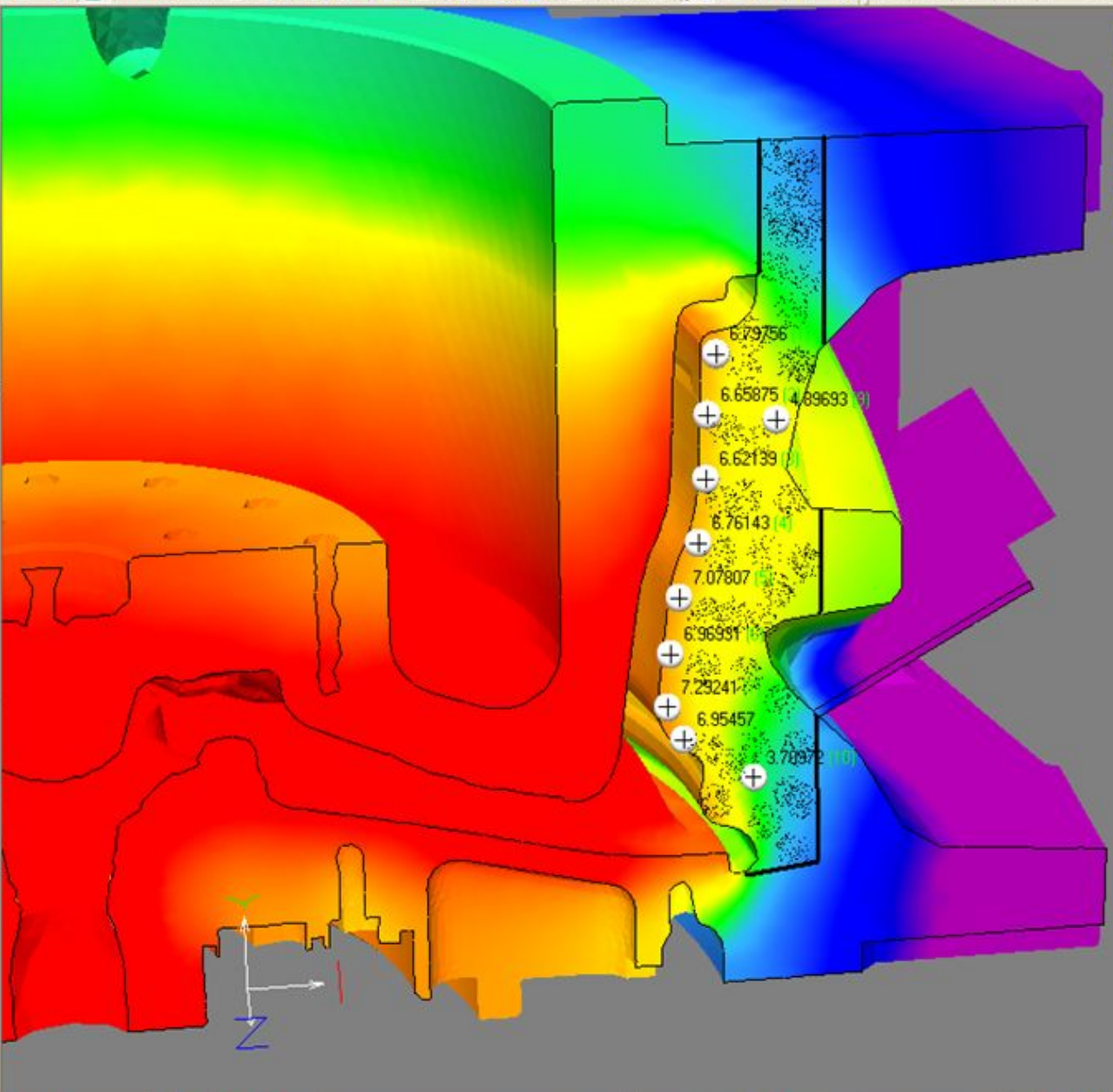
Время, с: 240
00:04:00

Пористость, %

| | |
|-------|--------------------------|
| 90 % | <input type="checkbox"/> |
| 50 % | <input type="checkbox"/> |
| 10 % | <input type="checkbox"/> |
| 5 % | <input type="checkbox"/> |
| 4 % | <input type="checkbox"/> |
| 3 % | <input type="checkbox"/> |
| 2 % | <input type="checkbox"/> |
| 1 % | <input type="checkbox"/> |
| 0.5 % | <input type="checkbox"/> |

Color selection and control panel for the porous regions, including a color bar and a button with a printer icon.





ПРОГНОЗ НАПРЯЖЕНИЙ В ГРАФИТОВОЙ ВСТАВКЕ ПРЕССФОРМЫ

Время, с: 0.00
00:00:00

Шкала
Напряжения, МПа

| | |
|------|-------------|
| 10 | Red |
| 8.75 | Orange |
| 7.5 | Yellow |
| 6.25 | Light Green |
| 5 | Green |
| 3.75 | Light Blue |
| 2.5 | Blue |
| 1.25 | Dark Blue |
| 0 | Black |

3D CAD software toolbar with various icons for file operations, viewing, and editing.



Хотите узнать подробнее?

Заходите на наш сайт:

www.poligonsoft.ru